LA CONDIVISIONE DEI SAPERI 1

LA COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA

TRIBUTO IN ONORE DI PIERO ANGELA

A CURA DI LUCA BUSCEMA

MESSINA UNIVERSITY PRESS

LA CONDIVISIONE DEI SAPERI

LA COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA
TRIBUTO IN ONORE DI PIERO ANGELA

a cura di

Luca Buscema

Questa edizione digitale dell'opera è rilasciata con licenza Creative Commons Attribution 4.0 - CC-BY-NC-ND, il cui testo integrale è disponibile all'URL: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/



ISBN 979-12-80899-10-1

© L'autore per il testo, 2025
© Messina University Press per la presente edizione

Pubblicato da:
Messina University Press
Piazza Pugliatti, 1 - 98121 Messina
Sito web: https://messinaup.unime.it/

Prima edizione: febbraio 2025
Volume 1 - La condivisione dei saperi

Le opere pubblicate vengono approvate dal Consiglio direttivo sulla base della valutazione del Comitato editoriale.

Le edizioni digitali online sono pubblicate in Open Access
su: https://messinaup-pubblicazioni.unime.it/index.php/mup

LA CONDIVISIONE DEI SAPERI

Direttore

Luca Buscema

Comitato Scientifico

Baglio Antonio, Bonanzinga Maddalena, Calabrò Vittoria, Castrizio Daniele, Crupi Vincenzo, De Stefano Concetta, Di Bella Giuseppa, Filippello Giuseppa, Gangemi Sebastiano, Lo Giudice Alessio, Lo Schiavo Lidia, Martino Gabriella, Panzera Michele, Pellegrino Francesca, Piperopoulos Elpida, Presti Debora, Pulejo Luisa, Sapienza Daniela, Spanò Nunzia Carla, Venuti Valentina.

Comitato Direttivo

Altadonna Alessio, Arfuso Francesca, Bellone Federica, Carbone Silvia, De Pascale Angelina, Fiore Angela, Galletta Antonino, Gangemi Chiara, Gianelli Claudia, Iuppa Claudio, Marino Maria Adele, Messina Nunziata, Mondello Cristina, Nalbone Luca, Pergolizzi Laura, Potenza Daniela, Prestipino Mauro, Raffaele Simona, Rizzo Rosalba, Schifiliti Valeria, Scimone Concetta, Scuruchi Michele, Totaro Cristina, Trifirò Caterina, Vasi Sebastiano.

Il progresso in campo scientifico e tecnologico ed il conseguimento di sempre nuovi ed affascinanti traguardi sono il frutto della dedizione di studiosi e ricercatori animati dall'intento di contribuire al processo di costruzione di una società evoluta.

I risultati delle sperimentazioni condotte e la loro analisi critica sovente divengono l'occasione per promuovere molteplici spunti di riflessione, talvolta capaci di sollecitare un approccio multidisciplinare utile a consolidare, da un lato, le conoscenze acquisite ed a consentire di varcare, dall'altro lato, nuove ed inesplorate frontiere.

Il confronto ed il dibattito che ne conseguono all'interno della comunità scientifica assumono la consistenza di potente fattore di stimolo ed apportano all'attività di studio e ricerca preziosa linfa vitale nel quadro di una impostazione metodologica incentrata sulla condivisione dei saperi.

In verità, ormai da tempo si assiste alla attivazione di molteplici e convergenti iniziative volte ad incentivare l'impiego di strumenti che permettano di favorire la completa e responsabile comunione dei saperi scientifici, unitamente ai dati e metodi che ne sono alla base.

Ciò, secondo una prospettiva che, al contempo, coniughi due differenti esigenze: rinvigorire la funzione della cooperazione nei processi di produzione della scienza ed implementare modelli di governance basati sulla condivisione delle conoscenze e finalizzati ad un maggiore coinvolgimento dei cittadini nel compimento delle scelte di fondo in campo politico e sociale.

Si staglia, in questa direzione, il ruolo da ascrivere all'Accademia; le Università, difatti, perseguono sia finalità di ricerca, sia di formazione e contribuiscono a condividere, anche in favore del grande pubblico, nozioni e ricerche, sovente complesse, in forma accessibile e di facile comprensione.

Allo scopo di impedire che il dialogo tra scienziati e comunità sia rimesso ad estemporanee iniziative e, diversamente, al fine di conferire stabilità ad un virtuoso processo di divulgazione del sapere scientifico, incentrato su temi capaci di instillare curiosità e vivo interesse, è sorto l'intendimento di promuovere la realizzazione di una collana editoriale divulgativa, denominata *La Condivisione dei Saperi*, di taglio multidisciplinare, destinata ad accogliere contributi riferibili a ciascuna della 14 Aree CUN.

L'obiettivo è quello di ospitare opere di taglio monografico o collettaneo mediante le quali i docenti dell'Università degli Studi di Messina potranno far conoscere e divulgare i traguardi

ed i risultati scientifici conseguiti grazie alla passione che anima quotidianamente il proprio lavoro di studio, approfondimento e sperimentazione.

La Condivisione dei Saperi è pubblicata con il contributo dell'Università degli Studi di Messina.

Il Direttore

A Piero Angela,
divulgatore di scienza e conoscenza

INDICE

Prefazione
Luca Buscema 17

Prolusione
Giovanna Spatari 19

Introduzione
Giovanni Moschella 23

Prologo
Luca Buscema
"Prepararsi al futuro". L'eredità morale di Piero Angela 27

Alle origini…
Daniela Novarese
Aspetti dell'insegnamento scientifico nello *Studium Messanae*:
il contributo dei galileiani (XVII secolo) 37

PRIMA SEZIONE
INFORMAZIONE E DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

Alessio Plebe, Demarcare la buona scienza 57

Antonella Correnti, Le strategie di comunicazione tra scienza,
diritto e divulgazione 71

Salvatore Settineri, La dimensione emozionale
nella divulgazione scientifica sulla salute 85

Filippo Cavallaro - Demetrio Milardi - Giuseppina Rizzo,
L'ABC della divulgazione: Angela, Barbero, … Cervantes 101

Alessandro Sergi - Gabriella Martino, Come in alto, così in basso:
le strane coincidenze della vita, la Psicologia e la Meccanica Quantistica 109

Francesco Pira - Carmela Mento, La crisi del sapere scientifico:
una lettura dei processi mediatici e delle vulnerabilità psicologiche
che favoriscono le trappole delle fake news in sanità 123

Antonia Cava - Alessandra Dionisio, La Rai racconta la medicina.
Informazione, intrattenimento e nuovi modelli di divulgazione
nello scenario post pandemico 135

Katia Trifirò, La divulgazione scientifica sul palcoscenico del piccolo schermo.
Piero Angela e "Quark" 149

Davide Aliberti, Angela e Punset: la divulgazione scientifica nella televisione italiana e spagnola. Modelli testuali e linguistici a confronto 165

Antonio Baglio, "Dietro le quinte della Storia". La divulgazione storica nei libri e nei programmi televisivi di Piero Angela 181

Sonia Gambino - Giovanni Messina - Enrico Nicosia - Carmelo Maria Porto, L'indagine geografica nell'opera di divulgazione di Piero Angela 193

Paola Labadessa, Esordi di divulgazione scientifica negli anni parigini di Piero Angela: uno sguardo sulla comunicazione bilingue 201

Rosalba Rizzo, Il bilinguismo oggetto di divulgazione scientifica 219

SECONDA SEZIONE
TERRITORIO E SVILUPPO SOSTENIBILE

Legalità e divari territoriali

Bruna Pellicanò, Proteggere la P.A. dalle infiltrazioni criminali: enti pubblici territoriali e giogo mafioso 231

Ferdinando Ofria - Romana Gargano, L'impatto criminale sulla produttività delle regioni italiane 249

Processi decisionali, ambiente e sviluppo sostenibile tra autorità e libertà di mercato

Giuseppe Avena, I metodi misti nel processo decisionale multi-attributo 263

Nunziata Messina, Il paesaggio e il difficile rapporto tra uomo e natura 287

Laura Pergolizzi, Tutela dell'ambiente e attività amministrativa 299

Concetta Parrinello, Ambiente, mercato e sviluppo sostenibile: il contemperamento tra interessi economici e ambientali 309

Barbara Bombaci, Il contratto nel prisma della tutela ambientale: spunti in tema di contratto ecologico alla luce dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile 323

Susanna Cappuccio, Consumo responsabile e sviluppo sostenibile: il ruolo dell'informazione 333

Michele Crisafulli, E-Waste, inquinamento e tutela dell'ambiente. La «responsabilità estesa» del produttore e il diritto alla riparazione 345

Maria Pia Madaudo, Il fenomeno del greenwashing 355

Laura Natalia Anna Testa, Il ruolo degli Enti del Terzo Settore
per la sostenibilità ambientale 365

Rivoluzione industriale e sviluppo sostenibile
Federica Favaloro - Antonio Denaro - Guido Di Bella - Chiara Borsellino,
Industria 5.0: la prossima rivoluzione industriale 381

Maria Cristina Cinici - Daniela Baglieri - Alba Marino, Transizione energetica,
convergenze settoriali ed ecosistemi innovativi: quali sfide per l'Etna Valley? 397

Attilio Azzarelli - Filippo Cucinotta - Francesco Longo - Gabriele Marabello
Candida Milone - Antonio Pipitone - Marcello Raffaele - Giacomo Risitano
Air Factories: uno sguardo verso la produzione del futuro 415

Guido Di Bella - Chiara Borsellino - Gabriele Marabello,
Stampa 3D: verso nuovi modi di produrre 439

Sonia Marrara - Sebastiano Vasi,
L'importanza della fisica nelle celle solari per un mondo più pulito 459

Sviluppo sostenibile, navigazione e tutela dell'ecosistema marino
Vincenzo Crupi - Gabriella Epasto - Pasqualino Corigliano - Giulia Palomba,
L'Università di Messina alla Monaco Energy Boat Challenge:
sostenibilità e innovazione per la nautica del futuro 471

Iolanda Borzì, Origini e prospettive future del controllo del traffico marittimo 483

Anna Lazzaro, Pubblica amministrazione e transizione ecologica: i c.d. green ports 497

Edoardo Proverbio - Roberto Montanini - Candida Milone - Salvatore De Caro
Guido Di Bella - Simone Panfiglio, La tutela dell'ambiente marino attraverso
l'innovazione tecnologica e il coinvolgimento della rete del cluster tecnologico NAVTEC 513

Elpida Piperopoulos - Luigi Calabrese,
Marea nera: cause, conseguenze e rimedi tradizionali ed innovativi 531

"Oltre i confini conosciuti": dalle profondità della terra allo spazio extra-atmosferico
Silvia Scolaro - Cristina Totaro - Barbara Orecchio - Debora Presti,
La sequenza sismica del 1968 nella Valle del Belìce, Sicilia occidentale:
nuove ricerche risolvono le ambiguità sulla sorgente dei terremoti 549

Francesca Pellegrino, Lo sviluppo sostenibile dello spazio extra-atmosferico.
Il fenomeno dei detriti spaziali 571

TERZA SEZIONE
LAVORO E PREVIDENZA SOCIALE TRA UNIVERSALITÀ E SOSTENIBILITÀ

Fortunato Freni, Le comunità eticamente ispirate e le nuove forme di lavoro della transizione eco-digitale 593

Angela Marcianò, Il danno biologico del lavoratore: dalla reasonable practicability britannica alla massima sicurezza tecnologicamente possibile italiana 611

Gianni Toscano, Viaggio nel sistema pensionistico italiano: un "patto tra le generazioni" in equilibrio instabile 635

Loredana Ferluga, Brevi note in materia di previdenza complementare 649

Elena Girasella, "Serviranno più immigrati" (parola di Piero Angela). Contorni e limiti di una normativa anacronistica 665

QUARTA SEZIONE
CULTURA UMANISTICA, ARTE, IDENTITÀ

Alla ricerca del mito…

Rosa Santoro, Giasone e la fuga dal mito. Scritture e riscritture di un eroe difettoso 679

Feliciana Lorella Pennisi, Seneca, *Agamennone*. Voci di donne 697

Antonella Cinzia Marra, I Ciclopi di Sicilia tra Mito e Storia Naturale 715

Identità in dialogo, tra religione, arte, spettacolo e spazi urbani

Mariangela Monaca, Saper parlare di Dio, si può? La comunicazione storico-religiosa come strumento di pace e di dialogo tra i popoli 735

Daniela Potenza - Fulvia Sarnelli, Riflettendo sull'identità araba americana con Yussef El Guindi e Mohja Kahf 745

Alessandro Arangio, Spazio urbano e potere: identità confliggenti nell'esperienze berlinese 761

Angela Fiore, «Una bellezza oscurata»: musica e divulgazione attraverso Piero Angela 773

Le nuove frontiere della tutela e promozione del patrimonio culturale

Elena Di Blasi, La valorizzazione nel paesaggio urbano della Sicilia orientale attraverso i giacimenti culturali: l'Art Nouveau 789

Marta Tigano, Il patrimonio culturale religioso. Musei ecclesiastici e nuove tecnologie digitali 801

Trasformazioni sociali e relazioni familiari tra autonomia (patrimoniale) e istanze solidariste
Chiara Capomolla, I rapporti interpersonali tra immanenza storica
e tradizione giuridica 825

QUINTA SEZIONE
SALUTE E STILE DI VITA

Cibo e salute
Rosalia Cavalieri, Dimmi cosa mangi e ti dirò che animale sei.
L'esperienza del gustare tra natura e cultura 845

Natasha Irrera - Giuseppe Spadaro - Angelica Giacopello - Alessandra Bitto,
Nutrigenomica: implicazioni dietetiche e farmacologiche 863

Giovanni Ficarra - Rita Lauro - Federica Mannino - Natasha Irrera
Laura De Maria - Teresa Gervasi - Nicola Cicero - Alessandra Bitto,
Ulva Lactuca: una fonte di nuovi supplementi nutrizionali dal Lago di Ganzirri 875

Marina Russo, L'olio extravergine d'oliva: il perfetto equilibrio tra nutrizione e salute 887

Giuseppa Di Bella - Vincenzo Nava - Angela Giorgia Potortì - Vincenzo Lo Turco
Ambrogina Albergamo, Il miele e l'apicoltura dell'areale del Mediterraneo 897

Federica Spinola - Luca Nalbone - Alessandro Giuffrida - Graziella Ziino
Filippo Giarratana, Intossicazione da istamina: la sindrome sgombroide 923

Giorgia Sorrentino - Luca Nalbone - Alessandro Giuffrida - Graziella Ziino,
Filippo Giarratana, Batteri persistenti negli alimenti 937

Ambiente e salute
Antonio Pugliese, La Morte Nera e le sue sorelle.
Un viaggio fra le pesti nel corso della storia 953

Paola Di Mauro, Albori della medicina ambientale. Walter Reed di Bertolt Brecht 963

Fabrizio Guarneri, Masquerade. Mimetismo molecolare: storie di microbi,
sosia e inganni del sistema immune 977

Stefania Isola - Sebastiano Gangemi, Ambiente e salute: le allergopatie respiratorie 995

Luisa Ricciardi, Api, Vespe e Calabroni; stop alla paura! 1005

Elisa Venera Ruello - Francesca Maria Salmeri - Carlo Sansotta,
Tatuaggi: rischi poco conosciuti 1013

Salute e stile di vita tra scienza, autodeterminazione e incriminazione
Letizia Valentina Lo Giudice, Il ruolo della ricerca scientifica nella codificazione degli obblighi internazionali di incriminazione: la disciplina italiana in tema di sostanze stupefacenti 1031

Salute, benessere psicologico e stile di vita
Mariella Valenzise - Malgorzata Wasniewska, Le patologie tiroidee autoimmuni in età pediatrica 1049

Luigi Donato - Concetta Scimone - Simona Alibrandi - Domenico Morda' Carmela Rinaldi - Rosalia D'angelo - Antonina Sidoti, Nel labirinto delle distrofie retiniche ereditarie: alla scoperta delle Terapie innovative e delle visioni del futuro 1059

Giuseppe Dattilo - Antonio Micari - Gianluca Di Bella Scompenso Cardiaco: la sindrome del XXI secolo 1073

Chiara Spatola - Matteo Aloi - Gabriella Martino, L'evitamento esperienziale e il benessere psicologico nei pazienti con malattia cardiaca 1087

Antonino Catalano - Federica Bellone - Gabriella Martino Nunziata Morabito, L'Ansia: un nuovo fattore di rischio per l'osteoporosi? 1097

Silvia Carbone, Talassemia a Messina. Un approccio sociologico alla malattia cronica 1103

Loredana Benedetto, Coltivare il benessere psicologico: il ruolo della self-compassion 1109

Claudia Gianelli, Cognizione incarnata e didattica: dal movimento all'apprendimento 1129

Matteo Aloi - Chiara Spatola - Gabriella Martino, Metacognizione e disregolazione emotiva nel gioco d'azzardo patologico 1137

Massimo Ingrassia, Tra reale e virtuale. Processi di sviluppo psicologico e benessere nell'era della tecnologia digitale 1151

Antonino Bucca, I linguaggi della follia 1173

Diritto alla salute, principio di autodeterminazione e responsabilità
Caterina Angelino, Il diritto di autodeterminazione terapeutica alla prova dell'intelligenza artificiale: tra vecchi dogmi e nuove prospettive 1191

La sfida dei vaccini di nuova generazione: nuove traiettorie mediche, microbiologiche e giuridiche
Francesco Astone, Prefazione. La sfida dei vaccini di nuova generazione: nuove traiettorie mediche, microbiologiche e giuridiche 1209

Maria Teresa Sciortino - Rosamaria Pennisi,
I nuovi Virus e SARS-CoV-2 nell'era globale 1213

Antonino Astone, Danno da somministrazione di vaccino anti Sars-Cov-2-
e profili di responsabilità 1225

Adelaide Madera, Vaccini anti-COVID-19 e nuove forme di obiezione di coscienza:
nuove sfide per l'esercizio della libertà religiosa? 1253

In sala operatoria…professionalità, qualità e sicurezza delle cure
Mariacristina Vadalà - Vincenzo Francesco Tripodi - Anna Teresa Mazzeo,
Il ruolo fondamentale dell'Anestesista-Rianimatore in una società vitale 1267

Riccardo Laudicella - Sergio Baldari,
Teragnostica in medicina nucleare: verso la medicina di precisione 1283

Francesco Tomaiuolo - Carmelo Vicario - Cristina Foti - Giada Garufi
Antonino Germanò - Salvatore Massimiliao Cardali, Circonvoluzioni e solchi cerebrali
come punti di repere strategici per la localizzazione e rimozione
dei tumori cerebrali sottocorticali 1295

SESTA SEZIONE
IL REGNO ANIMALE - GLI ANIMALI DA COMPAGNIA ED IL LORO BENESSERE

Daniela Alberghina - Fabiola Giunta - Michele Panzera,
Consigli al futuro proprietario per una scelta più consapevole del cucciolo da acquisire 1309

Alessandra Landi - Vito Biondi - Salvatore Monti - Annamaria Passantino
Michela Pugliese, Cardiopatie congenite nel cucciolo:
dalla gestione alle conseguenze medico-legali 1323

Gabriele Cervino - Luca Fiorillo - Filippo Spadola - Mauro Cavallaro - Matteo Peditto
- Giacomo Oteri, Biomateriali innovativi per la riparazione dei gusci di tartaruga 1337

SETTIMA SEZIONE
IN FONDO AL MAR…

Alex Carnevale, Zonazione e caratterizzazione ambientale dei fondali marini
del Mar Mediterraneo 1355

Mariachiara Costanzo, La sorprendente biodiversità dello Stretto di Messina 1363

Claudio D'Iglio, Otoliti: la carta d'identità dei pesci 1371

Sergio Famulari, La plastica: minaccia alla vita subacquea 1387

Dario Di Fresco, Come la plastica modella l'ambiente: Plastisfera 1403

OTTAVA SEZIONE
MATEMATICA E….

Presentazione 1414

Giovanni Anello, Matematica e curve piane 1415

Elvira Barbera - Annamaria Pollino - Emanuele Sgroi,
Matematica e le sue macchine 1427

Maddalena Bonanzinga - Davide Giacopello, Matematica e musica 1443

Giancarlo Consolo - Gabriele Grifò, Matematica e biologia 1459

Antonio Ficarra - Giancarlo Rinaldo, Matematica e crittografia 1477

Pierandrea Vergallo - Alessandra Rizzo, Matematica e cartografia 1487

NONA SEZIONE
LE NUOVE TECNOLOGIE TRA AFFIDABILITÀ E PROSPETTIVE INEDITE

Graziella Scandurra - Carmine Ciofi, L'affidabilità dell'Elettronica 1501

Francesco Astone, L'intelligenza artificiale applicata alle decisioni amministrative 1521

Maria Francesca Tommasini, Le opere d'arte NFT ed il mercato digitale 1535

Profilo biografico degli autori 1549

PREFAZIONE

Per lungo tempo, Piero Angela, "facendo ingresso" nelle case degli italiani attraverso programmi televisivi di successo, ha rappresentato, con garbo e pacatezza, l'emblema del processo di comunicazione della scienza capace di consentire la comprensione di concetti complessi ed articolati mediante l'impiego di un eloquio semplice ed accessibile.

Fulgido esempio della passione nutrita per lo studio, l'approfondimento, la conoscenza, per tali motivi, il 24 novembre 2017, è stato insignito dall'Università degli Studi di Messina del dottorato di ricerca *honoris causa* in "Biologia Applicata e Medicina Sperimentale".

Ispirandosi ai suoi insegnamenti e con l'intento di rendere omaggio alla sua memoria, a distanza di pochi mesi dalla sua scomparsa, è stata indetta una "call for papers" rivolta nei confronti del personale docente dell'Ateneo peloritano al quale è stato domandato di redigere un saggio che, traendo spunto dal modello narrativo promosso da Piero Angela, potesse compiutamente perseguire il fine di illustrare, adoperando un lessico facilmente intellegibile, pur non rinunciando al dovuto rigore scientifico, contenuti culturali, financo complessi, ma, in ogni caso, di possibile interesse generale.

Sono pervenute dissertazioni riferibili a molteplici settori scientifico-disciplinari grazie alla partecipazione di una vasta platea di esperti del settore della comunicazione e di dottorandi, dottori ed assegnisti di ricerca, ricercatori, professori associati ed ordinari, in servizio ed in quiescenza, dell'Università di Messina.

Il volume è composto da 105 contributi, frutto dell'impegno profuso da 198 autori, in alcune sue parti risultato della rielaborazione e dell'approfondimento di indagini e studi già contenuti all'interno di saggi in precedenza pubblicati in riviste, opere collettanee o monografie, espressione dell'intendimento di coinvolgere la società civile nell'ambito di una riflessione incentrata sull'importanza della disseminazione della cultura, scientifica ed umanistica.

"*La comunicazione della scienza. Tributo in onore di Piero Angela*" costituisce un'opera editoriale sorretta dal desiderio di conferire ai temi della divulgazione e della condivisione dei saperi il valore di condizione essenziale per la partecipazione ai processi di costruzione democratica di una società evoluta che, in verità, «*non può basarsi sull'ignoranza dei problemi, perché uno dei suoi grandi obiettivi è proprio quello di rendere i cittadini responsabili e consapevoli, in modo che possano esercitare i loro diritti utilizzando al meglio la loro capacità di capire*» (Piero Angela, Viaggi nella scienza, 1982, 46).

Luca Buscema

Giovanna Spatari

PROLUSIONE

Nel contesto di una società complessa, dove, a velocità costantemente crescente, il progresso scientifico e tecnologico si dimostra inarrestabile, l'intero ciclo della ricerca e della produzione di nuova conoscenza postula che l'Università assuma le vesti di protagonista stimolando la curiosità dei ricercatori e incoraggiandone il desiderio di conseguire nuovi traguardi.

La divulgazione del sapere, lo sviluppo del pensiero critico e la disseminazione culturale divengono, in quest'ottica, fattore di propulsione dell'azione accademica, comprensiva, in verità, del ricorso a metodi innovativi per la misurazione dell'impatto e per la valutazione della ricerca e dei suoi prodotti, unitamente all'impiego di nuove forme di co-produzione e di condivisione dei risultati con i diversi, possibili attori sociali.

Si innestano, in questa direzione, *inter alia*, processi formativi tesi a sviluppare nuove competenze e a generare la formulazione di programmi di pubblico interesse, l'attivazione di iniziative di democrazia partecipativa e l'organizzazione e promozione di attività di pubblica utilità contraddistinte, quest'ultime, da un indiscusso valore educativo e culturale e prioritariamente rivolte a beneficio di un uditorio non (necessariamente) accademico.

Ne consegue l'instaurazione di un costante dialogo tra l'Università e la società civile, incentrato su metodi volti a enfatizzare interazione e confronto, sintonia e condivisione.

Il tutto, nell'intento di generare e favorire un'autentica innovazione culturale non ristretta al campo tecnico-scientifico, bensì declinata nella prospettiva di un "novello umanesimo", da intendersi quale tratto caratterizzante di una comunità sociale realmente progredita ed inclusiva.

Centrale è, in tal senso, l'impegno profuso nella direzione di incoraggiare il dibattito, il rapporto dialettico, il raffronto, non preconcetto, tra "tesi ed antitesi", nell'ottica della comprensione della profondità e complessità sia del pensiero scientifico, sia della cultura

umanistica, ambiti del sapere chiamati ad interagire in vista di un costante, reciproco arricchimento, sovente frutto di una "non occasionale", vicendevole contaminazione.

Prospettiva che viene rimessa ad un modello di trasmissione della conoscenza incentrata su metodi divulgativi che sappiano garantire integrità e correttezza dei contenuti condivisi pur ricorrendo a un linguaggio semplificato e accessibile, ovviamente prestando attenzione a non scadere in banalità o, peggio ancora, nel travisamento del significato delle nozioni rappresentate.

Obiettivi e finalità perseguiti, come noto, nel corso di diversi decenni, da parte di Piero Angela, personaggio poliedrico, pioniere ed emblema del ricorso ad un lessico capace di soddisfare il desiderio di conoscenza "dell'uomo comune", traducendo in un "gergo noto ai più" concetti sovente complessi e sorretti da (apparentemente) inestricabili tecnicismi, non rinunciando, tuttavia, in nessun caso al rigore e alla serietà scientifica.

In ciò, essenzialmente, il debito di riconoscenza e gratitudine nei riguardi di Piero Angela, simbolo di una "consapevolezza culturale diffusa" capace di far riflettere su temi scientificamente cruciali e di far crescere e maturare su di essi l'attenzione dell'intera comunità.

Per questa ragione, il 24 novembre 2017, Piero Angela è stato chiamato a far parte della nostra comunità accademica in seguito al conferimento del dottorato di ricerca *honoris causa* in "Biologia Applicata e Medicina Sperimentale".

Ed oggi, a distanza di circa un anno dalla sua scomparsa, l'Università degli Studi di Messina vuole confermare e rinnovare quel debito tributandogli un doveroso ringraziamento mediante la pubblicazione di un volume collettaneo, in sua memoria, ove si trovano raccolti i risultati delle ricerche condotte, in chiave multidisciplinare e con un approccio, per così dire, "trasversale", da molti dei nostri colleghi e giovani ricercatori.

È questa una ulteriore testimonianza che porta ad affermare e consolidare il senso di appartenenza ad una comunità accademica, qual è la nostra, vivace, dinamica, competente e, soprattutto, animata dal desiderio di condividere ideali e valori comuni, attraverso attività di ricerca scientifica che possano contribuire al progresso, materiale e spirituale, dell'intera società civile.

Con questo spirito, nella qualità di Rettrice dell'Università degli Studi di Messina, manifesto il mio personale e più vivo compiacimento per un'iniziativa editoriale che ha quale ulteriore obiettivo quello di contribuire a far comprendere a tutti la complessità e la bellezza della scienza.

Giovanni Moschella

Introduzione

Divulgazione scientifica e disseminazione culturale, sorrette dall'impiego di un linguaggio accessibile, capace di rappresentare con semplicità concetti complessi, costituiscono le finalità principali che hanno animato l'impegno professionale profuso da parte di Piero Angela nel corso della sua lunga ed entusiasmante carriera di "comunicatore della scienza".

La passione che ha vivificato la conduzione di noti programmi televisivi, è noto, si è trasfusa in un garbato incedere nelle case degli italiani con l'intento di sollecitare l'attenzione di una società chiamata a confrontarsi sempre più con i temi dell'innovazione tecnologica, della sostenibilità ambientale, del raggiungimento di sempre nuovi traguardi scientifici i cui risultati sono stati descritti e condivisi in forma sì semplificata, ma sempre sorretta da rigore e serietà.

Al contempo, è stato tributato il giusto risalto anche ad ambiti di interesse più strettamente riconducibili agli studi umanistici, cercando di coniugare le "due culture" (le scienze "dure" e le scienze umane e sociali) nella prospettiva di ridurre la divaricazione tra di loro esistente.

La curiosità instillata soprattutto nei giovani telespettatori ha fatto sì che i documentari realizzati in tanti anni non fossero dei semplici reportage, meramente descrittivi dei diversi temi di volta in volta trattati, bensì il mezzo attraverso il quale ispirare le nuove generazioni, infondere in loro fervore e dedizione, amore per la conoscenza.

Le tecniche comunicative utilizzate hanno permesso, per tale via, di affascinare ed appassionare il pubblico rendendo interessante, e, a tratti, anche avvincente la narrazione di eventi storici, la descrizione di fenomeni naturali, l'esplicazione di metodi e processi scientifici.

Per queste ragioni, nel tempo, Piero Angela è divenuto il simbolo della dedizione per la scienza, rivestendo il ruolo di "mentore" non solo di fanciulli, adolescenti e giovani adulti, ma anche di tutti coloro i quali, indipendentemente dal possesso di approfondite nozioni tecnico/scientifiche, volessero, ad ogni età, misurarsi con l'apprendimento di nuove competenze e conoscenze.

I meriti di Piero Angela sono stati ampiamente riconosciuti in seno alla società civile ed hanno anche indotto l'Accademia a tributare importanti onorificenze.

Tra queste, come noto, il conferimento da parte dell'Università degli Studi di Messina, il 24 novembre 2017, del Dottorato *honoris causa* in Biologia Applicata e Medicina Sperimentale.

Oggi, a distanza di poco più di un anno dalla sua scomparsa, l'Ateneo Peloritano vuole nuovamente manifestare la condivisione degli alti valori culturali ascrivibili alla devozione per la scienza dimostrata, per lungo tempo, da Piero Angela mediante la realizzazione di un volume che dia risalto all'importanza della condivisione dei saperi scientifici ed umanistici nella prospettiva della costruzione di una società civile ed evoluta.

Ispirandosi alla trasversalità dei temi oggetto degli approfondimenti e delle narrazioni condotte da Piero Angela, è stata sollecitata quindi la partecipazione dell'interno corpo docente dell'Università di Messina, giungendo all'elaborazione di un'opera collettanea espressione del senso di appartenenza ad una comunità accademica avvinta dal desiderio di contribuire a virtuosi processi di disseminazione culturale.

Così, dopo aver tracciato e compiutamente descritto le origini dell'Ateneo peloritano, a partire dalla fondazione del *Messanense Studium Generale*, sin da subito l'attenzione è stata concentrata sul tema della divulgazione dei saperi mediante il ricorso a tecniche comunicative sì di diversa matrice, ma comunque sorrette da fini comuni: l'illustrazione di conoscenze ed informazioni tra rigore espositivo e intrattenimento, dimensione emozionale e performance, modelli testuali e linguistici a confronto.

Tutto ciò, ovviamente, ispirandosi alla dialettica ed alle strategie comunicative promosse da parte di Piero Angela e divenute, nel tempo, familiari e di uso comune.

Centrale diviene, poi, la disamina di un tema particolarmente caro a Piero Angela e di stringente attualità: il rapporto tra uomo e territorio e la sostenibilità dei fenomeni di antropizzazione.

Molteplici i punti di vista assunti in considerazione ed espressione della varietà e complessità degli interessi coinvolti, correlati, *inter alia*, ai sempre presenti divari territoriali, a processi decisionali che, tra autorità e libertà di mercato, assumano in debita considerazione evolute politiche ambientali, specie al cospetto di una incessante e sempre nuova rivoluzione

industriale, alle iniziative capaci di coniugare progresso e tutela dell'ambiente terrestre e dell'ecosistema marino, gettando lo sguardo "oltre i confini conosciuti", a partire dalle profondità della terra sino a giungere allo spazio extra-atmosferico.

Lo sviluppo sostenibile, poi, diviene modello concettuale ideale da rintracciare non solamente in ordine al raggiungimento di nuovi traguardi in campo scientifico e tecnologico, ma legato a dinamiche sociali che vedono partecipe l'individuo nella sua qualità di attore protagonista nei processi produttivi e di redistribuzione della ricchezza in vista della costruzione di una comunità equa, solidale e multiculturale.

Le diversità culturali, a volte confliggenti, divengono, in quest'ottica, oggetto di studio a partire dalla ricerca di tradizioni comuni e di simboli, strumento di pace e di dialogo tra i popoli, espressione di patrimonio culturale, materiale ed immateriale, da proteggere, tutelare e promuovere.

Ciò, anche nell'ottica di rileggere la figura di Piero Angela attraverso le suggestioni culturali, artistiche e musicali che hanno accompagnato ed ispirato il suo percorso professionale e di vita.

In una prospettiva antropocentrica, poi, matura l'esigenza di soffermarsi sul benessere psicofisico dell'individuo, precondizione entro cui consentire lo sviluppo della personalità di ciascuno e il contributo al progresso sociale e culturale della comunità.

Divengono oggetto di attenzione le reciproche influenze intercorrenti tra ambiente e salute, cibo e stili di vita, tra scienza, principio di autodeterminazione e responsabilità, nel compimento di scelte consapevoli e nell'esercizio delle professioni sanitarie, processi di sviluppo psicologico e benessere nell'era della tecnologia digitale, nella quotidianità ed al cospetto dell'improvviso inverarsi di emergenze sanitarie.

In ossequio ad una lunga e consolidata tradizione maturata nell'ambito dei programmi televisivi condotti da Piero Angela, poi, viene indirizzato lo sguardo verso la zoologia e l'etologia, prediligendo l'ambito di interesse concernente gli animali da affezione o compagnia e le meraviglie dei fondali sottomarini, in specie presenti nelle acque dello Stretto di Messina.

Nella ricerca, inoltre, di un filo conduttore che possa, in vario modo, legare le riflessioni ed i temi fin qui evidenziati, l'attenzione viene quindi concentrata sulla "scienza dei numeri e

delle forme", per una migliore comprensione della realtà, al contempo nei campi delle scienze dure e delle scienze umane e sociali.

Binomio indissolubile, questo, per vero, pure con riferimento alle applicazioni sociali delle nuove tecnologie tra affidabilità delle conoscenze già acquisite e prospettive di sviluppo ancora inedite.

PROLOGO

Luca Buscema

PREPARARSI AL FUTURO
L'EREDITÀ MORALE DI PIERO ANGELA

1. La promozione della cultura: riflessioni introduttive. – 2. Le "due culture" a confronto e la loro riduzione a sintesi ed unità. – 3. Istruzione, conoscenza e condivisione dei saperi: brevi note di sintesi. – 4. Bibliografia.

1. La promozione della cultura: riflessioni introduttive

La promozione della cultura, apprezzata nei termini di valore essenziale per il progresso sociale di una comunità politica, «*non va intesa solo alla stregua di un'insopprimibile aspirazione alla conoscenza e di un irrinunciabile fattore di emancipazione degli individui e della società nel suo complesso: essa rappresenta una preziosa risorsa ed un alimento dei regimi democratici i quali di una consapevole, meditata e critica lettura del reale non possono e non devono fare a meno*» (Fontana, 2019: 100).

In questa direzione, si osserva, l'apprendimento dei fondamenti culturali ed educativi del vivere civile costituisce uno strumento indispensabile al fine di contrastare l'abbrutimento della società già a partire da primordiali forme di manifestazione di faziosità ed intolleranza.

Lo sviluppo delle qualità morali e civili dell'individuo, il consolidamento della sua capacità di analisi critica della realtà e, più in generale, il processo di formazione e maturazione della persona in rapporto al contesto storico e sociale radicato in un dato momento, passano attraverso un modello di circolazione e condivisione del sapere che consente di favorire non solo l'acquisizione di nuove competenze, ma, al contempo, anche il rafforzamento degli attributi intellettuali, etici e spirituali.

In quest'ottica, il sapere diviene «*il tramite essenziale per la costruzione del legame tra l'individuo e la società in tutte le sue dimensioni ed assume pertanto una rilevanza centrale nella promozione e tutela dei diritti umani*» (Marchisio, 2018: 267).

Così, incentivare virtuosi processi di condivisione della conoscenza, il cui fine ultimo è «*coltivare l'umanità*» (Vannuccini, 2013: 2), diviene un mezzo indispensabile non solo per apprendere e comprendere, ma parimenti «*necessario per conoscersi e persino riconoscersi* - in seno alla propria - *dimensione storica, geografica, culturale, esistenziale*» (Benvenuti, 2018: 103).

Detti intendimenti maturano in seno ad un modello di promozione del sapere dinamico e proattivo, costantemente implementato grazie ad una continua interlocuzione con la circostante realtà politica, economica e sociale di modo da consentire «*di esprimere bisogni, legami e interessi dei e tra i suoi protagonisti*» (Benvenuti, 2018: 113).

Ciò, anche nella prospettiva di ricondurre alla diffusione della cultura un profondo significato pedagogico ed orientativo della condotta di ciascun membro di una comunità (finalmente) evoluta e consapevole della superiorità etica e morale (oltre che giuridica) delle libertà faticosamente conquistate nel corso della storia onde consolidare il senso di appartenenza ad una collettività indivisa e la comunione dei valori di fondo che ne costituiscono il collante.

Principi e valori che, però, beninteso, non rappresentano un patrimonio ideale (storicamente) definitivamente acquisito, bensì dimostrano di essere il frutto di una costante opera di promozione, diffusione e riflessione, sussidiata da un saldo e diffuso spirito civico, da una *virtus* che alimenti la coscienza dei singoli, ne ispiri i comportamenti e si dimostri anima e fondamento dello Stato-ordinamento.

Ed è proprio in vista del perseguimento di siffatti obiettivi che, *prima facie*, si è nel tempo incentrato e consolidato l'impegno profuso da parte di Piero Angela nella direzione di destare l'attenzione del grande pubblico sui processi storici e culturali che, dai primordi sino ad oggi, hanno condotto l'umanità a costruire modelli di società evoluti, sviluppati, sempre più complessi ed articolati.

La plurimillenaria tradizione umanistica del nostro Paese, però, così ricca e certamente preziosa, da sola, non può più «*illuminare e guidare il nostro tempo se non si integra con una*

nuova visione della realtà» (Angela, 2022: 14), in verità composita, a tratti financo disomogenea e frastagliata.

La varietà, copiosità e delicatezza degli interessi in gioco inducono oggi più che mai a riflettere profondamente sulle sfide che attendono al varco le attuali e future generazioni secondo (almeno) una duplice prospettiva: da un lato, comprendere, pianificare ed attuare efficaci strategie di sviluppo che sappiano coniugare, al contempo, i molteplici fattori di criticità in tema di ricerca, nuove tecnologie, approvvigionamento energetico, crescita (demografica ed economica) sostenibile, in uno con il contrasto alla povertà ed ai cambiamenti climatici e la progressiva riduzione del divario sociale tra comunità e collettività tra di loro (non solo geograficamente) sovente lontane; dall'altro lato, vestire ed impregnare di valori ed ideali il complesso delle iniziative rivolte all'attuazione dei menzionati intenti e propositi.

Ciò, nella prospettiva secondo la quale, pur al cospetto del progressivo incedere dell'automazione, dell'intelligenza artificiale e del superamento di sempre nuovi e giammai prima varcati confini in campo scientifico e tecnologico, ineliminabile dimostra di essere il fattore umano capace di veicolare, indirizzare e ricondurre a fini etici le nuove scoperte ed i nuovi passi compiuti.

Interrogarsi, quindi, costantemente sul destino dell'uomo, evitando di rimanere imbrigliati e dominati dalla frenesia dello sterile progresso fine a se stesso, bensì sorreggendo pensieri ed azioni dal desiderio di comprendere, scegliere ed agire rettamente.

2. Le "due culture" a confronto e la loro riduzione a sintesi ed unità

«*Si dice spesso che la cultura è ciò che rimane dopo che si è dimenticato ciò che si è imparato. Ed effettivamente quello che conta è disporre di un quadro d'insieme degli eventi, saper porre (e porsi) le domande giuste, inquadrare i problemi e trovare soluzioni, saper comunicare, individuare connessioni e collegamenti, riconoscere contraddizioni ed incompatibilità, aver imparato ad imparare*» (Angela, 2022: 14).

In quest'ottica, educazione, conoscenza, competenza, flessibilità, innovazione e capacità progettuale costituiscono attualmente i veri acceleratori dello sviluppo al cospetto del costante ed incessante moltiplicarsi delle scoperte scientifiche e delle invenzioni tecnologiche (Angela, 2022: 13).

La ricerca e l'educazione non sono, quindi, un costo da contenere e misurare sulla scorta di stringenti (e, sovente, labili) equilibri di bilancio, bensì assurgono a proficuo, intelligente e lungimirante investimento.

In verità, per lungo tempo, i processi di formazione intellettuale e culturale hanno visto primeggiare il pensiero classico (Angela, 2022: 17), relegando quasi ai margini il ruolo da ascrivere alla conoscenza in campo scientifico e, per contro, promuovendo massimamente una cultura umanistica, letteraria, storica, giuridica, artistica e filosofica, tipica, però, «*di una società in cui i cambiamenti avvengono lentamente*» (Angela, 2022: 16).

In realtà, «*è proprio la scienza che sta cominciando oggi a rispondere davvero alle domande che i filosofi si sono posti da secoli*» (Angela, 2022: 17), consentendo all'umanità di ridurre la distanza dalle soluzioni, ricercate per secoli, dei grandi misteri dell'universo e della vita.

Scienza e tecnologia, ambiti tra di loro legati "a doppio filo" e capaci di condizionarsi ed influenzarsi reciprocamente, hanno profondamente inciso sulla storia dell'umanità ed hanno permesso di acquisire conoscenze sempre più avanzate, contribuendo alla incentivazione del progresso nei settori chiave della esistenza dell'uomo sulla Terra; pianeta che, però, in realtà, dimostra chiaramente di caratterizzarsi per il ricorrere di (sempre più) evidenti "limiti di sostenibilità".

Il mondo è sì in continua "rivoluzione e trasformazione" grazie alla scienza ed alla tecnologia, ma è costantemente chiamato a confrontarsi con le contraddizioni proprie della ricerca e di una crescita (sovente) incontrollata.

La scienza evoca sempre nuovi traguardi, concepiti in vista del miglioramento della qualità di vita, a tutela e salvaguardia della salute dell'individuo, nella prospettiva della risoluzione (o, perlomeno, della mitigazione) di questioni sociali e di rilevanza mondiale (carestie, approvvigionamento idrico, desertificazione, povertà); lo scienziato assume, in questa prospettiva, le fattezze di moderno eroe, capace di sconfiggere (o, quantomeno, degnamente fronteggiare) le più grandi paure dell'umanità.

Al contempo, però, la scienza può rendersi protagonista di conquiste potenzialmente tragiche per il genere umano, divenendo strumento di sopraffazione e distruzione.

Di conseguenza, ci si domanda sempre più incessantemente se la scienza consentirà di salvare più di ciò che sarà capace di distruggere.

In verità, la scienza, in sé, «*è solo "conoscenza", cioè scoperta*» (Angela, 2022: 20) e «*permette di separare il probabile dall'improbabile, il credibile dalla leggenda, il vero dal falso*» (Angela, 2022: 21), emancipa «*i fatti dalle opinioni, le credenze dalle cose provate*» (Angela, 2022: 21), assurge a strumento, insieme con la ricerca, «*per avvicinarsi alla verità*» (Angela, 2022: 23), senza pretesa di definitività, consapevole della necessità di (costante) autocorrezione ogni qual volta nuove conoscenze smentiscano, in tutto o in parte, precedenti convincimenti.

È grazie alla scienza che è consentito davvero di "sapere"; «*non di ritenere, pensare, presumere, immaginare, essere convinti di ma di conoscere veramente…di passare quindi da convinzioni personali (soggettive) a una conoscenza condivisa, sia pure con tutta la provvisorietà necessaria*» (Angela, 2022: 45).

Il metodo ed i risultati (sempre nuovi e, a volte, inaspettati) propri della ricerca scientifica affascinano e alimentano una passione, portatrice di idee e di cambiamenti profondi, che certamente non passa attraverso uno studio mnemonico, pedante, noioso, poco interessante, bensì richiede estro, inventiva, sperimentazione e financo azzardo.

Il mondo della scienza e dell'innovazione tecnologica, però, non è esente da regole, *in primis* etiche e morali; il piacere di scoprire e rinvenire nuove risposte a tante vecchie ed insolute domande presuppone l'idea di imparare a pensare in modo nuovo, invero sorretta da onestà intellettuale e capacità di discernimento circa le possibili conseguenze e gli effetti correlati agli studi condotti.

A volte, poi, «*la velocità dei cambiamenti* - diviene - *più rapida della velocità degli adattamenti*» (Angela, 2022: 34).

Va evitata l'avventatezza capace di tradursi nell'effetto descritto già molti anni addietro da Piero Angela nel suo volume dal titolo "La vasca di Archimede", ovvero il rischio che l'immersione di nuove tecnologie nella società provochi «*spinte che la cultura non riesce più a controbilanciare*».

Si evoca, cioè, il pericolo di non consentire al decisore politico ed alla società civile di comprendere appieno tutti i possibili risvolti propri delle nuove scoperte e delle correlate applicazioni e, di conseguenza, di subirne "passivamente ed inconsapevolmente" ogni esito, pure deteriore.

In verità, «*non capire il ruolo "filosofico" che svolge la tecnologia nella trasformazione della società e della condizione umana (e la profonda azione trasformatrice che ha anche nella politica e nella stessa cultura) significa non riuscire a "leggere" il proprio tempo*» (Angela, 2022: 73).

Da qui, l'esigenza di riscoprire un "dialogo" tra cultura scientifica ed umanistica.

Obiettivo, per vero, non semplice da conseguire e ormai da lungo tempo oggetto di riflessione.

Già nel corso della fine degli anni '50 del 900, con lucidità e lungimiranza sottolineava Charles Percy Snow, nell'opera intitolata "Le due culture", la netta divaricazione tra il mondo della ricerca scientifica e quello degli studi umanistici: il primo, certamente rilevante nella prospettiva del progresso tecnico e tecnologico; il secondo, chiamato a dominare la scelte e la selezione dei fini di fondo da perseguire, per tale via condizionando, a volte sulla scorta di una visione d'insieme miope, le prospettive di sviluppo in campo scientifico.

Secondo l'Autore inglese, in entrambi gli ambiti sarebbe invece necessaria la presenza delle due culture che, pur soffermandosi sulle medesime questioni, a partire, però, da punti di vista divergenti, eserciterebbero una reciproca, positiva influenza, assicurando una novella profondità di prospettiva.

Sviluppando siffatto orientamento, Piero Angela giunge a ritenere che, in verità, la cultura sia unica «*nella sua grande diversità e nella sua grande ricchezza: le due culture si possono (e si debbono) integrare in una visione d'insieme che valorizzi entrambe*» (Angela, 2022: 45).

Una cultura, cioè, «*capace di capire e partecipare al grande processo di adattamento in corso*» (Angela, 2022: 44).

Ciò, *inter alia*, sia allo scopo di "arginare" la diffusione delle c.d. "pseudoscienze" (Angela, 2022: 90), sia di "individuare" con maggiore facilità "i personaggi che una volta al bar venivano zittiti" ed impedire o, comunque, contenere la divulgazione delle "cose più strampalate" e la conseguente formazione di (più o meno consistenti) reti di (colpevolmente) "inconsapevoli" adepti (Angela, 2022: 98).

Va, cioè, promossa una conoscenza proattiva, espressione di autonomia di pensiero, basata su processi e modelli educativi adeguati alla complessità ed all'articolazione dei "tempi moderni", allo scopo di consentire a ciascuno la massima espansione dei propri talenti facendo comprendere «*quanto sia essenziale non accontentarsi della routine, delle cose che si debbono fare*

perché sono collocate lungo il percorso…se possibile - inseguendo - ***l'eccellenza***» (Angela, 2022: 52).

Propositi ed intendimenti da perseguire, per vero, valorizzando, sin dalla più tenera età dell'individuo, l'accesso ad un modello d'istruzione e ad un sistema educativo volti ad implementare un percorso di apprendimento significativo che, lungi dal limitarsi a trasmettere (*rectius*: impartire) nozioni, sappia infondere maggiore consapevolezza circa la consistenza del patrimonio assiologico su cui si incentra un idealtipo di società (sempre più) realmente rispettosa della dignità della persona.

3. Istruzione, conoscenza e condivisione dei saperi: brevi note di sintesi

«***La scuola è la prima cosa a cui si pensa quando si parla di educazione. Ed è effettivamente un passaggio fondamentale per ogni giovane. Un genitore consegna il cervello dei suoi figli nelle mani degli insegnanti, e lo ritira poi a fine studi, sperando che in tutti quegli anni sia stato arricchito non solo di competenze e di cultura, ma anche di valori e dalla capacità di capire il mondo in cui vive. Non sono però soltanto i genitori a consegnare il cervello alla scuola, è l'intera comunità. Perché è dalla scuola che uscirà anche il cervello del paese***» (Angela, 2022: 47).

Così, in verità, sottolinea Piero Angela, è solo per il tramite della promozione del diritto all'istruzione che dimostra di essere possibile perseguire finalità irrinunciabili nella prospettiva della costruzione di una società progredita che confidi in un futuro, per quanto ignoto, davvero sostenibile in favore delle nuove generazioni: affermare intelligenza e lungimiranza in luogo di miopia e "brevimiranza" (Angela, 2022: 18 s.).

In quest'ottica, si osserva, «***il diritto all'istruzione possiede un significato etico preciso, racchiuso nell'interesse superiore dell'educando: è il diritto ad un'istruzione di qualità etico-giuridica del diritto dell'essere umano, che sia conforme al diritto internazionale dell'istruzione, tradotto in principi di diritto pedagogico da cui derivano i diritti dell'educando***» (Vannuccini, 2013: 2).

Il diritto all'istruzione produce, in tal senso, un effetto moltiplicatore «***giacché, se effettivamente garantito, presuppone un'elevazione nella qualità del godimento degli altri diritti; al contrario, se negato o violato, li compromette***» (Vannuccini, 2013: 3).

L'acquisizione di sempre maggiori conoscenze va apprezzata, di conseguenza, non in vista della mera "certificazione" delle competenze acquisite, bensì nella prospettiva di ricondurre all'insegnamento un profondo significato pedagogico ed orientativo della condotta di ciascun membro di una comunità (finalmente) culturalmente evoluta e consapevole della superiorità etica e morale (oltre che giuridica) delle libertà faticosamente conquistate nel corso della storia.

Sostenere lo sviluppo della cultura, intesa alla stregua di strumento che consenta di ampliare i propri (sempre troppo ristretti) orizzonti nella prospettiva della ricerca di punti di comunione con l'altro, impedendo che la "diversità" costituisca un ostacolo ed elevandola, al contrario, a fonte di arricchimento valoriale, rappresenta un fine da perseguire (anche e soprattutto) grazie all'affermazione di una visione delle relazioni umane incentrata sul riconoscimento della dignità dell'individuo in quanto tale, al di là di ogni possibile barriera ideologica.

L'accettazione di comuni valori ed ideali, così come condivisi ed apprezzati grazie alla progressiva crescita, morale e spirituale, di ciascuno mediante la frequenza dei percorsi di formazione culturale modellati in seno ad un sistema di istruzione che sappia infondere il convincimento ed il senso di appartenenza ad una sola collettività, consente, quindi, in definitiva, di ridurre a sintesi ed unità «*un cammino pieno di contraddizioni e di travagli, ma anche di idee-forza e di processi volti ad affermare e tradurre nella realtà, in un mondo spesso assai distante da essi, valori essenziali che fondano la convivenza civile: eguaglianza degli esseri umani, diritti inviolabili della persona, "giusta autorità" dei governi fondata sul consenso*» (Onida, 2).

4. Bibliografia

Angela P., *Dieci cose che ho imparato*, Mondadori, Milano, 2022.

Angela P., *La vasca di Archimede*, Garzanti, Milano, 1975.

Bastianon S., *Prime riflessioni sulla legge 20 gennaio 2016, n. 12 e dintorni: tesseramento, vincolo e cittadinanza sportiva (con uno sguardo particolare al nuoto)*, in *Riv. dir. sport.*, 2016, II, 261 ss.

Benvenuti M., *"La scuola è aperta a tutti"? Potenzialità e limiti del diritto all'istruzione tra ordinamento statale e ordinamento sovranazionale*, in *Federalismi*, 2018, 4, 99 ss.

Berting J., *Europa: un'eredità, una sfida, una promessa*, Armando Editore, Roma, 2007.

Busatta L., *l'integrità della ricerca nel tessuto costituzionale: prime notazioni a partire dal contesto pandemico*, in *Rivista AIC*, 2020, 4, 404 ss.

Caracciolo La Grotteria E., *Diritto all'istruzione e tutela giurisdizionale*, in *Federalismi*, 2020, 6, 34 ss.

Carrozza P., (voce) *Nazione*, in *Dig. Disc. Pubbl.*, vol. X, Torino, 1995, 126 ss.

Cuocolo F., *Istituzioni di diritto pubblico*, Giuffrè, Milano, 2003.

Daniele N., *La pubblica istruzione*, Giuffrè, Milano, 1986.

Daniele N., *Istituzioni di diritto scolastico*, Giuffrè, Milano, 1981.

Del Corona L., *Le decisioni pubbliche ai tempi del Coronavirus: la tutela dei diritti tra fondatezza scientifica, trasparenza e principio di precauzione*, in *BioLaw Journal, Special Issue* n. 1/2020, 71 ss.

Flick G. M., *Dignità umana e tutela dei soggetti deboli: una riflessione problematica*, in E. Ceccherini (a cura di), *La tutela della dignità dell'uomo*, Editoriale Scientifica, Napoli, 2008, 41 ss.

Fontana G., *La libertà di insegnamento*, in F. Angelini, M. Benvenuti (a cura di), *Le dimensioni costituzionali dell'istruzione*, Jovene, Napoli, 2019, 99 ss.

Marchisio S., *Diritto all'istruzione e integrazione dei rifugiati*, in *Ordine internazionale e diritti umani*, 2018, 267 ss.

Mazzei G., *Problematiche giuridiche e ruolo sociale dello sport: introduzione e confronto tra il modello europeo e il modello statunitense*, in Mazzei G., Espartero Casado J. (a cura di), *Problematiche giuridiche e ruolo sociale dello sport*, Editoriale Scientifica, Napoli, 2014, 11 ss.

Onida V., *Costituzione, valori sociali comuni, scuola*, in *www.rivistaaic.it*, consultato il 16.07.2023.

Rolla G., *Profili costituzionali della dignità umana*, in Ceccherini E. (a cura di), *La tutela della dignità dell'uomo*, Editoriale Scientifica, Napoli, 2008, 57 ss.

Salerno G. M., *Identità nazionale e simboli repubblicani: una questione ancora all'ordine del giorno*, in *Federalismi*, 2009, 17, 1 ss.

Snow, C. P., *Le due culture*, Marsilio, Venezia, 2005.

Vannuccini S., *La "justiciabilidad" del diritto all'istruzione dinanzi alla corte interamericana dei diritti dell'uomo*, in *Federalismi*, 2013, 3, 1 ss.

Vettori N., *L'evoluzione della disciplina in materia di vaccinazioni nel quadro dei principi costituzionali*, in *Riv. it. Med. Leg.*, 2018, 243 ss.

Vignudelli A., *Diritto costituzionale. Prolegomeni. Principi. Dinamiche*, Giappichelli, Torino,1997.

Zeuli S., *Terrorismo internazionale*, Edizioni Giuridiche Simone, Napoli, 2002.

Daniela Novarese

ASPETTI DELL'INSEGNAMENTO SCIENTIFICO NELLO *STUDIUM MESSANAE*: IL CONTRIBUTO DEI GALILEIANI (XVII SECOLO)

1. Qualche considerazione preliminare sullo *Studium Messanae*. – 2. L'insegnamento delle discipline scientifiche a Messina: gli Statuti universitari del 1550 e del 1565. – 3. Lo studio della medicina nelle disposizioni statutarie del 1597. – 4. I lettori "stranieri". – 5. Galileiani a Messina, tra insegnamento e ricerca scientifica: a) Giovanni Alfonso Borelli; b) Marcello Malpighi. – 6. Note conclusive. – 7. Bibliografia.

1. Qualche considerazione preliminare sullo *Studium Messanae*

La fondazione del *Messanense Studium Generale*, a metà del XVI secolo, può considerarsi il frutto di complesse vicende, rintracciabili nelle reiterate richieste avanzate dall'*élite* cittadina al potere centrale già a partire dal 1434. Sarebbe trascorso, tuttavia, più di un secolo da quella prima istanza presentata ad Alfonso il Magnanimo, «quod […] generale Studium valeat ordinari» (C. Giardina, 1937, 221), perché quel progetto potesse realizzarsi, grazie al convergere di molteplici interessi e di fortunose circostanze.

Lo Studio, infatti, sostenuto dal personale intervento di Ignacio de Loyola e dalla mediazione del neonato ordine della Compagnia di Gesù, veniva istituito dal pontefice Paolo III con la bolla *Copiosus in misericordia Dominus* del 16 novembre 1548 (D. Novarese, 1994, 51ss.), unitamente al *Collegium Prototypum* dei padri gesuiti (A. Romano, 1991, 27-70), il primo aperto anche ad esterni e modello per i successivi *Collegia* che la *Societas Iesu* avrebbe creato in Europa e nel resto del mondo (D. Novarese, 1998, 173-186).

Ciascuna di tali componenti avrebbe condizionato, nel tempo, l'esistenza e l'organizzazione di quell'istituzione, in particolare, a causa dell'equivoco sorto a proposito della configurazione dell'Università. Se, infatti, i giurati messinesi ne caldeggiavano

l'adesione al modello italiano (rappresentato dagli *Studia* di Bologna e di Padova), la citata bolla paolina, a fronte di un generico riferimento a quell'archetipo, prevedeva, invece, la creazione di un *Colegio-Universidad* gestito dalla *Societas Iesu* (D. Novarese,1991, 125-146). Una circostanza che avrebbe provocato più di uno scontro tra la Compagnia di Gesù e la classe dirigente messinese per la gestione dello Studio.

2. L'insegnamento delle discipline scientifiche a Messina: gli Statuti universitari del 1550 e del 1565.

Il contrasto delineatosi fin da subito tra città e gesuiti si acuiva ulteriormente nel 1550, in occasione della redazione dei primi Statuti universitari. In quella circostanza, infatti, la Giurazia si arrogava il diritto di nominare i *doctores legentes* della facoltà giuridica e di quella di arti e medicina, obbligandoli a «legere di lo modo et forma che si legi in li Studii Generali di Bologna et Padua»[1], mentre ai padri della Compagnia era affidato, tra gli altri, l'insegnamento della matematica.

Quei primi Statuti si ispiravano, dunque, a moduli didattici collaudati da secoli di esperienza, da affidarsi, per le cattedre principali, a lettori non cittadini, «homini famati et di experrentia che habbianno letto in li Studii publici d'Italia oy più lontani», ai quali si chiedeva di seguire il medesimo *modus docendi* in quelli praticato[2].

Le difficoltà derivanti dai continui screzi con la Compagnia di Gesù per la gestione dello *Studium* avrebbero reso discontinua l'attività didattica di quegli anni ed è probabile, seppure nella complessiva lacunosità delle fonti, che almeno fino agli anni '60 del XVI secolo, a Messina non si sia andati al di là di una prima, limitata sperimentazione.

A riprova di quanto affermato, la documentazione pervenuta restituisce i nomi di due lettori di medicina, Leonardo Testa e Giovanni Antonio Armaleo, chiamati nell'aprile del 1550 a tenere lezioni «gratis, finché si avirà la resolupcioni deli Studii» (D.Novarese, 1994, 489).

La genericità del testo statutario del 1550 contrasta con la puntuale descrizione delle discipline insegnate offerta dai successivi Statuti del 1565, che segnavano la netta separazione

[1] D. Novarese (a cura di), *I Capitoli dello Studio della Nobile Città di Messina*, Messina, 1993, p. 17.
[2] *Ivi*, 16.

tra *Studium* e *Collegium*. Il cap. 8, *De salariis designatis lectionibus Phisicae*[3], disegnava, infatti, un percorso degli studi scientifici nel quale un peso rilevante era riservato alla logica, alla fisica, alla metafisica e alla filosofia, unitamente alle lezioni di medicina teorica e pratica, di chirurgia, di anatomia (T. Renda, 1967) e di botanica, che costituivano il percorso necessario per aspirare al titolo di *artis et medicinae doctor*. In quella redazione statutaria mancava, invece, qualunque cenno all'insegnamento della matematica, gestito dalla Compagnia e affidato, a partire dal 1569, a Francesco Maurolico (Moscheo, 1998, 123-145) figura poliedrica di storico, matematico e astronomo (Moscheo, 2008).

Incideva, peraltro, sul decollo dell'attività dello *Studium*, l'annoso contrasto con il *Siculorum Gymnasium* di Catania che vantava il privilegio del monopolio del conferimento dei titoli dottorali. Soltanto nell'ottobre del 1591 il *Messanense Studium Generale*, rifondato da Filippo II, che disponeva di «potersi in quella città tenere Studii puplici con darsi il grado di dottore in tutte le scienze e facultà» (G. Arenaprimo, 1906, 7), risoltosi giudizialmente il contrasto con Catania, iniziava i propri corsi con regolarità il 23 dicembre 1596 (D. Novarese, 1994, 108-119).

A partire da quella "rifondazione" l'Università avrebbe conosciuto, nel corso del XVII secolo, un periodo di grande splendore, con la presenza di docenti di indubbio rilievo nelle cattedre principali tanto di diritto che di medicina.

Nel complesso panorama urbano di quel periodo, che registrava un significativo impegno dei «ceti egemoni […] per dare un impianto più solido sul piano culturale alle proprie rivendicazioni» (C. Dollo, 1984, 158), funzione primaria della rifondata Università sembrava essere quella di creare una classe di intellettuali "organici" alle logiche espresse dal potere cittadino. Non può stupire, pertanto che la città, che aveva assunto l'onere finanziario dello *Studium*, si arrogasse anche il diritto di scegliere i docenti per la "sua" Università. E se ai dottori *in utroque iure* si chiedeva di approntare efficaci meccanismi di difesa dell'*universitas civium* contro i (reali o presunti) attacchi (del potere centrale, delle altre città siciliane) ai privilegi cittadini, alla facoltà medica spettava, invece, l'assunzione del delicato ruolo di tutrice della *pulica salus* e di luogo di ricerca scientifica.

[3] *Ivi*, p. 28.

3. Lo studio della medicina nelle disposizioni statutarie del 1597.

Se, con riferimento all'insegnamento del diritto, si può rilevare l'evidente adesione al *mos italicus ius docendi* (D. Novarese, 1998, 73-84), c'è da chiedersi quali fossero le coordinate della cultura scientifica "ufficiale" e, in particolare, quale l'organizzazione dei saperi medici nello *Studium Messanae* dopo la "rifondazione" del 1591 (C. Dollo, 1984 e 2005).

A proposito dell'esame finale per conseguire il titolo di *artis et medicinae doctor*, gli Statuti del 1597 disponevano:

> Et quanto alli medici selli assignino per esamine dui punti nel testo, uno del primo et secondo della Fisica di Aristotile l'altro del primo o del secundo delli Aphorismi di Hyppocrate o vero del primo de Prognostichi o nell'arte medicinale di Galeno[4].

Una riforma dell'ottobre del 1618 stabiliva, peraltro, che nessuno studente si potesse addottorare «solamente in medicina» ma dovesse, contestualmente, conseguire la laurea in filosofia «poi che non pò essere bon medico chi non è bon filosofo, essendo ché la medicina è subalternata alla filosofia»[5].

Ippocrate, Aristotile, Galeno: da nord a sud della Penisola gli Statuti universitari del periodo appaiono evidentemente ispirati a pratiche e testi fortemente ancorati a schemi del passato, alla proposizione di saperi tradizionali e l'articolazione dei corsi, nella città dello Stretto come altrove, prevedeva lezioni di «filosofia *de mane*, filosofia *de sero*, methafisica, logica, theorica di medicina, prattica di medicina, chirurgia et anatomia, de simplici»[6].

Ancora nel 1604, la Giurazia (che aveva intanto assunto il nome di Senato) chiamava il dottor Lorenzo Bolano, lettore a Catania, considerato un «epigono della tradizione aristotelica rinascimentale» (Stabile, 1969), a ricoprire per un anno la seconda cattedra di medicina, ribadendo che quell'insegnamento «consistit in libris 1, 2, 3 et 4 Aphorismorum Hippocratis et in libris Artis medicinalis Galeni» (D. Novarese, 1994, 500-501).

Due anni più tardi, nel rieleggere alla prima cattedra di medicina pratica il bolognese Giovan Battista Cortesi, il Senato si raccomandava che le lezioni si svolgessero «prout solet

[4] *Ivi*, p. 34.
[5] *Ivi*, p. 74.
[6] *Ivi*, p. 46.

in Studiis Bononiae, Patavii, Italie et aliorum pulicorum Studiorum ipsius Italie et non aliter» (Novarese, 1994, 536-539). Cortesi, che pure nella città dello Stretto avrebbe dato alle stampe, tra il 1619 e il 1635, i suoi scritti più significativi, lamentava l'impossibilità di procurarsi *in loco* cadaveri da utilizzare per le dissezioni anatomiche (De Ferrari, 1983, 763), evidenziando una realtà dominata, come altrove, da un aristotelismo di maniera, nella quale la sperimentazione rimaneva, quasi sempre, relegata ad un'attività di insegnamento privato, durante il quale, invece, si proponevano anche dissezioni.

4. I lettori "stranieri".

Si è detto che gli Statuti universitari dello *Studium Messanae* stabilivano, fin dalla prima redazione, che i docenti delle cattedre principali, oltre a poter vantare un'esperienza di insegnamento presso altre sedi universitarie, non dovessero essere cittadini messinesi, circostanza, quest'ultima che non rendeva semplice la copertura degli insegnamenti.

La documentazione pervenuta induce a ritenere che, spesso, la motivazione più significativa che spingeva insigni studiosi ad affrontare il lungo e faticoso viaggio verso la Sicilia, fosse di carattere economico. Questa, almeno, sembra essere stata la ragione che induceva il già citato Giovan Battista Cortesi a raggiungere Messina, ove avrebbe insegnato, a partire dal 1602 e fino alla morte (1636?), lasciando una schiera di discepoli di buon nome come Placido Reina, Bartolomeo Comes (o Gomez), Sebastiano Petrafitta, Paolo Varvesi (A. De Ferrari, 1983, 762-765; C. Dollo, 1998, 111).

E' certo che, nella città dello Stretto, dove si era trasferito «cum tota eius domo et familia», Cortesi doveva essere tenuto in grande considerazione se, nel 1604, il Senato approvava una riforma degli Statuti per consentirne l'accesso nel collegio dei dottori cittadini[7] ed era disponibile a corrispondergli un salario di ben 360 onze. Al contempo, la fama del medico bolognese (in gran parte dovuta all'abilità negli interventi di rinoplastica) raggiungeva anche gli ambienti di corte e lo stesso viceré conte di Castro, nel febbraio del 1619, invitava il Senato a rieleggere Cortesi alla prima cattedra di medicina e a considerare nulla un'eventuale scelta che fosse ricaduta su altro soggetto (D. Novarese, 1994, 548).

[7] *Ivi*, p. 62.

Nel 1637 il nolano Antonio Santorelli, «huomo assai celebre […] e persona molto scientifica», già lettore a Napoli, si diceva disponibile a sostituire il defunto collega bolognese ma pretendeva (e riceveva) uno stipendio di ben 480 onze (D. Novarese, 1994, 557).

Motivazioni di carattere economico potrebbero aver indotto anche il romano Pietro Castelli ad accettare un incarico di insegnamento presso lo Studio peloritano.

Spesso l'impossibilità di reperire medici di chiara fama disponibili a trasferirsi a Messina aveva lasciato scoperte le cattedre dello Studio per molti anni e non è un caso che il Senato cittadino, dopo la partenza del dottor Giovanni Giacomo Lazzari «lettore ordinario della seconda catreda della medicina» (1615-1635), lamentasse che «non ha stato possibile haversi potuto ritrovare persona habile et atta nella scientia et professione di lettura in medicina», con i disagi che si possono immaginare (D. Novarese, 1994, 555).

Accogliendo le richieste dell'*élite* politica messinese, il viceré duca di Alcalà autorizzava, nel 1635, a impegnare la cifra necessaria alla chiamata di Castelli, già «lettore dell'alma città di Roma», dichiaratosi disponibile a ricoprire un insegnamento nella città dello Stretto purché gli venissero corrisposte, unitamente al salario di 260 onze, già percepito da Lazzari, ulteriori 60 onze per far fronte alle spese di trasferimento (D. Novarese, 1994, 555).

Come Giovan Battista Cortesi anche Pietro Castelli (A. De Ferrari, 1978, 747-751) non avrebbe più lasciato la città dello Stretto, ove sarebbe rimasto fino alla morte, avvenuta nel 1661, dando alle stampe gran parte delle sue opere, talune delle quali, significativamente, dedicate proprio al Senato messinese. In particolare, la convinzione che la botanica dovesse diventare, da arte di riconoscere le erbe medicinali per la preparazione dei medicamenti, scienza descrittiva e sistematica, induceva lo studioso, forte dell'esperienza maturata nella città natale, a creare a Messina, nel 1638, un Orto botanico «per compimento dello Studio» (G. Tripodi, 1998, 147-155), il primo in Sicilia ed uno dei più ricchi in Italia per varietà di specie ospitate.

Cortesi, Castelli, ma anche Pisano, Lazzari, Santorelli, Lefebure (o Lafeburé o Effelburé) docenti "stranieri" di buon nome, attirati a Messina dalle vantaggiose offerte del Senato e destinati a lasciare significative testimonianze del loro insegnamento in quella realtà (Novarese, 1994, *ad ind.*; C. Dollo, 1984, 138ss.).

Più complesse, invece, erano le circostanze che avrebbero consentito la costituzione di un gruppo di "galileiani" all'interno del "tranquillo" panorama scientifico messinese.

Bologna, Pisa, Messina. Tra queste città, collocate all'interno di ordinamenti diversi, sedi universitarie di differente natura e spessore, si intesseva una fitta rete di *peregrinationes* accademiche di studenti e docenti ed un altrettanto significativa ragnatela di rapporti personali che avrebbe avuto un peso tutt'altro che marginale nella formazione, lungo il corso del Seicento, del corpo accademico peloritano.

Se Bologna, situata ai confini dello Stato pontificio, risentiva degli effetti della Controriforma, a Pisa, invece, l'interesse della corte granducale favoriva la ricerca scientifica e la sperimentazione.

Provati dal pesante clima che si respirava nell'Ateneo bolognese e dai continui attacchi dei colleghi più tradizionalisti (B. Pistacchio, 1995, 85-92), Marcello Malpighi[8] e Carlo Fracassati (Belloni Speciale, 1997, 532-535), entrambi allievi di Bartolomeo Massari, dovevano trovare, nella più curiosa e aperta Toscana, un ambiente più consono ai propri interessi scientifici, incoraggiati dal Granduca Ferdinando II. All'impegno di docenti presso lo Studio pisano, all'interno del quale si riproponevano invidie e rivalità, essi affiancavano il ben più gratificante lavoro di ricerca condiviso con altri studiosi, tra i quali il matematico napoletano Giovanni Alfonso Borelli, seguace di Galilei.

Dopo il soggiorno pisano, sarebbero entrambi rientrati a Bologna per proseguire verso la città dello Stretto, nonostante questa rimanesse «una zona periferica del sapere», una realtà nella quale, ad esempio, non era sempre facile neanche procurarsi i libri necessari allo studio (C. Dollo, 1984, 159).

La breve ma intensa esperienza messinese di Malpighi, forse il più importante esponente del cenacolo dei "neoterici" nella città peloritana, non risulterebbe comprensibile se non si spostasse l'attenzione sul complesso di coloro che operavano nello *Studium Messanae*, sulle sperimentazioni condotte e le opere pubblicate proprio nella città siciliana nel corso del XVII secolo (Lipari,1998, 175-187). Un quadro nel quale oltre alle ricordate, e sempre valide,

[8] H. B. Adelmann, *Marcello Malpighi and the evolution of Embriology*, Ithaca, 1966; R.A. Bernabeo, C. Pallotti (a cura di), *Marcello Malpighi scienziato universale. Contributo di M. Malpighi alla nascita della Scienza moderna*, Bologna 1995; C. Preti, voce *Malpighi, Marcello*, in *DBI*, 68 (2007), pp. 271-276.

motivazioni di carattere economico, relazioni personali, interessi di ricerca, fattori ambientali risultano di fondamentale importanza (D. Novarese, 2011, 249-261).

5. Galileiani a Messina, tra insegnamento e ricerca scientifica: a) Giovanni Alfonso Borelli.

La creazione, a Messina, di un gruppo di studiosi che seguendo l'orientamento galileiano intendeva la scienza come l'arte del "provare e riprovare", era, infatti, frutto di un insieme di circostanze che vedevo tra i protagonisti il matematico napoletano Giovanni Alfonso Borelli, docente dello Studio peloritano tra il 1639 e il 1656 (U. Baldini,1980, 543-551).

Borelli è, infatti, un personaggio chiave nella vicenda dell'attenta costruzione del corpo docente della facoltà di medicina messinese, anche per gli stretti rapporti con le locali *élites* (si pensi, ad esempio al legame con la potente famiglia dei Rao-Requesens), e la circostanza che il Senato lo aveva inviato in missione, tra il 1641 e il 1642, allo scopo, almeno ufficialmente, di reclutare lettori per l'Università (D. Novarese, 1994, 575).

Quello studioso avrebbe infatti favorito il trasferimento di Marcello Malpighi nella città dello Stretto e avrebbe rappresentato, per lo scienziato emiliano, il *trait d'union* con l'insegnamento galileiano, suggerendogli nuovi orizzonti scientifici, «indirizzandone le ricerche e confermandolo nella filosofia neoterica» (C. Dollo, 1998, 116).

Da Pisa, dove si era spostato nel 1567, il matematico napoletano faceva dunque ritorno a Messina nel 1667, questa volta come studioso, alieno da legami contrattuali con l'Università, con l'unico desiderio di «finire, ripulire e stampare molte opere […] abbozzate, alcune delle quali sono già perfezionate» (G. Arenaprimo, 1900, 205), ma non per questo estraneo ad un mondo di relazioni, incontri e progetti, offertigli dall'amico Giacomo Ruffo, visconte di Francavilla (M.C. Calabrese, 1998, 49-59) altro protagonista di quella vicenda, definito, non a caso, «il maggior rappresentante [...] della cultura alternativa» nell'Isola (C. Dollo, 1984, 69), che lo ospitava in casa propria.

Con il nobile messinese Borelli avrebbe condiviso, più tardi, il bando e la confisca dei beni a causa del sostegno prestato alla rivolta antispagnola della città. A tal proposito Ugo Baldini ha scritto che «il carattere contraddittorio delle fonti e la loro esiguità rende difficile, oggi,

pronunciarsi sull'effettiva parte avuta» (U. Baldini, 1978) in quelle circostanze dal matematico, indicato più volte come capo di una "Setta repubblicana" (D. Novarese, 2015).

Quello studioso ha evidenziato, inoltre, il legame tra formazione, innovativa prospettiva scientifica e probabile visione politica di Borelli sottolineando altresì la necessità di un approfondimento degli ideali repubblicani dello scienziato napoletano (U. Baldini, 1978; D. Bertoloni Meli, 1996, 57-89; L. Bulfaretti, 1978, 109-201).

È probabilmente che Borelli abbia lasciato l'Isola già dopo la promulgazione del *Bando* del 1672, recandosi in Calabria e di seguito a Roma, dove sarebbe morto sul finire del 1679.

b) Marcello Malpighi.

Bastava il nome di V.S. comprobato poi dall'ottima relatione havuta dal Sig. Gio. Alfonso Borelli di sua dottrina, esperienza e sapere, ne ha fatto subito risolvere ad eleggerlo lettore di questa prima cattedra di medicina […] Per favorir dunque questo pubblico, che con ansietà grande l'aspetta, affretti V.S. la sua venuta, e mentre noi, che deponiamo la carica di questo Senato, non habbiamo avuto la fortuna di servirla come pubblici, non lasciaremo di farlo come privati. (G. Arenaprimo, 1906).

Nel testo di questa missiva, inviata dal Senato messinese il 2 aprile del 1662 a Malpighi, si percepisce il clima di attesa che si era creata negli ambienti universitari cittadini per l'imminente arrivo di un celebre *doctor legens*, la cui presenza, nella città dello Stretto, era stata perorata da Borelli, che si era reso garante della preparazione dell'amico emiliano. Lo stesso Malpighi, peraltro, lamentando nel luglio del 1663 la mancata corresponsione del salario, confermava, seppure tacendo il nome del matematico, di aver accettato l'invito del Senato messinese a causa delle «persuasioni di quelli che informaro a detto illustrissimo Senato […] della dottrina di detto Malpighi» (D. Novarese, 1994, 569).

Sul piano politico, tuttavia, l'arrivo dello scienziato di Crevalcore a Messina era stato fortemente caldeggiato dal già citato Giacomo Ruffo, importante esponente del patriziato cittadino, come tanti altri giovani messinesi studente a Pisa, dove, nel 1657, aveva conosciuto sia Borelli che Malpighi.

Motivi personali, dunque, legati ad un'antica amicizia, ma anche riconoscimenti di carattere professionale, connessi al felice esito di una cura dispensata dal medico emiliano alla moglie di Ruffo (C. Dollo, 1984, 158) possono immaginarsi alla base del trasferimento di

Malpighi a Messina. Presso il palazzo del visconte, peraltro, egli avrebbe partecipato a più di una serata mondana che avrebbe ricordato, più tardi, con nostalgia (E. Fulchignoni, 1938, 170).

Chiamato alla prima cattedra di medicina, resasi libera per la morte di Pietro Castelli, Malpighi giungeva nella città dello Stretto nel novembre del 1662 (D. Novarese, 1994, 568-571).

Probabilmente, a indurlo a «trasportare la sua casa e famiglia in un paese così lontano» era, anche, come si è ricordato, l'ostilità dell'ambiente accademico bolognese, unitamente alla più che generosa offerta economica del Senato peloritano, disponibile a pagargli uno stipendio di ben 400 onze, oltre le spese per il trasferimento. Si trattava di una cifra enorme e, comunque 4 o 5 volte superiore rispetto a quella percepita a Bologna (G. Minelli, 1987, 72).

A Messina lo studioso, che aveva fatto propria la lezione galileiana dell'osservazione, della sperimentazione più volte ripetuta alla ricerca di conferme, dell'uso del microscopio, della necessità di «contemplare le occulte meraviglie della Natura» (M. Piccolino, 1999, 19), si trovava, peraltro, nella felice condizione di poter fruire di un eccezionale laboratorio, lo Stretto, con le sue innumerevoli di specie animali e vegetali. Non è un caso che, durante i quattro anni trascorsi in Sicilia, Malpighi mettesse a punto le ricerche relative all'adipe dei pesci, al pescespada e al tonno, gli studi sulla lingua, la scoperta dell'organo del gusto e del tatto (A. Ioli, 1998, 161).

L'*Hortus messanensis* avrebbe rappresentato un altro strumento essenziale nella ricerca malpighiana, e tra le prime osservazioni compiute dallo scienziato emiliano a Messina era proprio la scoperta della trachea delle piante. Sulle rive dello Stretto Malpighi avviava anche gli studi sulla cute, i cui risultati venivano esposti nell'*Anatomica observatio de externo tactus organo* (V. Busacchi, 1966).

Stampata a Messina (ma con falsa indicazione editoriale, Napoli nel 1665 per i tipi di Egidio Longo), l'*Observatio* è dedicata a Giacomo Ruffo (E. Fulchignoni, 1938, 170), a riprova del forte legame di Malpighi con il patrizio messinese. Essa ci offre l'immagine di uno studioso inquieto che cita Ippocrate ma che ricorda la meravigliosa storia di Prometeo, che dichiara di aver raccolto ed offerto con le proprie indagini «i semi della verità dispersi qua e là» (E.

Fulchignoni, 1938, 177), grazie anche all'utilizzazione di uno strumento insostituibile a supporto di questa metodologia, «l'acutezza dell'occhio del microscopio» (Ibidem).

All'interno dello *Studium Messanae*, peraltro, Malpighi doveva trovare anche, nel rapporto di collaborazione con taluni colleghi, un significativo supporto alle proprie ricerche. Non a caso, egli avrebbe ricordato, ad esempio, di aver tenuto, negli anni 1663-1665, su invito di Pietro Paolo Pisano, docente di anatomia, alcune lezioni «de partibus corporis et de cuticula, de cute» (A. Ioli, G. Venniro, L. Lo Giudice, F. Terranova, 1995, 20).

È stato osservato che, con la presenza di Malpighi e il ritorno di Borelli «l'Università di Messina appare […] profondamente rinnovata e aperta alle teorie mediche neoteriche» (C. Dollo, 1984, 115). Un rinnovamento che, però, doveva scatenare, come già a Bologna, non poche reazioni all'interno di un panorama sostanzialmente ancorato alla tradizione.

Nelle *Conclusioni mediche* del 1665, lo scienziato avrebbe ricordato, più tardi, come a Messina avesse trovato

> una scuola tutta Galenica, e niente istrutta delle invenzioni moderne, onde incominciando egli a insegnare, e dimostrare i moti degl'Animali i luoghi offesi e le cagioni più vere de mali, trovò molti che aprirono gli occhi alla verità discoperta, e tra questi furono alcuni i quali desiderarono dall'Autore un foglio di conclusioni medico-anatomiche, le quali pubblicate e difese eccitarono in quella città uno strepito indicibile. Quindi adiratosi senza ragione un tal signore Michel Lipari Lettor Medico di quello Studio, diede fuori una critica co'l titolo *Galenistarum Triumphus*, a cui rispose il nostro Malpigli sotto il nome di Dottor Placido Pappadopoli Messinese. (C. Dollo, 1984, 281-289).

Lo scontro con i galenisti lo avrebbe, probabilmente, indotto a lasciare la città dello Stretto, nonostante il Senato cittadino gli proponesse un ulteriore contratto quadriennale d'insegnamento.

Nella *Risposta* alle pretese verità oppostegli dai medici tradizionalisti spicca «l'esaltante coscienza di appartenere a un secolo privilegiato», lo stesso che «con due guardate fatte con l'occhiale dell'immortal Galileo ha più scoperto che non hanno speculato tutte le passate migliaia d'anni» (G. Getto, 2000, 354-355).

6. Note conclusive

Se l'insegnamento malpighiano a Messina si risolveva nel giro di quattro anni, il legame con la città era destinato, tuttavia, a non spezzarsi, così come non doveva cancellarsi il ricordo di quei luoghi che tanta importanza avevano avuto nella sua indagine scientifica.

Ne sono testimonianza uno schizzo che, con pochi tratti, riproduce le linee inconfondibili della falce del porto della città siciliana e della costa calabra (A. Ioli, 1998, 162), taluni consulti medici che, ancora vent'anni dopo quella breve esperienza, Malpighi continuava a dispensare a conoscenti messinesi[9], nonché la sua disponibilità a ricercare per gli amici siciliani, ed in particolare per i Ruffo, quadri ed altri oggetti d'arte (R. De Gennaro, 2003).

Un'altra circostanza, tuttavia, dimostra il perdurare del legame di Malpighi con l'ambiente messinese. Avendo ricevuto dalla *Royal Society (*M. Cavazza, 1995, 47-56) la richiesta di descrivere il tremendo sisma che nel 1693 aveva sconvolto la Sicilia sud-orientale, protestando motivi di salute, trasmetteva l'incarico a Domenico Bottone, che a Messina era stato allievo di Pietro Castelli e, divenuto docente di medicina, era venuto in contatto sia con Borelli che con Malpighi.

La *Idea historico-physica de magno Trinacrae terremoto*, inviata alla prestigiosa istituzione inglese, veniva molto apprezzata come dimostra la nomina di Bottone, primo siciliano, quale socio di quell'Accademia nel 1697 (U. Baldini, 1971, 479-480).

Era destinato a deteriorarsi irrimediabilmente, invece, il lungo rapporto scientifico e umano con Borelli. A questo proposito pare che non possa escludersi

che i dissapori con Malpighi, facendo ulteriormente decrescere l'ambito di influenza del Borelli nel centro-nord, abbiano contribuito a isolarlo spingendolo, per mancanza di alternative, verso forme articolate di partecipazione alle lotte politiche locali, che lo avrebbero compromesso sempre più nella rivolta messinese» (C. Dollo, 2005, 28).

[9] *Consulti di Marcello Malpighi, 1675-1694*, vv. I-IV, I, a cura di G. Plessi, R. A. Bernabeo, C. Rizzoli, S. Galiani, Bologna, 1988, pp. 27-28, 28-29, 69-70.

Ritornato a Messina nel 1667, dopo la parentesi toscana, il matematico napoletano avrebbe caldeggiato la scelta di Carlo Fracassati, già amico pisano, quale successore di Malpighi tra il 1670 e il 1672.

L'attenzione del potere politico cittadino nei confronti dello Studio, che si concretizzava nella scelta oculata dei docenti delle cattedre più importanti, favoriva, certamente, ed il caso della facoltà medica ne è esempio palese, la circolazione di scienziati di grande prestigio, di idee, di novità, nonché la creazione di un ambiente assai stimolante.

A Messina, a causa dell'osmosi che legava Università ed *élites* politiche, proprio per quella fitta e complessa trama di rapporti personali, politici, di appartenenza, di condivisione, il fallimento del progetto politico di fare della città la capitale di uno dei due viceregni nei quali si voleva dividere la Sicilia comportava la decapitazione di quella classe dirigente ed insieme dei simboli, dei luoghi intorno ai quali erano cresciuti e maturati complessi processi identitari e, tra questi, inevitabilmente, lo Studio.

Il ritorno di Malpighi a Bologna nel 1666, la morte di Fracassati nel 1672 a Messina, l'esilio di Borelli, del suo allievo Tommaso Fardella e del nobile Giacomo Ruffo, travolti nelle vicende della rivolta, la distruzione dell'*Hortus messanensis* fondato da Pietro Castelli, destinato al pascolo dei cavalli dell'esercito spagnolo, la chiusura dell'Università e di numerosi cenacoli culturali cittadini nel 1679[10] segnavano la fine di quel vivace ambiente scientifico gravitante intorno alla facoltà medica che, seppure tra difficoltà di varia natura, era riuscito ad offrire metodologie nuove.

È stato osservato, a questo proposito che, se alla morte di Carlo Fracassati «gli subentrò un altro giovane neoterico […]» di lì a poco gli anni scientificamente vivaci dell'Accademia messinese «sarebbero apparsi un doloroso ricordo» (C. Dollo, 1998, 120).

[10] Sulla rivolta antispagnola di Messina si vedano, in particolare E. Laloy, *La révolte de Messine, l'expédition de Sicile et la politique française en Italie, 1674-1678 […]*, 3 voll., Paris 1929-1931; L. Ribot García, *La Monarquía de España y la Guerra de Mesina (1674-1678)*, Madrid, 2002; S. Di Bella, *Caino Barocco. Messina e la Spagna 1672-1678*, Cosenza, 2005. Per il coinvolgimento dello Studio in quelle vicende, D. Novarese, *Istituzioni politiche e studi di diritto*, cit., pp. 337ss.; Ead., *"Hanno andato machinando, facendo unione, seducendo i popoli al disservizio ed in sanno di Sua Maestà": 1674-1678. Note sullo* Studium Messanae *negli anni della rivolta antispagnola*, in G. Angelozzi, M.T. Guerrini, G. Olmi (a cura di), *Università e formazione dei ceti dirigenti, Per Gian Paolo Brizzi, pellegrino dei saperi*, Bologna, 2015, pp. 279-298.

La repressione spagnola riportava nella città dello Stretto «quietitud, tranquilidad y buen gobierno» (G. Giarrizzo, 1989, 342) e l'Università, a Messina, sarebbe stata riaperta soltanto nel 1838 (D. Novarese, 1993, 59-79).

7. Bibliografia

Adelmann H.B., *Marcello Malpighi and the evolution of Embriology*, Ithaca, 1966.

Arenaprimo G., *Donativi offerti dalla città di Messina dal 1535 al 1664*, in *ASM*, 7 (1906), 7.

Arenaprimo G., *Giovanni Alfonso Borelli a Marcello Malpighi (lettera inedita)*, Messina, 1906.

Baldini U., *Borelli, Giovanni Alfonso*, in *DBI*, 12 (1970), 543-551.

Baldini U., *Bottone (Bottoni) Domenico*, in *DBI*, 13 (1971), 479-480.

Baldini U., *Galileismo e politica, il caso borelliano*, in *Annali Istituto e Museo della storia della Scienza di Firenze*, 1 (1978), 81-92.

Belloni Speciale G., *Fracassati, Carlo*, in *DBI*, 49 (1997), 532-535.

Bertoloni Meli D., *The Neoterics and Political Power in Spanish Italy: Giovanni Alfonso Borelli and his circle*, in *History of Science*, 103 (1996), 57-89.

Bulferetti L., *Per una più ampia comprensione storica della scuola galileiana*, in *La Scuola Galileiana. Prospettive di ricerca*, Firenze, 1978, 109-201.

Busacchi V., *Il Trattato di Marcello Malpighi sull'organo esterno del tatto*, Bologna, 1966.

Calabrese M.C., *I Ruffo e la vita nobile nella Messina del Seicento*, in *ASSO*, 94 (1998), 49-59.

Cavazza M., *Malpighi e la Royal Society*, in R.A. Bernabeo, C. Pallotti (a cura di), *Marcello Malpighi scienziato universale. Contributo di M. Malpighi alla nascita della scienza moderna*, Bologna 1995, 47-56.

De Ferrari A., *Castelli, Pietro*, in *DBI*, 21 (1978), 747-751.

De Ferrari A., *Cortesi, Giovan Battista*, in *DBI*, 29 (1983), *ad v.*

De Gennaro R., *Per il collezionismo del Seicento in Sicilia: l'inventario di Antonio Ruffo principe della Scaletta*, Pisa, 2003.

Di Bella S., *Caino Barocco. Messina e la Spagna 1672-1678*, Cosenza, 2005.

Dollo C., *Filosofia e medicina in Sicilia*, Soveria Mannelli, 2005.

Dollo C., *Fra tradizione e innovazione. L'insegnamento messinese della medicina e delle scienze nei secoli XVI e XVII*, in *Annali di Storia delle Università italiane*, 2 (1998), 111ss.

Dollo C., *Modelli scientifici e filosofici della Sicilia spagnola*, Napoli, 1984.

Fulchignoni E., *Il pensiero e la personalità di Marcello Malpighi attraverso le due epistole sui sensi del gusto e del tatto*, in *ARAP*, 209-210 (1937-1938), 1938, 170.

G. Plessi, R. A. Bernabeo, C. Rizzoli, S. GAliani (a cura di), *Consulti di Marcello Malpighi, 1675-1694*, vv. I-IV, I, Bologna, 1988, 27-28, 28-29, 69-70.

Getto G., *Il barocco letterario in Italia*, Milano, 2000, 354-355.

Giardina C., *Capitoli e privilegi della città di Messina*, Palermo, 1937.

Giarrizzo G., *La Sicilia dal Cinquecento all'Unità d'Italia*, in V. D'Alessandro, G. Giarrizzo (a cura di), *La Sicilia dal Vespro all'Unità d'Italia*, Storia d'Italia, diretta da G. Galasso, XVI, Torino, 1989, 342.

Ioli A., G. Venniro G., Lo Giudice L., Terranova F., *Il soggiorno di Marcello Malpighi a Messina dal 1662 al 1666*, in R.A. Bernabeo, C. Pallotti (a cura di), *Marcello Malpighi scienziato universale. Contributo di M. Malpighi alla nascita della scienza moderna*, Bologna 1995, 17-22.

Ioli A., *Sul soggiorno messinese di Marcello Malpighi (1662-1666)*, in *Annali di Storia delle Università italiane*, 2 (1998), 157-164.

Laloy E., *La révolte de Messine, l'expédition de Sicile et la politique française en Italie, 1674-1678* […], I-III vv., Paris, 1929-1931.

Lipari G., *Produzione libraria e* Messanense Studium Generale, in *Annali di storia delle Università italiane*, 2 (1998), 175-187.

Minelli G., *All'origine della biologia moderna, la vita di un testimone e protagonista: Marcello Malpighi*, Milano, 1987.

Moscheo M., *Le "matematiche" nell'antico Studio messinese: l'insegnamento di Francesco Maurolico*, in *Annali di Storia delle Università italiane*, 2 (1998), 123-146.

Moscheo M., *Maurolico, Francesco*, in *DBI*, 72 (2008).

Novarese D., *"Hanno andato machinando, facendo unione, seducendo i popoli al disservizio ed in danno di Sua Maestà": 1674-1678. Note sullo* Studium Messanae *negli anni della rivolta*

antispagnola, in G. Angelozzi, M.T. Guerrini, G. Olmi (a cura di), *Università e formazione dei ceti dirigenti, Per Gian Paolo Brizzi, pellegrino dei saperi*, Bologna, 2015, 279-298.

Novarese D., *Da Università collegiata della* Societas Iesu *a* Studium *cittadino. Note sui Capitoli dello Studio della Nobile città di Messina*, in A. Romano (a cura di), *Dall'Università degli Studenti all'Università degli Studi*, Messina 1991, 125-146.

Novarese D. (a cura di), *I Capitoli dello Studio della nobile città di Messina*, Messina, 1993.

Novarese D., *Da Accademia ad Università. La rifondazione ottocentesca dell'Ateneo messinese*, in M. Da Passano (a cura di), *Le Università minori in Italia nel XIX secolo*, Sassari 1993, 59-79.

Novarese D., *Istituzioni politiche e studi di diritto fra Cinque e Seicento. Il* Messanense Studium Generale *fra politica gesuitica e istanze egemoniche cittadine*, Milano, 1994.

Novarese D., "*Che li legisti debbano fondare le lectioni loro sopra Bartolo". Insegnare e studiare diritto nel* Messanense Studium Generale *(secc. XVI-XVII)*, in *Annali di Storia delle Università Italiane*, 2 (1998), pp. 73-84.

Novarese D., *Da Gandía a Messina: un nuovo modello universitario per l'Europa?* in P. Ruiz Torres & M. Peset Reig (a cura di), *Doctores y Escolares*. Valencia, 1998, 173-186.

Novarese D., *Testimoni di un conflitto: dalla "Forma di lu ordini di li studii" (1548) ai "Capitoli dello Studio" (1597), gli Statuti del "Messanense Studium Generale"*, in A. Romano (a cura di), *Gli statuti universitari. Tradizione dei testi e valenze politiche*, Bologna 2007, 589-600.

Novarese D., *Potere politico, relazioni personali e cultura scientifica: i "galileiani" a Messina*, in L. Pepe (a cura di), *Galileo e la scuola galileiana nelle Università del Seicento*, Bologna 2011, 249-261.

Piccolino M., *Marcello Malpighi: una rivoluzione* galileiana *nella biologia e medicina del Seicento*, in *Naturalmente*, 12 n. 3 settembre 1999, 1-9.

Pistacchio B., *Il contrasto tra Malpighi e Sbaraglia esemplare del difficile rapporto tra ricerca di base e medicina pratica*, in *Marcello Malpighi scienziato universale. Contributo di M. Malpighi alla nascita della scienza moderna*, a cura di R A. Bernabeo, C. Pallotti, Bologna, 1995, 85-92.

Preti C., *Malpighi, Marcello*, in *DBI*, 68 (2007), 271-276.

R.A. Bernabeo, C. Pallotti (a cura di), *Marcello Malpighi scienziato universale. Contributo di M. Malpighi alla nascita della scienza moderna*, Bologna, 1995.

Renda T., *L'insegnamento delle discipline anatomiche nella "Studiorum Universitas Messanae"*, Palermo, 1967.

Ribot García L., *La Monarquía de España y la Guerra de Mesina (1674-1678)*, Madrid, 2002.

Romano A., "*Primum ac Prototypum Collegium Societatis Iesu" e "Messanense Studium Generale" L'insegnamento universitario a Messina nel Cinquecento,* in F. Guerello, P. Schiavone (a cura di), *La pedagogia della Compagnia di Gesù,* Messina, 1991, 27-70.

Tripodi G., *L'Orto botanico "Pietro Castelli"*, in *Annali di storia delle Università italiane*, 2 (1998),147-155.

PRIMA SEZIONE
INFORMAZIONE E DIVULGAZIONE SCIENTIFICA

Alessio Plebe

Demarcare la buona scienza

1. Introduzione. – 2. Il problema della demarcazione. – 3. L'indagine sulla parapsicologia. – 4. Conclusioni. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

Karl Popper (1963) riteneva che uno dei compiti più importanti e più nobili per la filosofia della scienza fosse il fornire un criterio oggettivo, in grado di distinguere la buona scienza dalle molteplici sue imposture. Popper aveva denominato questa impresa il problema della demarcazione, e vi aveva dedicato una buona parte dei suoi sforzi di ricerca. Immaginava anche di aver trovato una soluzione, con la sua teoria del falsificazionismo. Come verrà dettagliato nella successiva sezione, l'interrogativo posto da Popper divenne presto argomento di disquisizioni filosofiche, e come è consono alla disciplina, si moltiplicarono argomenti e controargomenti su quale potesse essere il più rigoroso, universale, e inattaccabile criterio di demarcazione. L'epilogo sancito da Laudan (1983) era inevitabile: non si riesce a trovare criteri di demarcazione blindati ad ogni sofisma argomentativo, pertanto il problema va cestinato, di conseguenza etichette come pseudoscienza vanno evitate. Purtroppo le sue indicazioni trovarono seguito, esautorando la filosofia da uno dei suoi compiti principali, di offrire all'umanità strumenti per poter riconoscere le fonti di conoscenza genuine. Questo vuoto non poteva certo essere colmato dagli scienziati stessi, anzitutto il loro gravoso impegno nella ricerca limita drasticamente il tempo da poter dedicare alla difesa del proprio operato da attacchi e discredito gratuiti. Inoltre spesso gli scienziati sono riluttanti a dedicare tempo ed energie a contestare teorie palesemente false, e a polemizzare con i loro fautori, tipicamente invece molto battaglieri. Per fortuna vi sono stati personaggi come Piero Angela, a prendersi a cuore il compito lasciato in eredità da Popper, praticandolo nel terreno più importante: la divulgazione al grande pubblico. Mentre per un qualunque filosofo della scienza la falsità di certe pseudoscienze è ovvia, ma preferisce non parlarne per le possibili eccezioni formali ad

ogni criterio di demarcazione, la gente comune ne è vittima, come dimostrano le periodiche indagini statistiche. Nella terza sezione si illustrerà quello che è probabilmente il più rigoroso e pregnante attacco alla pseudoscienza, articolato in una serie di trasmissioni televisive e in un suo volume del 1998. Nelle conclusioni si ribadirà come nonostante il quarto di secolo intercorso, quel testo rimane di esemplare attualità, e anche se Angela non è piu' tra noi, la sua opera nel demarcare la buona scienza prosegue, grazie a istituzioni da lui create come il CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sulle Pseudoscienze).

2. Il problema della demarcazione

Inevitabilmente l'intera filosofia della scienza, nell'intento di collocare teoricamente questa impresa umana, si è sempre dovuta confrontare sul come poter distinguere l'impresa scientifica da ciò che non lo è. Questo problema generale include distinzioni che sono puramente disciplinari, e pertanto del tutto pacifiche, per esempio disgiungere scienza da imprese umane altrettanto illustri come la poesia o la musica. Quando invece l'intento è più specificatamente quello di individuare dei criteri che consentano di smascherare alcune imposture spacciate per scienza, dalla scienza genuina, si perviene al problema filosofico della demarcazione tra scienza e pseudoscienza. Karl Popper (1963) è il primo ad enuclearlo in questi termini, e a porlo come il compito principale della filosofia della scienza, in una serie di lezioni tenute nell'estate del 1953 a Cambridge, successivamente raccolte sotto il titolo *Science: conjectures and refutations*.

Lo scritto inizia con delle note personali, su cosa lo avesse condotto, già nel 1919, ad occuparsi della questione. Era il periodo in cui fervevano nuove teorie, e lui ne considera quattro: la relatività di Albert Einstein, la teoria marxista della storia, la psicoanalisi di Sigmund Freud, e la psicologia individuale di Alfred Adler. Tutte e quattro erano ai loro primi passi, e destavano opinioni contrastanti, di ammirazione o di scetticismo. In particolare era la teoria della gravitazione di Einstein ad essere la più controversa e a destare scetticismo. Nel 1919 si svolse un esperimento poi diventato famoso, noto come le eclissi di Eddington. Durante l'eclissi solare del 29 maggio 1919 due astronomi inglesi, Eddington e Dyson, organizzarono due spedizioni, una nell'isola di Principe in Africa, e un'altra a Sobral in Brasile. L'eclissi permetteva di vedere delle stelle lontane, normalmente invisibili per via della

dominante luce del sole. Se la teoria di Einstein fosse stata corretta, la posizione di queste stelle doveva risultare lievemente scostata da quella in cui, in altri mesi dell'anno, sono visibili di notte, perché il passaggio della luce ai bordi del sole avrebbe subito l'effetto della sua forza gravitazionale. Fu precisamente quanto venne misurato nelle due spedizioni, un risultato eclatante che rese subito celebre la teoria di Einstein. Ben diversa era la situazione delle altre teorie. In particolare Popper aveva una evidenza diretta della teoria di Adler, avendolo conosciuto a Vienna, ed essendosi offerto come volontario in centri sociali per figli di lavoratori. In questa sua attività Popper aveva in assistenza un bambino, il cui comportamento risultava anomalo, e non assimilabile ai dettami della teoria psicologica di Adler, che poneva al centro dei disturbi della personalità infantile il senso di inferiorità. Popper ne parlò direttamente con Adler, e la risposta che ottenne con molta sufficienza fu che il bambino soffriva del classico complesso di inferiorità. Di fronte alla curiosità di Popper su come Adler avesse potuto pronunciare con facilità quella diagnosi, senza nemmeno aver avuto davanti a se il bambino, e senza nemmeno guardare gli appunti di Popper la rispostà fu che la certezza della diagnosi derivava dall'esperienza su migliaia di casi. La reazione sarcastica del giovane Popper fu che con quel caso Adler poteva vantare mille e una conferma alla sua teoria.

Pur senza una evidenza talmente eclatante, anche le altre due teorie, la psicoanalisi di Freud e l'interpretazione marxista della storia, condividevano con la psicologia di Adler la facilità con cui qualunque caso reale veniva reso compatibile con la teoria. Popper prende due casi estremi: un uomo che immerge un bimbo nell'acqua con l'intento di affogarlo, oppure un uomo che sacrifica la vita per salvare un bimbo che sta affogando. I due casi possono essere completamente spiegati sia dalla psicologia adleriana che dalla psicanalisi di Freud. Per quest'ultimo il primo uomo soffre di repressione, magari per un complesso edipico, mentre il secondo uomo tende allo stato di sublimazione. Per Adler invece entrambi soffrono di complesso di inferiorità, per superare il quale il primo uomo vuol dimostrare di essere in grado di commettere un crimine, mentre il secondo vuol dimostrare di saper essere eroico. Il contrasto con la teoria della gravitazione di Einstein fu illuminante per Popper nel mettere a fuoco qual'è la caratteristica fondamentale che permette di demarcare la scienza da ciò che non lo è, quella che da lui in poi viene chiamata *falsificabilità*. Una teoria è degna del marchio di scientifica nella misura in cui espone come debbano stare le cose nel mondo, che non

quadrino con la teoria, che siano in grado di falsificarla. Era stato Einstein stesso ad individuare nelle eclissi solari i momenti ideali per poter testare la sua teoria della gravitazione, e nel caso in cui la posizione delle stelle visibili accanto al sole fosse stata identica rispetto alla loro visione notturna, si poteva concludere che la teoria era falsa. Viceversa, per Adler qualunque caso psicopatologico infantile poteva essere fatto rientrare, in un modo o nell'altro, nella teoria dei complessi di inferiorità, non veniva indicato nessun quadro clinico in grado di confutare la sua teoria.

Nel procedere della scienza genuina Popper individua le due componenti fondamentali di *congetture* e *refutazioni*, con quest'ultima corrispondente al falsificazionismo. Congetture sono proposizioni di possibili regole, leggi di natura, che governino un certo fenomeno naturale, e di pari passo con il loro sviluppo è lo studio di quali condizioni possano mettere alla prova le nuove congetture, e nel caso di fallimento di queste condizioni le congetture vengono rifiutate o rivisitate. Ed è proprio questo modo di procedere che risolve il problema della demarcazione: è scienza quella che procede per congetture e si espone a refutazioni, è pseudoscienza invece quella che non si espone a falsificazioni, è talmente vaga e comprensiva che qualunque caso può venire accolto nella pseudo-teoria.

Il falsificazionismo di Popper ha avuto una grande risonanza in filosofia della scienza, e nonostante la sua adozione come soluzione del problema della demarcazione abbia incontrato diverse critiche, la maggior parte di queste non hanno precluso il suo impiego in prima approssimazione nel giudicare una teoria. Ben diverso è stato invece l'intervento sulla questione di Larry Laudan (1983), inteso esplicitamente a bandire per intero il problema della demarcazione dalla filosofia della scienza. Il suo procedere è un caso esemplare di puntiglio filosofico: dimostra che ogni criterio di demarcazione finora proposto (ovviamente quello di Popper è al primo posto, ma se ne sono succedute diverse varianti e alternative) è formulato in termini di condizioni di sufficienza. Rimanendo su Popper, l'esporre da parte di una teoria un elenco di casi che la falsificano è una condizione sufficiente. Ma una demarcazione che sia rigorosamente tale esige, secondo Laudan, criteri che siano sia sufficienti che necessari. Per esempio, una teoria potrebbe non avere ancora dei casi di falsificazione, solamente perché ancor non sono stati formulati, ma nulla assicura che non possano esserlo in futuro. Se invece esistesse un criterio necessario, allora immediatamente la sua mancanza potrebbe far

giudicare come pseudoscienza una disciplina che si spacci per scienza. E qui Laudan assesta il suo colpo decisivo. Con una digressione che Laudan chiama *metafilosofica*, dimostra l'impossibilità in linea di principio di un criterio che sia allo stesso tempo rigoroso e generale, e configurabile come necessario per la demarcazione.

Il brillante pezzo di filosofia di Laudan ha lasciato il segno, negli anni a seguire il problema della demarcazione è davvero scomparso dalla scena della filosofia della scienza. Solo di recente si è assistito ad un suo ritorno, e un notevole contributo è il volume curato da Massimo Pigliucci e Maarten Boudry (2013). La motivazione del libro, declinata nel primo capitolo, è l'osservazione di un paradosso. Non vi è filosofo della scienza – Laudan incluso – che esiti a definire con pseudoscienze quelle che lo sono in modo eclatante, per esempio l'astrologia, la magia, o la negazione del riscaldamento climatico, e lo stesso vale per qualunque scienziato. Eppure i filosofi della scienza preferiscono tenersi alla larga dalla questione, rassegnati dall'impossibilità di una rigorosa demarcazione decretata da Laudan. Questo paradosso impone di riprendere in mano la questione della demarcazione, valorizzando il notevole lavoro teorico sviluppatosi su di esso, e ampliarlo con un'analisi del tutto nuova, focalizzata sulle pseudoscienze stesse. E' importante analizzarle filosoficamente, approfondire i vari modi con cui si manifestano e con cui dilagano nonostante la loro palese falsità. Per avviare questa impresa Pigliucci e Boudry hanno raccolto un gran numero di contributi teorici. Una delle considerazioni che si ritrovano in diversi di questi, è che la difficoltà evidenziata da Laudan per il problema della demarcazione, riguarda strettamente una sua soluzione formulata in modo rigorosamente logico, con condizioni necessarie e sufficienti. Uscendo da questo schema rigido diventa possibile studiare varie condizioni che, pur non essendo generalizzabili a qualunque caso, caratterizzano in modo appropriato una buona parte delle imposture scientifiche.

Va in questa direzione il quarto capitolo del volume, di Sven Ove Hansson. Nel collocare la scienza rispetto a tutto ciò che non lo è, Hansson considera che prima ancora della demarcazione occorre avere un'idea chiara di cosa competa alla scienza. Vanno oggi sotto il suo ombrello una serie di discipline, principalmente quelle che indagano fenomeni fisici, ma pure diversi aspetti del comportamento umano individuale e anche sociale. Fuori da questo confine vi sono, come detto all'inizio, le discipline cosiddette umanistiche, rispetto alle quali

non esiste nessuna gerarchia epistemica. Al contrario, risulta normale e oggi sempre più frequente una collaborazione fondata sul reciproco rispetto. Per esempio, per uno storico o un archeologo, il supporto dei metodi di analisi chimica per la datazione di reperti può risultare prezioso nelle sue ricerche. Viceversa, uno zoologo che studi la diffusione di certe specie animali alcuni secoli fa, si affiderà alla competenza di filologi per interpretare testi antichi in cui sono descritti gli animali selvatici dell'epoca. Vi sono ambiti di studio in cui l'interazione tra il campo umanistico e quello scientifico sono ancor più stretti, ottimo esempio è il fenomeno della comparsa del linguaggio nell'uomo. Da decenni il problema viene affrontato in modo congiunto da paleontologia, fisiologia, neurofisiologia, linguistica, filosofia del linguaggio. Non solo la separazione tra discipline umanistiche e scientifiche non è problematica, è anche legata ai termini. Sia in italiano che in inglese *science* ha un'accezione circoscritta che mancava nel latino *scientia*, mantenuto nel tedesco *Wissenschaft*, l'insieme di ogni attività rivolta ad aumentare le conoscenze. D'altra parte anche le discipline umanistiche, come la scienza, soffrono delle loro imposture, basti pensare ai negazionisti dell'olocausto, che difendono una teoria palesemente falsa, ma di tipo storico piuttosto che scientifico. Tuttavia anche questo genere di impostura tende a venir etichettato genericamente come *pseudoscienza*.

Un'altra distinzione su cui Hansson pone l'attenzione è tra falsa scienza e pseudoscienza. Per esempio un biologo potrebbe aver impostato una serie di esperimenti su certe popolazioni di batteri che vivono nei mari tropicali, ma ha impiegato degli strumenti che in quel tipo di ambiente marino subiscono delle alterazioni nelle loro misure. Prima di accorgersi degli errori, i risultati della sperimentazione potrebbero indurre a congetturare una nuova teoria sull'ecologia di quei batteri. La teoria è falsa, ma non per una deliberata volontà bensì per errori, che possono sempre verificarsi nella ricerca scientifica. Ciò che, secondo Hansson, consente di individuare con buona approssimazione una pseudoscienza, è la congiuntura di tre aspetti. Anzitutto riguarda degli aspetti del mondo che già ricadono sotto qualche dominio scientifico. In secondo luogo, risalta l'assenza di qualunque suo supporto, di tipo empirico o teorico. Infine se ne riconosce il carattere fraudolento, in quanto parte di una dottrina i cui proponenti vogliono creare l'impressione che si tratti di conoscenza affidabile, nel dominio che la riguarda.

Sdoganato Laudan, non vi sono problemi nel constatare come i criteri di Hanson possano mancare di applicazione in alcuni casi, ma permettono di centrarne alcuni particolarmente significativi. Prendendo l'esempio forse più palese di pseudoscienza, l'astrologia, è immediato constatare come questi criteri siano pienamente soddisfatti. L'astrologia si occupa di fenomeni già coperti da discipline scientifiche, nella fattispecie l'astronomia e ancor di più la psicologia. Vale naturalmente il secondo criterio, l'assenza di ogni supporto empirico o teorico. La concezione dei corpi celesti in astrologia è ancorata alle conoscenze di più di duemila anni fa, le "costellazioni" non sono entità con una loro congruenza fisica, ma solo il frutto dell'immaginazione degli antichi. Per esempio la costellazione dei Gemelli comprende le stelle Polluce ed Eta-Geminorum che ad occhio sembrano vicine e di pari luminosità, ma la prima dista 34 anni luce dalla terra, la seconda ben 903. Quindi non solo non hanno nulla in comune, ma la loro luce arriva sulla Terra con più di 8 secoli di differenza. Inoltre l'astrologia non è stata mai in grado di formulare nessuna spiegazione su perché mai le stelle possano avere un'influenza sulla personalità degli individui. Anche il terzo criterio, il carattere fraudolento nel creare l'impressione che si tratti di scienza trova pieno riscontro. In tutto il mondo gli astrologi sono organizzati in congregazioni, e molto comune è la strategia di camuffarsi da organizzazioni scientifiche. Strategia che si esplica anzitutto nelle denominazioni, studiate per echeggiare in qualche modo istituzioni scientifiche. La più estesa e potente è l'americana NCGR (*National Council for Geocosmic Research*), e i suoi declamati proponimenti includono l'incentivazione di "educazione" e "ricerca" in astrologia. Le congregazioni maggiori, come il NCGR, mantengono anche una sorta di albo professionale, rilasciano certificati, espongono pure un codice "etico", organizzano convegni, e pubblicano una rivista sedicente scientifica. L'Italia non è da meno, anche se lo scenario è più articolato, senza un'organizzazione dominante come negli Stati Uniti. Quella con maggior seguito è il CIDA (Centro Italiano Di Astrologia), fondato nel 1970, da allora vanta 4000 iscritti, pubblica una rivista denominata *Linguaggio Astrale*, mantiene corsi con tanto di diplomi. Un'altra organizzazione è la Associazione astrologica di promozione sociale Astriepsiche, che offre un corso di formazione denominato Scuola di Astrologia Psicologica. Particolarmente deprecabile è l'appropriarsi del termine "psicologica", ed è un segnale clamoroso del tentativo di camuffare la disciplina per attività conoscitiva affidabile. Purtroppo è un tentativo che riscuote ampio successo, diversi

sondaggi riportano un inquietante credulonería in paesi cosiddetti avanzati nei riguardi dell'astrologia. Secondo il Gallup News Service attribuisce una certa veridicità all'astrologia il 25% degli americani, valori persino peggiori risultano da studi del National Science Board, Science and Engineering Indicators. Nel nostro continente purtroppo la situazione è forse ancor più sconfortante, uno studio della Commissione Europea del 2001 ha rilevato che oltre la metà della popolazione ritiene l'astrologia parzialmente scientifica.

Ribadiamo come Hanson sottolinei l'applicabilità dei suoi criteri di pseudoscienza caso per caso, e mentre tutti e tre aderivano perfettamente per l'astrologia, non sono i più adeguati invece per altri tipi di pseudoscienze, come il negazionismo del riscaldamento globale. Esso rientra nella categoria particolare dei negazionismi, che sono fattispecie di pseudoscienza nel momento in cui ciò che negano è una concezione scientifica ampiamente consolidata e condivisa. Il terzo criterio di Hanson, offrire una visione alternativa spacciata per scientifica non è caratterizzante. I negazionisti della relatività di Einstein semplicemente negavano quella teoria, non ne formulavano una propria alternativa, e lo stesso nel caso dei cambiamenti climatici. Si trovano anche negazionismi con annessa proposizione pseudoscientifica, è il caso del negazionismo dell'evoluzione naturale, che ha cercato di confezionare la pseudoteoria denominata *Intelligent Design*.

3. L'indagine sulla parapsicologia

Anche se risulta benvenuta la recente ripresa di interesse verso il problema della demarcazione all'interno della filosofia della scienza, descritta nella sezione precedente, si scontano i decenni di silenzio sulla questione. Inoltre, pur se l'orientamento prevalente della filosofia si riverbera in parte nel modo di pensare comune, la filosofia della scienza ne costituisce un ambito piuttosto circoscritto, il cui distillato nell'opinione comune rimane modesto e diluito nel tempo. Ancor minor supporto nella lotta alle imposture scientifiche può essere atteso da parte della scienza stessa. Tipicamente l'impegno richiesto nella ricerca scientifica è imponente, e allo scienziato risulta ben difficile rubare tempo ed energia alla sua attività principale, per dedicarsi a problemi che, ai suoi occhi, sono falsità talmente ovvie da non doverci dedicare una sola parola.

Intanto la confusione tra scienza e pseudoscienza ha conseguenze sociali deleterie e inaccettabili. Anzitutto è un vero e proprio crimine intellettuale: per gli esseri umani il conoscere come funziona il mondo che ci circonda e come funzioniamo noi stessi immersi in questo mondo è sempre stato uno dei desideri più pressanti e più nobili. Non vi sono altre parole per catalogare il defraudare intenzionalmente il desiderio di conoscenza umana, se non crimine. Oltre a questo generale motivo di esecrazione delle pseudoscienze, vi sono altri danni sociali, specifici di caso in caso. Rimanendo in quello dell'astrologia, già usato come esempio nella sezione precedente, esistono sostanziali danni economici e psicologici alle persone che ne cadono vittime. È difficile effettuare delle quantificazioni globali, vi sono degli studi mirati relativi al periodo del COVID, fonte di particolare incertezza generalizzata, subito sfruttata dagli astrologi. Secondo Businessinsider nel 2020 il fatturato degli astrologi nel mondo ha superato i 2 miliardi di dollari, cifra sostanzialmente confermata da IBISWorld. Il solo mercato delle applicazioni per telefonini negli USA è salito dal 7 milioni di dollari nel 2016, a 40 milioni nel 2019, secondo uno studio di Store Intelligence.

Un danno potenzialmente ben maggiore viene provocato dal negazionismo del riscaldamento globale. I disastri a cui purtroppo stiamo assistendo, oramai nel pieno dei cambiamenti climatici, avrebbero potuto essere mitigati da scelte politiche oculate, al cui freno ha contribuito in maniera pesante il negazionismo, soprattutto negli Stati Uniti. Una descrizione dettagliata del perverso intreccio tra poteri economici, istituzioni politiche di destra, e negazionismo climatico, è nella pregevole opera degli storici della scienza Naomi Oreskes e Erik Conway *Merchants of doubt* (2010).

Il principale e più efficace argine a questo quadro poco confortante è proprio la divulgazione scientifica, e l'Italia ha avuto la fortuna di vantarne una delle sue massime figure, a cui è dedicato questo volume. Dell'intensa e articolata opera di divulgazione a cui si è dedicato Piero Angela ci si sofferma qui su quella che in modo più diretto ed esaustivo affronta la demarcazione tra scienza e pseudoscienza, il *Viaggio nel mondo del paranormale - Indagine sulla parapsicologia* (Angela 1984). Il libro raccoglie una serie di inchieste che Angela aveva condotto a partire dal 1977 sul mondo dei fenomeni paranormali. Durante quel decennio Angela aveva maturato l'intenzione di lasciare il giornalismo televisivo d'inchiesta generalista per dedicarsi interamente a raccontare la scienza, periodo di fitti incontri con

centri di ricerca in tutto il mondo. Nel contempo in Italia facevano grandi ascolti suggestioni pseudoscientifiche, per via di uno dei più conosciuti concorrenti del programma "Rischiatutto", Massimo Inardi, che tra una vincita e l'altra raccontava meraviglie della parapsicologia, di cui aveva fondato un centro studi a Bologna. L'ondata di curiosità era ulteriormente corroborata dal riverbero della fama nel mondo di un sedicente mago, l'israeliano Uri Geller, i cui video in cui piega cucchiai e si adopera in psicocinesi e telepatia avevano fatto il giro del mondo. L'aspetto più deprecabile era la pretesa di Geller di attribuire queste sue performance a sedicenti poteri psichici. Quel che aveva colpito Angela era il sostanziale disinteresse della scienza nello smascherare queste frodi, non solo, di fronte al montare di questa moda per un certo periodo persino la prestigiosa AAAS (*American Association for the Advancement of Science* aveva accolto la parapsicologia come branca di studi, durato molto poco per l'immediato coro di reazioni indignate. Ancor peggio, quei pochi scienziati che avevano dedicato un po' di tempo a prendere in considerazione questi fenomeni, erano stati facilmente aggirati dagli scaltri pseudo-maghi. Geller riuscì a vedere pubblicato su *Nature* nel 1974 un lavoro presso lo Stanford Research Institute in cui si esibisce nelle sue magie in condizioni controllate da due ricercatori, Targ e Puthoff.

Angela decide che era un mondo su cui si imponeva fare chiarezza, e cercò di farlo in modo davvero rigoroso e meticoloso. Ne scaturirono cinque puntate dal titolo *Indagine sulla parapsicologia*, trasmesse su RAI 1 nel 1978. Furono il materiale che compose una prima edizione del libro, poi ampliata nella seconda edizione del 1984. Nel 1978 chi scrive era studente universitario, e sicuramente è debitore ad Angela dell'ammirazione e passione per l'impresa scientifica, e in particolare quelle cinque puntate hanno radicato un profondo senso di riprovazione morale per tutti coloro che imbrogliano nel nome della scienza.

La valenza del libro come applicazione concreta della demarcazione tra scienza e pseudoscienza è dovuta al grande rigore impiegato da Angela, che non si è mai affidato su proprie intuizioni personali, ma ha fatto ampio ricorso ad indagini empiriche e ai pareri dei migliori esperti per ogni specifico caso. La collaborazione sicuramente più preziosa fu offerta da un altro grande personaggio, James Randi. Egli fu anzitutto uno dei migliori prestigiatori al mondo, noto sul palcoscenico come *The Amazing Randi*. Uomo di grande onestà intellettuale, aveva sempre voluto ribadire che ogni possibile trucco messo in scena, era

letteralmente "trucco", illusione per lo scopo di destare meraviglia e divertire, non esisteva nulla di sovrannaturale o paranormale, e trovava scandaloso che alcuni suoi colleghi spacciassero i trucchi del mestiere per poteri psichici. Dagli anni '80 aveva lasciato il palcoscenico per dedicarsi interamente allo smascherare sedicenti poteri soprannaturali od occulti, aderendo alla CSI (*Committee for Skeptical Inquiry* e fondando la James Randi Educational Foundation, che mise in premio un milione di dollari a chiunque fosse stato in grado di dimostrare poteri soprannaturali o paranormali di qualunque genere. Neanche a dirlo, mai nessuno si è candidato. La piena assonanza di intenti tra Randi e Angela li avvicinò immediatamente, e furono oltre che collaboratori grandi amici. Angela scrisse la prefazione all'edizione italiana del libro di Randi *Flim–Flam!* (1982). Con l'aiuto di Randi Angela ricostruisce le circostanze con cui Geller era riuscito a farsi accreditare in un esperimento controllato nientemeno che su *Nature*. La prova di maggior successo era una cosiddetta "divinazione": gli sperimentatori Targ e Puthoff facevano un disegno, in una stanza dove Geller non riusciva a vederli, e doveva cercare di rifare lo stesso disegno. Geller riuscì nel secondo disegno, un grappolo d'uva, replicando persino il numero di acini. Dall'analisi dell'esperimento Randi notò come non fossero presenti controlli dei tipici sistemi con cui i prestigiatori professionisti comunicano in maniera celata. In particolare, erano presenti sulla scena in forma anonima, uno qualificato come fotografo, personaggi che Randi riconobbe come abituali collaboratori di Geller. Inoltre, era strano che l'esperimento non avesse incluso anche il piegamento di cucchiai o altri oggetti metallici, che erano il pezzo più famoso e celebrato da Geller. Venne fuori che in effetti questo tipo di esperimento era previsto, ma tutti i tentativi di Geller fallirono, evidentemente i controlli messi in atto, pur se aggirabili nel caso dei disegni, non lo erano facilmente per il piegamento del cucchiaio. In effetti l'indagine di Randi svelò che erano stati tanti i tipi di magie che si era cercato di sperimentare al Stanford Research Institute, ed erano falliti quasi tutti, ma Targ e Puthoff riportarono nell'articolo solo i pochi riusciti, tra cui l'unico eclatante era quello dei disegni.

La collaborazione di Randi si estende a diversi degli altri casi presi in considerazione nel libro. Tra le varie forme millantate di poteri paranormali Angela si è soffermato sui rabdomanti, sedicenti sensitivi della presenza di acqua nel sottosuolo. Anzitutto Angela ha ricercato quei pochi esperimenti controllati, realizzati negli Stati Uniti, di rabdomanti

all'opera, i cui punti indicati sono stati ispezionati da geologi, e tutti si dimostrarono insuccessi. Non solo, Angela organizzò insieme a Randi un esperimento sul campo nel 1979 a Formello, vicino Roma. Sotto le strade di Formello vi erano delle grosse condutture d'acqua sotterranee, e i rabdomanti furono incaricati di cercare di individuare dove passassero le tubature. Non ci riuscirono, e i punti da loro segnalati tramite le bacchette, si rivelarono sbagliati.

Oltre alla collaborazione di Randi, Angela ha fatto leva anche sulla sua abilità di investigazione giornalistica per casi in cui occorrevano verifiche di persone a conoscenza dei fatti, eclatante è quello di Gerard Croiset. Si tratta di un sedicente veggente olandese, diventato noto in Italia per lo sceneggiato televisivo del 1973 (*Extra Sensorial Perceptions*) di Daniele D'Anza, con interprete Paolo Stoppa. Croiset avrebbe collaborato con la polizia sul caso di una ragazza aggredita in un bosco, mentre era in bicicletta, nella cittadina olandese di Wierden. L'aggressore aveva utilizzato un martello, recuperato dalla polizia. Croiset, concentrandosi mentalmente su questo martello, era riuscito a "percepire" l'evento criminoso, riconoscendo il colpevole. Tutti in quel paesino olandese, a partire dalla polizia, lo acclamano come prodigio. Il fascino del potere soprannaturale di Croiset in Italia, a seguito di questo film televisivo, fu tale che quando, nel 1978, vi fu il tristemente famoso rapimento di Aldo Moro da parte delle Brigate Rosse, ci fu persino chi chiamò Croiset in Italia, per rivelare dove fosse il suo nascondiglio. Ovviamente, non rivelò un bel niente. Angela riuscì a contattare il funzionario di polizia che aveva condotto l'indagine, un certo E. D. Maaldrink, che gli racconta una storia completamente diversa. E' vero che lui aveva anche, tra le varie direzioni di indagine, contattato Croiset, visto che aveva fama di veggente, e che Croiset aveva indicato il responsabile. Ma questo era invece totalmente estraneo ai fatti. Il vero autore dell'aggressione fu arrestato un anno dopo per un altro reato, e confessò anche quello ai danni della ragazza in bicicletta.

Questi qui descritti sono solo pochi campioni della fitta rassegna coperta da Angela, comprendente psicocinesi, telepatia, aureole, medium e veggenti, segni premonitori, ciascuno corredato di una stringente analisi che ne svela le falsità.

4. Conclusioni

Come qui descritto il problema della demarcazione tra buona scienza e sue imposture è stato, con alterne vicende, centrale nella filosofia della scienza, ma ha soprattutto ripercussioni importanti di tipo sociale e culturale, sui cui l'impatto sia della filosofia della scienza che della scienza stessa sono marginali. Ben più efficace è l'opera di cui Piero Angela è stato maestro, la divulgazione scientifica. Lui è scomparso, ma ben vivo e attivo, per fortuna è il suo lascito. Composto anzitutto da nuove generazioni di giornalisti e divulgatori scientifici, ma anche dalla presenza di una organizzazione voluta e creata da Angela. Si tratta del CICAP, il Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sulle Pseudoscienze, fondato da Angela nel 1989 insieme all'astrofisico Steno Ferluga e al neurobiologo Sergio Della Sala. e sono stati animatori, fin dall'inizio, Lorenzo Montali e Massimo Polidoro, all'epoca giovani promettenti a cui Angela stesso aveva assicurato una borsa di ricerca per specializzarsi proprio sulle pseudoscienze. Pur senza la capillarità di diffusione che permettevano le trasmissioni televisive di Angela, il CICAP tramite la sua rivista *Query*, l'appuntamento annuale CICAP Fest, e diverse iniziative locali, continua a perseguire il doveroso impegno nel demarcare la buona scienza.

5. Bibliografia

Angela P., *Viaggio Nel Mondo Del Paranormale: Indagine Sulla Parapsicologia,* Milano, (IT): Mondadori, 1984.

Larry L., *The Demise of the Demarcation Problem*, in *Physics, Philosophy and Psychoanalysis: Essays in Honor of Adolf Grünbaum*, a cura di Cohen R. e Laudan L., 111–27. Dordrecht (NL): Reidel Publishing Company, 1983.

Oreskes N., Conway E. M., *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming,* New York: Bloomsbury Press, 2010.

Pigliucci M., Boudry M. (a cura di), *Philosophy of Pseudoscience: Reconsidering the Demarcation Problem,* Chicago (IL): Chicago University Press, 2013.

Popper K., *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge,* London: Routledge, 1963.

Randi J., *Flim-flam! fandonie: sensitivi, unicorni e altre illusioni*, Roma: Avverbi, 1999.

Antonella Correnti

Le strategie di comunicazione tra scienza, diritto e divulgazione

1. Piero Angela e il metodo divulgativo tra scienza e realtà. – 2. Le modalità di divulgazione del diritto: le origini. – 3. L'evoluzione nell'insegnamento delle discipline giuridiche. – 4. Il ruolo delle tecnologie nella circolazione del sapere. – 5. Conclusioni. – 6. Bibliografia.

1. Piero Angela e il metodo divulgativo tra scienza e realtà

Per comprendere l'importanza della comunicazione e delle strategie che la caratterizzano è utile prendere le mosse dall'etimologia del termine «comunicare» (dal latino «communicare», cioè mettere in comune), che rende chiara l'idea di reciprocità su cui si fonda lo scambio di informazioni. Il concetto di comunicazione evoca l'appartenenza a un gruppo (famiglia, società, scuola, università), all'interno del quale si interagisce e si trasmettono saperi: si tratta dello strumento attraverso il quale avviene il processo di integrazione ed educazione dei consociati nell'ambito della comunità.

Il contenuto e le modalità della comunicazione variano a seconda degli interlocutori e, nel corso del tempo, si sono adeguati all'evoluzione, che ha portato alla consacrazione di una società dell'informazione digitalizzata. Prima ancora che si verificasse questo cambiamento radicale il mezzo radio/televisivo e la stampa costituivano l'esclusivo veicolo di trasmissione delle conoscenze e il linguaggio assumeva un carattere semplice e accessibile a tutti.

Piero Angela[1], pioniere della divulgazione scientifica attraverso il grande schermo, è riuscito ad accorciare le distanze tra scienza e pubblico proprio servendosi dello strumento più diretto e meno dispendioso economicamente per gli utenti: la televisione. Il giornalista e

[1] Piero Domenico Angela, scomparso il 13 agosto 2022, è stato un divulgatore scientifico, giornalista, conduttore televisivo, saggista italiano e ha anche avuto una breve carriera come musicista jazzista e pianista. Si era imbattuto nella scienza quasi per caso, dopo essere stato a lungo corrispondente all'estero. Nei giorni memorabili dell'Apollo 11 era stato mandato negli Stati Uniti per seguire le tappe fondamentali. Accanto ai nomi televisivi associati in Italia a quella grande impresa, gli storici "telecronisti" dell'allunaggio Tito Stagno da Roma e Ruggero Orlando da Houston, Piero Angela si occupava dei profili più tecnici, andando a intervistare i progettisti del razzo Saturn, i responsabili dei programmi di volo, i fisici e gli ingegneri che stavano rendendo possibile uno dei più grandi sogni dell'Uomo.

conduttore televisivo è divenuto un originale interprete della cultura scientifica (e non solo), inaugurando un nuovo modo di fare giornalismo tramite espressioni accattivanti, immagini e strumenti animati[2].

L'intuizione di Angela permette di concepire la scienza e la divulgazione scientifica in modo nuovo, funzionali ad aprire il dibattito nella società, rendendo possibile uno studio che, diversamente, sarebbe rimasto confinato nelle Università[3]. L'utilizzo di forme di comunicazione persuasive e di facile comprensione agevola la conoscenza e favorisce la diffusione della cultura, eliminando le barriere sociali ed economiche che impediscono l'alfabetizzazione.

Il metodo «Piero Angela» si è rivelato innovativo e all'avanguardia e ha permesso la crescita dell'interesse per la scienza; Angela ha acquisito per primo la consapevolezza che, «*per essere incisivi, in primo luogo a livello mediatico*, è necessario essere comunità, fare comunità e rivolgersi alla comunità[4].

L'esigenza di una tecnica di informazione che permetta un dialogo tra scienza e società deriva dal mutato ruolo che la prima riveste nell'era moderna: la società non può fare a meno della scienza per il suo benessere economico e politico e la scienza, a sua volta, ha bisogno delle risorse sociali. Al fine di migliorare i rapporti tra i due ambiti è nato in Gran Bretagna il c.d. *Public understanding of science* (P.U.S), locuzione che racchiude tutte le iniziative che la comunità scientifica rivolge alla collettività[5] in una dimensione unidirezionale, nella quale il pubblico si limita a recepire le informazioni trasmesse con un linguaggio semplificato. Il metodo P.U.S. costituisce un modello standard di interpretazione dei rapporti tra scienza,

[2] G. Dioguardi, *Il valore della scoperta di fare impresa*, 2022, su *https://www.paroledimanagement.it/piero-angela-il-valore-della-scoperta-di-fare-impresa*.

[3] Piero Angela ha assunto come modello le opere di Isaac Asimov, scrittore e divulgatore scientifico statunitense e il programma televisivo *Cosmos* condotto dall'astrofisico e scrittore Carl Sagan. Con il titolo italiano di *Cosmo*, la serie è stata trasmessa all'interno della cornice del programma *Quark* verso la metà degli anni ottanta.

[4] L. Montali, M. Polidoro, *Una grande eredità: Piero Angela e il cicap*, su *https://www.cicap.org/n/articolo.php?id=1800998*, 2022. Nel 1989 per iniziativa di Piero Angela e di un gruppo di scienziati e intellettuali nasce il CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sulle Pseudoscienze), un'associazione educativa di promozione sociale con l'obiettivo di diffondere la mentalità scientifica e lo spirito critico nei confronti delle pseudoscienze, a cui fu affidato il compito di contrastare la credulità popolare sul soprannaturale, l'astrologia e la parapsicologia.

[5] G. Carrada, *Comunicare la scienza. Kit di sopravvivenza per ricercatori-i Quaderni del mds*, 2005, su *https://giovannicarrada.com/progetti/comunicare-la-scienza-kit-di-sopravvivenza-per-ricercatori/*, autore della trasmissione televisiva *Superquark* dal 1994 al 2022. La Gran Bretagna è il Paese promotore del movimento *Public understanding of science* con il Rapporto Bodmer del 1985.

tecnologia e società: l'idea nasce dalla consapevolezza che eventuali attriti scaturiscano dall'ignoranza da parte dei cittadini delle teorie scientifiche e dalla necessità di concepire la comunicazione in una prospettiva più ampia.

L'indagine avviata con il *Public understanding of science* ha mostrato lo scetticismo e la carenza di una cultura scientifica nella popolazione[6], donde la scelta di un linguaggio chiaro, ma allo stesso tempo diretto e divulgativo per colmare questa significativa lacuna.

L'insuccesso del modello P.U.S. ha suggerito un mutamento di paradigma, sfociato nell'adozione del modello P.E.S.T. (*Public Engagement with Science and Techonology*)[7], in cui la comunicazione diviene partecipativa e bidirezionale mediante il coinvolgimento dei cittadini nel processo di informazione.

Una comunicazione efficace deve stimolare l'attenzione, suscitare emozioni e creare una relazione con gli interlocutori. Piero Angela, grazie alla sua sensibilità verso il pubblico e alla capacità di percepirne le aspettative e gli interessi, ha fatto da intermediario tra la comunità scientifica e la collettività; ha avviato la riflessione su questioni attuali, come quella dello sviluppo sostenibile, e anticipato tematiche nuove, quali: l'intelligenza artificiale, i cambiamenti climatici, l'economia globale, dimostrando di essere lungimirante.

Le tecniche di informazione impiegate abbattono le forme canoniche della dottrina scientifica e attingono dalla sfera quotidiana le espressioni più idonee a raggiungere i destinatari. Un approccio così orientato non può prescindere dalla prospettiva di chi riceve la notizia, al fine di contestualizzarla e di rendere i fruitori maggiormente propensi a recepirla. In questa direzione un altro punto di forza dei programmi del giornalista torinese è stato quello di appassionare con la narrazione delle grandi scoperte e la riproduzione di esperimenti, al precipuo scopo di suscitare negli osservatori spirito di osservazione e di adattamento in situazioni note e ignote.

I più recenti veicoli di trasmissione del sapere (la rete internet e le risorse multimediali) riescono ancor più velocemente ad immedesimarsi nel pubblico, studiandone abitudini e preferenze nell'intento di favorire una cultura alla portata di tutti.

[6] G. Carrada, cit. p. 25. La Camera dei Lord inglese, nel 2000 con il rapporto *Science and Society*, ha ammesso non soltanto la scarsa alfabetizzazione, ma anche l'avversione nei confronti della ricerca da parte della società nonostante i tentativi di diffusione.

[7] L. López-Pérez, M. D. Olvera-Lobo, 2018; A De Bortoli- M Flores 2017, pp. 511-528.

2. Le modalità di divulgazione del diritto: le origini.

Nell'immaginario collettivo le discipline giuridiche e il diritto in generale mal si prestano, al contrario di altre scienze, ad essere espresse attraverso creatività e fantasia. Come sosteneva Aristotele «*[gli uomini] amano la sensazione della vista: in effetti non solo ai fini dell'azione, ma anche senza avere alcuna intenzione di agire, noi preferiamo il vedere, in certo senso, a tutte le altre sensazioni. E il motivo sta nel fatto che la vista ci fa conoscere più di tutte le altre sensazioni e ci rende manifeste numerose differenze tra le cose*»[8].

La vocazione a passare dall'astratto al concreto costituisce una strategia particolarmente congeniale al giurista e, lungi dal voler ironizzare o privare la materia del diritto del tecnicismo che la caratterizza, è importante riflettere, raccogliendo le suggestioni offerte dal metodo divulgativo di Piero Angela, sulle tecniche di trasmissione delle regole giuridiche maggiormente efficaci e suscettibili di raggiungere una quanto più ampia e variegata categoria di possibili destinatari.

In materia di economia, informatica, medicina assistiamo a un ampio processo di divulgazione attraverso i media; al contrario, con riferimento al diritto non vi è la medesima tendenza, fatta eccezione per alcune sporadiche trattazioni nell'ambito dei programmi di cronaca o di fiction in TV. Indubbiamente la materia giuridica richiede una preparazione e abilità peculiari, di guisa che non può essere trattata da chiunque, né essere affidata a talk show televisivi. I concetti di divulgazione e di comunicazione, apparentemente sinonimi, in realtà si distinguono: la comunicazione attinge dalle conoscenze per trovare spunti e idee da offrire, la divulgazione deve servirsi di strumenti linguistici innovativi per semplificare formulazioni specifiche o tecniche. Il divulgatore deve possedere capacità dialettiche e sfruttare strategie attrattive per attirare l'attenzione dell'interlocutore. La difficoltà di concepire il diritto in una dimensione abbordabile risente della concezione medievale di un diritto riservato «a pochi»[9] e, se si tiene conto della netta contrapposizione nella formazione

[8] Aristotele, *Metafisica*, 980ª, a cura di Giovanni Reale, Milano, Rusconi, 1993.

[9] P. Montalenti, *A cosa serve il diritto?*, in *Riv. trim. dir e proc. civ.*, 1, 2019, p. 329, che richiama V. Di Cataldo, *A che cosa serve il diritto*, Bologna, 2017, p.18, il quale ritiene che «*si diffonda nella coscienza comune, nel dibattito culturale, nell'agone politico, una percezione distorta del diritto, come area riservata a una strana specie di filosofi, e del tutto inutile, o, peggio ancora […], come terreno di coltura di continui trucchi di azzeccagarbugli ai danni dei comuni cittadini*».

del giurista tra Common law inglese e americano[10], da una parte, e Civil law[11], dall'altra, si coglie ulteriormente la diversa prospettiva che storicamente ha caratterizzato la tematica.

Nel sistema inglese la preparazione per la professione giuridica avveniva attraverso una sorta di apprendistato negli *Inns of Court*[12], in cui gli apprendisti venivano istruiti tramite l'analisi di fattispecie concrete e la simulazione di processi. Gli *Inns* a partire dal XX secolo hanno perso la loro originaria funzione e negli ultimi decenni si è diffuso, anche in Inghilterra, un insegnamento di tipo universitario all'interno delle *law schools* secondo l'esempio americano, in cui una svolta significativa si è registrata con l'applicazione del c.d. *case method* (metodo di insegnamento socratico), connotato dallo studio e dall'analisi di casi, accompagnati dall'esame dei testi di legge applicabili o di estratti di opere. La tecnica evocata, introdotta da Cristopher Columbus Langdell[13] nel 1871 presso l'Harvard Law School, consiste nello studio di controversie giurisprudenziali da cui ricavare le regole generali di diritto[14]. Tale impostazione anticipa una tendenza, oggi unanimemente condivisa, rivolta a coniugare teoria e pratica del diritto nella didattica, tendenza che si registra anche nei sistemi di Civil law meno dipendenti, ma ugualmente influenzati dal formante[15] giurisprudenziale.

[10] A. Gambaro, R. Sacco, *Sistemi Giuridici Comparati*, in R. Sacco, *Trattato di Diritto Comparato*, Torino, 2008, pp. 53, 144; V. Varano, V. Barsotti, *La tradizione giuridica occidentale, Testo e materiali per un confronto civil law commona law*, Torino, 2021, pp. 275, 336.

[11] V. Varano, V. Barsotti, cit., p. 104. Si suole parlare di tradizione giuridica di Civil law a partire dalla fine del XI secolo inizi del XII, periodo in cui sorgono le prime università e il diritto viene studiato come scienza.

[12] Gli Inns più importanti sono quattro (Lincoln's Inn, Gray's Inn, Inner Temple e Middle Temple) tutti concentrati a Londra. Nel corso del tempo il ceto dei giuristi ha subito diverse trasformazioni: alla figura dell'attorney, che riceveva la propria formazione attraverso la pratica, si affiancava quella del narrator, che esponeva i fatti di causa innanzi ai giudici e discuteva gli argomenti. Nel XV secolo nasce la figura dei solicitors, con compiti essenzialmente amministrativi, e dei serjeants eredi dei narratores. Nel corso del XVII si affermano definitivamente i barristers e i solicitors, che assumono le funzioni rispettivamente dei serjeants e degli attorneys.

[13] Cristopher Columbus Langdell è stato uno dei più influenti giuristi statunitensi della seconda metà del XIX secolo famoso per aver imposto un modello universitario di insegnamento basato sull'analisi di casi concreti. Cfr. C.C. Langdell, *A Selection of Cases on the Laws of Contracts* (1871), in K.L.Hall, W.M. Wiecek, P. Finkelman, *American Legal History. Cases and Materials*, New York, Oxford University Press, 1991.

[14] Lo studente illustra al gruppo guidato dal docente i profili di maggiore interesse nella controversia; il professore, coinvolgendo gli studenti, cerca di far emergere le connessioni tra la fattispecie considerata e altre affini per stimolare negli interlocutori l'individuazione delle possibili soluzioni. Cfr. R. David, C Jauffret-Spinosi, *I grandi sistemi giuridici contemporanei*, in R. Sacco (a cura di), Padova, 2004, p.357.

[15] Il termine "formante" è stato coniato da G.F. Goethe (*Ted. Morphologie*) nel 1785 per descrivere l'anatomia comparata. Nel linguaggio giuridico è stato utilizzato dal comparatista R. Sacco, 2008 cit., p. 3-5, per indicare la basi giuridiche sulle quali si sviluppa l'ordinamento di una società. Sacco distingue tre tipi di formanti: legislativo, dottrinale e giurisprudenziale e individua il diverso peso che gli stessi hanno in Common law e Civil law.

In Europa, la prima sede universitaria in cui prende avvio l'insegnamento del diritto, tra la fine del secolo XI e gli inizi del XII, è Bologna; il diritto viene riscoperto e proposto come scienza e la conclusione dei percorsi di studio conduceva all'ottenimento della *licentia docendi*, ossia del permesso di insegnare[16]. Il metodo di insegnamento mirava a formare il giurista come studioso, come interprete di un testo autorevole: il *Corpus iuris Giustinianeo*.

L'indagine comparatistica mette in evidenza l'importanza che nella formazione del giurista assume la necessità di coniugare l'astratto e il concreto, al fine di favorire l'apprendimento e la circolazione dei principi del diritto.

3. L'evoluzione nell'insegnamento delle discipline giuridiche

Il primo aspetto da prendere in considerazione nel processo di insegnamento/divulgazione delle scienze giuridiche è quello di coglierne le caratteristiche epistemologiche[17] e metodologiche utili alla costruzione di un sapere critico e ragionato. La conoscenza dei nuclei fondanti del diritto, delle regole di vita economica, personale, sociale e del ruolo delle Istituzioni funge da incentivo per il cittadino ad agire correttamente e a rispettare i fondamenti di una convivenza civile.

Il diritto non rappresenta l'unico formante attraverso il quale stimolare la conoscenza e la coscienza del cittadino, ma ne è una componente determinante. Un segnale chiaro dell'esigenza di alfabetizzare ed educare la comunità al rispetto delle regole di comportamento nella società e all'acquisizione di una cittadinanza attiva si rinviene nell'introduzione, da parte della legge del 20 agosto 2019 n. 92, dell'insegnamento trasversale[18] dell'educazione civica nel primo e nel secondo ciclo di istruzione.

[16] A. Gambaro, R. Sacco, cit., p. 183. Gli autori sottolineano l'importanza di una educazione giuridica diretta alla formazione di scienziati del diritto destinati a divenire operatori di grande successo pratico. Il diritto oggetto di studio è il *Corpus iuris civilis* voluto dall'imperatore Giustiniano e pubblicato nella prima metà del VI secolo,

[17] Per epistemologia si intende l'analisi critica della struttura logica e della metodologia delle scienze (Cfr. voce «*epistemologia*», in *https://www.treccani.it-enciclopedia*). Il termine è stato introdotto dal filosofo scozzese J.F. Ferrier per descrivere «*la parte della gnoseologia che studia i fondamenti, la validità, i limiti della conoscenza scientifica*».

[18] La trasversalità in pedagogia individua «*le possibili interazioni o sinergie fra esigenze, valori, linguaggi, prospettive che si affermano in ambiti socioculturali diversi (famiglia, scuola, associazioni, chiese, mass media), ponendo problemi di ristrutturazione o riconsiderazione unificante*» (Cfr. voce «*trasversalità*», in *https://www.treccani.it-enciclopedia*).

Il legislatore all'art. 1 sottolinea l'importanza dell'educazione civica nella formazione di cittadini che devono assumere come modello i valori comunitari: «*l'educazione civica contribuisce a formare cittadini responsabili e attivi e a promuovere la partecipazione piena e consapevole alla vita civica, culturale e sociale delle comunità, nel rispetto delle regole, dei diritti e dei doveri*» (comma 1), «*L'educazione civica sviluppa nelle istituzioni scolastiche la conoscenza della Costituzione italiana e delle istituzioni dell'Unione europea per sostanziare, in particolare, la condivisione e la promozione dei principi di legalità, cittadinanza attiva e digitale, sostenibilità*» (comma 2).

La circolazione del diritto tra gli individui in età scolare è orientata a promuovere uno sviluppo progressivo della persona come studente, come cittadino e come lavoratore, nell'ottica del c.d. *lifelong learning*[19]. Secondo l'Unione Europa, il futuro dell'istruzione e dell'educazione dei cittadini è nell'apprendimento permanente, un complesso di competenze e abilità rivolto a una formazione continua che favorisca l'inclusione sociale negli Stati membri. E' evidente quanto il primo gradino, quello dell'istruzione scolastica, sia determinante per l'acquisizione delle competenze finalizzate alla creazione di società democratiche composte da cittadini provvisti dei mezzi necessari a realizzarsi personalmente, socialmente e professionalmente.

In ambito universitario l'esperto delle discipline giuridiche ha una grande responsabilità, dovendo creare le condizioni per mettere a disposizione il sapere scientifico trasformandolo in una risorsa per gli utenti. Il rapporto tra università, conoscenza e società è profondamente mutato nel corso dei secoli e il linguaggio accademico si è arricchito di espressioni un tempo appannaggio del mondo delle imprese. Si sta affermando anche in Europa, sul modello statunitense[20], la consapevolezza di dover adattare i contenuti ai diversi stili di apprendimento e le tecniche espressive alle caratteristiche dell'interlocutore.

[19] Raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 dicembre 2006, relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente (2006/962/CE), superata dalla Raccomandazione del Consiglio del 22 maggio 2018 relativa alle competenze chiave per l'apprendimento permanente (2018/C 189/01): il documento europeo del 2018, sostituisce la precedente Raccomandazione del 2006, tenendo conto di ulteriori novità quali l'affermazione di una società dell'informazione e della comunicazione digitalizzate, l'automazione di posti di lavoro che richiedono il possesso di abilità nuove.

[20] G. Pask, *Conversational techniques in the study and practice of education*, in *British Journal of Educational Psychology*, 1976, 4, pp. 12-25; G. Pask, *Learning strategies, teaching strategies and conceptual or learning style*, in R.R. Schmeck, New York, 1988, pp. 83-100.

Ai metodi tradizionali di lezione, che vedono il docente attore e gli studenti meri spettatori, si sostituiscono, o comunque si affiancano, altre tipologie di insegnamento in cui gli allievi partecipano in maniera attiva e collaborativa.

In una dimensione di didattica costruttivista si colloca il c.d. *Problem - based Learning* (apprendimento basato sulla soluzione di problemi). Si tratta di una tecnica sperimentata negli anni '60 nelle università canadesi, mediante la suddivisione degli studenti in gruppi ai quali il docente-tutor affida la risoluzione di questioni pratiche. Alla metodologia in esame si ricollega il *brainstormig*, (letteralmente tempesta di cervelli), che promuove il confronto di idee tra i giovani, stimolandoli al pensiero critico e rendendoli protagonisti del processo cognitivo. Lavorare in gruppo agevola la formulazione di ipotesi e la trasmissione di idee facendo emergere più soluzioni possibili intorno al caso. Ciascuno studente è chiamato ad assumere un ruolo diverso (*role playing*), sperimentando la propria creatività e mettendo in gioco le abilità. L'apprendimento di tipo collaborativo[21] crea una forte interdipendenza tra i partecipanti, che avvertono anche il peso individuale del raggiungimento di un risultato. Simili strategie hanno un'alta valenza formativa ed educativa e, per questo, sono state adottate nelle scuole secondarie e nelle università occidentali. In Europa il primato per l'introduzione della didattica costruttivista spetta all'Università di Aalborg, in Danimarca, fondata negli anni '70 e basata su modelli pedagogici e innovativi di risoluzione di problematiche reali. Altri paesi (Germania, Olanda, Austria e Svizzera) hanno seguito l'onda del cambiamento, sperimentando le nuove metodologie e privilegiando un approccio concreto alla formazione. Anche in Italia si inizia a modulare la didattica, a seconda dell'indirizzo prescelto, alternando lezioni e attività laboratoriali e coinvolgendo gli allievi in esercitazioni e seminari, attraverso tecniche attive, analitiche e decisionali (casi–studio, cooperative-learning, brainstorming).

La fisionomia dello studio del diritto risulta profondamente mutata, ma efficace nel promuovere competenze didattiche inclusive e all'avanguardia.

[21] A.K. Bruffee, *Collaborative learning. Higher Education, Interdependence, and the Authority of Knowledge*, Baltimore and London, 1993, p. 82.

4. Il ruolo delle tecnologie nella circolazione del sapere

Nella riflessione sulle strategie di comunicazione un ruolo determinante spetta a internet e agli strumenti digitali, per la stretta correlazione esistente tra conoscenza, didattica e tecnologia. Il processo di digitalizzazione ha eliminato le barriere che ostacolavano il reperimento delle risorse intellettuali, imprimendo una forte accelerazione alla circolazione del sapere. Sono evidenti i vantaggi in termini di qualità dei dispositivi adoperati, ma anche gli svantaggi (crisi della carta stampata, fake news, illecito trattamento dei dati personali) che l'uso della rete determina: è nondimeno innegabile la rivoluzione innescata dalle fonti telematiche.

La recente crisi pandemica, dovuta alla diffusione del Covid-19, ha confermato l'essenzialità e l'insostituibilità delle infrastrutture informatiche e le conseguenti implicazioni sul fronte della didattica e della ricerca. L'Unione Europea già nel 2010 aveva intrapreso iniziative per favorire l'attuazione delle pratiche connesse alla scienza digitale[22]. A livello internazionale, l'OECD nel 2007 ha pubblicato un volume intitolato «*Principles and Guidelines for Access to Research Data from Public Funding*", chiarendo (OECD, 2007, p.15) che «*openness means access on equal terms for the international research community at the lowest possible cost, preferably at no more than marginalcost of dissemination. Open access to research data from public funding should be easy, timely, user-friendly and preferably Internet-based*».

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione consentono una rapida trasmissione di idee e contenuti, eliminando le distanze tra gli interlocutori, e la scelta di utilizzarle, anche in ambito scolastico e universitario, è dettata dall'esigenza di migliorare la qualità della didattica e dell'insegnamento. Le piattaforme avvicinano lo studente alla dimensione del diritto, attraverso una visione ulteriore e diversa da quanto può essere trasmesso con una lezione frontale, sollevando problemi e quesiti che rendono manifesto il lato giuridico della questione con una maggiore interattività tra studente e docente.

I singoli istituti giuridici vanno trattati tenendo conto dei vari formanti, rappresentati non solo dalle leggi, ma anche dall'interpretazione fornita dalla giurisprudenza e dalla dottrina, e

[22] *Digital science in Horizon 2020* è un *concept paper* realizzato dalla Commissione europea nel 2013, da cui si evince il supporto alle nuove strategie di produzione della conoscenza con esplicito riferimento all'open access e alla gestione elettronica dei dati.

la didattica, in modalità e-learning, è in grado di far cogliere le connessioni tra gli istituti, guidando lo studente nel processo di apprendimento del diritto

La necessità di gestione organizzata dell'insegnamento si colloca in una dimensione nuova e innovativa, finalizzata ad incoraggiare l'autonomia degli studenti nella risoluzione di problemi. Una metodologia orientata a ragionare per casi singoli, ispirata al metodo *langdelliano* del Common law americano, risulta efficace in quanto favorisce lo sviluppo di una capacità critica negli allievi.

5. Conclusioni

L'indagine relativa al metodo divulgativo di Piero Angela ha fornito l'input per una riflessione sulle tecniche di trasmissione e di circolazione del diritto.

Quando si pensa alle finalità della divulgazione è forte il pregiudizio di considerarle rivolte a soggetti poco istruiti; così non è, in quanto, i destinatari della comunicazione possono essere colti, ma non preparati nella materia oggetto di trattazione. Il successo delle tecniche divulgative dipende dalla predilezione di un linguaggio adatto al pubblico che si intende raggiungere.

Un buon oratore stimola la partecipazione, l'interesse e la curiosità degli interlocutori; la creatività e il ricorso ad aneddoti determinano empatia e suscitano emozioni che agevolano la comprensione anche di aspetti più complessi, meno percepibili se espressi con concetti specifici.

L'introduzione di metodologie di insegnamento orientate a coinvolgere gli studenti, segna un'inversione nel rapporto tra maestro e allievo, pur senza snaturarne le caratteristiche essenziali.

Le materie giuridiche richiedono una particolare erudizione e, per questo, il compito di divulgarle spetta, comunque, a chi abbia acquisito conoscenze e competenze dettagliate. La suggestione iniziale sulla possibilità di applicare la tecnica divulgativa al sapere giuridico sembra trovare riscontro nella scelta di strategie didattiche che vedono maggiormente coinvolti gli studenti, ma non è sufficiente recepire gli elementi essenziali o i costrutti di base, «*occorre* misurarsi *con quella dimensione esclusiva, ostica forse ma essenziale che è la tecnica giuridica. Il diritto ha infatti una sua autonomia che è sì autonomia di istituti, ma che si origina*

in una autonoma visione del mondo, che è insomma l'autonomia di uno specifico sapere, autonomia di statuto epistemologico, di concetti, di lessico»[23].

L'esigenza di divulgazione nell'ottica di educare i cittadini al rispetto della legalità e all'acquisizione della consapevolezza dei propri diritti e dei propri doveri può farsi risalire già alla fine degli anni '40 del secolo scorso , allorquando autorevoli giuristi si impegnarono nella «*ricerca di una ragionevolezza del diritto che deve essere costruita o trovata fuori di ogni fiducia in un razionalismo che favorisce le generalizzazioni astoriche e acritiche, e contro ogni concezione che si accontenti del diritto positivo*»[24]. Il mutamento di prospettiva invade il fronte del «*paragiuridico*»[25], inteso come insieme dei modi di pensare, interpretare e insegnare il diritto, quale «*fenomeno culturale variabile*», esperienza di «*law in action*», in contrapposizione a «*law in books*»[26].

I cambiamenti nel modo di pensare il diritto conducono a un superamento del formalismo giuridico, in funzione di una concezione che tenga conto delle esigenze della società, contemperando i contrapposti interessi della continuità e della innovazione giuridica[27].

6. Bibliografia

Aristotele, *Metafisica*, 980ª, a cura di Giovanni Reale, Milano, Rusconi, 1993.

A.K. Bruffee, *Collaborative learning. Higher Education, Interdependence, and the Authority of Knowledge*, Baltimore and London, 1993.

G. Carrada, *Comunicare la scienza. Kit di sopravvivenza per ricercatori-i Quaderni del mds*, 2005, su *https://giovannicarrada.com/progetti/comunicare-la-scienza-kit-di-sopravvivenza-per-ricercatori/*

[23] P. Grossi, *Prima Lezione di diritto*, Bari, 2003, p. 22.
[24] R. Sacco, *Carriera di un libertino*, in *Riv. dir. civ.*, 1982, p. 53 ss.
[25] G. Gorla, *Il contratto: problemi fondamentali trattati con il metodo comparativo e casistico. Casistica e problemi*, *prefazione*. 2, 1, Milano, 1994.
[26] R. Sacco, *Antropologia giuridica*, Bologna, 2007, pp. 23, 32.
[27] O.W. Holmes Jr., *The Common Law* (1881), in O.W. Holmes Jr., *The Common Law*, Boston, Little, Brown & Co., 1923, pp.159 – 161.

R. David, C. Jauffret-Spinosi, *I grandi sistemi giuridici contemporanei*, in R. Sacco (a cura di), Padova, 2004, p.357.

A. De Bortoli- M. Flores, *Digital Public Engagement: il dialogo possibile tra ricerca e società attraverso i nuovi media. Alcuni casi di successo*, in *Problemi dell'informazione*, 3/2017, pp. 511-528.

V. Di Cataldo, *A che cosa serve il diritto*, Bologna, 2017.

G. Dioguardi, *Il valore della scoperta di fare impresa*, 2022, su *https://www.paroledimanagement.it/piero-angela-il-valore-della-scoperta-di-fare-impresa*

A. Gambaro – R. Sacco, *Sistemi Giuridici Comparati*, in R. Sacco. *Trattato di Diritto Comparato*, Torino, 2008.

G. Gorla, *Il contratto: problemi fondamentali trattati con il metodo comparativo e casistico. Casistica e problemi*, 2, 1, Milano,1994.

P. Grossi, *Prima Lezione di diritto*, Bari, 2003.

O.W. Holmes Jr., *The Common Law* (1881), in O.W. Holmes Jr., *The Common Law*, Boston, Little, Brown & Co., 1923.

C.C. Langdell, *A Selection of Cases on the Laws of Contracts* (1871), in K.L.Hall, W.M. Wiecek, P. Finkelman, *American Legal History. Cases and Materials*, New York, Oxford University Press, 1991.

L. López-Pérez - M. D. Olvera-Lobo (2018), *Public engagement in science via Web 2.0 technologies. Evaluation criteria validated using the Delphi Method*, in *Journal of Science Communication*, 17 (02), A08, DOI: 10.22323/2.17020208.

P. Montalenti, *A cosa serve il diritto*?, in *Riv. trim. dir e proc. civ.*, 1, 2019, pp. 329-335;

L. Montali, M. Polidoro, *Una grande eredità: Piero Angela e il cicap*, su *https://www.cicap.org/n/articolo.php?id=1800998*.

G. Pask, *Conversational techniques in the study and practice of education*, in *British Journal of Educational Psychology*, 4, 1976, pp. 12-25;

G. Pask, *Learning strategies, teaching strategies and conceptual or learning style*, in R.R. Schmeck, New York, 1988, pp.83-100.

R. Sacco, *Carriera di un libertino*, in *Riv. dir. civ.*, 1982, II, p. 53 ss., in *Scintillae Juris. Studi in memoria di Gino Gorla*, Milano, 1994, I.

R. Sacco, *Antropologia giuridica*, Bologna, 2007.

V. Varano – V. Barsotti, *La tradizione giuridica occidentale*, *Testo e materiali per un confronto civil law commona law*, Torino, 2021.

Salvatore Settineri

La dimensione emozionale nella divulgazione scientifica sulla salute

1. Introduzione. Quando il pennino si muove. – 2. La dimensione dell'emozione. Sulla torre. – 3. Il corpo e gli affetti. L'emotività. – 4. In principio erano le emozioni: ascoltare il proprio corpo. Autopilota mentale. – 5. Abuso ed impiego delle emozioni. Usare le emozioni? – 6. Conclusioni. Tutto questo si chiama divulgazione? – 7. Bibliografia.

1. Introduzione. Quando il pennino si muove

Le modalità attraverso le quali si comunica un consiglio, un comportamento, un'informazione sono prevalentemente basate su processi razionali e, nel pensiero comune, su dati intesi come espressione dell'attività del pensiero e quindi del mondo delle idee; la razionalità è chiaramente osservabile nello stile dominante con il quale le norme editoriali dei journals scientifici sulla salute chiedono agli Autori di adeguarsi alle loro norme di scrittura. La scienza intesa nelle sue forme applicative mira ad una ricaduta delle sue scoperte nel senso di promozione nell'umanità di cambiamenti atti a favorire comportamenti virtuosi o di limitare quelli nocivi per la qualità di vita dell'uomo nel suo ambiente. Ne deriva che la comunicazione di un dato non può confinarsi esclusivamente sull'elemento d'eccitazione sollecitato dall'informazione e deve includere la portata del senso dello stesso in termini di conservazione dell'individuo e della specie; nel paragrafo del testo che ha generato questo testo parallelo, (P. Angela, 2023, 70), osserva come uno strumento, il poligrafo, possa evidenziare le variazioni dell'intensità emozionale nell'uomo la cui economia psichica di conservazione è sostenuta da emozioni; ad un livello più alto le stesse partecipano a simbolizzazioni complesse che consentono di rappresentarle, poterle trasmettere ed, eventualmente, comunicare.

Nel rapporto di rilevazione delle proprie emozioni e quindi della loro coscientizzazione, (A. Damasio, 2022, 70 s) distingue tre fasi che riassume in un primo step in cui si ha la rilevazione

dell'oggetto che induce l'emozione; un secondo step atto all'attivazione del riconoscimento dei siti cerebrali che riconoscono l'oggetto; un terzo step che sollecita delle azioni corporee che inducono all'equilibrio necessario al perseguimento del fine della salute.

Per quest'ultima fase P. Angela rimarca la possibilità di interferenze dei processi emozionali nel trasferimento delle conoscenze e quindi dell'attivazione di processi di cambiamento come hanno segnalato le scienze antropologiche nel dibattito sull'universalità della comprensione delle emozioni (J.C. Jackson, 2019,1517-1522). È merito di quest'ultime aver dato vita ad un corpus di conoscenze atte a documentare su come le emozioni influenzino le trasformazioni in comunità più ampie contrariamente a quanto si possa razionalmente pensare. Il già menzionato tipo di osservazioni empiriche ha sottolineato come esistano delle società con modelli che includono evidentemente il ruolo svolto dalle emozioni. Ad esempio (S. Peck,.2023,100948), studiando il sentimento di vergogna, ha evidenziato come le emozioni possano essere generative per costruire spazi civili e cioè modelli di adattamento a tipi di vissuti. In particolare, l'Autrice ha messo in chiarezza come il sentimento di vergogna possa essere alla base di disuguaglianze sociali, su come la stessa vergogna possa essere alla base di relazioni tra gruppi, ed ancora, generare cambiamenti nell'organizzazione civile per contrastarla.

Le emozioni sono state spesso nascoste nella relazione e hanno dato quindi luogo a pregiudizi come quello del sesso maschile nei confronti di quello femminile; quest'ultimo giudicato come emotivo e non credibile o ancora preconcetti come quelli di popolazioni settentrionali nei confronti di quelle meridionali considerate maggiormente irrazionali. Studiando la vergogna, si sono tratte tre conclusioni che ci sembrano indicative del valore attribuito alla sfera emozionale. La prima è data dal fatto che le emozioni, proprio per la circolazione relazionale, possono attuare un sentire comune nella popolazione che, condividendone le qualità, rendono più forti le loro identità. La seconda conclusione riguarda emozioni che possono rendere effettivi degli stati d'animo di fondo che favoriscono tipologie specifiche di personalità (una tipologia per esemplificare, è quanto un comportamento ha caratteristiche di ricorrenza); una similitudine può essere quella del temperamento come tratto costante ma innato di un tratto psicologico; metaforicamente le emozioni sono lo sfondo di un paesaggio che evidenzia il personaggio, o il basso continuo che sostiene l'armonia. In

terzo luogo, lo sfondo emotivo può generare e favorire processi organizzativi della società come, ad esempio, un'opinione pubblica fondata su miscele emozionali (ad es. indignazione, sentimenti di ingiustizia, ecc.) che indica il rapporto tra un'emozione ed uno stile comportamentale ricorrente.

Le *miscele emozionali* possono anche caratterizzare tipologie specifiche di personalità fondate su tipi caratteriali, ad esempio stili razionali opposti a quelli irrazionali e viceversa.

2. La dimensione dell'emozione. Sulla torre

Un aspetto particolare dell'emozione è dato dalla sua forza ovvero dalla intensità che ne caratterizza una dimensione potenzialmente quantificabile; a tal proposito l'Autore che ha ispirato questo scritto (P. Angela, 2023, 102) racconta, in un aneddoto, di un divulgatore che non riusciva ad attestare la sua notizia e di un presidente di convegno che gli suggerì all'uopo di salire nudo su una torre medievale: avrebbe ottenuto l'attenzione dei mass media locali dopo qualche giorno, l'attenzione della stampa nazionale dopo una settimana, la celebrità internazionale dopo un tempo maggiore. Applicato al campo psicopatologico, la psichiatria ne ha esperienza in diversi quadri in cui le manifestazioni emotive sono maggiormente evidenti e quindi più gravi all'aumento del fenomeno; ad esempio, nei disturbi d'ansia che nei gradi maggiori diventa panico; nei gradi estremi manifesta alterazioni del comportamento alla base del disconoscimento sia della realtà esterna(derealizzazione) che interna (depersonalizzazione). La psicoanalisi si è occupata (B. Ithier, V. Kapsambelis,2013) della depersonalizzazione descrivendola come una ecclissi dell'identità rintracciabile in più situazioni psicopatologiche permanenti come le psicosi, o transitorie come le crisi mistiche, o negli estremi dei citati attacchi di panico. L'interesse degli addetti ai lavori dovrebbe interessare il grande pubblico innanzitutto per aumentare la conoscenza su come funzione un meccanismo così delicato come quello della coscienza, in secondo luogo per diminuire lo stigma che si ha solitamente di fronte a questi incontri, in terzo luogo per comprendere quanta importanza hanno avuto per ciascuno di noi il modo emozionale che, nelle situazioni estreme, può generare infinita angoscia. Per esperienza personale, nelle ormai passate consulenze al pronto soccorso (la psichiatria del quotidiano), altresì nelle grandi emergenze (terremoti, grandi cataclismi, ecc.) resterà vivo, cioè scolpito nella mente, su che cosa succede quando una

o più emozioni sono così forti da far perdere il senso della continuità temporale e spaziale. Bene tutto questo occorre ricordarlo anche nel piccolo, nel quotidiano per fortuna non ricorrente: l'intensità di una emozione è più di un segnale; forse è questo il successo dell'opera «the Scream» del pittore norvegese E. Munch, particolarmente istruttiva nella varietà delle versioni di colori visibile nell'omonimo museo di Oslo.

Dopo l'esperienza del COVID 19 abbiamo imparato cose che già sapevamo ma ad un livello quantitativo diverso; in particolare i social media hanno offerto spazi per lo sfogo emotivo amplificandone la risonanza e modificando l'opinione pubblica: chi non ricorderà le bandiere nei balconi, i canti, il silenzio dei viali cittadini? Tutto quello che abbiamo visto nei media, le sofferenze individuali e collettive, è stato sostenuto dalle emozioni e non certo dagli epidemiologi nei confronti dei quali sono state mosse non poche critiche sulle modalità dell'informazione. In particolare, è interessante notare il ruolo svolto dagli opinion leader nell'amplificazione dell'informazione che sfruttano sia la veridicità e la freddezza del dato sia le caratteristiche legate alla forza delle loro immagini (X. Xu, Z. Li, R. Wang, Zhao, L., 2021, 18ss). Così la forza dei comunicatori leader è stata descritta come competente e maggiormente istruita ma con forti identità del Sé, capace di controllo sulle informazioni; potremmo aggiungere dotata di fascino carismatico. Cos'è del resto il carisma se non un'attrazione emotivamente pregnante? Quando ci si trasferisce in termini di gestione pubblica dell'informazione a mezzo Internet, pregi e rischi si traducono nelle possibilità di interferenze così riassunte (Y. Mei, Tu, Y., Xie, K., Ye, Y., Shen W.,2019,): 1) impatto sulle emergenze, sulle decisioni giudiziarie e persino in quelle governative; 2) fluttuazione dell'umore sociale, potenzialmente sino al punto di panico sociale; 3) capacità di persuasione dei bloggers (tanto più influenti quanto più noti) sui leaders. Paradigmatico un articolo sulla rivista di cultura Prometeo del giornalista RAI (F. Censon 2020), suona con un titolo che vale la pena, proprio perché genera emozioni, di citare per esteso: «*La crisi dell'autorevolezza degli esperti. Perché le persone competenti non sono più ascoltate dalla gente comune*». Tra le cause chiamate c'è quello della tradizione antintellettualistica per la società americana; per l'Italia, Internet, l'abbassamento di livello delle università, gli errori e le deficienze degli esperti. Quando siamo incapaci ma onesti intellettualmente lo dovremmo capire ma, se non lo siamo, per certo i

nostri pazienti lo possono sentire. Questo *sentire* non si riferisce all'organo acustico ma a quello emozionale anche se irrazionale.

Riviste specializzate sull'argomento sollevano osservazioni programmatiche sul peso della dimensione emozionale distinguendo tra (1) emozioni dei comunicatori scientifici, (2) contenuti emozionali e (3) emozioni del pubblico della comunicazione scientifica (M. Taddicken, A. Reif, 2220). Le Autrici trovano rilevante il fatto che il dibattito non può ridursi tra processi razionali e risposte emozionali e neppure sul ruolo svolto dalla conoscenza di base dell'uditorio che resta solo una variabile tra diverse e molteplici; in tema di rapporto tra emozione e diffusione si impone quindi una sintesi di complessità e quindi della tendenza di non definitiva soluzione al problema. Tra le variabili che vengono chiamate in causa c'è l'aspetto empatico del ricevente la cui mancanza di adesione può a sua volta determinare una risposta emotiva del comunicatore. L'aspetto dimensionale emozionale, sottolineandone l'intensità, non la rende del tutto giustizia allorché, in un contesto clinico, come quello psicodinamico, è stato messo in luce la possibilità di distorsione tra terapeuta e paziente su base emozionale del versante comunicativo; questi meccanismi, uscendo dall'ordine della razionalità, richiamano esperienze pregresse dell'informato e un giudizio(pregiudizio) sugli stili dell'informatore. Nel loro editoriale Taddicken M e A. Reif (22209 sottolineano come le tensioni derivanti dalla razionalità (per la verità più precisamente dal pensiero) e l'emotività ruotano intorno allo sguardo oggettivo e cioè al processo di condivisione attraverso la quale si addensa la «verità scientifica»; il problema può essere non conciliabile essendo il mondo emozionale, sia per gli aspetti qualitativi che quantitativi, soggettivo.

3. Il corpo e gli affetti. L'emotività

La citazione del ruolo delle emozioni nell'evoluzione della specie affascina il grande pubblico e allo stesso tempo è una chiave per incrementare l'attenzione sulle stesse; a tal proposito è stato sottolineato (P. Angela, 2023,104) come l'evoluzione ha premiato ciò che più rapidamente faceva ottenere ricompense forse, cioè per un criterio utilitaristico riconducibile alla ragione, alla pianificazione spazio-temporale, illuminato da quell'assunto, attribuito ad Aristotele, e cioè alla logica della non contraddizione. Anche se la già menzionata logica è stata contestata, ad esempio dalla logica quantistica che ammette la coesistenza di

rappresentazioni opposte, nel territorio che è di competenza dello scrivente tutto ciò che è presente nell'esperienza corporea, corrispondente milioni di anni di trasformazioni, ancora non concluse, ha la sua rilevanza ed il suo senso anche se non immediatamente comprensibile. Il meccanismo di regolazione emozionale la cui comprensione ontogenetica è correlabile a quella filogenetica può farci includere, nelle fasi della vita, alcuni obbiettivi dell'età e il gioco degli affetti ad essi legati, dalle domande più semplici a quelle esistenziali. La visione della regolazione emozionale (K. McRa, K, J.J. Gross J.J. 2020, 1-8) è concreta ma occorre chiarire in che cosa consista il tentativo di influenzare la regolazione emozionale. In pratica la coordinazione emozionale amplia il campo d'azione della coscienza come riferimento a se stessi e come proposta di azioni tese all'influenzamento emozionale degli altri. La genesi e la regolazione delle emozioni prevede innanzitutto un livello soglia al di sopra del quale queste si manifestano. La soglia, essendo soggettiva, rende ancora più difficile il tutto ogni qual volta viene chiamata in causa un'altra variabile, ad esempio, la tranquillità o la remissività. Il merito della scuola di Gross è quello di aver sintetizzato le diverse strategie di regolazione emozionale in relazione al tempo in cui si rendono necessarie per influire le emozioni; viene incluso il tempo in cui si rende evidente la necessità della coordinazione, il valore passeggero o meno dell'esigenza della coordinazione, gli aspetti adattivi conseguenti alla risposta. Nuovi scenari si aprono conseguenzialmente: l'assetto neurobiologico che rende possibili le emozioni unitamente alla sistematizzazione di queste conoscenze, ad esempio, nell'apprendimento o nel comportamento. La scuola di Gross lascia aperte alcune problematiche e tra queste:1) la discrepanza tra uno stato emotivo desiderato ed uno stato emotivo effettivo; 2) lo stato emotivo derivante dalla scelta tra più alternative; 3) lo stato emotivo nella scelta tra le strategie che si tenta di esplorare 4) la ripetizione dell'intero ciclo delle varie strategie al fine di verificarne il miglior successo. Può essere utile ricordare come la regolazione delle emozioni dipenda dalle interazioni tra i sistemi di controllo prefrontale e del cingolo e i sistemi corticali e sottocorticali di generazione delle emozioni.

4. In principio erano le emozioni: ascoltare il proprio corpo. Autopilota mentale

La stimolazione delle emozioni e le possibili costruzioni mentali sono sollecitate dal mondo esterno ma la pressione delle stesse può avvenire anche dentro il corpo; si parla così di

enterocezione per distinguerle da ciò che viene a partenza dal mondo esterno. Il nostro corpo parla e ciò era conosciuto nel mondo antico per il quale ad ogni organo corporeo veniva attribuito una chiave di lettura mistica, religiosa, profetica. Come l'intersoggettività può descrivere, nell'implicazione della reciprocità tra due soggetti, una coattività tra due esseri desideranti che comunque mantengono la loro indipendenza, così anche tra gli organi c'è una relazionalità garantita da vie veloci o più lente. Questo assunto psicosomatico consente al nostro corpo di relazionarsi al nostro cervello attraverso vie veloci (neuronali) o più lente(endocrine), la loro codifica è accordata e può influire sui nostri comportamenti, sul nostro stato d'animo e cioè il sentire una modificazione senza comprenderne una causa, favorire delle scelte e percezioni, non a caso quando siamo tristi diciamo che siamo di umore nero. L'elaborazione enterocettiva ha un ruolo chiave nella salute e nella malattia e la ricerca sta delineando sistematicamente i modi in cui le relazioni cervello-corpo possono alterare il benessere di una persona. Alcuni Autori (Quadt L ed Al.,2018) hanno proposto alcuni aspetti dimensionali interessanti per spostare le nostre osservazioni e codificazioni del fenomeno; si tratta di interazioni che arrivano a livelli più alti di metacognizione la cui traduzione in pratica sarà rilevante nell'adozione di strategie che ci possono aiutare meglio sia a capire noi stessi sia quel che intendono dire gli altri (ad esempio i pazienti) in riferimento al loro corpo.

La progressione può essere riassunta in primis come risposta fisica nella rappresentazione cerebrale, poi in una intuizione metacognitiva enterocettiva (dove questo stato precorre la rappresentazione propriamente detta) e quindi cognizione cosciente (ovvero una trasformazione in una categoria astratta a se stante che non è immagine nel senso visivo, ne sonora nel senso uditivo, ecc.) che ci informa sulla correttezza fenomenica del nostro vissuto. È interessante notare come la medicina ha sviluppato dispositivi sempre più sensibili molti dei quali oggi alla portata per il tramite di strumenti che ci danno conto, ad esempio del battito cardiaco e di quest'ultimo, nel contesto di altri parametri, sul fenomeno potenzialmente stressogeno nel corso di una attività. Una serie di skills è offerta dalla tecnologia sviluppata, sia per il mondo sportivo che per quello clinico, oggi ci aiuta a capire sempre meglio il nostro funzionamento. Il passaggio ulteriore alla traduzione in termini psichici potrà essere interessante allorché, ad esempio dedurremo, elementi rappresentativi della nostra capacità di fare qualcosa (allenarci, sforzarci, essere capaci di ecc.). Quanto sopra

è rilevante sia per l'oggettiva capacità prestazionale che per le ricadute psichiche come, ad esempio, al livello dell'autostima che è costituita da componenti di tipo fisico (self competence) o più globali del se (self liking). Questo tipo di immagini influenzano le rappresentazioni superiori, codificano informazioni ormonali, finanche sullo stato infiammatorio, per arrivare a modelli ipotetici di funzionamento che stanno alla base di realistiche previsioni. La sintesi proposta (L. Quadt ed Al.,2018) è convincente perché ci consente di arrivare a supposizioni astratte nei confronti delle quali possono intervenire altre rappresentazioni interne e rendere biografiche le condizioni corporee in relazioni ad altri parametri, ad esempio, la dimensione temporale. Si tratta in conclusione di una messaggistica bidirezionale che nel campo della filosofia della complessità trova fondamento nel concetto della dialogica dove i rapporti tra un sistema A e quello B avviene le reciproca influenza per cui quello che si applica alla relazione probabilmente avviene anche al livello corporeo. Se, in senso jaspersiano, non si dà psicologia senza rapporto tra soggetto e oggetto, quest'ultimo costruisce la nostra esistenza sia nella relazione interpersonale ontica come del resto è evidente ma ha azione anche sul resto del corpo sia pure in maniera diversificata da organo ad organo ed ancora del nostro pensare, del nostro fantasticare, ecc.; del resto, l'accostarsi ad un'arte è questione cognitiva e di maturazione emotiva dove è incluso un fondo di interazione genetica ed ambientale.

Questa dialogica è mediata in maniera rilevante dalle emozioni che secondo le varie teorie e punti di vista possono essere diversamente chiamate (pulsioni, istinti, protoemozioni, emozioni di secondo ordine, affetti, ecc.) secondo il quadro teorico di riferimento e dell'assunto epistemologico.

5. Abuso ed impiego delle emozioni. Usare le emozioni?

Nel penultimo paragrafo del capitolo di P. Angela dedicato alle emozioni, il divulgatore si pone la domanda se sia legittimo utilizzarle quando si parla ad un grande pubblico, ovvero se sia consentito l'uso o meno delle emozioni al fine di attirare l'attenzione. In questo contesto è necessaria una riflessione sull'informazione o sulla disinformazione e quindi di rilevare come entrambe possono suscitare emozioni con conseguenti comportamenti in grado di nuocere o promuovere sia il soggetto sia per gruppi sociali.

Una approfondita argomentazione è stata sostenuta da Autori (I. Scognamiglio, I., Salzano, D. 2020) che, riflettendo sul termine coniato da D.J. Rothkopf (2003), *infodemia*, quest'ultima possa essere una leva non appropriata potenzialmente capace di determinare danni economici e sociali. La sintesi (I. Scognamillo, D. Salzano 2020), argomenta sulla qualità delle emozioni binarie *entusiasmo – depressione* e della *paura – calma* in relazione al pericolo percepito. Il modello conclude su come una situazione di ansia possa provocare la ricerca di nuove informazioni atte a sedare lo sgradevole stato. Lo sguardo, tipico della psicologia sociale, invoca i processi di riduzione dell'autonomizzazione del sociale, uno di questi è l'indicizzazione e cioè uno dei meccanismi quantitativi volto a ridurre le tendenze d'allarme nell'opinione pubblica. Altri dati rilevanti dipendono dalle ripetizioni della popolazione nella tematica che l'esperienza sollecita nella cittadinanza ma resta sempre il controllo per il quale una rappresentazione sociale si esprime solo ad un livello di sintesi e, pertanto, non soddisferà la soggettività che sta alla base del possibile bias. Vanno peraltro dagli AA citati gli stakeholder, soggetti portati alla diffusione di personali interessi nell'informazione che effettuano un vero e proprio grooming sociale creando delle bolle informative di allarmismo sociale. Le fake news hanno quindi alimentato quella pratica di disinformazione conosciuta sotto forma di cospirazionismo che ha aperto un dibattito tra una concezione di legittimità da accettare le stesse nell'alvo della libertà democratica oppure nell'ambito di una patologia sociale che necessita di una cura specifica (Censon F. 2023). Non di meno la variabilità del fenomeno, come ad esempio quello dei no vax, indica un ventaglio di possibilità che va' da disegni nascosti a danno della popolazione (una sorta di paranoia) a questioni di principio che pure ripropongono i confini della libertà delle società democratiche. Che il ruolo emotivo sia sostenuto dal pregiudizio è confermato da Autori che hanno indagato sul ruolo di adesione al vaccino (Hughes, B. 2221). Gli AA., attraverso lo studio sulle narrazioni, fanno riferimento ad un sistema di corruzione e di disinformazione la cui individuazione può migliorare il rapporto ed una riduzione del pregiudizio riscontrato in altri campi della salute pubblica.

Una pragmatica schematizzazione tra emozioni e comunicazioni viene proposta (B. B. Burleson e Al. 3/2000, 221-250) ai fini di una sistematica; ciò può essere utile perché offre un orientamento nella letteratura. Molte domande degli AA. citati, per quanto datate, paiono

ancora attuali soprattutto dal punto di vista metodologico e, se ben organizzate, possono costituire una pista per riflettere su un proprio o altrui contenuto comunicativo. Tra gli aspetti che occorre ancora rilevare c'è quello su come le emozioni influenzino la trasmissione della comunicazione e, nella recezione, l'azione delle stesse sul livello interpretativo. Aspetti della sfera emozionale, quale quello dello stato dell'umore, inteso come vissuto non correlato necessariamente ad una causalità, diventa importante in settori cognitivi quali ad esempio quello dell'apprendimento, dell'assunzione di decisioni radicali e cruciali come la storia insegna. L'osservazione di filmati, ad esempio come quelli dell'Istituto Luce, può farci comprendere come molte scelte siano state sostenute da una irrazionalità e/o restringimento del campo emotivo. L'osservazione, ad esempio, del rapporto tra il dittatore e le masse, le risposte di quest'ultime, del tutto irrazionali e prive di ogni buon senso del comune *padre di famiglia* ci pongono ancora dei quesiti per i quali, in un'epoca altamente tecnologica e razionale, il disastro degli uomini e del suo ambiente non è del tutto fugato. L'inseparabilità delle protoemozioni dal circuito ipotalamico in cui si generano deve far riflettere sull'organizzazione dimensionale binaria del tono dell'umore in rapporto con altre regolazioni corporee (sonno, temperatura, regolazione ormonale, ecc.) per le quali la visione psicosomatica ha oggi un'unica limitazione che consiste nel tempo che la clinica deve dedicare a valutare, soggetto per soggetto, le varie relazioni. A fronte di una aziendalizzazione della medicina che necessita di tempi sempre meno prolungati per la quale l'attenzione resta meno efficace per una adeguata coscientizzazione. Nella dimensione del rapporto tra protoemozioni e loro significazione deve osservarsi come le prime, per quanto spesso ripetitive, hanno di per sé un comportamento astratto che diviene difficilmente comprensibile in relazione al dato informativo; per contro, il medesimo dato cognitivo può avvalersi di emozioni così diverse che non sembra peregrina l'idea per la quale la metafora del colore, nella dimensione di variazione cromatica, sia modello metaforico di funzionamento delle emozioni. La tradizione dello studio delle paraeidolie (immagini senza significato intrinseco come le nuvole o le macchie del reattivo di Rorschach) ha dimostrato l'importanza del colore nell'attribuzione di significati esistenziali per il soggetto. Del resto nel campo pittorico le variazioni cromatiche sono state associate all'assetto emozionale e persino la qualità di un suono di un medesimo brano musicale varia in funzione della capacità dell'orecchio umano di percepirne *il colore* che

rappresenta quindi una caratteristica che si affianca alla melodia, all'armonia e al ritmo che pure di per sé hanno elementi di carattere emozionale. Ci troviamo quindi ad una comunicazione incapace di trovare il giusto *cromatismo o la corretta modulazione tonale*?

6. Conclusioni. Tutto questo si chiama divulgazione?

Nell'ultimo paragrafo del capitolo dedicato alle emozioni, Piero Angela osserva come ci siano Autori che si lasciano leggere con piacere e seguire alla radio e alla televisione; il successo di molti docenti deriva da qualità legate alla soggettività con cui vengono trasmessi i dati. Probabilmente anche in politica, il capo carismatico detiene alcune qualità emotive che lo rendono attraente indipendentemente dai contenuti. Probabilmente i mass media potrebbero raggiungere strati della popolazione che si avvicinerebbe ad una più vasta cultura attraverso la pressione dei tasti giusti che stimolano l'approfondimento e catturano l'interesse. Forse la sigla di Quark con l'aria sulla quarta corda di J.S. Bach ha partecipato ai successi divulgativi di Piero Angela preparando il pubblico ad essere più attento in termini di rilassamento e predisposizione all'ascolto. Tutto questo fa parte della dimensione emozionale della comunicazione scientifica per la quale ogni scienziato dovrebbe fare un'attenta autoanalisi sulla cura della trasmissione soprattutto se portata alla diffusione al di fuori della comunità dei pari. Nella scienza ufficiale si è sempre messa troppa enfasi all'oggettività come se quest'ultima fosse sinonimo di verità o comunque non sono poche le documentazioni in cui si è riscontrata la falsità dei dati, non sono pochi i casi in cui il numero dei dati è stato gonfiato al fine di poter pervenire a potenze statistiche come se fossero degli assoluti. Verosimilmente il comune uomo della strada è emozionalmente attratto dalla possibile ricaduta, nel bene o nel male, dal dato della comunicazione scientifica. È a questa soggettività che l'emozione, quale segno biologico di vita e della specie, fa appello. Da qui il largo consenso e i benefici della meditazione che anche in Occidente va' affermandosi. Il pensiero orientale è particolarmente attento con i suoi cerimoniali, il particolare garbo nel linguaggio, l'uso del volume nella comunicazione e quindi tutti gli aspetti che li rendono speciali nei processi riflessivi. Probabilmente il mondo occidentale deve maggiormente confrontarsi con quello orientale, una necessità generata dalla globalizzazione. È significativo, a tal proposito, sia lo studio delle singole emozioni che il gioco tra le stesse come bene illustrato (H. Li et Al. , 2022).

I già menzionati AA. argomentano lo stato psicologico derivante dall'interazione della mente tra emozioni positive e negative che costituiscono lo sfondo della creatività che per certi versi può considerarsi una sintesi tra costruzione e decostruzione. Il processo di tendenza al bilanciamento corrisponde ad uno stato di sintesi, ad esempio, nella dialettica tra eccitamento e depressione corrisponde ad uno stato di equilibrio (eutimia) che nel campo pratico risulta rilevante per il cosiddetto effetto flow corrispondente ad un buon livello di serenità e predisposizione dell'attenzione sia focale che fluttuante. Il rapporto tra emozioni positive ed emozioni negative dopo una prima visione che temporalmente le escludeva a vicenda ed una seconda opinione che le considerava delle variabili autonome, ha fatto proporre una terza idea che pone l'enfasi sul ruolo svolto da circostanze situazionali. Quest'ultimo approccio potrebbe aumentare la nostra comprensione sul ruolo delle emozioni nella divulgazione scientifica. Gli AA. citati si collegano a una teoria generale della comunicazione per la quale l'emozione ha una funzione di segnale. Le emozioni positive si allineano nel rilassamento e nell'implementazione cognitiva, quelle negative sono più adatte a favorire aspetti difensivi e di concentrazione sulle problematiche, mentre quelle multi-dialettiche assommerebbero i vantaggi di quelle negative e di quelle positive favorendo uno stato di creatività individuale.

Un altro elemento rilevante è dato dall'attenzione che viene favorita dal livello multi-dialettico emozionale che, allorché è focale, attiva la cognizione razionale e quando è fluttuante probabilmente orienta quella irrazionale divenendo più adatta a quanto non direttamente osservabile. Sul piano cognitivo l'emozione dialettica favorisce il pensiero dialettico ovvero quello capace di comprendere il mondo in termini di interezza, cambiamento e contraddizione. Questi tipi di pensiero, osservano gli AA., si allineano alla concezione di coloro che ne hanno proposto il modello (K. Peng, R.E. Nisbett, 1999). Rilevanti e documentate da una rigorosa metodologia, i dati del valore armonioso della multidimensionalità emotiva appare più adatta per i processi creativi in complesso meno stressante (ciò dovrà essere comunque documentato da altri studi). I dati, pensati per verificare il livello multidimensionale delle emozioni nel campo del lavoro, sembrano importanti per poterli esportare nel campo della comunicazione scientifica dove il livello di buona elaborazione dell'informazione, della trasmissione e della ricezione potrebbero avvantaggiarsene in un migliore equilibrio emotivo. In futuro sarà altresì possibile mettere a

frutto nuove concezioni derivanti dalla ricerca e tra queste quelle provenienti dall'effetto flow (flusso): uno stato gratificante di profondo coinvolgimento e assorbimento che gli individui riferiscono quando affrontano un'attività impegnativa in cui avvertono delle proprie capacità adeguate ad affrontarla. L'effetto flow potrebbe essere rilevante nell'ascolto delle informazioni scientifiche atte alla conservazione della salute e prevenzione delle malattie. Brevemente occorre ricordare come questo concetto introdotto nella decade 70-80 del secolo scorso (M. Csikszentmihaly M., 1975) ha avuto una buona risonanza soprattutto nella comprensione del buon funzionamento dell'apprendimento e, più recentemente, della creatività. Dalla proposta della teoria ad oggi il concetto di flusso è stato declinato in più campi del sapere ma resta viva, ai fini del nostro discorso, l'equilibrio tra le sfide e le competenze necessarie per affrontarle. L'equilibrio tra sfide ed abilità è tendenzialmente fragile e ne deriva che se le sfide sono basse analogamente alle competenze, il flusso è basso; in questo caso la situazione, tipicamente apatica, non chiama in gioco l'attività emotiva ed è quanto, ad esempio, possiamo osservare in campo clinico a proposito delle situazioni depressive. La situazione diviene ansiogena se le sfide sono alte ma le competenze basse, conoscere quindi le sfide e la lunghezza del proprio passo può essere importante nella valutazione della realtà misurata in funzione delle proprie risorse. La terza situazione in cui la sfida è bassa ma la competenza è alta inverte la risposta precedente determinando una situazione di rilassamento altrettanto inutile per l'attivazione del flusso. Il valore delle tre situazioni ai fini dell'informazione scientifica e quindi chiaro se declinato in termini di corretta conoscenza sia della situazione di cui si vuole informare che del pubblico che la riceve; ribadisce la limpidezza del linguaggio, la presenza di un *traduttore* divulgatore che, oltre, a chiarire, sia in possesso di tutte quelle declinazioni del linguaggio (verbale, non verbale, di scrittura, di lettura delle immagini e di qualsiasi altro mezzo rappresentazionale atto a tradurre la sfida) ma soprattutto favorire la conoscenza del proprio patrimonio emotivo e cognitivo atto ad intrecciarsi nella sfida. Non si pensi che nelle università ci sia per tutte le discipline e per tutti gli atenei una formazione atta a favorire flow. Oggi viene enfatizzata la terza missione accademica che, accanto alla prima per la didattica e alla seconda per la ricerca, dovrebbe caratterizzare la sintesi degli sforzi per un rinnovamento istituzionale. In campo di terza missione, almeno in relazione alla diffusione scientifica, occorre un maggiore impegno,

viceversa lo stessa sarà considerata una perdita di tempo rispetto alla più ambita valutazione quantitativa e qualitativa della ricerca; il dato è evidente vista la sproporzione della ricerca rispetto alla produzione divulgativa. Naturalmente quanto detto deve trovare la più corretta declinazione in funzione dei settori scientifici disciplinari (S. Settineri, 2023), forse alcuni settori hanno una maggiore vocazione per la divulgazione, ma la teoria del flusso dimostra che ogni ricercatore può prendere del proprio entusiasmo un pezzettino di scienza ed esserne fiero nella mostra alla società.

7. Bibliografia

B.B. Burleson, Brant B., Sally Planalp, *Producing emotion (al) messages*, in *Communication Theory* 10, 3/2000, 221-250.

Censon F., *La crisi dell'autorevolezza degli esperti. Perché le persone competenti non sono più ascoltate dalla gente comune, in Prometeo giu/* 2020

Censon F., *Teorie del complotto: cospirazionisti contro cospiratori*, in *LMDP 3/* 2023

Csikszentmihalyi, Mihaly, Ronald Graef. *Socialization into sleep: Exploratory findings*, in Merrill-Palmer Quarterly of Behavior and Development 21, no. 1 (1975): 3-18.

Damasio, A., *Emozione e coscienza*, Adelphi 2022

Hughes, B., Miller-Idriss, C., Piltch-Loeb, R., Goldberg, B., White, K., Criezis, M., Savoia, E., *Development of a codebook of online anti-vaccination rhetoric to manage COVID-19 vaccine misinformation*, in *International journal of environmental research and public health,* 1/2021

Ithier B., Kapsambelis V., *Argument: dépersonnalisation*. in Rev *franç de psychanalyse , no. 4 (2013)*.

Jackson Jc, Watts J, Henry Tr, List Jm, Forkel R, Mucha Pj, Greenhill Sj, Gray Rd, Lindquist Ka, *Emotion semantics show both cultural variation and universal structure*, in *Science*. 2019 Dec 20;366(6472):1517-1522.

Li H, Y. Hang, L. Li, Z. Jinqiang., *The effect of multi-level dialectical emotion on creativity*, in *Journal of Creativity*, 3/2022

Lidskog, R., Berg, M., Gustafsson, K. M., Löfmarck, E., *Cold science meets hot weather: Environmental threats, emotional messages and scientific storytelling*, in *Media and Communication*, 1/2020

Mcrae K, Gross J. J., *Emotion regulation*, in *Emotion*, 1/2020

Y. Me., Y. Tu, K. Xie, Y.Ye, W. Shen, *Internet public opinion risk grading under emergency event based on AHPSort II-DEMATEL in Sustainability*, 16/2019.

S. Peck., *A philosophy of change: Emotions, civil society and global development*. In *Emotion, Space and Society*, 47/2023

K. Peng, R.E. Nisbett, *Culture, dialectics, and reasoning about contradiction*, in American *psychologis*t, 9/1999

P. Angela, *Dieci cose che ho imparato*, Mondadori, 2023

L.Quadt, H. D. Critchley, S.N. Garfinkel,*The neurobiology of interoception in health and disease*, in *Ann N Y Acad Sci*., 1/ 2018

D.F. Rothkopf, When the buzz bites back, in *The Washington Post*, 2003 B1-B5.

S. Scognamiglio, D. Salzano, Il *virus incontrollato dell'infodemia*, in *Media Education*, 2/2020.

S. Settineri, Italian *Academic Third Mission and Clinical Psychology* in *Mediterranean Journal of Clinical Psychology*, 3/2023

Taddicken, M., Reif, A., *Between evidence and emotions: emotional appeals in science communicationi* in Media *and Communication*, 1/2020

X.Xu, Z. Li, R. Wang, L. Zhao, Analysis *of the evolution of user emotion and opinion leaders' information dissemination behavior in the knowledge Q A community during COVID-19* in *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22/2021.

Filippo Cavallaro - Demetrio Milardi - Giuseppina Rizzo

L'ABC della divulgazione: Angela, Barbero, … Cervantes

1. Comunione delle conoscenze e Partecipazione democratica. – 2. Cervantes e la descrizione delle condizioni patologiche. – 3. Il Percorso Terapeutico Riabilitativo di Miguel Cervantes ferito a Lepanto. – 4. Bibliografia.

1. Comunione delle conoscenze e Partecipazione democratica

La partecipazione democratica (G. Moro, M. Sorice, 2022) vive se si mettono in comune le conoscenze affinché i cittadini possano svolgere un ruolo attivo, consapevoli ed impegnati nelle scelte che la società e le istituzioni fanno. Piero Angela, ben comprendendo il ruolo che l'informazione giornalistica poteva avere nella comprensione dei problemi, sempre più complessi, che la scienza si trova ad affrontare, si è molto dedicato alla divulgazione scientifica. Riteneva che l'ignoranza impedisse anche l'esercizio dei propri diritti, per questo si dedicò, utilizzando tante tecniche di comunicazione compresi i cartoni animati, affinché fosse permesso a tutti di comprendere i problemi, di capire quale complessità di relazioni li caratterizzassero. Per lui era importante anche dare un volto, una voce, agli scienziati e di quanto lavoro di studio, di ricerca, di sperimentazione, con onestà, facessero per affrontarli e, se possibile, con rispetto e rigore, risolverli. Per fare questo si è sempre rivolto ad esperti che si impegnavano tramite lui e la sua troupe a presentare al grande pubblico televisivo ricerche, esperimenti, scoperte sotto forma di brevi documentari molto chiari che traducevano il linguaggio tecnico, proprio di ogni disciplina, in parole semplici, comprensibili, della parlata comunemente condivisa.

Qualche anno fa in una trasmissione Piero Angela invitò lo storico Alessandro Barbero per affrontare il fenomeno storico della navigazione con le galee e della loro velocità (P. Angela, A. Barbero, 2012). Il vento che gonfiava le vele era una forza motrice eccezionale e gratuita, quando il vento non c'era bisognava andare a remi, per cui una galea che misurava circa 40 metri di lunghezza e 300 tonnellate di peso, aveva bisogno di circa 150 rematori. Oltre a questi c'erano gli ufficiali ed i marinai addetti alla gestione di vele, corde e timone. C'erano i militari

se bisognava andare in combattimento, come quando partì da Messina la flotta della Lega Santa nel 1571, a questo bisognava aggiungere il vettovagliamento per diverse centinaia di persone e gli armamenti. Insomma le galee anche quelle definite sottili portavano veramente tanto peso. Su questi ragionamenti chiarificanti l'uso dei mezzi di trasporto dell'epoca si può pensare al giovane Miguel Cervantes che per buona parte della sua giovinezza militò come archibugiere sulle galee italiane e spagnole ed in quell'occasione era proprio a Messina imbarcato sulla galea Marquesa.

Cervantes è oggi noto come scrittore, autore del Don Chisciotte. Bisognerebbe invece pensare a Cervantes come divulgatore di conoscenze, di saperi appresi per studio ed esperienza di una vita avventurosa.

Cervantes che attraverso il romanzo del don Chisciotte grazie ai dialoghi tra l'Hidalgo e lo scudiero Sancho Panza rende semplici le nozioni sui viaggi, le località, le attrezzature, le cerimonie, gli usi dell'epoca. Anche lui un divulgatore che sceglie di mescolare lo stile picaresco, avventuroso ma umile, con quello epico-cavalleresco, eroico ed aristocratico per essere compreso da tutti, ed utilizza artifici narrativi che creano curiosità, ilarità ed ambiguità, sfruttando il doppio punto di vista del cavaliere e dello scudiero (D. Eisenberg, 1986).

2. Cervantes e la descrizione delle condizioni patologiche

Cervantes visse una importante esperienza di malattia e di riabilitazione a Messina nel Grande Ospedale di Santa Maria della Pietà e l'impresa di voler recuperare la sua cartella clinica ha fatto aprire una finestra sulla medicina del 1500 e sulla nuova impostazione dell'assistenza ospedaliera che andava trasformandosi grazie al contributo scientifico (V. Caruso, 2021).

Le avventure del cavaliere errante e del suo scudiero sono infarcite di esperienze e personaggi descritti in maniera molto attenta e precisa, che influenzarono la letteratura nei secoli a seguire, e che contengono molti riferimenti di interesse per quasi tutte le specialità mediche.

Cervantes sembra riprendere le opere di famosi medici spagnoli, della sua epoca, come Juan Huarte de San Juan, Francisco Diaz, Dionisio Daza Chacón e Juan Valverde de Amusco (A.

Martín-Araguz, C. Bustamante-Martínez, 2004; R. Salillas, 1905; L.S. Granjel, 1988; R.B. Bush, I.N. Bush, 1970).

Già Sigmund Freud dichiarava della profonda impressione che gli aveva lasciato la lettura dell'opera di Cervantes e considerava la ricerca in neuroscienze come un Don Chisciotte e l'assistenza medica come Sancho Panza (E. Freud, 1960; J. Beá, V. Hernández, 1984).

Anche Santiago Ramón y Cajal nei suoi saggi fa spesso riferimenti a Don Chisciotte (S. Ramón y Cajal, 1960; S. Ramón y Cajal, 1972).

Un recente lavoro di J.A. Palma ha analizzato in modo sistematico, con occhio da neurologo, il Don Chisciotte, trovando spesso termini clinici (J.A. Palma, F. Palma, 2012). Tremore, disturbi del sonno, allucinazioni, demenza, sincope, epilessia, paralisi, mal di testa, trauma cranico …

Tremori - ci sono più di 10 riferimenti a condizioni tremanti, per emozione, per paura, per ansia.

Disturbi del sonno - Cervantes sottolinea che la privazione del sonno ha contribuito all'ascesa della follia di Don Chisciotte.

Sintomi neuropsichiatrici - la famosa lotta contro i mulini a vento è classificabile come una allucinazione visiva.

Demenza - Cervantes descrive alcune delle caratteristiche del deterioramento cognitivo nel comportamento di Don Chisciotte, compresi i disturbi del giudizio.

La perdita di coscienza – sia Don Chisciotte che altri personaggi femminili svengono.

Epilessia – ci sono descrizioni di fenomeni di crisi e assenze.

Paralisi – una descrizione della famiglia Perlerina nella quale sono tutti paralitici fa ipotizzare ad esiti da vaiolo o ad una malattia ereditaria come la paraparesi spastica.

Mal di testa – specificamente citato solo una volta.

Trauma cranico –spesso viene descritto l'effetto di colpi ricevuti o dati sulla testa da Don Chisciotte.

Un altro studio analizza la nausea ed il malessere generalizzato nelle opere di Cervantes (B. Ife, 2007).

Una ricerca fatta dal Servizio di Anestesiología, dell'Ospedale Gregorio Marañón, Doctor Esquerdo, di Madrid nel 2003 ha studiato la descrizione del dolore acuto nel Don Chisciotte (J.R. Fraile, A. de Miguel, A. Yuste, 2003).

Anche le terapie con le erbe, fitoterapici, prodotti di erboristeria o erbe semplici sono spesso usate nell'opera di Cervantes sono state oggetto di studio (F. López-Muñoz, C. Alamo, P. García-García, 2006).

La psichiatria e la diagnosi delle malattie psichiatriche descritte nel Don Chisciotte sono state messe a confronto con le metodiche odierne (J.M. Bailón, 2006) in uno studio catalano.

Le problematiche dermatologiche vengono descritte da Cervantes nel Don Chisciotte (M.C. Saenz-Santamaria, F.J. Garcia-Latasa, Y. Gilaberte, F.J. Carapeto, 1995).

Almeno due lavori trattano dello stile dietetico di Don Chisciotte (B. Ife, 2001; H. Allen, 2015).

Ancora uno studio correla Cervantes con il medico del XVII secolo Thomas Sydenham relativamente a idropisia ed edemi (B. Simini, 2001).

Lo stesso Don Chisciotte è stato studiato per fare una diagnosi della sua condizione di salute. Dalle varie descrizioni del comportamento e delle sofferenze, dei mali e dei dolori di Don Chisciotte è stato ipotizzato si tratti di una persona sofferente della demenza da corpi di Lewy (P.J. García Ruiz, L. Gulliksen, 1999).

3. Il Percorso Terapeutico Riabilitativo di Miguel Cervantes ferito a Lepanto.

Relativamente alle sofferenze del giovane Miguel Cervantes, ferito nella battaglia di Lepanto, non si trova descrizione dei sintomi o terapie, non si trova descrizione degli esiti o dei tempi di recupero, di chi si prese cura di lui e degli altri feriti "pro commoditate Infirmorum" nell'ospedale del Piano di Santa Croce a Messina. La ricostruzione della cartella clinica fisioterapica su un soggetto con ferite da combattimento che nel caso di Cervantes sono: una a carico dell'arto sinistro, un'altra al torace, ed infine una febbre che preesisteva al momento del conflitto, è stata possibile attingendo alle tecniche ed ai protocolli di intervento che si usava applicare all'epoca. Tali condotte, come prototipe linee guida sono descritte in due libri della Biblioteca Regionale "Giacomo Longo" di Messina, e sono stati la fonte a cui

attingere, le informazioni per definire ipoteticamente il "Percorso Terapeutico Riabilitativo Individuale" del monco di Lepanto.

Sappiamo che l'archibugiere Cervantes si lanciò in battaglia febbricitante e proprio nel "De Medici Potestate" di Sebastiano Petrafitta mandanicese, stampato a Messina dal Bufalini nel 1592, si descrive l'organizzazione sanitaria dell'ospedale messinese, soffermandosi molto sul rischio grosso degli stati febbrili (S. Petrafitta, 1593). La febbre e le ferite lo accompagnarono già per tutta la navigazione da Lepanto a Messina, per cui è da considerare che già come primo soccorso sia stato assistito. Relativamente alle ferite poco si poteva fare all'epoca come chirurgia di ricostruzione, ma una terapia descritta nel "Farmacopea" di Giovan Battista Cortesi stampato a Messina da Brea nel 1629 potrebbe essere la stessa che fu praticata a Cervantes.

Il testo è un trattato sui farmaci utilizzati e per quali fini, però spesso descrive interventi su personaggi pubblici dell'epoca affetti da problemi specifici, includendo tra gli strumenti della farmacopea, tra gli antidoti di cura mette gli interventi di terapia fisica, le terapie con l'acqua, con il movimento, con il massaggio (G.B. Cortesi, 1629).

Sulle modalità di intervento, per descrizione delle tecniche di presa o di esecuzione di alcune manovre, manipolazioni, massaggi o pratiche terapeutiche è stata molto utile l'iconografia del "Tacuini" testo del IX secolo di al-Kindi, ristampato con molte illustrazioni dagli Straßburg nel 1532 (al-Kindi, 1532).

Secondo quanto ci dice il Petrafitta ad assistere il paziente ricoverato in ospedale ci sono medici ed altri addetti, ne dà conferma un affresco, di epoca antecedente, che è possibile ammirare nelle sale del Pellegrinaio dell'antico ospedale Santa Maria della Scala a Siena, nel quale si contano decine di persone attorno al paziente.

C'era chi si interessava dell'alimentazione, chi del riposo, chi delle esercitazioni, chi della terapia in acqua, chi delle funzioni sessuali, ma anche delle attività non propriamente corporee come la musica o la pratica religiosa.

Un approccio veramente completo, una "presa in carico" multidisciplinare con quanto era a disposizione della scienza e della cultura dell'epoca. Una precisa scelta sociosanitaria che il grande ospedale di Messina offriva secondo quanto scritto dal Gallo negli Annali della città di Messina del 1755 (C.D. Gallo, 1755).

Cervantes ci ha lasciato una massima: "No hay camino que no se acabe si no se le opone la pereza".

Non c'è strada che non finisca se non le è opposta la pigrizia, e quindi, per lui ventiquattrenne, non può essere finita la strada, bisogna continuare, andare avanti non farsi vincere dalla pigrizia, perché questa potrebbe porre fine al cammino della vita. Una massima che lo porterà ad affrontare con consapevole scelta di recupero funzionale e a ben utilizzare il periodo di ricovero e gli altri mesi di convalescenza con altre attività che venivano consigliate.

La vita avventurosa di Cervantes e le sue sofferenze non sono state inferiori del suo personaggio cavalleresco e l'insegnamento che si può trarre imparando da…, o forse dedicandosi alla lettura è maestro, è esperienza, è conoscenza.

Sir William Osler, chiamato il 'padre della medicina moderna' per i suoi contributi allo sviluppo dell'educazione in medicina, a fine XIX secolo, incluse Don Chisciotte nella sua lista di libri consigliati agli studenti di medicina (T. Jock Murray, 2009).

4. Bibliografia

G. Moro, M. Sorice, *Partecipazione democratica. Dialogando di sogni e realtà*, Castelvecchi 2022

P. Angela, A. Barbero, *Dietro le quinte della Storia. La vita quotidiana attraverso il tempo*, Rizzoli, *2012*

D. Eisenberg, *Did Cervantes Have a Library?*, in Hispanic Studies in Honor of Alan D. Deyermond: A North American Tribute, ed. John S. Miletich, 1986

V. Caruso, *1571. Cervantes a Messina al tempo di Lepanto,* Di Nicolò Edizioni, 2021

A. Martín-Araguz, C. Bustamante-Martínez, *Examen de ingenios, de Juan Huarte de San Juan, y los albores de la neurobiología de la inteligencia en el Renacimiento español*. Rev. Neurología, 2004

R. Salillas, *Un gran inspirador de Cervantes: el doctor Juan Huarte y su "Examen de Ingenios,* Victoriano Suárez, 1905

L.S. Granjel, *Juan Huarte y su 'Examen de ingenios',* Academia de Medicina, 1988.

R.B. Bush, I.N. Bush, *Francisco Diaz and the World of Sixteenth Century Urology*, Chicago Medical School, 1970

E. Freud, *Letters of Sigmund Freud*, Basic Books, 1960

J. Beá, V. Hernández, *Don Quixote: Freud and Cervantes*. Int J Psychoanal, 1984

S. Ramón y Cajal, *El mundo visto a los ochenta años: impresiones de un arterioesclerótico*. Espasa-Calpe, 1960

S. Ramón y Cajal, *La psicología de los artistas*. Espasa-Calpe, 1972

J.A. Palma, F. Palma, *Neurology and Don Quixote*, *Eur Neurol*, 2012

B. Ife, *Sickness and health in the work of Cervantes*. Clin Med, 2007

J.R. Fraile, A. de Miguel, A. Yuste, *Acute pain in 'Don Quixote'*. Rev Esp Anestesiol Reanim 2003

F. López-Muñoz, C. Alamo, P. García-García, *'The herbs that have the property of healing…,': the phytotherapy in Don Quixote*. J Ethnopharmacol, 2006

J.M. Bailón, *La psiquiatría en El Quijote. El diagnóstico de ayer y de hoy*, Ars Medica, 2006

M.C. Saenz-Santamaria, F.J. Garcia-Latasa, Y. Gilaberte, F.J. Carapeto, *Dermatologic diseases in Don Quixote: skin conditions from Cervantes' pen*. Int J Dermatol, 1995

B. Ife, *Don Quixote's diet*, University of Bristol Hispanic Studies, 2001

H. Allen, *Eat Moor Vegetables: The Semiotics of the Eggplant in Don Quijote*, Rev Est Hisp, 2015

B. Simini, *Miguel de Cervantes, hydropsy, and Thomas Sydenham*, BMJ, 2001

P.J. García Ruiz, L. Gulliksen, *Did Don Quixote have Lewy body disease?* JRS Medicine, 1999

S. Petrafitta, *De Medici Potestate*, Bufalini, 1592

G.B. Cortesi, *Farmacopea*, Brea, 1629

al-Kindi, *Tacuini*, ristampa Straßburg, 1532

C. D. Gallo, *Gli Annali della Città di Messina, capitale del Regno di Sicilia, dal giorno di sua fondazione fino a tempi presenti*, tomo 1, 1755

J. Murray T., *Read any good books lately?*, Mcgill J Med., 2009.

Alessandro Sergi - Gabriella Martino

Come in alto, così in basso: le strane coincidenze della vita, la Psicologia e la Meccanica Quantistica

1. Introduzione. – 2. Cenni di Meccanica Quantistica. – 3. Jung, Pauli e la Sincronicità. – 4. Discussione e Prospettive Future. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

Quando il discorso scientifico coinvolge ricerche di frontiera avviene di frequente che l'ego del divulgatore e la pretesa di semplificare il non semplificabile prendano il sopravvento, tradendo la correttezza di quello che viene comunicato. Come diceva Einstein "Tutto deve essere reso più semplice possibile, ma non ancora più semplice", purtroppo la tentazione di rendere tutto "ancora più semplice" è sempre lì, in attesa del passo falso del divulgatore. La figura di Piero Angela è stata quella di un gigante della divulgazione. Non solo per la capacità di raggiungere il grande pubblico senza banalizzare i concetti trattati, ma anche per la sua umiltà che lo portava a non sostituirsi agli specialisti e a far da tramite tra loro e il grande pubblico.

In questo contributo accenneremo ad un approccio alla Psicologia Clinica (L. G. Castonguay et al., 2016) e alle Neuroscienze (E. R. Kandel et al, 2012) dal punto di vista della Fisica Fondamentale (D. J. Griffiths, 2023; W. Pauli, 1980). Quest'ultima disciplina fa propria l'idea di Democrito, guarda alla realtà come una collezione di atomi e, seguendone la dinamica, cerca di predire il corso dei fenomeni naturali. Quello che si osserva sulle scale di grandezza e di tempo '*umane*' viene poi descritto facendo la media sulla dinamica di ciascun atomo. La difficoltà di comprensione di questo approccio nasce dal fatto che le previsioni sono possibili solo utilizzando il linguaggio della matematica (R. Penrose, 2004), i computer (S. R. Koonin, D. C. Meredith, 1990; R. H. Landau et al., 2007) e, adesso, anche l'Intelligenza Artificiale (N. Di Turi et al., 2019).

I fisici sono coscienti dell'enorme complessità della Natura, del carattere limitato di qualsiasi teoria e della insopprimibile esistenza di errori nelle misure sperimentali. Se quindi da un lato la conoscenza della fisica non può limitarsi a semplici racconti fenomenologici (se faccio 'questo', allora succede 'quello'), ma per sua stessa natura aspira ad una descrizione matematica dettagliata. Nel Seicento, il concetto di legge fisica venne elaborato prendendo ad esempio il movimento dei corpi celesti, veri e propri '*orologi*' meccanici. Il paradigma della fisica fu quindi meccanicistico, con le tre leggi della dinamica di Newton (F. Wanderlingh, 2019) come vetta concettuale. Tuttavia, il tentativo di comprendere il comportamento microscopico della materia evidenziò come l'approccio meccanicistico non fosse sostenibile. Un nuovo tipo di leggi fisiche con carattere fondamentalmente probabilistico furono sviluppate. Da allora la Fisica del mondo microscopico è guidata dalle probabilistiche di Boltzmann, Maxwell, Gibbs e della Meccanica Quantistica (K. Huang, 1987; D. J. Griffiths, 2023; W. Pauli, 1980).

Non è possibile spiegare correttamente le leggi probabilistiche della Meccanica Quantistica senza cadere in quel "*ma non ancora più semplice*" che il divulgatore deve evitare. In pratica, la Meccanica Quantistica è sono studiate in profondità nel Corso di Laurea in Fisica a partire dal terzo anno, lungo un affascinante cammino che si prolunga nel Corso di Studi Magistrale. Si può tentare di dare una idea approssimata delle sue leggi partendo dallo stesso concetto di probabilità. In maniera qualitativa la probabilità può essere definita come la predizione teorica di una frequenza statistica. Il classico esempio è quello del dado con sei facce simmetriche. Il calcolo delle probabilità (cioè la predizione teorica) stabilisce che in lanci indipendenti le diverse facce del dado si presenteranno un numero uguale di volte (cioè con uguale frequenza statistica). Ma, se si lancia il dado nella realtà, potrebbe anche risultare che la faccia con il numero sei si presenti dieci volte di seguito. Tuttavia, questo solo evento non è sufficiente per sostenere che la predizione teorica non sia corretta. Le teorie probabilistiche affermano che l'accordo tra le previsioni e le frequenze statistiche si verifica solo nel limite di un numero molto grande di lanci del dado. Per proseguire nella spiegazione, è necessario anche il concetto di grandezza conservata. Ad esempio l'esistenza di una grandezza conservata chiamata energia dovrebbe essere nota a tutti (F. Wanderlingh, 2019). L'energia può essere scambiata tra diversi insiemi (sistemi) di atomi. Quando gli scambi di energia riguardano solo

e soltanto un unico insieme di atomi (anche se composto da vari altri sottoinsiemi), l'energia dell'insieme totale è conservata con assoluta certezza. In altre parole, sono proibiti quei fenomeni che porterebbero alla non-conservazione dell'energia. Fissati questi concetti, le leggi della Meccanica Quantistica (D. J. Griffiths, 2023; W. Pauli, 1980) si possono formulare con la seguente metafora: gli atomi possono fare con una probabilità assegnata dalle leggi della Fisica qualsiasi cosa tranne quello che è loro proibito.

Comprendendo la natura intrinsecamente probabilistica del mondo atomico lo scienziato dovrebbe essere sempre umile discutendo del suo sapere alla luce del motto di Socrate "*so di non sapere*". Quando lo scienziato si produce in affermazioni simili a "*lo dice la scienza*" commette purtroppo un serio errore epistemologico. La scienza non è mai il suo contenuto, che è sempre parziale, approssimato e talvolta proprio sbagliato. La scienza è un '*metodo*' (P. Feyerabend, 1979), per quanto vario, per formulare congetture atte soprattuto a comprendere le proprietà statistiche dei fenomeni. Nel far questo, tipicamente, la comunità scientifica passa di errore in errore, da comprensione parziale ad approfondimenti, approssimandosi sempre più (e sin dove è possibile) alla descrizione quantitativa dei fenomeni.

Dal punto di vista umanistico le cose potrebbero anche avere una diversa valutazione. In un suo articolo su *La Stampa* (L. Sciascia, 1975), Leonardo Sciascia mise in guardia gli uomini dalla scienza, perché essa li avrebbe potuti far vivere come cani. Il motivo è che il punto di partenza della scienza è l'oggettificazione del mondo, la sua quantificazione (E. Schrödinger, 2013). Questo processo come discusso da Jung (C. G. Jung, 1946) è a dir poco pericoloso: "Tutta la scienza è comunque una funzione dell'anima, nella quale è radicata ogni conoscenza. L'anima è il più grande di tutti i miracoli cosmici, essa è la *conditio sine qua non* per avere il mondo come oggetto. È estremamente sorprendente che il mondo Occidentale (con l'esclusione di rare eccezioni) sembri apprezzare così poco questa evenienza. Il flusso incontenibile degli oggetti esterni percepiti ha fatto ritirare il soggetto di tutte le percezioni sullo sfondo, spesso fino all'apparente inesistenza". È la minaccia del pensiero calcolante così tanto analizzata da Heiddeger (M. Heiddeger, 1976) e divulgata recentemente da Umberto Galimberti (U. Galimberti, 2008 E 2009). L'uomo è anima, qualità, sentimento, emozioni, ma si rischia di disumanizzarlo se si esclude tutto ciò per analizzare oggettivamente il mondo esterno (S. Diana, 2018). Tuttavia, è la natura probabilistica della dinamica atomica (e quindi

di tutti i fenomeni ad essa collegati) a creare ampi spazi di libertà dove prima c'erano solo le catene del meccanicismo (L. Smolin, 2014). L'uomo è talmente complesso da non essere calcolabile (S. Diana, 2018). Anima e mondo atomico non possono ridursi l'uno all'altro, ma possono vivere in armonia sincronizzandosi (C. G. Jung, 1946). Quindi, il mondo '*in alto*', dell'anima e delle qualità, può essere sincronico al mondo in '*basso*', degli atomi e delle quantità, realizzando l'*Unus Mundus* (C. G. Jung, 2017).

Sono queste le riflessioni che ci hanno indotto a prendere spunto dall'incontro di Piero Angela con il neuroscienziato Walter J. Freeman III (W. J. Freeman, 2000), avvenuto all'Università di Salerno, il 26 Ottobre 2012, nel corso dell'evento "Le Giornate della Scuola Medica Salernitana" (F. Blasi, 2012). Walter J. Freeman è stato autore di circa 450 articoli, Presidente della International Neuronal Network Society, ed è purtroppo scomparso nel 2016. L'incontro tra Angela e Freeman è per noi un esempio di Sincronicità (C. G. Jung, 1980), una coincidenza significativa tra il compito di scrivere un contributo su un volume dedicato a Piero Angela e la rilevanza che il lavoro di Freeman ha per la nostra linea di ricerca. Tale Sincronicità verrà presa come motivazione per esporre alcune delle tematiche sulle quali il nostro gruppo di ricerca si concentra. Queste si estendono dalla Meccanica Quantistica (D. J. Griffiths, 2023), alle Neuroscienze (E. R. Kandel et al, 2012) e alla Psicologia Clinica (L. G. Castonguay et al., 2016) per tentare di sollevare il velo sotto il quale la Natura ha nascosto le dinamiche del cervello umano.

Il piano di questo contributo è il seguente. Nella Sez. 2 cercheremo di dare un quadro intuitivo delle caratteristiche di base della Meccanica Quantistica. Nella Sez. 3 discuteremo di Jung, della sua Psicologia, del suo approccio clinico e del suo rapporto con Wolfgang Pauli. Infine, nella Sez. 4 esporremo le nostre conclusioni discutendo anche come le tematiche trattate nelle sezioni precedenti si riflettano nella nostra linea di ricerca.

2. La Meccanica Quantistica

Come già discusso nell'Introduzione, la Teoria Quantistica (D. J. Griffiths, Schroeter D. F., 2023) codifica in termini matematici l'osservazione sperimentale che gran parte degli eventi riguardanti la dinamica delle molecole a temperature molto basse non è spiegabile in termini meccanicistici, ma segue delle leggi probabilistiche. La particolarità del calcolo di

probabilità quantistico è che esso si fonda su un ente astratto comunemente chiamato funzione d'onda. La funzione d'onda non è definita nello spazio fisico come lo sono una comune onda del mare o un'onda elettromagnetica, ma è definita in uno spazio matematico specificato dalle posizioni delle molecole di un sistema di materia. La probabilità che le posizioni assumano un certo valore è data dal quadrato (più esattamente, dal modulo quadro) della funzione d'onda. Le equazioni che determinano l'evoluzione temporale della funzione d'onda le conferiscono generalmente un carattere oscillante. Quando esistono degli eventi indipendenti, la probabilità quantistica viene calcolata sommando prima le funzioni d'onda associate a ciascun evento e poi prendendo il quadrato della funzione d'onda risultante. Questo procedimento fa apparire dei termini addizionali rispetto al caso classico (in cui si sommano direttamente le probabilità) che prendono il nome di "*termini di interferenza*". Inoltre, quando esistono delle funzioni d'onda stazionarie, all'interno di una regione limitata dello spazio delle coordinate, le grandezze fisiche assumeranno solo valori discreti (D. J. Griffiths, Schroeter D. F., 2023). Una delle caratteristiche più controintuitive della Meccanica Quantistica è l'Entanglement delle funzioni d'onda (A. D. Aczel, 2004). Quando due particelle interagiscono le loro funzioni d'onda si 'intrecciano', cioè sviluppano Entanglement. Una volta che le loro funzioni d'onda sono 'intrecciate', se si rispettano certe condizioni, esse rimarranno 'intrecciate' anche se le particelle dovessero essere allontanate a distanze di anni luce. L'Entanglement delle funzioni d'onda (A. D. Aczel, 2004) determina la probabilità che le particelle si influenzino istantaneamente a prescindere dalla distanza. Questo fenomeno è in contraddizione con l'esistenza di una velocità massima di propagazione dei segnali data dalla velocità della luce.

Un altro fenomeno spettacolare descritto dalle funzioni d'onda è la sincronizzazione di grandi numeri di particelle a temperature prossime a quelle dello zero assoluto (A. J. Leggett, 2011). Le leggi della Meccanica Classica non sono in grado di descrivere la sincronizzazione, o 'coerenza', osservata. Come esempio, si può pensare ad un sistema composto da tante molecole di Elio, ognuna delle quali, oltre a diffondere, oscilla con una certa fase che, ad alta temperatura, è diversa dalla fase delle altre molecole. La diversità delle varie fasi comporta che le molecole si urtino tra di loro cosicchè il fluido abbia una viscosità non nulla. Abbassando la temperatura oltre un certo valore critico, in prossimità dello zero assoluto,

tutte le oscillazioni molecolari si sincronizzano, la viscosità si annulla e il liquido diventa superfluido (A. J. Legget, 2011). La superconduttività (A. Altland, B. Simons, 2010) è un altro fenomeno macroscopico ascrivibile alla sincronizzazione dei moti oscillatori microscopici (in questo caso di coppie di elettroni che prendono il nome di coppie di Cooper). La sincronizzazione microscopica non è dovuta ad interazioni di tipo meccanico, ma essa può comparire probabilisticamente seguendo le leggi quantistiche. Questa probabilità è presente a qualsiasi temperatura, tuttavia diventa certezza oltre una temperatura critica, diversa per ogni materiale e per ogni fenomeno considerato, ma sempre localizzata in prossimità dello zero assoluto. Vicino allo zero assoluto tutti i sistemi di materia rivelano la loro natura quantistica a livello macroscopico, seguendo quanto descritto dalla Terza Legge della Termodinamica (H. B. Callen, 1985).

Durante la storia del pensiero umano, l'idea che i fenomeni fisici non fossero in realtà fondati sul principio di causa-effetto, ma su un principio acausale di armonia emergente si è manifestata altre volte. Le Monadi di Leibniz e l'Occasionalismo di Al-Ghazali, ad esempio, suggeriscono un ordinamento acausale della realtà fondato su un'armonia prestabilita dei fenomeni. Ciò vuol dire che ogni cosa accade indipendentemente dalle altre ma sincronizzata con esse, così come in una orchestra ogni strumento suona il suo spartito, ma il Direttore li fa sincronizzare tutti. Sia per Leibniz che per Al-Ghazali il Direttore è Dio stesso. Come vedremo nella prossima sezione la Sincronicità di Jung (C. G. Jung, 1980) può essere considerata sia per l'organizzazione dei fenomeni che per l'organizzazione della Psiche analoga alle Monadi di Leibniz o all'Occasionalismo di Al-Ghazali.

Per ciò che concerne i nostri interessi, alcune teorie cercano di spiegare il funzionamento del cervello sulla base di un'analogia con i fenomeni di sincronizzazione quantistica. Questi ultimi sono probabilmente legati alle onde cerebrali osservate nell'elettroencefalogramma (P. Nunez, R. Srnivasan, 2006). Anche il famoso neuroscienziato Walter J. Freeman III (W. J. Freeman, 2000), ha lavorato su possibili spiegazioni quantistiche delle dinamiche cerebrali (W. J. Freeman, G. Vitiello, 2006, 2008 e 2009). La sua vita e quella di Piero Angela si sono incrociate il 26 Ottobre 2012 all'Università di Salerno durante "Le Giornate della Scuola Medica Salernitana". Come già accennato nell'Introduzione questo evento è particolarmente significativo per il nostro gruppo.

3. Jung, Pauli e la Sincronicità

Jung fonda l'espressione della realtà psichica sugli Archetipi (C. G. Jung, 1987). A muoverlo è un interesse di tipo clinico (G. F. Carpeoro, 2017). Tuttavia, il suo incontro con Pauli lo portò a ricercare anche le caratteristiche delle leggi del mondo dei fenomeni. Da psicologo analista, Jung, aveva potuto osservare come le coincidenze pregne di significato nella vita dei suoi pazienti avessero un potere terapeutico. Famosa è la narrazione del sogno di una sua paziente su uno scarabeo che, successivamente, si manifesta fortuitamente, andando ad urtare più volte la finestra della stanza durante la terapia. Questo evento sbloccò la situazione rigidamente razionalizzante della paziente. Il principio terapeutico era proprio la Sincronicità (C. G. Jung, 1980) dello scarabeo onirico e di quello reale cioè una coincidenza temporale priva di cause tra i due eventi (come la manifestazione dello scarabeo del sogno e quello del mondo reale), ma significativi per la paziente.

Wolfgang Pauli aveva previsto l'esistenza del neutrino e formulato il Principio di Esclusione che porta il suo nome (W. Pauli, 1980). È difficile spiegare a parole quale sia l'importanza di questo principio. Possiamo dire che, se particelle come elettroni, protoni e neutroni (e loro opportune combinazioni) non vi obbedissero, tutta la materia e quindi tutto l'universo (noi compresi) sarebbero solo una sorta di 'zuppa', senza alcuna struttura chimica.

Nonostante Pauli appartenesse all'Olimpo della Scienza Quantistica, la sua vita personale era un disastro. La madre si era suicidata. Il padre si era sposato con una donna che Wolfgang aveva soprannominato "La Matrigna Cattiva". Persino Il matrimonio di Pauli era naufragato tra vari i tradimenti della moglie. Tutto questo aveva portato Wolfgang a vivere di giorno come scienziato di fama mondiale e di notte a seguire il suo lato oscuro, in una discesa che sarebbe potuta apparire in un romanzo di Dostoevskij (F. Dostoevskij, 2014). In cerca di salvezza, Pauli andò da Jung che lo indirizzò da una sua collaboratrice per un lungo trattamento psicoterapeutico. I sogni di Pauli erano particolarmente ricchi di simboli e di motivi matematico/geometrici. In questi, Jung trovò una perfetta evidenza degli Archetipi (C. G. Jung, 1987) che il Logos (G. F. Carpeoro, 2017) più liberamente esprimeva nel mondo onirico. Non è un mistero che "Psicologia e Alchimia" (C. G. Jung, 2020) contenga molti sogni che Pauli raccontò a Jung (P. Halpern, 2020). Gli Archetipi (C. G. Jung, 1987) sono forme universali della Psiche, che trascendono l'individuo e appartengono ad un Inconscio

Collettivo, comune a tutta l'umanità. Una spiegazione scientifica dell'esistenza di queste forme a priori della Psiche si potrebbe fondare sulla comune struttura cerebrale della specie Homo Sapiens. Sebbene abbia una grande flessibilità, la costituzione biologica del cervello potrebbe limitare il tipo di idee formulabili. In altre parole, stiamo ipotizzando che qualsiasi idea potenzialmente formulabile (Archetipo) debba appartenere all'insieme di tutte le idee consentite dalla comune struttura cerebrale degli esseri umani. Questo insieme di idee, biologicamente possibili, costituirebbe l'Inconscio Collettivo. Usando una analogia, è come se, considerando tutti gli strumenti musicali del tipo "pianoforte" sparsi per il mondo, si trovasse che la tipologia dei suoni (note e stecche) da essi prodotti fosse simile, se non identica (ci sarebbero sempre delle variazioni dovute al pianista, al clima, ai materiali di costruzione del pianoforte etc.). Notiamo qui come la caratteristica intrinseca degli Archetipi junghiani sia la loro struttura duale. L'Archetipo primo (o Protoarchetipo) è infatti lo Speculo (Non-Essere/Essere) che sta a fondamento di tutti gli altri (G. F. Carpeoro, 2017), Oscurità/Luce, Freddo/Caldo etc., sino ad arrivare agli Archetipi caratterizzanti i Tipi Umani come il Sovrano, il Mago, l'Ingannatore e così via.

Non ci volle molto prima che Jung e Pauli riconoscessero l'uno nell'altro un titano della conoscenza. Tra di loro, allora, iniziò una intensa collaborazione con lo scopo di elaborare una visione unificata della realtà fisica e psicologica. Quello che Pauli, come demiurgo della Meccanica Quantistica, offriva concettualmente a Jung era la sua interpretazione dei fenomeni atomici basandosi sulla causalità statistica (W. Pauli, 1980). Questo concetto non abolisce l'idea di causa, ma dice che a cause uguali possono seguire effetti diversi secondo delle leggi probabilistiche ben determinate. In una forma più limitata, la causalità statistica è presente anche nel caso di insiemi di atomi ad alta temperatura (e quindi con un comportamento classico). In questo caso si parla di correlazione del moto degli atomi nell'ambito di un loro insieme spazialmente delimitato (che nel linguaggio tecnico si chiama "sistema"). La correlazione fisica dipende dall'interazione che atomi, gruppi di atomi hanno avuto nel passato, e che viene 'ricordata' per un certo tempo. Le correlazioni classiche, nella maggior parte dei casi, vanno a zero velocemente, segnalando che le particelle inizialmente correlate diventano indipendenti. Al contrario, le correlazioni quantistiche possono oscillare in maniera indefinita senza mai andare a zero, anche quando gli atomi di un sistema sono

molto distanti tra di loro e non possono più interagire. In sintesi, la Meccanica Quantistica ci dice che può succedere che quando le molecole interagiscono tra di loro, il '*ricordo*' di questo evento non scompaia più o si mantenga molto a lungo anche quando le molecole sono molto distanti. Questo è il famoso Entanglement, o 'intreccio, quantistico che abbiamo discusso nella Paragrafo precedente. In generale, la correlazione quantistica si manifesta con la comparsa di moti molecolari sincronici. Come nel caso del superfluido, la Meccanica Quantistica prevede la probabilità che possa formarsi una armonia prestabilita, secondo la quale ciascuna molecola danza in una maniera ordinata assieme alle altre senza avere alcuna interazione meccanica con esse.

Inizialmente Jung considerò la Sincronicità (C. G. Jung, 1980) soltanto come un principio organizzatore della Psiche assieme agli Archetipi (C. G. Jung, 1987). Tuttavia la collaborazione con Pauli portò ad una evoluzione del concetto di Sincronicità. Nella sua forma generalizzata, la Sincronicità venne considerata il principio informatore della realtà materiale a prescindere dai significati psichici (P. Halpern, 2020). Tuttavia, la collaborazione e i rapporti tra Jung e Pauli si raffreddarono. Pauli era sempre più criticato dai suoi colleghi per questa sua deriva 'mistica'. L'idea di Sincronicità era pur sempre stata elaborata dallo psicologo che più di tutti aveva vagato nell'occulto (G. Lachman, 2012) e questo era poco tollerabile per la comunità della fisica 'ortodossa' (P. Halpern, 2020). Alla fine, nonostante la Sincronicità possa essere vista come il concetto duale della causalità statistica, analogo alla coerenza quantistica, fu poco considerata dalla comunità dei fisici quantistici. Ancor più sorprendente fu la reazione della comunità degli psicologi che la rigettò in egual misura. Lo *Zeitgeist* (lo spirito del tempo) era cambiato. Di sicuro non aiutò nemmeno l'eccessivo interesse che Jung aveva alla fine sviluppato per gli UFO Fu probabilmente questa pressione 'sociale', oltre che la sua malattia, a causare l'allontanamento di Pauli dalle tematiche junghiane nell'ultima parte della sua vita (P. Halpern, 2020), lasciando il lavoro incompiuto.

4. Discussione e Prospettive Future.

Il "Come in alto, così in basso" del titolo richiama la congettura che "l'alto" dei fenomeni mentali e il "basso" del mondo atomico - l'Unus Mundus (C. G. Jung, 2017) - possano essere unificati per mezzo della Psicologia Clinica, delle Neuroscienze e della Fisica Teorica. Il

nostro gruppo ha elaborato un ambizioso programma di ricerca a lungo termine volto alla verifica clinica e sperimentale così come alla formulazione matematica di questa ipotesi.

È già stato pubblicato un nostro articolo di ricerca (A. Sergi et al., 2023) in cui abbiamo elaborato per la prima volta un parallelo tra la struttura duale del cervello, generata dall'esistenza contemporanea di leggi classiche e quantistiche che ne regolano il funzionamento, e la struttura duale della Psiche, sostenuta dalla teoria degli Archetipi di Jung (C. G. Jung, 1987) e dalla Bi-Logica di Blanco (I. M. Blanco, 1980). Questo lavoro è stato notato al di fuori della comunità nazionale in pochissimo tempo e siamo stati contattati da esperti internazionali con proposte di collaborazione.

L'Accademia Peloritana dei Pericolanti, una società culturale di riconosciuto prestigio fondata nel 1729, della quale il Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Messina, Prof. Salvatore Cuzzocrea, è il Direttore, ha ospitato il Workshop Internazionale "Quantum Effects in Biology", che si è tenuto lo scorso 16 Maggio 2023. Il Workshop ha ricevuto il sostegno della Classe di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Accademia, Direttore della quale è il Prof. Paolo V. Giaquinta, e del Consorzio Interuniversitario di Scienze Fisiche e Applicate (CISFA). La Gazzetta del Sud ne ha diffuso la notizia lo stesso 16 Maggio e il 23 Maggio 2023 ha pubblicato un sunto delle attività a pag. 24 in Primo Piano. L'organizzazione è stata realizzata assieme al Prof. Salvatore Magazù (Direttore del CISFA) e alla Prof.ssa Maria Teresa Caccamo dell'Università degli Studi di Messina. Tanti ricercatori hanno preso parte a questo incontro, sia presentando seminari che partecipando alle interessanti discussioni della Tavola Rotonda finale. Tra le presenze di spicco si vuole menzionare quella del Prof. Michael Nitsche e della Prof.ssa Min-Fang Kuo del Leibniz Research Centre for Working Environment and Human Factors, del Dipartimento di Psicologia e Neuroscienze dell'Università di Dortmund in Germania. Il Prof. Nitsche è un leader riconosciuto a livello mondiale della Stimolazione (sia elettrica che magnetica) Trans-Cranica non-Invasiva. Il suo intervento e quello della Prof.ssa Min-Fang Kuo hanno catturato l'attenzione dei presenti in sala, portandoli dai fondamenti agli argomenti di confine delle Neuroscienze.

Il nostro gruppo ha già una solida collaborazione con il Prof. Nitsche. Il nostro primo progetto riguarderà le interrelazioni tra le rotture di simmetria dei campi quantistici e la struttura duale della mente. Su queste basi, sono già stati formulati dei modelli teorici per

descrivere il funzionamento della memoria. In più, desideriamo costruire una comunità internazionale di ricercatori, così che molti di loro possano visitare l'Università degli Studi di Messina come centro riconosciuto anche per queste tematiche. Ed infine, prendendo spunto dalla Sincronicità tra l'incontro di Walter Freeman e Piero Angela con il nostro lavoro di ricerca, progettiamo, non solo di studiare il cervello, ma anche di creare le premesse perché la divulgazione scientifica di questi argomenti continui, magari anche con Alberto Angela, già pregevole divulgatore delle nuove generazioni.

5. Bibliografia

Aczel A. D., *Entanglement. Il più grande mistero della fisica*, Milano, 2004

Altland A., Simons B., *Condensed Matter Field Theory*, Cambridge, 2010

Blanco I. M., *The Unconscious as Infinite Sets: An Essay in Bi-Logic*, London, 1980

Blasi, F., *Piero Angela e Walter Freeman all'Università di Salerno. Seconda giornata dedicata all'evento della Scuola Medica Salernitana*, Salerno Today, 2012 https://www.salernotoday.it/cronaca/walter-freeman-piero-angela-universita-salerno-26-ottobre-2012.html

Callen H. B., *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics*, New York, 1985

Carpeoro G. F., *Summa Symbolica. Istituzioni di studi simboli e tradizionali. Parte Prima. Origine e dinamica dei simboli*, Torino, 2017

Castonguay L. G., Oltmanns T. F., Sica C., Orsucci A., Psicologia clinica e psicopatologia. Un approccio integrato, Milano, 2016

Diana S., *Noi Siamo Incalcolabili. La Matematica e l'Ultimo Illusionismo del Potere,* Fano, 2018

Di Turi N., Gori M., Landi M., *Guida per Umani all'Intelligenza Artificiale. Noi al Centro di un Mondo Nuovo*, Firenze, 2019

Dostoevskij F., *I Demoni*, Torino, 2014

Feyerabend P., *Contro il metodo. Abbozzo di una teoria anarchica della conoscenza*, Milano, 1979

Freeman W. J., *Neurodynamics: An Exploration in Mesoscopic Brain Dynamics*, London, 2000

Freeman W. J., Vitiello G., *Nonlinear brain dynamics as macroscopic manifestation of underlying many-body field dynamics*, Phys. Life Rev. 3, 93, 2006

Freeman W. J., Vitiello G., *The Dissipative Quantum Model of Brain and Laboratory Observations, in Physics of Emergence and Organization*, Singapore, 2008, pp. 233-251

Freeman W. J., Vitiello G., *Dissipative neurodynamics in perception forms cortical patterns that are stabilized by vortices*, JPCS 174, 012011, 2009.

Galimberti U., *Il Tramonto dell'Occidente,* Milano, 2008

Galimberti U., *Psiche e techne*, Milano, 2009

Griffiths D. J., Schroeter D. F., *Introduzione alla Meccanica Quantistica*, Bologna, 2023

Halpern P., *Synchronicity*, New York, 2020

Heidegger M., *La questione della tecnica*, in *Saggi e discorsi*, Milano, 1976

Huang K., *Statistical Mechanics*, New York, 1987

Jung C. G., in "Eranos Jahrbuch", p. 398, 1946

Jung C. G., *La Sincronicità*, Torino, 1980

Jung C. G., *Gli Archetipi dell'Inconscio Collettivo*, Torino, 1987

Jung C. G., *Psicologia e Alchimia*, Torino, 2020

Jung C. G., *Mysterium Coniunctionis*, Torino, 2017

Kandel E. R., Schwartz J. H., Jessel T. M., *Principi di Neuroscienze*, Milano, 2012

Koonin S. E., Meredith D. C., *Computational Physics*, New York, 1990

Lachman G., *Jung il Mistico. Dimensioni esoteriche della vita e degli insegnamenti di Carl G. Jung* , Roma, 2012

Landau R. H., Paez M. J., Bordeianu C., *Computational Physics*, Weinheim, 2007

Legget A. J., *Quantum Liquids. Bose Condensation and Cooper Pairing in Condensed-Matter Systems*, Oxford, 2011

Nunez P., Srnivasan R., *Electric Fields of the Brain. The Neurophysics of EEG*, Oxford, 2006

Penrose R., *The Road to Reality. A Complete Guide to the Laws of the Universe*, New York, 2004

Percival R. S., *Is Jung's Theory of Archetypes Compatible with Neo-Darwinism and Sociobiology?* J. Soc. Evol. Sys. 16, 459, 1993

Pauli W., General Principles of Quantum Mechanics, Berlin, 1980

Sciascia L., in "La Stampa", 24 dicembre 1975

Schrödinger E., *What is Life? With Mind and Matter and Autobiographical Sketches,* Cambridge, 2013

Sergi A., Messina A., Vicario C. M., Martino G., *A Quantum-Classical Model of Brain Dynamics*, Entropy 25, 592, 2023

Smolin L., *Time Reborn*, London, 2014

Wanderlingh F., *L'esame di Fisica*, Messina, 2019

Francesco Pira - Carmela Mento

La crisi del sapere scientifico: una lettura dei processi mediatici e delle vulnerabilità psicologiche che favoriscono le trappole delle fake news in sanità

1. Introduzione. – 2. Le dinamiche opache della comunicazione mediatica. – 3. Le variabili psicologiche che predispongono alla trappola Fake. – 4. Conclusioni. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

L'attenzione alle fake news associata alle notizie di salute e malattia è fortemente sentita ai giorni d'oggi, in relazione ai vissuti della pandemia, con cui ognuno di noi si è confrontato. Soprattutto in Sanità, recentemente abbiamo assistito ad un alto livello di disinformazione correlato alla diffusione del Covid-19 e ai vaccini contro Sars-Cov-2. Gli autori attraverso la lettura dei processi comunicativi connessi a Fake news e alla sanità, offrono una interpretazione della complessità del fenomeno attraverso dati scientifici di letteratura. L'importanza della relazione e della comprensione di variabili psicologiche che possono favorire maggiormente la caduta nelle trappole Fake online, è sostenuta dalla rilevanza di studi su popolazione generale, che in attualità storica come quella connessa al Covid-19, hanno favorito l'emersione di infodemia e aumento di ansia nella popolazione generale, connessa a temi di malattia e ricerca online di sintomi. Il lettore sarà guidato attraverso il riconoscimento di notizie e tipologie Fake e orientato alla scoperta di quelle vulnerabilità soggettive, connesse ad ansia di salute e pensiero ricorsivo, che possono maggiormente avere ricadute nel peggioramento di circuiti ansiosi che si innestano in un fruitore online. L'importanza di questo lavoro risiede in un'ottica informativa scientifica che si contrappone alla crisi del sapere e intende promuovere attività seria e scientifica di divulgazione in ambito di salute ed inoltre, a carattere pedagogico, segue l'intento di orientare il lettore alla protezione e prevenzione dalle trappole online, che non promuovono conoscenza e sapere, bensì, tutt'altro, aumentano il malessere e ansia generalizzata. Il vertice teorico utilizzato

sarà quello della sociologia dei processi di comunicazione integrato alle dinamiche psicologiche ed alla psicopatologia dell'ansia di salute.

2. Le dinamiche opache della comunicazione mediatica

La manipolazione delle informazioni e dei dati è diventata una minaccia molto critica per la nostra società, con un impatto profondo sulla cultura ed in particolare sulle giovani generazioni. In questi anni di pandemia, ad esempio, siamo stati ampiamente esposti ai contenuti del web, sempre più connessi e spesso lasciati soli. Attraverso l'uso di piattaforme e social network si assiste a una sorta di «vetrinizzazione» di massa che può portare a pericolose devianze. Un esempio sono i falsi profili che proliferano anche tra gli adolescenti, dimostrando come nell'era liquido-moderna l'inganno sia diventato centrale nei processi di relazione e di comprensione della realtà e la distinzione tra vero e falso non sia più percepita, insieme a quella di pubblico-privato. La tendenza dominante nell'evoluzione delle relazioni sociali all'interno delle nostre società è rappresentata dall'ascesa dell'individualismo, in tutte le sue manifestazioni. Da prospettive differenti scienziati sociali come Giddens, Putman, Wellman, Beck, Carnoy hanno sottolineato l'emergere di un nuovo sistema di relazioni sociali incentrato sull'individuo. Dopo la transizione dalla predominanza delle relazioni primarie (rappresentate da famiglia e comunità) sulle relazioni secondarie (incarnate nelle associazioni), il nuovo modello dominante sembra essere costruito su quelle che potrebbero essere definito come relazioni terziarie, o quelle che Wellman chiama «comunità personalizzate» incarnate su network io-centrati.

Ciò rappresenta la privatizzazione della società, un nuovo modello di socialità caratterizzato dall'individualismo in rete (Castells, 2002). Il prevalere dell'individualismo genera delle conseguenze significative sui processi di costruzione identitaria che appaino sempre mediati dal ruolo che le tecnologie digitali rivestono nelle vite delle persone. Il passaggio dall'analogico al digitale, dalla televisione ai giochi e videogiochi, ha reso evidente che la tecnologia non è più un semplice strumento ma un ambiente relazionale. I media diventano così spazio di negoziazione simbolica che ha permesso il transito dalla società mediatizzata a quella informazionale. Ci troviamo innanzi ad una nuova prospettiva che ci pone di fronte alla necessità di affrontare la domanda di ricerca sul ruolo dei media nello

sviluppo della società e nella promozione della cultura, in uno spazio di negoziazione frutto del capitalismo digitale. È l'era della «piattaformizzazione» (Van Dijck et al, 2018) e della bolla dei filtri (Parisier, 2012), le piattaforme sfruttano questo annullamento dei confini che ha modificato negli individui la comprensione reale del contesto. Ne costituiscono esempi estremi le notizie nefaste di cronaca in cui un gioco come una challenge di soffocamento che diventa veicolo di morte in tenera età o ancora diventa viatico di like, successo, soldi facili e notorietà in giovane età, a discapito del rischio della propria vita o di quella degli altri (Open del 22 gennaio 2021; News24 del 15 giugno 2023). Al cuore delle piattaforme risiede quindi una contraddizione strutturale: si tratta di ambienti in cui da una parte sperimentiamo la massima visibilità di comportamenti sociali e processi comunicativi di individu e dall'altra ci confrontiamo con l'invisibilità delle dinamiche di funzionamento regolate dagli algoritmi che le governano e con la scarsa trasparenza delle culture aziendali di riferimento. In pratica ciò che è visibile dipende da una struttura tecnologica intrasparente che produce evidenze sul piano relazionale e socioculturale (Dijck, Poell, de Waal, 2018). Proclamare che le società sono entrate in una nuova era e hanno sposato una nuova economia, non rende la natura umana automaticamente più malleabile, né conduce necessariamente al rispetto universale dei valori umanistici. La gente va ancora a caccia di potere e riconoscimento, senza riguardo per il fatto di averli raccogliendo «amicizie» su Facebook. La dimensione del potere è visibile nella falsificazione della realtà. Le false notizie e la distorsione della realtà sono un segno caratterizzante della società (Morozov, 2011).

Oggi, l'incapacità di riconoscere il falso ci mostra come nel sistema si ravvisi una mancanza di difese immunitarie che porta ad un alto livello di misinformation, una tendenza a diffondere inconsapevolmente fake news (Pira, 2020). Lo sfruttamento delle dinamiche connesse alla filter bubble ha reso possibile creare delle notizie seguendo un framing ben definito. Una struttura visiva e narrativa concepita per attrarre l'attenzione dell'utente e stimolarlo emotivamente. È uno schema che mostra il potere attrattivo delle immagini e delle parole, attraverso un uso irresponsabile di notizie che stimolano il sistema UNO del nostro cervello quello primordiale istintivo, emotivo e veloce (Kahneman, 1999). Così la notizia che ci arriva ha il carattere irresistibile dell'urgenza emozionale: stimola la nostra disapprovazione o indignazione o ci invita subito alla condivisione, come un continuo e impellente referendum

sul tema (Delmastro, Nicita, 2019). Possiamo in questo contesto riflettere su alcune osservazioni su disinformazione e fake news:

1. Le notizie false e la disinformazione sono caratterizzate da un unico filo conduttore: parlare al pubblico con l'unico obiettivo di rafforzare la propria visione;
2. L'apparente contrapposizione non è ricerca di una dialettica ma rinsaldamento dei legami della community di riferimento.

Si assiste ad una concatenazione tra forza e debolezza tipica delle dinamiche che caratterizzano il fluire delle *fake news* che ha condotto alla definizione del set di indicatori denominato «esagono» che raggruppa le 6 caratteristiche che definiscono la loro forza e persistenza nel sistema mediale e che originano misinformation e disinformation (Pira, Altinier, 2018):

1. Appeal
2. Forza
3. Crossmedialità
4. Flussi
5. Velocità
6. Vitalità

Assistiamo anche ad una divisione dell'apprendimento. La tecnologia che controlla la tecnologia dando vita al capitalismo della sorveglianza come lo definisce Zuboff (2019) che ci introduce in concetto di testo «ombra» che influenza le dinamiche attraverso le quali si sviluppa l'apprendimento. La divisione dell'apprendimento trova la sua origine nelle tendenze narcisistiche, nell'Io performativo, nell'iper-consumismo che stanno dando vita ad un diverso ordine sociale.

Qual è l'Identikit della generazione che ne viene fuori? In una ricerca (Pira 2021), un campione di circa 1858 ragazze e ragazzi sono stati intervistati nel corso del lockdown. Gli elementi più critici che sono emersi riguardano:

- la tendenza all'isolamento
- la forte propensione alla «vetrinizzazione» (Cava, Pira, 2015) delle proprie vite
- l'iper-connessione

- un evidente uso distorto della tecnologia, attraverso la creazione di *profili falsi* che creano opacità e innescano sovente comportamenti polarizzanti, aggressivi e violenti.

Il modello comportamentale che ne deriva riguarda la dimensione dell'isolamento e di scollamento dal luogo fisico inteso come ambiente familiare, in uno *spazio-tempo astratti* rispetto al luogo dell'attività sociale che perde ogni connotazione fisica e tangibile. Gli adolescenti soprattutto, appaiono come un prodotto di questa era della disinformazione, vittime designate del *sistema fake,* diventando protagonisti inconsapevoli della «sovversione del normale», utilizzando il falso per i propri scopi. Spazio, tempo e relazione sono cambiati e ci troviamo di fronte alla perdita della capacità di attuare processi educativi profondi da parte dei nuclei familiari ma anche a modelli di somministrazione della conoscenza inadeguati che alimentano la perdita di autorevolezza ed una frattura sempre più evidente generazionale e sociale. Fluidità e contaminazione comunicativa frutto di condivisione sempre più virtuale e social, danno vita a messaggi e linguaggi lontani da costruzioni autonome di significato piuttosto di massificazioni e acritiche clonazioni.

3. Aspetti psicologici che predispongono alla trappola Fake

È possibile in questo contesto, avviare una riflessione sulla coevoluzione di cervello e linguaggio mediati dalla tecnologia. L'accesso sempre più frequente a Internet e social media ha profondamente modificato la nostra esposizione alle informazioni, secondo una modalità immediata, veloce, scarsamente razionale e più emotiva, che non lascia molto spazio alla riflessione e induce una sovra stimolazione. Non è rara, infatti, la sensazione di affaticamento cognitivo che possiamo provare davanti ai dispositivi, la difficoltà di filtrare le informazioni da una sovra stimolazione di flussi informativi e le alterazioni del sonno che contribuiscono a condizioni di tecnostress. Il linguaggio, infatti, è molto più di un mezzo di comunicazione, lo comprendiamo per la specie umana, ma lo comprendiamo oggi per l'Intelligenza Artificiale. Terrence Deacon (2001) intuì tempo fa l'importanza della comunicazione simbolica in questo contesto. In effetti la lingua è cambiata ma è cambiato anche il nostro modo di relazionarci con le persone attraverso la tecnologia. La capacità di una comunicazione simbolica, inclusa quella scientifica ha molto a che fare con capacità del cervello, ma non potremmo comprendere questo attraverso relazioni lineari, piuttosto alla luce dell'intreccio di aspetti

culturali, neurologici e psichici che hanno a che fare con l'evoluzione. Gli aspetti biologici, infatti, riguardano una crescita e cambiamenti evolutivi la cui velocità spesso non rispecchia altri mutamenti, come quello estremamente veloce a cui stiamo assistendo dal punto di vista comunicativo, relazionale e sociale, che ha effetti cumulativi di ricaduta sulle nostre capacità di adattamento al mondo che cambia. Mente, cervello e relazioni non possono essere disgiunti da nessun processo comprensivo e oggi, sono intensamente forieri della forma e dell'identità che assume ognuno di noi nel mondo. Lo sostiene in un recente testo Daniel Siegel (2023), che ci aiuta a comprendere l'attualità della sua teoresi in una società dai confini fluidi tra interno-esterno, vicino-lontano, reale-virtuale, on-offline, pubblico-privato. Oggi, infatti, la nostra cultura moderna non ci fa più vedere un sè isolato quanto la possibilità di qualcosa di più ampio, interconnesso e dalle infinite possibilità, che vanno anche oltre il nostro corpo finito. Identità e interconnessione e iperstimolazione e tecnostress, sono variabili da tenere in considerazione nel nostro modus vivendi. L'utilizzo eccessivo e disfunzionale delle tecnologie ha oggi delle ripercussioni nella nostra salute, anche mentale, ne costituiscono un esempio la stanchezza, cali di attenzione e concentrazione, le alterazioni dell'umore e del sonno.

L'impatto della pandemia da Covid-19 non ci ha lasciati indifferenti, ne costituisce un esempio recente di esiti negativi sulla salute e riduzione della qualità di vita e delle strategie di fronteggiamento cogntivo di coping (Italia et al., 2021). In particolare, le ricadute sul cambiamento dello stile lavorativo, a favore del lavoro a distanza (remote working) sono state frutto di osservazioni nei lavoratori sulla vita quotidiana, la percezione della qualità lavorativa e della soddisfazione delle proprie prestazioni (Costa C., et al., 2022). Ma le notizie di salute da Covid sono state in testa alle acuzie da stress per la popolazione generale.

Qual è il background in cui possiamo leggere questi comportamenti? La ricerca di notizie di salute ha anch'essa cambiato abito con l'accesso alle nuove tecnologie. La condizione nota come una eccessiva navigazione alla ricerca di informazioni sanitarie e ansia di salute riguarda comportamenti di «Cyberchondria» in un periodo storico caratterizzato da quarantena, isolamento e ansia di malattia da Covid, l'eccessiva navigazione su siti di informazioni di salute è stata oggetto di analisi (Mento C., et al., 2022). In particolare, una riflessione possibile, che è oggi cambiata non tanto nell'ansia di salute ma nella modalità di ricerca online dei sintomi, possiamo rintracciarla nella componente di intolleranza dell'incertezza, che segna

ancora di più la necessità, in chi fornisce informazioni di salute, di ricorrere a semplicità e chiarezza comunicativa. Infatti, quando queste variabili sono assenti o carenti, possono aumentare nel soggetto fruitore dell'informazione una condizione di ansietà per il futuro.

Questo ci aiuta a comprendere i risultati di una ricerca in cui ci siamo chiesti chi fosse più predisposto a cadere in una trappola Fake online (Mento et al., 2023). Evidentemente la relazione tra l'epidemia da Covid -19 e le conseguenze sui problemi psicologici costituisce una grande base per il per la proliferazione di notizie di salute e allo stesso tempo della costante ricerca di informazioni di salute online. Questo comportamento, se pensiamo che può essere associato anche in soggetti che ricorrono ad un uso problematico di Internet ci aiuta a comprendere le principali note emotive di paure e ansia che ricorrono attorno al tema del contagio di malattia. In questo ampio campione osservato (più di 1000 soggetti) sono state osservate non solo le ricadute umorali e cognitive della pandemia, come le preoccupazioni cognitive e le emozioni negative associate, connesse all'uso eccessivo di internet, che diventa la principale fonte di reperimento dell'informazione di salute.

La scoperta interessante riguarda la relazione tra l'ansia e la preoccupazione del contagio e l'eccessiva ricerca di informazioni di salute online con caratteristiche eccessive e ripetitive. Il comportamento connesso a cyberchondria è infatti in relazione ad un uso problematico di internet e questo costituisce un substrato vulnerabile da attenzionare in quanto può predisporre un lettore alla carenza di filtro razionale nella ricezione di una corretta informazione, che è basata sull'emotività. Un ulteriore aspetto importante risiede nel sovraccarico cognitivo a cui siamo sottoposti che ha altresì un ruolo nella ricaduta della percezione dell'informazione.

Il substrato della disinformazione risiede dunque non solo nel sovraccarito informativo ma anche nella mancanza di filtri razionali del lettore, più direzionato da una lettura emotiva dell'evento che genera ansia. In tal senso maggiore attenzione dovrebbe essere data ad alcuni aspetti come le caratteristiche introversive e rimuginative, l'uso eccessivo di internet e la presenza di ansia di salute. Internet può oggi giocare un ruolo fondamentale nel coinvolgimento della qualità della nostra vita con facile accesso a false notizie di salute che rischiano di alimentare la sfiducia nel personale sanitario o nelle fonti autorevoli di queste informazioni. Non sembra casuale il dato sulla questione connessa alle informazioni sulla

vaccinazione connessa al Covid, che nello studio ne rileva uno scarso accesso con caratteristiche di sfiducia.

Infine emerge come il temperamento ansioso/insicuro possa essere maggiormente vulnerabile alla percezione dello stress, agita poi secondo modalità di facile autorassicurazione che confluiscono nella soggettiva ricerca delle notizie di salute online.

La ricerca sui temperamenti affettivi si rivela importante nella comprensione dei nostri comportamenti ed adattamenti al mondo. La conoscenza delle nostre vulnerabilità o la comprensione di ciò che ci rende più fragili risulta fondamentale per far fronte a strategie educative ed informative che sono alla base dei cambiamenti culturali e della crescita di una società. Dovremmo infatti riflettere su come nelle persone, come in noi stessi, fruitori non sempre consapevoli di informazioni, la sola lettura di una informazione non basta a fornire rassicurazione nel lettore, alimentando invece sempre di più il circuito dell'ansia e rendendo più vulnerabili ed inclini a credere a false notizie.

4. Conclusioni

Alla luce di questa trattazione è possibile riflettere su alcuni spunti di condivisione per costruire una nuova prassi educativa, utile alla produzione di un sano cambiamento culturale:

Risulta necessario in questo contesto, approfondire la dimensione dell'«iper-rappresentazione di sé» tra gli adolescenti e individuare le implicazioni che possono condurre alla costruzione di un sistema relazionale caratterizzato da un'estrema fragilità, come anche indicato dalle emergenti psicopatologie comportamentali, disturbi d'ansia e dell'umore, ideazioni suicidarie e comportamento suicidari mascherati come la sfida continua del pericolo.

Indagare il tema della solitudine, che esplode in tutta la sua criticità mal gestita, lontana da una sana tolleranza alla frustrazione e da un sano contatto profondo con se stessi, che presenta un impatto profondo proprio sulle nuove generazioni, che saranno espressione della nuova «cittadinanza digitale».

Analizzare i comportamenti sociali che possono generare devianze e rischi comportamentali, come conseguenza della semplicità e velocità di utilizzo offerte dalla

tecnologia che tendono ad annullare il tempo della riflessione, strumento essenziale in percorso di crescita e costruzione identitaria.

Comprendere quale modello educativo si sta realizzando dentro e fuori l'istituzione formativa e il mondo scuola, implementando le conoscenze neuroscientifiche della relazione tra mente, cervello e relazioni tecnomediate e chiederci se è ancora possibile pensare nei termini della *Bildung* (auto-coltivazione di tradizione tedesca) o stiamo transitando dalla costruzione di coscienza critica alla performatizzazione dell'apprendimento.

Infine, riflettere su come siamo fatti, sulle variabili della personalità che ci rendono più fragili ed esposti al rischio disinformativo, come la nostra inclinazione ai temperamenti affettivi e all'ansia di salute ed affinare la capacità di individuare e filtrare le fonti di una corretta informazione e le buone prassi di uso tecnologico, per essere più forti e non esserne dipendenti e schiavi.

5. Bibliografia

Beck U., 1999, *Risk Society Revisited. Theory, Politics*, Critiques and Research Programs, Suhkamp Verlag, Frankfurt Am Main, tr. It. 2000, *La società del rischio. Verso una seconda modernità*, Carocci, Roma.

Carnoy, M. 1999, *Globalization and Educational Reform: What Planners Need to Know*. UNESCO, International Institute for Educational Planning.

Castells M., 1996, *The Rise of the Network Society*, Oxford, Blackwell Publishing Ltd, tr. It., 2002, *La nascita della società in rete*, Egea, Milano.

Cava, A E Pira, F., 2015, *Social Gossip. Dalle chiacchiere di cortile al web pettegolezzo*, Aracne Editrice, Roma.

Costa C., Teodoro M., Mento C., Giambo' F., Vitello C., et al., *Work performance, mood and sleep alterations in Home office workers during the Covid-19 pandemic.* Int. J. environ Res Public Health 2022 fed 10; 19(4):1990.

Delmastro M., Nicita A. (2019), *Big Data. Come stanno cambiando il nostro mondo*, il Mulino, Bologna.

Deacon T. *La specie simbolica. La coevoluzione di cervello e capacità linguistiche.* Giovanni Fioriti 2001

Giddens A. Sutton P.W., 2013, *Sociology. Seventh edition*, Polity Press, Cambridge, tr. it 2014, a cura di Baldini M. Barbagli M. *Fondamenti di sociologia*, Il Mulino, Bologna.

Italia S., Costa C., Briguglio G., Mento C., Muscatello Mra. et al. *Quality of life, Insomnia and Coping strategies during COVID-19 pandemic in Hospital Workers. A cross-sectional study.* Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov 26;18(23):12466.

Kahneman D. 2011, *Thinking, Fast and Slow*, London, Allen Lane, *Pensieri lenti e veloci*, tr.it. 2012, Milano, Mondadori.

Mento C., Silvestri M.C., Amezaga P., Muscatello M.R.A., Romeo V. et al., *Anxiety sensitivity, uncertainty aand recursive thinking: A continuum of Cyberchondria conditions during the Covid Outbreack.* J Mind Medic Sci. vol 9, Issue 1, 2022.

Mento C. Silvestri M.C., Lombardo C., Neri L., Campolo M.G. Pira F. *Who believes in fake news: A study on the relationship between Affective temperament, Cyberchondria and problematic use of the Internet during the Covid-19 pandemic.* OBM Neurobiology. Vol.7, Issue 2, 2023.

Morozov E., 2011, *The Net Delusion,* tr. It, 2011, *L'ingenuità della rete*, Codice edizioni, Torino.

Parisier E. (2011), *The Filter Bubble. What the Internet is Hiding from You*, Penguin Books, London, tr. It, 2012, *Il filtro. Quello che Internet ci nasconde*, Il Saggiatore, Milano.

Passanisi S., Pecoraro M., Pira F., Alibrandi A., Donia V., Lonia P., Pajno G. B., Salzano G., Lombardo F., "Quarantine Due to the COVID-19 Pandemic From the Perspective of Pediatric Patients With Type 1 Diabetes: A Web-Based Survey" in *Frontiers in Pediatrics*, vol.8/2020: article 491, https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fped.2020.00491: 1-5.

Pira F. Altinier A. 2018, *Giornalismi, la difficile convivenza con fake news e misnformation*. Limena (PD): Libreriauniversitaria.it.

Pira, F. 2020, Fake News Interference on Media and Social Media. pp.239-254. In Media, Migrants and Human Rights. In the Evolution of the European Scenario of Refugees' and Asylum Seekers' Instances (a cura di) La Rocca G., Di Maria R., Frezza G. – Berlin: Peter Lang.

Pira F., 2021, *Figli delle App. Le nuove generazioni digital-popolari e social-dipendenti*. Franco Angeli.

Siegel D. J. *Intraconnected: Me+We=Mwe.* Norton & Co. 2023

Van Dijck J. Poell T. De Waal M., 2019, *The Platform Society*, Oxford University Press, tr. It., 2019, *Platform Society. Valori pubblici e società connessa*, Guerini e Associati, Milano.

Wellman, B. 2001, Physical Place and Cyberplace: *The Rise of Personalized Networking. International Journal of Urban and Regional Research*, 25: 227-252. https://doi.org/10.1111/1468-2427.00309

Zuboff S. (2019), *Il capitalismo della sorveglianza. Il futuro dell'umanità nell'era dei nuovi poteri*, Luiss University Press, Roma.

Sitografia

News24, 15 giugno 2023 «Il bimbo morto per una challenge. Chi sono gli Youtuber a caccia di click che hanno travolto l'auto con il piccolo». https://www.lacnews24.it/italia-mondo/il-bimbo-morto-per-una-challenge-chi-sono-gli-youtuber-ventenni-che-hanno-causato-la-tragedia_172859/

Open, Tecnologia, bambini, challenge, 22 gennaio 2021 «La Blackout challenge» https://www.open.online/2021/01/22/blackout-challenge-morte-bimba-palermo-sfida-soffocamento-social-network/

Antonia Cava – Alessandra Dionisio[1]

La Rai racconta la medicina. Informazione, intrattenimento e nuovi modelli di divulgazione nello scenario post pandemico

1. Introduzione. – 2. La comunicazione medico-scientifica del servizio pubblico: le origini. – 3. L'infotainment come formula del racconto della salute. – 4. Tg2 Medicina 33: la voce di una divulgatrice, giornalista e conduttrice. – 5. Conclusioni… e ora verso quale rotta?. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

Abbiamo assistito, negli ultimi anni, a profondi cambiamenti socio-culturali della rappresentazione della salute. È come se l'universo della salute si fosse espanso a dismisura, con una proliferazione – quasi incontenibile – degli attori sociali coinvolti, portatori di punti di vista plurali e a volte conflittuali (G. Guizzardi, 2004). L'emergenza Covid-19, poi, ha completamente stravolto lo scenario dell'informazione sanitaria di fronte a bisogni individuali e collettivi dei cittadini sempre più esigenti e pressanti (M. Morcellini, 2020). Di fatto, il 2020 sarà ricordato come l'anno della pandemia Covid-19, ma anche come quello della prima "infodemia" della storia (l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha definito così la condizione di sovrabbondanza di informazioni – alcune accurate e altre no – che rende difficile per le persone trovare fonti e indicazioni affidabili quando ne hanno bisogno).

Dalla carta stampata al web, i media incidono nello stabilire il rapporto tra domanda ed offerta di salute e nel semplificare i linguaggi specialistici, a volte correndo il rischio di svilire la scienza medica. Attraverso i media la "troppa scienza" (S. Leonzi, 1999) di cui è pervasa la medicina si alleggerisce per dare posto ad una versione meno tecnica di se stessa, che si offre in modo più semplificato ma anche più *appealing* alla vasta platea degli interessati, non specialisti. Adattare il sapere medico alle tendenze dei media non significa abbandonare la

[1] Il lavoro è frutto di una riflessione comune tra le due autrici. Tuttavia, per questioni accademiche, devono essere attribuiti ad Antonia Cava i paragrafi 1 e 2, ad Alessandra Dionisio i paragrafi 3, 4 e 5.

scientificità a favore della banalizzazione dei temi, come un approccio apocalittico potrebbe denunciare, ma è un passaggio necessario per bilanciare il rigore della scienza con la fruibilità del sapere mediatico, seguendo il modello divulgativo scientifico inaugurato da Piero Angela, che ha fatto della semplicità e della chiarezza il suo stile narrativo.

Scegliamo di leggere i numerosi e variegati linguaggi, che nutrono l'immaginario sull'ecosistema medicina-salute-benessere, attraverso la lente degli schermi mediali che li riflettono. La salute, in questo contributo, sarà interpretata attraverso le formule del racconto che l'hanno modellata nel suo divenire narrazione mediale, in particolare narrazione televisiva. Analizzeremo il mezzo televisivo e non altri media, pur assai significativi in termini di pervasività e di copertura del tema salute, per il ruolo occupato per decenni da Piero Angela nella televisione, quindi nella cultura italiana e per il ruolo tutt'oggi confermato della centralità della Tv tra le fonti informative degli italiani. Se consideriamo il contesto pandemico, l'emergenza ha ridato forza e significato alla televisione per la sua capacità di fare informazione e intrattenimento di qualità (Censis, 2021). Anche le scelte informative dei giovani (VIACOM CBS, 2020) hanno mostrato un significativo riconoscimento di "affidabilità" a favore delle fonti ufficiali ed istituzionali (87%) con un modesto 18% di affidabilità riconosciuto ai social (62% di utilizzo). Un ricorso alle fonti ufficiali come punto di riferimento nel momento dell'indecisione e del caos, dell'incertezza degli eventi e dei percorsi.

In questo panorama, il medium televisivo ha una forza unica: la sua popolarità, per questo può essere uno strumento importante di approfondimento per ampie platee di pubblici, affinché possano comprendere ed ascoltare il linguaggio della scienza.

Analizzare le modalità narrative adottate dalla televisione per raccontare il tema "salute-benessere" significa interrogarsi anche sulla nostra identità collettiva, un'identità costruita attraverso l'intreccio delle trame narrative e la compresenza di attori, fonti e contesti che alimentano il discorso sulla salute. Ripercorrendo tale discorso attraverso la storia dei programmi televisivi, emergerà un costante processo di semplificazione dei linguaggi ed un progressivo assottigliarsi del confine tra salute *tout court* e pratiche per il benessere quotidiano.

La storia della medicina in televisione s'innesta su quella della televisione in Italia, che a sua volta riflette il contesto socio-politico-culturale del nostro paese (R. Gisotti, 2010).

Nello spazio di poche pagine non è possibile ripercorrere tutti i testi televisivi che nel tempo hanno permesso ai pubblici di familiarizzare con la medicina, ma descriveremo i programmi che, a nostro avviso, hanno rappresentato un cambio di rotta dei palinsesti e della rappresentazione dell'ecosistema salute. Ci concentreremo, in particolare, sui programmi che hanno veicolato informazioni e consigli sulla medicina non ricostruendo quelli dedicati più genericamente al benessere mentale, alle diete e all'approccio alla corretta nutrizione. Il rapporto tra spettatori e piccolo schermo legato alla sfera medica sarà esplorato con l'obiettivo di comprendere il ruolo che il servizio pubblico ha avuto nella divulgazione di un'informazione medica autorevole e corretta in termini di prevenzione, di cura delle malattie e di promozione di stili di vita salutari. Il saggio si apre con una breve rassegna dei programmi Rai che hanno avuto un ruolo importante nel catturare l'interesse delle italiane e degli italiani, utilizzando i linguaggi televisivi a servizio della divulgazione medico-scientifica. L'ultima parte sarà dedicata agli scenari futuri letti attraverso le parole di Laura Berti, curatrice e conduttrice della storica rubrica *Tg2 Medicina 33*, che abbiamo intervistato al fine di restituire lo sguardo di chi quotidianamente lavora in una redazione che racconta il mondo e le novità in campo medico.

2. La comunicazione medico-scientifica del servizio pubblico: le origini

La medicina nella televisione italiana arriva il 6 maggio del 1959 quando la Rai manda in onda alle 22,50 la prima ripresa televisiva di un'operazione a cuore aperto. È invece il 1977 l'anno più significativo per la comunicazione medico-scientifica in Tv; infatti, in pieno clima di sperimentazione post-riforma, Rai1 cerca un proprio linguaggio, e lo fa proseguendo nella programmazione di sceneggiati e varietà tradizionali, ma anche introducendo nuove tipologie di programmi che modificano gradualmente il rapporto degli italiani con la televisione. Nasce infatti *Check-up*, la trasmissione settimanale sui problemi della salute ideata da Biagio Agnes che insegnerà agli italiani come affrontare con rigore scientifico la prevenzione e la cura delle malattie. *Check-Up*, trasmesso dal Centro Produzione Rai di Napoli, va in onda il sabato dalle

12,00 alle 13,30, sulla prima rete nazionale, fungendo da traino al telegiornale. Il programma nasce come monotematico. In ogni puntata si tratta una sola patologia, seguendo una struttura narrativa ben precisa: definizione della malattia; diagnosi; cura; eventuali complicanze; le novità della medicina e della chirurgia. Lo schema è semplice e lineare, la conduzione di Luciano Lombardi snella e autorevole. Era una trasmissione estremamente curata e per quanto ci fosse una forte volontà divulgativa, restava comunque una trasmissione fortemente scientifica. Dietro la preparazione di *Check- up* non si avvertiva la pressione delle richieste del pubblico ma l'obiettivo prioritario, in pieno spirito da servizio pubblico, era di costruire un programma di medicina rigoroso. Con l'obiettivo di essere divulgativi, ma con la necessità di un confronto costante con il "sapere esperto" in modo da ritradurlo in "sapere profano" rispettando il rigore scientifico e la "serietà" dell'argomento. Da genere "puro" di trasmissione medica, via via il format si modifica, sotto la spinta delle logiche televisive, mutando gli stili della rappresentazione della medicina. Infatti, negli anni la comunicazione medica di *Check-Up* si trasforma avvicinandosi alla vita quotidiana, incorporandone contenuti e soprattutto linguaggi. Se le prime edizioni di *Check-up* prevedevano uno studio sobrio, semplice, essenziale in cui si svolgeva tutta l'azione, già dopo i primi anni di sperimentazione si introducono i collegamenti in esterno. Si passa dalla medicina chiusa negli studi televisivi, alla medicina vissuta sul territorio, in modo da creare un collegamento più forte con i cittadini e con la realtà sanitaria. Alla dinamica di avvicinamento alle esigenze del pubblico e alla dimensione quotidiana della salute corrisponde anche un cambiamento nel genere della conduzione. Tecnicamente, possiamo dire che il ruolo del conduttore è inizialmente orientato alla funzione di conduttore esperto, mentre si evolve verso la funzione di divulgatore e di coadiuvante, quando, più vicino alle richieste del pubblico, si pone come mediatore delle esigenze dello spettatore, fa domande all'esperto e parafrasa, semplificando le affermazioni dei professionisti chiamati in trasmissione. La semplificazione dei linguaggi e il maggior coinvolgimento degli esperti chiamati in trasmissione sono un'ulteriore testimonianza della trasformazione del sapere medico in *Check-up*. Appare evidente che *Check-Up* resta ancora fedele alla sua *mission,* nonostante i passaggi che segnalano un avvicinamento della salute *tout court* al benessere, il programma è un format di medicina e di salute e tutto gira intorno a questi temi (A. Dionisio, 2009). L'esperienza di

Check- Up si chiude nella stagione 2002-2003, trasferendo tutta la redazione ad ***Uno Mattina, Sabato e Domenica,*** quasi quattro ore di diretta Tv su salute, benessere e sicurezza. Dal concetto di salute in chiave diagnostico terapeutica si passa a dedicare attenzione alle strategie per preservare il proprio benessere, anche dal punto di vista della sicurezza in casa e nella quotidianità. La trasmissione ottiene risultati molto soddisfacenti in termini di share, ma soprattutto inaugura una formula vincente che unisce in un contenitore unico una serie di argomenti tenuti insieme dal sottile filo del benessere e della salute che agisce come un collante tra i diversi "blocchi" della trasmissione. La prima edizione del programma, che ha inizio il 21 settembre 2002 e termina il 1° giugno 2003, inaugura una nuova fascia di ascolto mattutina, in diretta il sabato dalle 6.45 alle 10.30, la domenica, fino alle 10.00. Un passaggio, quindi, quello da ***Check-Up*** ad ***Uno mattina sabato e domenica*** che evidenzia un cambio radicale di narrazione del tema salute. Dalla televisione che apre una finestra sulla scienza medica, alla medicina che si attualizza e si fa arte del quotidiano. Si affievolisce la prescrittività del sapere medico e l'esperto a volte presenzia come fonte accreditata, altre è colui che amichevolmente fa da consigliere al conduttore, che si presta a svolgere ruolo di complicità con il "sapiente" in modo da farsi "spalla" narrativa per spiegare come affrontare problematiche o prevenire i disturbi della quotidianità. Il format (A.M. Fiacco, 2013) cambia e si amplia, la televisione offre in questo modo alla medicina un'ulteriore vetrina attraverso la quale rappresentarsi. Appare evidente che entrambe le trasmissioni, la prima di carattere scientifico divulgativo, la secondo più orientata all'intrattenimento, pur mantenendo una vocazione scientifica, presentano la scienza medica attraverso messaggi semplificati. Il medium televisivo si fa quindi selettore di informazioni ma anche selettore di fonti, quando individua gli esperti che devono accreditare notizie di carattere scientifico. Attraverso un percorso a due vie: da un lato un approccio istituzionale, per cui vengono invitati in trasmissione personaggi che ricoprono cariche istituzionali per garantire l'autorevolezza dei contenuti, dall'altra la macchina televisiva come *talent scout*, che scopre medici con doti di eccellenti comunicatori e mediatori, in grado di rappresentare la medicina in televisione e per i quali il passaggio in Tv diviene, con il capitale di visibilità e notorietà che ne deriva, la consacrazione per carriere accademiche e cliniche.

3. L'*infotainment* come formula del racconto della salute

L'ibridazione con le formule dell'intrattenimento è una caratteristica tipica dell'informazione contemporanea, una tendenza attiva dall'arrivo dei canali commerciali in Europa (C. Penati, 2017). La contaminazione con l'intrattenimento ha permesso al racconto della medicina di conquistare il *prime time*. Nel 1996 *Elisir*, programma di cui è autore e conduttore Michele Mirabella, introduce ulteriori novità sulle modalità di narrazione e rappresentazione della salute in televisione. È concepito sin dall'inizio come un programma fedele agli obiettivi del servizio pubblico, ma nello stesso tempo appare necessario produrre un'architettura della narrazione innovativa, divertente, gradevole, che possa essere sostenuta anche dal gradimento del pubblico, in modo da validarne la sostenibilità della collocazione in prima serata. Due esigenze che in *Elisir* non appaiono contraddittorie: la salute deve essere quindi raccontata in modo attraente, pur mantenendo il rigore e la serietà scientifica necessaria ad un programma sulla salute. In un'intervista realizzata anni fa per un progetto di ricerca su medical-drama e infotainment di ambiente sanitario (A. Dionisio, 2009), Michele Mirabella precisò

"Il programma nasce da una richiesta che poco più di dodici anni fa mi venne fatta dalla direzione della Rai: dovevo aiutarli a metter in piedi un programma sulla salute che fosse pienamente in linea con gli obiettivi del servizio pubblico, ma nello stesso tempo che fosse un programma divertente e piacevole in modo da raccontare la salute in modo innovativo. Gli obiettivi erano informare e intrattenere, dovevamo quindi costruire una rubrica sulla salute particolarmente attraente, da collocare in prima serata. Era una bella sfida".

Anche la scelta del conduttore è fatta in questo senso. Michele Mirabella prima di *Elisir* era regista, attore di teatro, autore per la radio, il cinema e la televisione, nonché curatore della regia di numerose opere liriche. Un professionista colto e creativo, ma per nulla vicino al contenuto della trasmissione: la salute. La scelta di affidargli il compito di creare un programma che rappresentava una scommessa per il servizio pubblico italiano, esprime la

volontà di dar vita a qualcosa di nuovo nel panorama televisivo sul tema "salute e benessere". Non solo, lo stile di conduzione è naturalmente orientato al ruolo di intrattenitore: Mirabella, infatti, non ricopre il ruolo di conduttore esperto ma intrattiene gli ospiti in studio e gli spettatori da casa, giocando molto sui collegamenti tra le interviste agli ospiti in studio ed i temi della puntata, attraverso passaggi narrativi che evidenziano la sua provenienza dal mondo dello spettacolo e del teatro. In questo caso specifico, il conduttore è il programma, in quanto il suo stile e le sue modalità narrative imprimono uno stile molto definito e personale alla trasmissione. Consideriamo, ora, la struttura della trasmissione nelle sue edizioni per la prima serata. Ospiti in studio erano due VIP, cantanti, attori, conduttori coinvolti, durante la puntata, insieme ad un ospite del pubblico, in un *quiz*. Ogni puntata dedicava, inoltre, spazio a collegamenti da reparti ospedalieri dai quali specialisti effettuavano una vera e propria lezione, caratterizzata da un linguaggio piuttosto tecnico e da spiegazioni dettagliate sull'argomento. In questo ambito, il sapere medico non veniva alleggerito in virtù di una banalizzazione dei temi ma piuttosto rispettato nella sua complessità. Il sapere esperto restava tale, ma veniva mitigato dalla presenza del dott. Gargiulo, medico di medicina generale e conduttore, sin dall'inizio del programma, al fianco di Michele Mirabella. Infatti, se come abbiamo detto, il ruolo di conduttore intrattenitore è rappresentato da Mirabella, la conduzione coadiuvante è affidata al dott. Gargiulo. La sua presenza è l'anello di congiunzione tra sapere esperto e sapere profano. Iperspecializzazione e capacità di trasferire idee complessive sulla salute riescono a convivere, con la presenza di specialisti, i cui messaggi vengono semplificati e snelliti dal "medico di famiglia" che aiuta la comprensione e realizza una continua opera di modulazione del linguaggio dello specialista a favore di una chiarezza di contenuti e di obiettivi rivolta agli utenti. Inoltre, il dott. Gargiulo durante il *quiz* si confrontava con i partecipanti per segnalare le risposte corrette e fornire loro le dovute spiegazioni. In questo modo, c'era un sapere mediano collocato tra il sapere esperto e quello profano, avviando un dialogo di intermediazione che coinvolgeva lo spettatore e non lo estraniava dal sapere medico, così come il sapere medico non veniva violato nelle complesse sfaccettature per essere piegato a semplificazioni televisive. Si ampliava, quindi, il discorso sulla salute intendendo per benessere un territorio da conquistare con la conoscenza e con la pratica quotidiana.

Elisir valorizza il ruolo dell'individuo nel prendersi cura del suo corpo e trasferisce messaggi sulla salute in cui si comprende bene che i piccoli malanni del quotidiano si integrano nel vivere sociale e possono essere tenuti sotto controllo solo attraverso la consapevolezza e l'adozione di stili di vita sani. Completiamo questa descrizione del valore innovativo del programma con le parole di Michele Mirabella nell'intervista prima richiamata

"Elisir non è un programma in cui si elencano disturbi e patologie, ma è un 'luogo' in cui si incontrano persone interessate a sapere ascoltare il proprio corpo, e disponibili ad apprendere quelle pratiche quotidiane che consentono di acquisire stili di vita sani per prevenire e promuovere complessivamente la salute. Senza allarmismi. Senza trionfalismi. Ma con tranquillità e sempre sorridendo".

Dal 2012 il programma cambia collocazione e diventa uno spazio quotidiano della mattina di Rai3, fino al 2017.

Nel tratteggiare i passaggi significativi della medicina che si fa formula del racconto televisivo, snodo centrale nell'attivazione di un nuovo coinvolgimento dei pubblici è rappresentato da uno dei prodotti culturali ideato dal più celebre divulgatore italiano a cui questo volume è dedicato: Piero Angela. Nel programma "La macchina meravigliosa" in onda su Rai 1 nel 1990, il corpo umano veniva esplorato attraverso l'interazione con organi, tessuti e cellule da parte del conduttore-esploratore. Si tratta delle prime embrionali manifestazioni delle tecnologie di rappresentazione grafica al computer applicate ad una produzione televisiva. Inizia una nuova fase di divulgazione grazie a tecniche innovative che producevano effetti speciali molto efficaci: Piero Angela poteva camminare tra i tessuti cellulari ridotto alle dimensioni di un batterio e descrivere ciò che incontrava. Producendo, inoltre, un altro effetto molto curioso per i pubblici di allora: conduceva il programma da studio dialogando con la sua versione in miniatura dentro il corpo umano.

Un nuovo modo di spettacolarizzare le nozioni scientifiche, attraverso tecniche visive accattivanti in grado di conquistare generazioni di pubblici, che scoprivano l'interesse attorno

a temi che – prima percepiti come distanti e ostici – iniziavano a divenire curiosi ed affascinanti. Le animazioni a effetti speciali rendevano più chiari in modo creativo i concetti affrontati nelle varie puntate.

Il mio viaggio era molto complicato, a volte, addirittura rocambolesco: di volta in volta con abiti diversi – da alpinista, da sub, e persino in smoking – mi aggiravo nei vari tessuti; per esempio scendendo nell'esofago con una scaletta a corda, volando a bordo di un globulo rosso, arrampicandomi su una papilla gustativa, scivolando sulle fibre cardiache, remando su una barchetta dentro la cistifellea, muovendomi con un ascensore lungo la trachea, nuotando dentro il flusso sanguigno (P. Angela, 2017, pp. 168-169).

Tale spettacolarizzazione attraeva un grande pubblico, spiegando in maniera corretta il funzionamento del corpo.

4. Tg2 Medicina 33: la voce di una divulgatrice, giornalista e conduttrice

Tanti sono i programmi che nel corso degli anni, sulla traccia di quelli appena descritti, hanno continuato ad essere dei riferimenti per i pubblici rispetto alla conoscenza su salute e benessere. Considerando i palinsesti Rai di questa stagione televisiva, ricordiamo il ritorno di *Check Up* con Luana Ravegnini la domenica mattina su Rai 1; *Buongiorno Benessere* condotto da Vira Carbone il sabato su RaiUno; il già analizzato *Elisir* da lunedì a venerdì su Rai3, che dopo una pausa di tre anni nel 2020 ritorna in palinsesto.

Tra i più longevi programmi dedicati al racconto del mondo medico, con consigli, novità tecnologiche e commenti di esperti, *Tg2 Medicina 33* ci sembra nel panorama televisivo attuale aver saputo equilibrare la qualità del sapere scientifico con l'interesse che lo storytelling mediale deve suscitare. Restituiamo, in questa parte del contributo, il punto di vista di chi quotidianamente riesce a trasmettere i contenuti della scienza, rendendo partecipi i cittadini dei continui progressi: la conduttrice e curatrice di questa rubrica, Laura Berti.

Fin dal primo passaggio dell'intervista, la giornalista individua le linee guida della realizzazione dei servizi nell'estremo rigore nella selezione delle fonti, la scelta dei temi da trattare effettuata congiuntamente a esperti medici e la poca spettacolarizzazione ed effetti emotivi.

"Imprescindibile è la verifica delle informazioni, il rispetto degli intervistati, il proporre medici e strutture accessibili a tutti. La notizia è per noi l'informazione che può essere utile a chi guarda, fornendo tutte le indicazioni perché le persone possano giudicare quanto quel tipo di terapia o di struttura, possano essere utili a loro o a persone di loro conoscenza. Spessissimo questo Tam Tam si verifica e ce ne accorgiamo dalle visualizzazioni sui social e dalle condivisioni di un certo servizio o di un'intervista".

Il giornalista medico-scientifico ha il compito di favorire un approccio razionale e costruttivo alla salute e alla sua tutela, in opposizione ai condizionamenti dell'emotività che può trasformare la malattia in mistero indecifrabile e imponderabile. Oltre a possedere le conoscenze scientifiche, il bravo divulgatore deve anche conoscere la sensibilità del suo pubblico. Una sensibilità che è cambiata nel corso del tempo e che ha messo alla prova di un profondo mutamento la narrazione della salute e del benessere

"Cambiata moltissimo. Alcuni argomenti considerati tabù, come il cancro o la sessualità, sono oggi "sdoganati". Questo ha richiesto coraggio, fatica e determinazione nell'abbattere la resistenza di chi temeva non fossero argomenti da trattare in tv".

Una metamorfosi che passa anche da uno scenario comunicativo completamente rinnovato dai social media. Raggiungere i pubblici oggi, si sa, richiede l'osservazione della relazione di crescente sinergia delle piattaforme di social network con il sistema televisivo nel suo complesso (P. Carelli, 2017). Social che rappresentano fonti di informazioni molto attraenti

per gli utenti e che hanno reso necessarie strategie di rinnovamento in uno scenario di sempre maggior condivisione e visibilità.

"Abbiamo aumentato la nostra presenza sui social ed abbiamo fatto entrare nelle nostre puntate alcune informazioni dei social: quando interessanti abbiamo approfondito, quando fake, abbiamo allertato i telespettatori".

Dalle parole della giornalista emerge evidentemente una grande attenzione e cura nei confronti della domanda informativa del pubblico; alla domanda su cosa oggi significhi divulgazione risponde infatti

"Significa in realtà rispondere alle richieste e alle esigenze del pubblico che negli anni ha chiesto sempre più di essere informato sulla salute. Dobbiamo però porre a questo una particolare attenzione perché, dopo la tempesta informativa in seguito al covid, le persone potrebbero essere sature di informazione sulla salute e questo è pericolosissimo per molti motivi…"

Il Rapporto Censis *I media dopo la pandemia* (2021) rivela che durante l'emergenza pandemica la maggioranza degli italiani ha privilegiato l'informazione istituzionale dei telegiornali, utilizzati dal 60,1% della popolazione. Nell'ultimo anno, le insidie dell'*overload* informativo, avvertite dai pubblici, li hanno spontaneamente orientati ad un ricentraggio su palinsesti informativi autorevoli. Questo vale tanto per gli spazi del web in cui intercettare le conoscenze sulla salute, di cui si ha bisogno, ma riguarda genericamente le fonti d'informazione preferite (A. Cava, A. Dionisio, 2022). Il crescente interesse per le notizie di tipo scientifico e medico ha generato due schieramenti tra i pubblici rispetto al giudizio sulla presenza sulla scena mediatica degli esperti nei vari campi della medicina: è positivo per oltre la metà degli italiani (54,2%), perché sono stati indispensabili per avere indicazioni sui comportamenti corretti da adottare (15,5%) o perché sono stati utili per comprendere quello

che accadeva (38,7%). I giudizi sono negativi invece per il 45,8%, in quanto sono stati inutili e hanno creato confusione e disorientamento (34,4%) o sono stati addirittura dannosi, in quanto hanno provocato allarme (11,4%).

Questo ricorso ai saperi esperti presenta una singolare ambivalenza. Da un lato infatti vi è l'idea implicita che affidarsi ai detentori di un sapere scientifico e tecnico "oggettivo" ci consenta di liberarci dal rischio del fidarsi poiché essi sono ritenuti intrinsecamente degni di fiducia. Dall'altro lato la fiducia nei sistemi esperti è accompagnata da una profonda incertezza che deriva dal fatto che questi saperi si collocano comunque al di là della capacità di comprensione e controllo dei "profani" e quindi ad essi si chiede costantemente di "dimostrare" la credibilità che essi pretendono di avere (A. Belardinelli, G. Gili 2020: 89-90).

La centralità delle telespettatrici e dei telespettatori viene ribadita anche quando Laura Berti immagina il futuro dell'informazione sulla salute e dei bisogni informativi dei cittadini sul tema

"I bisogni informativi saranno sempre in crescita anche per le trasformazioni del nostro Servizio Sanitario Nazionale, ma soprattutto per la ricerca che procede a passi da giganti in molti campi. Il futuro dell'informazione sulla salute lo vedo come un impegno crescente nell'essere più vicini al pubblico e nella possibilità di una maggiore interazione".

5. Conclusioni… e ora verso quale rotta?

La medicina, se presentata in modo adeguato, può conquistare ampie platee.

Durante la pandemia, e nell'immediata fase post pandemica, i professionisti della comunicazione pubblica della salute hanno vinto a mani basse: sono stati cercati per indicare la rotta, sono stati accontentati tempestivamente quando avevano esigenze di comunicazione. Come non accordare uno spazio di intervista al professionista della salute su questo e quel

tema? Perché l'attenzione del pubblico era ed è rimasta altissima per lungo tempo. Non solo, oltre al Covid, non dimentichiamo gli effetti del long Covid (malessere diffusi, stanchezza, problemi più significativi…) e del post- Covid (problemi psicologici, del neurosviluppo…), un'onda lunga della comunicazione sui temi salute, benessere e prevenzione che ha occupato, fagocitandoli, i palinsesti e anche i telegiornali. I TG regionali, ad esempio, sono diventati programmi di informazione sulla salute. E poi, e poi basta. Siamo arrivati all'assoluta saturazione del tema, con una presa di distanza dell'informazione sulle tematiche motivata dal fatto che "la gente non ce la fa più". L'ultimo Rapporto Censis dal titolo i *Media delle crisi*, rivela che gli utenti italiani hanno rimodulato la propria dieta mediatica compiendo scelte a favore del mondo digitale, a svantaggio dell'informazione mainstream. I telegiornali nel 2022 perdono il 9% degli spettatori. Si è affievolita anche la fiamma per le notizie di tipo medico-scientifico alimentata dalla pandemia, stanchi di infettivologi e virologi, gli italiani riscoprono una nuova voglia di leggerezza: notizie più frivole relative a stili di vita, viaggi e cucina.

Così lentamente il tema salute è stato ridimensionato tornando ad essere ad appannaggio dei programmi dedicati e non più espandendosi in altri tipi di contenitore. Programmi dedicati, che sono sempre più rivolti all'ottica della prevenzione, tornano temi "sorridenti" dello star bene, la dieta mediterranea, lo sport ecc…. Ci liberiamo dell'infettivologia, guardiamo al vivere bene, resta alta l'attenzione – almeno mediatica – sulla parte psicologica e psichiatrica perché, come è ovvio, sta emergendo ora, soprattutto sugli adolescenti, il risvolto più cupo della pandemia.

Dove andiamo quindi? Verso un riequilibrato rapporto tra cittadini e informazione sulla salute, alla ricerca di nuovi linguaggi rivolti ad una platea meno profana (più o meno consapevolmente, più o meno a ragione), una platea più alfabetizzata, una platea che si rende parte attiva di comunità di scambio online dove questo o quel servizio video diventa oggetto di nuove narrazioni. Ancora più oggi il servizio pubblico è chiamato a rigore ed attenzione nella divulgazione dei temi, proprio per la sua capacità di moltiplicare pubblici, commenti e presenza su piattaforme, senza mai trascurare la capacità di essere in grado di attrarre pubblici variegati, vestendosi con la giusta dose di appeal.

6. Bibliografia

Angela P., *Il mio lungo viaggio. 90 anni di storie vissute*, Mondadori, Milano, 2017.

Belardinelli S., Gili G., *Fidarsi. Cinque forme di fiducia alla prova del Covid-19*, in «Mediascapes Journal», 15/2020, pp. 80-98.

Carelli P., *Quando la tv incontra la rete: la social tv*, in Scaglioni M, Sfardini A., *La televisione. Modelli teorici e percorsi di analisi*, Carocci, Roma, 2017.

Cava A., Dionisio A., *Dalla disintermediazione digitale alla re-intermediazione. Le diete informative dei pubblici italiani durante l'emergenza sanitaria*, in Dionisio A. (a cura di), *Comunicazione, reti e relazioni nel caleidoscopio della pandemia. Sfocature e nuovi assetti in un approccio multiprospettico*, Ateneapoli, Napoli, 2022.

Censis, *18° I media delle crisi,* Roma, 2022.

Censis, *17° Rapporto sulla comunicazione. I media dopo la pandemia*, Roma, 2021.

Dionisio A., *Quando la medicina si fa in tv. Benessere, salute e professione sanitaria rappresentate nel piccolo schermo*, Guida, Napoli, 2009.

Fiacco A.M, *Fare televisione. I format*, Laterza, Roma-Bari, 2013.

Gisotti R., *Tv buona dottoressa? La medicina nella televisione italiana dal 1954 a oggi*, Rai-Eri, 2010.

Guizzardi G., (a cura di), *Star bene. Benessere, salute, salvezza tra scienza, esperienza e rappresentazioni pubbliche*, Il Mulino, Bologna, 2004.

Leonzi S., *La salute tra norma e desiderio*, Meltemi, Roma, 1999.

Morcellini M., *Antivirus. Una società senza sistemi immunitari alla sfida del Covid-19*, Castelvecchi, Roma, 2020.

Penati C., *I generi televisivi come pratiche*, in Scaglioni M., Sfardini A. (a cura di), *La televisione. Modelli teorici e percorsi d'analisi*, Carocci, Roma, 2017.

Katia Trifirò

La divulgazione scientifica sul palcoscenico del piccolo schermo. Piero Angela e "Quark"

1. In premessa: la scienza come metodo. – 2. Il contributo metodologico dei Performance Studies. – 3. La performance televisiva di Piero Angela. – 4. Bibliografia

1. In premessa: la scienza come metodo

Il presente contributo mira ad analizzare alcune delle modalità specifiche della comunicazione della scienza adottate da Piero Angela nell'ideazione e conduzione di *Quark*, la storica rubrica della Rai andata in onda per la prima volta il 18 marzo 1981 e divenuta, con tutte le rubriche-satellite a cui ha dato vita, la più longeva tra le trasmissioni scientifiche dei palinsesti nazionali (A. Grasso, 2003, 571). L'obiettivo è quello di verificare come la figura di Angela, al quale lo spettatore riconosce e accorda autorevolezza e credibilità, sia uno degli elementi centrali per la creazione di un patto di fiducia tra il pubblico e il conduttore, a partire dalla condivisione di quello stesso universo valoriale, fondato sul criterio della scienza come strumento di lettura della realtà, che egli incarna e di cui si fa mediatore.

L'analisi terrà conto dello scenario televisivo in cui si colloca la storia di *Quark*, per provare ad indagare come avviene il coinvolgimento dello spettatore televisivo nel racconto della scienza, rendendo accessibili ad un pubblico non esperto contenuti di tipo specialistico, secondo uno dei tratti che maggiormente definiscono il modo di condurre di Piero Angela. La capacità di esporre argomenti complessi in modo chiaro e comprensibile, con la curiosità e i dubbi dell'uomo comune, esplorando gradualmente le questioni scientifiche, è una delle qualità più apprezzate dello stile comunicativo del giornalista e divulgatore che, sin dalla prima puntata, unisce il rigore dell'argomentazione alla ricerca di un linguaggio adeguato alle caratteristiche del piccolo schermo e alle sue progressive innovazioni[1].

[1] L'attenzione al linguaggio si accompagna, nelle strategie comunicative di Piero Angela, alla ricerca di nuove possibilità creative per la divulgazione in televisione. Basti pensare prima all'introduzione delle animazioni firmate da Bruno Bozzetto per la realizzazione di interi servizi e, poi, alle nuove tecniche sperimentate negli anni

Catturare l'interesse degli spettatori, tenendo conto del fatto che il mezzo televisivo rappresenta spesso per molti di essi l'unico punto di contatto con le dinamiche della scienza, significa, dal punto di vista del conduttore, assumere una funzione di mediazione, che implica una responsabilità verso il pubblico e, al tempo stesso, verso il lavoro dei ricercatori. Un compito che Angela, ispirandosi ai modelli britannico e statunitense della divulgazione scientifica, inizia a sperimentare nelle trasmissioni degli anni Settanta che precedono *Quark*, con l'obiettivo di produrre contenuti di alta qualità fruibili attraverso la semplicità del linguaggio.

In considerazione del ruolo sociale della televisione, in quanto medium egemone nella costruzione di uno spazio pubblico nazionale, con il lancio della trasmissione egli intende contribuire alla diffusione di una coscienza pubblica sulla dimensione globale degli sviluppi della scienza e della tecnologia, ma punta soprattutto a rendere popolare la cultura scientifica, cosciente della condizione marginale in cui quest'ultima versa nel nostro Paese. È qui che interviene «l'importanza della divulgazione nell'aiutare persone di ogni livello culturale a comprendere il ruolo della scienza e della tecnologia, grazie a un linguaggio (inteso nel senso più ampio) che possa far capire che hanno importanza non soltanto i singoli eventi (la conta delle galassie, la pecora Dolly, l'ultimo tipo di computer, o il nuovo farmaco contro l'Alzheimer)», poiché quello che conta «è capire come la conoscenza scientifica e l'innovazione tecnologica siano strumenti straordinari per 'leggere' e trasformare il mondo in cui viviamo» (P. Angela, 2009).

Il programma non si limita infatti a presentare la scienza come strumento di emancipazione necessario al progresso sociale, per generare in pubblici numerosi e diversi la consapevolezza del ruolo centrale del sapere scientifico e della tecnologia nella modernizzazione del Paese, ma cerca di fare della scienza stessa una chiave interpretativa per orientarsi nel presente e per affrontare le sfide del futuro, in quanto "metodo" per esplorare la realtà. Ad emergere è «l'idea di fondo che la scienza non è un semplice aggregato di leggi,

Novanta, a partire dalla serie documentaristica *La macchina meravigliosa* (1990), con la creazione di un "doppio" in miniatura del conduttore, una sorta di *avatar* ante litteram, pensato come un esploratore in giro dentro il corpo umano per illustrare e spiegare il funzionamento di organi, cellule e tessuti: un "inviato speciale" collegato con Piero Angela presente in studio. Un modello di successo anche all'estero e utilizzato per serie successive come *Il pianeta dei dinosauri* (1993, con Alberto Angela) e *Viaggio nel cosmo* (1998, ideata da Piero e Alberto Angela e condotta da Piero), il ciclo dedicato all'esplorazione dell'universo.

teorie, osservazioni, esperimenti e applicazioni tecnologiche, ma un sistema di parti interagenti in modo tale che mutamenti locali si riverberano sull'intero sistema producendo crescita e arricchimento globale» (A. Angelini, 1982, 16).

Non solo, quindi, l'impegno per la circolazione di contenuti scientifici attraverso il mezzo televisivo, come avveniva già nelle prime trasmissioni Rai di taglio divulgativo, ma l'affermazione della scienza come via d'accesso per la produzione e l'acquisizione di nuova conoscenza, separando i fatti dalle opinioni, dalle credenze e dalle leggende, in un processo di sperimentazione, dimostrazione e verifica continua, fondato sulla ricerca e sul piacere della scoperta. La scienza come metodo, in definitiva, che richiede regole e severità nelle procedure e che comporta integrità morale da parte di chi opera: «Anche questo è il ruolo della divulgazione: spiegare l'etica che è alla base della correttezza scientifica, e che deve sempre essere rispettata» (P. Angela, 2009).

È quest'ultimo aspetto, in particolare, a caratterizzare il profilo intellettuale di Piero Angela, dalla fondazione di un vero e proprio genere televisivo, che promuove un'informazione di tipo scientifico rivolta al grande pubblico e inaugura la tradizione documentaristica nella storia italiana del piccolo schermo[2], all'intensa produzione saggistica che, spaziando dalla biologia alla psicologia, dalla fisica agli sviluppi tecnologici, dai sistemi complessi all'evoluzione umana, dall'astrofisica ai problemi ambientali, costituisce una parte cospicua di quell'opera di divulgazione della cultura scientifica di cui Angela rappresenta un'icona per intere generazioni.

Tradotti in varie lingue, i libri riflettono l'allargamento dell'orizzonte disciplinare sperimentato progressivamente nelle varie rubriche nate da *Quark* e nei numerosi programmi televisivi derivati, ma rivelano anche l'urgenza della testimonianza diretta, attraverso la scelta di un altro mezzo espressivo, quale quello della scrittura, per contribuire allo «sviluppo di una nuova mentalità» come possibile antidoto al «gravissimo ritardo culturale a entrare

[2] Come segnala Aldo Grasso, *Enciclopedia della Televisione*, Milano, 2003, p. 203, in Italia, a differenza ad esempio dei paesi anglosassoni, il documentario informativo non è mai stato attrattivo, poiché usato perlopiù per riempire eventuali buchi nella programmazione ordinaria, in base a criteri di lunghezza e non di contenuto, e, dunque, percepito come "punitivo" dal punto di vista del telespettatore. Fa eccezione la divulgazione scientifica che, con conduttori come Piero Angela o Giorgio Celli, ha personalizzato il documentario, attraverso una spiegazione, una premessa, una contestualizzazione entro un universo di senso più vasto. Una strategia che rientra in quella "personalizzazione" del discorso sulla scienza di cui il conduttore in studio si fa garante rispetto al pubblico.

nella modernità» diagnosticato, anche in tempi recenti, nelle vicende del nostro paese (P. Angela, 2022, 13). L'appello è contenuto nell'ultimo volume pensato da Angela e pubblicato postumo, dal significativo titolo *Dieci cose che ho imparato*, che, pur attraversando un'ampia varietà di temi rappresentativi degli interessi dell'autore, illustrati con il consueto stile divulgativo, assume decisamente la caratura di un lascito morale, presentandosi come un viaggio dentro un percorso personale di conoscenza, offerto al lettore con l'obiettivo di condividere proposte, suggerimenti, punti di vista.

Connettendosi profondamente alle ragioni originarie della passione per la divulgazione scientifica, coltivata con professionalità e rigore, quest'ultima opera ribadisce il valore del metodo scientifico come strumento di civiltà, da applicare alla politica e alla vita di tutti i giorni, secondo un insegnamento variamente ripreso a partire dall'esperienza di *Quark*. Proprio il metodo scientifico, infatti, è alla base di quella mentalità auspicata da Piero Angela per affrontare il presente e "prepararsi al futuro", parafrasando il titolo di uno dei suoi fortunati programmi, rivolto ai giovani come interlocutori privilegiati, sulla scia di una progettualità "didattica" fondata sul dialogo con esperti in diversi campi del sapere e orientata verso la visione di un futuro sostenibile, in cui migliorare come individui e come collettività.

In questo itinerario estremamente coerente, che intreccia la biografia personale e professionale di Angela con la storia stessa della divulgazione scientifica nella televisione italiana, sembra risiedere una delle motivazioni dell'efficacia di una strategia comunicativa fondata sulla fiducia nei confronti della scienza come criterio per comprendere un mondo in continua evoluzione e per agire nella vita di tutti i giorni con maggiore consapevolezza, responsabilità e spirito critico: una eredità etica sempre attuale.

2. Il contributo metodologico dei Performance Studies

Secondo il paradigma metodologico dei Performance Studies teorizzato da Richard Schechner, si potrebbe dire che più un ruolo sociale è pubblico, più è simile al teatro. Per questa ragione, così come nello spazio teatrale l'attore mette in scena il proprio personaggio ricorrendo ad un sistema di tecniche codificate e, dunque, stabilendo con lo spettatore un patto fondato sulla sospensione dell'incredulità, allo stesso modo si possono individuare e

analizzare le modalità "messe in scena" nel contesto pubblico per la costruzione e la rappresentazione dello specifico ruolo da interpretare. Anche il conduttore televisivo, in questa prospettiva, può essere studiato come un performer, che dalla vita quotidiana entra in uno spazio extra-quotidiano, quello della "scena" televisiva, adeguando il proprio comportamento al contesto, alle aspettative e agli obiettivi che il ruolo richiede.

Nella proposta teorica schechneriana, la performance si rivela in una molteplicità di istanze e modalità: «deve essere concepita come un ampio spettro o un continuum delle azioni umane che varia dal rituale al gioco agli sport, alle occasioni di svago in genere, alle arti performative (teatro, danza, musica) e a tutto ciò che nella vita quotidiana costituisca una rappresentazione dei ruoli sociali, professionali, di classe, di genere e di razza, e a tutto ciò che riguardi il prendersi cura (dallo sciamanesimo alla chirurgia), i media, internet» (R. Schechner, 2018, 29). La nozione implicita è che ogni azione inquadrata in un contesto, rappresentata, presentata, enfatizzata sia una performance e che, dunque, possa essere analizzata come tale, osservandola in quanto elemento attivo di una relazione: «Qualsiasi cosa venga studiata nell'ambito dei Performance Studies, è esaminata come pratiche, eventi, comportamenti, non come oggetti o cose. Questo aspetto vitale – anche quando si abbia a che fare con i media o i materiali d'archivio – è il cuore dei Performance Studies» (ibidem).

L'osservazione del comportamento umano, individuale e sociale, come un genere di performance e, specularmente, lo studio delle performance – teatro, danza e altre forme d'arte – come un genere di interazione, personale o sociale, costituiscono i due campi principali della teoria della performance (R. Schechner, 1983, 12). L'attraversamento e l'ibridazione dei confini tra il coefficiente di teatralità della vita quotidiana, da una parte, e il modello funzionale offerto dalla metafora del mondo come grande teatro, dall'altra, determinano uno spazio di soglia, in un processo di rispecchiamento continuo tra generi artistici e scienze sociali: «Tutto il mondo non è, naturalmente, un palcoscenico, ma i caratteri decisivi per cui non lo è non sono facilmente specificabili» (E. Goffman, 1968, 84).

In chiave strettamente teatrale, la relazione tra attore e spettatore, condizione necessaria e ontologicamente costitutiva del fenomeno vivente del teatro, mette in gioco una molteplicità di questioni, che si riverberano al di fuori del perimetro scenico. Tra queste, c'è la trasmissione della conoscenza, destinata ad assumere, nelle dinamiche teatrali, la forma di

un "sapere in azione" (F. Deriu, 2012; 2013), che si compie «*nel* corpo e *mediante* il corpo» (M. De Marinis, 2017, 169). Il corpo del conduttore come catalizzatore nel discorso sulla scienza, in quanto medium di incontro tra i saperi specialistici "tradotti" per il piccolo schermo e il pubblico a cui sono destinati, è una delle prospettive attraverso cui interpretare il successo del "metodo Angela" in tv. La scelta di un codice estetico sobrio e la *medietas* come criterio su cui impostare il tono di voce e al quale adeguare il registro linguistico, sono elementi che concorrono all'autorappresentazione dell'immagine che egli intende offrire di sé, "personalizzando" ogni elemento della trasmissione e creando quell'accordo valoriale con il pubblico al quale accennavamo in premessa.

Attingendo ancora alla metafora teatrale, così come «gli attori entrano in contatto, recuperano, ricordano, e a volte inventano» (R. Schechner, 1984, 215) alcuni tipi di comportamento, per poi ri-presentarli al pubblico, destinatario dell'azione performativa, allo stesso modo il concetto di "comportamento recuperato" è centrale in tutti i tipi di performance, non solo quelle artistiche: «Recuperare un comportamento passato significa trattare una parte di vissuto, come un regista tratta la sequenza di un film» (ivi, 213). Dal corpo deriva la sua capacità di mediare tra gli eventi passati, che vengono attualizzati perché riproposti nel presente, e i mondi alternativi offerti all'immaginario dello spettatore. Ri-arrangiare, attraverso la sapienza "corporea", pezzi di comportamento, in stretta connessione con una determinata situazione comunicativa, con il ruolo da interpretare e con lo scopo da perseguire, significa agire dentro una partitura, allo stesso modo del "come se" teatrale: dalla vita quotidiana alle performance pubbliche, il comportamento recuperato si può indossare come una maschera o un costume.

Sondata nei suoi aspetti metaforici in innumerevoli luoghi della letteratura di ogni tempo e genere, da Shakespeare a Goldoni, da Pirandello a Beckett, la contiguità tra teatro e vita quotidiana ispira l'antropologo Victor Turner, compagno di viaggio di Schechner, a riflettere sull'ambiguità del verbo anglosassone "acting", che può significare agire nella vita quotidiana, oppure eseguire una performance, sulla scena o in un tempio. Si tratta di qualcosa che può avereluogo in circostanze ordinarie o straordinarie; può essere un modo di operare o di muoversi, comel'"azione" di un corpo o di una macchina; oppure può essere l'arte o professione di recitare nei drammi. E, ancora, può essere il massimo della sincerità – l'affidarsi

dell'io ad una linea d'azioneper motivazioni etiche, magari per raggiungere la propria "verità personale") o il massimo della finzione, quando si "recita una parte" per nascondere qualcosa o per dissimulare (V. Turner, 1986,183).

Anche per Schechner recitare è una modalità del comportamento collocabile lungo una linea variegata che comprende recitare in scena, recitare in situazioni sociali specifiche, come lecerimonie pubbliche, recitare nella vita quotidiana: «sono sfumati i confini che separano la vita quotidiana dai ruoli sociali e familiari o i ruoli sociali dai ruoli lavorativi, la liturgia dalla trance,recitare in scena dal recitare fuori scena» (R. Schechner, 2018, 283), in un processo di continuo scambio tra una categoria e l'altra reso ancora più complesso e stratificato dai media. In questo contesto, il ruolo della televisione è stato preso in considerazione dallo studioso soprattutto in riferimento alla *reality tv*, a partire da uno degli show più popolari d'America, *Survivor*, trasmesso per la prima volta nel maggio del 2000 e fondato programmaticamente sulla cancellazione della distinzione tra realtà e messa in scena. Nel 2012, registra Schechner, il sito realityword.com riportava la presenza di oltre 450 *reality*, format che offre allo spettatore «il brividodella realtà, della sensualità, dell'imprevedibilità e, grazie allo *status* dilettantesco dei partecipanti – la sensazione che "quello potrei essere io"» (ivi, 225).

L'erosione dei confini tra vita privata e pubblica, realtà e finzione, ma anche tra intrattenimento e cronaca, non è tuttavia una prerogativa esclusiva dei network televisivi. «È tutto intrattenimento ormai e, ironicamente, è proprio lì che si colloca la realtà», afferma lo studioso. «Ciò che è vero per la tv lo è, dunque, in maniera amplificata per internet, dove ventiquattro ore al giorno le webcam trasmettono un flusso continuo di realtà» (ivi, 227). E, ancora: «A che livello sipuò affermare che i *reality* televisivi siano autentici e a che livello artefatti? La stessa domanda tuttavia può essere posta a proposito di una conferenza stampa presidenziale, un reportage, e perfino una diagnosi inviata a un'organizzazione sanitaria per l'approvazione e l'eventuale rimborso» (ivi, 224).

A rendere ulteriormente complesso lo scenario è il legame, evidenziato da Schechner, tra la presenza dei media e l'aspetto culturale più pervasivo della globalizzazione. A ciò si connette anche la riflessione sulla "globalizzazione del tempo libero": «il cinema e la televisione in questo senso hanno un peso determinante nel fornire alla gente la possibilità di esperire l'alterità senza muoversi da casa. I Brasiliani che guardino *Seinfeld* o gli Americani che

guardino uno special del *National Geographic* sono, entrambi, turisti virtuali. Il web ovviamentenon fa che amplificare queste potenzialità» (ivi, 455).

L'esperienza dell'alterità, per una prima provvisoria conclusione, ci riporta al modello teatrale,che, scrive Bettetini, condivide originariamente con il cinema e la televisione la produzione di «una "messa in scena" significante che si svolge entro uno spazio quasi sempre fisicamente e architettonicamente definito e differenziato rispetto a quello della quotidianità», ovvero ilpalcoscenico, il luogo scenico, lo schermo, strumenti espressivi e comunicativi che realizzano concretamente una "alterità" spaziale (G. Bettetini, 1983, 37-38). Se, dunque, il teatro si è sempre posto all'incrocio di tutte le discorsività sociali, «recuperandole sincreticamente al livello dei suoi contenuti e a quello delle sue forme» (ivi, 48), il cinema e la televisione, almeno agli esordi, hanno agito nello stesso modo, «privilegiando il modello teatrale e accentuandone il sincretismo nelle loro pratiche testuali» (ibidem), sino ad un progressivo esaurimento degli aspetti rituali connessi all'istanza collettiva e partecipativa del sociale, sfociato in una sensibile inversione di tendenza.

Possiamo guardare al nostro tempo come momento esplosivo di una molteplicità testuale, che richiede livelli multipli di lettura e che è per sua natura performativa, dal momento che si inscrive nel regno della processualità e si muove seguendo la falsariga dell'azione. Oggi, osserva Schechner, «la diffusione universale della televisione unita alla crescente reperibilità globale di internet muove verso una decisa opzione in favore della comunicazione visuale al di là della più consueta alfabetizzazione» (R. Schechner, 2018, 32). Il mutamento culturale connesso alla profonda rivoluzione che sta attraversando il sistema mediale, inteso come ambiente in cui siamo immersi, o, per usare le parole di Schechner, come "archivio fluttuante della nostra epoca", è la cornice nella quale situare l'indagine sui processi comunicativi, che, sotto la potente spinta della digitalizzazione, riscrivono completamente il nostro rapporto con la realtà.

3. La performance televisiva di Piero Angela

Dalla divulgazione più didascalica, nella televisione degli esordi, ai nuovi formati sperimentati tanto dal servizio pubblico quanto dalle reti private, la narrazione della scienza in tv si è modificata in relazione ai mutamenti del medium stesso e dello scenario mediale

complessivo, abdicando a quella funzione educativa che, nelle intenzioni di Piero Angela, sin dall'epoca di *Quark*, non coincide con un'accumulazione di conoscenze da trasmettere, ma piuttosto con lo sviluppo dell'attitudine ad "imparare ad imparare". Riprendendo le sue parole, «si dice spesso che la cultura è ciò che rimane dopo che si è dimenticato ciò che si è imparato. Ed effettivamente quello che conta è disporre di un quadro d'insieme degli eventi, saper porre (e porsi) le domande giuste, inquadrare i problemi e trovare soluzioni, saper comunicare, individuare connessioni e collegamenti, riconoscere contraddizioni ed incompatibilità, aver imparato ad imparare» (P. Angela, 2022, 14). Per affrontare la complessità del nostro tempo, tuttavia, «in questo straordinario montaggio di idee e di conoscenze» non possono venire a mancare «i "pezzi" fondamentali messi oggi a disposizione dalla scienza e dalla tecnologia» (ibidem).

A partire da tali principi, nel rispetto della deontologia giornalistica, *Quark* inaugura un modo di produrre e trasmettere contenuti informativi che, separando nettamente la conoscenza basata sui fatti dalle suggestioni legate alle opinioni personali e alle credenze diffuse e non dimostrabili, appare nettamente agli antipodi rispetto alla dimensione attuale del dibattito televisivo. La premessa è che mai come oggi scienza e tecnologia rappresentano una presenza pervasiva sui nostri schermi televisivi (F. Neresini, P. Magaudda, 2011), tanto da attraversare tutti i generi di programmi, non solo quelli a vocazione dichiaratamente divulgativa, bensì anche formati, come quello del talk show, in cui, sempre più spesso, agli esperti e agli scienziati vengono affiancati opinionisti e personaggi noti al grande pubblico ma provenienti anche da ambiti molto distanti rispetto alle questioni trattate.

Il connubio tra informazione e intrattenimento condiziona il modo in cui le notizie, dai telegiornali ai salotti televisivi, vengono confezionate e raccontate, con il rischio di generare confusione nell'opinione pubblica e sfiducia nei confronti della scienza. Un effetto particolarmente evidente in una circostanza come quella della pandemia da Covid-19, che se da una parte ha completato il processo di sdoganamento del fenomeno degli opinionisti anche nel campo della salute e della medicina, in un clima generale di forti tensioni, scontri e contraddizioni, dall'altro ha prodotto una sovraesposizione mediatica di virologi, infettivologi, epidemiologi, coinvolti nelle stesse logiche narrative (P. Nucci, M. Scaglioni, 2022).

Tuttavia, se è vero che «in un contesto in cui tutti parlano di tutto, la dimensione emotiva che attiene a un fatto supera in importanza la stessa dimensione fattuale», gli effetti si misurano prima di tutto sul piano della percezione da parte del pubblico: «Ciò che muove gli utenti alla condivisione di una posizione "ascientifica" o all'adesione a modelli di "scientificità alternativa" (dai #novax alle scie chimiche) è la vicinanza emotiva tra pari, in un caso, e nell'altro la sfiducia nel metodo scientifico, che si associa alla retorica della compromissione della scienza con interessi specifici» (F. Pira, A. Altinier, 2018, 102-103). Pertanto, di fronte alla crisi del ruolo della scienza nell'era della post-verità, «la progressiva perdita di fiducia nei confronti dei sistemi che erano delegati ad "amministrare" la conoscenza scientifica e a dire la parola definitiva rispetto a ciò che è vero o falso» (ivi, 102) apre facilmente la strada al fenomeno delle "fake news", enfatizzate dai social network.

Secondo Schechner, ogni performance oscilla tra "finzione" e "fede": nel primo caso, il confine tra ciò che è reale e ciò che invece non lo è appare ben chiaro e delimitato, nel caso opposto, invece, tale limite appare sfumato o intenzionalmente sabotato, con l'obiettivo di generare, letteralmente, un vero e proprio atto di fede: «i bambini che giocano al dottore o che si travestono, sanno di stare fingendo. Sul palcoscenico numerose convenzioni [...] segnano il confine tra finzione e realtà. La gente che guarda un film o una commedia sa che i mondi che vi si rappresentano non sono quelli a cui appartengono gli attori, bensì i loro personaggi. [...] Questa distinzione è stata la prima a essere messa a dura prova dalle avanguardie e a essere corrosa, più tardi, dai media e da internet» (R. Schechner 2018, 93-94).

La pervasività dei media, insieme alla ricerca del protagonismo e all'ossessione per la celebrità tipiche della nostra epoca, hanno fatto sì che "orde di cittadini" abbiano preso "il sopravvento nel business degli atti di fede": «alcuni sono semplicemente venditori da strapazzo di cose che vanno dagli utensili da cucina alle natiche solide sino alla salvezza eterna. Altri sono presentatori navigati, voci e volti familiari che intrattengono il pubblico nel breve intervallo tra le news. Altri ancora sono opinionisti, esperti, economisti, avvocati, generali in pensione – la cui autorevolezza è riaffermata, quando non creata del tutto dalle loro frequenti apparizioni. Poi viene il turno dei cosiddetti "spin doctor" utilizzati dai politici e dalle aziende per capovolgere una cattiva notizia in una buona notizia. Come per i produttori nel dietro le quinte, il loro lavoro è assicurarsi che ciò che accade sia drammatico abbastanza

da attirare l'attenzione del pubblico. Quanto più impressionante è la presenza del pubblico, tanto più lo sarà la presenza degli sponsor. A volte, le news riguardano casi intrinsecamente eccitanti: disastri, guerre, crimini e processi. Ma i burattinai mediatici hanno imparato come drammatizzare il mercato e il clima, come orientare l'interesse del pubblico» (ivi, 94-95).

Prendendo nettamente posizione contro disinformazione e sensazionalismo, mali che affliggono il giornalismo pseudoscientifico, Piero Angela sembra contestare proprio quel "business" degli atti di fede di cui parla Schechner, a cui opporre la netta distinzione tra fatti e opinioni che è propria della scienza e che deve essere assunta da chi intende comunicarla[3]. Questo senso di responsabilità, tanto verso il pubblico quanto il lavoro dei ricercatori, come dicevamo in premessa, diventa il presupposto per comprendere il valore radicale del contributo di Angela alla divulgazione scientifica, dalla radio alla televisione, dai libri al web e persino al teatro, adeguando ai diversi pubblici e contesti una formula comunicativa riconoscibile e apprezzata.

La divulgazione fondata sulla fiducia nella scienza – come metodo accessibile attraverso lo studio, criterio di lettura della realtà, chiave d'accesso alla conoscenza –, si rafforza nella personalizzazione del discorso, attingendo fecondamente ad un repertorio di elementi biografici che contribuiscono a conferire coerenza e credibilità al suo ruolo pubblico. Così, ad esempio, la scintilla che segna il punto di svolta nella sua carriera di giornalista si accende grazie alla passione per l'epopea spaziale, che egli racconta da inviato del telegiornale negli Stati Uniti, entrando direttamente nei laboratori di ricerca e seguendo le tecnologie dei programmi che stavano rendendo possibile il sogno dello sbarco sulla Luna.

«I nomi televisivi associati a quell'impresa in Italia sono quelli degli storici "telecronisti" dell'allunaggio, Tito Stagno da Roma e Ruggero Orlando da Houston; ma alla loro ombra Piero Angela si occupava degli aspetti meno spettacolari, più tecnici, andando a intervistare i progettisti del razzo Saturn, i responsabili dei programmi di volo, i fisici e gli ingegneri che stavano rendendo possibile il più grande sogno dell'Uomo. Fu un'epifania: il contatto con la

[3] La battaglia di Piero Angela su questi temi non punta solo a contrastare il dilagare di irrazionalità e superstizione in tv, ma nasce soprattutto dall'esigenza di intervenire direttamente nel dibattito pubblico: un impegno che si riverbera dai programmi televisivi ai libri, per finire con l'idea del CICAP (Comitato Italiano per il Controllo delle Affermazioni sulle Pseudoscienze), organizzazione educativa senza fini di lucro fondata nel 1989 per promuovere un'indagine scientifica e critica nei confronti delle pseudoscienze, del paranormale, dei misteri e dell'insolito, con l'obiettivo di diffondere la mentalità scientifica e lo spirito critico.

spettacolarizzazione della scienza tipicamente americana – in seguito gli esperti avrebbero parlato di *mediatizzazione* della scienza – suggerì ad Angela la possibilità di sfruttare l'enorme popolarità di certi temi per proporre al pubblico italiano "qualcosa di completamente diverso", non più – o meglio, non solo – in funzione educativa e didattica, ma di vera e propria popolarizzazione, con lo scopo di appassionare il grande pubblico all'impresa scientifica» (Paura, 2022).

È su questa scia che nascono trasmissioni, tra le quali *Destinazione uomo* (1971) o *Dove va il mondo?* (1973), in grado di portare nelle case degli italiani i principali dibattiti della comunità scientifica. Siamo in un clima di intensa sperimentazione di formati e linguaggi, nel quale Piero Angela ricerca la formula televisiva per colmare quell'assenza di cultura scientifica nella società italiana che, a partire da *Quark*, resterà sino alla fine uno degli obiettivi centrali nella sua opera di divulgazione.

La scelta del linguaggio adeguato al medium televisivo e ad un pubblico non specialistico è l'elemento che attiva le strategie narrative modellate in chiave di possibilità di dialogo tra gli scienziati e i telespettatori, garantendo chiarezza e correttezza d'analisi, a partire dal presupposto che divulgare significhi innanzitutto "tradurre" (P. Angela, 2009), ma esercitando anche la capacità di coinvolgere emotivamente, per "accendere" il cervello, suscitare il desiderio di andare avanti, mantenere alta l'attenzione. Un problema, quello del linguaggio, che Angela si pone dichiaratamente sin dalla prima puntata, stabilendo un patto con lo spettatore: esplorare in modo chiaro e comprensibile il mondo della scienza e della ricerca nei suoi vari aspetti.

Proprio l'attenzione al linguaggio e la sperimentazione costante di nuovi formati, seguendo e, in qualche caso anticipando, le possibilità offerte dalle innovazioni che hanno progressivamente trasformato la televisione dagli anni Ottanta ad oggi, sono, come abbiamo rilevato, due degli aspetti significativi del progetto di divulgazione promosso e incarnato da Piero Angela, destinato a diventare volto iconico e familiare della scienza in tv. Un processo che avviene nel segno di quella coerenza personale e professionale che certifica e garantisce, dalla parte del pubblico, la qualità dei contenuti proposti, a partire da un accordo valoriale fondato, appunto, sulla fiducia nella scienza e nel suo metodo.

Alla base di *Quark* vi è lo schema, descritto da Aldo Grasso, che presenta il conduttore come «fonte e principio ordinatore del discorso sulla scienza», «con i suoi atteggiamenti riconoscibili e il suo linguaggio caratteristico, con cui il pubblico può entrare in confidenza» (A. Grasso, 2003, 201). Con la sua presenza in studio, Angela dà corpo ad una formula mista comprendente, tra l'altro, il dialogo con esperti, la trasmissione di documentari, come quelli del *National Geographic* – riproposti in una cornice a propria volta riconoscibile –, e la creazione di una vera e propria storia, con il supporto di immagini e filmati che concorrono a rendere affascinante il racconto della scienza.

Se è vero che non esiste un argomento che non possa essere spiegato a tutti, anche ai bambini, secondo uno dei fondamenti che determinano le scelte comunicative del conduttore, lavorare per il grande pubblico televisivo significa innanzitutto, nella prospettiva di Angela, scegliere un linguaggio non solo chiaro ma anche attraente, attivando la parte razionale e quella emotiva del telespettatore. La consapevolezza di come la chiarezza del linguaggio e l'emotività, unite insieme, possano aprire la strada alla comprensione e all'apprendimento, è ribadita nel principio in base al quale la peggior nemica della cultura è la noia, che deve essere scongiurata con tutti gli elementi a disposizione del divulgatore: creatività, esempi, aneddoti, metafore, racconti, grafiche, animazioni e anche umorismo, per suscitare curiosità e partecipazione in un pubblico molto differenziato per livello educativo, competenze, interessi. Soprattutto in televisione, afferma Angela, se cala l'attenzione cala anche l'interesse, e, di conseguenza l'ascolto: anche per questo è così importante riuscire ad agganciare un vasto pubblico con un linguaggio adeguato, tutelando i programmi culturali, scientifici, educativi dal rischio di essere soppressi e sostituiti da altri generi, come quiz o varietà, e di privare così il pubblico di una risorsa importantissima (P. Angela, 2009).

Ancora una volta, riprendendo le considerazioni iniziali, se la divulgazione scientifica ha come obiettivo quello di aiutare persone di ogni livello culturale a comprendere la funzione della conoscenza scientifica e dell'innovazione tecnologica in quanto strumenti per leggere – e trasformare – il mondo in cui viviamo, in questo impegno intellettuale, al quale Piero Angela ha dedicato tutta la vita, si rivela il ruolo fondamentale della sua figura e della sua intera opera, tra radio, televisione, scrittura e nuovi media, nella storia culturale del nostro Paese. È su questo tema, in definitiva, che si misura la capacità innovativa di Piero Angela nella

comunicazione della scienza, resa accessibile a milioni di italiani, nel segno della razionalità e dell'amore per la conoscenza, facendo della curiosità lo stimolo per esplorare e illuminando le parti nascoste del sapere.

4. Bibliografia

Angela P., *Dieci cose che ho imparato*, Milano, 2022

Id., *Le vie della divulgazione scientifica*, in "Treccani", 2009

Angelini A., *Osservazioni sul valore e i metodi della divulgazione scientifica radiotelevisiva*, in "Bollettino dell'Associazione Italiana di Cinematografia Scientifica", 1982, 15-18

Bettetini G., *Le comunicazioni di massa come teatro, senza soggetto, del quotidiano*, in Vicentini C. (a cura di), *Il teatronella società dello spettacolo*, Bologna, 1983, 33-50

De Marinis M., *Teoria della performance, Performance Studies e nuova teatrologia*, in De Marinis M., Ferraresi R. (a cura di), *Pensare il teatro. Nuova Teatrologia e Performance Studies*, "Culture teatrali", n. 26/2017, 166-175

Deriu F., *Performatico. Teoria delle arti dinamiche*, Roma, 2012

Deriu F., *Mediologia della performance. Arti performatiche nell'epoca della riproducibilità digitale*, Firenze, 2013

Goffman E., *The presentation of Self in Everyday Life*, Garden City, 1959, tr. it. *La vitaquotidiana come rappresentazione*, Bologna, 1968.

Grasso A. (a cura di), *Enciclopedia della Televisione*, Milano, 2003

Neresini F., Magaudda P., *La scienza sullo schermo. Le rappresentazioni della tecnoscienza nella televisione italiana*, Bologna, 2011

Nucci P., Scaglioni M., *Iatrodermia. Vizi e virtù dei medici in tv*, Segrate, 2022

Paura R., *La divulgazione della scienza prima e dopo Piero Angela*, in "Quaderni d'altri tempi", 2022

Pira F., Altinier A., *Giornalismi. La difficile convivenza con fake news e misinformation*, Padova, 2018

Schechner R., *Notizie, sesso e teorie della performance*, in Vicentini C. (a cura di), *Il teatro nella società dello spettacolo*, Bologna, 1983, 11-31

Id., *Sul recupero di comportamenti passati*, in Valentini V. (a cura di), *La teoria della performance (1970-1983)*, Roma, 1984, 213-301

Id., *Performance Studies: an Introduction*, 3rd ed., London and New York, 2013, tr.it. Tomasello D. (a cura di), *Introduzione ai Performance Studies*, Imola, 2018

Turner V., *From Ritual to Theatre. The Human Seriousness of Play*, New York, 1982, tr. it. De Matteis S. (a cura di), *Dal rito al teatro*, Bologna, 1986

Davide Aliberti

Angela e Punset: la divulgazione scientifica nella televisione italiana e spagnola. Modelli testuali e linguistici a confronto

1. Introduzione. – 2. La divulgazione scientifica televisiva in Italia e Spagna. – 2.1 Piero Angela e *Superquark*. – 2.2 Eduard Punset i Casals e *Redes*. – 3. Modelli a confronto. – 4. Conclusioni. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

Nella sua celebre opera del 1964 intitolata *Apocalittici e integrati*, il semiologo Umberto Eco definiva "apocalittici" coloro che si opponevano con tutti i mezzi alla cultura di massa (di cui la televisione, introdotta in Italia nel 1954, era il principale diffusore) e "integrati" coloro che la accoglievano acriticamente in tutte le sue forme. In altre parole, mentre gli apocalittici elaboravano teorie sulla decadenza, gli integrati teorizzavano raramente, preferendo agire, produrre e diffondere quotidianamente i propri messaggi a tutti i livelli. Nella sua approfondita esposizione delle due differenti posizioni, Eco si soffermava su quel fenomeno che il sociologo statunitense Dwight MacDonald definiva *Midcult* (in opposizione a *Masscult*, ovvero la cultura di massa propriamente detta), una cultura media che banalizzava "le scoperte dell'avanguardia", riducendole a elementi di consumo (U. Eco, 2008, 43-44). Dal punto di vista di Dwight (per il quale anche *Il vecchio e il mare* di Hemingway era un'opera *Midcult*), dunque, la divulgazione scientifica televisiva rendeva il sapere della "cultura alta" accessibile all'uomo medio, trasformandolo in una "parodia, una depauperazione, una falsificazione attuata a fini commerciali" (U. Eco, 2008, 42). Tuttavia, Eco faceva notare che se un messaggio è troppo complesso, il ricettore, chiunque egli sia, ne coglierà solo un frammento o vi sovrapporrà "una decodificazione precedente diventata formula", ovvero "messaggi più semplici, in cui appaiano incastonati, a mo' di riferimento eccitante, stilemi tratti da messaggi ormai celebrati per le loro qualità poetiche" (91). Si trattava di una dinamica facilmente riscontrabile nei testi dei programmi di divulgazione scientifica

televisiva, in cui "la ricerca dell'effetto" in senso lato, da Eco chiamato anche "stilema", non intende sostituire il messaggio di prestigio, bensì di costruirne uno nuovo "in cui quello stilema si inserisca e nobiliti il nuovo contesto", soddisfacendo un pubblico desideroso di esperienze qualificate, senza per questo svilirne il messaggio originario (91). È, infatti, esattamente questo genere di operazione che vediamo realizzata in programmi come *Superquark* di Pero Angela o *Redes* di Eduard Punset. Due programmi televisivi di divulgazione scientifica andati in onda rispettivamente sulla rete pubblica italiana e spagnola per un totale di 23 e 17 anni, costituendo in entrambi i casi i programmi di divulgazione scientifica più longevi delle televisioni dei due paesi. Inoltre, gli ideatori e conduttori dei due programmi, Piero Angela e Eduard Punset, hanno incarnato nei loro rispettivi paesi la figura ideale del divulgatore, grazie non solo alla loro lunga presenza sugli schermi, ma anche al loro peculiare modo di comunicare. È proprio il linguaggio di questi due personaggi che andremo ad approfondire, soffermandoci in particolare sui testi di alcuni episodi delle loro trasmissioni più conosciute. A questo proposito, però, è necessaria una precisazione: sebbene il *format* dei programmi di divulgazione scientifica sia generalmente sempre lo stesso, con variazioni minime, i due programmi qui analizzati presentano una differenza sostanziale, che è la durata. Mentre *Superquark* dura circa 110 minuti, *Redes* ne dura appena 30. In termini pratici, *Superquark* si presenta come un *magazine*, un contenitore di rubriche, mentre *Redes* offre l'equivalente di una singola rubrica. Ai fini della presente ricerca, il cui approccio metodologico è costituito dall'analisi comparatistica del discorso dei due conduttori e dei modelli testuali da essi adottati, la durata delle trasmissioni è solo parzialmente rilevante. Così come non risulta particolarmente rilevante il tema o i temi trattati nei singoli episodi. Ciononostante, si è cercato di rispettare una certa coerenza tematica nella selezione delle puntate. In particolare, il corpus selezionato è composto da una puntata speciale di *Superquark* intitolata *Viaggio Alla Scoperta Del Cervello*, trasmessa il 19 dicembre 2013, dalla durata di 115.38 minuti, e da due puntate di *Redes* intitolate: *El alma está en la red del cerebro* (*Redes*, n. 110, 11 novembre 2011, 27.28 minuti) e *La fórmula del cerebro* (*Redes*, n. 111, 16 novembre 2011, 27.26 minuti). L'analisi rivelerà – a fronte di un modello testuale comune che si rifà alla metafora del viaggio – come le strategie impiegate dai due conduttori costituiscono due modi diversi di divulgare

il sapere scientifico, che nel caso di Piero Angela ha finalità più didattiche, mentre nel caso di Punset risulta maggiormente informativo.

È da notare che, mentre su Punset sono già in circolazione diversi studi scientifici, come in particolare la tesi di dottorato di Julio Grosso Mesa intitolata *Ciencia en televisión: las estrategias divulgativas del programa Redes 2.0 de Eduard Punset (TVE, 2008-2013)*, discussa presso l'Università di Granada a maggio 2017 e preceduta da un articolo dello stesso autore pubblicato nel 2013 sulla rivista *Periodística* intitolato *La ciencia en televisión: Redes, el modelo divulgativo de Eduard Punset*, su Piero Angela non è stato possibile trovare contributi scientifici di rilievo, eccetto alcune opere dell'autore stesso, come *Dieci cose che ho imparato* (2022), *Il mio lungo viaggio. 90 anni di storie vissute* (2017) e *Raccontare la scienza* (1998), che si sono rivelate molto utili al fine di comprendere il percorso del divulgatore italiano e lo sviluppo di alcune delle sue strategie comunicative più comuni.

2. La divulgazione scientifica televisiva in Italia e Spagna

I primi programmi televisivi di divulgazione scientifica in Italia risalgono alla seconda metà degli anni 50, ovvero a pochi anni dopo l'introduzione della televisione nel 1954. Tra i primi a riscuotere un certo successo citiamo *La macchina per vivere*, andato in onda nel 1957 e nel 1958 a cura della fisiologa e ricercatrice Anna Maria Di Giorgio. Il programma spiegava le funzioni fondamentali del corpo umano mediante esperimenti e filmati. Successivamente, tra il 1966 e il 1973 andò in onda *Orizzonti della scienza e della tecnica*, a cura di Giulio Macchi, un programma che si proponeva di spiegare al grande pubblico le novità della ricerca scientifica attraverso interviste a famosi scienziati, ma anche a persone comuni alle quali veniva spiegato mediante un linguaggio colloquiale come alcune ricerche avrebbero potuto risolvere molti dei loro problemi quotidiani.

Tra i pionieri della divulgazione scientifica televisiva ci fu anche il programma *Sapere* di Giovan Battista Zorzoli, trasmesso tra il 1967 e il 1976. Il programma, che è da considerare una versione rudimentale dei successivi *Quark* e *Superquark*, era composto da filmati di circa mezz'ora, che venivano successivamente spiegati e commentati dal conduttore. Nel corso delle stagioni il programma subì notevoli mutamenti, tra cui la scomparsa della figura del

conduttore, sostituita da grafici, tabelle e da un maggiore impiego di immagini fisse o in movimento.

Per quanto riguarda la televisione spagnola, che comincia le proprie emissioni il 20 ottobre 1956, l'apparizione dei primi programmi televisivi di divulgazione scientifica avvenne già durante il franchismo (sebbene le tematiche trattate fossero condizionate dagli interessi del regime), in particolare a partire dagli anni 60, periodo in cui emerge la personalità di Luis Miravitlles, creatore di quattro serie di programmi divulgativi di differente durata: *Nueva Época* (1961-1963); *Visado para el Futuro (1963-1965)*, *Las fronteras de la ciencia* (1966), *Misterios al descubierto* (1966-1970) (A. Albertos, M. Ortega Gálvez, 2009, 69).

Dopo la fine della dittatura, questo tipo di emissioni iniziarono a moltiplicarsi. Il primo e più diffuso programma di divulgazione scientifica fu *El hombre y la tierra* (1975-1981) ideato da Félix Rodríguez de la Fuente, ma in quello stesso periodo furono trasmessi almeno altri 14 programmi di divulgazione scientifica, tra cui: *El mundo en acción*, di Miguel de la Quadra Salcedo; *A fondo*, di Joaquín Soler Serrano; *Raíces*, di Ramón Masats; *Treinta años de Historia*, di Ricardo Fernández de la Torre; *Revista de las artes y las letras*, di Carlos Vélez; *Escuela de Salud*, di Manuel Torre Iglesias; *Secretos de las profundidades*, di Eduardo Admetlla; *El Cuerpo Humano* e *La ruta de los Descubridores*, di José M. Reverte (L. Murillo Murillo, 2002, 120).

2.1 Piero Angela e *Superquark*

La carriera televisiva di Piero Angela inizia nel 1952, con l'assunzione in Rai in qualità di cronista per l'allora giornale radio Rai. Pochi anni dopo, con l'avvento della televisione, Angela passò al telegiornale, che condusse nel 1968 e nel 1976. Nel corso degli anni fu corrispondente da Parigi e da Bruxelles, oltre che inviato di guerra in Iraq nel 1967 e in Vietnam nel 1968. Sempre nel 1968 fece la sua prima esperienza come divulgatore scientifico, realizzando una serie di documentari intitolata *Il futuro nello spazio*, sull'arrivo dell'uomo sulla luna. Negli anni successivi realizzò diverse trasmissioni di divulgazione scientifica – tra cui *Destinazione uomo* (10 puntate trasmesse nel 1971), che fu uno dei primi programmi di divulgazione scientifica trasmessi dalla Rai – fino ad arrivare alla celebre serie *Quark* (1981-1989). *Quark* fu un programma particolarmente innovativo, in cui si fece per la prima volta

ampio uso di documentari (principalmente naturalistici) e di servizi realizzati interamente in animazione, che venivano commentati dal conduttore e dai suoi ospiti.

Nel 1995, in risposta al dilagare delle televisioni private del gruppo Mediaset, nacque *Superquark* (1995-2022) (P. Angela, 2017, 196), un programma di circa 120 minuti suddiviso in due parti: una prima parte (dalla durata di 40 minuti), composta principalmente dal sommario e da un documentario naturalistico introdotto e commentato dal conduttore e dall'etologo Danilo Mainardi; e una seconda parte in cui si susseguivano una serie di brevi servizi di approfondimento, intervallati da interviste e dimostrazioni dal vivo realizzate in studio. A questi venivano affiancate delle brevi strisce animate, chiamate *Pillole*, con lo scopo di rendere ancora più fruibili gli argomenti scientifici trattati. La struttura del programma era suddivisa in rubriche fisse, ognuna delle quali vedeva la partecipazione di uno specialista (sempre lo stesso) che affiancava il conduttore. Ad esempio, la rubrica storica, intitolata *Istantanee del passato*, contava con la collaborazione fissa dell'ormai celebre storico Alessandro Barbero.

2.2 Eduard Punset i Casals e *Redes*

La traiettoria professionale di Eduard Punset è molto differente da quella di Piero Angela. Nel 1958, dopo la laurea in diritto, Punset è costretto all'esilio a causa della sua militanza nel Partito Comunista Spagnolo. Prosegue gli studi all'estero, specializzandosi prima in economia presso l'Università di Londra, per poi proseguire gli studi a Parigi, dove si diploma presso l'*École Pratique des Hautes Études*. In quegli anni inizia a collaborare in qualità di esperto di economia con la BBC e *The Economist*, oltre che come consulente per il Fondo Monetario Internazionale. Dopo la fine della dittatura, Punset torna in Spagna nel 1978, entrando in politica come consigliere per la sezione di economia e finanza della coalizione catalana di centro destra *Centristes de Catalunya-UCD*. Nel 1980 è deputato alle prime elezioni del Parlamento della Catalogna, mentre nel 1981 è viceministro senza portafoglio presso l'ex Ministero per le Relazioni con la Comunità Europea. Negli anni successivi occupò diversi incarichi in differenti partiti catalani di centro destra (*Convergència i Unió* e *Centro Democrático y Social*) fino a fondare, nel 1991, un proprio partito chiamato *Foro,* che si definiva liberale centrista. Il partito si presentò alle elezioni europee del 1994 senza ottenere

nessuno scranno. In seguito al fallimento, nel marzo 1995 Punset si ritirò dalla politica, iniziando a lavorare come consulente esperto di economia e nuove tecnologie nel settore privato.

È nel 1996 che inizia la sua carriera di divulgatore scientifico in televisione, con la creazione del programma *Redes*, andato in onda fino al 2013. Il programma nasceva con l'obiettivo di portare all'attenzione del grande pubblico questioni relazionate con la società interconnessa e le neuroscienze, cercando di contrastare – in maniera molto simile a *Superquark* – l'ascesa delle emittenti televisive private, la cui offerta era orientata principalmente all'intrattenimento (J. Grosso Mesa, 2012, 91-94). La struttura iniziale del programma prevedeva tre brevi servizi, per una durata totale di 30 minuti. Nel corso dei suoi 17 anni nei palinsesti televisivi spagnoli, il programma subì numerose trasformazioni e introdusse grandi innovazioni (fu uno dei primi programmi ad avere una pagina web e a utilizzare le videoconferenze). In termini di formato, il programma passò dai 30 ai 60 minuti di durata, per poi ritornare al formato da 30 minuti, abbandonando il classico dibattito in studio in favore dell'intervista in ambienti esterni (J. Grosso Mesa, 2012, 94).

La longevità dei programmi *Redes* e *Superquark* è stata sovente ricondotta alla personalità e al carisma dei creatori e conduttori, Eduard Punset e Piero Angela. Si tratta, tuttavia, di due profili di divulgatori molto differenti: l'approccio di Piero Angela è fortemente didattico, formale nell'aspetto e a tratti paterno nei modi; mentre Punset incarna la figura del ribelle, molto informale sia nell'aspetto che nei modi. Sono note, inoltre, le apparizioni di Punset in diversi programmi di intrattenimento, in particolare nei *late night show* condotti dall'umorista catalano Andreu Buenafuente (con il quale ha intessuto negli anni una fitta collaborazione), ma anche le sue apparizioni nelle pubblicità della consolle Nintendo 3DS nel 2011 e i filmati che lo ritraggono intento a giocare al celebre videogioco *pacman*. A partire dal 2011 il personaggio di Punset iniziò ad essere parodiato in numerosi programmi umoristici spagnoli. A tali parodie, il conduttore si prestò di buon grado, fino a realizzare una caricatura di sé stesso e di un episodio del suo programma *Redes* all'interno del popolare *talk show* spagnolo *El hormiguero* (Antena 3, 2011-2017) diretto da Pablo Motos (218-219).

3. Modelli a confronto

Come si è visto in precedenza, l'idea di divulgare è stata frequentemente associata ad un processo peggiorativo, risultante nella diluizione dei dati e del sapere specialistico. Ciononostante, è proprio il discorso divulgativo a permettere l'inserimento nella società dei saperi tecnico-scientifici. Divulgare, infatti, stimola la costruzione di una "coscienza scientifica" di massa, ovvero di una rappresentazione sociale delle teorie scientifiche che, sotto questa forma, tornano a dialogare con il mondo scientifico (S. Moscovici, 1984).

La narrazione televisiva, in generale, è caratterizzata dal predominio dell'immagine e dalla drammatizzazione, ovvero dalla messa in scena spettacolare degli avvenimenti (P. Bourdieu, 2005, 21). In questo senso, i filmati, le animazioni, le ricostruzioni storiche e le simulazioni audiovisuali con funzione esplicativa svolgono una funzione simile a quella delle metafore in letteratura, rendendo più fruibili i metodi e i contenuti astratti della scienza (J. Grosso Mesa, 2012, 89).

Secondo Telve (2010, 446) buona parte dell'offerta televisiva si colloca tra l'intrattenimento e l'informazione, il format delle trasmissioni di divulgazione scientifica, in particolare, oscilla tra il taglio informativo dei Tg e il cosiddetto *infotainment*, tipico dei documentari (S. Telve, 2010, 447). Il centro di questo genere di trasmissioni è costituito dal testo del conduttore (O. Calabrese, S. Cavicchioli, I. Pezzini, 1989, 13), il cui compito è quello di appropriarsi del discorso specialistico e tradurlo in un linguaggio comprensibile al grande pubblico. Per fare ciò, il conduttore si avvale di diverse strategie, come l'oggettivazione e l'ancoraggio, che consentono rispettivamente di ridurre una teoria complessa in una serie di concetti chiave (Marconi e l'invenzione della radio) e di associare questi concetti ad una serie di fenomeni più ampi, per inserirli più facilmente nella narrazione pubblica (M. Bucchi, 2002).

Nei programmi di divulgazione scientifica televisiva il ruolo del conduttore è dunque centrale: egli si occupa di presentare il tema, formulare le domande, suddividere le sequenze e fissare gli obiettivi per ognuna di esse, poi di ricapitolare e trarre le opportune conclusioni. Il testo del conduttore, composto, come ogni testo, da un insieme organico di diversi elementi (parole, frasi, periodi, capoversi), è al tempo stesso parte di un insieme più grande chiamato macrotesto, che nei testi televisivi indica l'intero testo della trasmissione, suddivisibile a sua volta in diverse parti e tipologie testuali (P. Guidotti, E. Mauroni, 2008, 105). Il conduttore è

dunque l'organizzatore della struttura generale del programma, colui che tiene uniti i differenti blocchi che compongono ogni singolo episodio.

Nella strategia narrativa di *Redes* e *Superquark*, si distinguono tre differenti istanze narrative: il narratore vero e proprio, ovvero il conduttore; l'intervistato; la voce fuoricampo che commenta le sequenze audiovisive. In generale, la struttura di *Redes* è composta da una sequenza animata iniziale, seguita da un sommario recitato da una voce fuori campo femminile che presenta il tema dell'episodio, mostrando brevi estratti di ciò che lo spettatore vedrà. Dopo il sommario, negli episodi analizzati inizia direttamente l'intervista con l'esperto, che costituisce il fulcro della puntata (in alcuni episodi il sommario e l'intervista sono intervallati da un primo piano del conduttore che introduce il tema trattato e presenta l'intervistato). L'intervista è solitamente suddivisa in tre o quattro sezioni, inframmezzate da brevi filmati complementari. Al termine, il programma si conclude con un lungo riepilogo del conduttore.

La struttura di *Superquark* è molto simile a quella di *Redes*, se non fosse che, data la maggiore durata del programma, in una singola puntata vi sono più interviste e un maggior numero di filmati. Dopo la sequenza animata iniziale e il sommario, che nel caso di *Superquark* è recitato da una voce fuori campo maschile, Piero Angela introduce il tema della prima rubrica. Si ricordi che gli esperti intervistati da Piero Angela sui differenti temi sono sempre gli stessi, mentre nel programma *Redes* il conduttore intervista un esperto diverso in ogni episodio. Le interviste di *Superquark* sono realizzate all'interno dello studio, in un *set* allestito come un'antica magione, in cui il conduttore si muove attraverso le diverse stanze (passa dalla scrivania alla veranda dove intervista gli esperti, per poi spostarsi nella biblioteca in cui realizza gli esperimenti e commenta le sequenze audiovisive). Le interviste realizzate in studio conferiscono maggiore autorità all'intervistatore, che si trova immerso nel proprio ambiente, conferendogli un ruolo dominante. Le interviste realizzate all'esterno, invece, permettono di stabilire una relazione orizzontale con l'intervistato, favorendo la creazione di un rapporto più egualitario (F. Rodríguez Pastoriza, 2006, 130). A differenza di *Superquark*, le interviste di *Redes* sono tutte realizzate in esterni, in modo da rappresentare, da un lato, il viaggio del conduttore alla ricerca della conoscenza (come si vedrà a breve), e dall'altro a mostrare l'intervistato immerso nel proprio ambiente di lavoro. Nell'idea di Punset, infatti, le riprese

all'esterno costituivano un modo di portare la scienza in strada, avvicinarla al grande pubblico e renderla più familiare, più quotidiana.

Una delle metafore maggiormente utilizzate dai conduttori di trasmissioni di divulgazione scientifica è quella del viaggio. Il conduttore si propone di accompagnare lo spettatore in un viaggio alla scoperta di un nuovo sapere. Questo viaggio è solitamente suddiviso in cinque fasi: la prima riguarda il coinvolgimento dei partecipanti; la seconda è relativa alla partenza; la terza corrisponde al passaggio dal conosciuto allo sconosciuto; nella quarta avviene lo svelamento del non detto; la quinta, infine, consiste nella consultazione dell'esperto (S. Telve, 2010, 449). In entrambi i programmi analizzati viene impiegata la metafora del viaggio. Tuttavia, in *Redes* la metafora del viaggio è espressa visualmente, mentre a livello testuale le cinque fasi appena menzionate non sono facilmente riconoscibili, eccetto per sporadici riferimenti ai luoghi in cui il conduttore si è recato per realizzare l'intervista: "En un Congreso de Neurocientíficos realizado en Mallorca, Punset habló con Friston sobre cómo funciona la mente" (Redes 111, 00:00:58.640 --> 00:01:04.520). In *Superquark*, invece, è quasi esclusivamente a livello testuale che viene resa esplicita la metafora del viaggio, mediante espressioni del tipo: "Buonasera, questa sera vi invitiamo a un viaggio molto speciale, un viaggio dentro il nostro cervello" (Speciale Superquark n. 56, 00:00:00.000 --> 00:00:25.800).

Per quanto riguarda la prima fase del viaggio, quella del coinvolgimento dei telespettatori, una delle principali strategie riguarda la prosodia, ovvero il ritmo del discorso dei conduttori, che a differenza del parlato letto o recitato dei Tg, è caratterizzato da una maggiore interpretazione personale. Nel caso di Punset, ad esempio, si tratta di un parlato marcato regionalmente dall'accento catalano e dall'uso frequente di anglicismi: "Oye, la memoria de una cara, de una persona, me queda forever, me queda para siempre" (Redes 110, 00:01:50.840 --> 00:01:59.760), oppure "Claro, yo a mis alumnos y en general a la gente siempre le digo, oiga, además del ejercicio físico, porque les veo allí que hacen su jogging, no se olviden de la gimnasia mental" (Redes 110, 00:03:38.720 --> 00:03:52.480). L'elocuzione di Punset, inoltre, è caratterizzata da una maggiore lentezza, da pause frequenti e da un alto numero di vocativi ("oye", "mira", ecc.). La prosodia di Piero Angela, invece, è caratterizzata da un ritmo più sostenuto e da una velocità costante, oltre che da una maggiore attenzione alle connessioni interdiamesiche, ovvero alle connessioni tra testo visivo e testo parlato. Piero Angela, infatti,

riesce a creare una perfetta sintonia tra il testo del proprio parlato e quello delle sequenze audiovisive, creando un unico testo organico che si distingue unicamente per i cambi di voce e per un leggero cambio di registro. I cambi di voce e quelli di registro, che vedremo a breve, formano parte di una precisa strategia del conduttore per mantenere alta l'attenzione degli spettatori. Per quanto riguarda i cambiamenti di registro, in particolare, si nota che nel testo delle sequenze audiovisive si tende ad utilizzare un linguaggio leggermente più specialistico di quello utilizzato dal conduttore, che corrisponde ad un italiano parlato informale. Ad ogni modo, al termine di ogni sequenza audiovisiva il conduttore riformula quanto appena detto dalla voce fuoricampo con esempi e metafore riferite agli oggetti della vita quotidiana, come nel seguente esempio: "le parti arcaiche […] sono un po' come la caldaia, una specie di caldaia che stimola la parte pensante e accende pensieri, fantasie e immaginazioni" (00:53:18.560 --> 00:53:46.860).

Il parlato di Punset, invece, è un parlato colloquiale molto cadenzato, che fa ampio uso delle pause e degli allungamenti vocalici come demarcativi di fine turno: "Oye, dime por ejemplo, tú percibes, una persona amiga, que además es muy bella, y muy inteligente, y eso, lo percibes, supuestamente, con, tuuu..." (Redes 110, 00:23:14.280 --> 00:23:34.280), oppure "Probablemente es lo mismo que lo que decía antes, cuando de repente..." (Redes 111, 00:22:21.140 --> 00:22:27.140).

Se la pausa può essere utilizzata per demarcare la fine del turno, la pausa non eseguita serve a compattare le informazioni, mantenendo alta la tensione dell'ascoltatore (S. Telve, 2010, 452-453). Ciò avviene spesso nel testo di Piero Angela, in cui non compaiono pause di particolare rilievo tra la fine del suo turno di parola e l'inizio dei servizi, ma soprattutto nelle interviste, in cui è il conduttore a mantenere il controllo assoluto della conversazione, interrompendo frequentemente l'ospite con nuove domande e mantenendo alto il ritmo degli scambi, come si vede nel seguente esempio:

A: Buonasera professor Mainardi.

M: Buonasera.

A: Bene, allora anche le formiche hanno un cervello?

M: hanno un piccolo cervello ma estremamente efficiente, sa fare moltissime cose.

A: E hanno dei neuroni, naturalmente, come i nostri. E posseggono i cinque sensi.

M: Posseggono tutti e cinque i sensi in modo che hanno sempre una completa informazione di ciò che avviene nel loro ambiente e anche della socialità del loro ambiente perché sono molto sociali.

A: E tra l'altro proprio, per la loro socialità hanno un linguaggio.

M: Hanno un linguaggio complesso, chimico, non parlano come noi. Diciamo parlano un loro linguaggio.

A: Contatto con la chimica.

M: Sì, sì, sì.

(00:05:48.360 --> 00:06:39.280).

Un'altra strategia testuale impiegata con frequenza da Piero Angela per attirare l'attenzione dei telespettatori è la ripetizione di alcuni aggettivi elativi come "sorprendente", "meraviglioso", "incredibile", ecc. Questo tipo di aggettivi sono quasi del tutto assenti nel discorso di Punset, che tende a lasciare maggiore spazio all'intervistato, limitandosi a glossare o parafrasare i concetti più ostici, come nel seguente esempio: "O sea corrígeme si no he entendido bien, quieres decir que si yo me fijo en la estructura de la neurona para saber, qué pasa con el conocimiento, no voy a ir muy lejos…" (Redes 110, 00:11:45.800 --> 00:12:03.760), oppure "Hay otro concepto que utilizas, ¿cómo lo llamabas? Energía libre, que al parecer, corrígeme si me equivoco, es la diferencia entre la energía que se encuentra en un sistema y la energía que no es utilizable. ¿A qué te refieres exactamente con el concepto de energía libre?" (Redes 111, 00:08:58.100 --> 00:09:23.100).

Altre volte, sempre con lo scopo di semplificare, Punset introduce brevi aneddoti personali, come: "Oye, hablabas de distintos tipos de memoria. Y no sé porqué me acuerdo de una que me hizo gracia. Y es cuando me pongo la camisa, por ejemplo, por la mañana, a lo mejor me pica algo, la camisa, pero al cuarto de hora me he olvidado totalmente…" (Redes 110, 00:19:01.720 --> 00:19:21.720).

Un'altra strategia molto comune – usata in entrambi i programmi – per fidelizzare gli spettatori consiste nell'uso della quarta persona (noi, nostro) con l'obiettivo di creare complicità e sottolineare la condivisione di esperienze, conoscenze e affetti.

Nella seconda fase, la partenza, avviene l'inizio della narrazione vera e propria, in cui il conduttore assume la funzione di guida e accompagna gli spettatori lungo il viaggio verso la conoscenza, ovvero verso la tematica trattata nel corso dell'episodio. Nel caso di Punset, questa fase è espressa in forma figurata mediante aperture come la seguente: "Imaginen por un momento que... a ver si les ha ocurrido alguna vez. De repente te invade una idea que te perfila el carácter de una persona, te descubre algo esencial, de una persona de un objeto o de un proceso y no hay manera de saber cómo se me ha ocurrido, cómo ha venido esto en la cabeza. Es curioso, ¿les ha pasado esto alguna vez? los científicos lo llaman a esto «criticalidad autoorganizada». Karl Friston, […] en qué consiste la noción esta tan rara de la «criticalidad autoorganizada»" (Redes 111, 00:01:08.520 --> 00:02:30.360).

Nel caso di Piero Angela, come già visto in precedenza, la metafora del viaggio risulta più esplicita: "Ma come si è arrivati a questa struttura così ben organizzata? È una lunga storia, una storia cominciata in tempi antichissimi…" (Superquark, 00:04:02.000 --> 00:04:17.080).

La fase successiva è il passaggio dallo sconosciuto al conosciuto, quindi la scoperta del nuovo, che i due divulgatori introducono in maniera differente, come si nota dagli esempi riportati di seguito:

1) "Quindi andando a vedere questo piccolo mondo si scopre un'altra cosa" (00:09:19.120 --> 00:09:23.120).

2) "E qui all'interno si scopre proprio la storia del cervello, alcune parti infatti sono di tipo arcaico, altre invece di tipo più recente" (00:15:46.760 --> 00:16:02.040).

3) "[…] i resti rinvenuti nel corso degli scavi hanno permesso di scoprire degli esseri risalenti a centinaia di milioni di anni fa, che presentano caratteristiche simili alle nostre, anche se molto più arcaiche" (00:18:12.040 --> 00:18:34.240).

4) "E detto tutto questo, ecco cosa si è potuto scoprire" (00:58:42.820 --> 00:58:47.820).

5) "Lo que Karl Friston y otros neurocientíficos están descubriendo ahora es que el cerebro" (Redes 111, 00:23:29.100 --> 00:23:36.460).

6) "Karl Friston y su grupo de investigación han descubierto que existen una serie de fórmulas, escritas por el matemático Thomas Bayes a mediados del siglo XVIII, que describen el comportamiento físico de las neuronas" (Redes 111, 00:07:46.420 --> 00:07:58.340).

7) "La idea que se extrae de este descubrimiento es que el cerebro es una especie de máquina de cálculo de probabilidades que constantemente hace predicciones sobre cómo es el mundo" (Redes 111, 00:08:21.860 --> 00:08:31.860).

8) "Lo que Karl Friston y otros neurocientíficos están descubriendo ahora es que el cerebro equivale a un centro de cálculo de probabilidades, que elabora predicciones inverosímiles a las que combina con los datos que recibe de fuera" (Redes 111, 00:23:29.100 --> 00:23:48.140).

Nella quarta fase, infine, il conduttore aggiunge un'informazione inaspettata, svelando qualcosa di nuovo allo spettatore, come un segreto:

1) "Il segreto del cervello insomma è quello di riuscire a immagazzinare e catalogare un numero sterminato di impulsi e richiamare poi gli elementi giusti per ricomporre di volta in volta i ricordi, trasformandoli in immagini in movimento e in pensieri" (01:27:01.560 --> 01:27:27.080).

2) "Es verdad que el alma está en el cerebro, pero no en sus compartimentos, los módulos neuronales que gestionan el tocar, el sentir, el mover, de cada día como creíamos antes. El alma está en la red cerebral. El gran neurocientífico español Joaquín Fuster fue el primero en sugerir que la base del conocimiento surge de la interconexión entre los distintos módulos cerebrales. Y ese cuchicheo entre los distintos compartimentos del cerebro es el que da lugar a la cognición" (Redes 110, 00:25:00.360 --> 00:26:36.500).

Entrambi i programmi, come è chiaro, si rivolgono a un pubblico tendenzialmente adulto. Nel caso di *Superquark*, però, la strategia divulgativa è maggiormente didattica, come si nota dall'uso frequente di animazioni, filmati ed effetti speciali di vario tipo, oltre che dall'italiano parlato informale, ricco di parafrasi fortemente esplicative e metafore che rimettono al campo semantico degli oggetti della vita quotidiana (caldaie, macchine, ecc.). In *Redes*, invece, il registro utilizzato dal conduttore è uno spagnolo colloquiale, vicino al modo di parlare del pubblico. Anche Punset è attento a parafrasare e glossare i termini o i concetti più ostici, ma a differenza di Piero Angela, la strategia divulgativa impiegata non è didattica, bensì maggiormente informativa. Gli episodi si concentrano, infatti, su aspetti specifici della scienza

o di alcune ricerche scientifiche, comunicandole mediante un linguaggio accessibile a tutti. Anche le sequenze audiovisive si rivelano, nella maggior parte dei casi, complementari a quanto detto nel corso delle interviste, ma non maggiormente esplicative.

Superquark, invece, tratta temi più ampi e in modo più generale, senza scendere mai eccessivamente nel dettaglio, come a volte dichiara il conduttore stesso: "Una mappa di questo tipo è naturalmente una ipersemplificazione" (00:59:30.320 --> 00:59:40.520), oppure "[…] vale la pena di spiegarlo sia pure in modo semplificato" (01:00:53.120 --> 01:00:58.320), avvalendosi delle sequenze audiovisive con il fine di spiegare più chiaramente quanto esposto.

4. Conclusioni

In base a quanto visto finora, risulta evidente che le strategie divulgative impiegate dei due conduttori sono molto simili, e che gran parte del loro successo si debba alla loro personalità e carisma. Tuttavia, ciò che ha permesso ai programmi di Piero Angela di raggiungere una maggiore diffusione in termini di ascolti[1] è stato, molto probabilmente, quell'aspetto didattico che è sempre mancato in *Redes*. *Superquark*, infatti, ha messo in scena un vero e proprio processo educativo, al cui esito hanno contribuito una serie di elementi come la ricreazione di un ambiente domestico (la biblioteca, lo studio, la veranda, ecc.) e familiare (la presenza sempre degli stessi esperti), che ha restituito al telespettatore la sensazione di tornare a scuola o di frequentare delle lezioni private. Il risultato è stato quindi un doppio viaggio: non solo attraverso la conoscenza – quello che propongono un po' tutti i divulgatori scientifici –, ma anche un viaggio più intimo del telespettatore che, ogni settimana, lo ha condotto ad ascoltare le lezioni di un maestro speciale (Piero Angela) e dei suoi collaboratori, attraverso i differenti ambienti della sua vecchia magione (che si presenta come un tempio del sapere, con arredi in legno, libri, reperti archeologici e oggetti esotici). In questo modo, Piero

[1] *Superquark* ha toccato punte di *share* del 22% e l'episodio di cui ci siamo occupati nel presente articolo ha raggiunto il 12%. *Redes*, invece, non ha mai ufficialmente superato il 4%. Tuttavia, è da notare che le ultime cinque stagioni del programma sono state trasmesse anche sulle pagine web del programma (una raggiungibile tramite il sito di RTVE e l'altra con un proprio dominio), sul sito del conduttore e su YouTube. Il numero di spettatori che seguono il programma su queste piattaforme non viene contabilizzato dalle principali imprese audiometriche spagnole, così come non vengono contabilizzano le numerose repliche del programma su Canal 24 horas (3 emissioni) e Canal Internacional di TVE (2 emissioni in Europa e America latina) (J. Grosso Mesa, *Ciencia en televisión: las estrategias divulgativas del programa «Redes 2.0» de Eduard Punset (TVE, 2008-2013)*, Universidad de Granada, 2017, pp. 174-175).

Angela ha assolto alla più alta funzione della divulgazione scientifica, ovvero alla già citata costruzione di immaginari sociali, nonché a quel processo di alfabetizzazione sociale al quale partecipano tutte quelle persone che acquisiscono conoscenze attraverso i mezzi di comunicazione e che per più di vent'anni hanno trovato in *Superquark* uno spazio accogliente e rassicurante in cui recarsi per intraprendere il loro viaggio attraverso la conoscenza.

5. Bibliografia

Albertos A. e Ortega Gálvez M. L., *La ciencia en Televisión Española: primeros acercamientos a la divulgación*, in Gómez Vaquero L. e Sánchez Salas D. (a cura di), *El espíritu del caos. Representación y recepción de las imágenes durante el Franquismo: una recopilación de secuencias. Revista de Historia del Cine*, Madrid, 2009, 475–502.

Angela P., *Dieci cose che ho imparato*, Milano, 2022.

Angela P., *Il mio lungo viaggio: 90 anni di storie vissute*, Milano, 2017.

Angela P., *Raccontare la scienza*, Milano, 1998.

Bourdieu P., *Sobre la televisión*, Barcelona, 2005.

Bucchi M., *Scienza e società: introduzione alla sociologia della scienza*, Bologna, 2002.

Calabrese O., Cavicchioli S. e Pezzini I., *Vuoto a rendere: il contenitore: slittamenti progressivi di un modello televisivo*, Torino, 1989.

Coca J. R. e Valero Matas J. A., *Televisión y divulgación tecnocientífica: análisis de algunos programas españoles*, in *Hologramática*, n. 13/2010, 55-71.

Eco U., *Apocalittici e integrati: comunicazioni di massa e teorie della cultura di massa*, Milano, 2008.

Grosso Mesa J., *Ciencia en televisión: las estrategias divulgativas del programa «Redes 2.0» de Eduard Punset (TVE, 2008-2013)*, Universidad de Granada, 2017.

Grosso Mesa J., *La ciencia en televisión: Redes, el modelo divulgativo de Eduard Punset*, in *Periodística*, n. 15/2012, 87-100.

Guidotti P. e Mauroni E., *La divulgazione scientifico-culturale*, in Alfieri G. e Bonomi L. (a cura di), *Gli italiani del piccolo schermo: lingua e stili comunicativi nei generi televisivi*, Firenze, 2008, 97-166.

Moscovici S., *The phenomenon of social representations*, in Farr R. e Moscovici S. (a cura di), *Social representations*, 1984, 3-69.

Murillo Murillo L., *Apuntes sobre el pasado, presente y futuro del Periodismo científico en Televisión Española*, in *Mediatika*, n. 8/2002, 115-137.

Rodríguez Pastoriza F., *Periodismo cultural*, Madrid, 2006.

Telve S., *Verso il fantastico. Sul testo del conduttore nei programmi televisivi di divulgazione scientifica (1997-2007)*, in Mauroni E. e Piotti M. (a cura di), *L'italiano televisivo 1976-2006*, Firenze, 2010, 441-485.

Filmografia

Redes n. 110, *El alma está en la red del cerebro*, 11 novembre 2011, 27.28 minuti.

Redes, n. 111, *La fórmula del cerebro*, 16 novembre 2011, 27.26 minuti.

Speciale Superquark n. 56, *Viaggio Alla Scoperta Del Cervello*, 19 dicembre 2013, 115.38 minuti.

Antonio Baglio

"Dietro le quinte della Storia". La divulgazione storica nei libri e nei programmi televisivi di Piero Angela

1. Rendere quanto più comprensibile al grande pubblico la complessità del sapere. – 2. Il genere storico in tv e la divulgazione targata Piero e Alberto Angela. – 3. Storia e memoria familiare. – 4. Bibliografia.

1. Rendere quanto più comprensibile al grande pubblico la complessità del sapere

Il presente contributo intende focalizzare l'attenzione sull'attività di divulgazione storica di Piero Angela, sviluppata non solo in programmi televisivi di ampia risonanza, come Superquark, ma attraverso una qualificata attività pubblicistica. In quest'ottica si darà risalto alle sue pubblicazioni di contenuto più propriamente storico, come nel volume scritto con il prof. Alessandro Barbero, *Dietro le quinte della storia. La vita quotidiana attraverso il tempo*, che raccoglie i loro dialoghi in Superquark. Saranno presi in considerazione inoltre altri testi di Piero Angela, quali *A che serve la politica* e il volume autobiografico *Il mio lungo viaggio. 90 anni di storie vissute*, in cui è possibile cogliere la sua visione del processo storico e ricostruire, attraverso il percorso biografico, alcuni snodi importanti della vicenda novecentesca e del nuovo secolo.

Anche nel campo della divulgazione storica, come di altri settori della conoscenza, passione, rigore e chiarezza espositiva hanno rappresentato la cifra costitutiva dell'impegno di Piero Angela, con un *imprinting* peculiare che lo hanno reso – grazie al suo stile sobrio ed elegante e ai suoi modi pacati – il più popolare, autorevole e carismatico tra i giornalisti televisivi dediti a programmi culturali. Una vita all'insegna di una salda *mission*, fondata su alcuni concetti basilari che lo hanno sempre ispirato e guidato nella sua lunga esperienza lavorativa: un costante sforzo di chiarezza nelle spiegazioni e l'utilizzo di un linguaggio comprensibile a tutti, in grado pure di «accendere la curiosità», stimolando in questo modo la

voglia di conoscere. In questo si fonda ciò che Giorgio Giovannetti, richiamandone tutta la valenza, ha definito - «la difficoltà di essere facili». (G. Giovannetti, 2015). Mai condanna, semmai una gioiosa fatica possiamo considerare quest'opera diuturna di disseminazione del sapere scientifico e umanistico compiuta da Angela in un arco temporale che ha attraversato buona parte della storia del Novecento, per proiettarsi nel primo ventennio del nuovo secolo. Sorretto da vorace curiosità e vivacità intellettuali, coniugate all'indubbia abilità narrativa e affabulativa, alla capacità di dialogo e condivisione, ha concepito la cultura non come superbia aristocratica del sapere o come una sorta di enciclopedia delle nozioni anche difficili e altamente specializzate, ma come strumento fondamentale di crescita personale e collettiva da coltivare e trasmettere, attraverso un linguaggio accessibile ai più, senza mai cedere al riduzionismo semplificativo o alla spettacolarizzazione dei contenuti, rischi sempre presenti in una televisione i cui palinsesti appaiono dominati dalle logiche dell'audience e che sembra aver smarrito vocazione pedagogica e missione culturale.

Il discorso pronunciato da Angela a Torino nel giugno del 2003, in occasione del conferimento di una delle numerose lauree *honoris causa* ricevute nel tempo, offre un contributo illuminante sull'atteggiamento e sulle modalità ispirative del suo lavoro: «il compito di un divulgatore è quello di cercare di tradurre questa conoscenza in caratteri più leggibili, per un pubblico non specializzato. E io mi considero proprio un traduttore, che cerca di tradurre dall'italiano in italiano. Questo significa rispettare sempre il testo originale, cioè i contenuti della scienza, ma riscriverli in un linguaggio più comprensibile […]. Dalla parte degli scienziati per i contenuti, dalla parte del pubblico per il linguaggio»[1]. Come ha scritto di recente Luca Barra nel rievocare i tratti distintivi dell'approccio di Angela alla divulgazione scientifica «di fronte a temi ostici, o anche solo a campi del sapere che paiono non ottenere una facile attenzione, gli spettatori vanno presi per mano, accompagnati passo dopo passo, con una guida che stia sullo stesso piano, senza piedistalli, e che si ponga il problema di non lasciare nessuno indietro, di farsi capire, di coinvolgere e stimolare» (L. Barra, 2022).

[1] L'Università di Messina, nel novembre del 2017, gli ha conferito il Dottorato di Ricerca *honoris causa* in Biologia applicata e Medicina Sperimentale. Nel corso della cerimonia, Angela tenne una lectio sul tema "Medicina e società", mentre la laudatio fu affidata al prof. Flavio Angileri, docente di Neurochirurgia dell'Ateneo peloritano.

Angela ha interpretato il suo ruolo senza mai pretendere – per riprendere sempre le parole di Barra - «di sostituirsi all'esperto, allo scienziato, allo storico, allo studioso, spesso visibile con lui sullo schermo e spesso coinvolto in ruoli autoriali nei suoi programmi, ma è stato un indispensabile intermediario tra queste figure intellettuali "pure" e i milioni di spettatori e spettatrici a casa» (L. Barra, 2022).

In particolare, giovandosi della presenza in studio di uno storico di professione, Alessandro Barbero, docente di Storia medievale presso l'Università del Piemonte Orientale, divenuto via via assai noto e apprezzato presso il grande pubblico per il suo modo di raccontare la storia in tv o nei libri con chiarezza e fluidità di linguaggio, senza sacrificare il rigore scientifico - oltre che per la capacità di spaziare in un arco cronologico assai ampio, dalla storia antica a quella contemporanea -, Angela è riuscito a portare in tv una narrazione storica attenta soprattutto alla vita quotidiana nel tempo, in uno stile colloquiale pacato e brillante allo stesso tempo, in grado di incuriosire e di appagare la sete di conoscenza di un pubblico di diversa estrazione culturale. Riprendendo lo stile delle conversazioni con Barbero nel programma Superquark, ne è venuto fuori un libro che guarda alle varie epoche storiche attraverso lo svolgersi dell'esistenza quotidiana, concentrando l'attenzione sugli aspetti più comuni: il mangiare, lo spostarsi, la famiglia, la religione, la vita sentimentale, la guerra, le leggi.

È un ribaltamento rispetto a quella tendenza, ben presente nella storiografia, a privilegiare nella ricerca e nel racconto gli aspetti politici e diplomatici (*l'histoire battaille*), ad adottare come spazio d'indagine gli Stati nazionali, dando priorità alla descrizione degli eventi considerati più rilevanti (*histoire événementielle)*. Prevale un'altra prospettiva: non tanto i grandi avvenimenti o l'insistenza su singoli protagonisti, quanto l'attenzione verso gli aspetti della vita delle società intese nel loro complesso. Per dirla con le parole del grande storico francese Jacques Le Goff:

Una storia politica che si regola sui cambiamenti dei regni, dei governi non coglie la vita in profondità: l'aumento della statura degli uomini collegata alle rivoluzioni nell'alimentazione e nella medicina, il cambiamento della visione spaziale derivante dalla rivoluzione dei trasporti, lo sconvolgimento delle conoscenze provocato dalla comparsa dei nuovi mezzi di

comunicazione, la stampa, il telegrafo e il telefono, il giornale, la radio, la televisione, tutto ciò non dipende dai cambiamenti politici, dagli avvenimenti che riempiono ancora oggi le prime pagine dei giornali (J. Le Goff, 1990)

Nelle vesti di interlocutore curioso, in dialogo con lo storico Barbero, Piero Angela compiva una sorta di viaggio a ritroso nel tempo, spaziando nelle varie epoche storiche, soffermandosi su alcuni passaggi importanti nella storia dell'umanità, in grado di innescare un profondo cambiamento mediante la dovuta considerazione di quei fattori tecnologici, socio-economici e culturali che maggiormente hanno inciso nel progresso umano. In un racconto avvincente reso con un linguaggio semplice, alla portata di tutti, ricco di aneddoti e curiosità senza mai rinunciare al rigore scientifico, emergeva in sostanza l'importanza e l'insistenza sul ruolo rivoluzionario della tecnologia, dell'energia e della conoscenza, fattori che da sempre favoriscono lo sviluppo economico e «consentono a un Paese o a un popolo di essere all'altezza delle grandi sfide in corso».

In quest'ottica si comprende bene come Piero Angela assegnasse a tali fattori una preminenza rispetto allo stesso ruolo della politica nella società. Non a caso, in un altro dei suoi libri, dal titolo *A che serve la politica?,* riflettendo sui motori del cambiamento umano, nell'evidenziare il forte risentimento degli italiani contro la classe politica accusata di godere di troppi privilegi, di non brillare per efficienza, di essere arrogante e in taluni casi corrotta, in fondo ridimensionava l'idea, diffusa a livello comune, che al corretto esercizio della stessa fosse unicamente affidato il compito di assicurare il benessere di un paese. Non che tendesse a sottovalutare il ruolo della politica nella società: ma non credeva semplicisticamente che bastasse cambiare maggioranza o leader per ottenere progressi che non dipendono dalla politica. In che modo allora la politica poteva esercitare al meglio la propria funzione? Nella sua visione il compito più alto della politica risiede proprio nella funzione di stimolo e crescita «di quei "software" (valori, educazione, regole, conoscenza, efficienza, competitività, ricerca, produttività, competenze, creatività, imprenditorialità, organizzazione, merito ecc.), quei motori dello sviluppo che sono i veri produttori di ricchezza. E anche i veri attrattori di investimenti» (Angela, 2021).

In fondo la politica – notava Angela – si occupa poco di tale aspetto e in questo si trova in buona compagnia, perché anche i cittadini sembrano disinteressarsi. È vero che le battaglie per l'incremento dei posti di lavoro, dei salari, per un trattamento pensionistico più adeguato al costo della vita, per le politiche abitative, per un'assistenza sanitaria più efficiente occupano un posto prioritario nelle aspirazioni dei cittadini e nelle battaglie politiche. Tuttavia sarebbe stato necessario prestare attenzione e agevolare, da parte del ceto politico, la creazione di un sistema maggiormente vocato alla produzione di ricchezza. Angela, in fondo, insisteva sull'arretratezza del nostro sistema-paese di fronte al settore produttivo e rimarcava l'assenza di una cultura politica moderna in grado non solo di distribuire risorse (spesso in maniera inadeguata per fini clientelari), ma anche di aiutare a crearle. Una politica capace di favorire le condizioni di sviluppo non soltanto nel settore produttivo vero e proprio, ma in tutte quelle attività che rendono possibile la creazione di ricchezza: istruzione, ricerca, valori, pubblica amministrazione ecc.

«Se si vuol veramente far parte del plotone di testa delle società avanzate, è cruciale – ammoniva Angela – che la politica si occupi urgentemente dei ritardi che il paese sta accumulando in vari settori strategici, quelli che fanno la differenza tra un paese moderno e uno arretrato. Il problema non è solo quello della ricerca: non si può essere un paese moderno se la società ha un "cervello" arretrato, cioè se si ha un'educazione sofferente, una cultura largamente pre-scientifica, dei valori di base non rispettati, e anche una classe politica (che dovrebbe funzionare da guida e da stimolo) paralizzata da un'estenuante e litigiosissima lotta quotidiana per il potere, molto più concentrata sulla distribuzione della ricchezza che sulla sua produzione. È un ecosistema che ha bisogno di essere riequilibrato per poter esprimere le grandi potenzialità che possiede al suo interno. E anche per poter minimizzare gli effetti negativi che la tecnologia porta con sé» (Angela, 2021).

2. Il genere storico in tv e la divulgazione targata Piero e Alberto Angela

Lasciando momentaneamente da parte i suoi libri, non dobbiamo dimenticare come Angela abbia avuto il merito di favorire la presenza del "genere storico" in tv, riservandogli un significativo spazio nei suoi programmi di divulgazione a partire dagli anni Ottanta. Per le sue peculiarità comunicative (pervasività, semplicità di linguaggio e facilità di accesso), la

televisione assume un ruolo fondamentale nella creazione della memoria culturale e nel processo di negoziazione del passato. A partire dagli anni Cinquanta del Novecento, questo medium era destinato a figurare come attore centrale nella costruzione di una dimensione pubblica della storia.

Oggi il genere storico è largamente rappresentato e trova espressione in un ampio ventaglio di canali espressivi, da quelli più tradizionali – come cinema, romanzi, fumetti e radio – sino a nuove modalità di *history-telling* interattivo, quali *board games*, videogiochi e app, a testimonianza del fatto che l'analisi e il racconto sul passato hanno assunto una rinnovata centralità premiata da un costante interesse di pubblico (A.M. Lorusso, 2021: 84). Anche per quel che concerne la televisione, il dibattito storico ha raggiunto un livello di pervasività tale da adattarsi a tutte le diverse tipologie di format, dal *talk show* all'approfondimento giornalistico, dal documentario alla serie di fiction.

Nei decenni passati la situazione era ben diversa e la rappresentazione della storia in tv appariva lontana dal configurarsi come "consumo culturale", al contrario di quanto accade ai giorni nostri vista la prevalenza della cultura dell'immagine e l'apporto offerto dai nuovi media digitali, in grado di favorire una narrazione dall'impatto immediato, dilatando la capacità di comprensione di chi guarda.

Sebbene il rapporto tra narrazione storica e televisione sia di lunga data e registri una indubbia crescita di interesse da parte del pubblico, con conseguente incremento nella produzione di programmi a tema storico, è altrettanto vero come non si possa minimizzare la sua problematicità: gli stessi storici a lungo hanno palesato atteggiamenti ambivalenti in merito alle possibilità garantite da questo medium, preoccupati dal rischio di semplificazione dei nodi storiografici nel passaggio dalla forma scritta alla narrazione audiovisiva. Come evidenziava lo storico Giovanni De Luna, «i media sono costretti a inseguire troppe priorità estrinseche allo statuto scientifico della storia per poterla "trasmettere" in modo efficace: i gusti del pubblico, l'audience, il controllo politico, le regole del giornalismo sul linguaggio, l'argomentazione e la spiegazione sono altrettante mediazioni che rendono accidentata la "comunicazione" del fatto storico» (G. De Luna, 2001: 248). Inoltre la trasposizione del discorso storico nel linguaggio audiovisivo sembrava passare per una preminenza assoluta del modello narrativo su quello analitico, intrinsecamente incapace di sviscerare la complessità

di eventi e processi storico-sociali. Da un lato, la preoccupazione prevalente di fare concessioni al gusto popolare in nome dell'audience e della caccia agli incassi pubblicitari, che si traduceva in una sorta di "banalizzazione della storia" intesa sia come assenza di sperimentazione di linguaggi che come riduzione della complessità; dall'altro, la tendenza a padroneggiare lo spazio televisivo, piegando la lettura e narrazione degli eventi passati a una logica di uso pubblico della storia funzionale al discorso politico del momento.

Grazie anche ai programmi di Angela, affiancato dal figlio Alberto, possiamo a ragione dire che si è via via affermata in tv una nuova modalità di racconto, maggiormente attenta all'ermeneutica del fatto storico rispetto alla narrazione del mero fenomeno evenemenziale.

A partire dagli anni Ottanta si fecero spazio nel panorama televisivo nuove forme di divulgazione, si pensi a *Quark*, che prese l'avvio nel 1981 con la conduzione di Piero Angela. Si trattava di un format nuovo, che trovava nella centralità del conduttore una «figura di raccordo, colta ma non accademica, in grado di dialogare con il mondo degli specialisti per conto dello spettatore» (F. Tarzia, 2017: 128; C. Ugolotti, 2022: 218-219), che si sarebbe poi tradotta in una viva interazione tra lo storico di professione e il curatore della trasmissione (pensiamo ai dialoghi in *Superquark* con il prof. Barbero, cui abbiamo ampiamente fatto riferimento).

Negli stessi anni si sarebbe consolidato nei palinsesti nazionali quello che è stato definito come «lo stile italiano nei programmi storici», un genere televisivo caratterizzato da «una rappresentazione sobria, un basso tasso di coinvolgimento emotivo e l'esibizione della natura mediale della trasmissione stessa (montaggio serrato, diversi piani di ripresa e inserti di montaggio)» (C. Ugolotti, 2022: 218).

Si può affermare che, anche nel campo storico, l'opera di divulgazione messa in campo dal popolare giornalista piemontese abbia anticipato e rappresentato un punto di riferimento per trasmissioni successive, quali *Passato e presente,* condotta dal giornalista e storico Paolo Mieli, che rappresenta ai giorni nostri il programma di punta della divulgazione storica nella televisione generalista e sul canale Rai dedicato alla storia.

Proprio nella rinuncia allo "scoop" storiografico, nell'ampliamento dell'orizzonte tematico del racconto del passato – troppo spesso appiattito sempre sugli stessi argomenti, quali il fascismo, il nazismo, se non perso ad inseguire fantomatici "misteri" della storia – e nella

volontà di vivificare la narrazione, sviscerando nodi e problematiche della storia globale, possiamo riscontrare quegli elementi di contatto tra le modalità di costruzione del discorso storico nei programmi di divulgazione televisiva dei due popolari giornalisti, Angela e Mieli.

3. Storia e memoria familiare

Angela è stato un grande giornalista, autore e produttore televisivo, uomo di cultura impegnato a disseminare i frutti della conoscenza, soprattutto perché portò sempre nel suo lavoro il senso e la sollecitudine della vita: di quella vita di cui non si stancava di conoscere e assaporarne il gusto. Il suo interesse è stato l'Uomo: o, meglio ancora, gli Uomini. Da qui l'attenzione verso la vita materiale, la sua evoluzione nel tempo, i campi, gli strumenti, le macchine, gli Stati e le nazioni, e le leggi, i sistemi giuridici, le morali, le istituzioni; ma dietro a tutto questo le persone umane. E quel che la storia deve cogliere sono precisamente le persone, nel loro agire ma anche nelle loro mentalità.

Così scriveva il grande storico francese Georges Duby ormai un cinquantennio fa a proposito dell'approccio alla storia sociale:

È chiaro che la storia delle società deve fondarsi su un'analisi delle strutture materiali. L'organizzazione dei gruppi, delle comunità famigliari o di vicinato, delle associazioni, delle bande, delle compagnie, delle sette, la natura e la forza dei legami che li hanno raccolti, la posizione degli individui in questa rete di relazioni, la loro posizione all'interno di una complessa gerarchia di strati sovrapposti, la distribuzione dei poteri fra questi individui non possono essere messe chiaramente in luce senza che siano preliminarmente riuniti tutti gli elementi che permettono di ricostruire le componenti dello spazio che gli uomini hanno occupato, sistemato e sfruttato, di percepire il senso dei diversi movimenti che hanno determinato l'evoluzione demografica, di determinare il livello delle tecniche di produzione e di comunicazione, di intendere la maniera in cui erano ripartiti i compiti, le ricchezze e i profitti e in cui furono utilizzati i surplus (G. Duby, 1981: 117).

E sottolineava l'importanza di non sottovalutare lo studio degli atteggiamenti mentali e delle ideologie:

(…) per comprendere l'organizzazione delle società umane e per riconoscere le forze che le fanno evolvere occorre prestare ugualmente attenzione ai fenomeni mentali, il cui intervento indiscutibilmente non è meno determinante di quello dei fenomeni economici e demografici. Gli uomini infatti regolano il loro comportamento in funzione non della loro reale condizione, ma dell'immagine che se ne fanno e che non ne è mai il rispecchiamento fedele. Si sforzano di conformarla a modelli di comportamento che sono il prodotto di una cultura, e che, nel corso della storia, possono adattarsi più o meno bene alle diverse realtà materiali (G. Duby, 1981: 117-118).

Ne discendeva che uno dei compiti principali che spettano oggi alle scienze dell'uomo sarebbe stato quindi quello di misurare,

in seno a una totalità indissociabile di azioni reciproche, la rispettiva pressione delle condizioni economiche e, dall'altra parte, di un insieme di convenienze e di precetti morali, dei divieti che essi pongono e degli ideali che propongono (G. Duby, 1981: 118).

In questa visione e negli orientamenti metodologici provenienti dalla "nuova storia" francese, debitrice della grande lezione delle *Annales,* è possibile riscontrare molti dei punti di contatto con la sensibilità e l'approccio di Piero Angela con la storia.

Risulta altrettanto importante – a nostro avviso – scavare nella memoria e nell'esperienza familiare del popolare giornalista scientifico per trarre ulteriori elementi utili a tracciare un profilo più accurato della sua formazione e dei modelli valoriali e culturali che lo ispirarono.

Solo in tempi recenti Angela ha raccontato pubblicamente la vicenda del padre Carlo, medico, antifascista, uomo della Resistenza, che nella sua clinica di malattie mentali e nervose di San Maurizio Canavese, negli anni del secondo conflitto mondiale e, in particolare, dopo l'8 settembre 1943, aveva salvato molti ebrei, accogliendoli sotto falso nome e istruendoli a fingersi malati mentali.

In un prezioso volume autobiografico, in cui raccolse memorie, esperienze e riflessioni del "lungo viaggio" della sua vita, Piero Angela tracciava un ritratto del padre descrivendolo come uomo austero, ancorato a regole ben precise, che "di scienza se ne intendeva", essendosi

laureato in Medicina e aver proseguito nel campo della ricerca conseguendo un dottorato a Parigi, sotto la guida di un clinico illustre, il neurologo Joseph Babinski. A differenza della madre Mary, donna dal carattere allegro e positivo, oltre che dagli slanci affettuosi, il padre gli appariva più rigido e severo, a tal punto da incutere soggezione. Ad ogni modo, era un uomo di grande spessore umano e professionale, che al momento dell'ascesa della dittatura aveva effettuato una precisa scelta di campo, schierandosi sul fronte antifascista con una avversione manifesta nei confronti del Duce che portarono al sequestro di quei giornali che ospitavano i suoi articoli. Aveva aderito al Partito d'Azione; nella sua casa di Torino si tenevano riunioni clandestine. Come ricordava sempre il figlio Angelo, «l'appartamento si prestava perché aveva due uscite, una su corso Galileo Ferraris, l'altra su via Montecuccoli, con varie possibilità di fuga in caso di emergenza».

Dopo l'intensificarsi dei bombardamenti su Torino, con conseguenze sempre più gravi in termini di morti e distruzioni arrecate, alla fine del '42 la famiglia decideva di trasferirsi nella clinica del padre dove si trattennero per tutto il periodo del conflitto. Così veniva descritta nella rievocazione di Angela:

Questa clinica aveva tre reparti: due erano per i pazienti definiti "agitati", uomini e donne colpiti perlopiù da gravi malattie croniche, e allora difficilmente curabili (come la sifilide quando alterava completamente le facoltà mentali); poi c'era un reparto per pazienti che invece avevano disturbi meno gravi o di tipo nervoso: depressioni, forme maniacali, oppure morfinomani in terapia di disintossicazione. Per loro (e per noi) c'era una grande sala con sofà, tavoli e un biliardo, un'altra sala con poltrone e un pianoforte dell'Ottocento, un campo per il gioco delle bocce, oltre agli scacchi, le carte e aree per passeggiare. Rimanemmo nella clinica quasi tre anni (P. Angela, 2022).

Dopo l'8 settembre 1943 e lo scatenamento della persecuzione ebraica anche in Italia, la clinica del padre divenne non solo il rifugio per la sua famiglia, ma anche luogo destinato a ospitare, facendoli passare per malati mentali, tanti ebrei che in questo modo riuscirono a scampare alla morte.

Sospettato per la sua attività di antifascista, il padre Carlo aveva rischiato di essere giustiziato a seguito delle vicende seguite all'uccisione del segretario del partito fascista del paese in un attentato partigiano, il 10 febbraio del '44. Ne era scaturito infatti l'invio di una squadra comandata dal federale di Torino, Giuseppe Solaro, con il compito di fare giustizia sommaria punendo gli antifascisti locali, ritenuti responsabili dell'accaduto. La rappresaglia portò alla fucilazione di tre antifascisti del paese, tra cui figurava il segretario comunale. Anche il padre di Angela, con il suo infermiere, avrebbe dovuto essere fucilato, ma riuscirono a salvarsi in extremis grazie all'intercessione di un suo paziente illustre, «il conte Carlo di Robilant, personaggio dell'alta nobiltà torinese ed ex fascista di rango, che conosceva bene Solaro e intervenne in loro favore, riuscendo a sottrarli alla fucilazione» (P. Angela, 2022).

Nel 1995, Renzo Segre avrebbe raccontato la sua storia di ebreo rifugiato, insieme alla moglie, nella clinica psichiatrica di S. Maurizio Canavese diretta dal dott. Carlo Angela, dove sarebbe rimasto per quasi due anni sotto false sembianze, salvandosi la vita. Il suo diario, pubblicato da Sellerio nel 1995, con il titolo *Venti mesi,* avrebbe rivelato il ruolo fondamentale svolto dal dott. Carlo nei confronti degli ebrei. Dopo un'indagine che ha preso l'avvio proprio da questo libro, nel 2000 Carlo Angela ha avuto l'onore dallo Yad Vashem di essere insignito con il titolo di "Giusto tra le Nazioni". Inoltre nel Giardino dei Giusti, a Gerusalemme, figura una targa con il suo nome, mentre a Roma gli è stata dedicata una via.

Si tratta senza dubbio di una storia esemplare, in grado di incidere profondamente nell'esperienza del giovane Piero, forgiandone valori e idealità. Una lezione di vita, nel cuore del periodo più buio della storia novecentesca, che da vicenda personale si è intrecciata con quella "grande storia" di cui il grande giornalista è stato interprete ed efficace divulgatore.

4. Bibliografia

Anania F., *Immagini di storia: La televisione racconta il Novecento*, Rai Eri, Roma, 2003.

Angela P., Barbero A., *Dietro le quinte della storia. La vita quotidiana attraverso il tempo,* RaiEri, Rizzoli, Milano, 2012.

Angela P., *Il mio lungo viaggio. 90 anni di storie vissute,* Mondadori, Milano, 2017.

Angela P., *A che serve la politica*, Mondadori, Milano, 2021.

Angela P., *Dieci cose che ho imparato*, Mondadori, Milano, 2022.

Barra L., *Piero Angela, la sua televisione,* in https://www.rivistailmulino.it/a/piero-angela-la-sua-televisione

Bisogno A., *La storia in tv: immagine e memoria collettiva*, Carocci, Roma, 2008.

Cicognetti L., Servetti L., Sorlin P (a cura di), *La storia in televisione. Registi e storici a confronto*, Marsilio, Venezia, 2001.

Cicognetti L., Servetti L., Sorlin P., *Tanti passati per un futuro comune? La storia in televisione nei paesi dell'Unione Europea*, Marsilio, Venezia 2011.

De Luna G., *L'occhio e l'orecchio dello storico: le fonti audiovisive nella ricerca e nella didattica della storia,* La Nuova Italia, Firenze, 1993.

De Luna G., *La passione e la ragione. Fonti e metodi dello storico contemporaneo,* La Nuova Italia, Milano, 2001.

Duby G., *Storia sociale e ideologie delle società,* in *Fare storia. Temi e metodi della nuova storiografia,* a cura di J. Le Goff e P. Nora, Einaudi, Torino 1981.

Ellwood D. W. (a cura di), *I mass media e la storia: nuovi approcci a confronto*, Edizioni Rai, Torino, 1986.

Giovannetti G., *Piero Angela: il difficile è essere facili,* in *Nuova Antologia,* 1, 2015.

Lorusso A. M., *Storia e memoria in tv*, in M. Dondi, S. Salustri (a cura di), *Comunicazione storica: tecnologie, linguaggi e culture*, Clueb, Bologna, 2021.

Roghi V., *La fabbrica dell'immaginario storico contemporaneo. Televisione e programmi di storia (1961-1994)*, in *Televisione. Storia, immaginario, memoria,* a cura di D. Garofalo e V. Roghi, Rubbettino, Soveria Mannelli, 2015.

Tarzia F., *Immagini dal passato. La divulgazione della storia nella neotelevisione italiana: immaginari, format e funzioni mediale*, in *Mediascapes Journal*, 8, 2017.

Ugolotti C., *Passato e presente: analisi di un programma di storia in tv*, in *Diacronie. Studi di Storia Contemporanea*, 52, 4/2022, 29/12/2022, URL: <http://www.studistorici.com/2022/12/29/ugolotti_numero_52/ >

Sonia Gambino - Giovanni Messina - Enrico Nicosia - Carmelo Maria Porto

L'INDAGINE GEOGRAFICA NELL'OPERA DI DIVULGAZIONE DI PIERO ANGELA

1. Introduzione. – 2. La divulgazione del sapere geografico tra cultura e tematizzazione. – 3. Conclusioni. – 4. Bibliografia.

1. Introduzione

Nel 2023, il giornale Il Post ha pubblicato, per i tipi Iperborea, il quinto numero della rivista Cose spiegate bene dal titolo *La Terra è rotonda*, con testi di Stefano Boeri, Marta Ciccolari Micaldi, Elena Dell'Agnese e Francesca Mannocchi. Questo volume costituisce idealmente l'innesco di questo contributo[1] perché, ultimo in ordine cronologico, rappresenta un utile tentativo di affermare l'importanza del discorso geografico anche al di fuori dei circuiti formativi.

A che serve la geografia, insomma, sembra essere la domanda ineludibile. Da essa non si può che principiare in premessa alla nostra riflessione. L'evoluzione del pensiero geografico, da sempre, è stata contrassegnata da teorie che ne hanno animato il dibattito metodologico, influenzandolo diversamente e causandone a volte un accrescimento concettuale e provocandone, altre altre volte, un blocco nell'evoluzione scientifica della disciplina (E. Nicosia, 2009). Si pensi ad esempio a quanto abbiano inciso, per la nascita della moderna Geografia, il confronto fra prospettiva determinista e posizione possibilista, o in tempi ancora più recenti, la dialettica fra geografia quantitativo-positivista e le posizioni più qualitative legate al *cultural turn* (G. Cusimano, 2002). L'utilità della disciplina, però, ci si perdoni la brutalità della sintesi, si radica non soltanto nel suo specifico interesse per la questione dello spazio, coordinata conoscitiva insostituibile, ma anche nella relazionalità fra la dimensione spaziale e l'attività dell'uomo, con particolare attenzione al rapporto di quest'ultimo con l'ambiente. In questa prospettiva, l'attenzione della Geografia abbraccia gli aspetti più disparati della quotidianità, dal dibattito appunto sulla sostenibilità ambientale, alla

[1] Il lavoro condensa una riflessione comune di tutti gli Autori.

globalizzazione economica, passando per migrazioni, transizioni digitali e squilibri socio-economici.

Sgomberata dal campo la questione del campo di interesse, fondamentale *ictu oculi*, la domanda da porsi è allora rivolta alla formazione della coscienza, e quindi della conoscenza, geografica. L'insegnamento della Geografia nella Scuola italiana, con particolare riferimento al ciclo di istruzione superiore, rappresenta una non sanata criticità formativa che perdura dal 2010. Come più volte denunciato, fra gli altri dall'Associazione Italiana Insegnanti di Geografia, l'atipicità concorsuale e l'esiguità del monte orario a disposizione hanno sostanzialmente sottratto a varie generazioni la possibilità di acquisire competenze geografiche complesse e critiche dopo i cicli descrittivi della formazione precedente. Questo *gap* non solo permane ma si amplifica nei corsi universitari e di formazione post diploma che, laddove non prevedano impianti formativi *ad hoc*, integrano la disciplina nei piani di studio economici, umanistici, giuridici, tecnici e financo legati alle scienze della Terra. Il sistema formativo, almeno in Italia, registra quindi non poche difficoltà a creare profili di competenza adeguati; eppure, la centralità dell'interesse geografico, come testimonia la pubblicazione divulgativa richiamata in principio, ha la forza autonoma per appropriarsi, è il caso di dirlo, di uno spazio mediatico autonomo e di prestigio. In tal senso la medialità, fra le altre televisiva e digitale, costituisce un orizzonte fecondo da esplorare cursoriamente. Si pensi soltanto a *network* olistici come *National Geographic* per comprendere quanto le narrazioni geografiche siano materia pregiata ed essenziale per descrivere e raccontare i chiaroscuri dei paesaggi e delle comunità che li abitano, degli ambienti e delle culture che li innervano. La televisione, in ragione del ruolo di Piero Angela, ha rappresentato e continua a rappresentare uno strumento attraverso il quale il discorso geografico è stato proposto alle intelligenze e alle curiosità degli spettatori interessati (P. Rovati, G. Corradini, 2010-2011).

Lontana dalle logiche formative proprie delle sedi deputate, la divulgazione costituisce, se proposta con alti parametri qualitativi, una straordinaria funzione che, attivata dalla medialità e dalla multimedialità, costruisce narrative capaci di aprire nuovi orizzonti di coscienza e conoscenza. In questo senso la attività pubblicistica e quella giornalistica sono chiamate ad agire di sponda con la ricerca ed il dibattito scientifico per favorire una riflessione corale. L'aspetto della coralità diviene ancora più cruciale quando il dibattito si rivolge a

contesti che quotidianamente agiamo e trasformiamo: quelli spaziali, di cui si occupa la Geografia. Di questa opera di divulgazione e dei temi che ancora oggi attraversano il dibattito geografico (e non solo) Piero Angela è stato indefesso alfiere: si pensi infatti agli approfondimenti su paesaggi naturali, ambiente, esplorazione e mondo animale, cuore delle serie *Quark* e *Super quark*, o a quando egli condusse dal Palazzetto dello Sport di Torino, nel 1986 e nel 1987, due prime serate su Rai 1 sui problemi del clima nell'atmosfera e negli oceani. Questo contributo intende allora, nel suo piccolo, fornire un riscontro grato a un intellettuale impegnato anche nell'interesse geografico.

2. La divulgazione del sapere geografico tra cultura e tematizzazione

Piero Angela ha rappresentato una delle figure di maggior pregio nel panorama culturale italiano. A lui va attribuito il grande riconoscimento di aver saputo considerare la cultura come vettore straordinario di promozione del nostro Paese. Divulgatore scientifico eccezionale è riuscito con grande creatività e rigore a trasmettere la scienza attraverso un lavoro di approfondimento attento e minuzioso, capace di interpretare e di comunicare in maniera semplice e accessibile i profondi cambiamenti che hanno interessato il sistema-mondo. La sua informazione mediale è stata un importante strumento di ricerca costante, tra storia e geografia, arte e archeologia, scienza e tecnologia, attraverso una narrazione culturale viva ed autentica. Le sue doti di giornalista e di uomo di scienza hanno saputo coniugare l'ambito divulgativo con quello scientifico, riuscendo a catturare l'attenzione del pubblico con un crescendo di informazioni che andava ben oltre le notizie, possedendo un linguaggio attraente ma soprattutto semplice al fine di destare curiosità e piacevolezza nei telespettatori. È stato in grado di elaborare concetti semplici per illustrare origine ed evoluzione di fenomeni articolati avvalendosi di metodologie e strumenti variegati: dall'indagine territoriale all'esperienza sul campo, utilizzando anche i nuovi mezzi tecnologici adatti per l'analisi degli aspetti evolutivi.

Piero Angela ha mostrato, in tutti i suoi programmi, una spiccata sensibilità verso i temi geografici, ricercando le varietà geografiche con duttilità, adattandosi con grande sapienza a contesti socio-culturali molto diversi in una logica di comunicazione fortemente identitaria. La bellezza, il fascino e la storia del patrimonio culturale italiano sono stati uno dei *leitmotiv*

dei suoi documentari. Ha saputo elevare la Geografia a Scienza dandogli lo stesso valore che Lucio Gambi nel 1956 le tributava: «Nella sfera delle scienze della natura, la geografia, adeguandosi all'evoluzione della cultura, assume la veste di scienza del paesaggio». Ed è proprio il campo di analisi e di indagine geografica che in molti suoi viaggi, Piero Angela, ha messo in evidenza: la tutela del paesaggio come valore culturale, formato dalla sintesi di elementi fisici, ambientali, storici, culturali, sociali, economici e politici che costituiscono l'identità di un luogo. Piero Angela ha avuto la capacità di saper trasmettere un'immagine televisiva della disciplina geografica attraverso il racconto attivo, mai asettico, un disegno interdisciplinare fondato su una proposta culturale integrata, un approccio visivo accattivante e affascinante; fornendo un alto contributo alla conoscenza delle rilevanti differenze riscontrabili a scala locale, regionale e universale.

Potremmo fare molti esempi sui temi da lui divulgati in ambito geografico, ma ci soffermeremo solo su alcuni temi di grande attualità che continuano ad animare le nostre ricerche geografiche e che risultano, per noi, più attinenti alle grandi sfide globali.

Agli inizi degli anni '70 del XX secolo il mondo politico di tutto l'Occidente comincia ad avere coscienza della drammatica situazione ecologica e a capire che le società industriali stavano prendendo una strada senza ritorno con lo sfruttamento indiscriminato delle risorse naturali e la diffusione rilevante dell'inquinamento di ogni genere. Nel 1972 veniva pubblicato il celebre rapporto del MIT *I limiti dello sviluppo* (D. H. Meadows et alii) che metteva il mondo di fronte a questa realtà, facendo cupe previsioni per il futuro ed affermando con molta decisione che lo sviluppo economico non aveva tenuto conto della salvaguardia dell'ambiente. Era, perciò, necessaria una profonda revisione non solo del modello di sviluppo fino a quel momento seguito ma anche dell'etica stessa della nostra società nei riguardi della natura (M. Pinna, 1995, 25). Appare chiaro che, per perseguire la sostenibilità, è indispensabile una approfondita conoscenza dei sistemi ecologici e del loro funzionamento ed è altrettanto chiaro che ogni progresso di tipo tecnico deve tenere conto di tale conoscenza: ciò significa che la ricerca scientifica e quella tecnica devono andare di pari passo e le scelte economico-politiche devono essere fatte con piena conoscenza delle loro conseguenze sull'ambiente (S. Gambino, 2018). Nel 1973 Piero Angela inaugurò una serie di trasmissioni dal titolo «Dove va il mondo», programma che ebbe molto successo all'interno del palinsesto e che si distinse nel panorama

culturale e scientifico italiano per il carattere multidisciplinare delle competenze, in cui l'autore assume il ruolo di pioniere della questione ambientale e dei temi della sostenibilità, apportando nuova linfa a questo ambito di ricerca sempre più complesso e diversificato (B. Castiglioni et alii, 2007). La reazione alle emergenze incombenti ha dato vita a un confronto sulle possibili soluzioni da adottare attraverso uno sforzo che non può più essere solo locale o regionale, ma globale. Inoltre, la possibilità che si adottino politiche sostenibili dipenderà in parte anche dal grado di consapevolezza dei cittadini delle società più avanzate e dalla volontà degli organismi sovranazionali. Tutela dell'ambiente e questione economico-culturale sono, perciò, temi inseparabili e presuppongono la necessità di un cambiamento di mentalità contrapposta all'idea di una crescita «infinita o illimitata». Il tema della sostenibilità coglie, difatti, uno dei problemi più urgenti del dibattito culturale contemporaneo, quello dell'uso sostenibile delle risorse, analizzato entro la più ampia riflessione tra conservazione della natura e governo del territorio in una più razionale gestione del territorio (C. Barilaro, 2018). L'impegno attivo di Angela per la costruzione di un'educazione alla sostenibilità ha rappresentato un'opera corale ed elemento strategico sia per promuovere comportamenti propositivi dei cittadini verso il contesto ambientale, l'equità sociale e l'efficienza economica (C.M. Porto, 2005), sia per propagare una nuova sensibilizzazione verso la diffusione di nuovi modelli di sviluppo compatibili con il futuro del nostro pianeta. Il legame con la geografia si è manifestato non solo nell'impostazione che ha dato a molti programmi televisivi ma anche nei contenuti di alcune sue pubblicazioni.

Nel suo libro «*Il mio lungo viaggio- 90 anni di storie vissute*» edito da Mondadori nel 2017, Piero Angela racconta la sua poliedrica attività, la sua vita da esploratore instancabile, ripercorrendo un lungo percorso costruito durante la sua carriera, un percorso che lo ha portato sempre a stretto contatto con la geografia. Ed è così che scriveva in uno dei suoi racconti di viaggio: «*L'Africa, oggi, sta cambiando profondamente. Ma in pochi decenni a cambiare (a causa del turismo, dei commerci, delle trasformazioni agricole e delle guerre), non è stata solo l'Africa ma tutte quelle zone del mondo che fino a non molto tempo fa erano rimaste ancora incontaminate. È sempre più difficile trovare villaggi rimasti uguali a se stessi nel tempo*» (P. Angela, 2017, 76). In queste poche righe, l'Africa diventa spazio di esplorazione delle diversità culturali, fonte di patrimoni da valorizzare, impulso per la diffusione di una memoria

collettiva, di identità e tradizioni. Questo suo pensiero riflette, pienamente, una percezione del territorio visto attraverso lo sguardo del geografo, che osserva il legame inscindibile tra geografia e turismo, geografia e geopolitica, geografia e ambiente e cosciente dei forti squilibri e disuguaglianze mostra una sensata preoccupazione per gli impatti delle attività antropiche e le pressioni provenienti dal contesto globale sulle comunità locali. Immaginando il rischio di scenari futuri poco sostenibili e poco attenti al valore sia degli ecosistemi sia delle comunità locali, Piero Angela riesce a fare una lettura del paesaggio cogliendo le interazioni tra le componenti naturali e quelle antropiche, attraverso anche lo storytelling, una delle forme di comunicazione più antiche utilizzate per trasmettere conoscenza; ha utilizzato i racconti delle popolazioni locali quali strumenti di trasmissione per poter condividere idee, credenze, valori, tradizioni; questa pratica è divenuta un mezzo comunicativo efficace, specialmente quando è correlata alla significatività storica e culturale di un determinato sito (W. Jamieson et alii, 2018). Gli argomenti sostenuti attraverso le *storyline* sulle trasformazioni del territorio africano ma anche sulle relazioni che si instaurano tra il paesaggio e la popolazione hanno evidenziato, che spesso le iniziative di tipo bottom-up, ad esempio relative alla creazione di infrastrutture culturali che comportano occupazione di spazi da parte dei membri delle comunità locali possono generare tensioni con i governi locali. Studi empirici mostrano, infatti, che le politiche di sostenibilità urbana che si basano sulla costruzione di un consenso apparente possono facilmente ignorare le condizioni di vita delle minoranze o di gruppi emarginati. A tal fine, le istituzioni dovrebbero sempre più acquisire la capacità di avviare percorsi di condivisione di proposte progettuali di tipo *bottom up* atte a superare i conflitti. Negli scritti di Piero Angela emerge come l'agire umano possa/debba essere guidato da una maggiore consapevolezza per lenire i conflitti e attivare processi di coesione tra Nord e Sud del mondo, attuando possibili azioni da intraprendere per garantire una transizione verso modelli di sviluppo più sostenibili.

3. Conclusioni

Piero Angela ci ha lasciato una grande eredità culturale. La molteplicità dei suoi interessi ha trovato riscontro nella passione per la Geografia, nella capacità di leggere e raccontare il mondo e di rappresentare le realtà territoriali attraverso un'informazione mediatica originale

e concreta. L'attenzione scientifica che ha riservato a questa disciplina gli è stata riconosciuta anche da alcuni sodalizi geografici. Difatti, nel 1997 l'AIIG (Associazione Italiana Insegnanti Di Geografia) ha attribuito il Premio «Geografia Giorgio Valussi» che viene assegnato a personalità che si sono distinte per l'impegno nella divulgazione di strumenti, metodi e finalità del sapere geografico sia come forma di conoscenza indispensabile nella lettura critica della realtà attuale e nel prefigurare scenari futuri, sia in quanto veicolo di valori e attualizzazione di significati sedimentati nel territorio in una funzione di difesa, valorizzazione e patrimonializzazione dei luoghi. Proprio per questa sua sensibilità geografica, il 26 ottobre 2021, anche un altro storico sodalizio geografico, la Società Geografica Italiana, ha voluto premiare Piero Angela del titolo di «Socio D'Onore» per la sua opera decennale nel contesto scientifico-culturale, nazionale ed internazionale, in difesa della scienza e da sempre vicino alla geografia. Questa nomina prestigiosa si spiega tenendo presente che l'attività di Piero Angela si sposa con la vision dell'importante sodalizio geografico, la cui azione si concentra su temi molto vicini all'opera divulgativa di Piero Angela quali la sostenibilità, la valorizzazione dei beni culturali, la tutela del paesaggio. In occasione di questo riconoscimento, Piero Angela ha tenuto una prolusione sul tema «La nuova geografia: tecnologia, economia, ambiente». Il suo lavoro di divulgatore è stato portato avanti con l'esperienza di un «geografo» e con l'abilità di sapere indagare le dinamiche territoriali attraverso una narrazione mediatica di grande effetto e dalla grande forza attrattiva. Se il geografo Giacomo Corna Pellegrini fosse ancora vivo, sicuramente, avrebbe dedicato un capitolo del suo libro *Geografia diversa e preziosa* (2007) a Piero Angela come uomo di scienza che ha saputo descrivere e interpretare il valore della ricerca geografica, dando un contributo innovativo alla didattica della Geografia.

4. Bibliografia

Angela P., *Il mio lungo viaggio. 90 anni di storie vissute*, Milano, Mondadori, 2017.

Barilaro C., L'acqua nella cultura dell'ambiente e del paesaggio, in Gambino S. (a cura di), *La tutela delle risorse idriche – Una nuova sfida per l'attuazione dello sviluppo sostenibile*, Mantova, Universitas Studiorum, 2018.

Boeri S., Ciccolari Micaldi M., Dell'Agnese E., Mannocchi F., *La Terra è rotonda, Cose spiegate bene*, Milano, Iperborea, 2023.

Castiglioni B., Celi M., Gamberoni F., (a cura di), *Il paesaggio vicino a noi. Educazione, consapevolezza, responsabilità,* Museo di Storia naturale e Archeologia (2007).

Corna Pellegrini G., *Geografia diversa e preziosa- il sapere geografico in altri saperi umani,* Roma, Carocci editore, 2007.

Cusimano G., Sotto il segno della cultura. Mondo attuale e New cultural Geography, in *Linee tematiche di ricerca geografica* in PALAGIANO C. (a cura di), Bologna, Patron editore, 2002, pp.193-222.

Gambi L., *Geografia fisica e geografia umana di fronte ai concetti di valore*, Faenza, F.lli Lega, 1956.

Gambino S., *La tutela delle risorse idriche – Una nuova sfida per l'attuazione dello sviluppo sostenibile,* Mantova, Universitas Studiorum, 2018.

García M., Eizaguirre S., Pradel M., *Social innovation and creativity in cities: A socially inclusive governance approach in two peripheral spaces of Barcelona*. City, Culture and Society (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j. ccs.2015.07.001.

Jamieson W., Jamieson M., Cockerell N. (2018) Tourism Interpretation, Manual for Planning and Management Green Door solutions, in https://docs.wixstatic.com/ugd/4504e5_b6381e9b6337492d8e370e583bdcc4c9.pdf.

Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens Ill W.W., *I limiti dello sviluppo*, Milano, Est Mondadori, 1972.

Nicosia E., «Charles Darwin: il naturalista «geografo», in *Geostorie, Bollettino e notiziario del Centro italiano per gli studi storico-geografici*, Briganti Glauco, Genova - Pontedecimo, Anno 17 – n. 2 – maggio-agosto, 2009, pp.157-185.

Pinna M., I parchi nel moderno rapporto tra uomo e natura, in «*La Sardegna nel mondo mediterraneo»*, in Brandis P.-Scanu G. (a cura di), Bologna, Patron editore, 1995, pp.21-30.

Porto C.M., «Bambini e sostenibilità urbana: una metodologia per la ricerca sul campo», *Ambiente Società e Territorio. Geografia nelle scuole*, anno L., nuova serie V, n.1, gennaio/febbraio 2005, pp.26-30.

Rovati P., Corradini G., *Geografia e televisione. Dagli spazi locali agli spazi globali,* Annali di studi e ricerche di Geografia, LXVI-LXVII, 2010-2011, pp. 49-62.

Paola Labadessa

ESORDI DI DIVULGAZIONE SCIENTIFICA NEGLI ANNI PARIGINI DI PIERO ANGELA: UNO SGUARDO SULLA COMUNICAZIONE BILINGUE

1. Introduzione. – 2. Gli anni a Parigi e l'apprendimento delle lingue straniere. – 3. Esordi di comunicazione scientifica tra italiano e francese. – 3.1 Il Laboratorio del Louvre. – 3.2 La *Comédie Française*. – 3.3 Suono e immagine. – 4. Verso il mondo di Quark.

1. Introduzione

È comunemente ritenuto, come anche riportato nelle biografie, che la carriera di divulgatore scientifico di Piero Angela abbia avuto inizio con programmi televisivi quali *Destinazione uomo* (1971), *Da zero a tre anni* (1972), *Dove va il mondo* (1973), e si sia affermata con la serie *Quark* a partire dal 1981[1].

In questo contributo intendiamo porre in luce come, già agli esordi della sua carriera, negli anni in cui fu corrispondente a Parigi per la RAI, abbia avuto modo di dare prova delle sue competenze in materia di comunicazione scientifica, persino bilingue, nei servizi per la trasmissione settimanale *Arti e Scienze*, sottotitolata *Cronache di attualità*, andata in onda dal primo Gennaio 1958 alla fine del 1962[2]. Una sorta di *Quark* in pillole ante litteram.

Avvalendoci di documenti e filmati reperiti nelle teche RAI, tra i quali abbiamo effettuato una selezione rispondente ad obiettivi prescelti, oltre che di testimonianze di prima mano, desideriamo, quindi, ripercorrere questa esperienza tra informazione, divulgazione e mediazione linguistico-culturale, condotta nelle lingue francese e italiano. Con l'ausilio di elementi di analisi del discorso, del testo e pratica traduttiva, tralasciando quegli aspetti propriamente collegati al testo televisivo che, d'altra parte, esulano dalle nostre competenze, osserveremo le modalità di comunicazione messe in atto, cercando di esplorare anche quegli

[1] http://www.unina.it/-/30709703-addio-a-piero-angela-tra-i-divulgatori-scientifici-piu-noti-e-piu-grandi-di-tutti-i-tempi (ultima visualizzazione il 01 Giugno 2023)

[2] Cfr. A. Zanoli, *"Sinopia per l'arte figurativa". Longhi a «L'Approdo» radiofonico, letterario, e anche televisivo*, in C. Spadoni (a cura di) *Da Renoir a de Staël. Roberto Longhi e il moderno*, Milano, 2003, pp. 185-192.

elementi linguistici funzionali agli obiettivi divulgativi, a partire dalla metodologia di apprendimento delle lingue straniere, che fu propria di Piero Angela, fondata principalmente sulla componente lessicale.

2. Gli anni a Parigi e l'apprendimento delle lingue straniere

Nell'ottobre 1955, Piero Angela ottiene di andare a Parigi per affiancare il corrispondente alla radio. Diventa, invece, il corrispondente del TG rimanendovi fino al 1964[3].

Anni difficili per un italiano in Francia, come racconterà Antonio Di Bella, ricordando un pranzo a Parigi proprio con Piero, in occasione del suo insediamento presso l'ufficio di corrispondenza Rai, esattamente dove era stato il predecessore: «C'era discriminazione, diffidenza, a volte vero e proprio razzismo»[4]. Piero fu, in quegli anni, testimone della Francia guidata da De Gaulle. Memorabili alcune sue interviste tra le quali quella al presidente del Consiglio Pierre Mendès-France e al giovane François Mitterrand; tra quelle più emozionanti, come dallo stesso Angela dichiarato, a Yves Montand[5] e al poeta e regista Jean Cocteau, di cui racconterà in un'intervista del 1996 ad Aldo Cazzullo: «Abitava da solo con la domestica in un piccolo appartamento vicino al Palais Royal, alla parete teneva una sua foto vestito da Papa»[6].

Anni essenziali per la sua formazione e carriera, in una città che ha amato molto, come confermato dal figlio Alberto, che applica al padre, parafrasando leggermente, le parole di E. Heminguay: «Se sei abbastanza fortunato di aver vissuto a Parigi come giovane uomo, ebbene per il resto della vita, ovunque tu andrai, Parigi sarà con te»[7]. Un legame con la *ville Lumière* che rimarrà per tutta la vita.

[3] A. Cazzullo, *Gli esordi di Piero Angela: il jazz, la cronaca nera, gli anni a Parigi*, in https://www.corriere.it/spettacoli/22_agosto_13/jazz-piero-angela-2bb3fdce-1afa-11ed-a02b-4a93a769c80f.shtml, 22 agosto 2013 (ultima visualizzazione il 12 Giugno 2023).
[4] A. Di Bella, *Quel pranzo a Parigi con Piero*, in https://www.articolo21.org/2022/08/quel-pranzo-a-parigi-con-piero/, 13 Agosto 2022 (ultima visualizzazione il 12 Giugno 2023).
[5] Il video dell'intervista è pubblicato su: https://www.raicultura.it/cinema/articoli/2021/09/Montand-intervistato-da-Piero-Angela-68f87c98-d6d5-48dc-83d8-1a04b4655bbc.html (ultima visualizzazione il 22 Giugno 2023).
[6] A. Cazzullo, *Gli esordi*…cit.
[7] In *Piero Angela-Un viaggio lungo una vita*. Puntata della trasmissione RAI *Ulisse, il piacere della scoperta*, stagione 2023 visibile su https://www.raiplay.it/video/2023/05/Ulisse-il-piacere-della-scoperta---Piero-Angela---Un-viaggio-lungo-una-vita-598eba9f-e673-4ab8-b30d-0536f1968994.html (ultima visualizzazione il 22 Giugno 2023).

Anni nei quali si rivelarono, non solo *in nuce*, le sue abilità di comunicatore scientifico. Gli inizi potrebbero rintracciarsi, in un certo qual modo, in due servizi radiofonici: *Un villaggio per il mondo* del 1956, in cui presenta la *Cité Internationale Universitaire* di Parigi e, dello stesso anno, ***Lo zio di Parigi*** sulla vita degli emigrati italiani nella capitale francese[8]. Su questi sorvoleremo per focalizzarci direttamente sui contributi televisivi.

Come sia riuscito a padroneggiare un fluente francese, che conosceva a partire dagli studi scolastici, lo apprendiamo dalla personale metodologia per imparare le lingue straniere. Ne parla nel libro *Alfa e Beta*, di cui riportiamo lo stralcio:

> […] Se si conoscono molti vocaboli, cuciti insieme da una conoscenza di base della grammatica, si riesce grosso modo a comunicare, leggere, parlare. E, cosa più importante, è possibile così perfezionarsi, anche nella struttura, con l'esercizio. Se invece hai puntato i tuoi sforzi soprattutto o esclusivamente sulla grammatica, e non sui vocaboli, ti manca la vera base della lingua. E rischi di non capire bene quello che leggi o quello che ti dicono[9].

Lo stesso metodo suggerirà all'amico, collega, Piero Bianucci che lo svela nel corso di una recente conferenza dedicata a «Piero Angela pubblico e privato», nell'ambito delle iniziative della Festa di Scienza e Filosofia 2023. Un dizionario bilingue, un quaderno su cui annotare dieci parole al giorno per due mesi e una telefonata in America quale esame abilitante per la conoscenza della lingua sono le risorse e l'iter per imparare l'inglese[10]. Quegli stessi che Piero utilizzerà per studiare altre lingue, quali il russo.

[8] I servizi sono reperibili nelle Teche Rai ai seguenti indirizzi https://www.teche.rai.it/1956/09/un-villaggio-mondo/ e https://www.teche.rai.it/1956/07/lo-zio-parigi/ (ultima visualizzazione il 06 Giugno 2023).
[9] Angela P., *Alfa e Beta: dalle stelle all'intelligenza*, Milano, 1984. Estratto citato in P. Di Nicola, P. Agnoli , *Why did the chicken cross the road? Ovvero funny tales, true stories, curious news, valuable information, trivia, quotes, famous phrases, jokes and like….* Roma, 2001, p. 10.
[10] La registrazione della conferenza è visionabile al seguente indirizzo: https://www.arcoiris.tv/scheda/it/55018/ (ultima visualizzazione il 08 Giugno 2023).

3. Esordi di comunicazione scientifica tra italiano e francese

La rubrica culturale *Arti e Scienze* si occupa di argomenti vari (teatro, musica, archeologia, letteratura e, ovviamente, arte e scienze). Notizie e aggiornamenti provenienti da Parigi sono affidati a Piero Angela.

Ci soffermeremo, in questo contesto, su tre servizi andati in onda nel 1960, inerenti argomenti e personalità della cultura e società francese, ma con interesse a livello internazionale. Lo sguardo sarà finalizzato a comprendere le modalità di trasmissione dell'informazione, nella complessità di una operazione che non si configura esclusivamente come processo traduttivo/interpretativo ma che intende rispondere a un duplice obiettivo:

- decodificare e comunicare il dato scientifico e/o culturale in questione
- facilitare la comprensione al pubblico italiano.

Modalità che proseguiranno, più o meno immutate, pur se più ampiamente sviluppate, anche in concomitanza del progresso del mezzo televisivo, nelle trasmissioni a seguire.

I tre servizi selezionati, della durata compresa tra 6 e 7 minuti, sono costituiti da tracce video e audio, tanto con voce off - riconoscibile in quella di Piero - quanto con suono in presa diretta, di cui riporteremo a seguire la trascrizione testuale da noi effettuata[11].

Due documenti riguardano esperienze legate ad altrettanti luoghi simbolo di Parigi - il Laboratorio del Louvre e la *Comédie Française* -, il terzo, «Suono e immagine», è stato registrato all'interno dei laboratori della RTF, *Radiodiffusion-Télévision Française*.

La struttura, nelle limitazioni temporali, editoriali e di montaggio, si presenta più o meno omogenea:

- introduzione, in lingua italiana, dell'argomento da parte di Piero (voce narrante o in scena) anche con eventuale dimostrazione pratica dallo stesso effettuata;
- presentazione del personaggio ed intervista, condotta in modalità mono o bilingue. In questo caso un ulteriore lavoro di interpretazione (simultanea e/o consecutiva) assume ora i caratteri di un processo di sintesi, ora di approfondimento e chiarificazione, spesso con anticipazione del quesito successivo.

[11] La trascrizione dell'audio è stata effettuata avvalendoci dell'ascolto personale e dell'editor Speechnotes. A tal proposito chiariamo come i segni di interpunzione e la paragrafizzazione siano puramente arbitrari, così come i *lapsus linguae* sono stati omessi o volutamente rettificati.

Le interviste effettuate differiscono per le modalità testuali o sceniche con cui vengono condotte e/o montate. Proprio le diversità del *discours* e del testo vogliamo rendere oggetto della nostra osservazione.

Il primo servizio si accosta, sul piano enunciativo, a una narrazione-descrizione con esperimento scientifico, il secondo rientra nell'ambito della pratica giornalistica e traduttiva, il terzo contiene interpretazione simultanea affiancata da esperimento in tempo reale. Al fine di studiare meglio le situazioni, i sistemi adottati di impaginazione della trascrizione, come vedremo, con testo consecutivo o traduzione a fronte, risultano funzionali al nostro obiettivo.

3.1 Il Laboratorio del Louvre

Il servizio (6') che prende titolo dal luogo in cui è registrato[12] offre uno spaccato sul lavoro di ricerca e analisi effettuato sulle opere d'arte, negli spazi del museo non accessibili al pubblico, e propone una intervista a Magdeleine Hours[13], capo servizio dei laboratori del Louvre.

Il testo nel suo insieme, pur rientrando nel piano del discorso, procede per inserimento di sequenze che si alternano al discorso diretto. Ne consegue l'elaborazione di un prodotto al tempo giornalistico, ma altrettanto narrativo, esplicativo, discorsivo e, non ultimo, un processo traduttivo. Una prevalenza di sequenze narrative/descrittive sulle conversazionali o inserzioni di discorso diretto, chiarisce come obiettivo del servizio non sia tanto l'intervista in sé - e come l'intervistato passi in secondo piano -, quanto la comprensione da parte del pubblico, che, pur non presente, è reso partecipe della scena tramite indizi linguistici, come vedremo. Ad ulteriore conferma del fatto che l'attenzione sia rivolta al telespettatore italiano, l'utilizzo di soli due interventi in lingua francese.

[12] https://www.raiplay.it/video/2018/09/Piero-Angela-Arti-e-scienze-il-laboratorio-del-Louvre-0be6847c-9fd0-4b1a-8737-63b42f8a0c7a.html (ultima visualizzazione il 22 Giugno 2023).

[13] Per maggiori informazioni sulla figura di M.me Hours, si veda H. Gauville, *Magdeleine Hours, une vie dédiée au Louvre* in https://www.liberation.fr/culture/2005/04/01/magdeleine-hours-une-vie-dediee-au-louvre_514935/ (ultima visualizzazione il 13 Giugno 2023).



Figura 1 – immagine tratta dalla sigla di Arti e Scienze

Fonte: Teche Rai

Piero (*voce off*): Al Museo del Louvre è cominciato il grande afflusso estivo dei turisti, si prevedono oltre mezzo milione di persone nei prossimi tre mesi. Migliaia di capolavori e chilometri di corridoi sono come sempre in attesa. Beh, alcune sale continueranno a restare inaccessibile ai visitatori, quelle che si trovano dietro a queste finestre. Sono i locali del laboratorio del Louvre. Qui un'equipe di specialisti effettua analisi e ricerche sui quadri del museo. Apparecchi di radiografia a raggi infrarossi, microscopio, apparecchi fotografici. I capolavori del passato non hanno ancora cessato di sorprenderci e l'indagine scientifica permette oggi di penetrare dei segreti che sono per secoli sfuggiti alla visione diretta dell'occhio (0:03-0:46).

A partire da questa sequenza, nella quale si può identificare una sorta di prologo, proviamo a focalizzare lo sguardo sulle modalità con cui procede il testo prodotto da Piero. La sequenza a seguire introdurrà l'azione esplicativa vera e propria con presentazione dell'intervistato.

Piero: Gli esami di laboratorio non sono una novità, anche se il Museo del Louvre dispone di attrezzature particolari, ma se oggi siamo qui, al Museo del Louvre, al laboratorio del Museo del Louvre, non è per parlare di questi procedimenti tecnici che sono in fondo già abbastanza conosciuti, quanto per parlare delle possibilità che offrono questi moderni mezzi di ricerca. Per meglio comprendere un artista e per meglio capire la sua opera, per meglio vedere il quadro. M.me Hours che è capo del servizio dei laboratori del Louvre e che da anni si occupa di questi problemi, ha preparato oggi per noi una serie di quadri che ci permetteranno di partire, come lei ha fatto, alla ricerca della pittura attraverso l'invisibile (0:47-1:31).

Hours: Exacte, nous sommes au laboratoire attaché plus particulièrement à découvrir la technique des peintres, à essayer de découvrir l'invisible, de retrouver des étapes perdues de la création artistique, l'écriture et d'ailleurs, plutôt que de faire une conférence, il est plus intéressant de montrer aux téléspectateurs les documents et notamment le fameux portrait de l'Autoportrait de Van Gogh (1:32-1:52).

Piero: Ecco quindi il primo esempio, l'Autoritratto di Van Gogh, celebre autoritratto qui visto in luce normale, in visione diretta. Una luce radente, cioè un riflettore messo tangenzialmente mentre, vedete qui in evidenza, i tratti che sono caratteristici della pennellata di Van Gogh, specialmente nell'ultimo periodo della sua esistenza. Il rilievo è particolarmente accentuato. Ed è questa una pennellata tipica di Van Gogh, quella che viene definita la sua "scrittura". Ecco un altro celebre quadro di Van Gogh, *Les roulottes*, qui visto in luce normale. Come per l'Autoritratto la luce tangente mette in evidenza il carattere impulsivo e violento della pennellata di Van Gogh. Vedete che è un tratto inconfondibile che gli è proprio, d'altronde, si è potuto notare che i falsi Van Gogh mancano di questa forza e intensità che costituisce una vera e propria firma.

M.me Hours queste tecniche moderne vi permettono non soltanto di osservare un quadro come abbiamo fatto finora in superficie, ma anche di scendere in profondità. Cosa ci ha rivelato quest'analisi? (1:52-2:57).

Rispetto alle precisazioni di M.me Hours, la replica di Piero sembra presentare da un lato un impoverimento semantico rispetto ad alcuni elementi informativi menzionati («découvrir l'invisible, retrouver des étapes perdues de la création […]») - entropia che sarà compensata successivamente - e, d'altro canto, è punto di partenza per una più ampia presentazione delle tecniche di studio sui dipinti. Il personaggio intervistato assume, pertanto, una funzione di lancio del messaggio successivo. La scenografia della narrazione, giacché tale appare la descrizione di Piero, non si limita al momento e al luogo del narratore ma presuppone una conoscenza pregressa e più ampia rispetto all'apprendimento in tempo reale delle informazioni fornite dall'intervistata.

Il testo di Piero aggiunge, infatti, nuovi e ulteriori dati, chiarisce le tecniche di analisi, introducendo anche il secondo quadro non menzionato dall'interlocutrice. Ne risulta che il principale destinatario dell'informazione, il pubblico italiano, diventi co-enunciatore nella scena, pur non presente, riportando attraverso l'impiego di alcuni deittici di luogo (questa, qui) e di persona (voi), al piano della situazione discorsiva.

Hours: Eh bien c'est surtout découvrir les repentir du peintre, retrouver aussi les étapes de la création artistique, les charmes de l'esquisse et quelquefois par exemple comme chez Rembrandt le mystère des ombres mais si nous examinons la Bethsabée de Rembrandt nous allons voir une quantité de mystères s'éclairer.

Piero: Ecco quindi uno dei famosi quadri di Rembrandt, la famosa Betsabea. La visione diretta anche accurata, non rivela nulla di insolito. La radiografia invece, cosa ci mostra? Qu'est-ce que la radiographie nous montre?

Hours : Eh bien, la radiographie nous a montré que Rembrandt, avant d'arriver à terminer son chef-d'œuvre a fait deux têtes successives. Et c'est émouvant de penser qu'après trois siècles, nous traversons la toile pour retrouver les hésitations du peintre.

Piero: Si vedono dunque qui, grazie alla radiografia, l'esitazione, i pentimenti successivi di Rembrandt che cercava di dare al suo modello una posizione definitiva. Il viso si è chinato

fino a raggiungere la posa in cui è stata immobilizzata tre secoli orsono. M.me Hours qui ha preparato un documento interessante, cioè il quadro *Le ménage du menuisier*, *La famiglia del falegname*, così come lo vedono i visitatori del Louvre. Analizzando ai raggi infrarossi, ecco cos'è apparso, un disegno estremamente dettagliato nella parte in ombra. Ça signifie qu'il a étalé après une sorte de nuit sur cette partie du tableau (2:58-4:18).

La replica, come vediamo, colma quella entropia sopra rilevata («si vedono dunque qui […] i pentimenti successivi»), addizionando traduzione, inserimento di nuove informazioni e quesito finale posto, tuttavia, in forma affermativa.

Nei due interventi in lingua francese si osservano l'impiego di una sorta di doppio binomio traduttivo (nel quesito «La radiografia, invece, cosa ci mostra? Qu'est-ce que la radiographie nous montre?» come pure nel titolo dell'opera *Le ménage du menuisier*, *La famiglia del falegname)* e, degno di nota, l'utilizzo del verbo *étaler*, che non sarà ripreso esattamente da M.me Hours, la quale preferirà il verbo *poser*. Ora, per l'accezione usata da Piero ci avvaliamo del Larousse che, tra le definzioni riporta «étendre une matière, la poser en couche fine sur toute l'étendue d'une surface»[14] e che appare appropriata all'azione di "spalmatura" della notte sul quadro. Nell'impiego della direttrice, il verbo *poser* appare usato nell'accezione di sovrapposizione:

Hours: Oui et volontaire. Nuit qui a été posée et lorsque les copistes ou les faussaires travaillent sur les ombres de Rembrandt, et on ne retrouve jamais les mêmes mystères que nous révèle l'infrarouge dans les œuvres les plus belles de Rembrandt.

Piero: Una specie di notte, dunque, scesa su una parte del quadro e gli infrarossi ci mostrano che queste ombre sono popolate. Questo spiega la loro profondità che risulta da una tecnica ben particolare. E M.me Hours, Leonardo. Il Louvre possiede la metà delle opere conosciute di Leonardo, tra cui la Gioconda. Lo studio dei suoi quadri cosa ha rivelato?

Hours: Et bien l'étude de Léonard nous a surtout appris la modestie car au fond Léonard fuit devant toutes les radiations et le mystère reste entier. Le mystère de la Joconde n'a pas été révélé par les études au laboratoire.

[14] *Dictionnaire Larousse*, dernière édition en ligne 2023.

Piero: Quindi le più diverse tecniche impiegate per scoprire i quadri di Leonardo non hanno rivelato nulla e questo è tanto più straordinario poiché Leonardo sembra sottrarsi a qualsiasi analisi. Nonostante i più forti ingrandimenti fotografici, non si trova infatti traccia di pennellata; tutto sembra impalpabile, la materia stessa, evanescente. Leonardo, sfruttato al microscopio, sembra così sfuggire ancor più a qualsiasi indagine (4:18-5:30).

La chiusura amplifica ulteriormente la risposta dell'intervistata. Quasi una tendenza alla sovratraduzione, alla deformazione traduttiva in senso bermaniano[15], che si spiega con quella attenzione alla chiarificazione, alla comprensione, che rappresenterà la cifra stilistica di Piero Angela.

3.2. La Comédie Française

Il servizio (7') sul celebre teatro conosciuto anche come "casa di Molière"[16], non è propriamente un intervento a carattere artistico-architettonico ma, andato in onda in occasione della crisi a seguito della riforma strutturale del ministro Malraux, risulta interessante quale documento storico con testimonianza di prima mano, quale è l'intervista all'attore Jacques Charon, effettuata presso la propria abitazione.

[15] Sulle tendenze deformanti in traduzione A. Berman, *La traduction comme épreuve de l'étranger*, in *Texte*, n. 4 /1985, pp. 67-81.

[16] https://www.raiplay.it/video/2018/05/Piero-Angela-Arti-e-scienze-la-Comedie-Franaise-0fe86e6d-4287-449c-acd6-e584e93b81e6.html (ultima visualizzazione il 16 Giugno 2023).



Figura 2 – Piero Angela intervista Jacques Charon

Fonte: Teche Rai

Piero (*voce off*): La Comédie française è in crisi? Per la verità di crisi si parla fin dai tempi di Napoleone. Quella attuale, dobbiamo dire, sembra, tuttavia, più acuta. Le ragioni? Ebbene, gli attori sono scontenti della riforma attuata lo scorso anno dal Ministro Malraux che li ha privati di una delle due sale, la salle Luxembourg affidata a Jean Louis Barrault. Dimezzati o quasi gli incassi e le recite, gli attori, che sono anche azionisti, hanno visto assottigliarsi i loro introiti. Non solo, ma si considerano ora troppo diretti dall'esterno anche nella scelta del repertorio. Tra le quinte del celebre teatro che, custode della migliore tradizione classica fin dai tempi di Molière, regna ora un malessere che non sembra destinato a dissiparsi facilmente. Ci siamo recati a casa di uno di questi illustri scontenti, l'attore Jacques Charon. A due passi dalla Comédie Française, nella Rue des Bons Enfants, un nome che si presterebbe in questo momento a un facile calembour. Jacques Charon, uno dei più brillanti attori, oggi, in Francia, ci ha confidato le sue amarezze (0:44-1:51).

L'antefatto a carattere narrativo, si rivela interessante anche dal punto di vista del lessico francese utilizzato. I termini che attengono alla sfera dell'onomastica e toponomastica

vengono menzionati con il prestito linguistico, mentre ancor più pertinente appare, in una sorta di inciso commentato, l'utilizzo del termine *calembour* preferito, quindi, alla più comune espressione italiana «gioco di parole».

Per l'intervista a Charon[17], rispetto alla precedente in cui l'elemento esplicativo risultava prevalente, abbiamo preferito la trascrizione in modalità testo a fronte, a voler sottolineare la pratica traduttivo-interpretativa, mentre si rileva che le domande sono poste esclusivamente in italiano, lasciando immaginare un lavoro preparatorio in lingua francese.

J. Charon	P. Angela
Eh bien les changements, tous les bouleversements qu'on a cru devoir apporter dans les décrets de la Comédie française, plutôt de la société des comédiens français. Nous sommes tous simplement terrifiés, et nous ne croyons plus dans l'avenir à la réussite financière et surtout artistique.	Bene, dice Jacques Charon, i decreti recenti, i cambiamenti radicali della Comédie Française ci hanno terrificati, non crediamo più nella riuscita sia finanziaria che, soprattutto, artistica della nostra società di attori.
	Lei praticamente, Jacques Charon, non recita più, non è più ritornato sulla scena da parecchi mesi.
Non, je n'ai pas joué une seule fois depuis le premier octobre et en joué deux fois seulement depuis les vacances au mois de septembre. Parce qu'il y a une orientation nouvelle, mais absolue vers la tragédie et malheureusement, j'aime beaucoup la tragédie, mais je ne peux pas jouer la tragédie. Je ne suis pas un tragédien.	C'è ora un orientamento ufficiale, dice Jacques Charon, verso la tragedia, un nuovo orientamento e, siccome io non sono come altri, un attore di tragedie, praticamente, quindi non sono più ritornato sulle scene dal 1 ottobre, cioè da più di tre mesi e mezzo.
	Degli attori come lei, Jacques Charon, come altri suoi colleghi della Comédie Française potrebbero guadagnare molto di più al di fuori di un teatro di boulevard.

[17] Sulla vita del celebre attore e regista teatrale si veda l'autobiografia J. Charon, *Moi, un comédien*, Paris, 1975.

Oui, bien sûr, sur les boulevards, nous pourrions gagner beaucoup plus d'argent. Mais je veux dire que nous étions heureux à la Comédie française. Nous ne gagnions pas tellement d'argent. Mais au moins nous avions un contentement énorme artistique, car si nous sommes entrés à la Comédie Française, c'était parce que nous étions sûrs de jouer des répertoires classiques mais modernes, mais des chefs-d'œuvre.	**Quindi sui *boulevards*, dice Jacques Charon, naturalmente si guadagna di più, ma le ragioni della nostra permanenza alla casa di Molière erano di ordine non tanto finanziario, quanto artistico (1:53-3:44).**

Orientato al telespettatore, con interventi di discorso indiretto, sembra percepirsi in tale documento, una vicinanza emotiva allo stato dell'intervistato.

L'atto interpretativo di Piero, fedele al testo *source*, mantiene una assoluta equivalenza linguistica (si noti ad esempio il participio passato «terrifiés/terrificati»); inserisce soltanto qualche informazione aggiuntiva a favore dello spettatore, con riferimenti temporali («da più di tre mesi e mezzo») ed elementi linguistico-culturali («boulevards», «la casa di Molière»), a voler sottolineare anche il ruolo di mediazione assunto da un giornalista che diviene interprete-traduttore.

3.3 Suono e immagine

Il terzo documento (6'54") va in onda dai laboratori di Radiodiffusion-Télévision Française[18], dove vengono condotti studi ed analisi per manipolare audio e video tramite nastro magnetico. Si potrebbe, a ben ragione, dirsi, il servizio più interattivo tra quelli presentati in *Arti e Scienze*, giacché intende spiegare e mostrare al pubblico italiano la tecnica della "musica concreta".

[18] https://www.raiplay.it/video/2018/09/Piero-Angela-Arti-e-scienze-suono-e-immagine-ee234135-0244-42c3-abe9-9108308598e3.html (ultima visualizzazione il 20 Giugno 2023).

Piero: Un oggetto e un rumore [*lascia cadere una scatola metallica*]. È questo un esempio, ridotto all'essenziale delle due dimensioni nelle quali si muovono il cinema e la televisione, cioè l'immagine e il suono. L'audio e il video, se preferite. In questa villetta settecentesca che si trova nel vecchio quartiere di Parigi, i suoni e le immagini sono al centro oggi di una ricerca d'avanguardia, una ricerca che al tempo stesso è artistica e tecnica e che intende creare un nuovo linguaggio musicale e visivo. È questo il *Centre d'Effets* della radiotelevisione francese. Cosa vi si studia? Ebbene, torniamo al nostro esempio, alla nostra scatola metallica e questo è un esempio molto, molto semplice, molto modesto, ma che ci aiuterà meglio a capire il procedimento di queste ricerche. Esaminiamo soltanto per ora la parte sonora. Da che mondo è mondo, una scatola di metalli caduta in terra provoca sempre lo stesso suono. Oggi però sappiamo che noi possiamo imprigionare questo suono in un nastro magnetico. Non soltanto, ma sappiamo, soprattutto, che a partire da questa registrazione, da questo nastro magnetico, noi possiamo produrre una serie di manipolazioni. Manipolazioni che ci possono permettere di sfruttare questo suono nei modi più diversi e più impensabili. Come? Ebbene, immaginiamo per saperlo di seguire il suono all'interno al laboratorio per vedere cosa succede [*suono*]. Con l'aiuto di magnetofoni, di filtri, di camere d'eco, di inversione o accelerazioni, i tecnici realizzatori del *Centre d'Effets* procedono a una serie di trattamenti ed ecco come il suono della nostra scatola metallica può via via trasformarsi [*suoni*]. Partendo, insomma, attraverso questi alambicchi elettronici, il suono può essere trasfigurato e fornire un elemento di composizione per quella che è oggi conosciuta sotto il nome di "musica concreta" [*attraversa una finestra aprendone le ante*]. Ma torniamo alla nostra scatola metallica. Finora abbiamo esaminato la parte sonora, ma per l'immagine? Ebbene per l'immagine si può fare in un certo senso lo stesso discorso, poiché anche essa è fatta di riflessi, di luci, di trasparenze e di strutture. E queste strutture, queste trasparenze, possono essere moltiplicate, accelerate, manipolate, insomma, in modo da creare non più un clima sonoro ma un clima visivo. Ebbene, per vedere come questo avviene, non ci rimane che seguire, non ci rimane che mandare in laboratorio la nostra scatola. Osserviamo insieme come qui, al Centro della RTF, si effettuano delle ricerche su quella che è la correlazione, cioè il contrappunto tra il suono e l'immagine [*suoni*] (0:11-4:52).



Figure 3-4: Piero Angela al *Centre d'Effets* della RTF di Parigi

Fonte: Teche Rai

In questa ampia premessa il cui obiettivo è non esclusivamente narrativo-esplicativo, l'accostamento testo-dimostrazione è esemplificativo di tanta programmazione televisiva che lo stesso Piero metterà in pratica, laddove esperimenti e tecniche sono spesso condotti in prima persona. Segue una significativa intervista a Pierre Schaeffer, compositore, musicologo,

tecnico presso RTF e fondatore del *Groupe de Recherche de Musique Concrète*[19]. Su questa parte che è al contempo dialogata, interpretata e sperimentata, effettueremo, un po' più da vicino, la nostra indagine.

P: Pierre Schaeffer, noi ora assisteremo alla proiezione di uno dei film che sono stati prodotti qui al Centro della RTF che lei dirige. E prima di vedere questo film, vorremmo che lei ci dicesse, brevemente, qualche parola di introduzione, di presentazione.

S: Eh bien l'idée essentielle c'était pas de différence profonde entre le son musical traditionnel et le bruit

P: Quindi non c'è una differenza essenziale tra il suono tradizionale e il rumore, il suono musicale

S : Un exemple avec la contrebasse qui est là.

P: Facciamo un esempio del contrabbasso.

S: La contrebasse est faite avec une corde en boyau de chat

P: Ecco, il contrabbasso è fatto di corde di budella di gatto, nessuno si scandalizza

S. Un résonateur

P: E da una cassa, che è una scatola di legno, praticamente

S: Un archet

P: Un archetto che è fatto di crine di cavallo.

S: Exactement. Une vieille technique instrumentale consiste à faire [*suono*]

P: Ora la stessa cosa può avvenire con uno strumento che invece è formato da una lamiera

S : Là vous avec l'équivalent de la contrebasse avec l'accord, le résonateur et l'archet

P: Quindi l'accordo, il risuonatore e l'archetto. [*musica*]. Ecco invece, per quanto riguarda l'immagine, questione di una tecnica diversa

S: Pour l'image

P: Per l'immagine, invece

S: Le peintre peint avec de la couleur et le sculpteur sculpte avec de la pierre, avec de la glaise et on peut aussi faire les deux avec de la lumière

[19] Le notizie su Pierre Schaeffer sono tratte dal progetto *Biblioteca Digitale della musica e della danza* dell'Università Roma Tre e consultabili sul sito https://bibliolmc.uniroma3.it/node/1261 (ultima visualizzazione il 20 Giugno 2023). Per saperne di più sulla musica concreta si può consultare il volume dello stesso Schaeffer P., *La musique concrète*, Paris, 1973.

P: Quindi voi praticamente scolpite con la luce, così come lo scultore scolpisce coi suoi materiali [*esperimento con la luce*]. Ebbene, M. Pierre Schaeffer non ci rimane ora che assistere alla proiezione di questa sequenza, di questo film, e entrare anche noi in questo, in questo strano paesaggio che, come ha detto qualcuno, attende e chiede di essere abitato dagli spettatori.

S: Des spectateurs

P: Merci (4.53-6:52).

Qui l'interpretazione diventa simultanea, le frasi brevi, lo scambio tra i due spesso si accavalla. La pratica esemplificativa ed esplicativa prevale su quello dialogica. Pur non presentando una complessità sintattica e, rinchiusa nella formula dell'intervista, la «densità informativa» è consistente, l'atto comunicativo comprende ora trasmissione di dati che appartengono alla sfera della «conoscenza condivisa», ora trasmissione di informazioni del tutto nuove[20]. Ancor più in questo passaggio si nota il ruolo del divulgatore quale costruttore di immagini e immaginario nel pubblico. Non solo rispetto al visibile, ma per quanto il testo indichi o evochi. Il metodo interpretativo-comunicativo intende non soltanto conservare gli obiettivi e il lessico del testo di partenza ma anche suscitare una ampia comprensione da parte dell'ascoltatore, in questo caso. Si preoccupa, infatti, di tradurre tutto, di non impressionare il pubblico, sottolineando questa possibilità, anche quando parla della composizione delle corde del contrabbasso, ovvero dell'archetto.

Puntuale sempre, l'attenzione di Piero al linguaggio, come racconta Bianucci, per essere stato anche da lui ripreso allorquando non abbia fermato e tradotto qualche termine, magari poco comprensibile, usato da un ospite[21].

4. Verso il mondo di *Quark*

L'ultimo servizio, si può dire, aprirà più propriamente la strada verso il mondo comunicativo di *Quark* e, a seguire, *Superquark*.

Nel percorso francofono di Piero Angela si segnalano ulteriori, importanti contributi condotti ancora da Parigi e poi da Bruxelles. A lui, inviato ad Algeri, fu affidato, ad esempio,

[20] B. Combettes, *Le texte explicatif*: *aspects linguistiques* in *Pratiques: ling., litt., didact.,* n. 51/1986, pp. 23-38.
[21] In *Piero Angela-Un viaggio lungo una vita*…cit.

il racconto della sanguinosa guerra di liberazione dell'Algeria. Fu lui ad intervistare nel gennaio 1959, in un elegante e attento francese, il leader del Movimento Nazionalista Algerino Messali Hajj[22].

Sempre di Piero Angela è un sensazionale documentario storico del 1965, *Le otto ore di Waterloo*, con le testimonianze di Ian Cronbron, che aveva conosciuto un soldato combattente a Waterloo e Paul Brassin che riportava i racconti del nonno sulla battaglia[23].

La lista potrebbe continuare ma, riteniamo, di aver contribuito a donare rilievo ad un periodo fondamentale della carriera del nostro personaggio. Non l'analisi linguistica né tantomeno traduttivo–interpretativa degli interventi sono stati l'obiettivo prioritario di questo contributo che, se pur parzialmente effettuate, hanno inteso concorrere a sottolineare quegli esordi che proprio a Parigi hanno avuto luogo e, per di più, in modalità bilingue. Ci sembra pertanto, più che appropriato, concludere con le parole del figlio Alberto, pronunciate proprio in occasione della puntata di *Ulisse* a lui dedicata: «Quello che ha rappresentato Parigi per mio papà è qualcosa di indelebile»[24].

[22] Il servizio è disponibile su https://www.youtube.com/watch?v=3QY3sa8FMkk (ultima visualizzazione il 23 Giugno 2023).

[23] https://www.raiplay.it/video/2018/05/Piero-Angela-Prima-pagina-le-otto-ore-di-Waterloo-4861cd1a-a441-4f2e-9de5-77f5af7c8d8f.html (ultima visualizzazione il 23 Giugno 2023).

[24] In *Piero Angela-Un viaggio lungo una vita*…cit.

Rosalba Rizzo

Il bilinguismo oggetto di divulgazione scientifica

1. Introduzione. – 2. L'apprendimento delle lingue straniere: il consiglio di Piero Angela. – 3. Conclusione.

1. Introduzione.

In una società di nativi digitali avere l'abilità di comunicare utilizzando una varietà di idiomi diversi dalla lingua madre è diventata una necessità.

Sono trascorsi diversi decenni ed oggi più che mai in Italia parlare alcune lingue come l'inglese, il francese, lo spagnolo ed anche l'arabo è importante per poter dimenarci in un mondo globalizzato, in cui la competenza di conoscere più lingue straniere ci sta permettendo anche, di migliorare le opportunità di lavoro. Tale esigenza, inoltre, introduce gli individui in una dimensione interculturale di ampio respiro perché facilita la comprensione di analogie e differenze culturali in Europa e nel Mondo.

L'apprendimento delle lingue straniere è un argomento che si colloca all'interno di una situazione comunicativa che è campo di interesse tra esperti che, discutono sulla spendibilità delle competenze linguistiche in attività pratiche ed espressive ma da qualche decennio, è anche oggetto di studio di ambiti disciplinari non linguistici. La diffusa percezione dello studio delle lingue straniere coincide di fatto con lo studio della grammatica normativa e prescrittiva ed il messaggio degli studiosi sull'importanza di imparare le lingue straniere per vivere in un mondo interculturale non sempre è efficace, infatti chi ascolta, in particolare gli studenti, risultano annoiati dalle loro parole e la conseguenza è che solo pochi sono spronati a studiare la lingua straniera. Sicuramente vi è una incomprensione comunicativa alla base, determinata dall'utilizzo di un linguaggio specialistico, non comprensibile a tutti. Per superare questo ostacolo bisogna quindi, saper divulgare l'argomento cioè esprimere i concetti in modo chiaro tenendo presente che la divulgazione deve fare i conti con due problemi quello di comprendere nel modo giusto le cose, interpretarle e trasferirle in un diverso linguaggio cioè quello della chiarezza mantenendo integro il messaggio.

Apprendere le lingue straniere merita di essere divulgato e al di là del suo valore conoscitivo, ha una forte utilità sociale e un enorme impatto sulla vita di tutti i giorni, che la rendono inoltre più meritevole di essere narrata.

2. L'apprendimento delle lingue straniere: il consiglio di Piero Angela

Divulgare l'importanza dello studio delle lingue straniere presenta tante difficoltà come, ad esempio, quello di coinvolgere gli utenti, soprattutto i più giovani, a comprendere che senza l'interazione comunicativa non può esistere società. La società è composta da individui uniti da rapporti di varia natura, tra i quali si creano rapporti di cooperazione ed interazione che assicurano la loro convivenza. La lingua è uno strumento che determina l'esistenza di una società ed è un sistema di regole morfo-sintattiche che ne permettono l'uso e ne garantiscono la funzione del comunicare: come dice Halliday "[…] Without language there will be no social man, but without social man there will be no language."[1] Quindi gli uomini devono comunicare tra di loro per cui le lingue devono essere studiate in modo da superare le barriere linguistiche che impediscono la creazione di società.

Diversi ricercatori e studiosi si sono interessati ad esplorare lo studio delle lingue da un punto di vista glottodidattico ma c'è stato anche chi di tale argomento ha fatto divulgazione scientifica. In Italia, nel lontano 1992, Piero Angela, il giornalista, saggista-divulgatore per eccellenza, nel suo libro *Alfa & Beta*, già affrontava l'importanza delle lingue straniere cercando di divulgare il concetto ad un vasto pubblico: l'autore fa parlare due personaggi immaginari, Alfa e Beta che dialogano sull'importanza dell'imparare le lingue straniere perché la comunicazione "sta diventando mondiale". Qui di seguito, si riporta il dialogo attraverso il quale, Piero Angela esprime la sua opinione sull'apprendimento delle lingue straniere:

ALFA: Se tu parlassi solo il tuo dialetto d'origine (piemontese, o siciliano o sardo) e non sapessi neppure leggere l'italiano, che tipo di lavoro potresti svolgere oggi?

BETA: Beh, potrei fare il contadino, il muratore o l'artigiano.

[1] M. G. Sindoni, *Systemic-functional Grammar and Multimodal Studies. An introduction with text analysis*, Como-Pavia: Ibis, p. 27.

ALFA: Esatto. Se tu non conoscessi l'italiano non potresti svolgere la maggior parte dei mestieri e delle professioni.

Il fatto è che l'italiano comincia a trovarsi nella stessa posizione del dialetto, perché la comunicazione sta diventando mondiale, e senza la conoscenza delle lingue ti trovi ormai tagliato fuori da molte cose.

BETA: Già, ma come si imparano le lingue?

ALFA: Cominciamo a definire meglio il nostro obiettivo, ponendoci un'altra domanda: vogliamo imparare una lingua per poter comunicare con gli altri (cioè parlare al telefono, leggere quello che si stampa, ecc.)? Oppure vogliamo impararla per diventare un romanziere in quella lingua?

BETA: Non mi sembra che ci siano dubbi: imparare per comunicare.

ALFA: Allora c'è un ostacolo di base, nell'insegnamento delle lingue straniere: si insegna molta grammatica e pochi vocaboli. Se tu invece chiedi come hanno fatto coloro che parlano correntemente una lingua, ti diranno: studiando i vocaboli.

Se infatti si conoscono due o tremila vocaboli, cuciti insieme da un po' di grammatica, si riesce grosso modo a comunicare, leggere, parlare. E, cosa ancora più importante, è possibile così perfezionarsi con l'esercizio.

A quel punto la grammatica si mette a posto da sola, con la pratica.

Oggi esistono dei mezzi di apprendimento audiovisivi che consentono di imparare molto più rapidamente i vocaboli, perché mettono in moto nel cervello una più ricca attivazione dei centri di memorizzazione

Come si evince da questo dialogo, il problema è che pensiamo di apprendere una lingua studiando la grammatica. Ma non è così perché per comunicare è necessario avere un lessico molto vario e dettagliato per ogni contesto situazionale. Quindi solo l'esposizione alla lingua può determinare un apprendimento proficuo.

Questa stessa tematica, Piero Angela l'affronta successivamente, nel programma di Rai Uno *Superquark* del 4 luglio 2018, nella rubrica "Educazione", durante la quale il conduttore si focalizza sul bilinguismo. Il video che può essere visibile sul canale raiplay[2], è breve infatti

[2] P. Angela, *Bilinguismo*, Superquark https://www.raiplay.it/video/2018/07/Bilinguismo-04072018-708ec804-9536-4b19-a7ab-cf07e90a0192.html

ha una durata di 9 minuti e 40 secondi e può essere suddiviso in diverse parti tra cui una parte introduttiva e degli interventi di due inviati della trasmissione ed esperti ricercatori dell'ospedale San Raffaele di Milano.

Nella parte introduttiva della trasmissione televisiva, Piero Angela, rivolgendosi al pubblico televisivo, rende noto che imparare le lingue straniere è sempre stato utile in ogni tempo perché rappresentano una marcia in più nella propria attività professione ed evidenzia che non conoscere la lingua inglese vuol dire essere analfabeti perché le ricerche scientifiche, anche quelle italiane, vengono pubblicate in inglese e durante seminari e conferenze si parla solo inglese.

Oltre all'aspetto utilitaristico, Piero Angela sottolinea che parlare due lingue vuol dire diventare più efficienti anche in altri processi mentali: in altre parole, essere bilingui rafforza lo sviluppo cerebrale come i neuro-scienziati continuano ad affermare grazie alle loro ricerche. L'apprendimento di una seconda lingua si rivela utile per migliorare la memoria e ritardare la degenerazione neurologica e quindi l'insorgenza di problemi come la demenza senile e l'Alzheimer. Tutto questo è stato spiegato, sempre nel video, da Barbara Gallavotti e Andrea Pasquini, gli inviati della trasmissione, i quali hanno chiarito che basta parlare due lingue per avere benefici straordinari almeno dal punto di vista del nostro cervello. Studi dell'effetto della capacità di parlare due o più lingue sul cervello sia dei bambini, sia degli adulti che degli anziani è stato oggetto di studio dei ricercatori del San Raffaele di Milano. Di questa ricerca hanno fatto parte anche dei volontari con diversi gradi di conoscenza di diverse parlate incluse alcune regionali, come il friulano.

Per essere bilingui non occorre conoscere perfettamente o allo stesso livello due idiomi: è sufficiente usare regolarmente entrambi ed essere in grado di passare dall'uno all'altro senza mischiarli. Jubin Abutalebi, neuropsicologo dell'Università San Raffaele di Milano, presente nella trasmissione, sostiene che per parlare due lingue, il nostro cervello deve fare uno sforzo enorme ovvero, deve tenere separate le due lingue: se questo non succede ne consegue che gli individui inizieranno a mescolarle in modo patologico. Per far sì che questo accada, dobbiamo usare delle aree, le cosiddette aree di controllo del nostro cervello ed ovviamente chi parla spesso due lingue rafforza queste aree.

Nelle persone che parlano due lingue risultano particolarmente rinforzate aree cerebrali che sovrintendono al controllo di alcuni processi mentali e ai processi che portano a prendere decisioni. Già nei bambini l'apprendimento di una seconda lingua comporta un aumento della materia grigia rilevabile con la risonanza. Ancora Abutalebi afferma che, questo rafforzamento di questa struttura di controllo permette che il bilingue diventa più performante su altre funzioni cognitive non necessariamente linguistiche ovvero prendere velocemente decisioni, percepire meglio di stimoli esterni sui processi attentivi. Ad esempio nello svolgere il test a cui sono stati sottoposti alcuni bambini, si è notato che i bambini poliglotti sono stati più rapidi di qualche frazione di secondo rispetto ai loro coetanei che parlano una lingua sola: si trattava di decidere molto rapidamente in che direzione punta la freccia centrale senza farsi distrarre da quelle laterali.

Ma vantaggi del parlare due lingue si registrano anche in diversi altri compiti ad esempio nel riconoscere la voce di chi parla: in una famiglia che si parla francese, inglese, iraniano, tedesco, persiano e filippino, la capacità del cervello ad adattarsi a differenti idiomi è così profonda che secondo alcuni studi, condotti sempre al San Raffaele di Milano, arriva addirittura a predisporsi, a seconda del volto dell'interlocutore. In altre parole, poiché questi bambini conoscono il filippino, anche da grandi il loro cervello inizierà ad attivare circuiti che permettono loro di parlare filippino appena riconosceranno nell'interlocutore i tratti orientali.

I vantaggi del bilinguismo permangono con l'età adulta: i bilingui restano un pochino più veloci e flessibili nel prendere decisioni. È vero che c'è anche qualche svantaggio: ad esempio i bilingui hanno un po' meno proprietà di linguaggio dei monolingui in ciascuna lingua parlata. A fronte di questa debolezza però, i vantaggi sono davvero tanti ed emergono soprattutto quando l'età avanza e compare il rischio che si manifestino malattie come l'Alzheimer. Al San Raffaele, la prof.ssa Daniela Perani, svolge da oltre venticinque anni studi su immagini che consentano di visualizzare l'attività del cervello e alcuni anni fa ha coordinato uno studio per capire l'effetto del parlare più lingue sulla materia cerebrale. In questa ricerca sono state prese in esame 90 persone malate di Alzheimer, metà di lingua italiana e metà in grado di parlare sia l'italiano che tedesco perché provenienti dall'Alto Adige. Non solo nei pazienti bilingue, le capacità di memoria sono risultate migliori, ma anche le immagini del cervello misurate con la tomografia a emissioni di positroni hanno dimostrato

una maggiore attività cerebrale. Durante l'intervista che è andata in onda durante la trasmissione di Piero Angela, la docente evidenzia quanto segue:" Studi epidemiologici precedenti avevano già dimostrato come pazienti con demenza hanno un'età di insorgenza della malattia più avanzata rispetto a pazienti che parlano un'unica lingua, addirittura di cinque e/o sei anni. Abbiamo voluto vedere, con questa ricerca, il funzionamento del cervello in pazienti bilingui con demenza d' Alzheimer e i risultati hanno effettivamente dimostrato un miglior funzionalità dei neuroni e migliori connessioni in sistemi specifici del cervello in questi pazienti bilingui rispetto ai pazienti monolingui. Quello che abbiamo trovato corrisponde alla riserva funzionale cerebrale ed è questa che può spiegare il ritardo nell'insorgenza dei sintomi di quei cinque e/o sei anni dimostrati dagli studi epidemiologici."[3]

I risultati ottenuti al San Raffaele indicano anche che l'insegnamento di una seconda lingua può essere una strategia molto utile per contrastare le malattie neuro degenerative che a causa dell'aumento dell'età media in tutto il mondo potrebbero arrivare a colpire 135 milioni di persone entro il 2050. Un'eventualità definita dagli scienziati uno tsunami neurologico.

Lo studio del San Raffaele si è svolto su pazienti che hanno parlato tutta la vita due lingue; tuttavia un potenziamento delle aree cerebrali si ha a qualsiasi età si apprende la seconda lingua. E per fortuna, non è mai troppo tardi farlo. La puntata di Piero Angela sul bilinguismo si conclude con l'affermare che per avere dei veri benefici però occorre proprio parlare due idiomi, cioè essere capace a passare dall'uno all'altro: non basta apprendere delle parole straniere ed integrarle nel proprio linguaggio dicendo cose tipo, ci vediamo dopo il *meeting* per il *brunch,* ma bisogna avere la scioltezza di comunicare secondo il sistema della lingua straniera utilizzata.

3. Conclusioni

Essere bilingui quindi, non è solo importante per essere integrati in una società interculturale ma porta a cambiamenti nel cervello con conseguenze sorprendenti. Questa tematica è un argomento sconosciuto al grande pubblico ed è spesso ignorato anche da chi si occupa di divulgazione scientifica. Ma a Piero Angela tutto ciò non è sfuggito. Nel video di

[3] P. Angela, *Bilinguismo*, Superquark. https://www.raiplay.it/video/2018/07/Bilinguismo-04072018-708ec804-9536-4b19-a7ab-cf07e90a0192.html,

Superquark del 05 luglio 2018, il nostro reporter ha evidenziato come l'apprendimento di una seconda lingua si rileva vantaggioso per migliorare la memoria e ritardare la degenerazione neurologica e, quindi problemi come la demenza senile e l'Alzheimer.

Piero Angela è entrato nelle case del popolo italiano con la sua trasmissione e con un lessico chiaro e preciso, ha presentato un argomento complesso, quello di essere bilingui e aggiunge inoltre che, oltre a parlare l'italiano e l'inglese, lingua ormai universale, bisognerebbe conoscere e parlare anche il dialetto della propria regione. Quindi in questo discorso linguistico, di apprendimento delle lingue straniere, Piero Angela include anche i dialetti come delle lingue da apprendere e li definisce lingue vive, molto ricche di espressioni, sfumature che hanno richiesto tempi lunghissimi per formarsi e che si stanno estinguendo ad una velocità superiore a quella degli animali in via di estensione.

Ecco quindi come lo studio delle lingue straniere che interessa i linguisti i quali si focalizzano sull'analisi metalinguistica con particolare attenzione alle strutture morfosintattiche, lessicali, testuali e pragmatiche, nonché ai diversi livelli e registri di comunicazione orale e scritta, può diventare oggetto di divulgazione scientifica ed essere conosciuto al grande pubblico. Certamente divulgare l'importanza dell'apprendere le lingue straniere è un'impresa complessa, che obbliga gli studiosi a rielaborare molti dei loro concetti, tenendo presente la necessità di comunicare a studenti e ad un'audience non specialista. In effetti gli strumenti per affrontare questa sfida sono nelle mani dei linguisti ma per fare questo Tullio de Mauro, padre fondatore della Società di Linguistica Italiana (SLI), dice che innanzitutto bisogna "trovare la forza e il coraggio di impegnarsi nella traduzione di se stessi nella lingua di tutti".

SECONDA SEZIONE
TERRITORIO E SVILUPPO SOSTENIBILE

Legalità e divari territoriali

Bruna Pellicanò

PROTEGGERE LA P.A. DALLE INFILTRAZIONI CRIMINALI:
ENTI PUBBLICI TERRITORIALI E GIOGO MAFIOSO

1. Evoluzione storico-normativa della disciplina di cui all'art. 143 TUEL. –2. Cenni sul procedimento e sulla natura dell'istituto. – 3. Caratteri fondamentali dell'art. 143 co.1 TUEL. – 4. Bibliografia.

1. Evoluzione storico-normativa della disciplina di cui all'art. 143 TUEL

«*La mafia non è una società di servizi che opera a favore della collettività, bensì un'associazione di mutuo soccorso che agisce a spese della società civile e a vantaggio solo dei suoi membri*» (Giovanni Falcone).

La mafia è, da sempre, stata portatrice di interessi illeciti ed esclusivi, in grado di incidere negativamente sulla vita dei singoli, rallentando, inevitabilmente, la macchina dello Stato.

La criminalità organizzata di stampo mafioso, nonostante dotata di strutture molteplici e complesse, è caratterizzata da alcuni elementi, in particolar modo il radicamento sociale e la ricerca di consensi, che non fanno altro che avvicinarla alla politica e alla pubblica amministrazione, incidendo sui diritti dei singoli cittadini e sul corretto *agere* amministrativo.

La mafia è stata definita da taluni studiosi «anti-Stato», ovvero ordinamento autonomo che si contrappone allo Stato legale, da altri «intra-Stato» o Stato nello Stato[1].

Le organizzazioni di stampo mafioso tentano di infiltrarsi nella pubblica amministrazione al fine di ottenere il controllo dei servizi pubblici, rappresentando, dunque, una vera e propria minaccia per lo stato di diritto e per la democrazia.

In sintesi, le infiltrazioni mafiose nella pubblica amministrazione hanno un impatto altamente negativo sulla democrazia e sull'economia di un Paese, compromettendo la

[1] G. Fiandaca, "*La mafia come ordinamento giuridico. Utilità e limiti di un paradigma*", in Il Foro italiano,n. 2 - 1995, Parte Quarta -pp. 21-28.

trasparenza e l'efficacia/efficienza delle attività pubbliche e favorendo l'illegalità e la corruzione.

La criminalità organizzata costituisce il vero cancro della società, che prosegue inarrestabile il suo avanzamento ma che, pur non godendo di una cura definitiva, può e deve essere analizzato, controllato e ostacolato attraverso la forza dello Stato.

La diffusione nel territorio delle organizzazioni criminali di stampo mafioso può essere spiegata in sociologia tramite il fenomeno del *«controllo del territorio»*.

È stato sostenuto che la mafia opererebbe su due piani: il «*power syndacate*» ossia il controllo sul territorio e l'«*enterprise syndacate*» ossia lo sviluppo imprenditorial-criminale[2].

L'infiltrazione delle organizzazioni mafiose all'interno degli enti locali integrerebbe entrambi.

Le mafie si sviluppano all'interno di un territorio sfruttandone il capitale sociale[3], trovando linfa vitale dalla capacità dell'organizzazione criminale e di ogni suo membro di tessere una ragnatela costituita da relazioni con i soggetti protagonisti dei vari ambiti sociali, sfruttando tali rapporti al fine di perseguire interessi illeciti personali o dell'organizzazione mafiosa.

Appare di lapalissiana evidenza come le organizzazioni criminali di stampo mafioso, manifestino particolare interesse nei confronti dei Comuni, essendo gli stessi le istituzioni più prossime agli interessi e ai bisogni dei singoli cittadini e, di conseguenza, avendo concretamente il compito di gestire le risorse pubbliche.

In tal modo, l'organizzazione criminale, riesce a incidere attivamente e negativamente sulla vita dei cittadini, acquisendo sempre più controllo sul territorio attraverso forza, potere e gestione dell'economia pubblica, portando con sé, altresì, un bagaglio in grado di provocare nei singoli timore, omertà e sottomissione nei confronti di quella medesima organizzazione criminale che, come un ragno, è riuscita ad insinuarsi nella fase organizzativa, gestionale e decisionale dell'ente pubblico territoriale, tessendo una ragnatela nella quale rimangono intrappolate le povere vittime.

[2] R. Sciarrone, "*Il capitale sociale della mafia. Relazioni esterne e controllo del territorio*", in Quaderni di sociologia 18/1998; G. Trombetta, "*Lo scioglimento del consiglio comunale per infiltrazione mafiosa*", in Federalismi.it, 23 settembre 2020, pp. 205.
[3] R. Sciarrone, "*Mafie vecchie, mafie nuove*", Donzelli, Roma 2009, pp. 22.

Riecheggia il significato simbolico di Ottavia, una città – ragnatela, rappresentata da Italo Calvino in *Le città invisibili*:

«Se volete credermi, bene. Ora dirò come è fatta Ottavia, città-ragnatela. C'è un precipizio in mezzo a due montagne scoscese: la città è sul vuoto, legata alle due creste con funi e catene e passerelle. Si cammina sulle traversine di legno, attenti a non mettere il piede negli intervalli, o ci si aggrappa alle maglie di canapa. Sotto non c'è niente per centinaia e centinaia di metri: qualche nuvola scorre; s'intravede più in basso il fondo del burrone. Questa è la base della città: una rete che serve da passaggio e da sostegno. Tutto il resto, invece d'essere sopra, sta appeso sotto: scale di corda, amache, case fatte a sacco, attaccapanni, terrazzi come navicelle, otri d'acqua, becchi del gas, girarrosti, cesti appesi a spaghi, montacarichi, docce, trapezi e anelli per i giochi, teleferiche, lampadari, vasi con piante dal fogliame pendulo. Sospesa sull'abisso, la vita degli abitanti d'Ottavia è meno incerta che in altre città. Sanno che più di tanto la rete non regge».

Quando un ragno tesse la propria ragnatela, sa come muoversi e sa che le povere vittime, che non conoscono e non comprendono l'«inganno» della ragnatela, possono ritrovarsi intrappolate e, anzi, più quella vittima tenterà di liberarsi dalla «trappola del ragno» più ne resterà imprigionata.

Le organizzazioni mafiose costituiscono un male silenzioso che divampa tutt'un tratto e si estende fino ad arrivare alla Pubblica amministrazione, andando a comprometterne le vitali funzionalità, a discapito del servizio pubblico, attraverso le più astute modalità che rendono certamente poco agevole comprendere a pieno e, soprattutto, delimitare i confini delle modalità con cui le stesse influenzano l'attività amministrativa.

Uno strumento predisposto dallo Stato per la lotta alla criminalità organizzata di stampo mafioso e, più in particolare, per la lotta alle infiltrazioni mafiose all'interno degli enti locali territoriali è lo scioglimento dei Consigli comunali e provinciali, ai sensi dell'art. 143 e ss. TUEL.

La genesi di tale disciplina risale agli anni '90 in seguito alla strage di Taurianova, centro agricolo della piana di Gioia Tauro, in cui il 2 maggio 1991 si verificò l'omicidio di Rocco Zagari, boss del clan criminale locale, nonché Consigliere comunale DC, sollevato, poco prima dell'omicidio, dalla carica dal Prefetto di Reggio Calabria, a cui seguì la vendetta da parte del

clan rivale, la c.d. *strage del venerdì nero*, in quanto verificatasi venerdì 3 maggio 1991 che ha condotto all'uccisione di quattro uomini.

Da questa vicenda sanguinosa e caratterizzata da inaudita violenza, il 31 maggio 1991 veniva introdotto il Decreto Legge n. 164, successivamente convertito nella Legge 22 luglio 1991 n. 221, la quale introduceva le cc.dd. *Misure urgenti per lo scioglimento dei consigli comunali e provinciali e degli organi di altri enti locali conseguente a fenomeni di infiltrazione e di condizionamento di tipo mafioso* e, proprio sulla base delle suddette nuove previsioni, il Prefetto di Reggio Calabria dispose l'immediata sospensione del Consiglio Comunale di Taurianova, in seguito sciolto con D.P.R. il 2 agosto 1991.

Precedentemente all'emanazione del D.l. di cui sopra, la normativa era contenuta nella Legge 142/1990 sull' *ordinamento delle autonomie locali*, la quale all'art. 39, rubricato *Scioglimento e sospensione dei consigli comunali e provinciali*, consentiva lo scioglimento degli stessi solo nel caso in cui si riscontrassero atti contrari alla Costituzione per gravi e persistenti violazioni di legge, nonché per gravi motivi di ordine pubblico, senza menzionare in alcun modo le infiltrazioni di tipo mafioso.

Il D.l. 164/1991 convertito nella L. 221/1991 introdusse, invece, l'art. 15 bis alla legge antimafia del 19 marzo 1990 n. 55, recante *Nuove disposizioni per la prevenzione della delinquenza di tipo mafioso e di altre gravi forme di manifestazione di pericolosità sociale*, prevedendo, in tal modo, ipotesi ulteriori di scioglimento rispetto a quelle già previste dall'art. 39 della Legge 142/1990.

L'art. 15 bis è stato trasfuso nell'art. 143 TUEL, poi riformato dalla L. 94/2009 (c.d. Pacchetto Sicurezza) e, da ultimo, con il D.L. 4 ottobre 2018 n. 113, convertito con L. 132/2018 (Decreto Sicurezza).

2. Cenni sul procedimento e sulla natura dell'istituto

Successivamente alla breve disamina storica, appare necessario analizzare la normativa vigente e, in particolare, comprendere quale sia il procedimento previsto per addivenire allo scioglimento dei Consigli Comunali e Provinciali, nonché, soprattutto, comprendere quali siano i presupposti fondamentali che caratterizzano la disciplina.

Analizzando l'art. 143 TUEL, è evidente come il potere di iniziativa sia in capo al Prefetto, il quale effettua ogni accertamento utile al fine di verificare la sussistenza degli elementi fondamentali di cui al comma 1.

Generalmente, si giunge allo scioglimento dei consigli comunali e provinciali in seguito ad appositi accertamenti effettuati da una Commissione d'indagine presso l'Ente, nominata dal Prefetto e composta da tre funzionari della P.A., la quale, entro il termine di 3 mesi dalla data di accesso, rinnovabile per ulteriori 3 mesi, termina gli accertamenti e rassegna le proprie conclusioni allo stesso.

Una volta decorsi 45 giorni dal deposito delle conclusioni rilasciate dalla Commissione, ovvero quando abbia, in altro modo, acquisito elementi utili per lo scioglimento dei consigli comunali e provinciali, il Prefetto, «*sentito il comitato provinciale per l'ordine e la sicurezza pubblica integrato con la partecipazione del procuratore della Repubblica competente per territorio, invia al Ministro dell'interno una relazione nella quale si dà conto della eventuale sussistenza degli elementi di cui al comma 1 anche con riferimento al segretario comunale o provinciale, al direttore generale, ai dirigenti e ai dipendenti dell'ente locale*» (art. 143 co. 3).

Il Ministro dell'Interno ha due possibilità: archiviare la procedura (art. 143, co. 7 TUEL), oppure avanzare proposta di scioglimento al Consiglio dei ministri (art. 143 co. 4 TUEL).

Lo scioglimento è poi «*disposto con decreto del Presidente della Repubblica, su proposta del Ministro dell'interno, previa deliberazione del Consiglio dei ministri entro tre mesi dalla trasmissione della relazione*» sopra indicata e immediatamente trasmesso alle Camere.

Inoltre, lo scioglimento del Consiglio comunale comporta la cessazione dalla carica di consigliere, di sindaco, di componente della giunta e di ogni altro incarico connesso alle cariche ricoperte.

È opportuno rilevare che «*anche nei casi in cui non sia disposto lo scioglimento, qualora la relazione prefettizia rilevi la sussistenza degli elementi di cui al comma 1 con riferimento al segretario comunale o provinciale, al direttore generale, ai dirigenti o ai dipendenti a qualunque titolo dell'ente locale, con decreto del Ministro dell'interno, su proposta del prefetto, è adottato ogni provvedimento utile a far cessare immediatamente il pregiudizio in atto e ricondurre alla normalità la vita amministrativa dell'ente, ivi inclusa la sospensione dall'impiego del dipendente, ovvero la*

sua destinazione ad altro ufficio o altra mansione con obbligo di avvio del procedimento disciplinare da parte dell'autorità competente» (art. 143 co. 5).

Il decreto di scioglimento viene, successivamente, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale e conserva i suoi effetti per un periodo che va da 12 a 18 mesi prorogabili, in casi eccezionali, fino a 24 mesi.

Circa la natura da attribuire a tale istituto, la Corte Costituzionale, investita in via incidentale dal TAR Lazio, il quale sollevava questione di legittimità costituzionale della L. 221/1991, con ordinanza emessa l'8 luglio 1992 nel corso di un giudizio sui ricorsi per l'annullamento di due decreti del Presidente della Repubblica con i quali era stato deliberato lo scioglimento di due Consigli Comunali e, più specificatamente, quello di Sant'Andrea Apostolo dello Jonio (CZ) e Trabia (PA), si pronunciava con sentenza n. 103/1993.

Il TAR Lazio dubitava circa la legittimità costituzionale dell'art. 15 bis della Legge 55/1990, il quale consentiva l'adozione di provvedimenti di scioglimento dei consigli comunali e provinciali nel caso in cui fossero emersi elementi su collegamenti diretti o indiretti degli amministratori locali con la criminalità organizzata o su forme di condizionamento degli amministratori stessi.

La norma attribuiva rilevanza ai c.d. *collegamenti indiretti*; prevedeva lo scioglimento dell'intero organo elettivo anche in presenza di collegamenti riguardanti solo alcuni amministratori ed infine stabiliva il perdurare degli effetti dello scioglimento per un periodo che andava da 12 a 18 mesi e ciò avrebbe provocato la sospensione sia del diritto di elettorato attivo, che la Costituzione limita solo in presenza di determinate cause (art. 48 co.4 Cost.), sia di quello passivo, nonché la *sospensione dell'autonomia degli enti locali*.

Tra le questioni sollevate dal giudice a quo, sicuramente, di fondamentale importanza è quella inerente la sussistenza di determinati elementi capaci di condurre allo scioglimento dei consigli comunali e provinciali, ossia quello dei collegamenti diretti e soprattutto indiretti degli amministratori con la criminalità organizzata, ritenendo invece necessario un grado probatorio più elevato, non considerando bastevole un mero collegamento indiretto.

La valutazione della sussistenza di collegamenti tra gli amministratori locali e la criminalità organizzata sarebbe stata connotata da un «*minore grado di spessore probatorio richiesto quanto al presupposto sostanziale ivi considerato (i "collegamenti" con la criminalità*

organizzata), rispetto agli elementi richiesti sia per il promovimento dell'azione penale sia per l'adozione della misura preventiva» , violando in tal modo anche il principio di ragionevolezza della legge e di personalità della responsabilità, in quanto era previsto il ricorso allo scioglimento per l'intero Consiglio Comunale anche alla sola presenza di collegamenti con la criminalità organizzata da parte di solo alcuni amministratori, oltreché violando i principi di effettività e pienezza della tutela giurisdizionale.

La Corte Costituzionale, con sentenza n. 103 depositata il 19 marzo 1993, determinandosi in ordine alle censure avanzate dal TAR Lazio, ha considerato le questioni infondate nel merito, asserendo che la norma consente, in realtà, il pieno rispetto di quei principi ritenuti violati dal giudice a quo.

Difatti, il potere di scioglimento degli organi elettivi conferito all'autorità amministrativa, come anche inteso dalla circolare esplicativa del Ministero dell'Interno (n. 7102 M/6 del 25 giugno 1991) sui presupposti dello scioglimento, scaturisce dalla sussistenza di collegamenti diretti/indiretti degli amministratori con la criminalità organizzata o di forme di condizionamento degli stessi tali da compromettere la libera determinazione degli organi elettivi, il buon andamento, il regolare funzionamento dei servizi o tali da arrecare un grave e perdurante pregiudizio per la sicurezza pubblica.

Proprio per tale ragione, venne ribadita l'importanza dell'obbligo di adeguatezza della motivazione del provvedimento ammnistrativo, garantendo, in tal modo, la tutela giurisdizionale degli interessi coinvolti.

La Corte Costituzionale, nonostante avesse affermato il carattere sanzionatorio della misura in oggetto, ne aveva riconosciuto alcuni aspetti preventivi, essendo comunque uno strumento di difesa anticipata e ritenendo, di conseguenza, che questa fosse una «*misura di carattere sanzionatorio che ha come diretti destinatari gli organi elettivi, anche se caratterizzata da rilevanti aspetti di prevenzione sociale per la sua ricaduta sulle comunità locali che la legge intende sottrarre, nel suo complesso, all'influenza della criminalità organizzata*».

Dunque, la Consulta aveva affermato che la misura in oggetto deve considerarsi straordinaria ed urgente, avente carattere sanzionatorio e preventivo e con questo presupposto la medesima escludeva che la normativa fosse lesiva della limitazione

dell'esercizio del diritto di elettorato attivo e passivo dei singoli nonché giustificava la mancanza del contraddittorio del procedimento amministrativo.

È stata, inoltre, esclusa la natura politica degli atti di scioglimento dei consigli comunali e provinciali, dei quali è stata riconosciuta la sindacabilità da parte del giudice amministrativo.

Tale orientamento è mutato nel corso del tempo e, di conseguenza, possiamo, fin da ora, affermare come la natura del provvedimento non sia di tipo sanzionatorio bensì di tipo preventivo di carattere straordinario volto (anche) alla tutela dei principi di buon andamento ed imparzialità della Pubblica amministrazione (art. 97 Cost.).

La natura preventiva[4] risponde alla volontà del Legislatore di eliminare qualsivoglia situazione in cui un ente locale si trovi condizionato da interferenze che alterino il suo modo di agire secondo i principi della legalità, imparzialità, trasparenza e, in genere, buon andamento.

La giurisprudenza amministrativa ha rimarcato, anche attraverso molteplici sentenze[5] il carattere straordinario, nonché la natura di atto di alta amministrazione di tale misura, quale atto di *extrema ratio* dell'ordinamento volta a salvaguardare l'amministrazione pubblica ove non fossero sufficienti le misure ordinarie di cui all'art. 141 TUEL[6].

[4] Cons. Stato, Sezione III, sent 19 febbraio 2019, n. 1165: «*Lo scioglimento del Consiglio comunale per infiltrazioni mafiose, ai sensi dell'art. 143 del D.Lgs. n. 267 del 2000, non ha natura di provvedimento di tipo sanzionatorio, ma preventivo, con la conseguenza che, ai fini della sua adozione, è sufficiente la presenza di elementi che consentano di individuare la sussistenza di un rapporto tra l'organizzazione mafiosa e gli amministratori dell'ente considerato infiltrato»;* Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 20/06/2019) 18/07/2019, n. 5077.

[5] Tra le altre se ne menziona qualcuna: Sent. Cons. St., sez. III, 6 marzo 2012, n. 1266: «*Lo scioglimento del Consiglio comunale per infiltrazioni mafiose non esige né la prova della commissione di reati da parte degli amministratori, né che i collegamenti tra l'amministrazione e le organizzazioni criminali risultino da prove inconfutabili; sono sufficienti semplici "elementi" (e quindi circostanze di fatto anche non assurgenti al rango di prova piena) di un collegamento e/o influenza tra l'amministrazione e i sodalizi criminali, ovvero è sufficiente che gli elementi raccolti e valutati siano "indicativi" di un condizionamento dell'attività degli organi amministrativi e che tale condizionamento sia riconducibile all'influenza ed all'ascendente esercitati da gruppi di criminalità organizzata*»; Cons. St., sez. IV, 02 marzo 2007, n. 1004: «*Il decreto di scioglimento dei consigli comunali, pur non potendosi qualificare atto politico, non costituisce neppure misura a carattere sanzionatorio, bensì è da qualificare come una misura di carattere straordinario per fronteggiare una emergenza straordinaria*»; Cons. St., sez. V, 20 ottobre 2005, n.5878: «*Il decreto di scioglimento dei consigli comunali, pur non potendosi qualificare atto politico, non costituisce neppure misura a carattere sanzionatorio bensì si deve qualificare come misura di carattere straordinario posta in essere per fronteggiare emergenze straordinarie*»; T.A.R. Lazio Roma, Sez. I, Sent., (data ud. 05/06/2019) 09/07/2019, n. 9105.

[6] M. Noccelli, "*I più recenti orientamenti della giurisprudenza amministrativa sul complesso sistema antimafia*", in *Il Foro Amministrativo*, fasc.12, 2017, p. 2544

La misura assume, dunque, carattere preventivo e straordinario e la sua natura di atto di alta amministrazione consente l'intervento sostitutivo dello Stato, nonché la sospensione temporanea delle libertà democratiche.

Difatti, «*lo scioglimento del Consiglio Comunale ex art. 143 del D.Lgs. n. 267/2000, in virtù della natura "non sanzionatoria" che lo contraddistingue, è legittimo sia qualora sia riscontrato il coinvolgimento diretto degli organi di vertice politico-amministrativo sia anche, più semplicemente, per l'inadeguatezza dello stesso vertice politico-amministrativo a svolgere i propri compiti di vigilanza e di verifica nei confronti della burocrazia e dei gestori di pubblici servizi del Comune, che impongono l'esigenza di intervenire ed apprestare tutte le misure e le risorse necessarie per una effettiva e sostanziale cura e difesa dell'interesse pubblico dalla compromissione derivante da ingerenze estranee riconducibili all'influenza e all'ascendente esercitati da gruppi di criminalità organizzata. Ai fini dello scioglimento può essere sufficiente anche soltanto un atteggiamento di debolezza, omissione di vigilanza e controllo, incapacità di gestione della "macchina" amministrativa da parte degli organi politici che sia stato idoneo a beneficiare soggetti riconducibili ad ambienti controindicati*».[7]

Il procedimento è caratterizzato da una necessaria speditezza e riservatezza tale da giustificare il sacrificio delle garanzie procedimentali di cui all' art. 7 della L. n. 241/1990 inerente alla mancata comunicazione di avvio del procedimento amministrativo, né di particolari guarentigie procedimentali[8].

[7] Cons. Stato, Sez. III, 11/10/2019, n. 6918.

[8] Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 11/02/2016) 15/03/2016, n. 1038: «*il provvedimento di scioglimento del Consiglio comunale per condizionamento dalla criminalità organizzata non deve essere necessariamente preceduto dalla comunicazione di avvio del procedimento, trattandosi di attività di natura preventiva e cautelare, per la quale non vi è necessità di partecipazione, anche per il tipo di interessi coinvolti che non concernono, se non indirettamente, persone, ma la complessiva rappresentazione operativa dell'ente locale e, quindi, in ultima analisi, gli interessi dell'intera collettività comunale*»; Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 10/12/2015) 20/01/2016, n. 197: «*La stessa natura dell'atto di scioglimento dà, quindi, ragione dell'esistenza, oltre che della gravità, dell'urgenza del provvedere, alla quale non può non correlarsi l'affievolimento dell'esigenza di salvaguardare in capo ai destinatari, nell'avvio dell'iter del procedimento di scioglimento, le garanzie partecipative e del contraddittorio assicurate dalla comunicazione di avvio del procedimento*»; Cons. Stato, Sezione III, sent. 26 settembre 2019, n. 6435: «*L'avvio del procedimento, di cui all'art. 143 del T.U.E.L., non deve essere preceduto dalla comunicazione, di cui all'art. 7 della L. n. 241 del 1990, né da particolari guarentigie procedimentali non solo per il tipo di interessi coinvolti che non concernono, se non indirettamente, le persone, ma la complessiva rappresentazione operativa dell'ente locale e, quindi, in ultima analisi, gli interessi dell'intera collettività comunale, ma anche perché la difesa delle ragioni degli amministratori coinvolti e dei componenti del consiglio disciolto, scaturenti dal principio del giusto procedimento, è comunque assicurata - per quanto posticipata - alla sede del controllo giurisdizionale*».

3. Caratteri fondamentali dell'art. 143 co.1 TUEL

Esaminata la questione inerente la natura della misura in esame, appare opportuno affermare che al fine di attuare il meccanismo di tutela basato sullo scioglimento dei consigli comunali e provinciali sono necessari alcuni elementi fondamentali, previsti nell'art. 143 comma 1 TUEL (D.lgs 267/2000) il quale prevede che: «*Fuori dai casi previsti dall'articolo 141, i consigli comunali e provinciali sono sciolti quando, anche a seguito di accertamenti effettuati a norma dell'articolo 59, comma 7, emergono concreti, univoci e rilevanti elementi su collegamenti diretti o indiretti con la criminalità organizzata di tipo mafioso o similare degli amministratori di cui all'articolo 77, comma 2, ovvero su forme di condizionamento degli stessi, tali da determinare un'alterazione del procedimento di formazione della volontà degli organi elettivi ed amministrativi e da compromettere il buon andamento o l'imparzialità delle amministrazioni comunali e provinciali, nonché il regolare funzionamento dei servizi ad esse affidati, ovvero che risultino tali da arrecare grave e perdurante pregiudizio per lo stato della sicurezza pubblica*».

Tali collegamenti e condizionamenti inciderebbero negativamente sulla formazione della volontà sia degli organi elettivi che amministrativi, andando a compromettere i principi che costituiscono la stella polare dell'agere amministrativo.

È bene sottolineare come questo non presupponga la commissione di reati da parte degli amministratori, e non sarà, neppure, necessario attendere la definizione di un eventuale giudizio penale per procedere a tale scioglimento.

È sufficiente che vi sia una possibile soggezione degli amministratori locali alla criminalità organizzata affinché si possa porre in essere tale meccanismo.

L'obiettivo primario che il Legislatore ha voluto conseguire è quello di tutelare l'interesse pubblico in via preventiva evitando, in ogni modo, infiltrazioni criminali capaci di ledere gli interessi dell'intera comunità, attraverso i loro condizionamenti e le loro pressioni.

Per comprendere la misura in oggetto è necessario chiarire i concetti di concretezza, univocità e rilevanza degli "elementi" di cui all'art. 143 TUEL.

È, innanzitutto, bene affermare che la disciplina di cui all'art. 143 TUEL è stata riformata nel 2009 con la L. 94/2009 (c.d. Pacchetto Sicurezza), provvedendo ad una maggiore tipizzazione della fattispecie attraverso la previsione di alcuni elementi sintomatici da cui

desumere la sussistenza di collegamenti e condizionamenti mafiosi, che devono essere caratterizzati da concretezza, univocità e rilevanza.

Sempre con la riforma del 2009, inoltre, è stata introdotta una consequenzialità necessaria tra i condizionamenti e collegamenti e la compromissione della gestione ammnistrativa e l'accertamento venne esteso oltre che alla classe politica, anche a quella burocratica (art. 143 co. 2 TUEL).

A ben vedere, la norma è, però, caratterizzata da una carenza di tipizzazione normativa in grado di specificare ovvero indicare concretamente e in maniera dettagliata cosa si intenda per elementi "*concreti, univoci e rilevanti*".

Fortunatamente la giurisprudenza amministrativa è stata, negli anni, in grado di supplire a questa mancanza, attraverso l'emanazione di molteplici sentenze; in particolare, grazie alla giurisprudenza amministrativa si è avuto modo di comprendere la *ratio* degli elementi di cui sopra.

Difatti, possiamo affermare che per *concretezza* si intenda la circostanza per cui gli elementi sintomatici di una infiltrazione mafiosa devono essere soggetti ad accertamenti reali e non virtuali e/o astratti assistiti, dunque, da un obiettivo e un documentato accertamento nella realtà storica; per *univocità* si intenda la precisa e chiara direzione agli scopi prefissati dalla misura in oggetto; infine per *rilevanza* si intenda l'idoneità di compromettere il normale e regolare funzionamento dell'ente locale[9].

In particolare, è stato evidenziato che: *«Nel caso dello scioglimento del Consiglio comunale la definizione di precisi parametri costituisce un vincolo con il quale il legislatore della L. n. 9/2009 non ha voluto elidere quella discrezionalità, ma controbilanciarla, ancorandola a fatti concreti e univoci, in funzione della necessità di commisurare l'intervento più penetrante dello Stato a contrasto del fenomeno mafioso con i più alti valori costituzionali alla base del nostro ordinamento,*

[9] L. Buscema, "*L'infiltrazione della criminalità organizzata all'interno degli enti locali e la (non più) libera determinazione degli organi elettivi*" in L. Buscema (a cura di) "*Dalla stessa parte nel ricordo del 23 maggio 1992 ed in memoria di tutte le vittime delle mafie*", I quaderni della Fondazione Falcone, 2022; inoltre, tra le molteplici sentenze: Cons. Stato, sez. III, 19 febbraio 2019, n. 1165; Cons. St., Sez. III, 26 settembre 2019, n. 6345; TAR LAZIO del 11 dicembre 2018 n. 11976; Cons. Stato, sez. III, sent. 15 marzo 2016, n. 1038; Cons. stato sez. III del 20 gennaio 2016 n. 196.

quali il rispetto della volontà popolare espressa con il voto e l'autonomia dei diversi livelli di Governo garantita dalla Costituzione».[10]

Procedendo con ordine, i concetti di collegamento e condizionamento di stampo mafioso, previsti dall'art. 143 comma 1 TUEL, sono due situazioni «*assolutamente compatibili sul piano logico ed anzi spesso compresenti in realtà locali ad alta densità criminale, come quella di cui si controverte, nella quale collegamento e condizionamento sono spesso gli aspetti di una stessa realtà e le espressioni concorrenti di uno stesso clima, fatto nel contempo di connivenze e di intimidazioni, di lusinghe e di minacce, e dove la sola verità che infine emerge, nel preoccupante spaccato della vita amministrativa locale, è l'asservimento della res publica, nell'uno e/o nell'altro modo, a perverse logiche mafiose*»[11].

Ruolo di primaria importanza, in tal senso hanno assunto, oltre la giurisprudenza amministrativa, anche le proposte del Ministro dell'Interno[12] che accompagnano i decreti di scioglimento da cui si possono ricavare le cause giustificatrici della misura di cui all'art. 143 TUEL.

È tutt'altro che semplice comprendere e stabilire i reali confini che separano il collegamento dal condizionamento mafioso: si dovrebbe ritenere che il collegamento diretto o indiretto consista in una sorta di nesso tra l'istituzione pubblica e il sodalizio criminale (contiguità compiacente), mentre il condizionamento costituirebbe una relazione unilaterale in cui è direttamente l'organizzazione mafiosa ad incidere sulle determinazioni dell'ente pubblico (contiguità soggiacente)[13].

A sua volta, il condizionamento viene distinto, dalla giurisprudenza, in due forme: genetico, in cui il sodalizio influenzerebbe l'ente pubblico già dalla formazione degli organi dell'ente e funzionale, rivolto, direttamente, alla gestione amministrativa dell'ente[14].

[10] Cons. Stato sez. III del 19 ottobre 2015 n. 4792.
[11] Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 23/01/2014) 14/02/2014, n. 727.
[12] R. Rolli, "*Dura lex, sed lex. Scioglimento dei Consigli comunali per infiltrazioni mafiose, interdittive prefettizie antimafia e controllo giudiziario*", in Istituzioni del Federalismo, 1.2022, p. 22; Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 23/11/2012) 12/01/2013, n. 126; TAR Lazio, Roma, sez. I, 7 giugno 2017, n. 6680; Cons. Stato, Sez. IV, Sent., (data ud. 03/12/2015) 03/03/2016, n. 876.
[13] G. Trombetta, "*Lo scioglimento del consiglio comunale per infiltrazione mafiosa*", in Federalismi.it, 23 settembre 2020, p. 207.
[14] Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 30/05/2019) 17/06/2019, n. 4026: «*La giurisprudenza del Consiglio di Stato è ferma nel dare rilevanza sia al "collegamento" che al "condizionamento" della politica e amministrazione locale, tanto che si evidenziano sia comportamenti rilevatori di "contiguità compiacente" (attraverso, ad esempio, corruzione e favoritismi clientelari) sia della "contiguità soggiacente" (attraverso, ad esempio, la mancata reazione alle*

Dunque, le nozioni di collegamento e condizionamento mafioso non sono state tipizzate dalla norma, ma è stata la giurisprudenza amministrativa, nel corso del tempo, a creare una sorta di elenco aperto nel quale rinvenire la possibile sintomatologia che potrebbe far presagire ad un collegamento o condizionamento mafioso.

Nello specifico possiamo far riferimento, tra i tanti indici esistenti, a: «*frequentazioni tra amministratori e dipendenti comunali ed esponenti di ambienti controindicati; sostegno elettorale di esponenti delle locali organizzazioni criminali; ripetute illegittimità nelle procedure poste in essere dall'ente e diffusa illegalità nei vari settori dell'amministrazione comunale; indebita ingerenza degli organi politici sull'operato degli organi amministrativi*»[15]; legami di parentela tra amministratori ed esponenti della criminalità organizzata[16], ovvero carenza di controlli e trasparenza, dissesto finanziario, sussidi economici, o ancora attraverso la verifica delle modalità di svolgimento delle elezioni amministrative[17]; o dei provvedimenti concessori ed autorizzativi.

È opportuno affermare come tutte le vicende debbano, necessariamente, essere considerate nel loro insieme[18] e non con una visione atomistica, valutando il contesto sociale e locale anche

intimidazioni mafiose o l'inerzia nell'adottare atti su cui la cosca locale aveva inviato segnali minacciosi). Il condizionamento, poi, si può riscontrare come fattore genetico (ad esempio, quando emergono attività mafiose a sostegno della elezione di candidati "graditi") e, non alternativamente, come fattore funzionale, quando le cosche incidono o sono avvantaggiate nell'andamento della gestione amministrativa».

[15] T.A.R. Lazio Roma, Sez. I, Sent., (data ud. 20/10/2021) 14/02/2022, n. 1727

[16] Cons. Stato, Sez. IV, Sent., (data ud. 03/12/2015) 03/03/2016, n. 876: «*non possono costituire ex se elemento indicativo di un collegamento, rilevante ai sensi dell'art. 143, dovendo invece gli stessi essere rafforzati, onde pervenire ad un dato significativo e rispettoso del criterio di concretezza, con la riscontrata sussistenza di convivenza o di assidua frequentazione, e ciò ancor di più laddove non sia il parente stesso esponente della criminalità, bensì un suo congiunto o ulteriore parente da questi acquisito, in tal modo allentandosi, anche sul piano del rapporto di parentela, la rilevanza dell'elemento indicatore del collegamento con l'amministratore*»; Cons. Stato sez. III del 28 settembre 2015 n. 4529; Cons. Stato sez. III del 19 ottobre 2015 n. 4792

[17] Cons. Stato, sez. IV, 6/04/2005 n. 1573; Cons. Stato, sez. V, 24/01/2007 n. 265.

[18] Cons. Stato, Sez. III, 11/10/2019, n. 6918: «*Le vicende, che costituiscono il presupposto del provvedimento di scioglimento di un Consiglio comunale, devono essere considerate nel loro insieme, e non atomisticamente, e risultare idonee a delineare, con una ragionevole ricostruzione, il quadro complessivo del condizionamento mafioso; assumono quindi rilievo situazioni non traducibili in episodici addebiti personali ma tali da rendere, nel loro insieme, plausibile, nella concreta realtà contingente e in base ai dati dell'esperienza, l'ipotesi di una soggezione degli amministratori locali alla criminalità organizzata (vincoli di parentela o affinità, rapporti di amicizia o di affari, frequentazioni), e ciò anche quando il valore indiziario degli elementi raccolti non è sufficiente per l'avvio dell'azione penale o per l'adozione di misure individuali di prevenzione. Gli elementi vanno comunque contestualizzati territorialmente, tenuto conto della valenza che determinate condotte possono assumere in particolari contesti ambientali*».

nel rapporto con l'amministrazione del territorio e la reale permeabilità degli organi elettivi agli influssi mafiosi[19] con una valutazione basata sulla logica dell'hic et nunc.

Orbene, una volta specificato ciò, è necessario affermare coma la giurisprudenza distingua gli elementi soggettivi inerenti e riferibili alle persone preposte a cariche politiche e burocratiche dell'ente e gli elementi oggettivi relativi all'azione amministrativa.

Appare assolutamente ovvio che, affinché si giunga alla fattispecie dello scioglimento, è necessario che sussistano entrambi, che devono essere valutati in prospettiva «*dinamica e sinergica*»[20].

Il provvedimento di scioglimento, difatti, agisce quale difesa anticipata, dunque, in via preventiva considerando sufficiente un'articolata serie di indizi sul collegamento con i sodalizi criminali ovvero sull'influenza degli stessi[21], essendo regolato sul criterio del "più probabile che non", ovvero sulla «probabilità cruciale», la quale «porta a valorizzare contatti e condizionamenti, finanche involontari e frutto di condotte cd. "soggiacenti" rispetto all'azione dei clan mafiosi»[22].

Tale istituto, riveste fondamentale importanza per la lotta contro la criminalità organizzata, in particolar modo nell'ottica della protezione della pubblica amministrazione dalla stessa, in modo da salvaguardare i principi fondamentali dell'agere amministrativo e, soprattutto, la sicurezza e gli interessi pubblici.

«*La lotta alla mafia dev'essere innanzitutto un movimento culturale che abitui tutti a sentire la bellezza del fresco profumo della libertà che si oppone al puzzo del compromesso morale, dell'indifferenza, della contiguità e quindi della complicità*» (Paolo Borsellino).

[19] M. Noccelli, "*I più recenti orientamenti della giurisprudenza amministrativa sul complesso sistema antimafia*", in *Il Foro Amministrativo*, fasc.12, 2017; C. Chinnici, *Lo scioglimento dei Consigli comunali e provinciali conseguente a fenomeni di infiltrazione mafiosa*, in iusinitinere.it, 2020; S. M. Sisto, "*Lo scioglimento dei consigli comunali per infiltrazione mafiosa*", in I quaderni di www.paweb.it, approfondimenti di contabilità e gestione degli enti locali, 4, aprile 2016 pag. 15; L. Buscema, "*L'infiltrazione della criminalità organizzata all'interno degli enti locali e la (non più) libera determinazione degli organi elettivi*" in L. Buscema (a cura di) "*Dalla stessa parte nel ricordo del 23 maggio 1992 ed in memoria di tutte le vittime delle mafie*", I quaderni della Fondazione Falcone, 2022; Cons. Stato sez. III del 20 gennaio 2016 n. 196; Cons. Stato, Sez. III, 28/09/2015, n. 4529; Cons. Stato, Sez. III, Sent., 02/07/2014, n. 3340;

[20] Cons. Stato, Sez. III, 26 settembre 2019 n. 6345.

[21] T.A.R. Lazio Roma, Sez. I, Sent., (data ud. 05/06/2019) 09/07/2019, n. 9105.

[22] T.A.R. Lazio Roma, Sez. I, Sent., (data ud. 20/10/2021) 14/02/2022, n. 1727.

4. Bibliografia

Bonanno D., *Lo scioglimento dei comuni per infiltrazioni mafiose: normativa attuale e proposte di riforma*, in GIURETA Rivista di Diritto dell'Economia, dei Trasporti e dell'Ambiente, Vol. XIX 2021;

Buscema L., *L'infiltrazione della criminalità organizzata all'interno degli enti locali e la (non più) libera determinazione degli organi elettivi*, in L. Buscema (a cura di) "Dalla stessa parte nel ricordo del 23 maggio 1992 ed in memoria di tutte le vittime delle mafie", I quaderni della Fondazione Falcone, 2022;

Chinnici C., *Lo scioglimento dei Consigli comunali e provinciali conseguente a fenomeni di infiltrazione mafiosa*, in iusinitinere.it, 2020;

Crismani A., *L'influenza della criminalità organizzata sul libero esercizio dell'azione amministrativa degli enti locali*, in federalismi.it, n. 7/2014;

Fiandaca G., *La mafia come ordinamento giuridico. Utilità e limiti di un paradigma*, in Il Foro italiano,n. 2 -1995, Parte Quarta;

Magliocco R., *Lo scioglimento degli enti locali per infiltrazioni della criminalità organizzata: indagine sui livelli di condizionamento mafioso nel territorio nazionale e sui sistemi di prevenzione del fenomeno*, in ratioiuris, 2019;

Magri M., *Lo scioglimento dei consigli comunali e provinciali per infiltrazioni mafiose della criminalità di tipo mafioso: tra vecchi e nuovi dubbi di costituzionalità*, in Diritto Amministrativo, 1/2019;

Manganaro F., Parisi R., *Note sullo scioglimento dei consigli degli enti locali per infiltrazioni mafiose,* in Il diritto dell'economia, fasc 1/2023;

Nicosia A., *Lo scioglimento degli Enti locali per infiltrazioni mafiose. Riflessioni alla luce della relazione della Commissione d'inchiesta e vigilanza sul fenomeno della mafia e della corruzione in Sicilia dell'Assemblea Regionale Siciliana*, in Rivista Semestrale di Diritto, n. 2/2020;

Noccelli M., *I più recenti orientamenti della giurisprudenza amministrativa sul complesso sistema antimafia*, in Il Foro Amministrativo, fasc.12, 2017;

Rolli R., *Dura lex, sed lex. Scioglimento dei Consigli comunali per infiltrazioni mafiose, interdittive prefettizie antimafia e controllo giudiziario*, in Istituzioni del Federalismo, 1.2022;

Salvino T., *Lo scioglimento dei consigli degli enti locali per infiltrazione mafiosa tra analisi normativa e proposte di modifica*, in Federalismi, 8/2021;

Sciarrone R., *Il capitale sociale della mafia. Relazioni esterne e controllo del territorio*, in Quaderni di sociologia 18/1998;

Sciarrone R., *Mafie vecchie, mafie nuove*, Donzelli, Roma 2009;

Sisto S. M., *Lo scioglimento dei consigli comunali per infiltrazione mafiosa*, in I quaderni di www.paweb.it, approfondimenti di contabilità e gestione degli enti locali, 4, aprile 2016;

Trombetta G., *Lo scioglimento del consiglio comunale per infiltrazione mafiosa*, in Federalismi.it, 23.09.2020.

Giurisprudenza

Cons. Stato, sez. IV, 6/04/2005 n. 1573;

Cons. Stato, sez. V, 20 ottobre 2005, n.5878;

Cons. Stato, sez. V, 24/01/2007 n. 265;

Cons. Stato, sez. IV, 02 marzo 2007, n. 1004;

Cons. Stato, sez. III, 6 marzo 2012, n. 1266;

Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 23/11/2012) 12/01/2013, n. 126;

Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 23/01/2014) 14/02/2014, n. 727;

Cons. Stato, Sez. III, Sent., 02/07/2014, n. 3340;

Cons. Stato sez. III del 28 settembre 2015 n. 4529;

Cons. Stato sez. III del 19 ottobre 2015 n. 4792;

Cons. Stato sez. III del 20 gennaio 2016 n. 196;

Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 10/12/2015) 20/01/2016, n. 197;

Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 11/02/2016) 15/03/2016, n. 1038;

Cons. Stato, Sez. IV, Sent., (data ud. 03/12/2015) 03/03/2016, n. 876;

TAR Lazio, Roma, sez. I, 7 giugno 2017, n. 6680;

TAR Lazio del 11 dicembre 2018 n. 11976;

Cons. Stato, Sezione III, 19 febbraio 2019, n. 1165;

Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 30/05/2019) 17/06/2019, n. 4026:

T.A.R. Lazio Roma, Sez. I, Sent., (data ud. 05/06/2019) 09/07/2019, n. 9105;

Cons. Stato, Sez. III, Sent., (data ud. 20/06/2019) 18/07/2019, n. 5077;

Cons. Stato, Sezione III, 26 settembre 2019, n. 6435;

Cons. Stato, Sez. III, 11/10/2019, n. 6918;

T.A.R. Lazio Roma, Sez. I, Sent., (data ud. 20/10/2021) 14/02/2022, n. 1727.

Ferdinando Ofria - Romana Gargano

L'IMPATTO CRIMINALE SULLA PRODUTTIVITÀ DELLE REGIONI ITALIANE

1. Introduzione. – 2. Fonti e dati. – 3. Risultati. – 4. Conclusioni. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

Nella letteratura economica, il dibattito sulla presenza della criminalità organizzata in un territorio e il suo profondo impatto sul contesto socioeconomico e sulla limitazione del potenziale di crescita, è sempre attuale. Negli ultimi anni, infatti, un intero filone di pensiero si è sviluppato attorno all'idea che i vincoli allo sviluppo autonomo siano prevalentemente di natura non economica.

Nel caso del Sud Italia, ad esempio, l'elevato tasso di criminalità rende difficile immaginare lo svolgimento regolare delle attività imprenditoriali. Secondo Centorrino e Ofria (2001), l'impresa mafiosa, che apparentemente opera in modo legale ma è di fatto controllata dalla mafia, riesce a ottenere contratti e vincere appalti o aste non attraverso offerte competitive, ma minacciando di commettere atti criminali. Allo stesso modo, può anche porre ostacoli all'ingresso nel mercato per le imprese non affiliate. In pratica, la presenza di cartelli imposti dalla criminalità organizzata rappresenta una fonte di esternalità pecuniarie negative, che riducono l'attività economica di molte imprese e causano inefficienza, poiché le imprese all'interno del cartello non sono motivate a incrementare la produttività a causa della mancanza di pressione competitiva. Barbieri e Rizzo (2023) inoltre evidenziano che l'esistenza di economie criminali ha un effetto depressivo sul sistema, generando sfiducia non solo negli investimenti, ma anche in altre variabili rilevanti per lo sviluppo e la generazione di reddito, come il reddito disponibile e il risparmio. Diversi studi sull'economia italiana, utilizzando metodologie econometriche, individuano nella variabile "criminalità" una delle cause o concause dei divari regionali di produttività esistenti (Tra gli altri: Ofria, 1997, 2000; Centorrino e Ofria, 2001, 2008; Albanese e Marinelli, 2013; Pinotti, 2015; Ganau e Rodríguez-Pose, 2018; Bianchi *et al.*, 2022; Mirenda *et al.* 2022; Forgione e Migliardo, 2023).

L'obiettivo della ricerca è tracciare i principali profili di interazione tra l'illegalità e lo sviluppo economico delle regioni italiane. A tal fine si è scelto di utilizzare un approccio a due fasi. Nel primo step, attraverso un modello lineare generalizzato, si valuteranno i fattori che influenzano i divari di produttività regionali. Nel secondo step, tenendo conto della significatività della macroarea, si procederà a stimare un singolo modello per ogni territorio.

2. Fonti e dati

Misurare l'entità del fenomeno criminale non è semplice poiché le azioni da cui deriva spesso sfuggono alle rilevazioni statistiche e giudiziarie. Per ottenere una dimensione del fenomeno criminale nelle regioni italiane, si è fatto ricorso ai dati ufficiali pubblicati dall'Istituto Nazionale di Statistica, che fornisce una serie di informazioni sui delitti, gli autori e le vittime relative alle denunce pervenute dalle forze di polizia (Polizia, Carabinieri e Guardia di Finanza) all'autorità giudiziaria. Ai fini di questo studio, sono stati individuati i seguenti reati come indicatori di criminalità: 1) Persone segnalate per usura, 2) Estorsioni, 3) Attentati, 4) Associazione a delinquere, 5) Associazione mafiosa, 6) Riciclaggio, 7) Truffe e frodi informatiche.

Al fine di misurare un fenomeno complesso come l'illegalità, si è scelto di adottare un approccio multidimensionale già noto in letteratura, che consente di raccogliere informazioni da diversi indicatori. Per ottenere una misura complessiva della criminalità, è stato creato un indicatore medio regionale, con valori compresi tra 0 e 1, calcolato come media dei rapporti standardizzati (per ogni 100.000 abitanti) tra ogni anno considerato e l'anno con il valore massimo.

Per ciascuna variabile statistica, è stato calcolato il divario regionale come rapporto standardizzato tra l'indicatore della regione e il corrispondente valore nazionale (per ogni 100.000 abitanti) (tabella 1). Le figure 1 e 2 mostrano, rispettivamente, il cartogramma che rappresenta i divari regionali medi di produttività e l'indice di delittuosità regionale.

Inoltre, per descrivere l'andamento dell'indicatore nel tempo è stata calcolata la variazione percentuale media tra il 2010 e il 2021 (tabella 2).

Tabella 1 Divari regionali medi 2010-2021 ogni 100000 abitanti*

	E.	U.	A.	A.D.	A.M.	R	T.F. inf	Pr.
Abruzzo	107,63	211,71	89,51	108,92	36,36	46,85	95,66	89,53
Basilicata	96,40	133,29	72,51	137,55	124,24	74,62	80,18	91,95
Calabria	128,46	117,54	216,97	166,93	653,03	96,42	91,74	53,10
Campania	150,83	188,39	162,14	146,27	459,09	135,56	126,00	70,87
Emilia R.	95,43	122,37	78,00	61,42	0,00	84,61	102,78	115,27
Friuli-V.G.	59,39	46,10	62,04	89,88	21,21	84,00	109,47	100,41
Lazio	99,49	109,45	85,92	96,11	34,85	100,98	102,52	103,87
Liguria	94,46	65,44	105,19	75,22	16,67	242,35	124,09	110,78
Lombardia	88,36	67,28	91,79	67,76	9,09	76,24	103,01	288,60
Marche	80,76	98,59	83,69	129,47	9,09	100,91	82,83	83,97
Molise	107,21	224,49	62,52	126,11	54,55	59,27	101,01	70,08
Piemonte	92,84	87,74	111,71	67,64	12,12	78,56	114,48	105,30
Puglia	132,30	121,84	172,03	116,32	160,61	119,95	80,50	65,55
Sardegna	77,98	34,48	69,51	41,96	13,64	77,14	92,96	24,64
Sicilia	116,74	113,44	84,30	146,90	257,58	87,38	86,98	64,43
Toscana	91,48	56,96	71,51	89,69	0,00	197,23	95,43	96,45
Trentino A.A.	67,19	30,04	112,19	126,08	9,09	93,93	78,91	105,83
Umbria	91,38	65,15	45,88	220,46	18,18	35,53	96,51	83,15
Valle d'Aosta	82,86	117,22	42,11	88,50	0,00	65,89	120,96	86,82
Veneto	58,93	74,99	47,67	74,89	0,00	67,22	86,71	100,18

*E.=Estorsione, U.=Usura, A.=Attentati, A.D.=Associazione a delinquere, A.M. =Associazione mafiosa, R. = Riciclaggio, T.F.inf=Truffe e frodi informatiche, Pr=Produttività del lavoro

Figura 1 Cartogramma Divari medi di produttività regionali

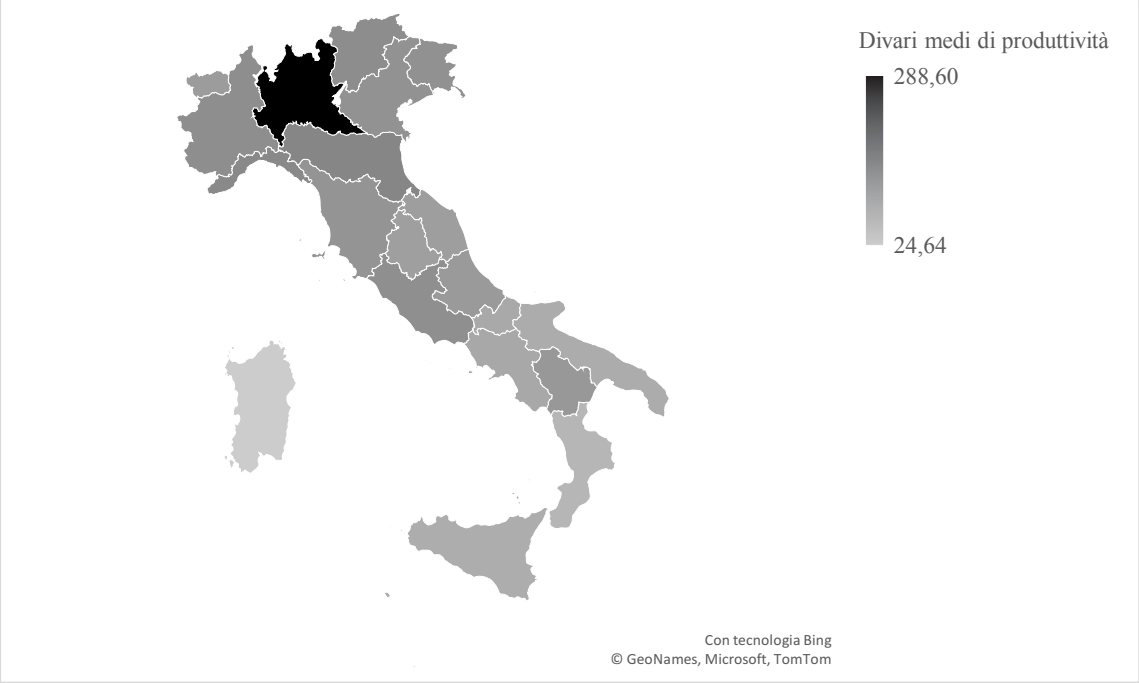


Figura 2 Cartogramma indicatore medio di delittuosità regionale



Tabella 2 Variazione percentuale media

	T.D.	E	U	A	A.D.	R	T.F. inf.	Pr.
Piemonte	-2.35	6.92	-7.99	-9.50	7.28	1.49	13.11	0.35
Valle d'Aosta	-3.85	20.93	0.00	0.00	-100.00	15.76	7.37	2.23
Liguria	-2.77	2.89	-13.61	-1.39	4.75	-9.15	11.36	0.79
Lombardia	-2.34	6.74	-11.84	-6.11	1.53	4.19	11.51	-0.04
Trentino A. A.	-1.55	12.06	-9.50	3.75	5.66	8.69	7.59	-0.05
Veneto	-1.75	7.51	-9.50	-3.62	-5.47	6.05	14.43	0.26
Friuli-V. G.	-1.47	8.25	0.00	-1.39	3.75	-6.34	16.67	0.30
Emilia R.	-2.08	9.16	-7.99	-7.99	2.65	3.40	9.30	0.87
Toscana	-1.87	6.16	-9.50	-6.11	-4.54	0.59	12.13	-0.48
Umbria	-1.77	8.41	-9.50	-6.11	3.11	-7.99	15.49	0.33
Marche	-2.99	3.55	-11.84	-7.41	-11.14	5.95	10.01	1.07
Lazio	-1.48	6.56	-7.41	-3.62	-9.10	-3.32	10.95	-1.38
Abruzzo	-2.99	0.92	-10.03	-18.11	-12.17	2.17	8.72	0.47
Molise	-0.48	4.55	-100.00	11.57	-2.36	14.65	10.50	-1.24
Campania	0.14	1.67	-5.36	-10.16	0.00	1.33	6.01	-0.01
Puglia	-1.56	2.85	1.22	-14.70	-4.96	2.05	10.49	-0.42
Basilicata	-0.08	5.01	-3.62	-100.00	-0.79	3.22	12.31	0.28
Calabria	-1.48	0.95	-4.54	-3.19	-1.32	-4.65	10.27	-1.06
Sicilia	-1.69	3.92	-8.53	-6.11	-1.39	-3.45	11.23	-4.57
Sardegna	-1.76	4.64	-6.11	17.69	3.75	-0.47	12.64	-5.22

*E.=Estorsione, U.=Usura, A.=Attentati, A.D.=Associazione a delinquere, A.M. =Associazione mafiosa, R. = Riciclaggio, T.F.inf=Truffe e frodi informatiche, Pr=Produttività del lavoro

A livello descrittivo le tabelle e le rappresentazioni grafiche precedenti evidenziano che nelle regioni i cui i divari medi di produttività del lavoro sono maggiori della media nazionale, gli indicatori di criminalità hanno valori medi inferiori alla media italiana ad eccezione del

reato di truffe e frodi informatiche che registra i valori maggiori in molte regioni del nord economicamente più sviluppate.

In generale, si osserva che i tassi di delittuosità, usura, attentati e condanne per associazione a delinquere sono diminuiti in tutto il territorio italiano. Tuttavia, si è registrato un aumento delle estorsioni, del riciclaggio e delle truffe e frodi informatiche. Nei 10 anni considerati, si è osservato un aumento dei divari di produttività del lavoro rispetto all'Italia in tutte le regioni del Nord Ovest, ad eccezione della Lombardia che ha registrato un lieve decremento. Nelle regioni del Nord Est, ad eccezione del Trentino-Alto Adige che ha avuto un leggero decremento, si è verificata una situazione mista con alcune regioni che hanno visto diminuire il divario rispetto alla media italiana, come la Toscana e il Lazio, mentre altre regioni come l'Umbria, le Marche e l'Abruzzo hanno registrato un aumento del divario. Nelle regioni del Centro Italia si è osservata una situazione mista, con una diminuzione del divario tra la Toscana e il Lazio rispetto ai livelli italiani, ma un aumento del divario nelle regioni dell'Umbria, delle Marche e dell'Abruzzo. Le regioni del Sud hanno tutte una produttività inferiore alla media nazionale, ad eccezione della Basilicata. Infine, si osserva un divario molto elevato tra le due isole, con la Sicilia e la Sardegna che presentano una produttività notevolmente inferiore rispetto alla media nazionale.

3. Risultati

È stato stimato un modello lineare generalizzato completo al fine di valutare i principali fattori che influenzano i divari di produttività. Dai risultati riportati in tabella 2 e nella figura 3 emerge la significatività della macroarea e di alcuni indicatori di criminalità, come l'estorsione, il riciclaggio e le truffe e frodi informatiche. Pertanto, al fine di determinare se tali fattori hanno influenze differenti nelle diverse realtà territoriali, si è proceduto a stimare un modello per ogni macroarea. I risultati di tali modelli sono riportati nella tabella 3.

Tabella 2 Stima dei parametri modello completo

Parametro	B	ES	Test sull'ipotesi		
			X^2di Wald	gl	Sign.
(Intercetta)	112,456	19,8736	32,020	1	,000
[macro area=centro]	22,910	9,2363	6,152	1	,013
[macro area=isole]	-30,947	10,0746	9,436	1	,002
[macro area=nord est]	40,199	10,1130	15,800	1	,000
[macro area=nord ovest]	92,845	10,3798	80,009	1	,000
[macro area=sud]					
Estorsione	,371	,1512	6,032	1	,014
Usura	-,031	,0389	,648	1	,421
Attentati	-,009	,0430	,044	1	,834
Ass_delinq	-,016	,0305	,284	1	,594
Ass_Mafiosa	-,019	,0188	1,003	1	,317
Riciclaggio	-,102	,0427	5,739	1	,017
Truffe e frodi inf.	-,640	,1750	13,384	1	,000

Figura 3 rappresentazione grafica modello completo a effetti fissi

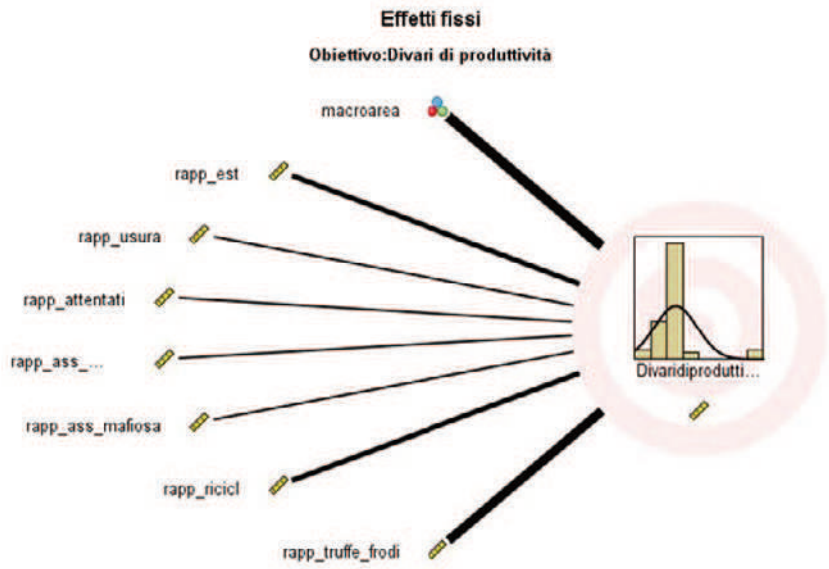


Tabella 3 Stima parametri modello per macro area

	Nord Ovest		Nord Est		Centro		Sud		Isole	
Parametro	B (SE)	Sign.	B (SE)	Sign.	B (SE)	Sign.	B (SE)	Sign.	B (SE)	Sign.
Intercetta	295,743	,043	78,812	,000	52,691	,000	88,347	,000	-3,322	,888
	145,824		39,199		76,117		108,518		235,123	
Estorsioni	,416	,399	,168	,000	-,001	,988	-,149	,103	,246	,001
	,494		,043		,073		,092		,076	
Usura	-,113	,290	-,034	,006	,019	,271	-,003	,901	,092	,002
	,107		,012		,017		,021		,030	
Attentati	-,169	,519	,029	,010	,014	,413	-,033	,070	-,082	,025
	,262		,011		,017		,018		,036	
Ass_delinquere	,008	,949	-,010	,213	-,010	,085	,007	,792	-,026	,446
	,134		,008		,006		,027		,035	
Ass_mafiosa	,170	,667	-,010	,625	,015	,499	-,022	,002	-,089	,000
	,395		,021		,023		,007		,016	
Riciclaggio	-,317	,008	-,020	,137	-,008	,501	-,049	,354	-,013	,825
	,120		,014		,012		,053		,058	
Truffe e frodi inf.	-2,981	,000	,015	,652	-,067	,508	,140	,116	-,092	,692
	,819		,033		,100		,089		,231	

Possiamo osservare che nelle regioni del Nord Ovest, il divario di produttività è influenzato negativamente dal riciclaggio e dalle truffe e frodi informatiche. Nel Nord Est, invece, le estorsioni hanno un impatto positivo sui divari regionali, mentre l'usura e gli attentati hanno un impatto negativo. Nelle regioni del Sud, l'unica variabile che sembra influenzare negativamente il divario di produttività è l'associazione mafiosa. Nelle isole, invece, notiamo che l'associazione mafiosa, gli attentati, l'usura e le estorsioni hanno un impatto positivo sui divari regionali. Nessuna variabile è risultata statisticamente significativa nelle regioni del Centro.

4. Conclusioni

In conclusione, questo studio ha dimostrato che il crimine influenza negativamente la crescita economica, la competitività e lo sviluppo sostenibile delle diverse regioni del paese. In particolare, le evidenze raccolte indicano che la criminalità organizzata compromette l'ambiente imprenditoriale, scoraggia gli investimenti, limita l'innovazione e ostacola lo sviluppo delle imprese. Ciò porta a una minore produttività e competitività delle regioni colpite, con un conseguente ampliamento dei divari regionali.

Al fine di contrastare efficacemente la criminalità organizzata e mitigarne gli effetti negativi sull'economia, è necessario adottare una serie di politiche mirate. Una delle prime azioni da intraprendere è rafforzare il sistema giudiziario e le forze dell'ordine per garantire una lotta efficace contro la criminalità organizzata. È fondamentale promuovere una maggiore collaborazione tra le autorità locali, regionali e nazionali per scambiare informazioni e coordinare le azioni di contrasto.

Inoltre, è essenziale investire nella prevenzione e nel recupero delle aree colpite dalla criminalità organizzata, al fine di stimolare lo sviluppo economico e sociale. Questo può essere fatto attraverso politiche di riqualificazione urbana, programmi di formazione e inserimento lavorativo per i giovani, nonché il potenziamento delle infrastrutture e dei servizi pubblici.

Un'altra strategia chiave è quella di favorire la trasparenza e la legalità nel settore economico, contrastando l'economia sommersa e promuovendo una cultura di legalità e integrità. È necessario introdurre meccanismi di controllo e monitoraggio efficaci per prevenire il riciclaggio di denaro e l'uso di risorse illecite nell'economia legale.

Da sottolineare, inoltre, l'importanza dei finanziamenti europei, come quelli utilizzati dal PON Sicurezza, per sostenere le politiche di contrasto alla criminalità organizzata. È fondamentale utilizzare in modo efficiente tali fondi, promuovendo la cooperazione transnazionale e l'implementazione di misure integrate di sicurezza.

Infine, è necessario coinvolgere attivamente la società civile, le imprese e le organizzazioni non governative nella lotta contro la criminalità organizzata. La sensibilizzazione e l'educazione pubblica sono strumenti fondamentali per creare una cultura di responsabilità e partecipazione nella prevenzione e nel contrasto alla criminalità.

In definitiva, per affrontare l'impatto negativo della criminalità organizzata sull'economia e ridurre i divari regionali di produttività in Italia, è necessario adottare un approccio multidimensionale e integrato che comprenda politiche di contrasto, investimenti mirati, trasparenza economica e coinvolgimento attivo della società. Solo attraverso un impegno congiunto e una strategia coerente sarà possibile contrastare efficacemente la criminalità organizzata e promuovere una crescita economica sostenibile e inclusiva nel paese.

5. Bibliografia

Albanese, G., Marinelli, G. Organized crime and productivity: Evidence from firm-level *data*, in *Rivista italiana degli economisti*, 18(3), 367-394. (2013).

Barbieri, N., Rizzo, U. The impact of crime on firm entry, in *Journal of Regional Science*, 63(2), 446 (2023).

Bianchi, P. A., Marra, A., Masciandaro, D., Pecchiari, N. Organized Crime and Firms' Financial Statements: Evidence from Criminal Investigations in Italy, in *The Accounting Review*, 97(3), 77-106. (2022).

Centorrino, M., Ofria, F. *L'impatto criminale sulla produttività del settore privato dell'economia: un'analisi regionale*. A. Giuffrè, Milano. (2001).

Centorrino, M., Ofria, F. Criminalità organizzata e produttività del lavoro nel Mezzogiorno: un'applicazione del modello" Kaldor-Verdoorn", in *Rivista economica del Mezzogiorno*, *22*(1), 163-188.-469. (2008).

Forgione, A. F., Migliardo, C. Mafia risk perception: Evaluating the effect of organized crime on firm technical efficiency and investment proclivity, in *Socio-Economic Planning Sciences*, 101619. (2023).

Ganau, R., Rodríguez-Pose, A. Industrial clusters, organized crime, and productivity growth in Italian SMEs, in *Journal of Regional Science*, 58(2), 363-385. (2018).

Mirenda, L., Mocetti, S., Rizzica, L. The economic effects of mafia: firm level evidence, in *American Economic Review*, 112(8), 2748-73. (2022).

Ofria, F. *Divari regionali di produttività nell'industria manifatturiera italiana*. FrancoAngeli, Milano. (1997).

Ofria, F. Efficienza ed esportazioni: Un'analisi empirica per l'industria manifatturiera Italiana, in *Rivista di Politica Economica*, 90(2), 45-64. (2000).

Pinotti, P. The causes and consequences of organised crime: Preliminary evidence across countries, in *The Economic Journal*, *125*(586), F158-F174. (2015).

Processi decisionali, ambiente e sviluppo sostenibile tra autorità e libertà di mercato

Giuseppe Avena

I METODI MISTI NEL PROCESSO DECISIONALE MULTI-ATTRIBUTO

1. Introduzione. – 2. L'analisi multicriterio nei sistemi di supporto alle decisioni. – 3. Il processo decisionale. – 4. I metodi MCA e MCDA. – 5. Le diverse tipologie di metodi misti. – 6. Considerazioni conclusive. – 7. Bibliografia.

1. Introduzione

L'obiettivo di questo contributo è fornire una panoramica esaustiva dell'analisi multicriterio per le decisioni (MCDA), una disciplina finalizzata a fornire supporto ai decisori di fronte a valutazioni numerose e conflittuali, agevolando il raggiungimento di una soluzione di compromesso in modo trasparente.

Inizialmente viene descritta una panoramica complessiva di quella che è l'analisi multicriterio, incentrandosi sui principali aspetti tecnici, per poi addentrarsi in modo più sostanziale e tecnico su quelli che sono gli aspetti più rilevanti del processo decisionale. Fornendo preventivamente concetti propedeutici per spiegare le fasi di un'analisi multicriterio per lo sviluppo di un processo decisionale.

Questa forma di analisi consiste in una serie di procedure utilizzate per confrontare diverse alternative, ciascuna basata su criteri distinti, con particolare attenzione all'importanza relativa attribuita a ciascun criterio.

Successivamente vengono esposti in maniera generale e analitica i seguenti metodi:

- MULTI CRITERIA ANALYSIS (MCA) è un insieme di strumenti quantitativi utilizzati per valutare alternative caratterizzate da criteri multipli e in conflitto.
- MULTIPLE-CRITERIA DECISION AID (MCDA) hanno conosciuto un notevole sviluppo negli ultimi 30 anni, definendo numerosi metodi e strumenti per individuare quelli più opportuni per la soluzione del problema decisionale preso in esame.

Infine, approfondendo l'analisi sui metodi misti, dove saranno descritte le caratteristiche, i principali metodi ed il livello di attuazione.

2. L'analisi multicriterio nei sistemi di supporto alle decisioni

L'analisi multicriterio comprende un insieme di tecniche utilizzate per valutare alternative considerando diversi criteri eterogenei e valutando esplicitamente l'importanza relativa di ciascuno di essi. A differenza dell'analisi costi-benefici, in cui gli elementi rilevanti vengono resi commensurabili attraverso la loro conversione in valori monetari (o considerando gli impatti monetari associati), nell'analisi multicriterio i criteri decisionali sono espressi su una scala normalizzata e confrontati sulla base di un peso che può essere determinato attraverso diversi metodi. La determinazione dei criteri e la loro pesatura non possono avvenire senza la partecipazione della parte decisionale, la quale deve stabilire quali sono i risultati attesi. La sola attività tecnica si deve confrontare con gli aspetti strettamente tecnico-normativi, ma l'applicazione delle norme lascia spazio, in genere, a tante soluzioni, per questo sono necessari gli indirizzi progettuali che devono trovare riscontro nell'analisi multicriterio. In pratica, le fasi principali di un'indagine multicriterio sono:

- **identificare le alternative;**
- **identificare i criteri di valutazione (esempio: costo, impatti ambientali, ricadute occupazionali, ecc.);**
- **stimare i pesi da attribuire ai criteri;**
- **misurare le caratteristiche di ogni alternativa relativamente ad ogni criterio (esempio: costo di ogni alternativa, impatti ambientali di ogni alternativa);**
- **normalizzare le misure secondo una scala confrontabile;**
- **calcolare i valori sintetici.**

Nel processo decisionale (*decision making*) è possibile identificare 3 diversi step:

1. **la formulazione di alternative o scenari;**
2. **La valutazione delle alternative, si concentra sulle conseguenze future, basandosi su uno o più criteri che possono essere eventualmente quantificati tramite indicatori;**
3. **la scelta, implica la selezione di un'opzione tra quelle considerate, basandosi sull'esito della valutazione condotta.**

Si può definire una decisione quando chi deve decidere si trova di fronte a diverse alternative tra cui scegliere. Lo studio delle decisioni può avvenire in due modi: descrittivo o normativo. Chi segue un approccio descrittivo cerca di comprendere come le decisioni vengono

effettivamente prese in vari contesti, mentre chi segue un approccio normativo cerca di determinare come le decisioni dovrebbero essere prese, basandosi su ideali di razionalità (come nella teoria economica delle decisioni).

Per prendere decisioni in modo razionale, chi decide deve essere consapevole delle opzioni disponibili e delle loro possibili conseguenze. Tuttavia, spesso chi decide non dispone di tutte le informazioni necessarie, potendo non conoscere tutte le opzioni o non essere in grado di prevedere tutte le conseguenze possibili. Inoltre, le conseguenze di una decisione dipendono non solo dalle azioni scelte, ma anche dalle condizioni del contesto in cui si svolge il processo decisionale, note come *stato di natura*.

Di conseguenza, una decisione è caratterizzata dall'azione scelta, dallo *stato di natura* e dalle conseguenze dell'azione (ovvero il risultato). A seconda del livello di conoscenza dello *stato di natura* da parte di chi decide, si possono distinguere diversi casi:

- decisioni in situazioni di certezza, quando il decisore è a conoscenza dello *stato di natura*;
- decisioni in situazioni di rischio, quando il decisore, sebbene non abbia una conoscenza diretta dello *stato di natura*, possiede una valutazione delle probabilità associate a ciascuna eventualità.
- decisioni in situazioni di incertezza, quando il decisore non ha conoscenza né dello *stato di natura* né delle probabilità associate ai vari stati possibili.

Nell'ambito aziendale, i processi per raggiungere una decisione ottimale non possono dipendere esclusivamente dall'analisi multicriterio; è essenziale considerare anche i processi aziendali coinvolti e, soprattutto, i dati derivanti da essi. Integrare l'analisi multicriterio in strumenti informatici di supporto decisionale, che includono database, modelli matematici, simulazioni aziendali e MCDA, può risultare vantaggioso. Questi strumenti, noti come Sistemi di Supporto alle Decisioni (DSS), offrono una vasta gamma di tecnologie per assistere il decisore nel processo decisionale. Il concetto di DSS è molto vasto e non c'è una definizione univoca. Keen (1980) sostiene che non sia possibile dare una definizione esatta che includa tutti gli aspetti di un DSS. Tuttavia, in letteratura, numerosi autori propongono definizioni sia concettuali che pratiche a livello tecnico. Secondo Finlay (1994) il DSS è «un sistema *computer-based* che aiuta il processo decisionale». Più precisamente per Turban (1995) il DSS è «un sistema informatico *computer-based* interattivo, flessibile e adattabile, sviluppato

principalmente per supportare la soluzione di un processo decisionale non strutturato…». Sprague e Carlson (1982), considerano i sistemi di supporto alle decisioni come «sistemi interattivi *computer-based* che aiutano il decisore ad utilizzare dati e modelli per risolvere problemi non strutturati». Per Power (1997) il DSS è un sistema informativo interattivo progettato per agevolare le attività decisionali, fornendo assistenza ai manager nell'individuare, sintetizzare e analizzare informazioni cruciali. Questo sistema accelera e facilita il processo decisionale e facilita la comunicazione e l'apprendimento delle decisioni. Infine, i modelli di ottimizzazione e simulazione sono riconosciuti come *reale* DSS.

In generale, un DSS agisce sia come un processo che come uno strumento per affrontare questioni troppo intricate per essere gestite completamente da una mente umana ma troppo qualitative per essere elaborate dai computer. La presenza di obiettivi multipli può rendere ancor più complesso il compito del decisore, soprattutto quando sono in conflitto tra loro. Come processo, un DSS rappresenta un approccio metodico per guidare decisori e *stakeholder* attraverso l'esplorazione di tutte le alternative possibili, la valutazione delle opzioni disponibili e l'identificazione della soluzione ottimale per risolvere il problema. Inoltre, come strumento, il DSS fornisce funzionalità per individuare alternative e mezzi per condurre un'analisi comparativa, stabilire precedenze ed effettuare scelte basate su criteri, obiettivi e vincoli specifici richiesti dall'utente.

Un approccio partecipativo in grado di coinvolgere gli utenti, i pianificatori e i decisori a tutti i livelli è considerato un elemento cruciale per il successo di un DSS. Infatti, spesso gli utenti non riescono a definire appieno i requisiti e le aspettative del processo decisionale fin dall'inizio; il loro coinvolgimento costante consente di valutare attentamente il problema e partecipare efficacemente alla sua risoluzione.

Un'interfaccia *user-friendly* rappresenta un'altra proprietà cruciale per il successo di un DSS, poiché le interfacce complesse scoraggiano l'utilizzo dei sistemi di supporto decisionale. Basandosi sugli strumenti o sui componenti che svolgono le funzioni principali all'interno di un DSS, Power (1997) ha classificato i sistemi di supporto decisionale, in: *communication-based*, *data-based*, *document-based*, *knowledge-based* e *model-based*. Nella realtà, le decisioni si sviluppano attraverso processi complessi che coinvolgono molteplici attori, ognuno con obiettivi e interessi divergenti. Il primo passo cruciale per lo sviluppo di un DSS efficace è

individuare il problema decisionale, comprendere il processo decisionale attuale e identificare gli *stakeholder*, le loro responsabilità, i loro interessi e i meccanismi legali e gestionali coinvolti, nonché i vincoli politici, istituzionali e socio-economici che influenzano il processo decisionale. Generalmente, il processo decisionale è strutturato in:

- opzioni di controllo, ossia azioni, strategie e/o regole che possono essere adottate per controllare il comportamento del sistema;
- criteri, utilizzati per valutate le prestazioni del sistema;
- obiettivi, che comprendono il tipo di ottimizzazione da applicare per ciascun criterio;
- vincoli, che sono soglie imposte per alcuni o tutti i criteri allo scopo di rendere le diverse alternative accettabili o raggiungibili.

I sistemi di supporto alle decisioni aiutano a scegliere la migliore opzione di controllo, bilanciando il rispetto dei vincoli con l'ottimizzazione degli obiettivi. La fase di definizione e progettazione di queste opzioni è fondamentale. Le variabili incontrollabili sono fattori esterni non influenzabili che impattano comunque sulle performance del sistema. Il fine ultimo del DSS è ottenere una decisione finale sensibile e robusta. I criteri di scelta si traducono in indicatori che misurano le performance del sistema in base alle diverse opzioni di controllo. Gli obiettivi da raggiungere sono associati ad alcuni indicatori, per i quali è necessario minimizzare o massimizzare il valore. I vincoli definiscono dei limiti minimi o massimi per gli indicatori e possono essere stabiliti da regole o esperienze precedenti sul problema, escludendo di conseguenza le alternative che non possono essere accettate. Le variabili aggiuntive, non considerate criteri di scelta ma comunque importanti per il decisore, sono definite come variabili interne. I vincoli fisici e pratici del sistema si gestiscono con l'introduzione di valori soglia, sia per le variabili controllabili che per quelle non controllabili. Questo processo consente di generare un set di possibili opzioni di controllo per il sistema, variando i valori delle variabili di controllo. Ciascuna opzione di controllo determina una specifica risposta del sistema, che viene sintetizzata e misurata attraverso gli indicatori. Le risposte o le performance del sistema vengono esaminate, valutate e confrontate utilizzando strumenti di analisi multicriterio per ottenere un *ranking* finale delle alternative e, eventualmente, selezionare l'alternativa preferita come soluzione del processo decisionale. È importante evidenziare che i criteri multipli e conflittuali necessitano l'introduzione di pesi,

che possono essere assegnati sia direttamente che indirettamente, per consentire un confronto univoco tra i criteri stessi. Questi pesi definiscono l'importanza relativa dei vari criteri rispetto alla funzione obiettivo, consentendo una valutazione differenziata di ciascun criterio. Dopo aver identificato e strutturato il problema decisionale in termini di azioni di controllo, criteri, obiettivi e vincoli, i pilastri fondamentali di tale processo comprendono la formalizzazione delle aspettative, la valutazione delle alternative possibili e la selezione della soluzione (possibilmente ottimale) dall'insieme di alternative precedentemente individuate. Quest'ultimo step può essere affrontato mediante l'applicazione dell'analisi multicriterio.

Gli esiti di una valutazione, in un dato contesto decisionale possono essere espressi attraverso la seguente funzione valutativa:

$$V = f(O, C, A)$$

In cui O rappresenta gli obiettivi, C i criteri, ed A le alternative.

I criteri rappresentano l'operazionalizzazione degli obiettivi, cioè il modo di esprimere gli obiettivi in termini misurabili per poter confrontare le alternative tra loro. La creazione di un criterio richiede la precisa definizione di tre elementi:

- semantica: la chiara definizione del significato del criterio;
- metrica: il metodo utilizzato per misurare il criterio;
- funzione di risposta del criterio: come il criterio reagisce nel giudicare le alternative.

Per essere considerata una *famiglia*, un insieme di criteri in una valutazione deve soddisfare alcuni requisiti:

1. esaustività: tutti gli obiettivi devono essere rappresentati e tradotti in criteri operativi, non ci devono essere aspetti rilevanti non coperti dai criteri;
2. non ridondanza**:** i criteri non devono sovrapporsi o avere lo stesso significato, ciascuno deve aggiungere informazioni uniche e non replicare quanto già espresso da altri.

In numerosi metodi di analisi multicriterio, il cuore del processo è rappresentato dalla matrice di valutazione. Questa matrice consente di valutare diverse alternative, che sono elencate nelle righe, in base a vari obiettivi o criteri, disposti nelle colonne. La Tabella 1 riporta una matrice di valutazione delle alternative A1 e A2 basata su tre criteri, C1, C2 e C3.

Tabella 1 – Matrice di valutazione delle alternative

	C1	C2	C3
A1	0.4	30	…
A2	0.5	65	…

L'assegnazione dei pesi agli obiettivi è un passo fondamentale nell'analisi multicriterio. I pesi, infatti, riflettono l'importanza relativa di ciascun obiettivo nel processo decisionale. In pratica, è comune assumere che i termini *priorità* e *peso* siano sinonimi. Esistono diverse tecniche per assegnare i pesi, alcune semplici e altre più complesse; quelle più semplici e diffuse sono: l'assegnazione diretta e la tecnica del confronto a coppie.

Le tecniche più complesse si basano sull'ordine di priorità degli obiettivi, anche se incompleto. Queste tecniche includono:

1. Valore atteso: si calcola la media ponderata dei valori degli obiettivi, dove i pesi sono le probabilità che ciascun obiettivo sia il più importante.
2. Valore estremo: si considera il valore del miglior obiettivo o del peggior obiettivo, a seconda del caso.
3. Pesi casuali: si assegnano pesi casuali agli obiettivi e si ripete l'analisi multicriterio più volte. I risultati di queste analisi vengono poi utilizzati per calcolare i pesi finali.

In tutti questi metodi, il decisore non fornisce valutazioni quantitative sull'importanza di un criterio rispetto ad un altro, ma indica semplicemente l'ordine di importanza, assumendo che la somma dei pesi sia normalizzata a uno. Nell'*assegnazione diretta*, si attribuisce un peso o un giudizio a un criterio o obiettivo, seguendo una scala di valutazione definita precedentemente. Nella *tecnica del confronto a coppie*, ogni criterio o obiettivo viene confrontato con tutti gli altri. I risultati di questi confronti vengono riportati in una matrice quadrata, chiamata matrice dei confronti a coppie che è sempre positiva, ossia tutti i valori sono numeri positivi, e reciproca per cui per ogni coppia di criteri (A e B), il valore nella matrice che confronta A con B è l'inverso del valore che confronta B con A. Questa reciprocità rende la matrice simmetrica rispetto alla diagonale principale.

La Tabella 2 mostra un esempio di matrice dei confronti a coppie.

Tabella 2 - Matrice dei confronti a coppie

	C1	C2	C3
C1	1	6	¼
C2	1/6	1	3
C3	4	1/3	1

Successivamente, tali valori vengono aggregati in un vettore finale di pesi relativi a ciascun criterio o obiettivo. Al fine di verificare l'accuratezza della valutazione degli obiettivi del problema, è possibile effettuare un'*analisi di sensitività*. Esistono tre principali tipologie di analisi di sensitività:

1) Sensitività sul metodo: viene applicato un metodo di standardizzazione dei dati diverso e, quando possibile, un metodo di calcolo dei punteggi finali differente. Questo serve a controllare l'impatto dei risultati dovuto al metodo di calcolo utilizzato.
2) Sensitività sui criteri: si assicura la validità dello schema adottato aggiungendo o rimuovendo alcuni criteri decisionali.
3) Sensitività sui pesi (la più comune): i giudizi relativi all'importanza di alcuni criteri vengono modificati per valutare l'influenza di ciascun fattore sulla decisione finale.

3. Il processo decisionale

Il processo decisionale può avvenire automaticamente, ossia senza esplicitare l'opportunità stessa di prendere una decisione. Questo ci porta al primo elemento di una definizione del processo decisionale: la presenza di almeno due alternative tra cui scegliere. Se c'è una sola opzione disponibile, non si configura una vera decisione, poiché non c'è nulla da decidere. Pertanto, non avendo alternative, si procede automaticamente con l'unica azione possibile.

Da ciò possiamo dedurre che il processo decisionale implica la scelta tra azioni alternative. Un processo decisionale razionale è complesso e coinvolge diversi elementi essenziali, che possiamo delineare in otto passaggi:

- Identificazione del problema.

- Definizione degli obiettivi.
- Raccolta dei dati pertinenti.
- Identificazione delle alternative praticabili.
- Selezione del criterio per la valutazione dell'alternativa migliore.
- Costruzione del modello (stabilire le relazioni tra l'obiettivo, le alternative, i dati raccolti e il criterio di valutazione).
- Stima dei risultati previsti di ciascuna alternativa.
- Scelta dell'alternativa migliore con riferimento all'obiettivo dato.

Ogni processo decisionale razionale parte dal riconoscimento dell'esistenza di un problema da affrontare. È solo quando si identifica chiaramente un problema che può iniziare in modo razionale la ricerca di una soluzione. Spesso, il riconoscimento di un problema è immediato e evidente: un incidente d'auto, un assegno scoperto, un motore che si surriscalda o una fornitura di componenti difettosi sono tutte situazioni che richiamano immediatamente l'attenzione sul problema. Una volta che ci rendiamo conto della sua presenza, possiamo intraprendere azioni mirate per risolverlo nel modo più efficace possibile.

In un certo senso, ogni problema rappresenta una situazione che ostacola il raggiungimento di obiettivi stabiliti in precedenza. Ad esempio, se l'obiettivo di un individuo è vivere una vita piacevole e soddisfacente, qualsiasi circostanza che interferisca con questo obiettivo è considerata un problema. Allo stesso modo, in un contesto *business*, se l'obiettivo di un'impresa è generare profitto, i problemi sono quelle situazioni che impediscono all'azienda di conseguire i suoi obiettivi di redditività. Non tutti gli obiettivi devono essere ampi e generali. È possibile avere anche obiettivi più circoscritti e specifici, come ad esempio: «Restituire entro giugno il finanziamento ottenuto per comperare la mia automobile» oppure «Lo stabilimento industriale deve produrre 10.000 mazze da golf entro due mesi». Questi obiettivi sono più focalizzati e permettono di concentrarsi su un risultato preciso e misurabile. Definire un obiettivo significa descrivere in modo chiaro e conciso ciò che si vuole raggiungere. Inoltre, un obiettivo ben definito deve essere specifico, misurabile, raggiungibile, ossia realistico e possibile da raggiungere, rilevante e tempestivo con scadenza precisa.

Per prendere decisioni adeguate, è essenziale acquisire informazioni appropriate. Tuttavia, la crescente quantità di dati pubblicati rende la raccolta delle informazioni più impegnativa.

Oltre ai dati ufficiali, esiste un vasto patrimonio di conoscenze informali e esperienze personali che possono essere altrettanto preziosi. Allo stesso tempo, esistono informazioni ancora non documentate che possono richiedere ricerche specifiche per essere ottenute. La sfida principale risiede nel discernere tra questa vastità di informazioni quale sia veramente rilevante per il processo decisionale in questione. Questa selezione può essere un compito arduo, poiché potrebbe non essere immediatamente chiaro quali dati siano cruciali e quali siano meno significativi. La vasta disponibilità di dati aggiunge un ulteriore livello di complessità a questo compito: alcuni dati sono facilmente accessibili e a basso costo in forma pubblicata, mentre altri possono essere ottenuti consultando esperti nel campo. Altri ancora richiedono ricerche specifiche o raccolte di dati personalizzate, che possono essere costose e richiedere molto tempo. Queste ultime modalità di raccolta delle informazioni possono rappresentare un costo significativo e richiedere notevoli risorse. Pertanto, nell'operare la selezione dei dati pertinenti, l'analista deve spesso valutare attentamente se il valore aggiunto di una particolare informazione giustifichi il suo costo. Questo processo rappresenta un ulteriore ostacolo nel processo decisionale razionale, in cui la raccolta dei dati rilevanti è spesso una delle fasi più complesse e delicate.

Perché il processo decisionale sia efficace, è essenziale avere a disposizione diverse alternative di azione. Di solito, si possono individuare diversi percorsi potenziali per raggiungere un determinato obiettivo. Tuttavia, esiste sempre il rischio di trascurare l'opzione migliore assoluta. Se questo accade, ci troviamo in una situazione in cui possiamo selezionare la migliore tra le alternative identificate, ma il risultato potrebbe non rappresentare la soluzione ottimale. Non è possibile garantire che l'alternativa migliore sia inclusa tra quelle prese in considerazione; pertanto, è importante assicurarsi di esplorare tutte le soluzioni *convenzionali* e poi sforzarsi di proporre idee innovative. A volte, potrebbe risultare vantaggioso ricorrere a una sessione di *brainstorming*, in cui un gruppo di persone esamina alternative possibili in un ambiente creativo e innovativo. Tuttavia, è importante notare che non tutte le alternative discusse sono necessariamente praticabili. Pertanto, sarebbe poco utile analizzare dettagliatamente le opzioni che non possono essere effettivamente adottate. Un'alternativa potrebbe risultare impraticabile per diverse ragioni, ad esempio se contravviene a principi scientifici fondamentali o se non può essere attuata entro i tempi

richiesti dagli obiettivi stabiliti. Dopo aver eliminato le opzioni non fattibili, sarà necessario esaminare con attenzione le alternative rimanenti che risultano praticabili.

La parte essenziale di un processo decisionale consiste nella selezione tra diverse alternative disponibili. Logicamente, l'obiettivo è scegliere l'opzione ottimale, ma questo può avvenire solo dopo aver definito cosa intendiamo con *migliore*. È fondamentale stabilire criteri specifici o un insieme di criteri per valutare quale alternativa si adatti meglio alle nostre esigenze. È importante riconoscere che il concetto di *migliore* è relativo e si colloca su un *continuum* che può includere i seguenti termini:

- peggiore;
- cattivo;
- sufficiente;
- buono;
- più che buono;
- migliore.

Spesso ci troviamo di fronte a due alternative spiacevoli, nessuna delle quali è desiderabile in assoluto. In questi casi, la scelta ricade sull'opzione relativamente più preferibile. Prendiamo ad esempio un automobilista multato per eccesso di velocità; il giudice gli offre due alternative: una sanzione di € 200 o due giorni di galera. In termini assoluti, nessuna delle due opzioni è allettante. Tuttavia, in senso relativo, l'automobilista sceglierà la pena che ritiene meno spiacevole. In questo caso, si applica il famoso detto «trarre il meglio da una brutta situazione». Esistono diversi modi per valutare le alternative in tali situazioni, alcuni criteri da considerare includono:

- Limitare i danni all'ambiente.
- Migliorare la distribuzione del benessere tra la popolazione.
- Utilizzare le risorse in modo efficiente.
- Ridurre le spese.
- Garantire che i benefici per alcuni, superino le perdite per altri (criterio Kaldor).
- Minimizzare il tempo per raggiungere un obiettivo.
- Ridurre la disoccupazione.

La scelta dell'alternativa migliore dipenderà dai criteri specifici che si considerano più importanti. In alcuni casi, potrebbe essere necessario utilizzare un metodo di analisi multicriterio per ponderare i diversi criteri e ottenere una decisione più precisa.

La scelta del criterio per selezionare l'alternativa migliore potrebbe essere complessa. Se applichiamo i sette criteri menzionati in una situazione in cui ci sono diverse alternative, è ragionevole ritenere che criteri differenti conducano a decisioni differenti. Per esempio, potrebbe risultare impossibile ridurre contemporaneamente la disoccupazione e tagliare le spese. Il disaccordo tra lavoratori e dirigenti durante le trattative salariali e sulle condizioni di lavoro spesso deriva proprio dalla scelta di criteri diversi per selezionare l'alternativa migliore. In una fase cruciale del processo decisionale, è essenziale unire insieme l'obiettivo, i dati pertinenti, le alternative praticabili e il criterio di selezione. Le relazioni tra questi elementi possono essere intricate e complesse, specialmente quando si cerca, per esempio, di valutare l'impatto di una decisione di politica interna sulla pace mondiale. Esplicitare tali relazioni in modo significativo può rappresentare una sfida.

D'altra parte, quando affrontiamo problemi di complessità intermedia, come la decisione di richiedere un prestito per acquistare un'automobile, emergono relazioni matematiche tra variabili chiave come l'importo del prestito, il tasso di interesse, la durata e i pagamenti mensili. L'identificazione di queste relazioni è chiamata *costruzione del modello*. Per un ingegnere, la modellazione può assumere due forme: creazione di una rappresentazione fisica in scala dell'oggetto o del sistema; elaborazione di un'equazione matematica o di un insieme di equazioni che descrivono le relazioni desiderate. Nelle decisioni economiche, il modello solitamente adottato è di natura matematica, mentre i modelli fisici sono più utilizzati in contesti di laboratorio. Nella fase di modellizzazione, è fondamentale includere solo la parte del sistema importante per il caso in esame. Ad esempio, per analizzare la capacità di un'aula in termini di studenti, potremmo utilizzare un modello matematico semplice come:

Capacità = lunghezza x larghezza/fattore di riempimento

In questo caso, la lunghezza e la larghezza dell'aula sono variabili chiave, mentre lil fattore di riempimento ossia la superficie occupata da uno studente è un parametro costante. La modellazione matematica ci permette quindi di semplificare la realtà e di concentrarci sugli

aspetti essenziali per la nostra analisi. Tuttavia, in altre situazioni, potrebbero essere necessari modelli matematici molto più complessi.

Il modello sviluppato serve a stimare anticipatamente i risultati di ciascuna alternativa praticabile. Come accennato in precedenza, ogni alternativa può generare una serie di esiti differenti. Ad esempio, scegliere di utilizzare un ciclomotore anziché una bicicletta potrebbe soddisfare il mio benzinaio, ma allo stesso tempo infastidire i miei vicini e aumentare l'inquinamento ambientale, oltre a pesare sul mio portafoglio.

Per semplificare, consideriamo un processo decisionale basato su un unico criterio per valutare le diverse alternative. In questo caso, ignoriamo le altre conseguenze o risultati e ci concentriamo solo sul criterio selezionato.

Utilizzando il modello matematico, calcoliamo per ogni alternativa il valore dell'indicatore che rappresenta il criterio scelto. In questo modo, otteniamo una valutazione numerica di ciascuna opzione, che ci permette di confrontarle e di scegliere quella più vantaggiosa.

Una volta completati i sette passaggi del processo decisionale, l'ultimo step è la selezione dell'alternativa ottimale. Se tutti gli altri passaggi del processo sono stati eseguiti accuratamente, possiamo scegliere l'alternativa migliore (ovvero quella che meglio soddisfa il criterio di selezione adottato) con una certa fiducia che sia effettivamente la soluzione più adatta per il problema specifico.

È noto che il processo decisionale inizia con il riconoscimento di un problema. Da quel momento, non esiste una sequenza rigida da seguire per giungere alla scelta ottimale. I problemi raramente si risolvono con un approccio sequenziale: spesso è difficile o impossibile completare un passo senza considerare l'impatto sugli altri. La raccolta di dati può suggerire alternative attuabili, ma a volte è necessario acquisire ulteriori informazioni per identificarle tutte. In altre parole, il processo decisionale è un ciclo iterativo in cui la raccolta di informazioni, la valutazione delle alternative e la scelta finale si influenzano a vicenda. È importante essere flessibili e pronti ad adattare il proprio approccio in base all'evolversi della situazione.

Dopo aver esaminato la struttura di un processo decisionale, diviene pertinente considerare quando e da chi viene effettivamente presa una decisione. Chiunque completi tutti i passaggi di un processo decisionale può essere considerato il decisore. Tuttavia, il momento esatto in

cui la decisione viene presa è meno definito. Potrebbe sembrare che la scelta delle alternative praticabili sia il punto cruciale, in quanto il resto dell'analisi dovrebbe portare alla scelta finale. In realtà, il modo in cui viene condotto il processo decisionale può influenzare drasticamente o addirittura predeterminare la scelta stessa. Pertanto, è importante prestare attenzione a tutti i passaggi del processo decisionale, non solo al momento in cui viene scelta l'alternativa finale, poiché il modo in cui si conduce il processo può avere un impatto significativo sulla qualità della decisione.

4. I metodi MCA e MCDA

Il metodo di analisi multicriterio (MCA) è un insieme di strumenti quantitativi utilizzati per valutare alternative caratterizzate da multipli e conflittuali criteri. Esistono diverse varianti di approcci classificati sotto l'ampio termine di analisi multicriterio, tutti condividono alcuni elementi fondamentali. Questi includono un insieme finito di azioni (come alternative o soluzioni), almeno due criteri di valutazione e almeno un decisore coinvolto nel processo decisionale. La MCA è un'attività progettata per assistere nella presa di decisioni, spesso focalizzandosi sulla scelta, il *ranking* o l'ordinamento delle azioni in base ai criteri stabiliti. Gli elementi basilari della MCA comprendono:

- la finalità o l'insieme di obiettivi da perseguire;
- i decisori che sono gli attori interessati alla valutazione delle alternative e alla scelta;
- le alternative stesse che sono oggetto della valutazione;
- i criteri che rappresentano i fattori di valutazione delle alternative;
- le preferenze che riflettono l'importanza attribuita a ciascun criterio.

È importante sottolineare che un metodo di valutazione delle alternative non fornisce una soluzione definitiva attraverso un algoritmo predefinito, ma piuttosto guida il decisore attraverso un'analisi sistematica delle opzioni disponibili. Alla fine, la responsabilità della decisione rimane completamente nelle mani del decisore.

Negli ultimi trent'anni, i metodi MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) hanno subito un notevole sviluppo, dando vita a una vasta gamma di metodologie e strumenti correlati. Questo ha reso necessario confrontare i diversi approcci MCDA al fine di individuare quelli più appropriati per il problema decisionale specifico. Numerosi ricercatori hanno evidenziato

l'importanza di creare una tassonomia dei metodi MCDA, che funga da punto di partenza per il processo di selezione. Esistono diverse tassonomie basate su criteri diversi, tra cui:

- Il numero di alternative considerate: distribuzione discreta vs. distribuzione continua delle alternative.
- Il livello di informazioni sui criteri di misurazione: qualitativo vs. quantitativo e il grado di incertezza associato.
- I metodi utilizzati per costruire il modello di preferenza: approccio matematico all'analisi decisionale vs. approccio di intelligenza artificiale.
- Le modalità di aggregazione dei criteri: completa, parziale o locale.
- Il grado di compensazione tra i criteri.
- La natura descrittiva, prescrittiva, costruttiva o normativa del processo decisionale.

L'utilizzo di una tassonomia aiuta a organizzare e comprendere la vasta gamma di metodi MCDA disponibili, consentendo ai decisori di selezionare il metodo più adatto alle loro esigenze.

Una delle tassonomie più complete è stata sviluppata da Hwang e Yoon nel 1981 che genera la distinzione tra metodi di *Multiple-Objective Decision-Making* (MODM) – Metodi decisionali multi-obiettivo - e quelli *Multiple-Attribute Decision-Making* (MADM) – Multi-attributo decisionale - nell'ambito del MCDA.

I metodi MODM si rivelano strumenti eccezionali per gestire situazioni complesse che richiedono la valutazione di un'ampia gamma di alternative. La loro forza risiede nell'utilizzo di modelli di programmazione matematica multi-obiettivo, i quali permettono di ottimizzare contemporaneamente una serie di obiettivi, tenendo conto di eventuali vincoli. In questo modo, è possibile identificare la soluzione che meglio soddisfa le esigenze del problema decisionale in esame. D'altra parte, i metodi MADM sono utilizzati quando il numero di alternative è limitato e si devono valutare più attributi conflittuali. Questi metodi si basano sull'aggregazione delle valutazioni per ciascun criterio e alternativa, con l'obiettivo di posizionare le alternative secondo le preferenze del decisore. L'Analisi *Multicriteria Decisional Approach*, come comunemente usata in molti studi pubblicati, si riferisce principalmente a MADM, soprattutto a causa della vasta gamma di metodi che appartengono a questa categoria. Infatti, una revisione della letteratura degli ultimi 30 anni ha evidenziato un

aumento significativo di nuovi metodi MADM e di approcci ibridi, contribuendo così a una notevole diversità di tassonomie. Tuttavia, è possibile sintetizzare la maggior parte dei metodi MADM più utilizzati in una delle tre seguenti categorie:

- metodi *multi-attribute utility* (utilità multi-attributo);
- metodi *outranking*;
- metodi misti.

Questi approcci si fondano principalmente sulla teoria dell'utilità multi-attributo, la quale si origina dalla dottrina filosofica dell'utilitarismo. Quando la decisione viene presa in condizioni in cui gli attributi sono noti e certi (approccio deterministico), il termine *utilità* è sostituito con *valore* (Metodo di Analisi dei Valori Multi-Attributo - MAVT). Il metodo MAUT prevede tre fasi principali:

- normalizzazione e valutazione delle prestazioni di ogni alternativa in termini di utilità;
- identificazione dei pesi che rappresentano le priorità del decisore per ciascun criterio in modo statistico;
- aggregazione delle valutazioni (basata su metodi additivi, moltiplicativi o altri formalismi distributivi) e classificazione delle alternative in base ai risultati aggregati.

L'*Analytic Hierarchy Process* (AHP) – Processo analitico gerarchico – sviluppato da Saaty nel 1980, rappresenta un altro approccio che, pur condividendo i principi del MAUT, si distingue per il modo in cui affronta il problema decisionale. L'AHP è strutturato in quattro fasi fondamentali:

- Suddivisione del problema complesso in una gerarchia, dove ogni livello rappresenta specifici elementi. L'obiettivo primario della decisione è situato al vertice della gerarchia, mentre criteri, sotto-criteri e alternative decisionali sono disposti nei vari livelli della gerarchia.
- Confronto a coppie tra tutti gli elementi allo stesso livello, utilizzando un metodo di conversione verbale e valutazione soggettiva per attribuire punteggi o pesi. La conversione avviene in base alle risposte fornite dal *decision-maker* a domande come ad esempio: quanto è importante il criterio A rispetto al criterio B? Le risposte vengono quindi convertite in punteggi da 1 a 9. Tutti i confronti a coppie tra gli obiettivi individuali vengono utilizzati per creare una matrice di confronto a coppie.

- Verifica della consistenza della matrice e delle priorità derivanti da essa.
- Aggregazione di criteri, attraverso un metodo additivo o funzione di utilità moltiplicativa.

I metodi *outranking* si basano sulla teoria della scelta sociale, un campo di studi che si occupa di aggregare le preferenze individuali per arrivare a decisioni collettive. Sebbene manchino delle basi assiomatiche come nei metodi di attributo *multi-utility*, i metodi *outranking* si dimostrano utili nell'applicazione pratica. Il concetto di *outranking* è stato originariamente sviluppato da Roy nel 1985 ed implica un confronto diretto tra tutte le possibili coppie di opzioni considerate per stabilire relazioni binarie, come ad esempio: se l'alternativa A è almeno altrettanto valida quanto l'alternativa B. Le procedure di *outranking* si articolano in due fasi:

- FASE 1: I decisori forniscono inizialmente informazioni sulle loro preferenze per i singoli criteri, esprimendole attraverso indifferenza e soglie di preferenza.
- FASE 2: Successivamente, vengono calcolati i rapporti binari parziali per tutti i criteri, considerando le preferenze tra criteri espresse in termini di coefficienti che indicano l'importanza relativa. A differenza dei metodi MAUT, i coefficienti non riflettono un compromesso tra i criteri, ma servono a combinare i rapporti di preferenza.

Il Metodo ELECTRE (*élimination et choix traduisant la réalité*, ovvero eliminazione e scelta traducendo la realtà) è stato pioniere nell'utilizzo dell'approccio outranking. Questo metodo ha dato origine a diverse versioni, tra cui ELECTRE I, II, III, IV, IS e tri, ciascuna con caratteristiche specifiche per adattarsi a contesti decisionali differenti. Inoltre, sono stati sviluppati anche altri approcci, come i metodi PROMETHEE (*preference ranking organization method for enrichment evaluations*, ovvero metodo di organizzazione della classifica di preferenza per le valutazioni di arricchimento), che offrono alternative valide per la valutazione e la classificazione delle opzioni decisionali. L'ampia gamma di approcci disponibili riflette la complessità dei problemi decisionali reali e la diversità delle esigenze dei decisori. Ogni metodo ha le proprie peculiarità e limitazioni, e la scelta del metodo più appropriato dipende dalla natura del problema, dalle preferenze del decisore e dalle risorse disponibili. La ricerca continua nel campo dell'analisi decisionale mira a sviluppare e

migliorare ulteriormente i metodi esistenti, nonché a introdurre nuove tecniche per affrontare sfide emergenti e complessità crescenti nei processi decisionali.

5. Le diverse tipologie di metodi misti

I metodi misti nell'ambito dell'analisi decisionale multicriterio (MCDA) rappresentano un insieme di approcci che non si collocano esclusivamente né nei metodi *multi-attribute utility* né negli approcci *outranking*. Questi metodi non hanno una definizione uniforme all'interno della comunità MCDA, ma condividono la capacità di gestire informazioni eterogenee, sia qualitative che quantitative, e di applicare modelli di preferenza differenti rispetto a quelli tradizionalmente utilizzati.

Un primo gruppo significativo di metodi MADM, che rientra nella categoria dei metodi misti, è costituito dagli approcci *outranking* che trattano informazioni di natura mista o qualitativa. Questo gruppo include diverse varianti, come i metodi QUALIFLEX, REGIME, ORESTE, ARGUS, EVAMIX, TACTIC e MELCHIOR.

Questi approcci si distinguono per la loro capacità di gestire criteri eterogenei, consentendo ai decisori di valutare e confrontare opzioni decisionali che possono essere descritte da una combinazione di informazioni qualitative e quantitative. La varietà di metodi disponibili riflette la complessità dei problemi decisionali reali e offre agli utenti una gamma di strumenti per affrontare le sfide specifiche dei loro contesti decisionali. La ricerca continua nel campo dell'analisi decisionale multicriterio mira a sviluppare e affinare ulteriormente questi metodi misti per migliorare la capacità dei decisori di affrontare la complessità e l'eterogeneità delle decisioni reali.

Un secondo insieme di approcci decisionali, denominati *expert systems*, comprende metodi come MAPPAC, PRAGMA, IDRA e PACMAN. Queste metodologie sono state inizialmente sviluppate per affrontare situazioni complesse che non possono essere gestite efficacemente tramite i modelli di preferenza fondati sulle tecniche matematiche convenzionali, come le medie, le somme o i modelli di ponderazione. In questi approcci, il modello di preferenza si può costruire apprendendo dagli esempi. La preferenza globale è determinata selezionando gli oggetti di interesse in categorie predefinite (ad esempio, accettazione o rifiuto) utilizzando una serie di affermazioni logiche, tipicamente espresse con la logica *if/then* e organizzate

comunemente in alberi decisionali o tabelle di decisione. Tali regole decisionali vengono formulate in base alla conoscenza reale o euristica degli esperti, ottenuta da interviste, letteratura e/o attraverso l'utilizzo di strumenti di *data-mining* e acquisizione di conoscenza.

Il metodo QUALIFLEX, sviluppato da Legrèze nel 1978, è una procedura metrica che si basa sulla valutazione di tutte le possibili permutazioni di rango per le alternative considerate, valutate sotto ciascun criterio. Questo metodo si avvale della regola di Kemeny e Snell e utilizza matrici di impatto e indicatori di concordanza per effettuare confronti a coppie tra le alternative.

REGIME, introdotto nel 1990, è un metodo MCDA che si avvale di confronti a coppie e analisi di concordanza. La matrice REGIME permette di classificare le alternative tramite confronti multicriteriali a coppie utilizzando valori di concordanza, discordanza e indifferenza.

Il metodo ORESTE, sviluppato nel 1982, determina il *ranking* complessivo delle alternative dopo aver stabilito i *ranking* parziali sia per le alternative che per i criteri. Questa metodologia prevede tre fasi: la prima consiste nella proiezione della matrice di posizione con indicazioni numeriche sulle relazioni di preferenza, indifferenza e non comparabilità; la seconda fase riguarda il *ranking* delle proiezioni; infine, la terza fase comprende l'aggregazione delle proiezioni e il *ranking* complessivo per ciascuna alternativa.

Il metodo ARGUS (1984) è un approccio di analisi multicriteriale decisionale che valuta i criteri su una scala qualitativa ordinale a 5 livelli. Le alternative possono essere valutate su scale qualitative ordinali o quantitative (intervalli o rapporti). Il processo di creazione della matrice di preferenza e il metodo di sintesi per il *ranking* globale dipendono dal tipo di scala utilizzata.

Il metodo EVAMIX, ideato nel 1983, è una generalizzazione dell'analisi di concordanza multicriteriale. Attraverso il confronto a coppie tra le alternative, vengono determinati indici di concordanza e discordanza. Il *ranking* globale delle alternative è ottenuto combinando tali indici, aggregati per i criteri quantitativi espressi su scala cardinale e per quelli qualitativi su scala ordinale.

Il metodo TACTIC, introdotto nel 1998, si avvale dei concetti di vero criterio e pseudo criterio con soglia per definire relazioni binarie di *outranking*. La condizione di concordanza

stabilisce la presenza della relazione di preferenza tra le alternative quando si applicano i veri criteri, mentre la condizione di concordanza e di non veto determina la presenza della relazione di preferenza quando si usano i pseudo criteri.

MELCHIOR (1988) è una tecnica MCDA che utilizza pseudo criteri con soglie di preferenza e indifferenza. Non assegna pesi ai criteri, basandosi su relazioni binarie che li considerano tutti ugualmente importanti. Tuttavia, suggerisce un confronto per identificare discordanze o veti. Un criterio è favorevole all'*outranking* se mostra una preferenza netta su un altro, sfavorevole. L'analisi di concordanza identifica relazioni nascoste tra i criteri.

Il metodo MAPPAC, introdotto nel 1990, costituisce un approccio MCDA fondato sui principi degli *expert systems*, che consente di valutare situazioni complesse attraverso l'apprendimento per esempi, utilizzando la metodologia *Pairwise Criterion Comparison Approach* (PCCA). Questo metodo si basa sul concetto di relazioni di dominanza, caratterizzate da indici di credibilità *fuzzy* compresi in un intervallo specifico.

PRAGMA (*Preferences Ranking Global frequencies in Multicriteria Analysis*), ideato nel 1988, adotta anch'esso la metodologia PCCA. La sua flessibilità gli consente di utilizzare indici di preferenza per fornire informazioni specifiche a supporto delle decisioni, senza ricorrere a relazioni binarie. PRAGMA fa uso di frequenze parziali e globali valutate in base alla differenza, normalizzata e ponderata, delle valutazioni rispetto ai criteri.

IDRA (*Intercriteria Decision Rule Approach*), noto anche come metodo di Laplace, è stato sviluppato nel 1997 ed è un'applicazione della metodologia PCCA. Questo metodo enfatizza i concetti di coerenza di giudizio e coerenza metodologica, collegati rispettivamente all'importanza relativa delle informazioni fornite dal decisore e alle informazioni teoriche di natura assiomatica. IDRA facilita il *trade-off* e i confronti tra criteri per ottenere indici di preferenza di base e globali.

Il metodo PACMAN (*Passive and Active Compensability Multicriteria Analysis*), introdotto nel 1998, si basa sul concetto di compensazione tra coppie di criteri per una classificazione teorica basata sui giudizi del decisore. Questo approccio opera attraverso tre fasi: prima, analizza la compensabilità per modellare i criteri; successivamente, valuta il grado di preferenza attiva e passiva di ciascuna alternativa utilizzando un indice binario; infine,

determina le relazioni binarie di preferenza rigorosa, preferenza debole o indifferenza per ciascuna coppia di alternative.

Il metodo Martel e Zara è un approccio *outranking* per la gestione dei problemi di MCDA che coinvolgono dati non deterministici. Questo metodo associa una distribuzione di probabilità a ciascuna alternativa per ogni criterio e definisce la dominanza stocastica delle alternative attraverso confronti a coppie di queste distribuzioni. I criteri sono considerati indipendenti e soggetti a un'analisi di concordanza/discordanza. Tale metodologia può determinare situazioni chiare e non chiare in base al soddisfacimento delle condizioni teoriche di dominanza stocastica.

6. Considerazioni conclusive

Per molto tempo, l'ottimizzazione lineare a singolo criterio ha rappresentato il metodo risolutivo d'elezione per i problemi decisionali in ambito gestionale. Questo approccio matematico mirava a individuare la soluzione ottima, sia essa un massimo o un minimo, per problemi caratterizzati da un unico obiettivo e vincoli lineari. Attraverso tali tecniche, era possibile esplicitare e quantificare l'obiettivo, definire con precisione ogni elemento del problema e applicare la programmazione lineare. Il risultato era un modello razionale della realtà che offriva la soluzione migliore possibile per la funzione da minimizzare o massimizzare.

Tuttavia, la realtà gestionale è spesso più complessa, con molteplici obiettivi che possono entrare in conflitto tra loro. In questi casi, si rende necessario l'utilizzo dell'analisi multicriterio (MCDM), che consente di confrontare e ordinare le alternative in base a dati relativi a differenti e, a volte, contrastanti obiettivi. A differenza delle tecniche tradizionali di ricerca operativa, gli approcci multicriterio non forniscono soluzioni *oggettivamente ottime*.

L'obiettivo dell'analisi multicriterio è di supportare il decisore nel raggiungimento di un compromesso accettabile tra i diversi obiettivi perseguiti. Innanzitutto, gli obiettivi del decisore devono essere trasformati in criteri che permettano di valutare le diverse alternative presenti nel problema. Questa fase è di fondamentale importanza, in quanto è necessario evitare di specificare obiettivi e criteri con differenti livelli di dettaglio, in modo da non influenzare implicitamente i risultati dell'analisi. I criteri possono essere variabili

quantitative o qualitative che misurano le prestazioni e gli impatti delle alternative considerate.

In conclusione, è importante sottolineare che individuare un'alternativa che risulti essere la migliore in assoluto in relazione ad ogni criterio considerato è un'impresa estremamente difficile. L'analisi multicriterio fornisce al decisore un quadro completo e strutturato per la valutazione delle diverse alternative, supportandolo nella scelta di una soluzione che tenga conto di tutti gli obiettivi in gioco e che sia, di conseguenza, più vicina alle sue reali esigenze.

7. Bibliografia

Casini M., Mocenni C., Paoletti S., Pranzo M. (2007) *Model-based decision support for integrated management and control of coastal lagoons*, in Proc. European Control Conference, Kos, Greece.

Figueira J., Greco S., Ehrgott M. (2005), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, International Series in Operations Research and Management Science, vol. 78, Springer-Verlag, Boston, MA.

Finlay P.N. (1994), *Introducing Decision Support Systems*, Blackwell Publishers, Cambridge Mass., USA.

Giovannoni E. (2008), *La misurazione dei risultati aziendali tra redditività e valorialità*, Knowità Editore, Arezzo.

Hwang C.L. and Yoon K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, New York.

Keen P.G.W. (1980), *Adaptive Design for Decision Support System*, Data Base, vol. 12, n. 1-2, pp. 15-25.

Latora, A.G. (2018), *Value-analytic hierarchy process. Una metodologia quali-quantitativa di multiple criteria decision analysis a supporto dei processi di procurement*, Casa Editrice Universitas Studiorum, Mantova.

Power, D.J. (1997), *What Is DSS? DSstar*, The Online Executive Journal for Data-Intensive Decision Support, 2, 15-20.

Roy B. (1985), *Méthodologie multiecritère d'aide à la décision*, Paris, Economica.

Saaty T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.

Sprague R.H. and Carlson E.D. (1982), *Building Effective Decision Support Systems*, Prentice-Hall International Inc., London, 329 pp.

Turban E. (1995), *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*, Prentice Hall, Upper Saddle River.

Nunziata Messina

Il paesaggio e il difficile rapporto tra uomo e natura[1]

1. Il paesaggio e l'interazione tra uomo e ambiente. – 2. La pianificazione come risorsa territoriale. – 3. Il delicato equilibrio tra uomo e natura. – 4. Educare allo sviluppo sostenibile. – 5. Bibliografia.

1. Il paesaggio e l'interazione tra uomo e ambiente

Nel corso della storia si sono susseguite diverse correnti di pensiero e ciascuna ha messo in risalto un particolare aspetto della relazione tra uomo e natura. Il dualismo tra uomo e natura da sempre si è posto al centro di molti studi di carattere filosofico, geografico, sociologico e psicologico. L'uomo si trova immerso all'interno di un paesaggio caratterizzato da elementi naturali e non, che ne condizionano il suo modo di essere e il rapporto con ciò che lo circonda. Quando si parla di paesaggio è necessario definire con chiarezza di che cosa si sta parlando. La definizione di paesaggio che più di ogni altra aiuta a capire il contesto in cui ci si muove è quella che ha formulato uno dei più grandi geografi italiani, Aldo Sestini, secondo cui il paesaggio è «la complessa combinazione di oggetti e fenomeni legati tra loro da mutui rapporti funzionali, oltre che da posizione, sì da costituire un'unità organica» (A. Sestini, 1963). Bisogna sottolineare che nulla del paesaggio fa riferimento ad alcun senso estetico, ma esclusivamente ai rapporti tra oggetti e fenomeni presenti sul territorio. Come afferma un altro grande geografo del secolo scorso Eugenio Turri, «il paesaggio è legato soprattutto a chi lo osserva, a chi lo percepisce, a chi ne coglie il significato e lo utilizza» (E. Turri, 1974); il primo approccio al paesaggio riguarda la percezione «cioè come lo riconosciamo, come emozionalmente lo guardiamo, come lo godiamo e lo sentiamo con la mediazione dei nostri parametri culturali ed anche secondo le nostre interne inclinazioni. «È il processo di identificazione della realtà territoriale attraverso il paesaggio» (ibidem). Questi concetti

[1] Il presente contributo costituisce, in alcune sue parti, la rielaborazione e l'approfondimento di riflessioni già sviluppate da parte dell'autrice e contenute all'interno di saggi in precedenza pubblicati in riviste, opere collettanee o monografie.

possono sembrare lontani, ma attraverso un'analisi dell'ambiente si possono scoprire gli elementi che ci legano al paesaggio stesso e, in particolare, al paesaggio urbano, in cui l'uomo è il protagonista delle trasformazioni. Quando da una certa altezza e man mano che si sale si conquista un primo, un secondo e un terzo livello che ci permettono di abbracciare il territorio nella sua dimensione, ma anche nella sua storia e nelle sue trasformazioni che l'hanno segnato nel tempo, possiamo capire le osservazioni espresse dai grandi geografi (J. Van Der Schee, 2016, 11 ss.). Il rapporto tra uomo e ambiente si è modificato nel corso della storia, originariamente era concepito in termini conflittuali, sotto forma di regolamentazioni delle risorse per fini di sussistenza; successivamente, attraverso l'evoluta organizzazione economica e culturale si è definito come ideale relazione. Infine, attraverso le trasformazioni derivati dai piani di industrializzazione e di urbanizzazione, che hanno sempre più reso complementare le relazioni tra uomo e ambiente, si è giunti da parte dell'antropologia, della geografia e delle diverse scienze alla definizione di paesaggio come rappresentazione. Allo stesso tempo si è avuta l'evoluzione del concetto di spazio e tempo, con la possibilità di espandere le esplorazioni e il campo di osservazione grazie alle condizioni con cui oggi si realizza la mobilità. L'utilizzo di una strumentazione sempre più avanzata per l'approccio alla dimensione sensibile del contesto, attraverso i sensi, è venuto sempre più a sostituirsi a quella tradizionale di tipo statico e mutuata delle capacità dell'occhio umano. Da questa duplice evoluzione deriva il mutato rapporto dell'uomo con il territorio e la sua percezione, dove l'acquisizione della coscienza del valore della storia e di tutti i suoi segni si coniuga con la disponibilità dei più straordinari mezzi di lettura della realtà visibile: dalla ripresa aerea via satellite alla spettrografia, dalla molteplicità spaziale e temporale dei punti di vista alla dilatazione e alla maggior profondità del campo panoramico. Pertanto, possiamo sottolineare che alla cultura del paesaggio tardo-ottocentesca, che considerava i valori del territorio in chiave vedutistica e contemplativa e dalla quale è stata originata tutta la serie di leggi per la protezione delle bellezze naturali, si è affermata, soprattutto negli ultimi decenni, una più articolata e specialistica cultura del luogo capace di riconoscere e organizzare, grazie ad analisi sempre più approfondite e settoriali, tutta la serie dei valori strutturali che del territorio costituiscono l'organico e non scindibile insieme (A. M. Pioletti, 2020). In ambito geografico si evidenziano i processi di trasformazione progressiva dell'ambiente per cause naturali di

diverso tipo o operate dall'uomo contribuendo a sviluppare competenze utili per una gestione del territorio in un'ottica di tutela e valorizzazione ambientale. Leggere il paesaggio aiuta a situarsi nel tempo oltre che nello spazio, a riallacciare i legami con le generazioni precedenti e a recuperare il senso delle identità dei luoghi. Nell'interazione tra uomo e ambiente, alla geografia spetta il delicato compito di favorire l'acquisizione delle coordinate spaziali per orientarsi nel territorio e per costruire le proprie geografie, analizzando ogni elemento in modo multiscalare, da quello locale fino ai contesti mondiali. Lo spazio non è statico, pertanto il sapere geografico aiuta l'uomo ad essere attento al presente, nelle sue diverse articolazioni spaziali e nei suoi aspetti demografici e politico-economici (D. Pasquinelli D'Allegra, 2010). Tuttavia, poiché lo spazio non è statico, non si può prescindere dalla dimensione temporale, da cui è possibile trarre numerose opportunità per leggere e interpretare i fatti che proprio nel territorio hanno lasciato testimonianze, nella consapevolezza che ciascuna azione implica ripercussioni nel futuro. La conoscenza e la valorizzazione del patrimonio culturale ereditato dal passato, con i suoi segni evidenti sul territorio, si affianca allo studio del paesaggio, contenitore di tutte le memorie materiali e immateriali, anche nella loro proiezione futura.

2. La pianificazione come risorsa territoriale

L'ambiente è il fattore dinamico che da sempre ha accompagnato l'uomo nella sua evoluzione verso la civiltà. La natura ci ha accolti nel suo seno donandoci tutto ciò che possedeva per alimentare la nostra sopravvivenza, all'interno di un delicato equilibrio dove tutti gli esseri viventi intrecciano le loro vite in una continua crescita ed evoluzione. La nostra civiltà è il risultato di un excursus attraverso i diversi stadi di maturazione dei valori umani, verso il miglioramento delle condizioni di vita degli uomini. Il territorio diviene rappresentazione simbolica di valori custoditi all'interno della percezione individuale, ma allo stesso tempo immagine della cultura di un popolo e della sua storia, paesaggio umano antropizzato che l'uomo è riuscito a modificare e a dominare (J.R. McNeill, P. Engelke, 2014).

Nella relazione tra uomo e territorio è necessario affermare che l'obiettivo è la messa a punto di un sistema che renda ogni scelta di pianificazione carica di quelle valenze di programmazione territoriale necessarie a rendere vitale la tutela dell'ambiente e del paesaggio: occorre partire dall'assunto che tutto il territorio, per la storia che lo ha formato,

per i valori paesaggistici e culturali, per la memoria collettiva che lo anima, per la sua stessa riconoscibilità, è da considerarsi in prima istanza un bene ambientale da tutelare, soprattutto nelle relazioni tra oggetti e fenomeni legati tra loro da mutui rapporti funzionali. Si può pertanto affermare che laddove gli elementi fisici del territorio costituiscono punti di riferimento collettivo, tali elementi sono da considerarsi valori ambientali e le loro interrelazioni possono rappresentare un bene comune da tutelare (MIUR-MATTM, 2009, 83 ss.). La tutela di questi rapporti coinvolge, in un significato più generale di bene ambientale, la progettazione urbanistica del territorio. È importante sottolineare il principio di interdipendenza, in quanto, la pianificazione del territorio e la tutela dei suoi valori devono tener conto delle vocazioni di alcune parti del territorio e il ruolo di queste nello sviluppo di tutto il contesto all'interno della funzione che lo stesso territorio rappresenta nella sua natura e nella sua storia. Raccogliendo per un verso vocazioni e ruoli, si possono considerare con maggior precisione le capacità del territorio di soddisfare quelle esigenze con il minor danno per tutto il contesto. Si potranno, così, evitare sia gli errori di una pianificazione troppo angusta, sia la ricorrente dicotomia tra le previsioni e gli effettivi risultati legati al problema dell'impatto ambientale. Dopo il Covid-19 la comunità mondiale è stata chiamata ad affrontare nuove realtà ridefinendo ogni singolo spazio. Abitare un mondo con nuove visioni della realtà influenza la nostra percezione degli spazi. La ragione per cui, ad esempio, non riusciamo a mostrarci all'altezza del momento climatico in cui viviamo è dato dalle azioni richieste che rappresentano una sfida diretta per il paradigma economico imperante, per le teorie su cui si fondano le culture occidentali e per molte delle attività che formano le nostre identità e definiscono le nostre comunità. «La crisi economica in atto ha ulteriormente impoverito il tessuto economico-sociale delle periferie, che sotto il profilo sociale hanno continuato ad assorbire gli effetti di una trasformazione delle città, generatrice di un numero crescente di forme di emarginazione, subendo le contraddizioni più forti, che hanno spesso animato più o meno sottesi conflitti etnico-sociali, ai quali si aggiunge una percepita distanza delle istituzioni nazionali ed europee» (M. Prezioso, 2018, 97). L'Agenda 2030 con i suoi *Sustainable Development Goals* (SDGs) si presenta come promessa universale, rivolta a tutte le zone del mondo e rappresenta in assoluto il primo accordo globale che delinea un programma d'azione su scala mondiale per la realizzazione di un processo di sviluppo

congiunto, finalizzato al perseguimento di obiettivi comuni. La nuova Agenda nasce nel 2015 con l'adesione di 130 paesi, seguendo gli obiettivi e i principi dei trattati internazionali sui diritti umani e sui risultati che hanno portato alla creazione di solide fondamenta per lo sviluppo sostenibile (W. Colglazier, 2015, 1048 ss). Quest'ultimo riconosce che la sconfitta della povertà in tutte le sue dimensioni, la lotta contro le disuguaglianze tra paesi, la salvaguardia del pianeta, la creazione di una crescita economica duratura e la promozione dell'inclusione sociale sono elementi legati fra loro e interdipendenti. Papa Francesco, nell'enciclica Laudato sì, afferma che «l'ambiente umano e l'ambiente naturale si degradano insieme e non potremmo affrontare adeguatamente il degrado ambientale se non prestiamo attenzione alle cause che hanno attinenza con il degrado umano e sociale» (J.M. Bergoglio, 2015). La pandemia costringe a ripensare il mondo e, come afferma John Fahey, presidente onorario della *National Geographic Society*, «la conoscenza geografica è ciò che ci permette di legare persone, luoghi ed eventi. È così che diamo senso al mondo» (J. Fahey, 2020).

3. Il delicato equilibrio tra uomo e natura

Il rapporto uomo-natura è un processo in divenire che porta con sé anche una necessaria e rinnovata consapevolezza. È un processo legato profondamente alla nostra esistenza che deve favorire l'avvicinamento tra le persone e la collaborazione nella cura dei luoghi abitati. Il territorio ci appartiene, fa parte del nostro mondo interiore, è luogo di riferimento, un bene mai dimenticato che alimenta l'essenza della memoria. È terra, è casa, è vita, è l'uomo di oggi, ma anche quello di ieri che si riconosce nel legame che ha con la sua terra. Le caratteristiche del singolo territorio, attraverso terrazzamenti, sentieri in pietra, montagne erose dal vento, deserti ghiacciati raccontano la storia della terra e il cambiamento del rapporto tra uomo e ambiente, fra modernità che avanza e bisogno di conservare la propria identità (ibidem). Si pone, quindi, il problema del controllo del territorio, per una fruizione più corretta che sappia mediare tra i fini culturali e sociali delle risorse e tra la conservazione e la tutela del territorio (J. Ritter, 1994). È necessario trovare il giusto equilibrio per mantenere la testimonianza della propria memoria, ma allo stesso tempo la capacità di progettare un futuro compatibile per la salvaguardia del nostro pianeta. «Paesaggio e natura che si rivela esteticamente a chi la osserva e la contempla con sentimento». È insieme natura e storia, è relazione dinamica tra

uomo e territorio. «Né i campi dinanzi alla città, né il torrente come "confine", "strada mercantile" e "ostacolo per costruire ponti", né i monti e le steppe dei pastori e delle carovane, sono, in quanto tali, paesaggio. Lo diventano solo quando l'uomo si rivolge ad essi senza uno scopo pratico, intuendoli e godendoli liberamente per essere nella natura in quanto uomo» (ibidem). Attraverso la disciplina geografica possiamo comprendere come la vita umana sul pianeta sia resa possibile nella forma attuale dallo sviluppo della dimensione spaziale, cioè delle strutture cognitive, dei concetti, delle idee, del linguaggio e delle coordinate con cui la specie umana sa pensare e rappresentare lo spazio della superfice terrestre, progettandone l'uso e le norme che lo regolano. Si pensi al ruolo dei confini, allo sfruttamento delle risorse, alla convivenza tra società, etnie e comunità culturali diverse, al controllo del territorio, alle norme di uso e di accessibilità degli spazi, ai sistemi di partecipazione e ai processi decisionali, tutti aspetti che regolano il progetto di vita della specie umana. Ogni territorio ha caratteristiche proprie che sono date dalle relazioni tra gli ambienti, le economie, le popolazioni e le culture che vi si trovano, che vi convivono, che attivano scambi reciproci e con gli altri territori del pianeta. Queste identità e relazioni fanno riferimento all'identità con i paesaggi, con i modi di abitare e di coabitare, con i progetti per il presente e il futuro spazio comune di questo farsi società e comunità territoriale dell'esistenza umana sul pianeta (C. Giorda, M. Puttilli, 2014, 52). La compresenza di relazioni tra persone e comunità umane localizzate e legate a luoghi diversi richiede l'acquisizione di conoscenze, abilità e competenze geografiche indispensabili per saper individuare la propria posizione all'interno del mondo contemporaneo, soprattutto per riuscire a sviluppare nuove forme di radicamento e di convivenza, ma allo stesso tempo anche per saper prevedere i rischi e cogliere le opportunità che il proprio spazio di vita dispone per il progetto che ciascun individuo vuole portare avanti. Ogni territorio ha una propria identità, il locale si ramifica nel globale, ma allo stesso tempo il locale rimane con una propria identità e una propria dimensione. Lo sviluppo di una visione geografica può dare all'uomo il riferimento spaziale per la costruzione del senso dell'abitare attraverso una condivisione sociale dei luoghi scelti. Attraverso le trasformazioni e la strutturazione intenzionale anche il territorio diviene in qualche modo una piattaforma educativa nella quale la natura, la società, la cultura e l'organizzazione politica ed economica

contribuiscono a dare una forma, una direzione e un ordine alle attività umane e alla convivenza sociale sulla quale si regge la coesione della comunità (ibidem).

Quindi, è possibile coniugare il rispetto della natura con le esigenze di sviluppo dell'uomo? L'impatto antropico ha portato negli ultimi secoli ad una continua trasformazione delle condizioni climatiche e ambientali. Il continuo consumo e lo sfruttamento squilibrato delle risorse ci conduce verso un futuro incerto. A causa dell'azione distruttiva dell'uomo vi è una forte riduzione delle capacità di rigenerazione degli ecosistemi, nonostante i piani di risanamento ambientale sostenuti da diverse organizzazioni internazionali. "Siamo quasi giunti al punto di non ritorno", questo l'allarme lanciato da tutta la comunità scientifica che mette in evidenza le conseguenze a cui dovremo assistere, con una reazione a catena, con conseguenze devastanti per tutto il pianeta (ibidem). La natura è in continuo equilibrio e si rivela come espressione del ciclo di vita, armonicamente connesso, in cui è necessario un cambiamento che riallinei il rapporto tra uomo e ambiente. Pertanto, è importante abbandonare i vecchi modelli di sviluppo per tutelare le risorse ancora disponibili e promuovere il benessere dell'uomo senza danneggiare quello della natura attraverso una sostenibilità integrale (C. Giorda, 2020). Si deve, dunque, porre l'accento su un equilibrio responsabile e sano che guardi al futuro mettendo al primo posto l'ambiente, in quanto elemento indispensabile per il vero benessere dell'uomo. A tal fine, occorre, inoltre, un processo di alfabetizzazione ambientale che attraverso esempi virtuosi possa innescare solo comportamenti consapevoli e responsabili verso la comune direzione in un'ottica globale. È necessario portare avanti con forza modelli sostenibili di produzione e di consumo, promuovere azioni per combattere il cambiamento climatico e favorire un uso sostenibile dell'ecosistema terrestre. Bisogna mirare ad un futuro più sostenibile in cui al centro si ponga il delicato rapporto tra uomo e natura, tra attività umana e sviluppo, tra qualità e benessere di vita, senza compiere l'errore che l'unico fattore di evoluzione sia legato al consumo, al profitto e al reddito (E. Dansero, M. Bagliani, 2011). Oggi dobbiamo parlare di sviluppo puntando al *green*, città e territori più vivi e sani nel rispetto di quell'equilibrio che permette di non distruggere, ma di prendersi cura della casa comune.

4. Educare allo sviluppo sostenibile

A partire dalla fine del XX secolo sono stati elaborati numerosi documenti anche in ambito geografico in merito all'importanza dell'educazione allo sviluppo sostenibile, tra quelli di maggiore rilievo, ricordiamo: la Dichiarazione di Lucerna (IGU, 2007) e la Carta Internazionale sull'Educazione Geografica (IGU, 1992). In particolar modo la Dichiarazione sottolinea l'importanza sia dell'educazione, quanto dell'impegno sociale nella prospettiva del raggiungimento di una matura consapevolezza delle interrelazioni tra uomo e natura, presupposti fondamentali per porre le basi per una educazione allo sviluppo sostenibile (M.C. Cardillo, 2021, 39 ss.). Partendo dal presupposto che lo sviluppo sostenibile deve essere il modello di riferimento, la Dichiarazione indica il percorso da seguire per redigere i curricula e mettere in primo piano il delicato compito delle tecnologie e dei mezzi di comunicazione ai fini del processo educativo (C. Giorda, 2016, 83 ss.). Per quanto concerne la Carta Internazionale sull'Educazione Geografica redatta nel 1992 e aggiornata nel 2016 a Pechino, durante il Congresso dell'IGU, si sottolinea, a causa dei continui acceleramenti legati ai cambiamenti climatici, che l'educazione geografica deve far comprendere il complesso equilibrio tra fenomeni naturali e attività umane, sia sua scala locale che globale, in quanto parte fondante del vivere e dell'agire quotidiano.

«Geography helps people to think critically about sustainable living locally and globally and how to act accordingly. Geography is much more than learning many facts and concepts. Its focus is on the patterns and processes that help us to understand an ever-changing planet» (International Charter on Geographical Education, 2016, 10 s.).

Attraverso l'educazione geografica potrà essere ottenuta una efficace educazione ambientale per un corretto ed equilibrato utilizzo degli spazi e delle risorse da parte degli uomini (G. De Vecchis, C. Giorda, 2018). Nell'ottica di una visione europea e mondiale l'educazione alla sostenibilità, si basa sull'intero orizzonte geografico collegando «il tessuto delle relazioni di prossimità che formano i luoghi con le scale geografiche superiori, fino a quella globale» (G. Dematteis, 2007). La geografia permette di sviluppare un curricolo per problemi e situazioni significative all'interno di scenari e contesti reali e vicino all'ambiente di vita di ciascuno. L'apprendimento della geografia avviene attraverso l'azione, l'esplorazione, il contatto con gli oggetti, la natura, l'arte e il territorio (D. Pasquinelli

D'Allegra, 2010, 29 ss.). L'osservazione costituisce uno degli strumenti fondamentali per la costruzione di un sapere concreto che accompagni lo studente durante la sua crescita rispettandone l'originalità e l'unicità, la curiosità e le domande sui fenomeni naturali, su se stesso e sugli organismi viventi che consentono di interpretare il mondo che lo circonda, di capire i cambiamenti e sviluppare la consapevolezza del proprio io, acquisendo maggiore autonomia (G. Dematteis, C. Giorda, 2011). Attraverso l'osservazione degli elementi che caratterizzano il territorio lo studente può delineare le caratteristiche positive e negative, sviluppare una riflessione costruttiva sul proprio spazio operando confronti anche con territori lontani, individuando le risorse e i punti di forza per migliorarlo. «La tradizionale idea della geografia come sintesi di più conoscenze specialistiche può essere ripresa nella didattica come capacità di mettere i saperi in relazione significativa» in quanto «la didattica della geografia si rivela così capace di andare oltre l'organizzazione interna delle conoscenze disciplinari, per collocare la prospettiva spaziale nel sistema di saperi inter-poli-trans disciplinari che vengono considerati strategici per lo sviluppo futuro» (C. Giorda, 2014, 125). La disciplina geografica, attraverso l'utilizzo del *problem solving*, consente di promuovere lo sviluppo di diverse competenze, come quelle di affrontare problemi reali del mondo contemporaneo, l'esercizio del pensiero critico, la creatività e la capacità di riprogettare per valorizzare le risorse presenti nel territorio (G. De Vecchis, D. Pasquinelli D'Allegra, P. Pesaresi, 2020). Nell'ambito di una didattica basata sul *problem solving*, che stimola le abilità e i processi cognitivi per la ricerca delle soluzioni, il compito di ciascuno è quello di essere il più possibile coinvolto e partecipe allo sforzo collettivo per realizzare un progetto comune.

5. Bibliografia

Bergoglio J.M., *Laudato si'*. Milano, 2015.

Cardillo M.C., *Il ruolo della geografia nell'educazione alla sostenibilità*, in De Vincenzo D., Riggio A. (a cura di) *Per un'educazione alla Sostenibilità nell'Università. Le Attività dell'Università di Cassino e del Lazio Meridionale*, E-book, Collana Scientifica, 2021, 39 ss.

Colglazier W., *Sustainable development agenda: 2030*. Science, 2015, 349.6252: 1048 ss.

Dansero E., Bagliani M., *Politiche per l'ambiente. Dalla natura al territorio*, Torino, 2011.

De Vecchis G., Giorda C. (a cura di), *La Carta Internazionale sull'Educazione Geografica. L'eredità di Andrea Bissanti*, Roma, 2018.

De Vecchis G., Pasquinelli D'allegra D., Pesaresi P., *Didattica della geografia*, UTET, Torino, 2020.

Dematteis G., Giorda C., *Territorial Values and Geographical Education, in J-Reading - Journal of Research and Didactics in Geography*, 1, 2, 2011, 17 ss.

Dematteis G., *Il vero geografo è l'insegante, discorso pronunciato a Potenza durante il Convegno Nazionale AIIG in occasione della premiazione a Socio D'Onore* in www.aiig.it, 2007.

Fahey J., *Lo stato della geografia alla prova della pandemia*, https://mondoeconomico.eu/archivio/quadrante-futuro/lo-stato-della-geografia-alla-prova-della-pandemia), 2020.

Giorda C., (a cura di) *Geografia e Antropocene. Uomo, ambiente, educazione*, Roma, 2020

Giorda C., *Approccio sistemico e competenze geografiche. Potenzialità̀ e limiti della dichiarazione di Lucerna sull'educazione geografica allo sviluppo sostenibile*, in Bergaglio M., *La sostenibilità̀. Declinazioni scientifiche e didattiche*, Milano, 2016, 83 ss.

Giorda C., *Il mio spazio nel mondo. Geografia per la scuola dell'infanzia e primaria*, Roma, 2014, 125

Giorda C., Puttilli M., *Educare al territorio, educare il territorio. Geografia per la formazione*. Roma, 2014, 52.

IGU-CGE, *International Charter on Geographical Education*, http://www.igu- cge.org/, 2016,10 s.

IGU, *International Declaration on Geographycal Education*, http://www.igu- cge.org/, 1992.

IGU, *Lucerne Declarationon Geographycal Education for Sustainable Development*, in Reinfried S., Schleicher Y., Repfler A. (a cura di), *Geographical Views on Education for Sustainable Development, Proceedings*, 42/2007, 243 ss.

Mcneill Peter Engelke J.R., *La grande accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*, Torino, 2014.

MIUR-MATTM, *Linee guida per l'educazione ambientale e allo sviluppo sostenibile*, Roma, 2009.

Motta G., *Paesaggio, territorio, ambiente. Storie di Uomini e di Terre,* Roma, 2004.

Pasquinelli D'allegra D., *L'educazione ambientale, dalle direttive internazionali ai programmi scolastici*, in ANCILLI S., LO RE A., *Educare per l'ambiente. Percorsi didattici nelle aree naturali protette*, Roma, 2010, p. 29 ss.

Pioletti, A. M., *Gli strumenti per leggere il mondo: La geografia dalla scuola dell'infanzia alla scuola secondaria di secondo grado*, Open Access, 2020.

Prezioso M., a cura di, *Quale Territorial Impact Assessment della Coesione Territoriale nelle Regioni Italiane*, Bologna, 2018, 97.

Ritter J., *Paesaggio, uomo e natura nell'età moderna*, Milano, 1994.

Sestini A., *Il paesaggio*, Milano, 1963

Turri E., *Antropologia del paesaggio*, Milano, 1974

Van Der Schee J., *Sustainability and Geography Education, in J-Reading-Journal of Research and Didactics in Geography*, 2, 5, 2016, 11 ss.

Laura Pergolizzi

Tutela dell'ambiente e attività amministrativa

1. Introduzione – 2. La regolazione ambientale – 3. L'attività amministrativa – 4. Alcune brevi considerazioni in prospettiva di valorizzazione della divulgazione scientifica.

1. Introduzione

L'emergere della preoccupazione per l'ambiente nell'ambito della maggior parte dei Paesi europei, tra i quali l'Italia, risale all'inizio del decennio degli anni Settanta del secolo scorso, tempo in cui si registra una crescente consapevolezza dell'esigenza di affrontare le tre crisi planetarie del clima, della biodiversità e dell'inquinamento[1] attraverso il tentativo di riflettere sull'attualità di un modello economico strettamente legato alla prospettiva favorevole all'espansione del mercato[2].

Da qui, si assiste al progressivo sviluppo del più moderno approccio allo sviluppo sostenibile[3], fondato sull'individuazione di un equilibrio tra la sostenibilità ambientale, la crescita economica e l'inclusione sociale[4]. Tale approccio rappresenta un fulcro essenziale intorno al quale ormai ruotano le dinamiche evolutive del c.d. processo di transizione ecologica[5].

[1] Cfr. B. Caravita di Toritto, *Diritto dell'ambiente*, Bologna, 2005.

[2] Cfr. G. Rossi, *Dallo sviluppo sostenibile all'ambiente per lo sviluppo*, in *Rivista Quadrimestrale di Diritto dell'Ambiente*, 2020, p. 1.

[3] Cfr. G. Rossi, *Diritto dell'ambiente*, Torino, Giappichelli, 2021, p. 21; F. Fracchia, *Lo sviluppo sostenibile. La voce flebile dell'altro tra protezione dell'ambiente e tutela della specie umana*, Napoli, 2010; M. Renna, *I principi in materia di tutela dell'ambiente*, in *Riv. Quadrimestrale di diritto dell'ambiente*, 2012, 1-2; A. Lalli, *Diritto dello sviluppo sostenibile*, in F. Cioffi, L. De Santoli, A. Lalli, F. Manes, L. Persia, S. Serranti, *Scienze della sostenibilità*, Bologna, 2022, p. 177.

[4] Sul punto, occorre nuovamente richiamare l'Agenda 2030 e gli obiettivi di sviluppo sostenibile (Sdgs), che si rifanno ad una nozione di sviluppo intesa non solo come sviluppo economico ma anche come sviluppo sociale e ambientale, nel rispetto dei diritti umani. Cfr. L. Chiussi Curzi, *The UN 2030 Agenda on Sustainable Development: Talking the Talk', Walking the Walk?*, in *La Comunità Internazionale*, 2016, pp. 22-49. Cfr. G. Rossi, *Dallo sviluppo sostenibile*, cit., 2020, 1 nella parte in cui l'Autore esamina le ragioni che non hanno consentito una effettiva concretizzazione del principio dello sviluppo sostenibile, riflettendo sul relativo superamento concettuale e ipotizzando una più matura riflessione ispirata da una nuova definizione di sviluppo, non più solo "compatibile", "sostenibile" con l'ambiente, ma in totale sinergia con quest'ultimo.

[5] F. de Leonardis, *La transizione ecologica come modello di sviluppo di sistema: spunti sul ruolo delle amministrazioni*, in *Diritto amministrativo*, 2021, 4, p. 779.

Come emerge da un recente rapporto dell'ONU sull'Agenda 2030, la pandemia da COVID-19 ha messo in evidenza l'esigenza di accelerare ulteriormente la ricerca di modelli di sviluppo più inclusivi ed equi, sostenuti da consumo e produzione sostenibili[6].

Inoltre, come efficacemente è stato rilevato, vi è un legame tra la sostenibilità, improntata al rispetto della persona umana, della società e dell'ambiente e le politiche di innovazione che permeano, anch'esse, l'amministrazione pubblica[7]. In particolare, in applicazione di un approccio ispirato dalla logica dell'integrazione, la sostenibilità e l'innovazione sono concepite come funzionali l'una alla piena realizzazione dell'altra[8] ed entrambe si configurano come «presupposti, culturali e giuridici, fondamentali per una politica di sviluppo e di costruzione di un nuovo metodo di perseguimento, effettivo, degli interessi pubblici, nazionali ed europei»[9].

[6] Cfr. *Progress towards the Sustainable Development Goals: Towards a Rescue Plan for People and Planet. Report of the Secretary-General (Special Edition)*, 2023, in sdgs.un.org. La stessa prospettiva emerge dalle edizioni precedenti a quella citata. Cfr. in particolare, SDG Progress Report, 2021 e SDG Progress Report, 2022. In quest'ultima sede, si afferma che: «The COVID-19 pandemic has so far directly or indirectly cost the lives of close to 15 million people. Global health systems have been overwhelmed and many essential health services have been disrupted, posing major threats to progress in fighting other deadly diseases. Many millions more people are now living in extreme poverty and suffering from increased hunger compared to pre-pandemic levels. An estimated 147 million children missed more than half of their in-person instruction over the past two years, significantly affecting their learning and well-being. Women have been disproportionately affected by the socioeconomic fallout of the pandemic, struggling with lost jobs, increased burdens of unpaid care work and an intensifying silent epidemic of domestic violence. The current global economic recovery is fragile and patchy, with concerns related to new COVID-19 variants, rising inflation, major supply-chain disruptions, growing labour market pressures and unsustainable debt in developing countries. With vaccine distribution grossly unequal across the globe, there is a stark two-tiered COVID-19 recovery, sharpening the growing sense of injustice among people around the world and increasing the urgency to tackle deep and persistent inequalities». Inoltre: «Unsustainable patterns of consumption and production are root causes of the triple planetary crises of climate change, biodiversity loss and pollution. These crises, and related environmental degradation, threaten human well-being and achievement of the SDGs. If we continue on the prevailing development pathway, the Earth's finite capacity will be unable to sustain the livelihoods of current and future generations. Transforming our relationship with nature is key to a sustainable future. As the world develops strategies for sustainable recovery from the pandemic, governments and all citizens should seize the opportunity to work together to improve resource efficiency, reduce waste and pollution, and shape a new circular economy».

[7] F. Tigano, *Riflessioni sparse in tema di appalti verdi e criteri ambientali minimi*, in G. Corso, M. Immordino, *Studi in onore di Filippo Salvia*, Napoli, 2022.

[8] B. Pastore, *Tecnologie emergenti, incertezza della scienza, regolamentazione giuridica*, in Teoria e critica della ragione sociale, vol. 2, n. 17 (2018), pp. 109 e ss.

[9] G. Franchina, *Contratti pubblici e criteri ambientali minimi*, in *www.ambientediritto.it*, 2022.

2. La regolazione ambientale

La "regolazione ambientale" si sviluppa "per principi"[10] di origine eurounitaria[11].

Il principio dello sviluppo sostenibile trova oggi un positivo riconoscimento nell'ordinamento europeo, giacché sia l'art. 3 del Trattato sull'Unione Europea[12] che l'art. 11 del Trattato sul funzionamento dell'Unione Europea[13] ne fanno esplicita menzione[14].

A tal proposito è stato osservato che il principio «quasi ispirato da una sorta di astuzia (…) ricorre ad altri istituti e principi per penetrare nell'ordinamento: ciò accade sia nel contesto internazionale, ove si "avvale" di principi quali la prevenzione e la precauzione, sia nell'ordinamento interno, ove utilizza l'integrazione e, nella dimensione amministrativa, i vincoli alla discrezionalità»[15].

Occorre, dunque, preliminarmente richiamare l'art. 191 del TFUE, il quale dispone che: «*1. La politica dell'Unione in materia ambientale contribuisce a perseguire i seguenti obiettivi: — salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, — protezione della salute umana,*

[10] L. Carbonara, E. Morlino, *Amministrazione e tutela dell'ambiente*, in L. Torchia (a cura di) *La dinamica del diritto amministrativo*, Bologna, 2017.

[11] M. Renna, *I principi in materia*, *cit*, in *Rivista Quadrimestrale di Diritto dell'ambiente*, 2012, 1-2, pp. 69: «non sembrano esistere, infatti, principi del diritto ambientale italiano che non siano al contempo e innanzitutto principi del diritto ambientale europeo (i quali, a loro volta – è opportuno rammentarlo – derivano pressoché totalmente dai principi in materia di ambiente affermatisi sul piano internazionale)».

[12] Art. 3 Trattato sull'Unione Europea (Versione consolidata): «1. L'Unione si prefigge di promuovere la pace, i suoi valori e il benessere dei suoi popoli. 2. L'Unione offre ai suoi cittadini uno spazio di libertà, sicurezza e giustizia senza frontiere interne, in cui sia assicurata la libera circolazione delle persone insieme a misure appropriate per quanto concerne i controlli alle frontiere esterne, l'asilo, l'immigrazione, la prevenzione della criminalità e la lotta contro quest'ultima. 3. L'Unione instaura un mercato interno. Si adopera per lo sviluppo sostenibile dell'Europa, basato su una crescita economica equilibrata e sulla stabilità dei prezzi, su un'economia sociale di mercato fortemente competitiva, che mira alla piena occupazione e al progresso sociale, e su un elevato livello di tutela e di miglioramento della qualità dell'ambiente. Essa promuove il progresso scientifico e tecnologico. L'Unione combatte l'esclusione sociale e le discriminazioni e promuove la giustizia e la protezione sociali, la parità tra donne e uomini, la solidarietà tra le generazioni e la tutela dei diritti del minore. Essa promuove la coesione economica, sociale e territoriale, e la solidarietà tra gli Stati membri. Essa rispetta la ricchezza della sua diversità culturale e linguistica e vigila sulla salvaguardia e sullo sviluppo del patrimonio culturale europeo. 4. L'Unione istituisce un'unione economica e monetaria la cui moneta è l'euro. 5. Nelle relazioni con il resto del mondo l'Unione afferma e promuove i suoi valori e interessi, contribuendo alla protezione dei suoi cittadini. Contribuisce alla pace, alla sicurezza, allo sviluppo sostenibile della Terra, alla solidarietà e al rispetto reciproco tra i popoli, al commercio libero ed equo, all'eliminazione della povertà e alla tutela dei diritti umani, in particolare dei diritti del minore, e alla rigorosa osservanza e allo sviluppo del diritto internazionale, in particolare al rispetto dei principi della Carta delle Nazioni Unite. 6. L'Unione persegue i suoi obiettivi con i mezzi appropriati, in ragione delle competenze che le sono attribuite nei trattati».

[13] Art. 11 TFUE: «Le esigenze connesse con la tutela dell'ambiente devono essere integrate nella definizione e nell'attuazione delle politiche e azioni dell'Unione, in particolare nella prospettiva di promuovere lo sviluppo sostenibile».

[14] G. Franchina, *Contratti pubblici e criteri ambientali minimi*, in *www.ambientediritto.it*, 2022.

[15] F. Fracchia, *Sviluppo sostenibile*, *cit*.

— utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali, — promozione sul piano internazionale di misure destinate a risolvere i problemi dell'ambiente a livello regionale o mondiale e, in particolare, a combattere i cambiamenti climatici» (par. 1), specificando che tale politica «*mira a un elevato livello di tutela, tenendo conto della diversità delle situazioni nelle varie regioni dell'Unione. Essa è fondata sui principi della precauzione e dell'azione preventiva, sul principio della correzione, in via prioritaria alla fonte, dei danni causati all'ambiente, nonché sul principio «chi inquina paga»". In tale contesto, le misure di armonizzazione rispondenti ad esigenze di protezione dell'ambiente comportano, nei casi opportuni, una clausola di salvaguardia che autorizza gli Stati membri a prendere, per motivi ambientali di natura non economica, misure provvisorie soggette ad una procedura di controllo dell'Unione»* (par. 2).

Nel predisporre la sua politica in materia ambientale, l'Unione tiene conto: *«dei dati scientifici e tecnici disponibili, — delle condizioni dell'ambiente nelle varie regioni dell'Unione, — dei vantaggi e degli oneri che possono derivare dall'azione o dall'assenza di azione, — dello sviluppo socioeconomico dell'Unione nel suo insieme e dello sviluppo equilibrato delle sue singole regioni»* (par. 3).

A ciò si aggiunge che, nell'ambito delle rispettive competenze, l'Unione e gli Stati membri collaborano con i paesi terzi e con le competenti organizzazioni internazionali e che le modalità della cooperazione dell'Unione possono formare oggetto di accordi tra questa ed i terzi interessati. Ciò, comunque, «*non pregiudica la competenza degli Stati membri a negoziare nelle sedi internazionali e a concludere accordi internazionali*» (par. 4).

Ai fini del nostro ragionamento è importante soffermarci ulteriormente sui principi di prevenzione e di precauzione[16].

Il primo[17] si sostanzia nell'esigenza di «intervenire prima che siano causati i danni ambientali, al fine, nella misura in cui ciò sia possibile, di eliminare o, almeno, di ridurre

[16] A. Barone, *Il diritto del rischio*, Milano, Giuffrè, 2004.
[17] F. de Leonardis, *Principio di prevenzione e novità normative in materia di rifiuti*, in Rivista Quadrimestrale di Diritto dell'Ambiente, n. 2/2011.

fortemente il rischio che gli stessi si verifichino».[18] Quanto al principio di precauzione[19], lo stesso è stato descritto come "uno sviluppo del principio di prevenzione, per quanto nell'art. 191 del TFUE il principio di precauzione figuri prima di quello di prevenzione". L'applicazione di tale principio viene ricondotta all'adozione misure di tutela e prevenzione ambientale "anche quando non sia assolutamente certo che un determinato fenomeno sia nocivo per l'ambiente, ma, al contempo, sussista un dubbio scientificamente attendibile che possa esserlo"[20]. In altri termini, come rilevato dalla dottrina, "secondo tale principio, il legislatore e la pubblica amministrazione, allorché questa debba esercitare poteri discrezionali, sono chiamati, ciascuno per la propria parte, ad agire cautelativamente pur in presenza soltanto di un rischio che l'ambiente possa subire danni significativi per effetto di determinate condotte od omissioni, senza che la mancanza di una prova scientifica certa al riguardo possa essere usata come pretesto per non adottare o rinviare l'adozione di efficaci misure preventive"[21].

Ai principi europei in materia di tutela dell'ambiente è stato riconosciuto il merito di aver anticipato gli istituti fondamentali dell'organizzazione e dell'azione amministrativa, essendo stato a tal proposito rilevato come «la loro interpretazione nell'ordinamento interno diventi decisiva per la costruzione dei principi del procedimento amministrativo»[22] nel cui ambito assumere le decisioni per la tutela dell'ambiente.

Guardando all'ordinamento interno, l'art. 1 della l. n. 241/1990 richiama, tra i principi che devono essere rispettati nello svolgimento dell'attività amministrativa, quelli

[18] M. Renna, *I principi in materia, cit*., sottolinea come evidenti esplicazioni del principio di prevenzione si ritrovano, per esempio, oltre che nelle norme sul danno ambientale e in quelle sulle attività a rischio di incidenti rilevanti, in tutte le discipline di pianificazione ambientale. A tal proposito, l'Autore rileva che: «pianificare significa, infatti, programmare, pensare per il futuro, dunque anche prevenire. Analogamente, costituiscono una chiara esplicazione del principio di prevenzione pure tutte le discipline le quali prevedono che, affinché possa essere svolta un'attività potenzialmente nociva per l'ambiente, questa debba essere previamente autorizzata».

[19] P. G. Marchetti, *Il principio di precauzione*, in AA. VV., *Codice dell'azione amministrativa*, M. A. Sandulli (a cura di), Milano, 2011; F. De Leonardis, *Il principio di precauzione*, in AA. VV., Studi sui principi del diritto amministrativo; M. Renna, *I principi in materia, cit*, in *Rivista Quadrimestrale di Diritto dell'ambiente*, 2012, 1-2, p. 69.

[20] M. Renna, *I principi in materia, cit*, p. 69.

[21] *Ibidem*. L'Autore offre, tra gli esempi di discipline ambientali adottate sulla base del principio in esame, sono le norme comunitarie sui microrganismi geneticamente modificati (M.O.G.M.) e sugli organismi geneticamente modificati (O.G.M.) e le norme nazionali sull'inquinamento elettromagnetico.

[22] S. Grassi, *Procedimenti amministrativi e tutela dell'ambiente*, in *Codice dell'azione amministrativa*, Milano, Giuffrè, 2017.

dell'ordinamento eurounitario, i quali vincolano non soltanto i legislatori, ma anche direttamente le pubbliche amministrazioni nazionali. Ne deriva che la violazione di questi principi da parte dell'amministrazione pubblica può portare all'adozione di provvedimenti amministrativi illegittimi e, pertanto, passibili di annullamento[23].

Nell'ambito della disciplina di settore, occorre richiamare quanto sancito dall'art. 3-*quater* del d.lgs. 152/2006, come modificato dal d.lgs. 4/2008, con particolare riferimento ai primi due commi: «*1. Ogni attività umana giuridicamente rilevante ai sensi del presente codice deve conformarsi al principio dello sviluppo sostenibile, al fine di garantire che il soddisfacimento dei bisogni delle generazioni attuali non possa compromettere la qualità della vita e le possibilità delle generazioni future. 2. Anche l'attività della pubblica amministrazione deve essere finalizzata a consentire la migliore attuazione possibile del principio dello sviluppo sostenibile, per cui nell'ambito della scelta comparativa di interessi pubblici e privati connotata da discrezionalità gli interessi alla tutela dell'ambiente e del patrimonio culturale devono essere oggetto di prioritaria considerazione*».

In sede interpretativa, alla luce della definizione offerta dal legislatore, lo sviluppo sostenibile è stato descritto come un principio «destinato a diventare la "chiave di volta" del diritto ambientale, in quanto ne riflette il carattere essenziale e, cioè, la matrice di doverosità e il vincolo posto in capo alle generazioni attuali a garanzia di quelle future, che si configura come l'unico strumento realistico per garantire gli interessi della specie umana»[24].

L'ultimo recente approdo dell'ordinamento italiano risiede nella riforma introdotta dalla legge cost. 11 febbraio 2022, n. 1[25], il cui senso si traduce nella previsione espressa della tutela dell'ambiente, finora oggetto di discontinue tendenze della legislazione e della giurisprudenza[26]. In particolare, la riforma ha comportato l'inserimento nell'art. 9 di un terzo comma, secondo cui la Repubblica «Tutela l'ambiente, la biodiversità e gli ecosistemi, anche

[23] M. Renna, *I principi in materia*, *cit*, p. 69.
[24] F. Fracchia, *Sviluppo sostenibile e diritti delle generazioni future*, in *Rivista Quadrimestrale di Diritto dell'Ambiente*, 2010.
[25] G. Moschella, *La tutela costituzionale dell'ambiente nella riforma degli articoli 9 e 41 della Costituzione: uno sguardo al ruolo delle Regioni e alle prospettive di attuazione del regionalismo differenziato*, in *Diritti regionali*, 2023.
[26] A. Morrone, *Fondata sull'ambiente*, in *Istituzioni del federalismo*, 2022, p. 4. Per una ricostruzione dei diversi approcci con i quali è stata salutata la riforma in questione, alla luce di una prima lettura in argomento e dei possibili risvolti in ambito organizzativo, cfr. M. De Donno, *L'organizzazione dei poteri repubblicani di tutela dell'"integrità ecologica" del Paese: tra complessità, adattività e resilienza del sistema*, in *Istituzioni del Federalismo*, 2022, p. 4, e la dottrina ivi citata.

nell'interesse delle future generazioni. La legge dello Stato disciplina i modi e le forme di tutela degli animali». Un'altra novità riguarda l'art. 41 Cost., al cui interno si inserisce la conferma esplicita degli interessi alla protezione della salute e dell'ambiente come limiti alla libertà di iniziativa economica privata, in aggiunta agli altri interessi e valori primari della persona (libertà, sicurezza e dignità umana) e alla clausola generale dell'utilità sociale già contemplati nel testo della disposizione[27].

3. L'attività amministrativa

I principi finora, brevemente, esaminati si prestano ad essere letti come principi in applicazione dei quali è possibile saldare un "anello di congiunzione" tra decisione pubblica e stato dell'arte in campo scientifico, attività amministrativa e ricerca scientifica.

Sotto questa prospettiva, invero, le istituzioni e le pubbliche amministrazioni[28] sono chiamate a compere uno «sforzo di adattamento, revisione e innovazione dei propri sistemi decisionali»[29] per far fronte anche, ma non solo, alle incombenti minacce ambientali[30]. A loro è affidato un compito decisivo in quanto "gestire il cambiamento" richiede una accurata conoscenza dei fenomeni (molti dei quali fino ad alcuni decenni fa non erano stati presi in accurata considerazione) e ciò richiede, a monte, la rimodulazione, da un lato, delle competenze "in entrata", attraverso l'introduzione di nuovi criteri di reclutamento e di una rilettura delle professionalità dei candidati; dall'altro, delle competenze già introdotte nelle maglie dell'organizzazione amministrativa, che mutano inevitabilmente con il mutare delle caratteristiche e degli assetti sociali di riferimento. In particolare, il cambiamento necessita di una formazione unitaria per alcune materie, tenendo conto delle esigenze delle singole pubbliche amministrazioni, avuto riguardo ai diversi territori e alle diverse problematiche emergenti.

Se la decisione assunta dall'amministrazione non può prescindere dalla *conoscenza* dei fenomeni, la stessa deve essere il frutto di un iter procedimentale che sia *conoscibile*.

[27] M. Cecchetti, *La disciplina sostanziale della tutela dell'ambiente nella Carta repubblicana: spunti per un'analisi della riforma degli articoli 9 e 41 della Costituzione*, in *Istituzioni del federalismo*, 2022, p. 4.
[28] M. Calabrò, *Potere amministrativo e partecipazione procedimentale. Il caso ambiente, Napoli*, 2004.
[29] M. De Donno, *L'emergenza climatica e la democrazia partecipativa*, in *Giornale di diritto amministrativo*, 2022.
[30] D. De Carolis, E. Ferrari, A. Police (a cura di), *Ambiente, attività amministrativa e codificazione*, Milano, 2006.

Si ritiene dunque che il fondamento della tematica in esame possa essere affrontato anche nella prospettiva della questione che attiene all'accesso alle informazioni ambientali. Si tratta invero di una tematica che suscita una particolare attenzione nel dibattito sulla questione ambientale, specie in ragione della molteplicità delle implicazioni che la sua applicazione provoca sotto il profilo del delicato equilibrio tra il valore ambientale e le complesse dinamiche che ruotano attorno al rapporto tra trasparenza e limiti alla trasparenza.

L'accesso alle informazioni ambientali, disciplinato dal d.lgs. n. 195/2005, è caratterizzato da specialità rispetto all'accesso agli atti e documenti detenuti dalle pubbliche amministrazioni dettata dalla l. n. 241/1990.

Inoltre, la recente moltiplicazione, ispirata dal modello statunitense del *Freedom Of Information Act* delle ipotesi di accesso, allo scopo rafforzare la garanzia della trasparenza dell'azione amministrativa, in particolare attraverso l'introduzione dell'accesso civico e dell'accesso generalizzato (cfr. d.lgs. n. 97/2016, che ha, in parte riformulato, il d.lgs. n. 33/2013) introduce ulteriori elementi di complessità al tema.

Al di là delle problematiche specifiche delle singole questioni, le considerazioni fin qui brevemente svolte hanno lo scopo di osservare le dinamiche relazionali che sussistono tra decisione pubblica, conoscenza e conoscibilitá, che sotto il profilo teleologico trovano nel perseguimento dell'interesse pubblico sotteso alla tutela ambientale un filo conduttore e che potrebbero essere complessivamente tradotte nell'esigenza di garantire la piena ed effettiva consapevolezza di tutto quanto è necessario a garantire l'effettiva implementazione del c.d. processo di transizione ecologica.

4. Alcune brevi considerazioni in prospettiva di valorizzazione della divulgazione scientifica

La tematica ambientale impone alle pubbliche amministrazioni di svolgere alcune scelte che sono ispirate dai principi che dominano la regolazione ambientale, tra i quali rientrano il principio di prevenzione e di precauzione, entrambi strettamente collegati al versante dei risultati raggiunti dalla ricerca in campo scientifico. Accanto alla politica che deve perseguire l'obiettivo di tutela dell'ambiente c'è il grande contributo della ricerca della scienza e della tecnica. Tutti i temi della bioetica e della pandemia, il rapporto tra politica diritto e tecnica

richiedono questo tipo di riflessione che si ispira ad un approccio di tipo integrato. D'altra parte la garanzia della collettività viene implementata per il tramite della realizzazione di forme peculiari di accesso ai documenti amministrativi in campo ambientale che sono storicamente più incisive rispetto a quelle tradizionali.

La tematica in questione rappresenta un esempio emblematico che consente di risalire al nodo della questione di carattere generale fin qui affrontata e che sottende la necessità di soddisfare almeno due esigenze: implementare modelli di *governance* basati sulla condivisione delle conoscenze e garantire un maggiore coinvolgimento dei cittadini nel compimento delle scelte di fondo in campo politico e sociale.

Gli strumenti utili al perseguimento di questo scopo sono chiaramente molteplici e la loro implementazione è auspicabile. In questo frangente, si riscontrano i presupposti per sviluppare una riflessione sul possibile ruolo della divulgazione scientifica, nelle varie forme in cui essa si manifesta, configurando la stessa quale "veicolo" funzionale alla completa e responsabile condivisione dei saperi scientifici, unitamente ai dati e metodi che ne sono alla base.

La divulgazione scientifica rappresenta un mezzo efficace che potrebbe offrire alle pubbliche amministrazioni e ai privati una direzione da seguire nelle scelte funzionali al cambiamento della società. Non a caso, il termine *divulgazione*, derivato dal verbo *divulgare*, è etimologicamente formato dal prefisso *dis-*, che indica dispersione in varie direzioni, e dal verbo *vulgare* (da *vulgus* 'popolo) 'rendere comune'. Divulgare, quindi, è qualcosa che mette in relazione un esperto e un non esperto, che nel nostro caso può essere tramutato in pubblica amministrazione e utenza[31].

In ciò, si riscontra la grande attualità della prospettiva secondo cui "quello che conta (…) è capire come la conoscenza scientifica e l'innovazione tecnologica siano strumenti straordinari per "leggere" e trasformare il mondo in cui viviamo" [32].

[31] M. Cortelazzo, P. Zolli, *Dizionario Etimologico Italiano*, seconda edizione, Bologna, Zanichelli, 1999.
[32] Cit. P. Angela, *Le vie della divulgazione scientifica*, in *Enciclopedia Treccani*, 2009.

Concetta Parrinello

AMBIENTE, MERCATO E SVILUPPO SOSTENIBILE: IL CONTEMPERAMENTO TRA INTERESSI ECONOMICI E AMBIENTALI

1. Premessa. – 2. La costruzione del diritto all'ambiente. – 3. Il diritto fondamentale all'ambiente salubre e sostenibile e il bilanciamento con i valori del mercato. – 4. L'esigenza di una nuova dimensione economica per un ambiente sostenibile e un mercato concorrenziale. – 5. Bibliografia.

1. Premessa

La realizzazione della tutela ambientale, presente nel quadro degli obiettivi dell'Agenda 2030, non può essere integralmente delegata agli Stati; occorre, per un verso, promuovere l'acquisizione di una consapevolezza della problematica ambientale e degli strumenti di contrasto alle varie forme di inquinamento anche da parte degli individui e, per altro verso, sensibilizzare gli attori del mercato a compiere scelte sostenibili e ad adottare comportamenti tendenzialmente virtuosi, anche nell'ottica di un mercato potenzialmente concorrenziale, in cui l'attività sia del consumatore che dell'impresa abbiano come limite la tutela dell'interesse ambientale.

Si impone, dunque, un approccio volto a sviluppare e promuovere prodotti e servizi in grado di generare un ridotto impatto ambientale comparativamente alle alternative offerte sul mercato.

In un'ottica di sviluppo sostenibile, il raggiungimento degli obiettivi aziendali viene perseguito garantendo tanto la sostenibilità economica dell'impresa, quanto quella ambientale e sociale e ciò comporta che gli operatori economici sono chiamati a pianificare, implementare e controllare lo sviluppo, la promozione, la distribuzione dei prodotti in modo da soddisfare i bisogni dei clienti, raggiungere gli obiettivi aziendali, perseguendo la compatibilità con l'eco-sistema[1].

[1] D. Fuller, *Sustainable Marketing: Managerial - Ecological Issues*, Thousand Oaks, CA, USA, 1999.

Le imprese che orientano il proprio modello di *business* e le proprie strategie nella direzione della sostenibilità non puntano esclusivamente al profitto, ma propendono a realizzare i propri obiettivi economici tenendo conto anche degli equilibri ambientali e sociali, bilanciando e rispondendo in modo efficace ed efficiente alle esigenze dei consumatori responsabili.

In tale ottica, dunque, occorre trasmettere al consumatore le *performance* dell'organizzazione legate all'ambiente e, più in generale, alla sostenibilità e influenzare il comportamento del fruitore dei beni o servizi in senso più responsabile.

Ciò significa, in concreto, informare ed educare il cliente a un consumo responsabile dei prodotti e servizi offerti sul mercato, anche a costo di ridurne il consumo, in quanto limitarsi ad adempiere agli obblighi di legge o alle pratiche *standard* di mercato in materia di sostenibilità ambientale non equivale ad attuare un impatto positivo sulle persone e sull'ambiente.

In questa dimensione la produzione responsabile, rafforzata e consolidata attraverso il c.d. premio di mercato[2], permette la realizzazione di un mercato giusto ed equilibrato in cui sia il consumatore che l'impresa si impegnano a perseguire lo sviluppo sostenibile, minimizzando gli impatti negativi sulle persone e promuovendo benefici per l'ambiente.

2. La costruzione del diritto all'ambiente

La questione ambientale si è posta all'attenzione normativa internazionale a partire dagli anni Sessanta del secolo scorso[3], momento nel quale si acquisisce la consapevolezza dell'esistenza di una crisi ambientale globale che necessita di interventi coordinati da parte di tutti gli Stati della comunità internazionale, sia per la creazione di un sistema di regole per la

[2] G. Dragonetti, *Trattato delle virtù e dei premi*, Milano, 2018.

[3] Nel 1972 a Stoccolma la Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano, prima conferenza mondiale che si occupa congiuntamente di ambiente e sviluppo, adotta una Dichiarazione che contiene un piano d'azione strutturato in 109 raccomandazioni e 26 principi che si richiamano ai diritti umani fondamentali e in cui si afferma che le risorse naturali, così come la capacità della Terra di produrne di nuove, devono essere salvaguardate a beneficio delle generazioni presenti e future. In seguito, nel 1987, viene pubblicato il Rapporto *Brundtland* che, per la prima volta, pone l'accento sul concetto di sviluppo sostenibile come necessario approccio alternativo alla crescita economica, allo scopo di non compromettere la capacità delle future generazioni di provvedere a soddisfare i propri bisogni primari. In seguito a tale Rapporto l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite dà vita alla Conferenza di Rio de Janeiro del 1992 su ambiente e sviluppo. Per un commento cfr. L. Pineschi, *La Conferenza di Rio de Janeiro su ambiente e sviluppo*, in *Riv. giur. ambiente*, 1992, 705 ss.

protezione dell'ambiente e degli ecosistemi, sia per la promozione di uno sviluppo economico e sociale rispettoso delle esigenze ambientali[4].

Nello stesso periodo in Italia la normativa interviene solo per affrontare situazioni di danno anziché attuare una seria politica di prevenzione dall'inquinamento e non è finalizzata alla tutela dell'ambiente in quanto tale[5], piuttosto l'approccio è prevalentemente per «settori» (inquinamento atmosferico, idrico, rifiuti, etc.), «autoritativo» (*command and control*) e «rimediale» (*end fo pipe*).

Una svolta nella tutela ambientale si rinviene sia ad opera del legislatore europeo che, tra i nuovi campi di azione della Comunità ha incluso quello ambientale[6], sia grazie all'intervento del giudice sovranazionale secondo il quale «la tutela dell'ambiente costituisce uno degli obiettivi essenziali della Comunità»[7]. Gli interventi dell'Unione, in linea con gli obiettivi fissati dal Trattato sul funzionamento dell'Unione europea[8], sono realizzati nel pieno rispetto dei principi di prevenzione, di precauzione, di correzione alla fonte e «chi inquina paga». La politica ambientale dell'Unione europea prende in considerazione l'ambiente con specifico riferimento alla tutela delle risorse naturali e alla salvaguardia della salute umana, al fine di raggiungere un giusto equilibrio tra esigenze di protezione ambientale e crescita economica.

Nel secolo attuale la questione ambientale è stata oggetto di particolare interesse da parte della Comunità internazionale con diversi atti di *soft law*[9] e tra questi merita attenzione

[4] M. Montini, *Profili di diritto internazionale*, in P. Dell'Anno, E. Picozza (diretto da), *Trattato di diritto dell'ambiente*, Padova, 2012, 13. Ai sensi del Principio 3 della Dichiarazione di Rio «Il diritto allo sviluppo deve essere realizzato in modo da soddisfare equamente le esigenze relative all'ambiente ed allo sviluppo delle generazioni presenti e future». Sul principio di responsabilità intergenerazionale. Cfr. F. Fracchia, *Sviluppo sostenibile e diritti delle generazioni future*, in *Riv. Quad. dir. amb.*, 2010, 13 ss.

[5] L'ordinamento italiano ha operato una riformulazione della legislazione sull'ambiente con il d. lgs. n. 22/1997 (c.d. Decreto Ronchi), la cui finalità principale era quella di ridurre la produzione di rifiuti e di incentivarne il recupero ed il riciclaggio, garantendo un elevato grado di protezione della salute dell'uomo e dell'ambiente.

[6] L'Atto unico europeo del 1987 ha introdotto un nuovo titolo «Ambiente» che rappresenta la prima base giuridica per una politica ambientale comune finalizzata a salvaguardare la qualità dell'ambiente, proteggere la salute umana e garantire un uso razionale delle risorse naturali. Nel Trattato di Maastricht (1993) l'ambiente diventa un settore ufficiale della politica dell'UE e nel Trattato di Amsterdam (1999) viene fissato l'obbligo di integrare la tutela ambientale in tutte le politiche settoriali dell'Unione al fine di promuovere lo sviluppo sostenibile.

[7] CGUE, 7.2.1985, C-240/83, punto 13; CGUE, 20.9.1988, C-302/86, punto 8; CGUE, 2.4.1998, C-213/96, punto 32.

[8] Il Trattato di Lisbona (2007) prevede, tra gli obiettivi, anche la lotta ai cambiamenti climatici e promuove misure volte a risolvere i problemi dell'ambiente.

[9] Il riferimento è alla Risoluzione dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite del 26 luglio 2022 «*Promotion and protection of human rights: human rights questions, including alternative approaches for improving the effective enjoyment of human rights and fundamental freedoms*» nella quale si sancisce universalmente il diritto umano a

l'Agenda 2030 sullo sviluppo sostenibile[10], inteso come benessere ambientale, sociale, economico costante e preferibilmente crescente anche con lo scopo di lasciare alle generazioni future una qualità della vita non inferiore a quella attuale.

Al fine di perseguire questa finalità le imprese devono essere sostenibili dal punto di vista ambientale, sicché devono porre attenzione all'impatto delle loro attività sull'ambiente naturale e sul benessere delle persone e dei territori dove operano, adottando strategie coerenti con tale obiettivo.

Il legislatore nazionale[11], pur prendendo atto della necessità di una disciplina organica in materia ambientale, ha posto in essere interventi che non evidenziano in modo incisivo la stretta connessione che intercorre tra ambiente e mercato, correlazione sottolineata, seppure in ottica prettamente pubblicistica, dalla Corte costituzionale[12] e dal Giudice amministrativo[13].

Con la modifica degli artt. 9 e 41 della nostra Carta fondamentale, attuata con la legge n. 1/2022, si è finalmente preso atto della necessità di inserire l'ambiente nell'ambito dei diritti

un ambiente «pulito, sano e sostenibile»; cfr. D. Pauciulio, *Diritto umano a un ambiente salubre nella risoluzione 76/300 dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite*, in *Rivista di diritto internazionale*, 4/2022, 1118 ss. Il 18 aprile 2023 l'Assemblea generale delle Nazioni Unite ha adottato la risoluzione «Promuovere l'economia sociale e solidale per lo sviluppo sostenibile» (A/77/L.60).

[10] L'Agenda 2030 per lo Sviluppo sostenibile è il programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto il 25 settembre 2015 dall'Assemblea generale dell'Onu, ovvero dai governi dei 193 Paesi membri che prevede 17 Obiettivi per lo Sviluppo sostenibile (*Sustainable development goals* – SDGs), inglobati in un grande programma d'azione che individua ben 169 *target*. Per un commento all'Agenda 2030 cfr. M. Montini, *L'interazione tra gli SDGs ed il principio dello sviluppo sostenibile per l'attuazione del diritto internazionale dell'ambiente*, in *Federalismi.it*, n. 9/2019.

[11] L'art. 3-*ter* del Codice dell'Ambiente, «Principio dell'azione ambientale» dispone che «La tutela dell'ambiente e degli ecosistemi naturali e del patrimonio culturale deve essere garantita da tutti gli enti pubblici e privati e dalle persone fisiche e giuridiche pubbliche o private, mediante una adeguata azione che sia informata ai principi della precauzione, dell'azione preventiva, della correzione, in via prioritaria alla fonte, dei danni causati all'ambiente, nonché al principio «chi inquina paga» che, ai sensi dell'articolo 174, comma 2, del Trattato dell'Unione Europea, regolano la politica della comunità in materia ambientale».

[12] Secondo la Corte costituzionale (sent. n. 116/2006), va sempre ricercato «il punto di sintesi fra i divergenti interessi, di rilievo costituzionale, costituiti, da un lato, dalla libertà dell'iniziativa economica dell'imprenditore, di cui sono parte gli strumenti di mercato, e, dall'altro lato, dall'esigenza che tale libertà non sia esercitata in contrasto con l'utilità sociale e tale punto di sintesi risiede nell'adozione di quegli interventi che impediscono al progresso economico e tecnico di recare danni sproporzionati all'ambiente e alla salute».

[13] Per il Giudice amministrativo, lo sviluppo economico rappresenta certamente un interesse meritevole di tutela che, in relazione alla tutela dell'ambiente, non deve necessariamente porsi in termini ostativi, bensì in termini di integrazione, potendo l'esercizio di attività d'impresa sempre e comunque garantire una tutela effettiva delle componenti ambientali, a volte anche in misura maggiore rispetto a quelle preesistenti, ferma restando la necessità di un vaglio caso per caso (Cons. St. sent. n. 2279/2023).

fondamentali[14] e che l'attività economica deve conformarsi alle esigenze ambientali[15], anche se tali disposizioni «invero già contemplavano, nell'ottica sistematica del personalismo e del solidarismo costituzionali, nonché della funzione e dell'utilità sociale, la tutela della salute e dell'ambiente»[16].

3. Il diritto fondamentale all'ambiente salubre e sostenibile e il bilanciamento con i valori del mercato

Da tempo a livello nazionale, europeo[17] e internazionale[18] sono state previste modalità di intervento coerenti con l'idea che ambiente e mercato costituiscono due nozioni che non si pongono ineluttabilmente in contraddizione. E al fine di rendere il mercato compatibile con le esigenze di salvaguardia ambientale si è scelta la via di prevedere, sia a livello sovranazionale che interno[19], un sistema di attribuzione della responsabilità di tipo oggettivo per le imprese inquinanti attraverso il quale vengono coperti i danni e la contaminazione di siti causata da attività pericolose, senza prevedere strumenti rimediali per i danni alle risorse naturali in sé considerate[20].

[14] Già prima della riforma costituzionale secondo la dottrina (A. Flamini, *Danno ambientale*, in P. Perlingieri (a cura di), *Temi e problemi della civilistica contemporanea. Venticinque anni della Rassegna di diritto civile*, *Atti del Convegno di Telese Terme (BN), 16-18 dicembre 2004*, Napoli, 2005, 441), l'ambiente è diritto fondamentale della persona che rinviene il suo fondamento costituzionale negli artt. 2, 3, 9, 32, 41 e 42 Cost.

[15] Gli studiosi di diritto costituzionale sottolineano che, a seguito della riforma, il nostro ordinamento si muove in una prospettiva di «costituzionalismo ambientale»: v. D. Amirante, *Costituzionalismo ambientale. Atlante giuridico per l'Antropocene*, Bologna, 2022, 6; G. Chiola, *La Costituzione ambientale in Italia: un tentativo di costituzionalizzare il diritto della natura oppure un problematico rafforzamento dei riconoscimenti esistenti?*, in *Nomos – Le attualità nel diritto*, n. 2/2022, 1 ss.

[16] G. Perlingieri, *Criticità della presunta categoria dei beni c.dd. «comuni». Per una «funzione» e una «utilità sociale» prese sul serio*, in *Rass. dir. civ.*, 2022, 156.

[17] Nella Comunicazione della Commissione al Consiglio ed al Parlamento europeo «Conciliare bisogni e responsabilità. L'integrazione delle questioni ambientali nella politica economica», COM (2000) si legge «La crescita economica non va dunque considerata in opposizione all'ambiente: è piuttosto necessario riflettere su come coniugare i miglioramenti del tenore di vita con la tutela ed il miglioramento della qualità dell'ambiente. Una migliore integrazione dovrebbe inoltre apportare vantaggi sia per l'ambiente che per la politica economica».

[18] Il riferimento è al Libro Bianco sulla responsabilità per danni ambientali del 2000 e alla Direttiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale.

[19] Il Testo Unico Ambientale, l. n. 152/2006, nella parte VI, tratta l'attribuzione della responsabilità.

[20] I modelli civilistici di tutela dell'ambiente sono descritti da G. Alpa, *La tutela dell'ambiente tra le regole giuridiche ed effetti economici, in Ambiente e mercato: quale gerarchia dei valori?*, *Atti del convegno organizzato dall'Associazione nazionale magistrati amministrativi, Genova, 29-30 ottobre 1999*, Milano, 2002, 50 ss.

L'idea di fondo è che il diritto interviene solo quando gli effetti delle aggressioni a danno dell'ambiente e dell'umanità hanno oltrepassato la soglia di tollerabilità.

La soluzione, pur apprezzabile, non tiene conto delle sollecitazioni della Consulta che, ancor prima della riforma costituzionale, ha qualificato l'ambiente, in un primo tempo, come valore costituzionale[21] e, successivamente, come bene giuridico unitario[22], come tale oggetto di interessi giuridicamente rilevanti[23].

Dal quadro delineato emerge che non si persegue la tutela dell'ambiente *tout court* bensì la sostenibilità ambientale del sistema produttivo, attribuendo all'amministrazione poteri e strumenti per intervenire direttamente e materialmente sulle risorse ambientali danneggiate, o consentendo agli operatori economici di ricorrere ai discutibili permessi di inquinamento negoziabili[24] attraverso i quali le aziende possono acquistare i titoli posti in vendita da altre imprese che hanno inquinato di meno e quindi non hanno utilizzato i loro «diritti di inquinamento».

La scelta verso i permessi dovrebbe rappresentare un deterrente per le imprese le quali, pur di non sostenere costi per acquistare i titoli, dovrebbero preferire investire in tecnologie in grado di limitare le emissioni o riconvertire le loro produzioni. La mancanza di controlli e la difficoltà di monitoraggio del comportamento delle imprese finirebbe per rendere inapplicabili le eventuali sanzioni nel caso in cui gli operatori economici non rispettassero gli impegni assunti attraverso l'acquisto dei permessi.

Alla luce delle osservazioni svolte occorre valutare come può operare, in modo efficiente ed efficace, la tutela ambientale nel mercato e attraverso il mercato.

[21] *Ex multis*, Corte cost., sent. n. 167/1987 e Corte cost., sent. n. 407/2002.

[22] Corte cost., sent. n. 536/2002 e Corte cost. sent. n. 367/2007. Sul fondamento costituzionale dell'ambiente come bene giuridico, v. S. Patti, *Ambiente (tutela dell') nel diritto civile*, in *Dig. disc. priv. (sez. civilistica)*, vol. I, 1987, 288 s.

[23] Sul concetto di bene giuridico cfr. S. Pugliatti, *Beni e cose in senso giuridico*, Milano, 1962.

[24] L'idea era stata introdotta dal protocollo di Kyoto, firmato nel 1997 ed entrato in vigore nel 2005. Nel testo si era immaginato un meccanismo internazionale di scambio di quote tra (o all'interno de) i 38 Paesi più industrializzati del mondo c.d. *Emission Trading Internazionale* (ET) che consente lo scambio di crediti di emissione tra Paesi industrializzati e ad economia in transizione; un paese che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo può così cedere (ricorrendo all'ET) tali crediti a un paese che, al contrario, non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione delle emissioni di gas-serra.

Sotto il primo profilo, preso atto dei rischi connessi ai permessi di inquinamento, alcuni autori[25] osservano che la sottoscrizione di polizze assicurative per rischi di danno ambientale potrebbe dar vita ad un meccanismo virtuoso che promuova una migliore tutela ambientale stante la sinergia tra l'attore del mercato e le compagnie assicurative[26]; altri, invece, ritengono che questa soluzione potrebbe comportare una deresponsabilizzazione delle imprese[27].

Sotto il secondo profilo, potrebbero essere prese in considerazione le dichiarazioni di qualità ambientali attraverso le quali un'impresa asserisce, senza verifica esterna, le caratteristiche ambientali del processo produttivo e/o del prodotto, o quelle emesse da un soggetto esterno all'impresa o, ancora, le certificazioni emesse dopo la verifica di un grado di elevata attendibilità che i beni siano conformi a *standard* ambientali prestabiliti e riconosciuti.

Al fine di evitare che soprattutto le prime due tipologie di dichiarazioni rappresentino un mezzo per eludere le prescrizioni a garanzia di un ambiente salubre e sostenibile, il legislatore europeo, di recente, sta procedendo all'emanazione di una regolamentazione che renda obbligatorie le dichiarazioni «*due diligence*»[28] e che operi più incisivamente contro il fenomeno del *greenwashing*[29].

Inoltre, tenuto conto che la condotta delle società in tutti i settori dell'economia è fondamentale per il successo della transizione dell'Unione verso un'economia verde e climaticamente neutra e per il conseguimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile dell'ONU, è stata presentata una proposta di Direttiva europea sulla *due diligence* in materia di tutela

[25] Secondo M. Clarich, *La tutela dell'ambiente attraverso il mercato*, in *Diritto pubblico*, 1/2007, 222, «l'assicuratore, sul quale poi gravano gli oneri economici del verificarsi di episodi di inquinamento, ha un incentivo ad accertare e vigilare affinché l'assicurato adotti le misure necessarie per minimizzare il rischio di danno ambientale. Dal canto loro le imprese hanno interesse a migliorare i livelli di sicurezza poiché ciò si può riflettere in una riduzione dei premi assicurativi».

[26] S. Landini, *L'assicurazione del danno ambientale*, in M. Pennasilico (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, Napoli, 2014, 340 ss.

[27] Secondo M. Paradiso, *Illecito, risarcimento e (nuove) funzioni della responsabilità civile*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, 2022, 2482, gli operatori economici potrebbero ritenere più conveniente assicurarsi, o includere i danni tra i costi di esercizio, piuttosto che adottare condotte e prassi rispettose delle sfere giuridiche altrui.

[28] Il 19 aprile 2023 il Parlamento Ue ha dato il via libera definitivo a una proposta di regolamentazione che renda obbligatorie per gli operatori procedure di dovuta diligenza al fine di garantire che i prodotti venduti nell'Ue non provengano da terreni deforestati. La proposta mira a obbligare le imprese a gestire con attenzione gli impatti sociali e ambientali lungo tutta la loro catena di approvvigionamento, comprese le proprie operazioni commerciali, e va ben oltre la legislazione vigente a livello nazionale.

[29] Il 22 marzo 2023 la Commissione UE ha presentato la proposta di direttiva n. 85/2023, che concretizza l'impegno della Commissione sulle autodichiarazioni ambientali e per contrastare il *greenwashing*, che dovrà essere sottoposta all'approvazione del Parlamento europeo e del Consiglio.

dei diritti umani e dell'ambiente[30], la quale mira a imporre agli Stati membri l'obbligo di introdurre nuove disposizioni sui doveri di diligenza delle società multinazionali, la cui violazione determina l'applicabilità di un regime di responsabilità civile.

Dal quadro normativo sommariamente tratteggiato emerge un'attenzione verso la tutela ambientale che sollecita, oggi, una nuova presa di coscienza e di intervento tenuto conto che l'ambiente è ormai codificato nell'ambito dei diritti fondamentali e preso atto dell'impatto che le attività d'impresa hanno sull'*habitat naturale* nel quale si sviluppa la personalità umana[31].

Ciò comporta che il diritto all'ambiente è suscettibile di essere bilanciato con i valori espressi dal mercato, purché non venga intaccato il nucleo irrinunciabile dell'ambiente in sé considerato, tenuto conto che la protezione dell'ecosistema naturale si pone quale presupposto indefettibile per la tutela della persona umana al fine di agevolare il suo libero e pieno sviluppo e promuovere lo sviluppo sostenibile[32].

4. L'esigenza di una nuova dimensione economica per un ambiente sostenibile e un mercato concorrenziale

Il contemperamento tra esigenze economico-produttive e tutela ambientale può essere realizzato se si indirizza l'economia verso la sostenibilità, conciliando le istanze del mercato con quelle ambientali, come si evince nell'Agenda 2030 elaborata in sede ONU.

Il principio di sostenibilità[33], quale fattore di orientamento delle attività economiche a fini ambientali, ha contribuito all'elaborazione del concetto di economia sostenibile e circolare,

[30] Commissione europea, proposta di Direttiva relativa al dovere di diligenza delle imprese ai fini della sostenibilità e che modifica la direttiva (UE) 2019/1937, COM/2022/71 final.

[31] Osserva attenta dottrina (P. Perlingieri, *Spunti in tema di tutela dell'ambiente*, in *Legalità e giustizia*, 1989, 136 s.) che «la scelta personalistica [...] configura l'ambiente come strumento privilegiato della persona umana. La tutela dell'ambiente non può non essere in funzione del pieno sviluppo dell'uomo».

[32] Il rapporto tra tutela della persona umana e sviluppo sostenibile è stato più volte sottolineato in dottrina in quanto «lo sviluppo è "sostenibile" quando garantisce il pieno e libero sviluppo della persona umana». Cfr. P. Perlingieri, *Persona, ambiente e sviluppo*, in M. Pennasilico (a cura di), *Contratto e ambiente*, Napoli, 2014, 322 s.; E. Caterini, *Sostenibilità e ordinamento civile. Per una riproposizione della questione sociale*, Napoli, 2018, 33.

[33] La dottrina sottolinea l'incidenza del principio di sostenibilità nell'àmbito dei rapporti tra privati (G. Perlingieri, *«Sostenibilità», ordinamento giuridico e «retorica dei diritti». A margine di un recente libro*, in *Foro nap.*, 2020, 101 ss. e l'esigenza di costruire un «diritto dello sviluppo umano ed ecologico»; cfr. M. Pennasilico, *La "sostenibilità ambientale" nella dimensione civil-costituzionale: verso un diritto dello "sviluppo umano ed ecologico"*, in *Riv. Quadr. Dir. amb.*, 3/2020, 4 ss.

che si fonda su un modello di produzione e di consumo ancorato a princìpi non contemplati nell'economia tradizionale.

L'accezione di economia sostenibile allude ad un'idea di sostenibilità ambientale che impone a ciascuno di adottare modelli responsabili di consumo e alle imprese di operare in modo ambientalmente sostenibile, in quanto la tutela delle risorse ambientali non può essere demandata soltanto allo Stato e al suo apparato, essendo invece necessario il concorso dei soggetti privati, in ossequio ai doveri intergenerazionali di solidarietà costituzionale e ai princípi di sostenibilità e di sussidiarietà orizzontale[34].

In questa prospettiva si impone al consumatore di essere responsabile nell'acquisto e/o nell'utilizzo di beni o servizi per soddisfare esigenze della vita privata, adeguando il proprio comportamento affinché gli effetti ambientali e sociali che il consumo determina siano positivi e non negativi[35]. Perché possa acquisire la consapevolezza di adottare scelte consumeristiche ambientali pertinenti rispetto a ciascun prodotto, il consumatore deve essere adeguatamente edotto non solo della composizione fisico-chimica dei beni e degli effetti che questi producono sulla salute, ma anche dell'intera filiera di produzione e distribuzione e, in generale, del rispetto da parte dell'impresa delle leggi vigenti a tutela dell'ambiente.

Si impone, dunque, l'impegno degli operatori economici verso un modello di *business* responsabile, il cui scopo è quello di garantire uno sviluppo sostenibile fortemente attento alla salute del pianeta e al benessere sociale ed economico delle persone.

La sostenibilità impone una rivisitazione del concetto di attività imprenditoriale, nel senso che il fine ultimo dell'attività d'impresa non può consistere nella sola massimizzazione del profitto[36] ma va esteso alla creazione di valore nel lungo periodo, a vantaggio di tutti gli interlocutori aziendali e delle esigenze delle generazioni future[37].

[34] Secondo M. Pennasilico, *La "sostenibilità ambientale"*, *cit.*, 26, «[i]l coinvolgimento dei privati nella realizzazione dell'interesse ambientale trova ... il proprio fondamento nel principio di sussidiarietà orizzontale».
[35] Si ritiene che «nell'economia moderna, il consumatore non possa più essere considerato unicamente quale il destinatario passivo dell'attività d'impresa, inteso solamente come fruitore finale di beni e servizi, e come tale mero destinatario, nella sua qualità di soggetto debole della filiera produttiva, di comportamenti irresponsabili dell'impresa», ma «assume un ruolo centrale nelle scelte dell'azienda e ha le potenzialità di indirizzare il mercato ad assumere comportamenti socialmente etici» (R. Korn, *Tutela dell'ambiente, consumatori e responsabilità sociale d'impresa: i nuovi strumenti della sostenibilità aziendale*, in *Contr. Impr. Eur.*, 2012, 671).
[36] Secondo E. Caterini, *Sostenibilità e ordinamento civile*, cit., 96, perché si realizzi un mercato sostenibile è necessario che «le imprese perseguano una crescita equilibrata fra i profitti e la redistribuzione».
[37] «Il rispetto dei valori fondamentali dell'ordinamento giuridico deve coniugarsi […] con un sistema economico sostenibile, che favorisca non tanto la produzione e la crescita in sé, quanto piuttosto il progresso sociale, l'uso

Un'azienda sostenibile deve quindi operare non solo con l'obiettivo di generare un ritorno economico ma deve cercare di preservare il valore delle risorse naturali[38], profilo quest'ultimo che non può dirsi raggiunto con l'ottenimento di certificazioni di carattere sociale o ambientale rilasciate da enti terzi, né con la redazione di un bilancio di sostenibilità, spesso utilizzato per costruire un'immagine dell'operato aziendale ingannevolmente positiva.

La consapevolezza che l'impresa deve operare in un'ottica di sviluppo sostenibile e la necessità di esatte comunicazioni ai consumatori sono state fortemente avvertite anche dall'Istituto di autodisciplina pubblicitaria che ha inserito nel Codice di autodisciplina una norma[39] a tutela dell'ambiente naturale per rispondere all'esigenza di controllo delle comunicazioni commerciali che contengono rivendicazioni ambientali in grado di incidere sulle scelte dei consumatori. A ciò si aggiunga che secondo l'Autorità garante della concorrenza e del mercato una informazione generica potrebbe tradursi in un danno per l'imprenditore ambientalmente diligente con conseguente distorsione delle regole concorrenziali, in quanto determina «consistenti margini di guadagno derivanti dalla pratica commerciale scorretta»[40].

Emerge che l'utilizzo dei *claims* di sostenibilità non supportato da condotte attuative finisce per incidere, per un verso, sulla posizione delle imprese concorrenti le quali possono subire uno svantaggio competitivo rispetto agli operatori che utilizzano impropriamente i *claims* di sostenibilità, nonché sui consumatori, le cui scelte negoziali, influenzate

responsabile delle risorse naturali a favore anche delle generazioni future e, dunque, il pieno sviluppo della personalità umana». Cfr. M. Pennasilico, *Contratto, ambiente e giustizia dello scambio nell'officina dell'interprete*, in *Pol. dir.*, 2018, 8.

[38] «Non bisogna rinunciare allo sviluppo, ma inserire più intelligenza nel produrre o nell'usare le risorse per imparare a fare le stesse cose, o di più, con meno. La vera sfida è il tempo, perché ne resta poco»: a lanciare l'appello è Piero Angela intervenuto all'apertura dell'ottava edizione de Il Salone della Csr e dell'innovazione sociale.

[39] L'Art. 12 – Tutela dell'ambiente naturale recita «La comunicazione commerciale che dichiari o evochi benefici di carattere ambientale o ecologico deve basarsi su dati veritieri, pertinenti e scientificamente verificabili. Tale comunicazione deve consentire di comprendere chiaramente a quale aspetto del prodotto o dell'attività pubblicizzata i benefici vantati si riferiscono».

[40] Nel provvedimento AGCM, 20 dicembre 2019, n. 28060, in *www.agcm.it*, si osserva che «i cosiddetti *claim* ambientali o verdi (detti anche "*green claims*" o "*environmental claims*"), diretti a suggerire o, comunque, a lasciar intendere o anche solo a evocare il minore o ridotto impatto ambientale del prodotto offerto, sono diventati un importante strumento pubblicitario in grado di orientare significativamente le scelte di acquisto dei consumatori, sulla base della loro accresciuta sensibilità verso tali tematiche. Per tale motivo essi devono riportare i vantaggi ambientali del prodotto in modo puntuale e non ambiguo, essere scientificamente verificabili e, infine, devono essere comunicati in modo corretto, criteri e condizioni che nel caso di specie, anche alla luce delle informazioni acquisite, non risultano rispettate».

dall'aspettativa circa la corrispondenza al vero delle dichiarazioni rese dal professionista, non sono consapevolmente assunte.

La sostenibilità in azienda è una sfida di più ampio respiro, che richiede cambiamenti nell'agire quotidiano, prestando attenzione agli aspetti sociali e ambientali, eliminando le distopie e i fallimenti creati dal sistema tradizionale di consumo e di produzione al fine di ridare centralità allo sviluppo della persona umana e alla convivenza civile, così da realizzare la tanto auspicata crescita sostenibile[41].

La questione ambientale e il principio dello sviluppo sostenibile vanno, dunque, letti in conformità «con i princìpi fondamentali del sistema, che pongono lo sviluppo della personalità e la tutela della dignità umana al centro» e in una prospettiva che tenga conto del «ben-essere» delle persone, affinché «la loro esistenza sia la migliore possibile»[42].

Questo modello economico, invero, oltre a sostenere la tutela dell'ambiente, la biodiversità, la salute umana e la vita stessa del pianeta, consente di innescare un circolo virtuoso funzionale a realizzare gli obiettivi dell'Agenda ONU 2030 e di dare concreta spinta all'azione europea a favore della sostenibilità[43], «anche nell'interesse delle future generazioni»[44].

[41] Sul principio di solidarietà che si traduce in sostenibilità nel diritto di impresa cfr. G. Alpa, *Solidarietà, Un principio normativo*, Bologna, 2023.

[42] Cfr. P. Perlingieri, *Persona, ambiente e sviluppo*, cit., 339.

[43] Si osserva che quanto al concetto di sostenibilità, le «origini sono rinvenibili, senza dubbio, nella materia ambientale, in cui si fa riferimento alla potenzialità di un certo ecosistema di permanere inalterato nel tempo; ma il tema della sostenibilità si ricollega anche ad altri settori quali quello economico, sociale e culturale». Cfr. G. Sciancalepore, *Le dimensioni della sostenibilità*, in *Iura and Legal System*, 1/2020, 8.

[44] Sui diritti delle generazioni future si veda L. Bartolucci, *Le generazioni future (con la tutela dell'ambiente) entrano "espressamente" in Costituzione*, in *Forum di Quaderni Costituzionali*, n. 2/2022, 33; D. Porena, *«Anche nell'interesse delle generazioni future». Il problema dei rapporti intergenerazionali all'indomani della revisione dell'art. 9 della Costituzione*, in *Federalismi.it*, 1° giugno 2022, 124; Id, *Il principio di sostenibilità. Contributo allo studio di un programma costituzionale di solidarietà intergenerazionale*, Torino, 2017, 56 ss. Per una ricostruzione, alla luce del mutato quadro istituzionale e normativo, delle categorie e degli istituti civilistici intercettati dal discorso intergenerazionale. Cfr. M.W. Monterossi, *L'orizzonte intergenerazionale del diritto civile. Tutela, soggettività, azione*, Pisa, 2020.

5. Bibliografia

Alpa G., *Solidarietà, Un principio normativo*, Bologna, 2023

Alpa G., *La tutela dell'ambiente tra le regole giuridiche ed effetti economici*, in *Ambiente e mercato: quale gerarchia dei valori?, Atti del convegno organizzato dall'Associazione nazionale magistrati amministrativi, Genova, 29-30 ottobre 1999*, Milano, 2002, 50 ss.

Amirante D., *Costituzionalismo ambientale. Atlante giuridico per l'Antropocene*, Bologna, 2022, 6

Bartolucci L., *Le generazioni future (con la tutela dell'ambiente) entrano "espressamente" in Costituzione*, in *Forum di Quaderni Costituzionali*, n. 2/2022, 33

Caterini E., *Sostenibilità e ordinamento civile. Per una riproposizione della questione sociale,* Napoli, 2018, 96

Chiola G., *La Costituzione ambientale in Italia: un tentativo di costituzionalizzare il diritto della natura oppure un problematico rafforzamento dei riconoscimenti esistenti?*, in *Nomos – Le attualità nel diritto*, n. 2/2022, 1 ss.

Clarich M., *La tutela dell'ambiente attraverso il mercato*, in *Diritto pubblico*, 1/2007, 222

Dragonetti G., *Trattato delle virtù e dei premi*, Milano, 2018

Flamini A., *Danno ambientale*, in Perlingieri P. (a cura di), *Temi e problemi della civilistica contemporanea. Venticinque anni della Rassegna di diritto civile, Atti del Convegno di Telese Terme (BN), 16-18 dicembre 2004*, Napoli, 2005, 441

Fracchia F., *Sviluppo sostenibile e diritti delle generazioni future*, in *Riv. Quad. dir. amb.*, 2010, 13 ss.

Fuller D., *Sustainable Marketing: Managerial - Ecological Issues*, Thousand Oaks, CA, USA, 1999

Korn R., *Tutela dell'ambiente, consumatori e responsabilità sociale d'impresa: i nuovi strumenti della sostenibilità aziendale*, in *Contr. Impr. Eur.*, 2012, 671

Landini S., *L'assicurazione del danno ambientale*, in Pennasilico M. (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, Napoli, 2014, 340 ss.

Monterossi M.W., *L'orizzonte intergenerazionale del diritto civile. Tutela, soggettività, azione*, Pisa, 2020

Montini M., *Profili di diritto internazionale*, in Dell'Anno P., Picozza E. (diretto da), *Trattato di diritto dell'ambiente,* Padova, 2012, 13

Montini M., *L'interazione tra gli SDGs ed il principio dello sviluppo sostenibile per l'attuazione del diritto internazionale dell'ambiente*, in *Federalismi.it*, n. 9/2019

Paradiso M., *Illecito, risarcimento e (nuove) funzioni della responsabilità civile*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, 2022, 2482

Patti S., *Ambiente (tutela dell') nel diritto civile*, in *Dig. disc. priv. (sez. civilistica)*, vol. I, 1987, 288 s.

Pauciulio D., *Diritto umano a un ambiente salubre nella risoluzione 76/300 dell'Assemblea generale delle Nazioni Unite*, in *Rivista di diritto internazionale*, 4/2022, 1118 ss.

Pennasilico M., *Contratto, ambiente e giustizia dello scambio nell'officina dell'interprete*, in *Pol. dir.*, 2018, 8

Pennasilico M., *La "sostenibilità ambientale" nella dimensione civil-costituzionale: verso un diritto dello "sviluppo umano ed ecologico"*, in *Riv. Quadr. Dir. amb.*, 3/2020, 4 ss.

Perlingieri G., *«Sostenibilità», ordinamento giuridico e «retorica dei diritti». A margine di un recente libro*, in *Foro nap.*, 2020, 101 ss.

Perlingieri G., *Criticità della presunta categoria dei beni c.dd. «comuni». Per una «funzione» e una «utilità sociale» prese sul serio*, in *Rass. dir. civ.*, 2022, 156

Perlingieri P., *Spunti in tema di tutela dell'ambiente*, in *Legalità e giustizia*, 1989, 136 s.

Perlingieri P., *Persona, ambiente e sviluppo,* in Pennasilico M. (a cura di), *Contratto e ambiente*, Napoli, 2014, 322 ss.

Pineschi L., *La Conferenza di Rio de Janeiro su ambiente e sviluppo,* in *Riv. giur. ambiente,* 1992, 705 ss.

Porena D., *«Anche nell'interesse delle generazioni future». Il problema dei rapporti intergenerazionali all'indomani della revisione dell'art. 9 della Costituzione*, in *Federalismi.it*, 1° giugno 2022, 124

Porena D., *Il principio di sostenibilità. Contributo allo studio di un programma costituzionale di solidarietà intergenerazionale*, Torino, 2017, 56 ss.

Pugliatti S., *Beni e cose in senso giuridico*, Milano, 1962

Sciancalepore G., *Le dimensioni della sostenibilità*, in *Iura and Legal System*, 1/2020, 8

Barbara Bombaci

Il contratto nel prisma della tutela ambientale: spunti in tema di contratto ecologico alla luce dell'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

1. Gli obiettivi dell'Agenda 2030 e l'interesse dello sviluppo sostenibile nella teoria del contratto. – 2. Conformazione del contratto e principi costituzionali. – 3. Tendenze al ripensamento della categoria del contratto: il caso del contratto «ecologico». – 4. Bibliografia.

1. Gli obiettivi dell'Agenda 2030 e l'interesse dello sviluppo sostenibile nella teoria del contratto

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un complesso programma di azione che si prefigge il raggiungimento di 17 obiettivi in ambito sociale, economico ed ambientale[1]. La sostenibilità, dunque, non è una questione puramente ambientale, essendo l'ambiente solo un aspetto dello sviluppo umano sostenibile[2], con ciò intendendosi lo «sviluppo che soddisfi i bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri»[3]. Tra le aree di intervento dello sviluppo sostenibile, l'Agenda 2030 ha

[1] V. Risoluzione adottata dall'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, n. A/RES/70/1 del 25 settembre 2015, dal titolo «Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile» (di seguito, per brevità, denominata «Agenda 2030»), il cui testo integrale in lingua italiana è disponibile al *link*: *https://unric.org/it/wp-content/uploads/sites/3/2019/11/Agenda-2030-Onu-italia.pdf*.

[2] V., in tal senso, P. Perlingieri *I diritti umani come base dello sviluppo sostenibile. Aspetti giuridici e sociologici* (2000), in Id, *La persona e i suoi diritti. Problemi di diritto civile*, Napoli, 2005, 71 ss.

[3] Tale definizione è presente nel Rapporto della Commissione mondiale su ambiente e sviluppo del 1987 (c.d. Rapporto Brundtland), commissionato dalle Nazioni Unite sotto il titolo *Our Common Future* (trad. it. *Il futuro di noi tutti*, con prefazione di G. Ruffolo, Milano, 1988), il cui nome coincide con quello della coordinatrice Gro Harlem Brundtland che, nel 1987, presiedeva la Commissione. Lo stesso Piero Angela, nell'ultimo periodo della sua vita, ha ideato e scritto sedici puntate di Superquark dal titolo «Prepararsi al futuro», andate in onda dal 14 ottobre 2022 su Rai3, dedicate alle nuove generazioni, cioè ai giovani che frequentano le scuole italiane e che un giorno saranno responsabili della società del futuro, riconoscendo l'improrogabilità dell'emergenza ecologica al fine di spiegare come lui stesso ha affermato: «[...] i problemi che l'umanità deve affrontare, legati al cambiamento climatico e alla ricerca di nuove fonti di energia, ma anche il ruolo della scienza e della tecnologia nella società moderna». E qui emerge il ruolo fondamentale della scuola. Essa non deve fornire soltanto competenze, ma fare in modo che coloro che svolgeranno le professioni più diverse siano cittadini consapevoli, informati su come funziona un paese moderno, nel quale saranno chiamati a fare la loro parte.

indicato il Pianeta[4] e, tra gli strumenti di attuazione degli obiettivi, ha aperto spazi di operatività al contratto di diritto privato[5]. L'esigenza di protezione dell'ambiente è, infatti, nel tempo divenuta sempre più urgente, considerato il carattere esauribile di molte risorse naturali[6] e l'indole predatoria dell'attività umana, nella sua declinazione economico-produttiva[7]. Tuttavia, l'idea che identifica l'uomo quale *dominus* che si appropria dei beni presenta le prime incrinature di fronte a inedite esigenze di tutela che hanno reso necessaria la rivisitazione di taluni istituti come la proprietà[8]. Lo schema classico del diritto di proprietà, nell'esaltare il profilo *circolatorio* del bene oggetto di diritto, ha trascurato la *pluridimensionalità* dell'istituto[9], laddove si consideri che, rispetto a determinati beni, si incentrano interessi meritevoli di tutela che trascendono la posizione del singolo proprietario, perché comuni ad una pluralità di soggetti[10] (come, ad esempio, l'ambiente, la biodiversità, gli ecosistemi, ecc.). Di talché, si è sentita la necessità di recuperare la funzione di gestione e

[4] Nell'ambito dell'Agenda 2030, con riferimento al Pianeta, l'obiettivo è quello di garantire una gestione sostenibile delle risorse naturali, contrastando la perdita di biodiversità e, così, tutelando i beni ambientali e culturali.

[5] V. Agenda 2030, *Strumenti di attuazione e Partenariato Globale*, punto 66. ove si legge che «[…] l'uso efficiente delle risorse domestiche, messe in rilievo dal principio di proprietà nazionale, [è] essenzial[e] per il perseguimento dello sviluppo sostenibile […]» e punto 67. della stessa laddove si prevede che «L'attività imprenditoriale privata, gli investimenti… rappresentano i motori principali della produttività di una crescita economica inclusiva e della creazione di posti di lavoro…».

[6] V. M. Libertini, *Persona, ambiente e sviluppo: ripensare la teoria dei beni*, in *Benessere e regole dei rapporti civili - Lo sviluppo oltre la crisi*, Atti del 9° Convegno Nazionale in ricordo di Giovanni Gabrielli, Napoli, 2014, 479-492, ove considera lo sviluppo sostenibile un «principio insincero», che può essere efficace soltanto qualora siano in gioco risorse rinnovabili (acqua, foreste, prodotti agricoli, ecc.), ma non quando si riferisca a risorse non rinnovabili (esaurimento degli idrocarburi o di altre risorse minerarie, urbanizzazione di una parte del territorio, scioglimento dei ghiacciai, ecc.).

[7] V. F. Forno, P.R. Graziano, *Il consumo critico. Una relazione solidale tra chi acquista e chi produce*, Bologna, 2016, 8 ss., ove gli Autori parlano di «logica predatoria che presiede l'attuale logica di mercato […] responsabile dei crescenti problemi ambientali e sociali che affliggono, in modo sempre più evidente, le nostre società».

[8] V. T. Di Benedetto, *La "conversione ecologica" della proprietà privata*, in *Riv. quad. dir. amb.*, 2020, 122 ss., che ritiene che «il principio di solidarietà ambientale, riconducibile all'art. 2 cost. e il principio dello sviluppo sostenibile, (art. 3 - *quater* cod. amb.), ispirano la rivisitazione del concetto liberale di proprietà, la cui limitatezza intrinseca non consente di esaurire la complessità del rapporto tra persona e beni e degli interessi che vi gravitano»; v. G. Alpa, *Dalla tutela dell'ambiente al riconoscimento della "natura" come soggetto di diritto. Una rivisitazione delle categorie del diritto civile?*, in *Riv. crit. dir. priv.*, 2020, 455 ss. Sull'evoluzione storica dell'istituto proprietario v., tra gli altri, E. Caterini, *Proprietà*, in *Tratt. Dir. civ. CNN*, diretto da P. Perlingieri, Napoli, 2005, 83; A. Gambaro, *Il diritto di proprietà*, in *Tratt. Dir. civ. e comm.*, diretto da Cicu e Messineo, Milano, 1995, 214 ss.

[9] V. sulla pluridimensionalità della situazione dominicale M. Pennasilico, "*Proprietà ambientale" e "contratto ecologico": un altro modo di soddisfare i bisogni*, in *Arch. Scialoja-Bolla*, 2018, 67 ss.

[10] V. A. Nervi, *Beni comuni e ruolo del contratto*, in *Rass. dir. civ.*, 2014, 185.

conservazione del bene, trascurata a vantaggio del profilo circolatorio[11]. Gli interessi sottesi alle istanze di sviluppo sostenibile hanno richiesto un ripensamento non soltanto della categoria della proprietà, ma, altresì, di quella del contratto[12], anche di diritto privato, quale strumento di attuazione di politiche di sostenibilità. Autorevole dottrina ha affermato che, analizzando i temi dello sviluppo sostabile e del contratto ecologico secondo uno schema dialettico, emerge che la «tesi» è lo sviluppo, motore del progresso economico sociale; «l'antitesi» è la sostenibilità, quale limite allo sviluppo indiscriminato e abusivo; la «sintesi» è il contratto ecologico, quale strumento attuativo dello sviluppo umano sostenibile, inteso come diverso modo di soddisfare i bisogni, ispirato all'integrazione virtuosa dell'interesse ambientale anche a vantaggio delle generazioni future[13].

Ci si chiede, però, come si approdi ad una tale ricostruzione, vista la distanza rispetto alla teorica del contratto in generale.

2. Conformazione del contratto e principi costituzionali

Il contratto come istituto tipico del diritto privato, infatti, è stato costruito e teorizzato come strumento volto alla realizzazione di interessi individuali e, per ciò stesso, egoistici o, comunque, insensibili a più generali istanze ad essi trascendenti. La stessa definizione dell'art. 1321 c.c., delineando il contratto quale fonte di rapporti giuridici di carattere patrimoniale, pone l'accento sulla necessaria presenza di interessi economici e, dunque, sulla convenienza che muove le parti alla sua conclusione. In tal senso, quindi, la funzione del contratto è stata ritagliata su quella dello scambio. Tuttavia, la pluralità di interessi, anche non patrimoniali, come l'interesse allo sviluppo sostenibile, ha portato taluni a ripensare all'essenza patrimoniale della categoria[14]. Pertanto, la funzione del contratto si evolve, dalla tradizionale

[11] V. S. Persia, *Proprietà e contratto nel paradigma del Diritto civile "sostenibile"*, in *Riv. quadrim. dir. amb.*, 2018, 7 ss.

[12] V. A. Nervi, *Beni comuni e ruolo del contratto*, cit., 51, il quale ricorda che «esiste anche un'altra dimensione dell'istituto contrattuale, […] precipuamente organizzatoria: il contratto costituisce il mezzo attraverso il quale due o più soggetti coordinano tra loro lo svolgimento in comune di una determinata attività giuridica, i cui effetti trascendono la loro dimensione individuale».

[13] V. M. Pennasilico, *Sviluppo sostenibile e "contratto ecologico": un altro modo di soddisfare i propri bisogni*, in Id (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale*, Napoli, 2016, 1291.

[14] L'analisi «ecologica» del contratto e, più in generale, l'esperienza giuridica attuale pongono in evidenza che la categoria del contratto, tradizionalmente ancorata al ruolo di accordo patrimoniale, «è ormai da concepire come un modello aperto, elastico, fisiologicamente funzionale alla realizzazione di interessi anche di natura non patrimoniale», così, v. M. Pennasilico, *Art. 1321*, in *Codice civile annotato con la dottrina e la giurisprudenza*, (a

funzione di scambio o circolazione di beni individuali, a quella di godimento e gestione di beni comuni[15] (*i.e.*: ambiente, biodiversità, ecosistemi). Le suddette teorizzazioni trovano appiglio nel c.d. codice dell'ambiente ove, in tema di danno ambientale, è previsto che ogni attività umana, pubblica o privata, purché giuridicamente rilevante, «deve conformarsi al principio dello sviluppo sostenibile»[16], in modo da individuare un rapporto equilibrato tra risorse da risparmiare e da trasmettere, affinché nelle dinamiche della produzione e del consumo «si inserisca altresì il principio di solidarietà per salvaguardare e per migliorare la qualità dell'ambiente anche futuro»[17]. La tutela dell'ambiente deve essere garantita, anche, dai soggetti privati[18], con la conseguenza che la stessa iniziativa economica privata è giudicata meritevole di tutela se rispetta l'ambiente e le esigenze delle generazioni future[19]. Emergono, così, i principi dello sviluppo sostenibile e della solidarietà sociale la cui competenza statale è sancita dall'art. 117, c. 2, lett. s) Cost. Si rileva, inoltre, che l'aspirazione dei privati alla realizzazione dell'interesse ambientale trova fondamento nella Costituzione nel c.d. principio di sussidiarietà orizzontale che legittima «l'autonoma iniziativa dei cittadini, singoli o associati, per lo svolgimento di attività di interesse generale»[20]. La tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi, inoltre, a seguito della recente riforma degli artt. 9 e 41 Cost.[21], diviene esplicitamente un compito della Repubblica, anche nell'interesse delle future generazioni (art. 9, c. 3 Cost.). E, così, l'interesse ambientale diviene oggi *limite interno* all'agire negoziale, ove si consideri che l'iniziativa economica privata non può svolgersi in modo da recare danno all'ambiente (art. 41, c. 2, Cost.) e che l'indirizzo e il coordinamento dell'attività economica pubblica e privata può essere orientano anche a fini ambientali (art.

cura di) G. Perlingieri, Napoli, 2010, 353 ss., spec. 359 s.; P. Perlingieri, *Nuovi Profili del contratto*, in *Rass. Dir. Civ.*, 2000, 545 ss.; v. anche C. Dionisi, *Verso la "depatrimonializzazione" del diritto privato*, in *Rass. Dir. civ.*, 1980, 644 ss.

[15] V. A. Nervi, *Beni comuni*, cit., 180 ss.

[16] V. art. 3-*quater*, comma 1, d.lgs. n. 152/2016.

[17] V. art. 3-*quater*, comma 3, d.lgs. n. 152/2016.

[18] V. art. 3-*ter*, d.lgs. n. 152/2016.

[19] V. M. Pennasilico, *Contratto e uso responsabile delle risorse naturali*, in *Rass. Dir. Civ.*, 2014, 753 ss.

[20] V. art. 118, comma 4, cost.

[21] V. F. Fracchia, *L'ambiente nell'art. 9 della Costituzione: un approccio in "negativo"*, in *Dir. econ.*, 1/2022, 15 ss.; v., altresì, M. Cecchetti, *La revisione degli artt. 9 e 41 della Costituzione e il valore costituzionale dell'ambiente: tra rischi scongiurati, qualche virtuosità (anche) innovativa e molte lacune*, in *Forum quad. cost.li*, 2021, 285 ss.

41, c. 3, Cost.)[22]. Con la conseguenza che il contratto, da strumento di sola regolazione degli interessi patrimoniali, individuali ed egoistici delle parti[23], si orienta verso il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità in una prospettiva di tutela degli interessi delle generazioni future[24].

3. Tendenze al ripensamento della categoria del contratto: il caso del «contratto ecologico»

Alla luce dell'incidenza dell'interesse ambientale sulle categorie tradizionali, quindi, si è posto il problema di una revisione della categoria del contratto[25] e, conseguentemente, di accreditare come nuovo paradigma contrattuale il «contratto ecologico»[26]. Si è detto che esso ha in comune con i contratti dei consumatori e tra imprenditori l'asimmetria informativa, con conseguente necessità di riequilibrare i rapporti negoziali dispari, ma che, tuttavia, da questi si differenzia perché l'interesse ambientale entra a far parte della *causa* del contratto, così enfatizzando il profilo della doverosità dell'uso razionale delle risorse naturali, anche nella prospettiva di tutela delle generazioni future. Il principio dello sviluppo sostenibile viene elevato a parametro di meritevolezza del contratto ecologico, con la conseguenza che un contratto, pur presentando una causa lecita, potrebbe non essere meritevole di tutela qualora non sia in grado di realizzare l'interesse ambientale[27]. Il ruolo centrale dell'interesse ambientale, *rectius* dello sviluppo sostenibile, determina, quindi, una conformazione

[22] V. M. Pennasilico, *Fonti e principi di diritto civile dell'ambiente*, in Id (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, Napoli, 2014, 27.
[23] In tal senso, M. Pennasilico, *Contratto e uso responsabile*, cit., 753 ss.
[24] V. R. Bifulco, *Futuro e costituzione. Premesse per uno studio sulla responsabilità verso le generazione venture*, in A. Tarantino e R. Corsano (a cura di), *Diritti umani, biopolitica e globalizzazione*, Milano, 2006, 37 ss.
[25] Un tentativo di ripensare le più classiche categorie del diritto civile si deve a N. Lipari, *Le categorie del diritto civile*, Milano, 2013, 166.
[26] V. M. Pennasilico, *Contratto e uso responsabile*, cit., 767 ss.
[27] Secondo C.M. Bianca, *Contratto europeo e principio causalista*, in M. Paradiso (a cura di), *I mobili confini dell'autonomia privata*, Atti del Convegno di studi in onore del Prof. C. Lazzara, Catania 12-14 settembre 2002, Milano, 2005, 387 ss., spec. 402, «La libertà contrattuale non può esercitarsi al fine di perseguire interessi contrastanti con l'utilità sociale (art. 41, comma 2, cost.), sì che immeritevoli di tutela secondo l'ordinamento giuridico saranno gli interessi *socialmente dannosi*. La dannosità sociale deve ravvisarsi ogni qual volta il contratto miri a pregiudicare beni o valori che la società riconosce come propri: l'ambiente, l'occupazione, l'eguaglianza sostanziale, l'informazione, l'educazione, ecc. Devono, così, reputarsi nulli per immeritevolezza degli interessi perseguiti «i contratti che, ad es., abbiano a programma il degrado ambientale di una determinata zona». Cfr. C.M. Bianca, *Contratto europeo*, cit., 403.

dell'autonomia negoziale[28], con conseguenze rilevanti anche sul piano della sua formazione, interpretazione, integrazione ed esecuzione.

La c.d. analisi «ecologica» della categoria del contratto pone, pertanto, in evidenza che la nozione di contratto (di cui all'art. 1321 c.c.) deve essere integrata dai principi di solidarietà e di sostenibilità nell'uso responsabile delle risorse naturali[29]. Da tale analisi discende che il contratto non risulterebbe solo fonte di rapporti giuridici patrimoniali, bensì fonte di rapporti giuridici patrimoniali sostenibili.

Di talchè, il contratto ecologico, in ossequio ai principi di cui all'art. 3, c. 2 Cost., si propone il «pieno sviluppo della persona umana», anche nella declinazione della protezione delle generazioni future. Ciò ha portato ad affermare che lo stesso potrebbe atteggiarsi come contratto a *protezione di terzi indeterminati*[30]. Così, il nuovo modello contrattuale supererebbe uno dei tradizionali dogmi sui quali si fonda il principio della relatività degli effetti del contratto di cui all'art. 1372 c.c., e giustifica la tutela di quei terzi sui quali incide seppur solo in via riflessa[31]. Si è ritenuto, infatti, che se l'atto negoziale incide sull'ambiente, inteso come bene comune, deve escludersi che gli effetti di quell'atto possano essere limitati alle parti contraenti e che solo ad esse sia riservata la tutela riferita ai suoi effetti.

Pertanto, in un percorso verso un differente approccio all'economia e ai consumi nell'acquisto di beni e servizi si deve tener conto non più soltanto del prezzo e della qualità dei prodotti, ma della sostenibilità ambientale della filiera produttiva e della solidarietà tra i produttori e consumatori[32]. Il contratto ecologico diventa, quindi, lo strumento elettivo per

[28] V. M. Pennasilico, *Contratto ecologico e conformazione dell'autonomia negoziale*, in *Riv. Quadr. Dir. amb.*, 2017, 17; *contra*, v. S. Pagliantini, *Sul c.d. contratto ecologico*, in *Nuov. Giur. Civ. Comm.*, 2016, 340, laddove afferma che, il contratto ecologico, inteso come fattispecie costitutiva di rapporti patrimoniali ecosostenibili, «è una (lodevole) provocazione argomentativa più che l'avvio di una riconcettualizzazione categoriale».

[29] V. P. Perlingieri, *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-comunitario delle fonti*, Napoli, 2006, *passim*.

[30] V. G. Corso, *Categorie giuridiche e diritto delle generazioni future* in Astone F., Manganaro F., Romano Tassone A., Saitta F., (a cura di), *Cittadinanza e diritti delle generazioni future*, (Atti del Convegno di Copanello, 3-4 luglio 2009), Soveria Mannelli, 2010, 9 ss.; v., anche, M. Pennasilico, *Sviluppo sostenibile e "contratto ecologico": un altro modo di soddisfare i propri bisogni*, cit., 316.

[31] V. P. Perlingieri, *Persona, ambiente e sviluppo*, in Pennasilico M. (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale*, Napoli, 2016, 324, ove, sulla portata dell'art. 1372 c.c., afferma che la norma «non dice che il contratto ha forza di legge *soltanto* tra le parti, senza che possa essere considerato un punto di riferimento anche per altri che parti non sono».

[32] V. F. Forno, P.R. Graziano, *Il consumo critico*, cit., *passim*.

costruire un nuovo modello di «economia circolare»[33] cui aspira l'Agenda 2030. Sebbene esso non sia ancora una categoria normativa disciplinata dalla legge le suindicate considerazioni inducono a sostenere che costituisca un'ipotesi di lavoro[34] mediante la quale approdare, nel tempo, chissà, ad un cambio del paradigma contrattuale. In tal modo, arrivando ad incidere su categorie consolidate come quella del contratto che già, secondo autorevole dottrina non evoca «più alla mente dell'operatore un sicuro punto di riferimento concettuale»[35] perché si stempera in una serie variegata di situazioni tra le quali non può non rientrare l'interesse allo sviluppo sostenibile.

4. Bibliografia

Alpa G., *Dalla tutela dell'ambiente al riconoscimento della "natura" come soggetto di diritto. Una rivisitazione delle categorie del diritto civile?*, in *Riv. crit. dir. priv.*, 2020, 455 ss.

Bianca C.M., *Contratto europeo e principio causalista*, in M. Paradiso (a cura di), *I mobili confini dell'autonomia privata*, Atti del Convegno di studi in onore del Prof. C. Lazzara, Catania 12-14 settembre 2002, Milano, 2005, 387 ss., spec. 402.

Bifulco R., *Futuro e costituzione. Premesse per uno studio sulla responsabilità verso le generazione venture*, in A. Tarantino e R. Corsano (a cura di), *Diritti umani, biopolitica e globalizzazione*, Milano, 2006, 37 ss.

Caterini E., *Proprietà*, in *Tratt. Dir. civ. CNN*, diretto da P. Perlingieri, Napoli, 2005, 83.

Cecchetti M., *La revisione degli artt. 9 e 41 della Costituzione e il valore costituzionale dell'ambiente: tra rischi scongiurati, qualche virtuosità (anche) innovativa e molte lacune*, in *Forum quad. cost.li*, 2021, 285 ss.

[33] V. M. Pennasilico, *Sviluppo sostenibile e «contratto ecologico*, cit., 1321, ove sul tema afferma che: «Questo tipo di economia comporta l'abbandono graduale del modello economico lineare, basato sul semplice schema produzione-consumo-smaltimento, nel quale ogni prodotto è destinato a giungere al fine vita. Nell'ambizioso programma dell'economia circolare, invece, i prodotti dovrebbero conservare il proprio valore aggiunto il più a lungo possibile, restando all'interno del sistema economico anche alla fine del ciclo di vita primario, in modo da essere riutilizzati più volte ai fini produttivi e creare così nuovo valore. In tal senso, sono le comunicazioni della Commissione UE, COM(2014) 398, Verso un'economia circolare: programma per un'Europa a zero rifiuti».

[34] V. A. Jannarelli, *Principi ambientali e conformazione dell'autonomia negoziale: considerazioni generali*, in M. Pennasilico (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale*, Napoli, 2016, 22.

[35] V. P. Perlingieri, *Persona, ambiente e sviluppo*, cit., 327.

Corso G., *Categorie giuridiche e diritto delle generazioni future* in Astone F., Manganaro F., Romano Tassone A., Saitta F., (a cura di), *Cittadinanza e diritti delle generazioni future*, (Atti del Convegno di Copanello, 3-4 luglio 2009), Soveria Mannelli, 2010, 9 ss.

Di Benedetto T., *La "conversione ecologica" della proprietà privata*, in *Riv. quad. dir. amb.*, 2020, 122 ss.

Donisi C., *Verso la "depatrimonializzazione" del diritto privato*, in *Rass. dir. civ.*, 1980, 644 ss.

Forno F., Graziano P.R., *Il consumo critico. Una relazione solidale tra chi acquista e chi produce*, Bologna, 2016, 8 ss.

Fracchia F., *L'ambiente nell'art. 9 della Costituzione: un approccio in "negativo"*, in *Dir. econ.*, 1/2022, 15 ss.

Gambaro A., *Il diritto di proprietà*, in *Tratt. Dir. civ. e comm.* diretto da Cicu e Messineo, Milano, 1995, 214 ss.

Jannarelli A., *Principi ambientali e conformazione dell'autonomia negoziale: considerazioni generali*, in M. Pennasilico (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale*, Napoli, 2016, 22.

Libertini M., *Persona, ambiente e sviluppo: ripensare la teoria dei beni,* in *Benessere e regole dei rapporti civili - Lo sviluppo oltre la crisi, Atti del 9° Convegno Nazionale in ricordo di Giovanni Gabrielli*, Napoli, 2014, 479-492.

Lipari N., *Le categorie del diritto civile*, Milano, 2013, 166.

Nervi A., *Beni comuni e ruolo del contratto*, in *Rass. dir. civ.*, 2014, 185.

Pagliantini S., *Sul c.d. contratto ecologico*, in *Nuov. Giur. Civ. Comm.*, 2016, 340.

Pennasilico M., *"Proprietà ambientale" e "contratto ecologico": un altro modo di soddisfare i bisogni*, in *Arch. Scialoja-Bolla*, 2018, 67 ss.

Pennasilico M., *Art. 1321*, in *Codice civile annotato con la dottrina e la giurisprudenza*, (a cura di) G. Perlingieri, Napoli, 2010, 353 ss., spec. 359 s.

Pennasilico M., *Contratto e uso responsabile delle risorse naturali*, in *Rass. Dir. Civ.*, 2014, 753 ss.

Pennasilico M., *Fonti e principi di diritto civile dell'ambiente*, in Id (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, Napoli, 2014, 27.

Pennasilico M., *Sviluppo sostenibile e "contratto ecologico": un altro modo di soddisfare i propri bisogni*, in Id (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale,* Napoli, 2016, 1291.

Pennasilico M., *Contratto ecologico e conformazione dell'autonomia negoziale*, in *Riv. Quadr. Dir. amb.*, 2017, 17.

Pennasilico M., *Sviluppo sostenibile e «contratto ecologico»: un altro modo di soddisfare i bisogni*, in *Rass. Dir. civ.*, 2016, 1321.

Perlingieri P., *I diritti umani come base dello sviluppo sostenibile. Aspetti giuridici e sociologici*, (2000), in Id, *La persona e i suoi diritti. Problemi di diritto civile*, Napoli, 2005, 71 ss.

Perlingieri P., *Nuovi Profili del contratto*, in *Rass. Dir. Civ.*, 2000, 545 ss.

Perlingieri P., *Il diritto civile nella legalità costituzionale secondo il sistema italo-comunitario delle fonti*, Napoli, 2006, *passim*.

Perlingieri P., *Persona, ambiente e sviluppo*, in Pennasilico M. (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale*, Napoli, 2016, 324.

Persia S., *Proprietà e contratto nel paradigma del Diritto civile "sostenibile"*, in *Riv. quadrim. dir. amb.*, 2018, 7 ss.

Susanna Cappuccio

CONSUMO RESPONSABILE E SVILUPPO SOSTENIBILE: IL RUOLO DELL'INFORMAZIONE

1. Lo sviluppo sostenibile come fenomeno multidimensionale. – 2. La nuova frontiera del consumo per la sostenibilità nella "società dei consumi". – 3. Il ruolo dell'informazione per un consumo responsabile e sostenibile in ambito sociale, ambientale ed economico. – 4. Bibliografia.

1. Lo sviluppo sostenibile come fenomeno multidimensionale

Il concetto di sviluppo sostenibile si registra per la prima volta nel Rapporto *Brundtland* del 1987[1], dal titolo «Our common future», stilato e reso pubblico dalla Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, in seno alle Nazioni Unite, in cui si afferma che può essere considerato sostenibile quel modello di sviluppo in grado di garantire il soddisfacimento dei bisogni della generazione presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di perseguire i propri, al fine di realizzare l'equità sociale[2].

Si afferma un concetto multidimensionale di sostenibilità che, coniugando e bilanciando il profilo ambientale con quello economico-sociale, sia in grado di far coesistere le esigenze del mercato con la protezione dell'ambiente, anche nell'ottica di promuovere e garantire il pieno sviluppo della persona umana[3].

[1] Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future. Per la definizione v. §3. *Sustainable Development* - 27. *Humanity has the ability to make development sustainable to ensure that it meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*.

[2] Il concetto di equità sociale, intesa sia come equità intra-generazionale (tra i popoli), sia come equità inter-generazionale (tra generazioni) implica, nella prima accezione parità di accesso e di utilizzo delle risorse (ambientali, economiche, sociali e culturali) da parte di tutta la popolazione mondiale, nella seconda accezione, invece, pari opportunità fra successive generazioni, cioè operare senza precludere alle generazioni future la fruizione dell'ecosistema e delle sue risorse nei modi e nella misura in cui ne fruiscono le presenti generazioni. Per un commento al rapporto, v. S. Manservisi, *Il principio dello sviluppo sostenibile: da Rio+20 al diritto dell'Unione europea e il suo fondamentale ruolo nel diritto agrario*, in Sgarbanti G., Borghi P., Germanò A. (a cura di), *Il divenire del diritto agrario italiano ed europeo tra sviluppi tecnologici e sostenibilità*, Milano, 2014, 201 ss.

[3] Su come i diritti fondamentali orientano il concetto di sviluppo sostenibile, cfr. P. Perlingieri, *I diritti umani come base dello sviluppo sostenibile. Aspetti giuridici e sociologici*, in ID, *La persona e i suoi diritti. Problemi di diritto civile*, Napoli, 2005, 73 ss. Già l'autore aveva sottolineato l'esistenza di un nesso inscindibile tra ambiente

Alla luce delle recenti modifiche della Carta costituzionale e delle previsioni contenute nell'Agenda 2030, al di là del dibattito se siano stati introdotti obblighi di risultato o piuttosto di mezzi in capo agli Stati rispetto alla concreta attuazione della tutela ambientale e dello sviluppo sostenibile[4], è indubbio che si impone in capo a ciascun individuo un comportamento responsabile che determini un cambiamento nei meccanismi di produzione e di consumo in una direzione più equa, verso la conservazione e la ricanalizzazione delle risorse[5]. È innegabile, infatti, che la tutela e la salvaguardia dell'ambiente non può essere rimessa solo alle iniziative degli Stati, ma richiede una partecipazione del privato sul quale gravano doveri di natura intergenerazionale[6].

L'esigenza di tutelare l'ambiente e di salvaguardare le risorse naturali a beneficio delle generazioni presenti e future era già stata affermata nella Dichiarazione di Stoccolma sull'ambiente umano[7] che ha sollecitato l'avvio di un percorso volto ad adottare uno sviluppo

e tutela della persona, precisando che «la scelta personalistica [...] configura l'ambiente come strumento privilegiato della persona umana. La tutela dell'ambiente non può non essere in funzione del pieno sviluppo dell'uomo». Cfr. *Persona, ambiente e sviluppo*, in Pennasilico M. (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale, Atti del Convegno di Bari, 22-23 ottobre 2015,* Napoli, 2016, 323 ss. V., altresì, A. Flamini, *Danno ambientale*, in Perlingieri P. (a cura di), *Temi e problemi della civilistica contemporanea. Venticinque anni della Rassegna di diritto civile, Atti del Convegno di Telese Terme (BN), 16-18 dicembre 2004*, Napoli, 2005, 442, il quale rileva che «l'ambiente, come la salute, è un valore da attuare nel massimo grado possibile, che non dà vita soltanto ad una situazione soggettiva atipica qual è l'interesse diffuso, ma si individualizza anche nella situazione soggettiva tipica del diritto soggettivo e come tale deve avere la necessaria tutela»; cfr., altresì, A. Malomo, *Ambiente e pluralità di interessi coinvolti*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, 2014, 361 ss.; M. Pennasilico, *La nozione giuridica di ambiente nella prospettiva sistematica e assiologica*, in Pennasilico M. (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, Napoli, 2014, 16 ss.

[4] V. Barral, *Sustainable Development in International Law: Nature and Operation of an Evolutive Legal Norm*, in *European Journal of International Law (EJIL)*, vol. 23, 2012, 377 ss.

[5] E. Frumento, *Lo stato ambientale e le generazioni future: per una tutela del diritto fondamentale all'ambiente*, in *AmbienteDiritto.it*, 2003.

[6] In tal senso, v. R. Míguez Núñez, *Brevi osservazioni sui doveri intergenerazionali a tutela dell'ambiente*, in *Dir. econ.*, 2022, 87 ss., il quale pone in evidenza che «la tutela dell'ambiente si svolge attraverso i doveri di natura intergenerazionale e la tutela delle generazioni – presenti e future – si svolge attraverso il dovere ambientale»; M. Pennasilico, *La "sostenibilità ambientale" nella dimensione civil-costituzionale: verso un diritto dello "sviluppo umano ed ecologico"*, in *Riv. quadr. dir. amb.*, 2020, 26 ss., secondo il quale il «coinvolgimento dei privati nella realizzazione dell'interesse ambientale trova [...] il proprio fondamento nel principio di sussidiarietà orizzontale».

[7] Dichiarazione delle Nazioni Unite alla Conferenza «sull'Ambiente Umano» tenutasi a Stoccolma dal 5 a 16 giugno 1972. Al principio 1 si stabilisce «il dovere solenne di proteggere e migliorare l'ambiente a favore delle generazioni presenti e future» e, al principio 2, che «Le risorse naturali della Terra ivi comprese l'aria, l'acqua, la terra, la flora e la fauna, e particolarmente i campioni rappresentativi degli ecosistemi naturali, devono essere preservati nell'interesse delle generazioni presenti e future».

compatibile con la salvaguardia delle risorse naturali, secondo criteri di equa distribuzione e di pianificazione razionale[8].

I principi sopra indicati sono stati enunciati anche nella successiva Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e lo Sviluppo[9], conosciuta anche come il «Summit della Terra» o «Eco92», volta a definire i diritti, le responsabilità e i doveri universali delle nazioni inerenti allo sviluppo sostenibile[10], imprescindibilmente legati al principio di integrazione delle dinamiche ambientali nel processo di sviluppo economico[11].

Un impulso decisivo alla sfida dello sviluppo sostenibile è stato dato dalla Agenda 21[12], documento internazionale di intenti ed obiettivi programmatici su ambiente, economia e società, dal quale emerge la necessità di armonizzare le varie politiche in materia economica, sociale ed ambientale al fine di rendere lo sviluppo economico compatibile con la protezione delle risorse naturali nell'interesse delle generazioni future.

In questo quadro, volto ad affermare la multidimensionalità del concetto di sviluppo sostenibile, si inseriscono, per un verso, la Strategia Europea per lo sviluppo sostenibile 2006, presentata a Bruxelles, nella quale sono stati individuati temi di fondamentale importanza, quali, cambiamenti climatici ed energia pulita, consumo e produzione sostenibili, conservazione e gestione delle risorse naturali e povertà mondiale e, per altro verso, la Conferenza sullo sviluppo sostenibile, nota come Rio+20[13], che ha introdotto il concetto di *green economy*[14], da intendersi come «come transizione verso un'economia verde (adattata al contesto nazionale), che non sia solo un miglioramento ambientale, ma un nuovo paradigma che cerchi di alleviare minacce globali come il cambiamento climatico, la perdita di

[8] In tal senso il principio n. 13 della Dichiarazione dispone che gli Stati sono tenuti ad adottare un «approccio coordinato delle loro pianificazioni dello sviluppo in modo tale che il loro progresso sia compatibile con la necessità di proteggere e migliorare l'ambiente».

[9] Dichiarazione di Rio sull'Ambiente e lo Sviluppo, 3-14 giugno 1992.

[10] Per una ricostruzione v. L. Pineschi, *Tutela dell'ambiente e assistenza allo sviluppo: dalla Conferenza di Stoccolma (1972) alla Conferenza di Rio (1992)*, in *Riv. giur. ambiente*, 1994, 494 ss.

[11] Ai sensi del principio n. 4 della Dichiarazione di Rio, «la tutela dell'ambiente costituirà parte integrante del processo di sviluppo e non potrà essere considerata separatamente da questo».

[12] Programma internazionale sottoscritto, in occasione della Conferenza delle Nazioni Unite su Ambiente e Sviluppo (UNCED) svoltasi a Rio de Janeiro nel giugno 1992, da oltre 170 Paesi.

[13] Conferenza dell'ONU sullo sviluppo sostenibile tenutasi a giugno 2012 a Rio de Janeiro.

[14] Il punto 56 del documento definisce la *green economy* come «uno degli strumenti importanti disponibili per il raggiungimento dello sviluppo sostenibile e che potrebbe fornire opportunità per i *policymaker*» così da «conseguire l'obiettivo primario dello sviluppo sostenibile nelle sue tre dimensioni».

biodiversità, la desertificazione, l'esaurimento delle risorse naturali e al tempo stesso promuovere un benessere sociale ed economico».

Emerge quindi un concetto dinamico di sviluppo sostenibile che, seppur privo di definizione giuridica[15], è radicato nel diritto internazionale[16], la cui ultima tappa è rappresentata dall'Agenda 2030[17] che sottolinea l'importanza della cooperazione internazionale nella integrazione delle tre aree di intervento, ambientale, sociale ed economica[18].

Le nuove sfide legate alla tutela ambientale hanno spinto il legislatore europeo ad imporre agli Stati membri della Unione Europea di integrare le proprie politiche per tutelare e migliorare l'ambiente garantendo uno «sviluppo sostenibile»[19].

Occorre, inoltre segnalare che la recente riforma degli articoli 9 e 41 della Costituzione[20] ha riconosciuto l'ambiente come diritto fondamentale per la cui tutela ciascuno è tenuto a ricoprire un ruolo attivo e, per altro verso, ha declinato una «responsabilità ambientale di impresa». Si tratta di un passo in avanti nella costruzione di un mondo più ecosostenibile, in cui attività economica e consumo responsabile concorrono alla tutela ambientale.

[15] In tal senso, G. Cordini, *Diritto ambientale comparato*, Padova, 1997, 35, secondo il quale la definizione del concetto di sviluppo sostenibile è problematica, perché, da tale concezione è possibile far derivare una molteplicità di alternative. Già il termine sviluppo si presta a vari e difformi significati e può essere utilizzato in distinti contesti. L'accostamento con l'aggettivo sostenibile rappresenta una complicazione, dato che induce a considerare limiti e condizioni dello sviluppo, che non possono essere classificati in modo oggettivo ed in senso universale. Se mutano il contesto storico e l'ambito sociale, cambiano anche i significati.

[16] In ambito internazionale si segnala la recente risoluzione adottata, il 29 luglio 2022, dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite sul diritto umano a un ambiente pulito, sano e sostenibile.

[17] Si tratta di un piano di azione per il progresso globale, adottato il 25 settembre 2015 dall'Assemblea generale delle Nazioni unite, con l'obiettivo di adottare stili di vita più sostenibili che contribuiscano a promuovere lo sviluppo di un mercato più «ecologico». Tale programma, finalizzato a sradicare la povertà, proteggere il pianeta e garantire la prosperità e la pace, comprende 17 obiettivi che gli Stati si sono impegnati a raggiungere entro il 2030, ciascuno dei quali al proprio interno prevede dei traguardi specifici, per un totale di 169 *target*.

[18] V. M. Montini, *L'interazione tra gli SDGs ed il principio dello sviluppo sostenibile per l'attuazione del diritto internazionale dell'ambiente*, n. 9/2019, in *Federalismi.it*, secondo il quale con l'adozione degli SDGs e dell'Agenda 2030 «gli Stati hanno affermato che lo sviluppo sostenibile deve costituire il principio cardine delle politiche interne in materia economica, nell'ottica di una sempre più stretta correlazione tra le tre dimensioni di tale principio».

[19] La salvaguardia del principio della tutela ambientale e il miglioramento della sua qualità, conformemente al principio dello sviluppo sostenibile, si rinviene nell'art. 37 della Carta dei Diritti fondamentali dell'UE, approvata il 13 ottobre 2000, e proclamata a Nizza nel dicembre 2000.

[20] V. l. costituzionale n. 1/2022, recante «Modifiche agli articoli 9 e 41 della Costituzione in materia di tutela dell'ambiente».

2. La nuova frontiera del consumo per la sostenibilità nella "società dei consumi"

Il quadro normativo sopra richiamato sottolinea la necessità di una maggiore etica ambientale che coinvolga tanto le amministrazioni pubbliche quanto ogni individuo, a cui l'ordinamento richiede l'adempimento di doveri ambientali.

In questa logica particolare rilievo assumono il consumo e la produzione responsabili, specificatamente indicati nel *goal* 12 dell'Agenda 2030 che promuove la gestione e l'uso efficiente delle risorse naturali, oltre alla riduzione della produzione di rifiuti e il dimezzamento dello spreco *pro capite* globale di rifiuti alimentari, ma anche l'integrazione, da parte delle imprese, di informazioni sulla sostenibilità nelle loro relazioni periodiche e l'impegno affinché le persone abbiano in tutto il mondo le informazioni rilevanti e la consapevolezza in tema di sviluppo sostenibile e stili di vita in armonia con la natura.

Al consumatore è richiesta la capacità di trasformare la passività del consumo nell'attivismo della scelta considerando non solo i fattori legati al prezzo e alla qualità del prodotto ma anche gli aspetti sociali e ambientali che riguardano la filiera di produzione[21].

L'obiettivo può essere perseguito adottando pratiche di acquisto consapevoli e responsabili[22], frutto di un'attenta riflessione sugli effetti che queste possono produrre sull'ambiente, sulla società e sulla salute individuale e collettiva. Orientare le scelte di consumo verso prodotti dotati delle caratteristiche di sostenibilità, arginando gli impatti pubblicitari e le tendenze sociali, contribuisce a ridurre gli sprechi, l'utilizzo delle risorse naturali, le emissioni di inquinamento e rifiuti e, dunque, l'impatto sull'ambiente.

Il consumo responsabile e consapevole è un approccio all'acquisto e all'utilizzo di prodotti e servizi che tiene conto degli impatti sociali ed ambientali nonché degli effetti economici[23].

[21] La più recente normativa europea *focus* sul *consumers' empowerment* delinea un modello di consumatore in grado di essere attore del mercato, informato, consapevole e responsabile delle implicazioni non solo economiche ma anche ambientali, sociali ed etiche delle proprie scelte di consumo.

[22] Ad esempio, raccogliere informazioni sugli ingredienti, sui metodi di produzione, sugli impatti ambientali e sulle pratiche aziendali, privilegiare prodotti a bassa impronta ambientale e che siano rispettosi dell'etica (prodotti riciclabili, biodegradabili, realizzati con fonti rinnovabili), ridurre al minimo gli sprechi, riutilizzare, riparare e riciclare gli oggetti, ridurre il consumo di plastica e l'uso di energia e acqua, scegliere aziende che adottano politiche sociali ed ecologiche responsabili, che minimizzano l'impatto ambientale, che adottano pratiche etiche nel lavoro e nel commercio equo.

[23] Il riferimento è, per un verso, ai beni prodotti in modo etico e nel rispetto dei diritti dei lavoratori, alla scelta di prodotti locali e che abbiano un impatto positivo sulla società, ai prodotti a basso impatto ambientale, a basso consumo energetico, ai prodotti riciclabili o compostabili e, per altro verso, alla sostenibilità dei processi produttivi da attuare attraverso il passaggio dall'economia lineare a quella circolare. La dottrina civilistica ha

Il consumatore diventa responsabile se agisce nel mercato con la consapevolezza di avere il dovere morale di far sì che le proprie scelte di acquisto non producano effetti negativi sia a livello ambientale che sociale[24].

La sfida è, quindi, quella di ripensare il consumo tradizionale passando da una logica del prezzo più conveniente ad un'attenzione ai bisogni delle persone nel rispetto dell'ambiente, privilegiando quei prodotti che tutelano la natura, i diritti, la socialità, al fine di garantire alle future generazioni la possibilità di fruire di un ambiente non del tutto compromesso.

In questa direzione appare significativo il progetto «Consuma Consapevole e Responsabile»[25] che si pone in linea con atti internazionali di *soft law*[26], il cui obiettivo principale è quello di accrescere la conoscenza e l'educazione dei cittadini consumatori verso un consumo consapevole e responsabile, promuovendo principi virtuosi, di etica e di stili di vita responsabili, tramite attività di lotta allo spreco di risorse ed educazione al risparmio[27].

Un approccio critico al consumo in attuazione dei principi di equità, solidarietà e sostenibilità degli acquisti si può realizzare altresì attraverso un'economia solidale e aggregata.

A tal fine un ruolo significativo rivestono i Gruppi di Acquisto Solidale (GAS), disciplinati all'art. 1, comma 266, l. n. 244/2007[28], creati e organizzati in un'ottica di filiera corta che per

da tempo indicato "nel boicottaggio dei prodotti delle imprese senza etica negli affari (…) un segnale per recuperare il mercato all'etica", P. Perlingieri, *Mercato, solidarietà, e diritti umani*, in *Rass. dir. civ.*, 1995, 84 ss.; P. Perlingieri, *Il diritto dei contratti fra persona e mercato, Problemi del diritto civile*, Napoli, 2003, 250.

[24] Per una definizione di «consumatore responsabile», v. E. Jastrzębska, *The responsible consumer as an answer to new sustainable development challenges*, in *Ekonomia i Środowisko*, 2017, n. 1, 198 ss., secondo cui «*The responsible consumer understands that his choices bring about not only individual short-term consequences (satisfaction derived from consumption), but also long term individual and social results […]. He therefore, buys consciously, taking into account the consequences of his consumer choices, both on the environmental and on the social level (their effect on the surroundings, and also on the market itself)*».

[25] Progetto realizzato dalle Associazioni dei consumatori Codici, Utenti dei Servizi Radiotelevisivi e Codacons, finanziato dal Ministero dello Sviluppo Economico (DM 7 febbraio 2018).

[26] Il riferimento è alle Linee guida per la promozione dell'educazione del consumatore, emanate dal *Consumer Citizenship Network* (CCN) nel 2005 e allo studio dell'OCSE del 2007 su *CSR and Trade*, che sottolineano l'importanza della comunicazione e dell'informazione ai consumatori per implementare scelte di consumo responsabili verso l'ambiente e la società, anche al fine del contrasto alla società dei consumi.

[27] In occasione di una puntata di «Superquark», che si è aperta con un documentario della BBC della serie Un Pianeta Perfetto dal titolo «L'Uomo», Piero Angela ha tra l'altro sottolineato la necessità di modificare «i nostri consumi».

[28] Ai sensi dell'art. 1, comma 266, l. n. 244/2007, «sono definiti "gruppi di acquisto solidale" i soggetti associativi senza scopo di lucro costituiti al fine di svolgere attività di acquisto collettivo di beni e distribuzione dei medesimi, senza applicazione di alcun ricarico, esclusivamente agli aderenti, con finalità etiche, di solidarietà sociale e di sostenibilità ambientale, in diretta attuazione degli scopi istituzionali e con esclusione di attività di

ragioni legate all'etica, alla solidarietà e alla sostenibilità, acquistano presso piccoli produttori locali[29].

La responsabilizzazione, individuale e collettiva, per un consumo sostenibile e l'esigenza di sensibilizzare l'opinione pubblica sulla necessità della conservazione delle risorse naturali del pianeta hanno fatto sì che venisse istituita la Giornata internazionale della Terra[30] per la sostenibilità ambientale e la salvaguardia del pianeta[31], con l'obiettivo di generare il cambiamento che la Terra necessita per sopravvivere.

3. Il ruolo dell'informazione per un consumo responsabile e sostenibile in ambito sociale, ambientale ed economico

Un ruolo centrale per un consumo critico e responsabile assumono le iniziative di sensibilizzazione e di educazione[32] sulle tematiche legate alla sostenibilità, all'impatto ambientale e sociale e le attività di informazione specifica su *standard*, *label* ed etichette per indirizzare nella scelta dei prodotti.

somministrazione e di vendita». Cfr. B. Agostinelli, *"Gruppi di acquisto solidale": un nuovo modo di negoziare*, in *Riv. dir. civ.*, 2015, 1200 ss.

[29] L'acquisto di alimenti a filiera corta, intendendosi per tali i prodotti venduti nelle vicinanze del luogo di produzione, riduce l'impatto sull'ambiente dovuto al processo di produzione, confezionamento e trasporto, consente di ottenere un bene ad un prezzo più contenuto stante l'assenza di intermediari commerciali e, al contempo, valorizza e favorisce la produzione e l'economia locali.

[30] La Giornata della Terra, conosciuta come *Earth Day*, è l'evento *green*, festeggiato ogni anno, in cui sono celebrati l'ambiente e la salvaguardia del pianeta Terra. L'istituzione della Giornata mondiale della Terra si deve all'attivista John McConnell che, durante la Conferenza dell'Unesco tenutasi a San Francisco nell'ottobre del 1969, propose una giornata per celebrare la vita e la bellezza della Terra e per promuovere la pace. Tale iniziativa si inseriva in un contesto storico in cui si era acquisita la consapevolezza dei rischi dello sviluppo industriale legato al petrolio.

[31] Secondo Alessandro Galli, responsabile del programma per l'Area mediterranea, «Dobbiamo ripensare il concetto di benessere e chiederci veramente se la qualità della vita sia determinata sempre e solo dal consumare», tenuto conto che il ritmo con cui gli esseri umani stanno sfruttando le risorse della terra ha raggiunto livelli insostenibili, con la conseguenza che servirebbero quasi due pianeti per soddisfare i consumi della popolazione mondiale.

[32] Secondo i filosofi del diritto A. Punzi, *Conviene, all'impresa che persegue il profitto, agire in modo responsabile?*, in Ciaramelli F., Menga F.G. (a cura di), *Responsabilità verso le generazioni future. Una sfida al diritto all'etica e alla politica*, Napoli 2017, 378 s., l'educazione del consumatore riveste un ruolo centrale in quanto «non può escludersi che l'utente/consumatore, specie se adeguatamente educato, trasformi la propria decisione economica nell'attribuzione di un valore che da un lato possa rappresentarlo socialmente come portatore di preferenze responsabili, anziché come dissolto in una massa indistinta di fruitori passivi e acritici, dall'altro sugli assetti del mercato».

Il consumatore è un attore sociale che gode di un forte potere nell'orientare la produzione e la distribuzione dei beni verso politiche sostenibili, influenzando, con le proprie scelte di acquisto, l'ambiente e gli ecosistemi.

Affinché, però, i consumatori diventino consapevoli, cioè soggetti che assumono decisioni d'acquisto basate su una conoscenza approfondita dei prodotti e dei servizi disponibili sul mercato, è necessario che gli operatori economici predispongano strumenti di informazione specifica in relazione alla sostenibilità dei propri prodotti e della propria attività, al fine di consentire al consumatore di individuare sul mercato prodotti con le caratteristiche di sostenibilità desiderate e di potere, dunque, compiere una scelta ragionata sull'acquisto e sull'uso dei prodotti.

L'esigenza di responsabilizzare il consumatore attraverso un'adeguata informazione rappresenta uno degli obiettivi dell'Unione europea che ha emanato l'Agenda Europea dei Consumatori che si pone tra gli obiettivi quello di garantire la disponibilità di prodotti sostenibili sul mercato dell'UE e informazioni più adeguate che consentano ai consumatori di compiere scelte informate nonché quello di contrastare le pratiche commerciali *online* che violano il diritto dei consumatori di operare una scelta informata, abusano delle loro inclinazioni comportamentali o alterano i loro processi decisionali, come i «modelli oscuri» e la pubblicità occulta[33].

Già il Comitato economico e sociale europeo[34], al fine di valorizzare l'importanza che assume l'informazione, ha elaborato un parere d'iniziativa nel quale raccomanda di indicare la durata di vita o il numero di utilizzazioni stimate dei prodotti, in modo che il consumatore possa decidere del suo acquisto con piena cognizione di causa, privilegiando le informazioni pertinenti, necessarie, differenziate in base alla categoria di prodotto.

Emerge, dunque, che, anche e soprattutto nel settore di indagine, l'informazione assume un ruolo fondamentale nella dinamica delle attività umane essendo suscettibile di soddisfare

[33] Cfr. la nuova agenda dei consumatori «Misure a tutela dei consumatori europei 2020-2025», adottata il 13 novembre 2020 dalla Commissione Europea.

[34] Parere del Comitato economico e sociale europeo sul tema «Per un consumo più sostenibile: la durata di vita dei prodotti industriali e l'informazione dei consumatori per ripristinare la fiducia» (parere di iniziativa), 2014/C 67/05, in *Eur-lex*.

interessi reputabili meritevoli dall'ordinamento[35], sicché una informazione mancante o incompleta o non sufficientemente chiara influisce negativamente nella decisione di acquisto non favorendo la diffusione di prodotti sostenibili. Diversamente, informazioni veritiere, trasparenti, precise e comprensibili consentono al consumatore di orientare la sua scelta non più solo sulla base dell'abitudine, del «sentito dire» o valutando il prezzo e il suo rapporto con la qualità, ma anche in ragione della «storia» del prodotto e delle scelte effettuate dalle imprese produttrici[36].

Una decisione economica assunta secondo una simile logica potrebbe incidere sul sistema produttivo, direttamente, in quanto andrebbe a sostenere gli operatori economici che adottano politiche sostenibili e, indirettamente, in quanto indurrebbe le imprese «non sostenibili» ad assumere condotte responsabili pur di rimanere competitive nel mercato[37].

In quest'ottica appare imprescindibile facilitare il consumo sostenibile e l'economia circolare e in questa direzione si è, di recente, mossa la Commissione per l'ambiente, la sanità pubblica e la sicurezza alimentare (ENVI) che ha pubblicato una bozza di relazione sulla proposta di regolamentazione per la progettazione ecocompatibile dei prodotti sostenibili da parte della Commissione europea, cui ha fatto seguito la proposta del Consiglio UE riguardo nuove norme per migliorare l'etichettatura e la durabilità dei prodotti[38].

Secondo il Parlamento Europeo, il consumo sostenibile va di pari passo con la produzione sostenibile e, per questo, gli operatori economici dovrebbero essere incoraggiati a prendere in considerazione la durabilità dei prodotti e dei servizi dalla fase della progettazione fino all'immissione o alla fornitura sul mercato interno, in modo da garantire ai consumatori una scelta sicura, sostenibile, efficiente in termini di costi ed attraente[39]. Al fine di responsabilizzare i consumatori per una transizione verde si intendono predisporre strumenti

[35] V. P. Perlingieri, *L'informazione come bene giuridico*, in *Rass. dir. civ.*, 1990, 329 ss., il quale afferma che al di là dei tradizionali meccanismi di protezione (e classificazione), l'«informazione in sé» può comunque rappresentare un bene in senso giuridico, «punto di riferimento e contenuto di situazioni soggettive» ogniqualvolta possieda un'utilità giuridicamente rilevante.

[36] F. Gesualdi, *Manuale per un consumo responsabile. Dal boicottaggio al commercio equo e solidale (1999)*, Milano, 2002, 67-68; M. Lori, F. Volpi, *Scegliere il "bene". Indagine sul consumo responsabile*, Milano, 2007, 15. Sul consumo critico, si veda anche S. Tosi, *Il consumo critico*, in *Consumatori, Diritti e Mercato*, 1/2010, 102 ss.

[37] V. A. Punzi, *Conviene, all'impresa*, cit., 367 ss.

[38] Approvata il 12 maggio 2023.

[39] Questo obiettivo dovrebbe essere raggiunto stabilendo una differenziazione in base alle categorie di prodotti e per i settori con un elevato impatto ambientale, al fine di migliorare la durabilità, inclusa la durata di vita prevista, la riutilizzabilità, le possibilità di miglioramento, la riparabilità e la riciclabilità dei prodotti.

idonei affinché possano assumere decisioni di acquisto consapevoli e quindi contribuire a una maggiore sostenibilità dei consumi[40] e si sancisce il divieto di pubblicità ingannevole e di dichiarazioni ambientali generiche che possono trarre in inganno il consumatore sull'origine e la qualità del prodotto.

Secondo l'Unione europea[41] «Dare ai consumatori la possibilità di scegliere e offrire loro soluzioni meno onerose è un elemento centrale del quadro strategico in materia di prodotti sostenibili. Tale obiettivo va conseguito attraverso una maggiore partecipazione dei consumatori all'economia circolare, in particolare fornendo loro informazioni migliori in merito alla durabilità e alla riparabilità di determinati prodotti prima della conclusione del contratto e tutelandoli maggiormente dalle pratiche commerciali sleali che impediscono acquisti sostenibili».

Il principale obiettivo è aiutare i consumatori a fare scelte ecologiche e incoraggiare le aziende a offrire prodotti più durevoli e sostenibili[42].

Occorre, dunque, prendere atto che il progresso di una società sostenibile non può più essere misurato tenendo conto solo del PIL[43], ma, piuttosto, bisogna misurare il benessere equo e sostenibile al fine di rilevare l'impatto non solo economico ma anche sociale e ambientale sulle

[40] Secondo D. Imbruglia, *Mercato unico sostenibile e diritto dei consumatori*, in *Pers. merc.*, 2021, 510 ss., «nel diritto euro-unitario vigente di fonte primaria, lo sviluppo sostenibile è un obiettivo che vincola l'azione interna ed esterna dell'Unione, rispetto a una pluralità di politiche, ambientali, sociale e di mercato. Con riferimento a tale ultima dimensione, il discorso avviato negli ultimi anni determina una nuova stagione di regolazione dell'autonomia privata che comporti un avvicinamento del mercato all'ideale di una gestione delle risorse sostenibile e quindi attenta a evitare sprechi nella produzione e nel consumo dei beni. Tale obiettivo passa per il diritto privato. In particolare, esso si articola in una strategia di effettivo controllo delle dichiarazioni pubblicitarie ingannevoli, nella previsione di uno scambio informativo esteso alle caratteristiche relative alla durabilità e riparabilità del bene, a un forte incentivo della riparazione in luogo della sostituzione, nonché di riutilizzo del bene».

[41] Proposta di Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio che modifica le direttive 2005/29/CE e 2011/83/UE per quanto riguarda la responsabilizzazione dei consumatori per la transizione verde mediante il miglioramento della tutela dalle pratiche sleali e dell'informazione (Bruxelles, 30.3.2022, COM(2022) 143 final, 2022/0092(COD)).

[42] Secondo Biljana Borzan, relatrice della proposta di direttiva avente ad oggetto nuove regole per prodotti sostenibili e durevoli e di contrasto al *greenwashing*, «L'industria non trarrà più profitto dalla produzione di beni di consumo che si rompono proprio al termine del periodo di garanzia. I consumatori dovranno ricevere informazioni chiare sulle opzioni e sui costi delle riparazioni. Le etichette dei prodotti informeranno i cittadini quali beni sono garantiti per durare più a lungo e i produttori i cui beni sono più durevoli ne trarranno vantaggio. La giungla delle false affermazioni ambientali finirà poiché saranno consentite solo affermazioni ecologiche certificate e comprovate».

[43] Osserva G. Vettori, *Diritti e coesione sociale. Appunti per il seminario fiorentino del giorno 8 giugno 2012*, in *Pers. merc.*, 2012, 4, che «il criterio della misurazione del benessere non è solo il PIL, ma il concorso di altri parametri come la sanità, l'istruzione, i servizi, l'ambiente, le garanzie del lavoro».

comunità e ciò impone un profondo cambiamento culturale tanto negli operatori economici quanto nei consumatori.

I primi devono adottare strategie aziendali sostenibili, nel senso di «avere in atto un processo per integrare le questioni sociali, ambientali, etiche, i diritti umani e le sollecitazioni dei consumatori [...] nella loro strategia di base»[44], ma un contributo decisivo allo sviluppo sostenibile arriva dai singoli i quali con il proprio stile di vita, le proprie abitudini e scelte di consumo hanno infatti il potere di indirizzare dal basso il mercato e, più in generale, di creare un contesto sociale favorevole alle azioni per salvaguardare il nostro Pianeta.

4. Bibliografia

Agostinelli B., *"Gruppi di acquisto solidale": un nuovo modo di negoziare*, in *Riv. dir. civ.*, 2015, 1200 ss.

Barral V., *Sustainable Development in International Law: Nature and Operation of an Evolutive Legal Norm*, in *European Journal of International Law (EJIL)*, vol. 23, 2012, 377 ss.

Cordini G., *Diritto ambientale comparato*, Padova, 1997, 35

Flamini A., *Danno ambientale*, in Perlingieri P. (a cura di), *Temi e problemi della civilistica contemporanea. Venticinque anni della Rassegna di diritto civile, Atti del Convegno di Telese Terme (BN), 16-18 dicembre 2004*, Napoli, 2005, 442

Frumento E., *Lo stato ambientale e le generazioni future: per una tutela del diritto fondamentale all'ambiente*, in *AmbienteDiritto.it*, 2003

Gesualdi F., *Manuale per un consumo responsabile. Dal boicottaggio al commercio equo e solidale (1999)*, Milano, 2002, 67-68

Imbruglia D., *Mercato unico sostenibile e diritto dei consumatori*, in *Pers. merc.*, 2021, 510 ss.

Jastrzębska E., *The responsible consumer as an answer to new sustainable development challenges*, in *Ekonomia i Środowisko*, 2017, n. 1, 198 ss.

Lori M., Volpi F., *Scegliere il "bene". Indagine sul consumo responsabile*, Milano, 2007, 15

Malomo A., *Ambiente e pluralità di interessi coinvolti*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, 2014, 361 ss.

[44] Comunicazione della Commissione europea del 25 ottobre 2011 «Strategia rinnovata dell'UE per il periodo 2011-14 in materia di responsabilità sociale delle imprese» COM (2011) 681 def., §3.1.

Manservisi S., *Il principio dello sviluppo sostenibile: da Rio+20 al diritto dell'Unione europea e il suo fondamentale ruolo nel diritto agrario*, in Sgarbanti G., Borghi P., Germanò A. (a cura di), *Il divenire del diritto agrario italiano ed europeo tra sviluppi tecnologici e sostenibilità*, Milano, 2014, 201 ss.

Míguez Núñez R., *Brevi osservazioni sui doveri intergenerazionali a tutela dell'ambiente*, in *Dir. econ.*, 2022, 87 ss.

Montini M., *L'interazione tra gli SDGs ed il principio dello sviluppo sostenibile per l'attuazione del diritto internazionale dell'ambiente*, n. 9/2019, in *Federalismi.it*

Pennasilico M., *La nozione giuridica di ambiente nella prospettiva sistematica e assiologica*, in Pennasilico M. (a cura di), *Manuale di diritto civile dell'ambiente*, Napoli, 2014, 16 ss.

Pennasilico M., *La "sostenibilità ambientale" nella dimensione civil-costituzionale: verso un diritto dello "sviluppo umano ed ecologico"*, in *Riv. quadr. dir. amb.*, 2020, 26 ss.

Perlingieri P., *I diritti umani come base dello sviluppo sostenibile. Aspetti giuridici e sociologici*, in ID, *La persona e i suoi diritti. Problemi di diritto civile*, Napoli, 2005, 73 ss.

Perlingieri P., *Il diritto dei contratti fra persona e mercato, Problemi del diritto civile*, Napoli, 2003, 250

Perlingieri P., *Mercato, solidarietà, e diritti umani*, in *Rass. dir. civ.*, 1995, 84 ss.

Perlingieri P., *L'informazione come bene giuridico*, in *Rass. dir. civ.*, 1990, 329 ss.

Perlingieri P., *Persona, ambiente e sviluppo*, in Pennasilico M. (a cura di), *Contratto e ambiente. L'analisi "ecologica" del diritto contrattuale, Atti del Convegno di Bari, 22-23 ottobre 2015*, Napoli, 2016, 323 ss.

Pineschi L., *Tutela dell'ambiente e assistenza allo sviluppo: dalla Conferenza di Stoccolma (1972) alla Conferenza di Rio (1992)*, in *Riv. giur. ambiente*, 1994, 494 ss.

Punzi A., *Conviene, all'impresa che persegue il profitto, agire in modo responsabile?*, in Ciaramelli F., Menga F.G. (a cura di), *Responsabilità verso le generazioni future. Una sfida al diritto all'etica e alla politica*, Napoli 2017, 378 s.

Tosi S., *Il consumo critico*, in *Consumatori, Diritti e Mercato*, 1/2010, 102 ss.

Vettori G., *Diritti e coesione sociale. Appunti per il seminario fiorentino del giorno 8 giugno 2012*, in *Pers. merc.*, 2012, 4

Michele Crisafulli

E-WASTE, INQUINAMENTO E TUTELA DELL'AMBIENTE. LA «RESPONSABILITÀ ESTESA» DEL PRODUTTORE E IL DIRITTO ALLA RIPARAZIONE

1. Introduzione. – 2. La gestione dei «rifiuti elettronici» alla luce del Decreto RAEE. – 3. La responsabilità estesa del produttore e la proposta di introduzione del c.d. «diritto alla riparazione». – 4. Bibliografia.

1. Introduzione

«L'avvento della tecnologia nelle nostre società ha modificato completamente il modo di vivere, al punto che la tecnologia non viene più vista come un'amica ma come una nemica, come uno strumento di distruzione, di inquinamento, di rischi»[1]. Piero Angela, in questa riflessione, osserva la crescente tendenza della società a percepire la tecnologia ed i suoi dispositivi non solo come strumenti catalizzatori del progresso, ma anche, tra le altre cose, come nuovi fattori di inquinamento ambientale.

In effetti, la gestione dei rifiuti elettronici, c.d. *e-waste*, rappresenta una sfida cruciale per la tutela dell'ambiente per via della loro composizione e della presenza di svariate sostanze tossiche che, ove non correttamente trattate, possono rappresentare un rischio per il benessere e la salute umana[2]. Allo stato attuale elevate percentuali di tali apparecchiature vengono smaltite direttamente in discarica o negli inceneritori. Questa modalità di smaltimento rappresenta quella meno favorevole, sia dal punto di vista ambientale che economico, poiché impedisce la valorizzazione delle sostanze contenute negli *e-waste*[3].

[1] Il pensiero di Piero Angela è stato utilizzato come *incipit* del documentario «Materia Viva», in distribuzione a partire dal 2023. Si tratta di una produzione volta a sensibilizzare la società civile in merito all'importanza della corretta gestione dei RAEE nell'ottica della realizzazione del modello di economia circolare.

[2] P. Kiddee, R. Naidu, M. H. Wong, *Electronic waste management approaches: An overview*, in *Waste Management*, n. 33/2013,1237 ss.

[3] J. Miliute-Plepiene, Lena Yohanan, *Rifiuti elettronici e materie prime: dalle questioni ambientali ai modelli di business*, in *IVL Swedish Ambiental Research Institute*, traduzione a cura di HIT Hub Innovazione Trentino Fondazione, 2019, 1 ss.

Nel settore tecnologico si assiste, peraltro, ad un fenomeno del tutto peculiare, ossia la sempre più rapida obsolescenza dei dispositivi elettronici[4]. Ciò significa che, a differenza di altri beni, i prodotti tecnologici vengono spesso dismessi prima di aver perso le proprie funzionalità o essere arrivati a fine vita, venendo rapidamente sostituiti da nuovi dispositivi che possiedono funzionalità aggiornate o che svolgono le medesime operazioni in maniera più efficiente. La dismissione anticipata dei dispositivi tecnologici viene spesso favorita dai medesimi produttori, i quali, tramite il rilascio di aggiornamenti *software*, generano rallentamenti o malfunzionamenti nelle apparecchiature, obbligando i consumatori a comprare nuovi dispositivi[5]. Proprio per queste ragioni i rifiuti elettronici rappresentano un significativo ostacolo nel percorso intrapreso dall'UE per ridurre la propria impronta ecologica[6].

2. La gestione dei «rifiuti elettronici» alla luce del Decreto RAEE.

L'emergenza ambientale ha posto all'attenzione degli studiosi la necessità di rivedere le modalità di consumo di quei beni che, per le loro peculiarità, hanno una maggiore incidenza ambientale e, tra questi, assumono rilevanza centrale i «rifiuti derivanti da apparecchiature elettriche ed elettroniche»[7] (c.d. RAEE[8]) che presentano elementi la cui combustione può determinare il rilascio di sostanze chimiche pericolose[9].

Dal punto di vista normativo, l'Unione europea è intervenuta con diverse direttive[10], confluite nel d.lgs. n. 49/2014, che rappresenta tutt'oggi il testo di riferimento per la gestione

[4] P. Kiddee, R. Naidu, M. H. Wong, *Electronic waste management approaches*, cit., 1237 ss., rilevano che la vita media di un computer è passata da 4,5 anni nel 1992, a circa 2 anni nel 2005 e tale dato è in costante diminuzione.
[5] G. Toscano, *Nuove tecnologie e beni di consumo: il problema dell'obsolescenza programmata*, in *Actualidad juridica iberoamericana*, 16 febbraio 2022, 374 ss.
[6] Parlamento europeo, «Rifiuti elettronici nell'UE: dati e cifre», in *Attualità*, 23 dicembre 2020, risorsa consultabile al seguente indirizzo *internet* istituzionale*: https://www.europarl.europa.eu*.
[7] La definizione di rifiuto elettronico si rinviene dal combinato disposto dell'art. 183, comma 1, lett. A) del codice dell'ambiente e dell'art. 4 lett. E) del d.lgs. n. 49/2014.
[8] Con l'acronimo RAEE, si designa un'ampia categoria di dispositivi che include tutte le tipologie di elettrodomestici, ma anche apparecchiature informatiche di piccole e grandi dimensioni, indipendentemente dalla loro origine domestica o professionale.
[9] Cfr. *Report* della Corte dei conti europea, «Azione dell'UE e sfide esistenti in materia di rifiuti elettrici ed elettronici», Analisi n. 4, 2021, risorsa reperibile al seguente indirizzo *internet: eca.europa.eu*.
[10] Il primo intervento normativo risale all'emanazione della prima direttiva sui RAEE n. 96/2002/CE. Successivamente è intervenuta con la seconda direttiva RAEE n. 19/2012/UE. Un ulteriore intervento normativo si è avuto con la direttiva n. 849/2018/UE che modifica la precedente.

dei RAEE. L'obiettivo della normativa, in ossequio alle disposizioni europee, è duplice. Da un lato, si stabilisce che, in tema di apparecchiature elettriche ed elettroniche, sia necessario prevenire e ridurre gli impatti negativi derivanti dalla progettazione, dalla produzione, ma anche dalla gestione dei rifiuti. Dall'altro lato, si pone l'accento sull'importanza di rendere più efficiente l'utilizzo delle risorse presenti in questi beni[11], in quanto i rifiuti elettrici ed elettronici contengono importanti materie prime e metalli che potrebbero essere riciclati, riducendo le emissioni necessarie alla produzione o estrazione di nuovi materiali[12].

La tematica degli *e-waste* impone di considerare quali soggetti concorrono per l'attuazione della normativa, in quanto destinatari del decreto RAEE. L'intero apparato legislativo italiano si basa su un modello «multiconsortile», organizzato su più livelli, che mette in gioco diversi agenti, ciascuno con obblighi e responsabilità specifiche[13].

In primo luogo, vengono disciplinati gli obblighi dei produttori, persone fisiche o giuridiche che immettono nel mercato le apparecchiature elettriche ed elettroniche, indipendentemente dalle modalità di vendita utilizzate[14]. Su costoro grava l'obbligo di organizzare e finanziare la gestione degli *e-waste* garantendo la realizzazione degli *standard* percentuali di recupero e riciclaggio stabiliti dalla medesima normativa. L'assolvimento di tale obbligo può avvenire in forma individuale, finanziando e organizzando un sistema autosufficiente e uniforme su tutto il territorio nazionale, oppure tramite l'adesione ad un sistema collettivo idoneo a garantire il ritiro dei RAEE dai centri comunali di raccolta, in base alle indicazioni del Centro di coordinamento[15]. Sarebbe riduttivo ritenere che i produttori debbano semplicemente limitarsi a garantire il finanziamento, in forma individuale o collettiva, della gestione dei

[11] L'art. 1 del d.lgs. n. 49/2014, rubricato «finalità», riporta il contenuto dell'art. 1 della prima direttiva RAEE.
[12] Dal *Report* della Corte dei conti europea risulta nei RAEE sono presenti 18 materie prime «critiche», ossia materie prime di centrale rilevanza economica caratterizzate da un alto rischio di approvvigionamento.
[13] E. Croci, G. F. Ferrari, F. Colelli, *Valutazione del modello regolatorio ed organizzativo del sistema multiconsortile RAEE - Rapporto di ricerca*, 2018, 23, rilevano che l'applicazione del modello «consortile» è sancita dall'art. 10, comma 2, del d.lgs. n. 49/2014, nella parte in cui si afferma che i sistemi collettivi di gestione dei RAEE debbano essere organizzati ai sensi degli artt. 2602 ss. c.c.
[14] Art. 4, comma 1, lett. G) del d.lgs. n. 49/2014.
[15] Gli artt. 9 e 10 del d.lgs. n. 49/2014 si occupano rispettivamente dei sistemi individuali e dei sistemi collettivi per la gestione dei RAEE. Si tratta di due modelli alternativi liberamente eleggibili dai produttori. Nei sistemi collettivi assumono rilevanza centrale i c.d. «Centri di Coordinamento» che sono dei consorzi, dotati di personalità giuridica di diritto privato, composti da tutti i sistemi collettivi di gestione di RAEE che li finanziano. Il loro obiettivo è quello di coordinare i vari sistemi collettivi al fine di rendere più efficienti le fasi della raccolta, del ritiro e della gestione dei RAEE.

RAEE. I produttori devono anche agire in via preventiva, progettando le apparecchiature elettroniche in modo tale da favorire il loro successivo riutilizzo e recupero[16]. A conferma di tale interpretazione si pongono anche le politiche *Integrated Product Policy* (IPP) dell'UE, nella parte in cui prevedono l'attuazione dei principi di *ecodesign*[17] per categorie sempre più ampie di prodotti, richiedendo dunque ai produttori di orientarsi verso forme di progettazione ecocompatibili e rispettose dell'ambiente[18].

Destinatari della normativa RAEE sono, altresì, i distributori, che operano nella catena di approvvigionamento e rendono disponibili sul mercato gli apparecchi elettrici ed elettronici. I distributori devono assolvere ad un c.d. *obbligo di ritiro,* il quale deve essere comunicato ai consumatori, e che può assumere la forma del ritiro «uno contro uno» e «uno contro zero»[19]. La prima forma di ritiro prevede che il distributore, al momento della fornitura di un nuovo apparecchio, si occupi del ritiro gratuito dell'apparecchiatura equivalente usata. La seconda forma di ritiro riguarda soltanto i rifiuti elettronici di piccolissime dimensioni, i quali dovranno o potranno, tenuto conto dell'estensione dei locali commerciali[20], essere ritirati dal distributore gratuitamente anche in assenza del simultaneo acquisto di nuovi prodotti. L'obbligo di ritiro coinvolge anche i distributori che si avvalgono di tecniche di vendita mediante comunicazione a distanza[21] e può essere assolto con diverse modalità; la prima modalità consiste nell'indicare in modo chiaro i luoghi che hanno predisposto per il raggruppamento o altri luoghi convenzionati presso i quali l'utilizzatore può conferire gratuitamente i RAEE, senza maggiori oneri rispetto a quelli che dovrebbe sopportare in caso di vendita non a distanza; la seconda consiste nel predisporre adeguate modalità di ritiro

[16] A.A. V.V., *Rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (Raee): obblighi e procedure,* in *Ambiente&Sicurezza,* 04 maggio 2021, risorsa accessibile al seguente indirizzo *internet: https://www.ambientesicurezzaweb.it*.

[17] La Commissione europea, con la proposta di regolamento «Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)» si pone l'obiettivo di estendere l'applicazione delle norme sulla progettazione ecocompatibile a tutti i prodotti immessi nel mercato UE.

[18] M. Malajner, *Ecodesign dei dispositivi elettronici,* in *Ecodesignproject.eu*, 09/2018.

[19] Art. 11, comma 1 e comma 4 del d.lgs. n. 49/2014.

[20] In base al combinato disposto dell'art. 4, comma 1, lett. F) e dell'art. 11, comma 3 del d.lgs. n. 49/2014, l'obbligo di ritiro «uno contro zero» è rivolto ai distributori con superficie di vendita pari o superiore a 400 mq e riguarda i RAEE di dimensioni esterne inferiori a 25 cm. Per gli altri distributori, il ritiro di questi rifiuti elettronici è facoltativo.

[21] M. Masotti, E. Schembari, *Guida alla gestione dei Raee (Rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche),* in *Ecocerved,* aprile 2018.

gratuite presso lo stesso luogo di consegna[22]. È importante rilevare che la comunicazione di tali informazioni circa le modalità di ritiro dei rifiuti, costituisce elemento essenziale ai fini della validità della compravendita. L'eventuale assenza di tali indicazioni costituisce causa di nullità del contratto ed obbliga alla restituzione della somma pagata dall'acquirente[23].

Per quanto riguarda gli utilizzatori, essi devono cooperare per la realizzazione degli obiettivi stabiliti dal decreto RAEE e, per questo motivo, sono destinatari di diversi obblighi informativi. In primo luogo, devono essere informati circa la possibilità di conferire gratuitamente i propri RAEE secondo le modalità «uno contro uno» e «uno contro zero». In secondo luogo, è previsto che i produttori debbano fornire agli utilizzatori informazioni adeguate in relazione all'obbligo di riciclare i RAEE ed al divieto di smaltimento degli stessi come rifiuti urbani misti. Bisogna poi evidenziare che il decreto svolge attività di sensibilizzazione degli utilizzatori[24], nella parte in cui prevede l'obbligo di informare gli stessi circa gli effetti negativi che la scorretta gestione dei RAEE genera sull'ambiente e sulla salute umana, nonché sull'importanza della collaborazione degli utenti ai processi di riutilizzo, riciclaggio e recupero dei RAEE[25]. Tali informazioni devono essere fornite agli utilizzatori all'interno dell'istruzioni d'uso degli AEE o, qualora per particolari tipologie di apparecchi non sia prevista la consegna delle istruzioni, mediante l'esposizione di adeguato materiale informativo da parte dei distributori[26]. Tale ultima disposizione trasla l'obbligo informativo dal produttore al distributore al fine di garantire l'effettività dell'informazione a vantaggio dell'utilizzatore finale.

3. La responsabilità estesa del produttore e la proposta del c.d. «diritto alla riparazione».

Il quadro normativo descritto ed i relativi obblighi gravanti sui soggetti che immettono sul mercato apparecchi elettronici, costituisce attuazione della c.d. «responsabilità estesa del

[22] Art. 22, comma 2, d.lgs. n. 49/2014.
[23] Art. 22, comma 3, d.lgs. n. 49/2014.
[24] Le direttive dell'Unione europea pongono l'accento sull'importanza della sensibilizzazione dei consumatori. È importante creare una classe di consumatori «consapevoli», che siano a conoscenza delle varie modalità di gestione dei rifiuti e che sappiano scegliere i processi più favorevoli in relazione alle varie categorie di rifiuti.
[25] L'art. 26 d.lgs. n. 49/2014 si occupa dell'informazione agli utilizzatori.
[26] Art. 26, comma 2, d.lgs. n. 49/2014.

produttore»[27]. Tale concetto, corollario del principio «chi inquina paga», implica «l'obbligo individuale imposto al produttore di essere responsabile della gestione del fine vita dei prodotti che immette sul mercato»[28]. In questo modo i produttori risultano responsabili anche se il rifiuto è generato da un terzo. La *ratio* è quella di spingere i produttori a immettere nel mercato beni più efficienti e durevoli, in linea con il rispetto della gerarchia dei rifiuti[29].

Nell'ottica di rimodulare il c.d. fine vita dei prodotti, la politica EPR (*Extended Producer Responsibility*) rappresenta, dunque, uno degli strumenti più efficaci per la realizzazione dell'economia circolare in quanto garantisce il prolungamento, ove possibile, della vita dei prodotti, ovvero il loro riutilizzo, riciclaggio o corretto smaltimento[30]. La normativa europea[31] prevede che i sistemi di responsabilità estesa debbano definire in maniera chiara il contenuto della responsabilità dei singoli soggetti coinvolti, nonché i *targets* da perseguire. È poi rimessa ai singoli Stati la definizione dei propri sistemi di responsabilità estesa, non essendo ancora previsto un modello generale[32].

Nel quadro normativo nazionale, con la modifica del codice dell'ambiente adottata nel 2020, è adesso prevista la possibilità di istituire nuovi regimi di responsabilità estesa del produttore tramite una procedura semplificata che prevede l'emanazione di decreti ministeriali che rispettino determinati requisiti sostanziali. La legge prevede che tali decreti, in ossequio alla normativa europea, debbano indicare in modo puntuale i ruoli e le responsabilità di tutti gli attori coinvolti nelle filiere di riferimento, nonché, in ossequio alla gerarchia dei rifiuti, gli obiettivi da realizzare.

Le misure volte ad attuare forme di responsabilità estesa del produttore possono includere obblighi di accettazione dei prodotti restituiti e dei rifiuti, nonché forme di partecipazione organizzativa e finanziaria alle attività di gestione degli stessi[33]. La volontà del legislatore è

[27] *Report* della Corte dei conti europea, «Azione dell'UE e sfide esistenti in materia di rifiuti elettrici ed elettronici», Analisi n. 4, 2021, risorsa reperibile al seguente indirizzo *internet: eca.europa.eu*.

[28] F. De Leonardis, *Economia circolare: saggio sui suoi tre diversi aspetti giuridici. Verso uno stato circolare?*, in *Dir. Amm.*, n. 1/2017, 163.

[29] L. Aristei, *Verso una società plastic free. La direttiva 2019/904/UE e la sua attuazione a livello nazionale e regionale*, in *federalismi*, n. 25/2020, 1 ss.

[30] G. Amendola, *La responsabilità estesa del produttore quale asse portante dell'economia circolare nella normativa comunitaria e nel d.lgs. n. 116/2020*, in *Dir. Giur. Agraria alimentare e dell'ambiente*, n. 01/2021, 2.

[31] Art. 8 *bis* della direttiva n. 851/2018/UE.

[32] L. Aristei, *Verso una società plastic free*, cit., 22.

[33] Il regime di responsabilità estesa del produttore, introdotto con il d.lgs. n. 116/2020, in attuazione della direttiva 851/2018, è sancito dagli artt. 178-*bis* e 178-*ter* del codice dell'Ambiente.

quella di estendere l'ambito di applicazione della responsabilità estesa del produttore, già previsto per i RAEE, per gli imballaggi[34] o per le pile e gli accumulatori[35], anche ad altre categorie di prodotti[36], il cui processo di produzione genera grandi quantità di Co2 o richiede l'impiego di materiali o sostanze inquinanti.

Bisogna altresì evidenziare che i regimi di responsabilità estesa del produttore intervengono anteriormente rispetto al momento in cui un determinato bene diventa rifiuto[37]. Per tale ragione è da ritenersi che tale forma di responsabilità del produttore non faccia venir meno il regime di «responsabilità condivisa», già previsto dal codice dell'ambiente[38], gravante su tutti coloro che producono rifiuti o si occupano del loro trattamento. Dunque, il produttore potrà essere assoggettato sia ad un regime di responsabilità estesa che opera *ex ante,* sia al regime di responsabilità condivisa[39] che opera *ex post* e riguarda il trattamento dei rifiuti.

Un ultimo aspetto che merita di essere evidenziato e che potrebbe avere risvolti particolarmente dirompenti in tema di *e-waste* riguarda la recentissima proposta della Commissione europea[40] volta a promuovere il c.d. «diritto alla riparazione». La proposta nasce dalla semplice constatazione che, in molti casi, quando i prodotti di consumo diventano difettosi, i consumatori non provano a ripararli, ma decidono di disfarsene prematuramente. Lo smaltimento prematuro di beni riparabili genera un aumento dei rifiuti, delle emissioni dei gas serra e della domanda di risorse per la produzione di nuovi beni. Tali osservazioni, seppur di carattere generale, appaiono quantomai appropriate se accostate al mondo delle

[34] Il regime di responsabilità estesa per gli imballaggi è stato previsto dalla direttiva n. 62/94/CE, recepita dall'art. 221 del d.lgs. n. 152/2006.

[35] Il regime di EPR in materia di pile e accumulatori è stato previsto dalla Direttiva n. 66/2006/CE, recepita con il d.lgs. n. 188/2018.

[36] In data 2 febbraio 2023 è stata presentata una bozza di decreto volta ad istituire il regime di responsabilità estesa del produttore anche nel settore tessile, con l'obiettivo di garantire che il produttore si occupi della raccolta e gestione dei prodotti inutilizzati e del loro riutilizzo o riciclo. Comunicato stampa del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, «Tessile/Moda: MASE, per sostenibilità e minore impatto su ambiente arriva la responsabilità estesa del produttore», risorsa accessibile al seguente indirizzo *internet: https://www.mase.gov.it/*.

[37] L. Aristei, *Verso una società plastic free*, cit., 23.

[38] Si tratta dell'art. 188 del codice dell'ambiente.

[39] In base a quanto ribadito dalla Corte di Cass. con la sent. n. 41809/2022 «in tema di rifiuti va applicato il cd. principio della responsabilità condivisa, secondo cui la responsabilità per la corretta gestione dei rifiuti grava su tutti i soggetti coinvolti nella loro produzione, detenzione, trasporto e smaltimento, essendo detti soggetti investiti di una posizione di garanzia in ordine al corretto smaltimento dei rifiuti stessi».

[40] Proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio «recante norme comuni che promuovono la riparazione dei beni e che modifica il regolamento n. 2394/2017/UE e le direttive n. 771/2019/UE e 1828/2020/UE», risorsa accessibile al seguente indirizzo *internet: eur-lex.europa.eu*.

apparecchiature elettriche ed elettroniche, settore in cui la dinamica consumeristica descritta si propone con maggior frequenza.

L'aspetto innovativo della proposta è che essa mira ad introdurre un «diritto universale alla riparazione» da esercitare, da parte dei consumatori, sia nell'ambito della garanzia legale, sia al di là della garanzia legale. Nell'ambito della garanzia legale, il testo presentato dalla Commissione prevede la necessità di favorire la riparazione rispetto alla sostituzione stabilendo che «il venditore deve sempre riparare i beni in tutti i casi in cui i costi di sostituzione sono eguali o maggiori dei costi di riparazione». La conseguenza è che il consumatore potrà scegliere la sostituzione soltanto nell'ipotesi in cui essa rappresenti un rimedio più economico rispetto alla riparazione. Tutti i venditori dovranno, di contro, scegliere la riparazione come soluzione prioritaria rispetto alla sostituzione. Al di fuori della garanzia legale si prevede che il consumatore possa richiedere la riparazione, anche diversi anni dopo l'acquisto del prodotto, anche a titolo oneroso, di tutti i prodotti che rispettano i requisiti di «riparabilità», in tutti i casi in cui la riparazione non sia tecnicamente impossibile. Allo stato attuale i requisiti di riparabilità sono previsti per diversi grandi elettrodomestici, ma è plausibile che tali requisiti vengano estesi anche a dispositivi elettronici di piccole dimensioni come telefoni cellulari o *tablet*.

La proposta prevede poi l'introduzione di un obbligo informativo in capo ai produttori, i quali dovrebbero informare i consumatori in merito a tutti i prodotti per i quali sono obbligati ad offrire la riparazione. Si prevede, poi, la creazione di una piattaforma digitale in grado di dar vita ad una rete che metta più facilmente in contatto i consumatori, i riparatori ed i venditori di beni ricondizionati, in un'ottica di promozione dell'economia circolare. Infine, si prospetta l'elaborazione di un modulo europeo di informazioni sulle riparazioni, così che il consumatore possa conoscere preventivamente quali sono gli interventi riparativi che devono effettuarsi e possa confrontare le varie offerte di riparazione scegliendo la più conveniente[41].

Alla luce delle sintetiche osservazioni fin qui svolte, appare chiaro che l'Unione europea sta assumendo la posizione di *leader* in materia di legislazione sulla gestione degli *e-waste*. La responsabilità estesa del produttore garantisce elevate percentuali di recupero, riutilizzo e

[41] Comunicato stampa della Commissione europea, «Diritto alla riparazione: la Commissione introduce nuovi diritti dei consumatori per rendere la riparazione facile e interessante», 22 marzo 2023, risorsa accessibile al seguente indirizzo *internet: ec.europa.eu*.

riciclo dei RAEE. L'applicazione dei principi di *ecodesign* a sempre più ampie categorie di prodotti è volta a responsabilizzare i produttori già a partire dal momento dell'ideazione e progettazione degli stessi, prima dell'immissione sul mercato. Infine, la possibile introduzione di un diritto universale alla riparazione potrebbe costituire un decisivo tassello nel processo di attuazione del *Green Deal* europeo.

4. Bibliografia

A.A. V.V., *Rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (Raee): obblighi e procedure,* in *Ambiente&Sicurezza,* 04 maggio 2021, risorsa accessibile al seguente indirizzo *internet: https://www.ambientesicurezzaweb.it*.

Amendola G., *La responsabilità estesa del produttore quale asse portante dell'economia circolare nella normativa comunitaria e nel d.lgs. n. 116/2020,* in *Dir. Giur. Agraria alimentare e dell'ambiente,* n. 01/2021, 2 ss.

Aristei L., *Verso una società plastic free. La direttiva 2019/904/UE e la sua attuazione a livello nazionale e regionale,* in *federalismi,* n. 25/2020, 1 ss.

De Leonardis F., *Economia circolare: saggio sui suoi tre diversi aspetti giuridici. Verso uno stato circolare?,* in *Dir. Amm.*, n. 1/2017, 163 ss.

Kiddee P., Naidu R., Wong M. H., *Electronic waste management approaches: An overview,* in *Waste Management,* n. 33/2013, 1237 ss.

Malajner M., *Ecodesign dei dispositivi elettronici,* in *Ecodesignproject.eu,* 09/2018, 1 ss.

Masotti M., Schembari E., *Guida alla gestione dei Raee (Rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche),* in *Ecocerved,* aprile 2018, 1 ss.

Miliute-Plepiene J., Youhanan L., *Rifiuti elettronici e materie prime: dalle questioni ambientali ai modelli di business,* in *IVL Swedish Ambiental Research Institute,* traduzione a cura di HIT Hub Innovazione Trentino Fondazione, 2019, 1 ss.

Toscano G., *Nuove tecnologie e beni di consumo: il problema dell'obsolescenza programmata,* in *Actualidad juridica iberoamericana,* 16 febbraio 2022, 372 ss.

Maria Pia Madaudo

Il fenomeno del *Greenwashing*

«Clienti sempre più esigenti in tema di qualità ambientale, maggiore attenzione dei media nei confronti delle caratteristiche ecologiche di determinati prodotti immessi sul mercato, una legislazione più stringente in termini di certificazione ambientale. Oggi le aziende devono fare i conti con una vera e propria domanda di responsabilità ambientale e il loro livello di credibilità verso il pubblico è in parte determinato dalla loro capacità di rispondere a questa domanda. La tutela dell'ambiente è diventata una delle componenti del prodotto, una caratteristica quasi imprescindibile di una marca: sicuramente una carta da giocare nelle campagne pubblicitarie e in tutte le attività di comunicazione». Queste parole, pronunciate da Piero Angela in occasione del tavolo tecnico «Il ruolo dell'informazione e della comunicazione come fattori di facilitazione nei processi di condivisione delle strategie decisionali» nel marzo 2009, sono oggi più che mai di grande attualità.

Ai nostri giorni, infatti, essere «*green*» è di moda: «sostenibilità», «transizione ecologica», «economia circolare» negli ultimi anni sono diventate parole molto usate nella comunicazione aziendale, inoltre in commercio sono sempre di più i prodotti qualificati come «verdi», «green», «sostenibili» o «ecologici». Tali termini fanno riferimento ad una generica riduzione degli impatti ambientali associata alla realizzazione di prodotti e servizi[1]. Il d.lgs. 152/2006[2] definisce gli impatti ambientali come gli «effetti significativi, diretti e indiretti, di un piano, di un programma o di un progetto, sui seguenti fattori: popolazione e salute umana; biodiversità, con particolare attenzione alle specie e agli habitat protetti in virtù della direttiva 92/43/CEE[3] e della direttiva 2009/147/CE[4]; territorio, suolo, acqua, aria e clima; beni

[1] A. Bolognini Cobianchi, *Comunicare la sostenibilità oltre il greenwashing*, Milano, 2022.
[2] Il d.lgs. n. 152/2006 entrato in vigore nel suo testo storico il 29 aprile di quell'anno, aggiornato con le modifiche, da ultimo, introdotte dal d.l. n.198/2022, convertito, con modificazioni, dalla l. n. 14/2023, dal d.l. n. 13/2023 e dal d.l. n. 39/2023 contiene oggi le principali norme che regolano la disciplina ambientale.
[3] La direttiva 92/43/CEE del Consiglio Europeo del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche.
[4] La direttiva 2009/147/Ce del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009 concernente la conservazione degli uccelli selvatici.

materiali, patrimonio culturale, paesaggio; interazione tra i fattori sopra elencati. Negli impatti ambientali rientrano gli effetti derivanti dalla vulnerabilità del progetto a rischio di gravi incidenti o calamità pertinenti il progetto medesimo».

Ottenere un prodotto a basso impatto ambientale significa, quindi, fare in modo che – lungo tutto il processo produttivo sino allo smaltimento – il prodotto abbia un limitato effetto sull'ambiente. In tempi recenti molte imprese hanno iniziato un percorso volto all'adozione di politiche e processi realmente rispettosi del pianeta, impegnandosi a ridurre il proprio impatto ambientale. Le aziende «green» attuano servizi e realizzano prodotti mediante un uso consapevole e sostenibile delle risorse ambientali, riducendo sprechi, valorizzando gli ecosistemi e le pratiche economiche positive. Altre aziende, invece, fingono rispetto per l'ambiente per migliorare la propria immagine aziendale agli occhi dei consumatori. Da qui la nascita del fenomeno del *greenwashing*, ovvero un ambientalismo «di facciata», una strategia di comunicazione che proclama l'impegno ambientale senza alcun riscontro con la realtà. Letteralmente è una crasi tra due termini inglesi: *«green»*, ovvero verde, il colore dell'ecologismo, e *«washing»*, dal verbo «*to wash*» che significa «lavare». Il termine *greenwashing* richiama un altro termine inglese, «*to whitewash*», che significa «imbiancare», ciò a voler significare che – mediante l'utilizzo del colore verde o di simboli/immagini che riecheggiano la sostenibilità – aziende, organizzazioni e istituzioni politiche si proclamano impegnate a favore dell'ambiente ma il loro impegno è solo di facciata, senza un riscontro reale[5]. A partire dagli anni '90 dello scorso secolo, si è sviluppata una maggiore consapevolezza nel consumatore sui problemi dell'ambiente e una conseguente tendenza a compiere scelte ecosostenibili in modo da non compromettere la vivibilità del pianeta per le generazioni future.

[5] Il termine «*greenwashing*» è stato usato per la prima volta dall'ambientalista statunitense Jay Westerverdnel 1986 in merito alla pratica delle catene alberghiere di disincentivare i clienti dall'eccessivo consumo di asciugamani usando l'alibi dell'impatto ambientale del lavaggio, per raggiungere l'obiettivo di una convenienza economica data dalla riduzione dei costi per la catena alberghiera stessa. Westerveld avrebbe utilizzato, per la prima volta, una simile espressione facendo derivare il *green-washing* dal verbo *to whitewash* cioè l'atto di «imbiancare» che, in senso lato, ricomprende anche il significato di «nascondere». Per ulteriori dettagli sulla genesi di tale termine, si rinvia al contributo di J. Motavalli, *A History of Greenwashing: How Dirty Towels Impacted the Green Movement*, *Daily Finance*, 12 febbraio 2011, disponibile anche al seguente link: https://web.archive.org/web/20150923212726/http://www.dailyfinance.com/2011/02/12/the-history-of-greenwashing-how-dirty-towels-impacted-the-green/.

In risposta alle sempre maggiori richieste «*green*» da parte dei consumatori, molte aziende e organizzazioni politiche sono ricorse alla pratica dell'ambientalismo di facciata con un duplice obiettivo: valorizzare la reputazione ambientale dell'impresa, da un lato e ottenere i benefici economici dettati dalla sempre maggiore quantità di consumatori attenti alle pratiche sostenibili, dall'altro.

Sul tema è impegnata da tempo[6] la Commissione Europea che già nel 2020 ha richiesto uno studio dal quale è emerso come nel 53,3% dei casi le informazioni di natura ambientale esaminate e riferite ai prodotti in vendita sul mercato europeo fossero «vaghe, fuorvianti o infondate» e che addirittura nel 40% dei casi fossero «del tutto infondate». Recentemente, il 22 marzo 2023 la Commissione UE ha presentato la proposta di direttiva n. 85/2023, che concretizza l'impegno della Commissione nel quadro del *Green Deal* europeo, sulle autodichiarazioni ambientali per contrastare il *greenwashing*, che deve essere sottoposta all'approvazione del Parlamento Europeo e del Consiglio. Insieme alla proposta relativa all'introduzione di norme volte a promuovere la riparazione dei beni, si tratta del terzo pacchetto di proposte sulla *circular economy*. L'obiettivo delle nuove regole europee è quello di impedire che le diciture sui prodotti contengano comunicazioni che non possano essere dimostrate dalle aziende con prove scientifiche.

La dimostrazione dell'impegno della Commissione contro il finto ambientalismo la possiamo attualmente rintracciare nella vendita dei prodotti alimentari. In tale materia è stata intrapresa la strategia «*Farm to Fork*» con lo scopo di introdurre un'etichettatura nutrizionale obbligatoria che consenta ai consumatori di fare scelte alimentari informate e sostenibili. Si tratta di un primo passo, ma testimonia l'impegno dell'Europa a porre un freno in modo definitivo alle autodichiarazioni aziendali per garantire ai consumatori informazioni «attendibili, comparabili e verificabili» in tema di sostenibilità ambientale.

[6] La Commissione Europea ha inoltre presentato, il 5 luglio 2022, il Codice di condotta UE sulle pratiche commerciali e di *marketing* responsabili nella filiera agroalimentare, avente lo scopo di definire gli impegni che le imprese operanti nel settore possono assumere, su base volontaria, per migliorare e comuni- care interventi concreti sul fronte della sostenibilità. Il testo è disponibile, in lingua inglese, al seguente link: https://ec.europa.eu/food/system/files/2021-06/f2f_sfpd_coc_final_en.pdf. Per ulteriori dettagli, è possibile consultare il seguente link: https:// ec.europa.eu/food/horizontal-topics/farm-fork-strategy/sustaina- ble-food-processing/code-conduct_it.

In Italia, ancora manca una legislazione organica per contrastare il *greenwashing*, ma esso può farsi rientrare all'interno della disciplina della pubblicità ingannevole e delle pratiche commerciali scorrette. La vigilanza sull'ambientalismo di facciata era fino al 2014 in capo all'Antitrust, poi, nel 2014 con l'introduzione dell'art. 12[7] del Codice di Autodisciplina della Comunicazione Commerciale[8] il compito di vigilare, reprimere la pubblicità ingannevole, oltre che sanzionare le aziende che praticano il *greenwashing* spetta all'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato.

È bene però precisare che il fenomeno del *greenwashing* va tenuto distinto da quello del *green marketing*.

Oggi, il *green marketing* identifica, infatti, quel gruppo di attività e strategie di marketing legate all'ideazione, commercializzazione e promozione di prodotti e servizi che generano un minor impatto ambientale rispetto alla concorrenza. Le attività, seppur eterogenee, presentano la caratteristica comune della sostenibilità ambientale che diviene l'oggetto principale della comunicazione in linea con i valori aziendali e sono volte a rendere noti i reali benefici che tali prodotti apportano all'ambiente ed al sociale.

La differenza si fonda proprio sulla verificabilità del basso impatto ambientale dei prodotti e dei processi produttivi (un impatto reale nel caso del *green marketing*, fittizio in caso del *greenwashing*).

Quindi, mentre il *green marketing* ha come obiettivo di lungo termine quello di indurre gli utenti ad un cambiamento nello stile di vita e nei consumi, rendendo normale l'alternativa ecologica e rendendo preferibile l'offerta di prodotti e servizi *green*, il *greenwashing* cerca

[7] Nel 2014, il Segretario Generale dello IAP ha così commentato l'introduzione dell'art. 12: «Il nuovo articolo del Codice di Autodisciplina codifica le numerose indicazioni provenienti dalla giurisprudenza del Giurì sul come fare *green advertising* senza fare *greenwashing*, ovvero ammantare la comunicazione commerciale di *claims* pro-ambiente, che però non reggono del tutto o nella misura vantata un vaglio di merito approfondito. E ciò a tutto vantaggio delle aziende che *green* lo sono davvero».

[8] Il Codice di Autodisciplina Pubblicitaria prevede, tra le proprie finalità, «lo scopo di assicurare che la comunicazione commerciale, nello svolgimento del suo ruolo particolarmente utile nel processo economico, venga realizzata come servizio per il pubblico, con speciale riguardo alla sua influenza sul consumatore». Esso definisce comunicazione commerciale «la pubblicità e ogni altra forma di comunicazione, anche istituzionale, diretta a promuovere la vendita di beni o servizi quali che siano le modalità utilizzate...» e considera consumatore «ogni soggetto – persona fisica o giuridica come pure ente collettivo – cui è indirizzata la comunicazione commerciale o che sia suscettibile di riceverla». Risulta pertanto evidente la centralità che ha il consumatore, quale soggetto maggiormente suscettibile di tutela nell'ambito della comunicazione commerciale, perché vulnerabile a causa dell'asimmetria informativa che caratterizza la sua posizione contrattuale, tanto in fase pre-negoziale (in cui è ricompreso il c.d. «aggancio») che in fase negoziale, rispetto a quella del professionista.

invece di far sembrare «verdi» le attività tradizionali dell'impresa, che nulla hanno a che vedere con l'ambientalismo e la sostenibilità.

Nel nostro ordinamento la pubblicità deve essere corretta sia come mezzo di comunicazione sia come modalità di diffusione del messaggio. Occorre ricordare il d.lgs. n. 74/1992, modificato dal d.lgs. n. 67/2000 (attuativo della direttiva n. 97/55/CE), occupandosi della pubblicità ingannevole, si è preoccupato in particolare di stabilire le condizioni di liceità della pubblicità comparativa con il preciso scopo di tutelare l'interesse del consumatore. Infatti, la normativa in esame si prefigge di impedire l'acquisto dei beni e servizi sulla base di informazioni che producono una scorretta rappresentazione della realtà. A riguardo, degna di nota è la l. n. 28/1998 che riconosce quale diritto fondamentale dei consumatori quello di avere un'adeguata informazione ed una corretta pubblicità. La normativa in questione, infatti, specifica che l'informazione deve essere adeguata, cioè non deve solo essere in grado di permettere al consumatore di operare una scelta, ma deve essere soprattutto completa, comprensibile e non fuorviante. Tutto ciò vuol dire che il consumatore, attraverso il messaggio pubblicitario, deve essere in grado di conoscere le caratteristiche essenziali del prodotto o servizio offerto ed il suo prezzo, operando una scelta consapevole tra prodotti concorrenti. Per pubblicità, secondo il d. lgs. n. 145/07, si intende una «qualsiasi forma di messaggio diffuso, in qualsiasi modo, nell'esercizio di un'attività commerciale, industriale, artigianale o professionale, allo scopo di promuovere il trasferimento di beni mobili o immobili, la prestazione di opere o di servizi, oppure la costituzione o il trasferimento di diritti e obblighi su di essi», comprendendo, quindi, sia la pubblicità rivolta al grande pubblico e diffusa su larga scala, sia una comunicazione personale rivolta ad un privato.

Il nostro ordinamento prevede che l'esercizio delle pratiche commerciali si svolga secondo i principi di buona fede, correttezza e lealtà, ciò comporta l'obbligo di non fornire al consumatore indicazioni che possano alterare sensibilmente la sua capacità di scelta, «inducendolo pertanto ad assumere una decisione di natura commerciale che non avrebbe altrimenti preso». La più ampia nozione di pratica commerciale include quella di «corretta pubblicità»[9]. Per pratica commerciale si intende qualsiasi azione, omissione, condotta,

[9] G. De Cristofaro, *Violazione del divieto di pratiche commerciali scorrette e diritto privato*, Roma, n. 12/2011, 66 ss., denuncia la mancanza di coordinamento fra i due plessi normativi, ascrivendo al legislatore italiano la responsabilità di aver accolto nel diritto nazionale «il discusso modello binario adottato dagli organi comunitari,

dichiarazione o comunicazione commerciale, ivi compresa la pubblicità diffusa con ogni mezzo e il marketing, che un professionista attua in relazione alla promozione, alla vendita o alla fornitura di beni o servizi ai consumatori. La pratica commerciale è scorretta quando, in contrasto con il principio della diligenza professionale, è falsa o è idonea a falsare in misura apprezzabile il comportamento economico del consumatore medio al quale è diretta[10]. Le pratiche commerciali ingannevoli disciplinate dagli artt. 21–23 del Codice del Consumo sono idonee a indurre in errore il consumatore medio su vari elementi: il prezzo, la disponibilità sul mercato del prodotto, i rischi connessi al suo impiego o le caratteristiche del prodotto stesso come la sostenibilità di un prodotto.

In Italia, per contestare un *green claim*[11], i cittadini, le associazioni a tutela dei consumatori e/o le imprese possono: fare denuncia all'Autorità Garante della Concorrenza e del Mercato, segnalare il caso all'Istituto dell'Autodisciplina Pubblicitaria o instaurare un giudizio civile. Nel 2021, per la prima volta in Italia un giudice civile si è pronunciato[12] in tema di *greenwashing* condannando un'azienda per un prodotto definito sostenibile, motivando che le espressioni utilizzate nella campagna pubblicitaria («scelta naturale», «amica dell'ambiente»,

imperniato sulla rigida (ancorché in larga misura artificiosa) separazione tra regole volte a tutelare in via diretta e primaria gli interessi dei consumatori e regole volte a tutelare in via diretta e primaria professionisti e concorrenti.»). (P. Auteri - G. Floridia - V. Mangini - G. Olivieri - M. Ricolfi - P. Spada, *Diritto industriale. Proprietà intellettuale e concorrenza*, Torino, 2016, 378 ss.) Sul punto, gli Aa. evidenziano che la pubblicità ingannevole è soggetta alla disciplina delle pratiche commerciali scorrette se è rivolta a pubblicizzare prodotti o servizi destinati a consumatori e falsi o sia idonea a falsare in maniera rilevante (enfasi aggiunta) il loro comportamento economico, inducendoli a prendere decisioni di natura commerciale che non avrebbero altrimenti preso. Per converso, la medesima comunicazione commerciale ricade nella disciplina della pubblicità ingannevole se ha ad oggetto prodotti destinati non solo ai consumatori e non sia idonea a falsare in maniera rilevante la scelta di consumo dei destinatari.

[10] G. Floridia, *Correttezza e responsabilità di impresa*, Milano, 1982, il quale esclude ogni rapporto di sussidiarietà fra le due tipologie di illecito, nonché a L. Nivarra, *Concorrenza sleale e responsabilità di impresa*, in G. Alpa - G. Conte (a cura di), *La responsabilità di impresa*, Milano, 2015, 191 ss.

[11] F. Bertelli, *I green claims tra diritti del consumatore e tutela della concorrenza*, in *Contr. e impr.*, 1, 2021, 286 ss.

[12] Trib. Gorizia, ord. n. 712/2021. Nel caso di specie il Tribunale ha accolto il ricorso presentato dalla società Alcantara per vedere accertata la pretesa condotta sleale, sussumibile sub n. 3 dell'art. 2598 c.c., della Miko, azienda che commercializza il materiale Dinamica, microfibra dall'aspetto simile al camoscio impiegata nel settore dell'arredamento, della moda e soprattutto delle automobili. Nell'ordinanza, si legge, infatti, quanto segue: «si deve precisare che alcuni concetti riportati nella campagna pubblicitaria trovano smentita nella stessa composizione e derivazione del tessuto, atteso che risulta difficile supporre che posa essere considerata una fibra naturale. A non diversa conclusione si deve giungere con riferimento al messaggio relativo alla riciclabilità totale (100%) del tessuto al termine del ciclo di utilizzazione e all'utilizzo di coloranti naturali. (...) l'informazione non risulta allo stato verificata e verificabile (...) atteso che (...) nell'EPD Miko S.r.l. asserisce che l'azienda sta ricercando tecnologie idonee a rendere il prodotto riciclabile nella sua totalità e che tale tecnologia al momento non è stata ancora decodificata e resa applicabile».

«la prima e unica microfibra che garantisce eco-sostenibilità durante tutto il ciclo produttivo», «microfibra ecologica») costituivano pubblicità ingannevole da inibire con urgenza. Nell'ordinanza si legge espressamente «rispetto al requisito del *fumus boni iuris* pare opportuno richiamare la normativa attualmente in vigore con riferimento alla pubblicità ingannevole e nello specifico al contestato fenomeno del *greenwashing*». La pubblicità ingannevole – chiarisce l'ordinanza – è un messaggio promozionale idoneo ad alterare le decisioni commerciali dei consumatori a cui è rivolto, tale statuizione trova fondamento nel disposto dell'art. 12 del Codice di Autodisciplina della Comunicazione Commerciale secondo cui «la comunicazione commerciale che dichiari o evochi benefici di carattere ambientale o ecologico deve basarsi su dati veritieri, pertinenti e scientificamente verificabili». Viene ribadito, inoltre, che l'onere di dimostrare la veridicità dei dati e delle descrizioni grava sull'inserzionista e che il *claim* non deve essere generico, dato che «le virtù ecologiche decantate da un'impresa o da un prodotto possono influenzare le scelte di acquisto del consumatore medio»[13]. Questa ordinanza ha costituito sicuramente il primo passo di un cambiamento, ovvero, un nuovo approccio alla comunicazione ambientale *green claim*, agli *spot* sulle presunte qualità sostenibili di un prodotto o di un'azienda che non potranno più essere vaghi, generici o esagerati. Avverso questa ordinanza è stato – nel frattempo – presentato reclamo, accolto in quanto non sono stati veicolati messaggi ingannevoli nella comunicazione commerciale «verde» dell'azienda, né è stata «offerta prova circa il concreto rischio di perdita di clienti (da parte del concorrente) a causa della presunta ingannevolezza dei messaggi oggetto del giudizio».

L'argomento è ancora in divenire: si attende l'approvazione del Parlamento Europeo e del Consiglio in merito alla proposta di direttiva recentemente presentata. Le nuove regole europee, le decisioni di *Authorities* e le sentenze[14] in materia di *greenwashing* potranno far luce

[13] Nel caso esaminato, osserva il Tribunale, i messaggi pubblicitari sono molto generici e ingenerano nel consumatore l'immagine green dell'azienda, senza specificare, però, le politiche aziendali introdotte per il rispetto dell'ambiente e la riduzione dell'impatto ambientale. Inoltre, alcuni contenuti della pubblicità sono smentiti dalla composizione e derivazione del tessuto, che non è una fibra naturale ma un tessuto di derivazione petrolifera.

[14] Cons. Stato, Sez. VI, sent. n. 1960/2017, oltre che Trib. Gorizia, Sez. Unica, Ord. n.712/2021 cit.
V. Trib. Milano, Sez. spec. Impresa, 6 luglio 2020, in *Rass. dir. farm.*, 2020, 5, 1072: «Una campagna promozionale consistente nell'apposizione, da parte del produttore sulle confezioni dei propri prodotti (nel caso di specie, cosmetici commercializzati attraverso le farmacie), di bollini indicanti un prezzo di vendita speciale o scontato comparato al prezzo consigliato dal produttore medesimo, in violazione dell'art. 21, comma 1, del codice

sulla concorrenza sleale[15] che subiscono le imprese realmente impegnate in un processo di sostenibilità da parte dei concorrenti insensibili al tema[16]. Da un lato, ci sono realtà imprenditoriali che si impegnano con sforzi economici importanti in ricerca ed innovazione per ridurre davvero il loro impatto ambientale. Dall'altro, ci sono imprese che vivono la loro natura verde solo come un aspetto di *marketing*, senza alcun reale investimento sulla sostenibilità per diminuire il loro impatto sull'ambiente. Il *marketing*, a volte, cavalca l'onda del *green*, fornendo informazioni fuorvianti su come i prodotti o le azioni di un'azienda siano rispettosi dell'ambiente al solo scopo di attirare i clienti. Un pessimo approccio che rischia di compromettere la credibilità del marchio oltre che arrecare un danno al consumatore.

Bibliografia

Alpa G., *I contratti del consumatore*, Milano, 2014

Auteri P. - Floridia G. - Mangini V. - Olivieri G. - Ricolfi M. - Spada P., *Diritto industriale. Proprietà intellettuale e concorrenza*, Torino, 2016, 378 ss.

Bertelli F., *I green claims tra diritti del consumatore e tutela della concorrenza*, in *Contr. e impr.*, 1, 2021, 286 ss.

Bolognini Cobianchi A., *Comunicare la sostenibilità oltre il greenwashing*, Milano, 2022

del consumo, risulta, altresì idonea a determinare una fattispecie di concorrenza sleale ai sensi e per gli effetti dell'art. 2598, n. 3, c.c. Invero appare evidente l'effetto distorsivo di dette condotte sul mercato, in quanto idonee a influenzare in maniera scorretta il comportamento del consumatore che, in presenza di un corretto panorama informativo sulla effettiva natura e entità dell'operazione promozionale avrebbe potuto orientare in maniera diversa le sue scelte di acquisto», nonché Trib. Bologna 29 giugno 2011, in *Giur. ann. dir. ind.*, 2012, 1, 353: «Integra la fattispecie del mendacio concorrenziale, riconducibile all'art. 2598, n. 3, c.c., qualsiasi comunicazione o messaggio rivolto a potenziali consumatori o fruitori di determinati prodotti o servizi che non corrisponda a verità, purché si tratti di menzogna idonea ad ingannare i destinatari» e, in epoca più risalente, Trib. Roma 29 settembre 1993, in *Riv. dir. ind.*, 1993, II, 382.

[15] Perché «qualsiasi atto idoneo ad influenzare (illecitamente) le scelte dei consumatori …idoneo a procurare quel danno concorrenziale che si è visto consistere il più delle volte nello sviamento di clientela ai danni del concorrente», così L. Nivarra, *Concorrenza sleale*, cit. 191 ss. L'A., a supporto di questa tesi, cita il considerando 6 della Dir. 2005/29/CE, in cui si riconoscerebbe esplicitamente, a proprio giudizio, la natura ambivalente delle pratiche sleali, le quali «ledono direttamente gli interessi economici dei consumatori e, quindi, indirettamente gli interessi economici del concorrente».

[16] M. Libertini, 2012, 331; A. Vanzetti - V. Di Cataldo - M. Spolidoro, *Manuale di diritto industriale*, Milano, 2021, 100 ss., nonché P. Troiano, *Giurisprudenza sul Codice civile*, libro V, in AA.VV. (a cura di), Milano, 2012, 45: «La norma di chiusura di cui all'art. 2598 n. 3, non racchiude ipotesi complementari a quelle contemplate nei nn.1 e 2, ma casi alternativi e diversi».

Capilli G., *I contratti del consumatore*, Torino, 2021

D'Amico G., *Profili del nuovo diritto dei contratti*, Milano, 2014

De Cristofaro G., *Violazione del divieto di pratiche commerciali scorrette e diritto privato*, in Bancaria, 2011, 12, 66 ss.

Floridia G., *Correttezza e responsabilità di impresa*, Milano, 1982

Motavalli J., *A History of Greenwashing: How Dirty Towels Impacted the Green Movement*, *Daily Finance*, 12 febbraio 2011, disponibile anche al seguente link: https://web.archive.org/web/20150923212726/http://www.dailyfinance.com/2011/02/12/the-history-of-greenwashing-how-dirty-towels-impacted-the-green/.

Nivarra L., *Concorrenza sleale e responsabilità di impresa*, in G. Alpa - G. Conte (a cura di), *La responsabilità di impresa*, Milano, 2015, 191 ss.

Roppo V., *Protezione del consumatore e teoria della pras*si, in Pol. Dir., 1975, 701

Troiano P., *Giurisprudenza sul Codice civile*, libro V, in AA.VV. (a cura di), Milano, 2012, 45 ss.

Vanzetti A. - Di Cataldo V. - Spolidoro M., *Manuale di diritto industriale*, Milano, 2021, 100 ss.

Laura Natalia Anna Testa

Il ruolo degli Enti del Terzo Settore per la sostenibilità ambientale

1. Tutela ambientale e sostenibilità: un nuovo paradigma di sviluppo. – 2. Gli Enti del Terzo Settore. – 3. I presupposti normativi dell'attività degli ETS a tutela dell'ambiente. – 4. Il contributo degli ETS per la salvaguardia dell'ambiente. – 5. Bibliografia.

1. Tutela ambientale e sostenibilità: un nuovo paradigma di sviluppo

L'attenzione alla salvaguardia dell'ambiente è ormai al centro del dibattito politico e delle scelte economiche sia a livello sovranazionale che nazionale. L'esigenza di intervenire per modificare radicalmente le abitudini di vita della collettività e le tecniche su cui si fonda il sistema produttivo si è fatta sempre più pregnante con il susseguirsi di eventi catastrofici causati dall'impatto negativo che l'attività dell'uomo ha prodotto sull'ecosistema. La consapevolezza che la tutela della specie umana passa inevitabilmente attraverso la tutela dell'ambiente ha spinto, dapprima sul piano internazionale ed europeo e in seguito sul piano interno, all'adozione di strategie e piani di azione per il raggiungimento dell'auspicato modello di sviluppo sostenibile.

La sostenibilità ambientale costituisce una delle tre dimensioni dello sviluppo sostenibile e può essere considerata la dimensione che ha dato impulso alle politiche intraprese per sovvertire il tradizionale sistema di sviluppo. Invero, la questione ambientale ha fatto sorgere la necessità di rivedere un sistema che era incentrato esclusivamente sul raggiungimento del progresso economico.

Al fine di comprendere l'*iter* attraverso cui si è giunti alla consapevolezza della necessità di adottare un nuovo paradigma di sviluppo è, quindi, opportuno delineare le prime tappe dell'affermarsi di una tutela ambientale e, conseguentemente, del principio di sviluppo sostenibile.

Il cambiamento di prospettiva ha avuto origine nella comunità internazionale, la quale ha iniziato ad interessarsi in maniera concreta alle tematiche ambientali in occasione della

Conferenza di Stoccolma, convocata dall'Onu al fine di individuare una strategia comune di preservazione dell'ambiente. All'esito della Conferenza, invero, sono stati enunciati una serie di principi volti ad affermare l'esigenza di rispettare l'ambiente e a riconoscere l'importanza di preservare le risorse naturali a beneficio delle generazioni presenti e future[1]. Dopo il Rapporto Brundtland[2], cui si fa risalire la definizione di sviluppo sostenibile, i suddetti principi sono stati ribaditi e ampliati nella Conferenza di Rio[3] in cui si è avuto modo di sottolineare l'importanza di una cooperazione tra gli Stati e la relazione intercorrente tra la realizzazione di uno sviluppo sostenibile ed il miglioramento della qualità della vita di tutte le persone.

L'affermarsi della tutela ambientale sul piano internazionale ha conseguentemente influenzato la comunità europea che, pur perseguendo prevalentemente obiettivi di carattere economico, ha recepito gli impulsi derivanti dalla Conferenza delle Nazioni Unite sull'ambiente umano del 1972 in occasione del Vertice di Parigi, in cui i Capi di Stato e di governo dei Paesi membri hanno preso coscienza dell'importanza di adottare una politica di protezione dell'ambiente da affiancare all'espansione economica[4]. Tali impulsi hanno poi assunto rilevanza giuridica con l'Atto Unico Europeo del 1986 con cui è stata attribuita alla comunità europea competenza in materia ambientale, mentre il principio di sviluppo

[1] La Conferenza di Stoccolma, tenutasi nel 1972, è stata la prima conferenza internazionale sull'ambiente all'esito della quale è stata adottata la Dichiarazione di Stoccolma sull'ambiente umano che definisce 26 principi. Nella Dichiarazione si rinviene il riferimento alle generazioni future nel principio n. 1, il quale dispone che «L'uomo ha un diritto fondamentale alla libertà, all'eguaglianza e a condizioni di vita soddisfacenti, in un ambiente che gli consenta di vivere nella dignità e nel benessere ed è altamente responsabile della protezione e del miglioramento dell'ambiente a favore delle generazioni presenti e future […]» e nel principio n. 2, il quale recita che «Le risorse naturali della Terra ivi comprese l'aria, l'acqua, la terra, la flora e la fauna, e particolarmente il sistema ecologico naturale, devono essere salvaguardate a beneficio delle generazioni presenti e future, mediante una programmazione accurata o una appropriata amministrazione».

[2] La definizione di sviluppo sostenibile si fa risalire al Rapporto *Our Common Future* della Commissione mondiale su ambiente e sviluppo del 1987, meglio noto come *Rapporto Brundtland* dal nome del primo ministro norvegese Gro Harlem Brundtland che presiedette la Commissione. Lo sviluppo sostenibile è stato definito come *quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri*, tale concetto racchiude in sé la regola dell'equilibro delle tre E – ecologia, equità ed economia –. M. Silvestri, *Sviluppo sostenibile: un problema di definizione*, in *Gentes*, n. 2/2015, 215 ss.; V. Pepe, *Teorie e modelli giuridici di sviluppo sostenibile*, in Pepe V. e Colella L. (a cura di), *Saggi di diritto ambientale italiano e comparato. "Prospettive di cambiamento"*, Agropoli, 2019, 19 ss.

[3] In seguito alla Conferenza di Rio del 1992 sono state adottate la Dichiarazione di Rio sull'ambiente e lo sviluppo e l'Agenda 21, un programma d'azione nei settori dello sviluppo sostenibile.

[4] La Dichiarazione di Parigi del 1972 segna il momento in cui anche nel contesto comunitario si acquisisce la consapevolezza dell'importanza di dedicare un'attenzione particolare alla protezione dell'ambiente naturale. M. Renna, *I principi in materia di tutela ambientale*, in *Riv. quadr. dir. ambiente*, n. 1-2/2012, 62 ss.

sostenibile è stato richiamato per la prima volta nella Dichiarazione di Dublino del 1990[5] ed è stato introdotto tra gli obiettivi dell'azione europea con il Trattato di Maastricht[6].

L'iniziale assenza di una tutela ambientale si rinviene, coerentemente con il livello internazionale ed europeo, anche sul piano dell'ordinamento interno. Mentre il principio dello sviluppo sostenibile viene espressamente previsto dal Codice dell'Ambiente[7], il quale dispone che ogni attività umana giuridicamente rilevante debba conformarsi ad esso e colloca tale principio, insieme ai principi di azione ambientale, di sussidiarietà e di leale collaborazione, tra i principi generali in tema di tutela dell'ambiente[8], nella Costituzione italiana il termine ambiente, fino alla recente riforma degli artt. 9 e 41 Cost.[9], risultava presente unicamente con riferimento all'attribuzione allo Stato della competenza legislativa esclusiva in materia[10]. Il silenzio della Costituzione in merito alla tematica ambientale si ritiene giustificato dalla circostanza che al tempo in cui fu promulgata non era ancora tangibile la necessità di adottare un sistema che si preoccupasse di non ledere l'ambiente. Invero, nel momento in cui si è appurato che i repentini cambiamenti climatici e la scarsità di risorse naturali utili a soddisfare i bisogni umani erano problematiche direttamente riconducibili ad un modello economico disinteressato alla protezione dell'ambiente, si è auspicato l'inserimento anche in Costituzione della tutela ambientale. In merito, infatti, già da tempo si riteneva fosse necessario riformare gli articoli 9 e 41 della Costituzione affinché si tenessero in debita

[5] Nella Dichiarazione di Dublino del 1990 è stato statuito che le azioni della Comunità e degli Stati membri devono basarsi sui principi dello sviluppo sostenibile e su un modo di agire preventivo e precauzionale.

[6] Già con il Trattato di Maastricht tra gli obiettivi dell'azione europea figurava la promozione di un progresso economico e sociale equilibrato e sostenibile. Con il Trattato di Amsterdam viene inserito un riferimento diretto al principio di sviluppo sostenibile in quanto nel preambolo viene affermato che gli Stati membri sono «determinati a promuovere il progresso sociale ed economico dei popoli, tenendo conto del principio dello sviluppo sostenibile nel contesto della realizzazione del mercato interno e del rafforzamento della coesione e della protezione dell'ambiente».

[7] Art. 3 *quater* d.lgs. n. 152/2006.

[8] Art. 3 *bis* d.lgs. n. 152/2006.

[9] Tale riforma si è avuta ad opera della legge costituzionale 11 febbraio 2022, n. 1. F. Fracchia, *L'ambiente nell'art. 9 della Costituzione: un approccio in "negativo"*, in *Il diritto dell'economia*, n. 1/2017, 15 ss.

[10] Art. 117 Cost., comma 2, lett. s). A tal proposito, si ritiene che, seppur il testo costituzionale prima di suddetta riforma facesse riferimento all'ambiente esclusivamente nel titolo V, attribuendone la competenza esclusiva allo Stato, la tutela ambientale introdotta non costituisce un'assoluta novità nel nostro ordinamento. In questo senso v. D. Valletta, *La tutela dell'ambiente, lo sviluppo sostenibile e il giudice amministrativo*, in *Rivista della Corte dei Conti*, n. 3/2022, 47 ss.

considerazione la tutela dell'ambiente e il principio di sviluppo sostenibile, già affermatisi non solo a livello internazionale ma anche europeo[11].

2. Gli Enti del Terzo Settore

Orbene, dopo aver esaminato le prime tappe dell'affermarsi di un *diritto dell'ambiente* e del principio di sviluppo sostenibile, occorre evidenziare come, seppur tradizionalmente tali tematiche siano state oggetto di studio della branca del diritto pubblico in ragione della natura pubblica dell'interesse protetto, anche il diritto privato sia in grado di apprestare strumenti di promozione della salvaguardia dell'ambiente.

La circostanza che per rendere effettiva la tutela dell'ambiente all'azione pubblica si debba necessariamente affiancare l'azione dei privati deve ritenersi, infatti, ormai pacifica. In merito vi è chi auspica una conformazione e funzionalizzazione di tutte le attività, pubbliche o private, e degli istituti civilistici al principio di sviluppo sostenibile[12]. Invero, gli obiettivi di sviluppo sostenibile sono raggiungibili solo se l'intero ordinamento si adopera a tal fine, pertanto anche il diritto privato deve accostarsi a tali materie, storicamente pubblicistiche, al fine di valorizzare anche nei rapporti tra privati i principi di sussidiarietà orizzontale, solidarietà e sostenibilità[13].

A conferma dell'attitudine anche del diritto privato ad assumere rilevanza nell'ambito della tutela ambientale, si ritiene debba essere considerata l'attività di promozione e sensibilizzazione svolta dagli Enti del Terzo Settore.

È noto che da tempo il legislatore, preso atto dell'impossibilità dello Stato di provvedere da solo al perseguimento di scopi sociali, ha delegato in un primo momento agli enti collettivi del primo libro del codice civile e successivamente agli Enti del Terzo Settore il compito di perseguire quelle finalità che coinvolgono interessi collettivi[14].

[11] V. Pepe, *Riforma dell'art. 41 della Costituzione per uno sviluppo sostenibile: la sostenibilità come etica pubblica*, in *Italia forest. mont.*, n. 1/2012, 44 ss.

[12] M. Pennasilico, *Sviluppo sostenibile, legalità costituzionale e analisi "ecologica" del contratto, in Persona e mercato*, n. 1/2015, 37 ss.

[13] M. Pennasilico, *La "sostenibilità ambientale" nella dimensione civil-costituzionale: verso un diritto dello "sviluppo umano ed ecologico"*, in *Riv. Quadr. dir. Ambiente*, n. 3/2020, 4 ss.; A. Alamanni, *L'interesse ambientale nella prospettiva civilistica. Riflessi sulla responsabilità civile*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, n. 18/2022, 318 ss.

[14] Nonostante tradizionalmente l'interesse del legislatore fosse rivolto agli enti del quinto libro del codice civile in ragione del preminente interesse di sviluppo economico, si è in seguito assistito ad un progressivo

Il cd. Terzo settore è composto da quegli enti che svolgono attività di interesse generale senza finalità di lucro ed è così denominato al fine di distinguerlo, da un lato, dal «primo settore», che si indentifica nello Stato e nella P.A., e, dall'altro, dal «secondo settore», rappresentato invece dalle imprese private che compongono il mercato[15]. Il Terzo settore si colloca «a metà strada» tra gli altri due settori in quanto ingloba in sé caratteri del primo e del secondo; si tratta, infatti, di enti di natura privata che, pur perseguendo interessi di carattere generale, non hanno finalità di lucro.

Per lungo tempo la natura giuridica e l'assenza di una disciplina organica in grado di fornire una definizione univoca hanno fatto sì che il Terzo settore venisse considerato figura residuale[16], espressione dell'incapacità dello Stato e degli enti territoriali di fornire ai cittadini i servizi necessari[17]. Si deve alla legge delega di riforma del Terzo settore un'univoca definizione[18]. In attuazione di tale delega, inoltre, è stato emanato il Codice del Terzo Settore[19]

cambiamento con i diversi interventi legislativi attraverso i quali è stata riconosciuta rilevanza anche agli enti che perseguono finalità solidaristiche. Il legislatore è intervenuto, tra le altre, con la l. n. 266/1991 sul volontariato, con la l. n. 381/1991 sulle cooperative sociali, con la l. n. 460/1997 sulle ONLUS con la quale ha riservato una disciplina tributaria di favore agli enti che perseguono finalità solidaristiche, con la l n. 383/2000 sulle associazioni di promozione sociale, con il d.lgs. n. 155/2006 sull'impresa sociale. Infine, con lo scopo di riunire la normativa in maniera organica, il legislatore ha delegato il Governo, con legge delega n. 106/2016, al riordino della disciplina del Terzo settore. Sull'*excursus* storico v. L. La Pietra, *Il Terzo Settore e il No Profit*, in *CamminoDiritto.it*, 30 aprile 2019, 2 ss., consultabile al seguente indirizzo: *https://rivista.camminodiritto.it/articolo.asp?id=3891*, 1 ss.

[15] A. Fici, *Struttura e impianto del "nuovo" diritto del Terzo Settore*, in *Terzjus*, 22 giugno 2020, consultabile al seguente indirizzo *Internet*: *https://terzjus.it/articoli/saggi/struttura-e-impatto-del-nuovo-diritto-del-terzo-settore/*; D. Caldirola, *Stato, mercato e Terzo settore nel decreto legislativo n. 117/2017: per una nuova governance della solidarietà*, in *Federalismi*, n. 3/2018, 2 ss.

[16] Parte della dottrina N. Lipari, *Il ruolo del terzo settore nella crisi dello Stato*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, n. 2/2018, 637, contesta l'utilità della definizione di Terzo settore come ambito che si ricava appunto da ciò che è non-Stato e non-mercato.

[17] A. Patané, *Enti del Terzo Settore e principio di solidarietà. Le opportunità del PNRR per rigenerare una rete a sostegno della società*, in *Società e Diritti*, n. 15/2023, 57, ritiene che «il *non profit* deve essere pensato come un'alternativa o una soluzione parallela al mercato, bensì come uno strumento capace di garantire supporto in quei settori o in quelle parti del mercato dove c'è la necessità di solidarietà tra i cittadini di una comunità, sia essa nazionale o locale, perché nessuno lì vuole investire».

[18] Art. 1, comma 1, l. n. 106/2016 «Per Terzo settore si intende il complesso degli enti privati costituiti per il perseguimento, senza scopo di lucro, di finalità civiche, solidaristiche e di utilità sociale e che, in attuazione del principio di sussidiarietà e in coerenza con i rispettivi statuti o atti costitutivi, promuovono e realizzano attività di interesse generale mediante forme di azione volontaria e gratuita o di mutualità o di produzione e scambio di beni e servizi.».

[19] L. Bozzi, *Terzo settore: osservazioni a "prima lettura" su una riforma culturale prima che giuridica*, in *Contratto e impresa*, n. 4/2017, 1253; M.V. De Giorgi, *Terzo settore. Il tempo della riforma*, in *Studium iuris*, n. 2/2018, 139); G. Ponzanelli, *La nuova categoria degli enti del Terzo settore: alcune considerazioni introduttive*, in Gorgoni M. (a cura di), *Il codice del Terzo settore. Commento al Decreto legislativo 3 luglio 2017, n. 117*, Pisa, 2018, 1 ss.; E. Quadri, *Terzo settore tra diritto speciale e diritto generale*, in *Nuova giur. civ. comm.*, n. 5/2018, 708 ss.; A. Fici, *L'attività*

(da cui l'acronimo CTS), il quale delinea i requisiti che l'ente deve rispettare per potersi qualificare come ETS, attribuendo a tale categoria di enti un'autonoma rilevanza.

Dal rinvio che l'art. 1 del CTS fa a diversi principi contenuti nella legge fondamentale dello Stato italiano emerge, per un verso, la rilevanza costituzionale degli enti e, per altro verso, l'imprescindibile finalità sociale loro riservata[20]. Infatti, in attuazione del principio di solidarietà[21], attraverso la loro attività priva di finalità lucrative, detti enti contribuiscono a fornire servizi di carattere assistenziale e, in ossequio al principio di sussidiarietà orizzontale, svolgono compiti di interesse generale[22] partecipando attivamente alla programmazione e alla progettazione di attività che rientrano tra le competenze della funzione pubblica esercitata dalla P.A.[23].

Gli ETS sono enti privati la cui disciplina è contenuta nel Codice del Terzo Settore e, per quanto da quest'ultimo non disciplinato, dalle norme del codice civile[24]. Tali enti, in ragione della meritevole natura delle attività svolte, godono di una regolamentazione di favore, potendo beneficiare di sostegni finanziari e della possibilità di instaurare particolari rapporti con la P.A., e di contro, per le stesse ragioni, sono soggetti ad un serie di controlli ed obblighi di trasparenza[25].

degli enti del Terzo settore, in M. Gorgoni (a cura di), *Il codice del Terzo settore. Commento al Decreto legislativo 3 luglio 2017, n. 117*, Pisa, 2018, 61 ss.; A. Fici, *Fonti della disciplina, nozione e governance degli enti del terzo settore*, in Id (a cura di), *La riforma del Terzo settore e dell'impresa sociale. Una introduzione*, Napoli, 2018, 83 ss.; R. Briganti *La riforma del "Terzo settore" tra sussidiarietà orizzontale e impresa sociale*, in *Notariato*, n. 5/2018, 511 ss.; L. Bozzi, *Il codice attuativo della riforma del Terzo settore. Profili ricostruttivi e spunti problematici*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, n. 1/2019, 19 ss.; A. Fici, *Struttura e impianto del "nuovo" diritto del Terzo Settore*, cit., parla di «creazione del diritto del terzo settore».

[20] L'art. 1, d.lgs. n. 117/2017, richiama gli artt. 2, 3, 4, 9, 18 e 118, quarto comma, Cost. Sul punto v. G. Arena, *Sussidiarietà orizzontale e Enti del Terzo Settore*, in *Impresa Sociale*, n. 3/2020, 96 ss.; E. Rossi, *Il fondamento del Terzo settore è nella Costituzione. Prime osservazioni sulla sentenza n. 131 del 2020 della Corte costituzionale*, in *Forum di Quad. Cost.*, n. 3/2020, 49 ss.; L. Gori, *Gli effetti giuridici «a lungo raggio» della sentenza n. 131 del 2020 della Corte costituzionale*, in *Impresa Sociale*, n. 3/2020, 89 ss.

[21] A. Patané, *Enti del Terzo Settore*, cit., 55 ss.

[22] Art. 118, ultimo comma, Cost.

[23] L'art. 55 d.lgs. n. 117/2017 prevede che le P.A., nell'esercizio delle proprie funzioni di programmazione e organizzazione a livello territoriale degli interventi e dei servizi nei settori di attività di interesse generale, assicurino il coinvolgimento attivo degli Enti del Terzo Settore, attraverso forme di co-programmazione e co-progettazione e accreditamento. Sul punto v. G. Arena, *Sussidiarietà orizzontale*, cit., 96 ss.; F. Gaspari, *Terzo Settore ed amministrazione condivisa: profili sostanziali e processuali*, in *Società e Diritti*, n. 15/2023, 71 ss.

[24] Art. 3, comma 2, d.lgs. n. 117/2017. Sul punto v. L. Gori, *Il sistema delle fonti del diritto nel terzo settore*, in *Osservatorio sulle fonti*, n. 1/2018, 1 ss.

[25] La scelta di prevedere una normativa fiscale di favore conferma l'esigenza dello Stato di delegare ai privati lo svolgimento di attività di preminente interesse collettivo.

Dalla definizione univoca contenuta nel Codice si desumono le caratteristiche che un ente deve avere al fine di poter essere qualificato ETS[26]. Nello specifico, gli enti costituitisi in certe forme giuridiche devono perseguire finalità civiche, solidaristiche e di utilità sociale attraverso lo svolgimento, in via esclusiva o principale, di attività di interesse generale, tra le quali si segnala l'attività finalizzata alla salvaguardia e al miglioramento delle condizioni dell'ambiente, devono agire senza scopo di lucro e devono essere iscritti al registro unico nazionale del Terzo settore.

3. I presupposti normativi dell'attività degli ETS a tutela dell'ambiente

La questione ambientale, oggetto di riforma costituzionale, come già evidenziato, ha assunto un rilievo di primaria importanza nella società contemporanea, spinta dall'evidenza dei pregiudizi causati da un modello economico governato dalle logiche di profitto e incurante delle esternalità negative prodotte. Il fenomeno dei repentini cambiamenti climatici e le conseguenti devastazioni del territorio richiedono una partecipazione attiva non soltanto dello Stato, ma anche dei singoli cittadini e delle formazioni sociali[27]. Lo Stato, infatti, non può da solo riuscire ad attuare una transizione ecologica, è necessario che anche i singoli e le formazioni sociali diano il proprio contributo.

Considerato che gli ETS, come detto, danno attuazione a principi costituzionali, si può innanzitutto affermare che essi ricoprono un ruolo di primaria importanza per la salvaguardia dell'ambiente sia in applicazione del principio di sussidiarietà orizzontale che del principio di

[26] Art. 4, comma 1, d.lgs. n. 117/2017 «Sono enti del Terzo settore le organizzazioni di volontariato, le associazioni di promozione sociale, gli enti filantropici, le imprese sociali, incluse le cooperative sociali, le reti associative, le società di mutuo soccorso, le associazioni, riconosciute o non riconosciute, le fondazioni e gli altri enti di carattere privato diversi dalle società costituiti per il perseguimento, senza scopo di lucro, di finalità civiche, solidaristiche e di utilità sociale mediante lo svolgimento, in via esclusiva o principale, di una o più attività di interesse generale in forma di azione volontaria o di erogazione gratuita di denaro, beni o servizi, o di mutualità o di produzione o scambio di beni o servizi, ed iscritti nel registro unico nazionale del Terzo settore». G. Marasà, *Appunti sui requisiti di qualificazione degli enti del terzo settore: attività, finalità, forme organizzative*, in *Nuove leggi civili comm.*, n. 3/2018, 671 ss.

[27] C. Petteruti, *Il ruolo del Terzo Settore nella tutela dell'ambiente e nella transizione energetica. Esperienze europee a confronto*, in *Società e Diritti*, n. 15/2023, 132, afferma che «l'ambientale che, pur costituendo materia di competenza esclusiva dello Stato (e per altri versi di competenza concorrente con le Regioni), coinvolge ciascun cittadino, individualmente o nelle formazioni sociali, secondo una prospettiva di sviluppo sostenibile e di salvaguardia degli interessi delle future generazioni […]». In questo senso, la realizzazione del programma dell'Agenda 2030 richiede una partecipazione attiva di tutte le componenti della società.

solidarietà[28], posto peraltro che le iniziative in materia ambientale possono considerarsi ricomprese nel più ampio dovere di solidarietà sociale[29].

Occorre, altresì, ricordare che l'esigenza di promuovere una puntuale azione ambientale ha fatto sì che già con il Codice dell'Ambiente, attraverso il principio dell'azione ambientale, venisse attribuito agli enti privati e pubblici, alle persone fisiche e giuridiche pubbliche o private, il compito di garantire la tutela dell'ambiente, degli ecosistemi naturali e del patrimonio culturale[30]. Inoltre, dalla lettura combinata tra l'art. 3 *ter* del Codice dell'Ambiente e l'art. 55 CTS, il quale prevede che la P.A. coinvolga attivamente gli ETS nelle proprie funzioni di organizzazione e programmazione di interventi e servizi proprio in settori di attività di interesse generale, emerge in modo ancora più incisivo il ruolo particolarmente rilevante che i suddetti enti possono svolgere nell'orientare e supportare pratiche a tutela dell'ambiente.

Più nello specifico, nell'elenco delle attività di interesse generale indicato nella disciplina codicistica degli ETS vi è un esplicito riferimento all'attività di promozione della salvaguardia dell'ambiente; si considerano, infatti, attività di interesse generale gli «interventi e servizi finalizzati alla salvaguardia e al miglioramento delle condizioni dell'ambiente e all'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali […]»[31].

Infine, ulteriore riscontro del contributo che gli ETS possono apportare in tale materia si può, altresì, desumere dall'art. 9 Cost. in quanto, considerato che il termine Repubblica «deve intendersi sempre come riferito non solo ai poteri pubblici che compongono l'apparato istituzionale […], ma anche all'insieme dei soggetti pubblici e privati che compongono la comunità nazionale»[32], gli ETS in sinergia con i poteri pubblici, predisponendo attività ed iniziative, partecipano alla promozione della tutela dell'ambiente, della biodiversità e degli ecosistemi, concorrendo al perseguimento dello sviluppo sostenibile promosso dal programma d'azione predisposto dall'Agenda 2030.

[28] Corte Cost. sent. n. 185/2018.
[29] La connessione tra ambiente e solidarietà nell'ottica del pieno sviluppo della persona umana si rinviene già nel secolo scorso ad opera della dottrina prettamente civilistica, cfr. P. Perlingieri, *Spunti in tema di tutela dell'ambiente*, in *Legalità e giustizia*, 1989, 136.
[30] Art. 3 *ter* d.lgs. n. 152/2006.
[31] Art. 5, lett. e), d.lgs. n. 117/2017.
[32] G. Arena, *Sussidiarietà orizzontale*, cit., 99.

4. Il contributo degli ETS per la salvaguardia dell'ambiente

In occasione del cinquantesimo compleanno di WWF Italia Piero Angela ha riconosciuto il ruolo fondamentale che gli enti possono rivestire per la tutela ambientale, affermando «In questi decenni il WWF ha costituito una presenza continua e concreta a favore dell'ambiente dimostrando il valore della ricchezza della natura per il benessere di noi tutti. Con visione, capacità di futuro e concretezza ha contribuito a creare una cultura ambientale nel nostro Paese e nel mondo e a dimostrare con i fatti cosa si può fare per difendere la base stessa della nostra esistenza»[33].

Invero, dall'esame dei presupposti normativi e alla luce delle caratteristiche di tale tipologia di enti e dalla loro naturale vocazione nel perseguire il benessere della collettività si può certamente comprendere come anche gli ETS, pur essendo enti privati, favoriscono in maniera rilevante l'adozione di un sistema sociale ed economico che sia rispettoso dell'ambiente.

A tal proposito, analizzando le attività svolte dagli ETS, emerge chiaramente la loro attitudine ad impegnarsi in iniziative che spingono la collettività al rispetto della natura. Tali enti, infatti, sono tra i principali attori nel raggiungimento, in generale, degli obiettivi di sviluppo sostenibile e, in particolare, nella realizzazione di una transizione ecologica. Invero, se si indaga sugli ambiti di intervento e sui servizi resi dagli ETS si può facilmente cogliere come questi ultimi siano certamente sovrapponibili alle tre componenti – economica, sociale, ambientale – dello sviluppo sostenibile[34].

Tale attitudine è da ricondursi, peraltro, alla particolare posizione da essi ricoperta; invero, trovandosi in una posizione intermedia tra lo Stato e il mercato, gli ETS sono in grado di agire in sinergia con il primo e con il secondo settore, stimolando sia l'azione dello Stato che quella

[33] Consultabile al seguente indirizzo *Internet*: *https://www.wwf.it/pandanews/ambiente/il-wwf-italia-compie-50-anni/*.

[34] Il *Forum* del Terzo Settore, ente rappresentativo del Terzo Settore in Italia, ha stilato un rapporto in cui viene evidenziato il contributo fornito dal Terzo settore per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile, sottolineandone l'importante ruolo svolto soprattutto nel periodo pandemico, consultabile al seguente indirizzo: *https://www.forumterzosettore.it/2021/05/28/il-terzo-settore-e-gli-obiettivi-di-sviluppo-sostenibile-rapporto-2021/*.

delle imprese private e ponendosi come *standard*[35] da seguire per attuare un sistema che possa definirsi «sostenibile», fungendo da interpreti di uno stile di vita attento all'ambiente.

Gli ETS, infatti, figurano sia come promotori di un sistema di sviluppo sostenibile, svolgendo attività di sensibilizzazione, di supporto alle politiche ambientali e a progetti per lo sviluppo sostenibile[36], sia come «controllori» del rispetto di parametri ambientali, proponendo azioni contro le pratiche dannose adottate dalle imprese. L'importanza degli ETS si rinviene, altresì, nella circostanza che essi agiscono in un campo di interesse generale in cui gli enti che perseguono finalità lucrative non intervengono in ragione del fatto che le attività di promozione e sensibilizzazione non sono produttive di ricavi economici[37].

In conclusione, si può certamente affermare che gli ETS ricoprono un ruolo di estrema rilevanza nella promozione della salvaguardia dell'ambiente, pertanto, proprio alla luce dei riscontri pratici, risulta necessario valorizzarli e implementarne gli strumenti a sostegno.

5. Bibliografia

Alamanni A., *L'interesse ambientale nella prospettiva civilistica. Riflessi sulla responsabilità civile*, in *Actualidad Jurídica Iberoamericana*, n. 18/2022, 318 ss.

Arena G., *Sussidiarietà orizzontale e Enti del Terzo Settore*, in *Impresa Sociale*, n. 3/2020, 96 ss.

Bozzi L., *Terzo settore: osservazioni a "prima lettura" su una riforma culturale prima che giuridica*, in *Contratto e impresa*, n. 4/2017, 1253 ss.

Bozzi L., *Il codice attuativo della riforma del Terzo settore. Profili ricostruttivi e spunti problematici*, in *Osservatorio del diritto civile e commerciale*, n. 1/2019, 19 ss.

[35] M. Galante, *Le imprese sociali e gli altri Enti di Terzo settore costruiscono i nuovi standard ambientali e sociali*, in *Impresa sociale*, 20 luglio 2020, consultabile al seguente indirizzo *Internet*: *https://www.rivistaimpresasociale.it/forum/articolo/le-imprese-sociali-e-gli-altri-enti-di-terzo-settore-costruiscono-i-nuovi-standard-ambientali-e-sociali*.

[36] Gli ETS impegnati nella tutela dell'ambiente organizzano campagne di informazione e sensibilizzazione, attività di educazione ambientale coinvolgendo i più giovani. Tra le attività di salvaguardia dell'ambiente è di rilevante importanza la partecipazione del Terzo settore alla creazione di comunità energetiche rinnovabili. Sul punto v. A. Grignani, *Le comunità di energia rinnovabile: utile risorsa per il contrasto alla povertà energetica*, in *Ambiente&Sviluppo*, n. 2/2022, 113 ss.; C. Petteruti, *Il ruolo del Terzo Settore*, cit., 139 ss.

[37] Gli enti *for profit* spesso promuovono campagne di sensibilizzazione ambientale con il solo intento di migliorare la percezione che la società ha delle attività da essi svolte.

Briganti R., *La riforma del "Terzo settore" tra sussidiarietà orizzontale e impresa sociale*, in *Notariato*, n. 5/2018, 511 ss.

Caldirola D., *Stato, mercato e Terzo settore nel decreto legislativo n. 117/2017: per una nuova governance della solidarietà*, in *Federalismi*, n. 3/2018, 2 ss.

De Giorgi M.V., *Terzo settore. Il tempo della riforma*, in *Studium iuris*, n. 2/2018, 139 ss.

Fici A., *Fonti della disciplina, nozione e governance degli enti del terzo settore,* in Fici A. (a cura di), *La riforma del Terzo settore e dell'impresa sociale. Una introduzione*., Napoli, 2018, 83 ss.

Fici A., *L'attività degli enti del Terzo settore,* in Gorgoni M. (a cura di), *Il codice del Terzo settore. Commento al Decreto legislativo 3 luglio 2017, n. 117*, Pisa, 2018, 61 ss.

Fici A., *Struttura e impianto del "nuovo" diritto del Terzo Settore*, in *Terzjus*, 22 giugno 2020, consultabile al seguente indirizzo *Internet*: *https://terzjus.it/articoli/saggi/struttura-e-impatto-del-nuovo-diritto-del-terzo-settore/*.

Fracchia F., *L'ambiente nell'art. 9 della Costituzione: un approccio in "negativo"*, in *Il diritto dell'economia*, n. 1/2017, 15 ss.

Galante M., *Le imprese sociali e gli altri Enti di Terzo settore costruiscono i nuovi standard ambientali e sociali*, in *Impresa sociale*, 20 luglio 2020, consultabile al seguente indirizzo *Internet*: *https://www.rivistaimpresasociale.it/forum/articolo/le-imprese-sociali-e-gli-altri-enti-di-terzo-settore-costruiscono-i-nuovi-standard-ambientali-e-sociali*.

Gaspari F., *Terzo Settore ed amministrazione condivisa: profili sostanziali e processuali*, in *Società e Diritti*, n. 15/2023, 71 ss.

Gori L., *Il sistema delle fonti del diritto nel terzo settore*, in *Osservatorio sulle fonti*, n. 1/2018, 1 ss.

Gori L., *Gli effetti giuridici «a lungo raggio» della sentenza n. 131 del 2020 della Corte costituzionale*, in *Impresa Sociale*, n. 3/2020, 89 ss.

Grignani A., *Le comunità di energia rinnovabile: utile risorsa per il contrasto alla povertà energetica*, in *Ambiente&Sviluppo*, n. 2/2022, 113 ss.

La Pietra L., *Il Terzo Settore e il No Profit*, in *CamminoDiritto.it*, 30 aprile 2019, 2 ss., consultabile al seguente indirizzo: *https://rivista.camminodiritto.it/articolo.asp?id=3891*.

Lipari N., *Il ruolo del terzo settore nella crisi dello Stato*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, n. 2/2018, 637 ss.

Marasà G., *Appunti sui requisiti di qualificazione degli enti del terzo settore: attività, finalità, forme organizzative*, in *Nuove leggi civili comm.*, n. 3/2018, 671 ss.

Patané A., *Enti del Terzo Settore e principio di solidarietà. Le opportunità del PNRR per rigenerare una rete a sostegno della società*, in *Società e Diritti*, n. 15/2023, 55 ss.

Pennasilico M., *Sviluppo sostenibile, legalità costituzionale e analisi "ecologica" del contratto, in Persona e mercato*, n. 1/2015, 37 ss.

Pennasilico M., *La "sostenibilità ambientale" nella dimensione civil-costituzionale: verso un diritto dello "sviluppo umano ed ecologico"*, in *Riv. Quadr. dir. Ambiente*, n. 3/2020, 4 ss.

Pepe V., *Riforma dell'art. 41 della Costituzione per uno sviluppo sostenibile: la sostenibilità come etica pubblica*, in *Italia forest. mont.*, n. 1/2012, 44 ss.

Pepe V., *Teorie e modelli giuridici di sviluppo sostenibile*, in Pepe V. e Colella L. (a cura di), *Saggi di diritto ambientale italiano e comparato. "Prospettive di cambiamento"*, Agropoli, 2019, 19 ss.

Perlingieri P., *Spunti in tema di tutela dell'ambiente*, in *Legalità e giustizia*, 1989, 136 ss.

Petteruti C., *Il ruolo del Terzo Settore nella tutela dell'ambiente e nella transizione energetica. Esperienze europee a confronto*, in *Società e Diritti*, n. 15/2023, 127 ss.

Ponzanelli G. *La nuova categoria degli enti del Terzo settore: alcune considerazioni introduttive,* in Gorgoni M. (a cura di), *Il codice del Terzo settore. Commento al Decreto legislativo 3 luglio 2017, n. 117*, Pisa, 2018, 1 ss.

Quadri E., *Terzo settore tra diritto speciale e diritto generale*, in *Nuova giur. civ. comm.*, n. 5/2018, 708 ss.

Renna M., *I principi in materia di tutela ambientale*, in *Riv. quadr. dir. ambiente*, n. 1-2/2012, 62 ss.

Rossi E., *Il fondamento del Terzo settore è nella Costituzione. Prime osservazioni sulla sentenza n. 131 del 2020 della Corte costituzionale*, in *Forum di Quad. Cost.*, n. 3/2020, 49 ss.

Silvestri M., *Sviluppo sostenibile: un problema di definizione*, in *Gentes*, n. 2/2015, 215 ss.

Valletta D., *La tutela dell'ambiente, lo sviluppo sostenibile e il giudice amministrativo*, in *Rivista della Corte dei Conti*, n. 3/2022, 47 ss.

Rivoluzione industriale e sviluppo sostenibile

Federica Favaloro - Antonio Denaro - Guido Di Bella - Chiara Borsellino

INDUSTRIA 5.0: LA PROSSIMA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

1. Introduzione. – 2. Cenni Storici. – 3. L'attuale Industria 4.0. – 4. Verso la quinta rivoluzione industriale. – 5. Come evolverà il concetto di lavoro nell'Industria 5.0?. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

L'orientamento in ambito industriale è volto alla ricerca di soluzioni sempre più efficienti in grado di trasformare il generico sistema produttivo, di qualsiasi dimensione, in una smart factory; Il concetto chiave di smart factory è un'industria fondata su tre pilastri, ovvero: "smart production", cioè impiego di nuove tecnologie produttive e nuovi layout impiantistici; "smart service" cioè l'integrazione e l'automazione dei servizi, sia interni che esterni, e "smart energy", intesa come la riduzione dei consumi energetici e, di conseguenza, dei gas climalteranti. I benefici che si possono ottenere basandosi sul concetto di smart factory sono molteplici e integrati intimamente l'uno con l'altro. La maggiore flessibilità del processo, grazie alla produzione di piccoli lotti ai costi della grande scala, la maggiore velocità dal prototipo alla produzione in serie, la maggiore produttività grazie a minori tempi di set-up, con una significativa riduzione di errori e fermi macchina, e la migliore qualità grazie a un monitoraggio continuo e in tempo reale dei prodotti permette di ottenere una alta competitività di prodotti ad alto valore tecnologico; l'ottenimento di questa trasformazione necessita l'impiego di specifici strumenti su cui si basa l'attuale Piano Nazionale "Industria 4.0". Tali strumenti sono indicati come "tecnologie abilitanti" tra questi rientrano: l'impiego di macchine sempre più flessibili e intelligenti, di robot collaborativi (cobot) e di interfacce uomo-macchina sempre più efficienti, l'additive manufacturing, la realtà aumentata, le simulazioni di processo, l'integrazione verticale e orizzontale, l'Internet delle cose, il cloud, la cybersecurity, i Big Data, l'Intelligenza Artificiale e le Blockchain. L'obiettivo del presente contributo è quello di analizzare sia l'attuale assetto tecnologico sia i processi evolutivi che

hanno caratterizzato le precedenti rivoluzioni industriali dal punto di vista delle macchine impiegate e della connessione operatore-macchina valutandone le ripercussioni in ambito ambientale, sociale ed economico.

2. Cenni storici

Il concetto di Industria (fig.1) nacque successivamente all'esigenza, da parte dell'uomo, di sfruttare le materie prime attraverso una gestione più massiva, semplice e veloce delle risorse disponibili. La prima rivoluzione industriale si sviluppò intorno al 1780, con l'introduzione di sistemi di automazione che impiegavano perlopiù vapore acqueo, carbone e petrolio. La seconda rivoluzione industriale solo qualche decennio più avanti, con l'impiego dell'energia elettrica assieme al concetto di automazione, ereditato dalla rivoluzione precedente, costituì l'era della distribuzione di massa. La terza rivoluzione industriale, invece, si estese a partire dal 1960 e fu caratterizzata dal primo controllore logico programmabile (PLC), da quel momento in poi, è stato possibile automatizzare la produzione utilizzando l'elettronica e l'informatica (IT) [1]. Nel 2011, in Germania, venne introdotta l'attuale industria 4.0 basata su un modello che elimina e separa il mondo fisico e quello virtuale attraverso l'uso di reti intelligenti [2]. Si prevede, invece, che la prossima rivoluzione industriale incentrerà maggiormente le sue fondamenta sul concetto di "personalizzazione di massa" unendo le caratteristiche di velocità, precisione ed affidabilità delle macchine a quello che è il pensiero critico e cognitivo dell'uomo [3].

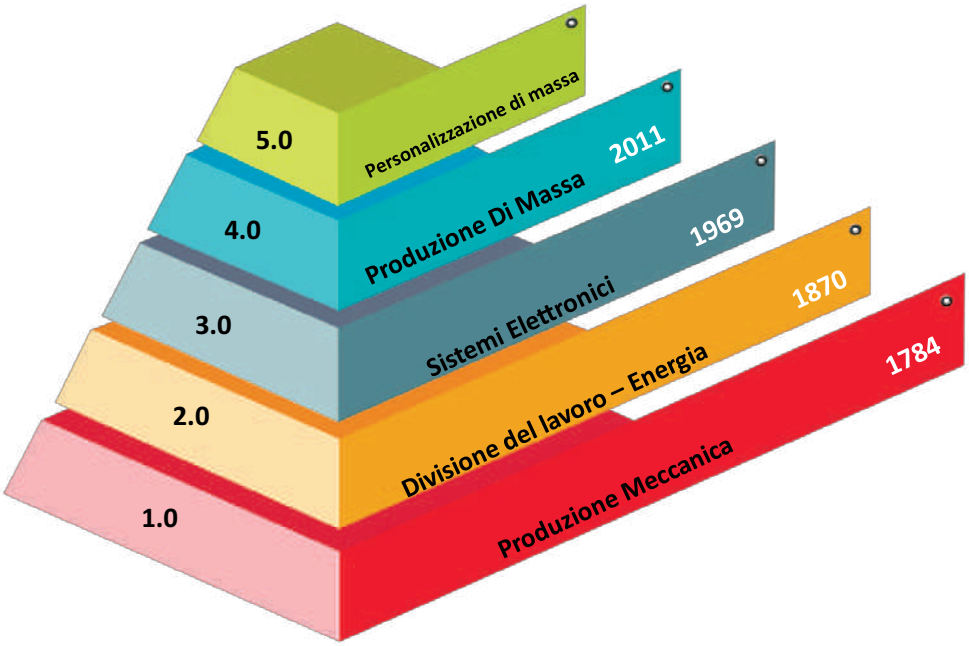


Fig.1 Dalla Industria 1.0 alla Industria 5.0

Nello specifico, nel XVIII secolo, in Gran Bretagna ebbe inizio quella che successivamente verrà chiamata "prima rivoluzione industriale" ovvero, un periodo di forte transizione basata sulla meccanizzazione dei processi e l'impiego di macchine che sfruttavano l'acqua, il vapore ed il carbone per la produzione di energia, a partire da uno scenario economico basato esclusivamente sulla manovalanza, sull'artigianato e l'agricoltura. I settori maggiormente influenzati dalla rivoluzione industriale comprendevano quello agricolo, tessile, minerario e dei trasporti, nei quali, fino a quel momento, venivano impiegate materie prime e strumenti limitati, con lo svantaggio di rendere complicata la gestione della produzione, soprattutto per la produzione di grandi volumi. L'industria 1.0 introdusse il concetto di meccanizzazione dei processi, rivoluzionando l'intera economia permettendo la crescita di un numero sempre maggiore di industrie. Oltre la Gran Bretagna, le prime regioni ad affacciarsi a tale scenario furono gli Stati Uniti e l'Europa continentale mentre, tale rivoluzione, si estese alla restante parte del mondo a partire dal XX secolo. L'impiego di questi macchinari segnò il primo grande passaggio da un'economia artigianale a quella che prevedeva l'uso delle macchine nei processi produttivi. Una delle principali problematiche relative alla prima rivoluzione industriale

riguardava la domanda eccessiva dei macchinari che superava l'effettiva offerta, per far fronte alla quale i lavoratori erano soggetti a turni di lavoro prolungati ed in condizioni lavorative nocive [4]. In conseguenza di ciò, nel 1833, nel Regno Unito fu istituito il "Factory Act" emanato per tutelare i lavoratori in età minorile nelle fabbriche industriali e minerarie e per garantire il rispetto di standard elevati in tutti i luoghi di lavoro, la sicurezza e la protezione di tutti i dipendenti [5]. Nel XIX secolo nelle regioni della Germania, oltre che della Gran Bretagna e degli Stati Uniti, si sviluppò la "seconda rivoluzione industriale" anche conosciuta come "rivoluzione tecnologica", in quanto sfruttava l'energia elettrica per alimentare le macchine nei vari processi industriali, portando a numerosi vantaggi in termini di efficienza e di facilità di impiego, introducendo la produzione in lotti ed agevolando quindi i lavoratori. Con l'avvento dell'energia elettrica e con l'impiego del petrolio, non solo nel settore dell'industria ma anche in quello dei trasporti e delle comunicazioni, nacque l'esigenza di ampliare le tecniche ed i programmi di gestione della qualità al fine di garantire una migliore gestione della produzione. Tali tecniche si focalizzavano sui principi di produzione veloce e snella, allocazione delle risorse, strategie di produzione just-in-time e una migliore ripartizione del lavoro. Collochiamo la nascita dell'industria 2.0, con la progettazione e realizzazione della prima catena di montaggio dovuta a Ransom E. Olds, produttore di auto Oldsmobile nel 1901. Tale sistema produrre 20 unità al giorno; in questo modo, Ransom, fece incrementare del 500% la produzione rispetto all'anno precedente. Ciò permise la produzione in serie e quindi la produzione di articoli in volumi maggiori e di qualità costante. Sul concetto di produzione in serie si basò anche Henry Ford, applicando i principi appresi dall'uso dei nastri trasportatori in una macelleria e dalla distribuzione del lavoro di Ransom sulle automobili; egli creò quindi un sistema a nastro trasportatore attraverso il quale era possibile produrre i veicoli step by step. Questa invenzione rese la produzione di automobili molto più veloce ed economica, per questo Henry Ford fu considerato il padre della produzione di massa automobilistica [6]. In uno scenario già di grande cambiamento sia delle fonti primarie sia dei processi di produzione si inserì la terza rivoluzione industriale, comunemente chiamata "Rivoluzione digitale" o "Prima era dei computer" che sfruttava la tecnologia dell'informazione (IT) e si sviluppò all'inizio del XX secolo, intorno agli anni '70. È con la terza rivoluzione industriale che si assiste all'inizio della globalizzazione, che ha influito sulla

apertura dei mercati internazionali, della crescita della concorrenza e ha facilitato lo scambio di merci, informazioni e flussi di persone. La forte esigenza di favorire sia il lavoro umano, sia il flusso di informazioni e dati si concretizzò attraverso la progettazione e la realizzazione di sistemi di logica e di calcolo programmabili e semplici che non prevedessero un impegno dell'operatore totalizzante, che sfruttassero quindi una automazione parziale. Questa era fondò solide basi per lo sviluppo delle macchine moderne inserendo nel mercato chip a circuito integrato, sistemi logici digitali, transistor MOS, nonché le rispettive tecnologie come Internet, computer, telefoni cellulari digitali e microprocessori. Questi processi di automazione vennero successivamente potenziati in seguito all'impiego di energie rinnovabili nelle industrie di produzione, nonché allo sviluppo della connettività e dell'accesso a Internet [5]. Ancora oggi la maggior parte delle fabbriche e delle industrie di produzione si trovano a questo livello di evoluzione. L'automazione dei processi apportò numerosi vantaggi alle industrie soprattutto in termini di velocità di produzione, di sfruttamento parziale del lavoratore e di realizzazione di quantità prodotte in tempi relativamente brevi. Sfruttando le macchine elettroniche nei processi industriali si incrementò, inoltre, anche la domanda di sistemi software per controllare gli hardware elettronici e, di conseguenza, si espanse il mercato dello sviluppo software dell'epoca. Oltre alla parte automatizzata, tali sistemi software consentivano di svolgere inoltre diversi processi di tipo gestionale come la pianificazione ed il monitoraggio della produzione e il controllo degli inventari, la pianificazione delle risorse aziendali, dei flussi di prodotti e delle logistiche di spedizione. L'attuale industria si basa invece sulla quarta rivoluzione industriale, la quale si iniziò a svilupparsi in Germania nel 2011, con un progetto del governo tedesco, al fine di promuovere la profonda informatizzazione e l'innovazione concettuale della produzione. Fu infatti durante la Fiera di Hannover, svoltasi nello stesso anno, che venne lanciato pubblicamente il termine "Industria 4.0" [7]. L'industria 4.0 pone le sue fondamenta sull'impiego di tecnologie di comunicazione e dell'informazione intelligente, sfruttando le connessioni di rete impiegate per espandere e potenziare i "sistemi di produzione cyber-fisici" che già incorporano l'automazione e le tecnologie informatiche.

3. L'attuale Industria 4.0

Ad oggi la produzione è quasi completamente automatizzata e digitalizzata, i sistemi di produzione e le persone comunicano grazie a una rete unica, e le macchine presenti negli impianti di produzione sono in grado di compiere azioni, controllare altri dispositivi e scambiare informazioni in modo autonomo senza alcun intervento umano [1]. La quarta rivoluzione industriale gode, inoltre, di una maggiore attenzione da parte del produttore alla sostenibilità e alle questioni ambientali. Lo sviluppo sostenibile, così come definito dai 3 pilastri della sostenibilità (ecosostenibilità, profitto e sostenibilità sociale), non è visto solo come una necessità per essere più ecologici e preservare le risorse naturali per le generazioni future, ma è anche un'opportunità per migliorare l'efficienza dei processi produttivi e migliorare la redditività aziendale [4]. La distribuzione delle informazioni, che costituisce un altro punto chiave dell'industria 4.0, è resa possibile attraverso l'IIoT (Industrial Internet of Things), che si basa sull'impiego del cloud computing e dei big data, sistemi cyber-fisici, "machine learning" e sull' intelligenza artificiale. Il cloud computing rappresenta una tecnologia di archiviazione e gestione dei dati in tempo reale, questa virtualizzazione dei dati e dei processi di gestione delle attività industriali, consente quindi una gestione efficiente delle risorse e costituisce un ponte ideale tra la moderna tecnologia dell'informazione e le attuali tecnologie produttive. L'evoluzione dell'archiviazione su cloud si basa sull'implementazione delle "architetture di rete o di sistema" introducendo le tecnologie del "fog" ed "edge computing", le quali consentono la raccolta, l'analisi e l'elaborazione dei dati in modo sicuro e più efficiente rispetto al tradizionale cloud (fig.2).

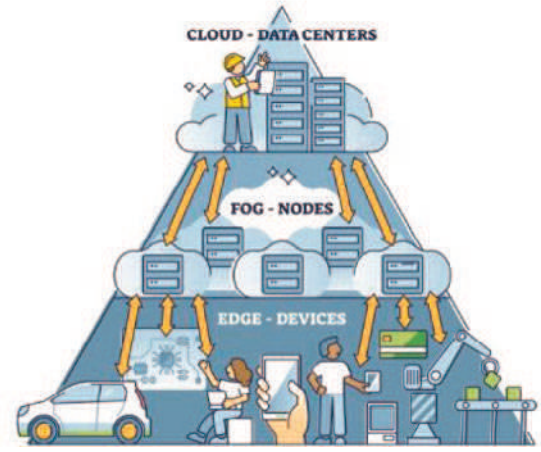


Fig.2 Rappresentazione dell'architettura del Cloud

La differenza tra architettura fog ed edge computing risiede nel fatto che, la fog computing estende l'archiviazione e l'elaborazione dei dati fino ad un livello di rete locale, elaborando tali dati in un nodo gateway IoT mentre, l'edge computing, estende la potenza di elaborazione e le capacità di comunicazione di un gateway edge o appliance, direttamente nei dispositivi come, ad esempio, i controller di automazione programmabili. Le industrie e le imprese, ad oggi, impiegano una mole di dati particolarmente elevata e ciò comporta un aumento dei tempi di elaborazione per quanto riguarda la gestione delle attività e lo scambio di informazioni. Per questo, l'industria 4.0 sta evolvendo dal cloud al fog computing, cambiamento volto ad una maggiore efficienza e flessibilità delle risorse che si traduce nell'ottimizzazione soprattutto dei tempi e dei costi industriali. Confrontando le due tipologie di architetture di rete la fog computing, sfruttando l'infrastruttura di cloud computing, concentra tutto il lavoro su un unico sistema ed elabora i dati ricevuti da diversi endpoint. In pratica il fog computing congiunge le principali tecnologie impiegate negli ultimi decenni, tra cui il cloud, l'edge, l'IoT, l'AI, la virtualizzazione, la blockchain e la rete 5G potenziandone le peculiarità, tra cui ecce cc. L'IoT ha introdotto quindi, a favore del cloud computing, un numero elevatissimo di endpoint alle reti commerciali offrendo a privati ed industrie un ambiente virtuale flessibile ed efficiente. Data la presenza nel cloud di dati sempre più voluminosi, si è resa necessaria l'introduzione di sistemi che ne tutelino l'integrità e ciò è reso possibile grazie ad i Cyber-Physical Systems (CPS), sistemi facilmente monitorabili e regolabili, impiegati nella maggior parte dei processi industriali, che si occupano di analizzare, guidare e condividere azioni ed informazioni intelligenti, al fine di migliore l'intero processo di produzione ed eventualmente rilevare eventuali cambiamenti drastici che potrebbero comportare elevati tempi di fermo e perdite economiche [1]. Un'altra delle tecnologie cardine della quarta rivoluzione industriale è quella della produzione additiva che, in un'ottica sostenibile, permette di realizzare le varie componenti di un prodotto attraverso la prototipazione layer-by-layer, ovvero, strato per strato, che possono essere realizzati con materiali diversi (polimeri, metalli, carta, cemento, biomateriali…). La produzione additiva intelligente applica algoritmi di intelligenza artificiale e di visione computerizzata per aggiungere maggiore precisione e una migliore rappresentazione grafica del prodotto ed inoltre presenta una serie di vantaggi tra i quali possiamo annoverare la possibilità di produrre

componenti in case o uffici, la possibilità di impiegare materiali con colori differenti e soprattutto la semplicità ed economicità del processo, che la rendono una tecnica accessibile alla maggior parte degli utenti. L'attuale avanzamento delle tecnologie come AI, IoT, Cloud computing, Big Data, CPS (Continuous Protection Server), 5G, DT (Developer Tool), EC (Edge Computing), etc… ha notevolmente rafforzato lo sviluppo della produzione intelligente con una particolare attenzione, oltre che alla sostenibilità, alla redditività e alla produttività che costituiscono i principali vantaggi dell'industria manifatturiera intelligente.

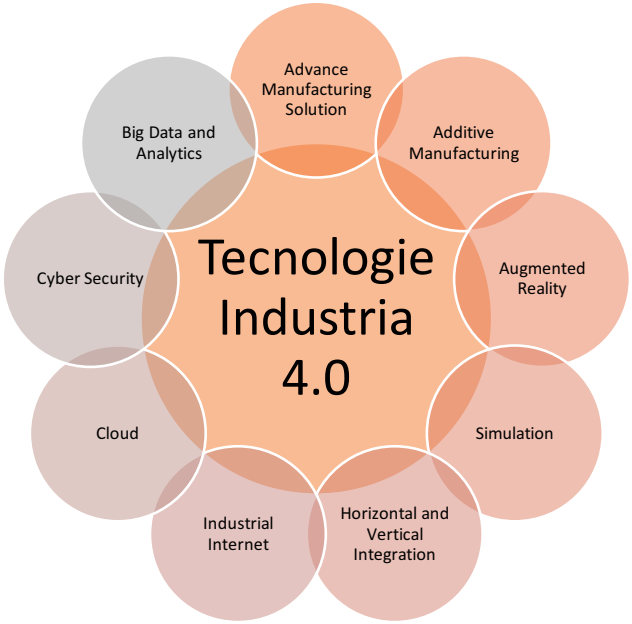


Fig.3 Tecnologie abilitanti Industria 4.0

Con l'avvento della digitalizzazione dei dati e della loro interconnessione, la domanda che ci si pone maggiormente, è come l'evoluzione che sta subendo il rapporto uomo macchina possa influenzare gli attuali processi produttivi e in quale direzione si muoverà. Il cambiamento al quale stiamo assistendo sta condizionando, oltre alle tecniche e alle capacità organizzative, anche le componenti sociali, legali ed etiche [8]. La quantità di dati disponibili sulle macchine consentirebbe l'uso di metodi analitici avanzati, compresi i metodi di intelligenza artificiale (deep learning) [9]. L'Industria 4.0, concentrandosi sul lavoro delle macchine e sulla loro ottimizzazione, emargina la partecipazione delle persone all'implementazione dei processi [10]. Possiamo affermare che le macchine stanno diventando autonome e più diventano indipendenti, nello svolgimento dei lavori, meno rendono

necessario l'intervento umano e questo ha delle ricadute sia dal punto di vista economico sia dal punto di vista della sicurezza sul lavoro. Se da una parte esiste la tendenza a demandare il lavoro alle macchine dall'altra parte bisogna considerare che è l'essere umano, ad oggi, ad essere in grado di fare associazioni di fatti ed a conoscere caratteristiche tecnologiche al fine di migliorare il livello di know-how produttivo, in un modo che è completamente inaccessibile alle macchine. Ciò si verifica in quanto le macchine possiedono una potenza di analisi particolarmente elevata ma solo attraverso la disponibilità di dati. Di contro l'essere umano è soggetto ad un margine di errore più elevato rispetto alle macchine in quanto si stanca rapidamente, commette errori e deve necessariamente investire del tempo aggiuntivo per sviluppare le competenze richieste dal mondo del lavoro. Sulla base di tali ragionamenti sembrerebbe che la soluzione ottimale sia la compartecipazione tra uomo e macchina e ciò è alla base della quinta rivoluzione industriale.

4. Verso la quinta rivoluzione Industriale

"Industria 5.0" è il titolo del rapporto che la Commissione Europea ha pubblicato a gennaio 2021 volto verso un'industria europea sostenibile, umano centrica e resiliente". L'Industria 5.0 nasce dal concetto che "il modo in cui le persone provvedono al loro sostentamento è collegato al modo in cui costruiscono la loro società" [11]. Si prevede che la rivoluzione alla quale ci stiamo affacciando rappresenti un'evoluzione che mira a sfruttare la collaborazione tra esseri umani specializzati e macchine efficienti, intelligenti e precise [12]. Rappresenta, inoltre, un cambiamento motivato della sostenibilità globale della produzione ottimizzata mantenendo il concetto del "minimo costo" per un elevato volume di produzione, in modo da soddisfare le attuali e future esigenze di mercato. Nonostante le numerose opportunità e vantaggi per le imprese che l'attuale rivoluzione industriale ha portato, si sono presentate anche sfide e ostacoli non irrilevanti. Uno dei principali problemi incontrati durante questa è relativo all'esigenza di operatori più qualificati in grado di gestire ed intervenire nei processi di produzione, adoperando gli strumenti digitali e le macchine intelligenti utilizzati per eseguire questi processi. Inoltre, ci sono più rischi riguardo alla privacy e alla proprietà dei dati. I rischi, legati ai processi automatizzati e gestiti dall'intelligenza artificiale sono sempre legati ad eventuali fermo macchina e alle interruzioni

delle attività come anche ai possibili accessi pirata dall'esterno, elementi questi ultimi da non sottovalutare. Per questo l'implementazione ed il miglioramento della "cyber security" è fondamentale, l'industria dovrà proteggere i suoi dati applicando il Regolamento UE 2016/679, il cosiddetto GDPR. L'industria 5.0 è considerata, quindi, l'evoluzione dell'attuale rivoluzione industriale in quanto ne conserva e ne reiventa i principi, sia da un punto di vista tecnico sia per quanto riguarda l'impatto ambientale che ne consegue. Si prevede che l'Industria 5.0 porterà la collaborazione uomo-macchina ad un nuovo livello, ponendo il focus sulla produzione di sistemi basati sull'intelligenza artificiale ma comunque gestiti dall'uomo. La crescita tecnologica è un fenomeno in continua evoluzione e ci si aspetta un incremento esponenziale riguardo le innovazioni tecnologiche, previsto per i prossimi decenni. Si ritiene che, già da adesso, l'umanità si stia accingendo alla futura rivoluzione industriale attraverso la progettazione e lo sviluppo dei robot di fabbrica e dell'intelligenza artificiale che porterà a interazioni più significative tra esseri umani, computer e robot, che a loro volta si tradurranno in migliori processi di produzione, migliori standard di vita e maggiore sostenibilità ambientale. L'umanità sta avanzando verso una prospettiva strettamente legata alla personalizzazione di massa che porta alla soddisfazione sia del produttore che del consumatore [13]. Secondo la Commissione Europea, l'Industria 5.0 ha un obiettivo sociale che va oltre la creazione di posti di lavoro e lo sviluppo. Tale obiettivo è che l'industria diventi un fornitore resiliente di benessere garantendo che la produzione rispetti i limiti del pianeta e ponga il benessere dei lavoratori industriali al centro del processo produttivo [14]. Sono state identificate cinque tendenze verso cui si sta dirigendo l'Industria 5.0 (fig.4), ovvero: Industria 5.0 nel contesto della valutazione e dell'ottimizzazione della catena di approvvigionamento nei processi di produzione, Industria 5.0 nel contesto della gestione aziendale, dell'innovazione e della digitalizzazione, Industria 5.0 nel contesto della produzione intelligente e sostenibile e trasformazione dell'Industria 5.0 guidata dall'IoT, Bigdata, AI, Connettività e coesistenza uomo-macchina [15].

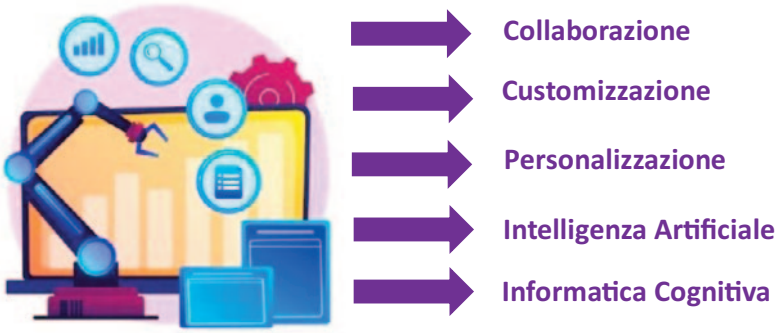


Fig.4 Concetti chiave dell'Industria 5.0

Con le nuove soluzioni tecnologiche, l'Industria 5.0 aumenterà significativamente l'efficienza e creerà una maggiore integrazione nel rapporto tra uomo e macchina, responsabilizzando l'interazione e le attività di monitoraggio costante. Trovare soluzioni alle sfide gestionali poste dalle moderne rivoluzioni industriali richiederà a livello globale, ai governi, alle imprese e al consumatore di adattarsi a tali tecnologie. In prospettiva la collaborazione tra uomo e macchina mira ad aumentare la produzione attraverso un ritmo più rapido assegnando ai robot/macchine compiti ripetitivi e monotoni lasciando all'uomo il compito di tutte quelle valutazioni che richiedono invece un pensiero critico ed analitico. L'industria 5.0 è, o probabilmente sarà, una "Collaborative Industry", lo scopo finale è quello di aggiungere valore alla produzione per ottenere prodotti personalizzati che soddisfano le esigenze di tutti gli utenti. Una delle problematiche che desta maggiore preoccupazione pensando alle future rivoluzioni riguarda la completa sostituzione del ruolo dell'uomo da parte delle macchine. Ciò costituisce obiettivamente un rischio? Dall'analisi accurata delle precedenti rivoluzioni e sulla base della familiarità da parte dell'uomo con le nuove tecnologie non si può di certo affermare che si possa verificare tale evenienza ma si prospetta perlopiù l'avvento di una "Super Smart Society", ovvero una cooperazione intelligente tra macchine e uomo. I veri protagonisti dell'Industria 5.0 saranno le "cobot", ovvero applicazioni software intelligenti (bot) che, al contrario delle attuali tecnologie di produzione, sono rappresentate da robot collaborativi e programmati per interagire e supportare l'uomo, in spazi di lavoro comuni e condivisi. Possiamo affermare che non è possibile pensare al concetto di customizzazione del prodotto senza l'intervento dell'uomo. L'utilizzo dell'intelligenza

artificiale, ad oggi già particolarmente presente, sia nel settore industriale che per uso privato, propone l'inserimento di applicazioni bot in grado di collaborare con o per un utente od un programma, in un rapporto di continuo scambio di informazioni. Quindi la personalizzazione e la cooperazione saranno i punti chiave del cambiamento dell'attuale industria 4.0 verso la nuova fabbrica del futuro. Quanto detto ci porta quindi a poter asserire, anche sulla base dell'esperienza delle precedenti rivoluzioni, che i paesi industrializzati sono pronti ad affacciarsi all'industria 5.0, un'industria capace di sfruttare l'automazione a livelli estremi attraverso la gestione di big data in condizioni di sicurezza ed impiegando tecnologie innovative e politiche innovative volte ad una produzione ecosostenibile e responsabile.

5. Come evolverà il concetto di lavoro nell'Industria 5.0?

Con l'avvento e l'inserimento sul mercato delle nuove tecnologie, ci si aspetta che ad esserne influenzato sia soprattutto il mondo del lavoro e che questo possa subire dei cambiamenti. Da quanto evidenziato nel paragrafo precedente, il risultato più evidente sarà la nascita di figure lavorative sempre più specializzate. Non bisogna confondere l'uso dei sistemi basati sull'intelligenza artificiale con la possibilità che venga eliminato il contributo umano; tali tecnologie hanno come obiettivo quello di facilitare il lavoro dell'essere umano e non di sostituirlo completamente. L'industria 5.0 mira quindi ad integrare l'intelligenza artificiale nel settore industriale e nella vita dell'uomo, in modo da incrementare e sfruttare al meglio le risorse disponibili mantenendo comunque centrale e necessaria la figura dell'uomo.

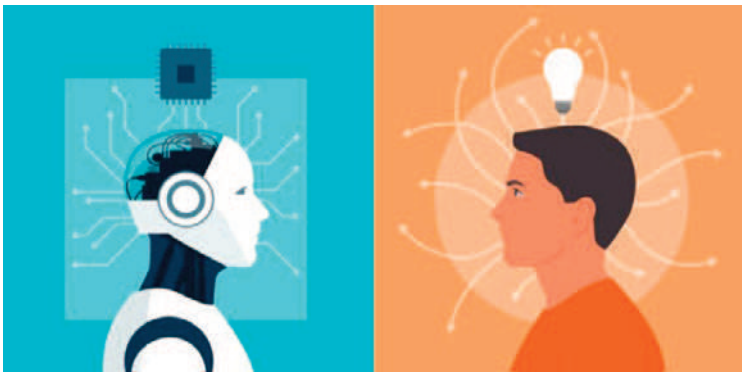


Fig.5 Nuova visione del rapporto uomo – "macchina"

Lo scopo è quello di far svolgere le mansioni più problematiche alla macchina con la continua supervisione e gestione da parte dell'uomo al fine anche di permettere, a quest'ultimo, di sviluppare la sua creatività e le capacità di "problem solving", l'industria 5.0 sarà quindi un'industria "Human-centric" [16]. L'industria 5.0 si pone come obiettivo quindi quello di ristabilire il rapporto uomo-macchina ad oggi posto in secondo piano in quanto, la quarta rivoluzione industriale, ha incentrato erroneamente tutte le energie nella progettazione di macchine che massimizzano la produzione in ragione del concetto del minimo costo. È quindi arrivato il momento di ristabilire i confini tra produzione efficiente ed intelligente ma riposizionando la figura dell'essere umano in una fascia centrale sviluppando opportuni protocolli e norme per comprendere interamente il potenziale che risiede nella relazione uomo-macchina. L'inserimento dell'intelligenza artificiale e di conseguenza dei cobot rende necessario l'instaurarsi di un rapporto di fiducia tra uomo e macchina. Il grande punto di domanda, che oggi viene naturale porsi, è come convincere quindi l'uomo ad approcciarsi al lavoro condividendolo con i cobot? Ancora oggi, dopo decenni di impiego da parte delle industrie dell'automazione, affidare i compiti ad i robot desta non poche preoccupazioni. Ad oggi non si è ancora compreso il potenziale dell'inserimento dei cobot sia nell'industria che nella quotidianità dell'utente, per colpa dell'assenza di una "cultura" di tipo integrativo che presenti il cobot come una grossa risorsa da impiegare come "aiuto" a svolgere mansioni che inevitabilmente necessitano della pianificazione e gestione esercitabile esclusivamente dall'essere umano. La robotica collaborativa, inserita già nell'attuale industria 4.0, resta l'unico punto di incontro. Notevoli sono i vantaggi che l'industria otterrebbe inserendo i cobot nei processi produttivi da una maggiore efficienza nella gestione dei dati, risparmio economico in termini di gestione, professionalizzazione del personale, sperimentazione di applicazioni innovative, possibilità di mass customization. La collaborazione tra uomo e macchina deve essere intesa sull'idea del "teaching by using", ovvero è l'uomo a ideare e progettare mentre la macchina memorizza ed applica a livello esclusivamente operativo e non decisionale.

6. Bibliografia

[1] Zambon I., Cecchini M., Egidi G., Saporito M.G., Colantoni A., *Revolution 4.0: Industry vs. Agriculture in a Future Development for SMEs*, Department of Agricultural and Forestry Sciences (DAFNE), Tuscia University, 2019.

[2] Braun A., Colangelo E., Steckel T., *Farming in the Era of Industrie 4.0*, Procedia CIRP 2018, 72, 979–984.

[3] Alizon F., B. Shooter, W. Simpson, *Henry Ford and the Model T: Lessons for Product Platforming and Mass Customization*, Design Studies, 2009.

[4] Bauer W.; Hammerle M.; Schlund S.; Vocke C., *Transforming to a hyper-connected society and economy–towards an "Industry 4.0"*, Procedia Manuf. 2015, 3, 417–424.

[5] Johannsen, G. Human-machine systems research for needs in industry and society. IFAC Proc. Vol. 2001, 34, 1–9.

[6] Bartezzaghi E., *The evolution of production models: Is a new paradigm emerging?*, Int. J. Oper. Prod. Manag. 1999, 19, 229–250.

[7] Pizo J., Gola A., *Review Human–Machine Relationship—Perspective and Future Roadmap for Industry 5.0 Solutions*, 1 Department of Enterprise Organization, Faculty of Management, Lublin University of Technology, ul. Nadbystrzycka 38, 20-618 Lublin, Poland 2 Department of Production Computerization and Robotization, Faculty of Mechanical Engineering, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland.

[8] Maddikunta P.K.R., Ham Q.V, Prabadevi B., Deepa N., Dev K., Gadekallu T.R., Ruby R., Liyange M., *Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications*, J. Ind. Inf. Integr. 2021, 26, 100257.

[9] Demir K.A., Doven G., Sezen B., *Industry 5.0 and human-robot co-working*, Procedia Comput. Sci. 158 (2019) 688–695.

[10] Knudsen M.S., Kaivo Oja J., Lauraeus T., *Enabling technologies of industry 4.0 and their global forerunners: An empirical study of the web of science database*, L. Uden, I.-H. Ting, J.M. Corchado (Eds.), Knowledge Management in Organizations, Springer International Publishing, Cham, 2019, pp. 3–13.

[11] Martinelli A., Mina A., Moggi M., *The Enabling Technologies of Industry 4.0: Examining the Seeds of the Fourth Industrial Revolution*, LEM Papers Series, Laboratory of Economics and Management (LEM), Pisa, Italy, 2019, pp. 1–100.

[12] Hu M., Luo X., Chen J., Lee Y.C., Zhou Y., Wu D., *Virtual reality: A survey of enabling technologies and its applications in IoT*, J. Netw. Comput. Appl. (ISSN: 1084-8045) 178 (2021) 102970.

[13] Sanchez M., Exposito E., Aguilar J., *Autonomic computing in manufacturing process coordination in industry 4.0 context*, J. Ind. Inf. Integr. 19 (2020) 100159.

Sitografia

[14] https://sustainability-success.com/it/4-rivoluzioni-industriali-industria-1-2-3-4-0/.

[15] https://www.nationalarchives.gov.uk/education/resources/1833-factory-act/.

[16]https://www.industry4business.it/connected-enterprise/industria-5-0-cose-la-quinta-rivoluzione-industriale-e-ruolo-delleuropa/.

Maria Cristina Cinici - Daniela Baglieri - Alba Marino

TRANSIZIONE ENERGETICA, CONVERGENZE SETTORIALI ED ECOSISTEMI INNOVATIVI: QUALI SFIDE PER L'ETNA VALLEY?

1. Introduzione. – 2. L'impatto delle innovazioni tecnologiche sull'evoluzione degli ecosistemi. – 3. Il caso Etna Valley. – 3.1. L'avvio dell'ecosistema e i successi della microelettronica. – 3.2. Sviluppo e declino dell'ecosistema nella nanoelettronica. – 3.3. Il rilancio dell'ecosistema sarà favorito dalla svolta energetica? – 4. Conclusioni. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

Il capitolo offre alcune riflessioni sul ruolo che la transizione energetica – i cui obiettivi al 2050 di *net zero emission* e *carbon neutrality* fissati dall'Agenzia Internazionale dell'Energia sono maggiormente prioritari alla luce della crisi in corso – può giocare nel ridefinire struttura e dinamiche degli ecosistemi innovativi. In particolare, l'analisi muove dalla considerazione che taluni luoghi dell'innovazione si prestano maggiormente a fenomeni di ibridazione e/o di convergenza settoriale per via dello *stock* di competenze scientifiche e tecnologiche già sedimentate, la cui natura *general purpose* consente di ampliare i domain applicativi, dando dunque slancio a nuove traiettorie di sviluppo di ecosistemi che avevano manifestato qualche segnale di declino (Brea, 2023; Shi, Liang, Luo, 2023). Emblematico al riguardo è il caso di *Etna Valley*, ovverossia l'ecosistema innovativo, basato sulla microelettronica e sui semiconduttori, sorto a Catania, in seguito all'insediamento di STMicroelectronics nel 1962[1]. La sua presenza radicata nel territorio catanese, grazie anche alla stretta collaborazione scientifica con l'Università di Catania e il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), ha favorito, sul finire degli anni Ottanta, la nascita di alcuni consorzi che hanno accelerato lo

[1] Azienda italo-francese con sede a Ginevra e sorta nel 1987 dalla fusione dell'italiana SGS Microelettronica (Società generale semiconduttori) con la francese Thomson semiconducteurs, STMicroelectonics è la maggiore società europea e tra le più importanti a livello mondiale nel campo della progettazione, sviluppo, produzione e commercializzazione di componenti elettroniche a semiconduttori.

sviluppo scientifico e tecnologico, connotando STMicroelectronics quale impresa motore di un'area - *l'Etna Valley* – che si è inserita con successo nello scacchiere competitivo internazionale. Molteplici sono i fattori alla base di tale sviluppo (Baglieri, Cinici, Mangematin, 2012), tra cui spiccano: 1) la struttura *hub&spoke* dell'ecosistema locale, grazie alla quale STMicroelectronics ha svolto il ruolo di attrattore di imprese internazionali (spesso clienti), senza per questo tralasciare il supporto allo sviluppo manageriale dei fornitori locali, ivi inclusa la promozione di talune iniziative imprenditoriali; 2) l'elevata qualità del sistema regionale della ricerca, che ha fornito capacità e competenze tecniche per operare in un contesto collaborativo di eccellenza; 3) adeguate scelte dei *policy makers* in tema di incentivazione degli investimenti e di creazione di nuove opportunità per il territorio.

Nel lungo periodo, il fermento iniziale legato essenzialmente agli investimenti di STMicroelectronics ha registrato un rallentamento, dovuto sia al crescente ricorso alla delocalizzazione dell'industria dei microchip verso i mercati asiatici, sia al periodo di stagnazione dell'economia italiana che ha accentuato la mancanza di una chiara politica industriale, determinando così un maggiore ricorso alla cassa integrazione. Tutto questo si è tradotto nella minore capacità del territorio di generare innovazioni e gestire i flussi di conoscenza (Cinici, Baglieri, 2016).

Gli anni recenti hanno, per contro, segnato un nuovo passo. Il rapido diffondersi dell'epidemia da Covid-19 ha evidenziato il rischio geopolitico a cui l'industria si è esposta per via della delocalizzazione di componentistica di valore. La crisi di approvvigionamento dei microchip, accompagnata dalla domanda in crescita, ha spinto l'Unione Europea (UE) a varare il *Chips Act*, un pacchetto legislativo europeo, approvato l'8 febbraio 2022 dalla Commissione Europea, che si prefigge di rendere autonomi gli Stati membri dalle forniture extraUE mediante investimenti di circa 43 miliardi di euro per raddoppiare entro il 2030 la produzione europea di chip. Sulla scorta di tale provvedimento, STMicroelectronics ha ricevuto un finanziamento di circa 300 milioni a sostegno dell'investimento di 730 milioni di euro per la realizzazione a Catania di una fabbrica di wafer in carburo di silicio, destinati per la realizzazione di microchip impiegati in dispositivi di potenza ad alte prestazioni, come veicoli elettrici, stazioni di ricarica rapida, energie rinnovabili e altre applicazioni industriali.

Ma l'indipendenza europea non riguarda solo i microchip. La crisi russo-ucraina ha, infatti, riproposto l'urgenza di definire una politica energetica in grado di promuovere la transizione verso fonti rinnovabili facendo leva, nel breve periodo, anche alle riserve di gas e, al contempo, garantire l'autonomia e la sicurezza energetica grazie agli investimenti nella filiera energetica, come ad esempio nella produzione di idrogeno verde. In tale contesto, la Sicilia e, in particolar modo Catania, si ripropone come area deputata ad attrarre nuovi investimenti in tema energetico, grazie alla compresenza di numerose grandi imprese – Enel Green Power per tutti – in grado di contribuire alla decarbonizzazione dei processi industriali, dando vita ad un *hub* energetico nel Mediterraneo.

Ma basterà la tecnologia a rilanciare l'innovazione nell'Etna Valley? Quale governance per coniugare obiettivi di autonomia e sicurezza energetica con le prospettive economiche dell'area? Per tentare di rispondere a tali quesiti, è opportuno soffermarsi in via preliminare su talune questioni legate al concetto di ecosistema e, in generale, sulle dinamiche evolutive dei luoghi dell'innovazione.

2. L'impatto delle innovazioni tecnologiche sull'evoluzione degli ecosistemi

È ormai ampiamente acquisita la consapevolezza che lo sviluppo della tecnologia consiste in un processo sociale e multi-attore, non lineare e interdisciplinare, idealmente composto da due macro-fasi: la creazione del valore e l'appropriabilità delle rendite legate all'innovazione (Chesbrough, 2003).

Sono stati gli economisti a adottare per primi un approccio sistemico all'analisi dell'innovazione negli anni '80 e '90 del secolo scorso, generando una vasta letteratura che si concentra su diverse tipologie di sistemi di innovazione, con particolare attenzione agli attori e alle istituzioni coinvolte (Saxenian, 1994; Malerba, Orsenigo, 1995). Parallelamente, si è sviluppata una letteratura più manageriale che si è focalizzata sulla creazione, diffusione ed utilizzo di innovazioni all'interno di sistemi nazionali, regionali, settoriali, o tecnologici e che ne ha evidenziato componenti, tipologia di relazioni, caratteristiche e attributi (Carlsson, Jacobsson, Holmén, Rickne 2002).

Facendo leva su una prospettiva evolutiva, gli studiosi di management hanno contribuito al dibattito introducendo il concetto di *ecosistema* (Bogers, Sims, West, 2019) e spostando

l'attenzione sui processi di appropriazione del valore connessi all'innovazione (Autio, Kenney, Mustar, Siegel, Wright, 2014)[23]. In particolare, l'idea di *ecosistema di innovazione* ha guadagnato popolarità dopo la pubblicazione di un articolo su *Harvard Business Review* di Adner (2006), che ancora oggi fornisce una delle definizioni più utilizzate degli ecosistemi di innovazione. Adner definisce un ecosistema di innovazione come "*gli accordi collaborativi attraverso i quali le imprese combinano le loro offerte individuali in una soluzione coerente rivolta al cliente*" (Adner, 2006, p. 2).

Il valore degli ecosistemi innovativi è confermato dal successo di specifiche realtà territoriali, la più nota tra tutte quella della Silicon Valley, oltre che da un certo numero di imprese che, come Apple, hanno prosperato partecipando e controllando gli ecosistemi. Tuttavia, gli ecosistemi non sono una soluzione universale che può essere facilmente progettata e istituita da qualsiasi gruppo di attori (Isenberg, 2014). Al contrario, gli ecosistemi sostenibili sono il risultato di un delicato equilibrio tra forze che spingono perché le attività economiche siano integrate in una singola impresa e forze che riconducono le attività economiche sul mercato.

Nella fattispecie, gli ecosistemi innovativi, come forme organizzative alternative alle imprese e ai mercati, diventano possibili grazie al design di sistemi tecnologici modulari (Baldwin, 2008). La progettazione dell'architettura generale di un ecosistema può essere stabilita da un hub centrale o da un orchestratore (Autio, 2022), ma le singole organizzazioni all'interno dell'ecosistema godono di un'ampia autonomia nella progettazione, nella determinazione dei prezzi e nel funzionamento dei loro moduli, a condizione che siano in grado di interconnettersi con gli altri. Gli ecosistemi forniscono processi e regole per affrontare i problemi di coordinamento e promuovono l'allineamento attraverso regole di coinvolgimento,

[2] Il termine ed il concetto di ecosistema furono elaborati nel 1935 da A.G. Tansley per definire l'insieme degli elementi viventi e non viventi che in uno stesso spazio fisico sono legati e tenuti in equilibrio da una serie di complesse relazioni di interdipendenza. In ecologia si definisce quindi ecosistema l'insieme degli organismi viventi (comunità o biocenosi), dell'ambiente fisico circostante (habitat) e delle relazioni biotiche e chimico-fisiche all'interno di uno spazio "definito" della biosfera.

[3] La letteratura economico-manageriale ha introdotto e analizzato diverse tipologie di ecosistemi, tra cui gli ecosistemi di business (Moore, 1993), gli ecosistemi innovativi (Grandstrand, Holgersson, 2020) e gli ecosistemi imprenditoriali (Isenberg, 2010, Feld, 2012). Sebbene siano spesso utilizzati in modo intercambiabile, questi differiscono significativamente per il loro focus, gli attori chiave analizzati, la tipologia di relazione studiata e il tipo di vantaggio offerto alle imprese. A tal proposito, si rimanda il lettore interessato a Cinici M.C., *Entrepreneurial Ecosystems, Research and Cases*, 2018.

standard e interfacce codificate. La modularizzazione del sistema riduce la necessità di un controllo e coordinamento rigidi e semplifica il coordinamento dell'innovazione tra le imprese (Teece, 2018). Pertanto, la modularità (anche se non necessariamente accompagnata da un'interoperabilità aperta) crea le condizioni perché gli ecosistemi emergano e siano sostenibili nel tempo (Jacobides, Cennamo, Gawer, 2018).

Invero, gli ecosistemi di innovazione tendono ad essere dinamici e in continua evoluzione piuttosto che stabili nel tempo (Holgersson, Baldwin, Chesbrough, Bogers, 2023). Questo perché gli attori e le tecnologie all'interno dell'ecosistema possono cambiare rapidamente, dando luogo a nuove opportunità e sfide (Grodal, Krabbe, Chang-Zunino, 2023). L'apertura dell'ecosistema a numerosi innovatori e a nuove tecnologie crea una competizione costante e favorisce l'introduzione di nuove idee e soluzioni. Tuttavia, la natura fluida degli ecosistemi di innovazione può anche presentare delle sfide. Gli attori all'interno dell'ecosistema devono essere in grado di adattarsi ai cambiamenti, gestire le relazioni con gli altri attori e rimanere rilevanti nel contesto mutevole (Daymond, Knight, Rumyantseva, Maguire, 2023). Inoltre, l'equilibrio tra collaborazione e competizione può essere complesso da gestire, poiché è necessario bilanciare gli interessi dei diversi attori e garantire una distribuzione equa del valore generato. In definitiva, gli ecosistemi di innovazione sono caratterizzati da una fluidità intrinseca, che richiede flessibilità, adattabilità e una gestione efficace delle dinamiche competitive e collaborative.

3. Il caso Etna Valley

In tale sezione esamineremo le dinamiche tecnologiche che hanno interessato l'area geografica intorno a Catania e i relativi sviluppi dell'*Etna Valley*, l'ecosistema innovativo che ha preso il nome dal vulcano Etna, che si trova nelle vicinanze della città. Nello specifico, la lettura del territorio in chiave tecnologica consente di avanzare due considerazioni preliminari. In primo luogo, la regione in esame appare caratterizzarsi per una forte specializzazione nei semiconduttori, nell'elettronica e nella farmaceutica in termini di numero di brevetti attribuibili all'aerea (Figura 1).

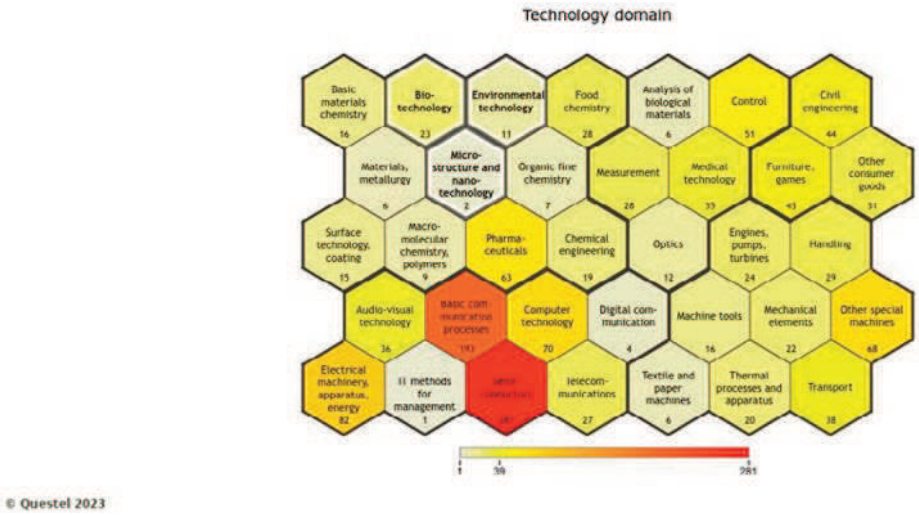
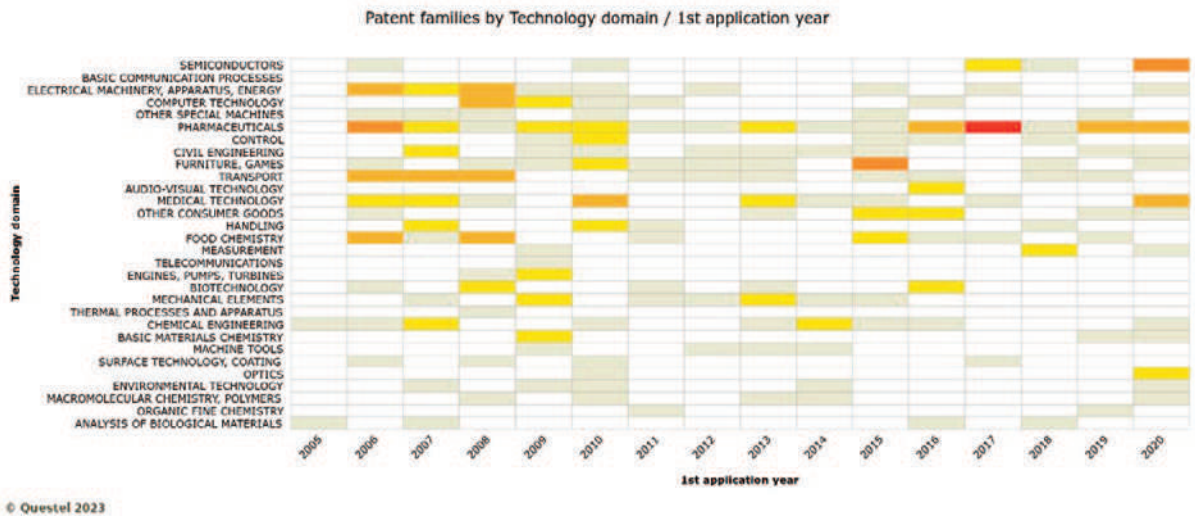


Figura 1: Specializzazione tecnologica dell'Etna Valley

In secondo luogo, l'analisi dell'evoluzione temporale della specializzazione tecnologica locale lascia trasparire un impegno costante degli attori coinvolti verso la farmaceutica. Il dominio dei semiconduttori ha, invece, attraversato fluttuazioni nel corso del tempo in risposta ai mutamenti del mercato, ai cambiamenti nelle tecnologie e alla concorrenza globale. I dati sui brevetti dell'area geografica rivelano, infine, che a partire dal 2020 sembra si sia riacceso l'interesse verso le tematiche energetiche e le tecnologie ambientali (Figura 2).

Figura 2: Evoluzione tecnologica dell'Etna Valley



Nei paragrafi a seguire affronteremo taluni processi e meccanismi che hanno determinato l'evoluzione tecnologica sopra rappresentata e avanzeremo riflessioni sui progressi tecnologici che stanno emergendo nell'area.

3.1. L'avvio dell'ecosistema e i successi nella microelettronica

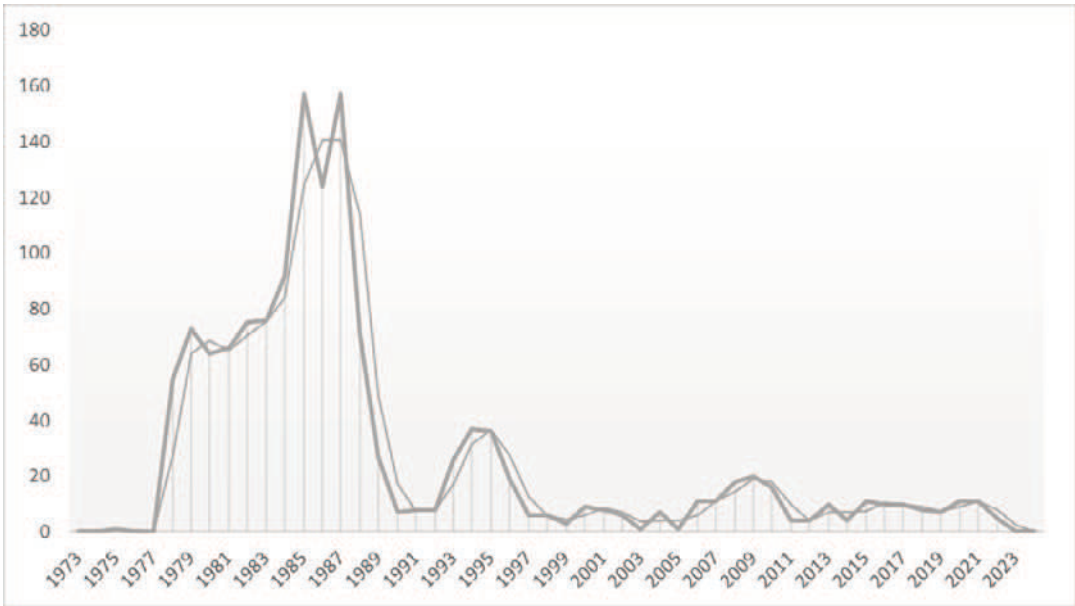
L'ecosistema fu ufficialmente istituito nell'area di Catania nel marzo 1987 quando i due attori principali del tempo, STMicroelectronics e l'Università di Catania, costituirono il Consorzio per la Ricerca sulla Microelettronica nel Mezzogiorno (Co.Ri.M.Me.) con l'obiettivo di promuovere lo sviluppo scientifico e tecnico nel campo della microelettronica e fornire incentivi per la ricerca e lo sviluppo[4]. La legge 64/86, nota come "Interventi Straordinari per il Mezzogiorno", offrì a STMicroelectronics l'opportunità di promuovere la collaborazione con l'Università di Catania, in particolare con le facoltà di Fisica e di Chimica, per creare un consorzio che unisse la ricerca di base e quella applicata.

Il Co.Ri.M.Me. aveva sede presso gli stabilimenti di STMicroelectronics, contribuendo così a rafforzare il legame tra la ricerca di base e quella applicata. La prossimità fisica facilitò una collaborazione fruttuosa tra i ricercatori accademici e quelli industriali, creando un ambiente di scambio di conoscenze e risorse. I ricercatori accademici poterono acquisire una maggiore comprensione delle dinamiche industriali e delle considerazioni di business, mentre i ricercatori industriali ebbero l'opportunità di approfondire la conoscenza della ricerca di base e delle metodologie scientifiche avanzate.

Le attività del Co.Ri.M.Me. si concentravano sull'esplorazione del comportamento elettrico di materiali come l'alluminio, l'oro e il platino nell'ossido di silicio, nonché sulla tecnologia Power-MOS e sulla memoria flash. Il consorzio impiegava circa 350 persone, tra ricercatori e tecnici, e aveva acquisito visibilità nazionale e internazionale grazie a numerosi brevetti e pubblicazioni scientifiche (Figura 3).

[4] Invero, la microelettronica approdò nell'area adi Catania nel 1962 con l'insediamento di uno stabilimento Ates-SGS, divenuto poi STMicrolectronics. Lo stabilimento era in origine un'azienda di solo assemblaggio, non era dotato di un settore di Ricerca e Sviluppo, che era invece concentrato negli stabilimenti Ates-SGS di Castelletto ed Agrate Brianza.

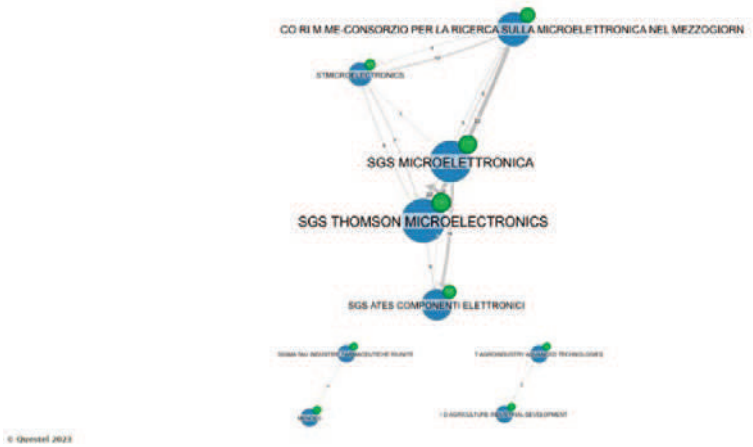
Figura 3: Innovazioni per anno di domanda



Fonte: Orbit Intelligence

Nella prima metà degli anni '90, l'ecosistema innovativo di Catania risultava quindi dominato dalla microelettronica e guidato da STMicroelectronics e dal Co.Ri.M.Me., con STMicroelectronics che commercializzava la ricerca del consorzio e indirizzava i fondi governativi, e il Co.Ri.M.Me. che rappresentava un'importante risorsa per giovani laureati e ricercatori, nonché un centro di leadership per la microelettronica nella regione (Baglieri, Leonardi, 2003) (Figura 4).

Figura 4: Network di collaborazioni



Tuttavia, nel 1994, le attività del Co.Ri.M.Me. subirono una battuta d'arresto a seguito di verifiche fiscali che rivelarono presunte violazioni penali legate alle tasse e all'utilizzo non autorizzato di finanziamenti pubblici. Ciò portò a un'indagine legale che coinvolse i membri del Consiglio di Amministrazione di Co.Ri.M.Me., inclusi dipendenti di STMicroelectronics e alcuni professori dell'Università di Catania.

3.2. Sviluppo e declino dell'ecosistema nella nanoelettronica

A seguito della quotazione pubblica di STMicroelectronics nelle borse di New York e Parigi avvenuta nel 1994 e dei procedimenti legali contro Co.Ri.M.Me., le relazioni tra gli attori dell'ecosistema si modificarono. Rimase comunque invariato l'oggetto delle attività di ricerca che si mantennero focalizzate sulla microelettronica e finirono per espandersi di lì a poco nella nanoelettronica. L'Istituto di Metodologie e Tecnologie per la Microelettronica (IMETEM) prese il posto del Co.Ri.M.Me. per la prosecuzione dell'attività scientifica e cominciarono a contribuire alla ricerca anche il Superlab del Consorzio Catania Ricerche e il centro Materiali e Tecnologie per l'Informazione, la Comunicazione e l'Energia Solare (MATIS) del CNR.

Si aprì un periodo di forte crescita per l'ecosistema. La riorganizzazione del sito di Catania di STMicrolectronics e i successi degli attori dell'ecosistema nel campo della ricerca sulla microelettronica influirono positivamente anzitutto sui tassi di occupazione dell'area. Nel 2001, i dipendenti di STMicroelectronics rappresentavano il 46% dell'industria ad alta tecnologia di Catania e il 70% dell'industria microelettronica di Catania. La crescita dell'ecosistema fu ulteriormente supportata da una tendenza crescente degli investimenti da parte di STMicroelectronics. Nel 2000, gli investimenti di STMicroelectronics raggiunsero quasi i 411 milioni di euro, raddoppiando addirittura quelli dell'anno precedente.

STMicroelectronics investì parte dei fondi menzionati nella costruzione e nell'espansione degli impianti. Nel 1997, fu inaugurato l'impianto M5 per la produzione di semiconduttori. L'impianto creò 600 nuovi posti di lavoro per laureati e diplomati, oltre a 200 posti di lavoro indiretti. Nel 1999, STMicroelectronics avviò un programma di espansione dell'impianto M5, aggiungendo un'area di circa 20.000 m^2, di cui 2.500 m^2 erano *clean room*. Il numero di

dipendenti passò da 615 nel 1999 a 1.240 nel 2001, e la produzione di wafer da 3.300 a settimana nel 1999 a 5.500 alla fine del 2001.

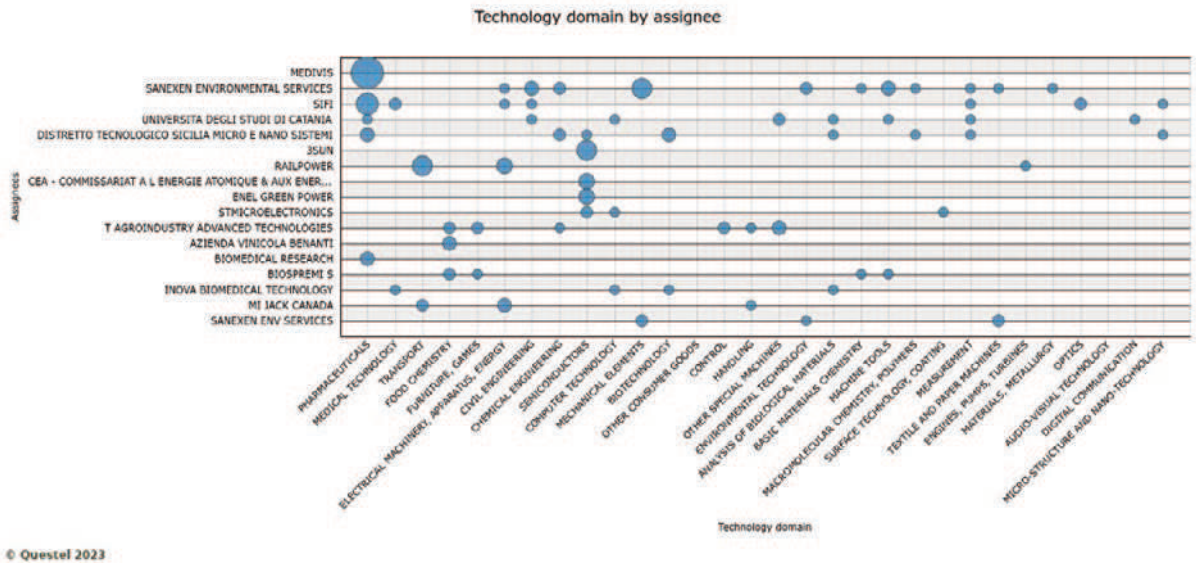
Nel 2001, STMicroelectronics avviò la costruzione di un altro nuovo impianto all'avanguardia chiamato M6, con un investimento totale previsto di circa 1.500 milioni di dollari. L'impianto M6 fu pensato per essere interamente dedicato alle tecnologie dei semiconduttori di ultima generazione, con un focus specifico sulle tecnologie di memoria flash e non volatile. Il modulo M6 non divenne mai operativo allorché l'ecosistema si trovò ad affrontare la crisi delle nanotecnologie che ne arrestarono lo sviluppo. Il modulo fu quindi trasferito dalla stessa StMicroelectronics per circa 450 milioni di euro a Numonyx, joint venture creata proprio da StMicroelectronics con Intel e il fondo statunitense Francisco Partners e poi ceduta a Micron Technology.

Nonostante i semiconduttori stessero attraversando un periodo di crisi, il territorio ereditava dall'ecosistema competenze innovative e spirito imprenditoriale che riguardavano anche la farmaceutica e le telecomunicazioni. Uno studio locale dell'agenzia di sviluppo locale stimò che nella prima decade del duemila l'Etna Valley comprendeva circa 160 imprese per un numero di addetti attorno alle 3.200 unità, oltre a quelli di STMicroelectronics che da sola ne contava più di quattromila. Il fatturato complessivo (esclusa STMicroelectronics) superava i 300 milioni.

3.3. Il rilancio dell'ecosistema sarà favorito dalla svolta energetica?

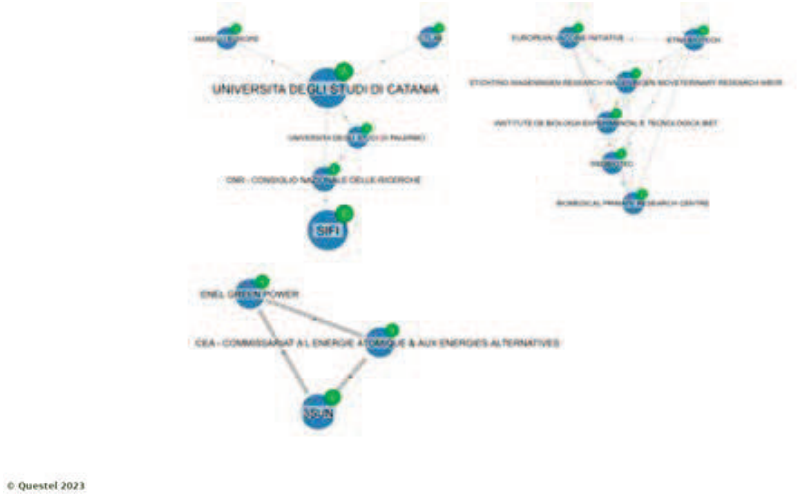
La fotografia dell'attuale assetto tecnologico riportata nella Figura 5 e nella Figura 6 restituisce l'immagine di un ecosistema le cui attività di innovazione confermano un'intensa attività di ricerca nei domini tecnologici della farmaceutica e dei semiconduttori. Se per la farmaceutica i player più importanti si rivelano essere attori con una lunga storia di innovazione nel territorio, quali Medifis e Sifi, oltre che all'Università degli Studi di Catania e al Distretto Tecnologico dei Nano e Microsistemi, per i semiconduttori si segnala il contributo di attori emergenti quali 3Sun, Railpower ed Enel Green Power accanto alla partecipazione di un attore tradizionale dell'ecosistema, quale è STMicroelectronics.

Figura 5. Il nuovo assetto dell'ecosistema dell'Etna Valley (2005-2023)



Nella fattispecie, l'ingresso di 3Sun nell'ecosistema avvenne nel 2010 a seguito dell'accordo di joint venture per la realizzazione di pannelli solari tra Enel Green Power – la società del Gruppo Enel che si occupa dello sviluppo e della gestione delle attività di generazione di energia da fonti rinnovabili –, Sharp Corporation e STMicroelectronics. Nel 2015 Enel Green Power decise di acquisire il 100% di 3Sun, assumendo il personale della joint venture con STMicroelectronics, la quale continuava a fornire la tecnologia di connessione alla rete.

Figura 6. Network di collaborazioni (2005-2023)



Nell'aprile 2022, Enel Green Power e la Commissione europea hanno sottoscritto un accordo per l'assegnazione di finanziamenti agevolati a fondo perduto volti allo sviluppo di TANGO (iTaliAN pv Giga factOry). All'interno dello stabilimento 3Sun sarà istituita una struttura di dimensioni industriali dedicata alla produzione di moduli fotovoltaici innovativi, sostenibili e ad alte prestazioni. Attraverso l'ampliamento dell'impianto, si prevede un incremento della capacità produttiva di 15 volte, portandola a 3 GW all'anno rispetto agli attuali 200 MW, con conseguente aumento dell'occupazione locale sia diretta che indiretta, con la creazione di 1.000 posti di lavoro entro il 2024.

Si tratta di un considerevole investimento che rappresenta un significativo passo avanti verso la nuova strategia europea di emancipazione energetica dai combustibili fossili, nonché dai fornitori extra-UE di prodotti e tecnologie, con particolare riferimento alla Cina, attuale leader indiscusso nel settore dei pannelli fotovoltaici. Nel suo discorso all'Unione tenutosi a settembre 2022, la presidente della Commissione europea, Ursula von der Leyen, ha menzionato proprio l'impianto di Catania, il progetto Tango finanziato dall'UE, come esempio delle azioni intraprese per la trasformazione verde dell'Europa. I pannelli fotovoltaici prodotti saranno impiegati da Enel Green Power per il 40% all'interno delle proprie centrali, mentre la restante parte sarà commercializzata sul mercato a utilità, aziende e privati. L'impatto sul territorio sarà considerevole: il numero di dipendenti passerà dai 200 attuali a mille a regime, e si stima che entro dieci anni l'indotto creerà 10.000 posti di lavoro.

Spostandosi a breve distanza dallo stabilimento 3Sun, si può chiaramente percepire che l'energia solare rappresenta una priorità nella strategia di Enel Green Power. L'intero Innovation Lab&Hub di Enel, che copre un'area di 100.000 metri quadrati e conta nove laboratori, di cui due dedicati all'accumulo energetico, è impegnato nella ricerca e sperimentazione nel campo del fotovoltaico. Il centro funge anche da hub per l'incubazione di startup esterne, che vengono successivamente avviate sul mercato. Ad esempio, Rise è una giovane impresa ospitata nel centro che ha sviluppato i macchinari per testare i moduli di 3Sun, mentre M2D sta lavorando alla digitalizzazione di tutti i dati dell'Hub per renderli facilmente accessibili ai ricercatori e ai tecnici del gruppo. Ogni componente e attività si integra e contribuisce al completamento dell'intero progetto.

Parallelamente, gli attori dell'Etna Valley dimostrano un crescente impegno nel settore dell'idrogeno. L'Italia, e in particolare la Sicilia, è consapevole dell'importanza dell'idrogeno per la transizione energetica e gode di alcuni fattori particolarmente favorevoli che possono incidere positivamente nel ritagliarsi un ruolo centrale nella futura economia energetica. Un recente studio condotto da SNAM ha evidenziato come l'idrogeno possa rappresentare un mercato molto attrattivo grazie alla presenza diffusa di energia rinnovabile e di una rete capillare per il trasporto di gas, inclusi i collegamenti con il Nord Africa, oltre a capacità tecnologiche consolidate nel campo del gas naturale.

L'Hydrogen Industrial Lab di Enel Green Power mira ad accelerare l'implementazione delle tecnologie e del business dell'idrogeno verde, e sarà un laboratorio di innovazione su scala industriale situato in Sicilia, tra i comuni di Sortino e Carlentini (SR). Secondo quanto comunicato da Enel, il laboratorio agevolerà la collaborazione con startup e aziende globali per lo sviluppo, la sperimentazione e la validazione di nuove tecnologie per la produzione e lo stoccaggio di idrogeno verde. Tale sforzo mira a contribuire alla riduzione dei costi di questa tecnologia, che è essenziale per promuovere la decarbonizzazione dei settori difficili da decarbonizzare, ossia quei settori industriali in cui l'elettrificazione diretta non è tecnicamente efficiente o economicamente conveniente.

Grazie all'accordo già sottoscritto con Sapio, l'idrogeno verde prodotto nell'Industrial Lab sarà utilizzato da aziende che considerano questa fonte rinnovabile come la soluzione per la decarbonizzazione dei loro processi produttivi. Un esempio significativo è rappresentato dal progetto "Sicilian Sustainable Steel", avviato da Acciaierie di Sicilia in collaborazione con Enel Green Power per l'utilizzo dell'idrogeno verde nell'industria siderurgica, che è classificata come uno dei settori "*hard-to-abate*".

4. Conclusioni

L'evoluzione dell'Etna Valley è stata influenzata da diversi fattori che hanno contribuito al suo sviluppo. Tra questi elementi rientrano la presenza di risorse umane altamente qualificate, il fervore di istituzioni accademiche e centri di ricerca di alto livello, gli sforzi dei governi locali per promuovere l'imprenditorialità e l'innovazione, nonché il supporto di organizzazioni e reti imprenditoriali. Attualmente, l'Etna Valley, grazie alla sua rete di

collaborazioni tra enti di ricerca, università e aziende, rappresenta un potenziale volano di crescita per il territorio. Questo può attrarre una concentrazione di professionisti altamente qualificati e contribuire a contrastare la migrazione dei giovani ad alto livello di istruzione, offrendo loro opportunità per lo sviluppo di spin-off e start-up e agendo come incubatore di imprese. Allo stesso tempo, l'Etna Valley si candida a svolgere un ruolo cruciale nella politica europea, poiché riafferma l'importanza della Sicilia nel contesto del Mediterraneo.

L'esperienza accumulata nel territorio suggerisce che affinché le dinamiche descritte possano concretizzarsi e diventare sostenibili nel tempo, è necessario non solo il supporto della ricerca scientifica, ma anche la presenza di un orchestratore che coordini le azioni degli attori coinvolti e gestisca i flussi. Un orchestratore, nel contesto dell'Etna Valley, sarebbe un soggetto, pubblico o privato, in grado di assumere un ruolo di leadership, coordinando le diverse iniziative e attività degli attori del sistema. Questo coordinatore avrebbe la responsabilità di promuovere sinergie tra università, centri di ricerca, imprese e istituzioni locali, al fine di massimizzare l'impatto dell'ecosistema sull'area territoriale. L'assenza di tale figura potrebbe essere un fattore limitante per lo sviluppo e l'innovazione dell'Etna Valley.

L'introduzione di un orchestratore, adeguatamente supportato da una governance pubblica efficace, potrebbe facilitare la gestione delle risorse, l'allineamento degli obiettivi comuni e l'attrazione di investitori stranieri capaci di integrarsi sinergicamente nelle filiere presenti. È importante sottolineare che l'introduzione di un orchestratore non dovrebbe limitarsi solo ai settori legati alla transizione ecologica, ma potrebbe essere considerata in altri settori strategici dell'Etna Valley, quale è la farmaceutica, per massimizzare il potenziale di sviluppo del territorio.

La partecipazione di grandi imprese, come Enel Green Power e STMicroelectronics, svolge un ruolo fondamentale per guidare l'innovazione nel mercato all'interno dell'Etna Valley. La presenza di queste importanti realtà può portare diversi vantaggi all'ecosistema. Innanzitutto, grazie alle loro dimensioni e risorse, esse sono in grado di sostenere investimenti significativi in ricerca e sviluppo, consentendo lo sviluppo di soluzioni innovative e tecnologicamente avanzate. Inoltre, grazie alla loro esperienza e competenza, esse possono fornire una guida strategica e una direzione all'ecosistema, contribuendo a identificare opportunità di mercato, individuare trend e stimolare la crescita economica.

Le grandi imprese possono anche svolgere un ruolo di traino per le imprese più piccole e le startup, fornendo *mentorship*, accesso a reti di contatti, risorse finanziarie e opportunità di collaborazione. Esse potrebbero così promuovere l'innovazione aperta e catalizzare lo sviluppo di nuove soluzioni e prodotti. Inoltre, la partecipazione di significative realtà imprenditoriali può aumentare la visibilità e l'attrattiva dell'Etna Valley per investitori nazionali e internazionali, creando un ambiente favorevole all'attrazione di capitali e talenti. Si creerebbe in tal modo un ciclo virtuoso di crescita economica e sviluppo sostenibile nel territorio.

Tuttavia, è importante garantire che la partecipazione delle grandi imprese sia bilanciata e allineata agli interessi e alle esigenze dell'ecosistema nel suo complesso. La collaborazione e la cooperazione tra grandi imprese, istituzioni pubbliche, università e altre organizzazioni presenti nell'Etna Valley sono fondamentali per creare un ambiente di sviluppo equilibrato e sostenibile che massimizzi il potenziale dell'ecosistema e benefichi l'intera comunità.

In quest'ottica, sarà necessario adattare le competenze ai nuovi profili professionali richiesti all'interno dell'Etna Valley. L'istruzione superiore e l'alta formazione avranno un ruolo fondamentale nel colmare le lacune nella preparazione delle nuove figure professionali cruciali, fornendo tecnici specializzati, laureati triennali, laureati magistrali e dottorati che siano in linea con le esigenze del territorio. Durante questa fase di trasformazione e rinnovamento dell'Etna Valley, la ricerca applicata dovrà essere adeguatamente supportata dal sistema educativo locale. Ciò implica una stretta collaborazione tra istituzioni accademiche, centri di ricerca e imprese per sviluppare programmi formativi mirati e pertinenti che rispondano alle sfide della transizione ecologica. È necessario promuovere l'acquisizione di competenze multidisciplinari che combinino conoscenze scientifiche, tecnologiche, imprenditoriali e sociali. Questo consentirà di affrontare in modo efficace i problemi complessi legati alla sostenibilità ambientale e all'innovazione tecnologica. Attraverso l'adeguamento delle competenze e l'integrazione tra ricerca applicata e formazione professionale, l'Etna Valley potrà ridefinire e potenziare le sue competenze nel campo della transizione ecologica, contribuendo così allo sviluppo sostenibile del territorio.

5. Bibliografia

Adner R., 2006. Match your innovation strategy to your innovation ecosystem. *Harvard Business Review*, 84(4), p.98.

Autio E., 2022, Orchestrating ecosystems: a multi-layered framework, *Innovation* 24, 1, pp. 96-109.

Autio E., Kenney M., Mustar P., Siegel D. Wright M., 2014, Entrepreneurial innovation: The importance of context. *Research Policy*, 43(7), pp.1097-1108.

Baglieri D., Cinici M.C., Mangematin V., Rejuvenating clusters with 'sleeping anchors': The case of nanoclusters, *Technovation*, 32 (3-4), pp.245-256, 2012.

Baglieri D., Leonardi A., 2003, Le risorse umane ei processi di accumulazione della conoscenza come elemento distintivo per lo sviluppo dei saperi locali, in Buttà C., Schillaci CE (a cura di), *Microelettronica & saperi locali. Ipotesi di sviluppo di un polo high tech a Catania*, Giappichelli, Torino, 141-169.

Baldwin C.Y., 2008. Where do transactions come from? Modularity, transactions, and the boundaries of firms. *Industrial and Corporate Change*, 17(1), pp.155-195.

Bogers, M., Sims J., West J., 2019, What Is an Ecosystem? Incorporating 25 Years of Ecosystem Research, *Academy of Management Proceedings*, 11080, 2019

Brea E., 2023. A framework for mapping actor roles and their innovation potential in digital ecosystems. *Technovation*, 125, 102783.

Carlsson B., Jacobsson S., Holmén M., Rickne, A., 2002, Innovation systems: analytical and methodological issues, *Research Policy*, 31(2), 233-245.

Chesbrough, H. (2003). *Open Innovation: The new imperative for creating and profiting from technology*. Harvard Business Press.

Cinici, M.C., Baglieri, D., 2016, (Not) energizing microelectronics ecosystems through a large firm's inventor network: lessons from Italy, in *Entrepreneurship and Talent Management from a Global Perspective*, pp. 227-250, Edward Elgar Publishing

Cinici, M.C., *Entrepreneurial Ecosystems: Research and Practical Cases*, Milano, Cedam.

Daymond, J., Knight, E., Rumyantseva, M. and Maguire, S., 2023. Managing Ecosystem Emergence and Evolution: Strategies for Ecosystem Architects. *Strategic Management Journal*, 44(4), pp. 1-27.

Feld B., 2012, *Startup communities: Building an Entrepreneurial Ecosystem in Your City*, John Wiley & Sons.

Granstrand O., Holgersson M., 2020, Innovation Ecosystems: A Conceptual Review and a New Definition, *Technovation*, 90-91: 1-12

Grant, R.M., 2016. *Contemporary Strategy Analysis*. John Wiley & Sons.

Grodal S., Krabbe A.D., Chang-Zunino M., 2023. The evolution of technology. *Academy of Management Annals*, 17(1), 141-180.

Holgersson M., Baldwin C.Y., Chesbrough H., Bogers, M.L., 2022. The forces of ecosystem evolution. *California Management Review*, 64(3), pp.5-23.

Isenberg D., 2010, How to Start an Entrepreneurial Revolution, *Harvard Business Review*, 88(6), pp.40-50.

Isenberg D., 2014, What an Entrepreneurship Ecosystem Actually Is, *Harvard Business Review*, 5(1), p.7.

Jacobides M.G., Cennamo C., Gawer A., 2018 Towards a Theory of Ecosystems, *Strategic Management Journal*, 39/8: 2255-2276

Malerba F., Orsenigo L., 1995, Schumpeterian patterns of innovation, *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1), 47–65.

Moore J.F., 1993, Predators and prey: a new ecology of competition. *Harvard Business Review*, 71(3), pp.75-86.

Saxenian A., 1994, *Regional Advantage. Culture and Competition in Silicon Valley and Route 128*. Harvard University Press, Cambridge, MA

Shi X., Liang X., Luo Y., 2023. Unpacking the intellectual structure of ecosystem research in innovation studies. *Research Policy*, 52(6), 104783.

Teece D.J., 2018, Profiting from innovation in the digital economy: Standards, complementary assets, and business models in the wireless world, *Research Policy*, 47/8: 1367-1387.

Attilio Azzarelli - Filippo Cucinotta - Francesco Longo - Gabriele Marabello
Candida Milone - Antonio Pipitone - Marcello Raffaele - Giacomo Risitano

AIR FACTORIES: UNO SGUARDO VERSO LA PRODUZIONE DEL FUTURO

1. Introduzione. – 2. La logica di funzionamento. – 3. Il sistema di controllo. – 4. La produzione additiva. – 5. Altri aspetti di automatizzazione del processo. – 6. Conclusioni.

1. Introduzione

La manifattura additiva, in inglese nota come Additive Manufacturing (AM), è un insieme di tecnologie che stanno letteralmente rivoluzionando il settore produttivo. Le tecniche di produzione classiche sono infatti generalmente suddivise in tre categorie principali: lavorazione per formatura, per deformazione e per sottrazione. Al primo gruppo afferiscono le lavorazioni che consentono di ottenere pezzi dall'aggregazione di particelle allo stato liquido (operazioni di fonderia) o in polvere (metallurgia delle polveri). Al secondo gruppo appartengono le lavorazioni basate sull'applicazioni di forze esterne in grado di indurre sul materiale deformazioni plastiche stabili, quali le lavorazioni di laminazione, estrusione e forgiatura. Al terzo gruppo appartengono invece le lavorazioni che consentono di ottenere lavorati attraverso l'asportazione di truciolo. Questa categoria di lavorazione, molto vasta, consente una vastissima gamma di risultati. Ad essa afferiscono numerose lavorazioni, tra le quali la tornitura, la fresatura, la foratura e la rettifica. Queste operazioni vengono chiamate sottrattive in quanto consentono di ottenere componenti attraverso la rimozione di materiale da un pieno. Nonostante le lavorazioni per sottrazione siano tecnologie mature e in costante evoluzione, esse hanno rappresentato per decenni un insormontabile collo di bottiglia nella producibilità di beni complessi, laddove il limite di complessità era dettato dalla raggiungibilità delle aree da lavorare da parte degli utensili. La manifattura additiva ha superato moltissimi di questi limiti, spalancando le porte a una vera rivoluzione del mondo produttivo.

La manifattura additiva si basa sul concetto che il materiale, anziché essere scavato da un pieno, viene addizionato, strato per strato. In questo modo è possibile generare strutture prima inimmaginabili tanto che, per complessità, spesso ricordano le strutture di origine organica. Queste tecnologie, relativamente recenti, hanno dato il via anche allo sviluppo di metodi di progettazione innovativi, come quelli basati sulle ottimizzazioni topologiche e di forma, che consentono di sfruttare al massimo le proprietà dei materiali.

Esistono tecnologie di AM in grado di lavorare materiali plastici, metallici e ceramici. Tra queste, val la pena di ricordare le tecnologie basate su estrusione di materiale (note con l'acronimo inglese MEX), a fusione del letto di polvere (PBF) e a fotopolimerizzazione (VPP). Per una rigorosa e completa classificazione delle tecnologie si rimanda alla norma ISO/ASTM 52900. Un principio base dell'AM, comune a tutte le tecnologie, è la produzione a strati, in cui ogni strato di materiale poggia su quello precedente. In questo modo, grazie anche all'eventuale impiego di strati di materiale di supporto, poi rimovibile dal componente finale, è possibile generare architetture contenenti vuoti e sottosquadri. La modalità produttiva additiva ricorda quella di una stampante a getto d'inchiostro che, riga per riga, aggiunge goccioline in grado di creare un disegno su un foglio inizialmente bianco. Per questa ragione queste tecniche vengono spesso chiamate anche stampa 3D (o, in inglese, 3D printing).

Nell'ultimo decennio, la stampa 3D di materiali plastici, a causa del ridotto costo di materiali, energia e attrezzature, unitamente a una notevole semplicità d'uso, ha vissuto un vero e proprio boom tanto da diventare ormai una tecnologia di uso domestico o da ufficio. Moltissime sono le famiglie italiane in possesso di una stampante 3D di materiale plastico e moltissimi sono gli appassionati che la utilizzano per scopi non professionali. Tra tutte le tecnologie, la più diffusa in ambito casalingo è quella a filamento estruso, nota spesso con l'acronimo inglese FDM (Fused Deposition Modeling). Il materiale a filamento, a differenza delle resine da polimerizzare o delle polveri, è infatti particolarmente comodo da gestire (non rilascia sostanze tossiche o inquinanti, non deperisce facilmente, non richiede catalizzatori), è economico e spesso è riciclabile.

Un'altra delle caratteristiche che ha reso il mondo delle tecnologie additive particolarmente interessante è stata quella del bassissimo tempo di produzione del primo pezzo. Normalmente infatti il primo pezzo, il cosiddetto prototipo, richiede diverse ore di

lavoro, a seconda delle tipologie di prodotto. Nel caso di componenti in plastica, ad esempio, è necessario progettare gli stampi (normalmente in acciaio), ingegnerizzare il progetto e realizzare i componenti per fresatura. Dopo la produzione del prototipo i pezzi successivi al primo sono invece particolarmente economici e di rapida produzione. Proprio questa caratteristica è stata fondamentale per lo sviluppo del progetto Air Factories.

Durante il picco dell'emergenza COVID-19, alcuni ricercatori del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Messina hanno realizzato una infrastruttura immateriale che ha permesso di mettere agilmente in rete la capacità di produzione di *maker* volontari e delle loro stampanti 3D. La piattaforma no-profit "Air Factories" (www.airfactories.org), progettata, implementata ed amministrata da docenti e giovani ricercatori dell'Università di Messina, ha gestito decine di *call-to-action* provenienti da strutture pubbliche e coordinato l'azione di centinaia di maker in tutta Italia secondo la teoria della "fabbrica distribuita".

Cessata la fase emergenziale, l'esperimento è evoluto in un progetto di ricerca, Air Factories 2.0, con l'obiettivo di implementare una piattaforma stabile, esplorando le potenzialità di una catena di produzione intelligente, decentralizzata, sostenibile e resiliente, gettando uno sguardo verso quello che potrebbe essere la produzione del futuro. Il progetto Air Factories 2.0 è nato con l'obiettivo primario di progettare ed implementare metodologie, tecniche, algoritmi, sistemi hardware e software per la realizzazione di una fabbrica "decentralizzata", composta da stampanti 3D messe liberamente a disposizione da utenti più o meno uniformemente distribuiti sul territorio. L'obiettivo è stato perseguito finalizzando una serie di prototipi operativi relativi sia alla piattaforma software che ai componenti hardware.

La piattaforma software realizzata ha preso il nome di "Air Factories 2.0", basata su un design di progettazione che l'ha resa decentralizzata. Ciò grazie all'utilizzo di tecnologie Blockchain per la gestione del ciclo di vita della fabbrica che va dalla prototipazione di nuovi prodotti alla produzione di massa.

Partendo dall'esperienza dell'Unità di Ricerca dell'Università di Messina, il presente contributo mostrerà le linee di sviluppo più interessanti e le potenzialità di quella che sarà una importante rivoluzione del processo produttivo dei prossimi anni che attualmente i ricercatori di UNIME stanno sperimentando nei propri laboratori.

2. La logica di funzionamento

Gli attori coinvolti nella piattaforma sviluppata sono identificati con i seguenti nomi e ruoli:

- Air Designer: sviluppano nuovi progetti da produrre nella fabbrica distribuita e ne fanno uso per la prototipazione dei primi componenti.
- Air Maker: agiscono sia come validatori dei progetti durante la fase di prototipazione del prodotto che come produttori dei componenti finiti.
- Air Caller: coloro che richiedono la produzione di un determinato numero di componenti finiti da parte della fabbrica distribuita.
- Air Admin: agiscono come gestori della fabbrica mappando in modo semiautomatico le richieste con la capacità produttiva degli Air Maker.

Il ruolo centrale del sistema è rivestito dagli Air Makers ed Air Callers.

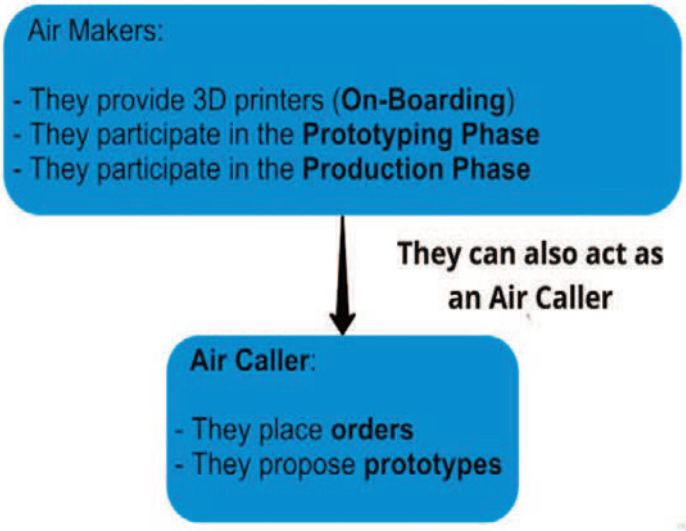


Figura 1 Utenti della piattaforma

Con il termine "Air Makers" vengono identificati gli utenti della fabbrica che rendono disponibili alla community le loro stampanti 3D. Gli Air Makers possono proporre nuovi prodotti da mandare in produzione nella Fabbrica e/o partecipare alla fase di prototipazione (su prodotti proposti da altri). Una volta che un prodotto è stato prototipato positivamente con il contributo dell'intera community, esso entra a far parte della Fabbrica ed è possibile richiederne la produzione in un certo numero di esemplari. In questa fase gli Air Makers

partecipano alla produzione di nuovi pezzi, secondo le quantità richieste. La fase di prototipazione è intesa come il passaggio dall'idea al prodotto che entra effettivamente nell'inventario dei design di Air Factories 2.0 e può, quindi, essere ordinato alla Fabbrica.

Con il termine "Air Caller", invece, vengono identificati tutti gli utenti esterni alla Fabbrica che ne rappresentano i "clienti". Essi possono proporre nuovi prototipi di design (ma non partecipano attivamente nella fase di prototipazione) ed effettuare ordinazioni (le c.d. "Air Calls") dei prodotti che la Fabbrica è in grado di produrre indicando il numero di pezzi desiderati ed il loro livello di qualità.

La qualità del prodotto viene valutata in base al confronto tra design e prodotto effettivamente stampato (principalmente in termini di assenza di deviazioni geometriche), e viene verificata tramite validazione durante la deposizione degli strati del processo di stampa. Gli Air Makers, ovviamente possono agire anche da Air Callers.

La piattaforma software Air Factories 2.0 è totalmente autonoma e decentralizzata. Il termine "decentralizzato" è inteso nell'accezione tipica delle tecnologie Blockchain, grazie all'utilizzo delle quali la piattaforma Air Factories 2.0 è completamente autonoma e non necessita di alcun tipo di controllo da parte di agenti umani. In particolare, la piattaforma è implementata tramite una serie di smart contract, componenti software in esecuzione sulla Blockchain, immutabili e inarrestabili sui quali gli utenti finali possono riporre fiducia incondizionata grazie ai meccanismi di "trustnessless" tipici delle piattaforme Blockchain.

La piattaforma Air Factories 2.0, si occupa di:

- Accettare nuovi utenti e nuove stampanti nella Fabbrica effettuando tutti i controlli necessari.
- Garantire un processo democratico, meritocratico e trasparente per la prototipazione dei nuovi prodotti. Affinché i processi siano democratici e meritocratici, viene attuata una policy di votazione con reputazione, ovvero, all'interno della community di Air Factories 2.0, coloro che hanno una reputazione maggiore, vengono riconosciuti come maggiormente competenti, e il peso del loro voto risulta maggiore. Inoltre, la trasparenza del meccanismo di votazione è assicurata dall'algoritmo che la gestisce, noto

a tutti i membri della Fabbrica, ed immutabile grazie all'implementazione su smart contract.

- Garantire che le Air Calls vengano gestite in maniera trasparente, equa e sostenibile. In particolare, la Fabbrica garantisce un'equa distribuzione dei pezzi da stampare e una conseguente equa distribuzione del corrispondente guadagno. Anche questo avviene grazie ad un algoritmo noto a tutti ed immutabile. La sostenibilità ambientale della Fabbrica è resa possibile dal fatto che l'algoritmo distribuisce le ordinazioni agli Air Maker, considerando la loro posizione geografica. Pertanto, le Air Call vengono commissionate preferibilmente agli Air Maker che si trovano nelle zone limitrofe al punto finale di consegna.
- Garantire la qualità dei pezzi prodotti dalla Fabbrica per rendere possibile la loro eventuale futura certificazione.

L'architettura della piattaforma è costituita da:

- Componenti software decentralizzati:

o Front-end: interfaccia Web che consente agli attori del sistema di interagire con la Fabbrica;
o Back-end: insieme di tutte le componenti software che implementano gli algoritmi di gestione della Fabbrica, responsabili di tutte le decisioni.

- Componenti software di controllo (*Printer Manager*): in esecuzione sulle stampanti 3D coinvolte nella *Fabbrica*, si occupano di gestire la singola stampante e di connetterla alla piattaforma ovvero controllano:

o lo scambio di messaggi di controllo da e verso la piattaforma;
o la raccolta dati sulla qualità di stampa ed il loro trasferimento sulla piattaforma (proof-of-print).

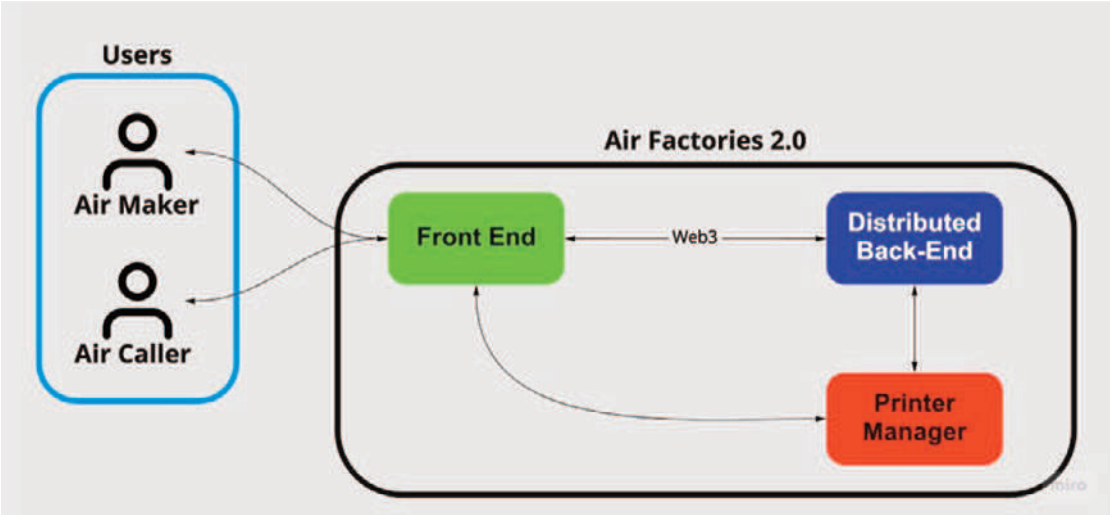


Figura 2 Architettura della piattaforma

Air Maker ed Air Caller dialogano con la piattaforma mediante il Front-end. La proof-of-print è una prova crittografica, inviata dal Printer Manager alla piattaforma, che garantisce che un processo di stampa è stato condotto da una certa stampante 3D in un determinato periodo di tempo. Essa permette, inoltre, alla piattaforma di analizzare la qualità della stampa in modo tale da decidere se il prodotto rispetta gli standard di qualità previsti dall'Air Caller che l'ha commissionato.

3. Il sistema di controllo

La piattaforma è costituita da una serie di procedure ad ognuna delle quali corrisponde un algoritmo, progettato e implementato mediante Smart Contract. Sono state utilizzate due piattaforme Blockchain: Ethereum e Hyperledger Fabric. Ethereum è una delle principali piattaforme Blockchain e attualmente la più utilizzata per l'implementazione di applicazioni decentralizzate. Ethereum è una blockchain pubblica e senza permessi. Tra i vantaggi di Ethereum possono essere citati l'alta affidabilità e la semplicità di utilizzo e di implementazione di nuove applicazioni. Tra gli svantaggi vi sono sicuramente la poco scalabilità e l'alto costo di utilizzo. Per sopperire a tali svantaggi si è scelto di implementare alcune delle procedure di controllo della fabbrica su Hyperledger Fabric. Hyperledger Fabric è una blockchain privata e di consorzio che risulta meno affidabili di Ethereum dal punto di

vista delle trustnessless ma che consente una maggiore scalabilità e un più basso costo di esercizio.

La Figura 3 illustra le principali procedure, attive sulla piattaforma Air Factories 2.0 e il loro deployment:

- on-boarding di nuovi utenti (Users)
- prototipazione di nuovi prodotti (Voting System)
- schedulazione della produzione (Scheduling and Orders)
- controllo qualità (Proof of Print - Printing Process e Quality Check)
- tokenization (AF Token)
- comunicazione tra gli smart contracts (Oracle)

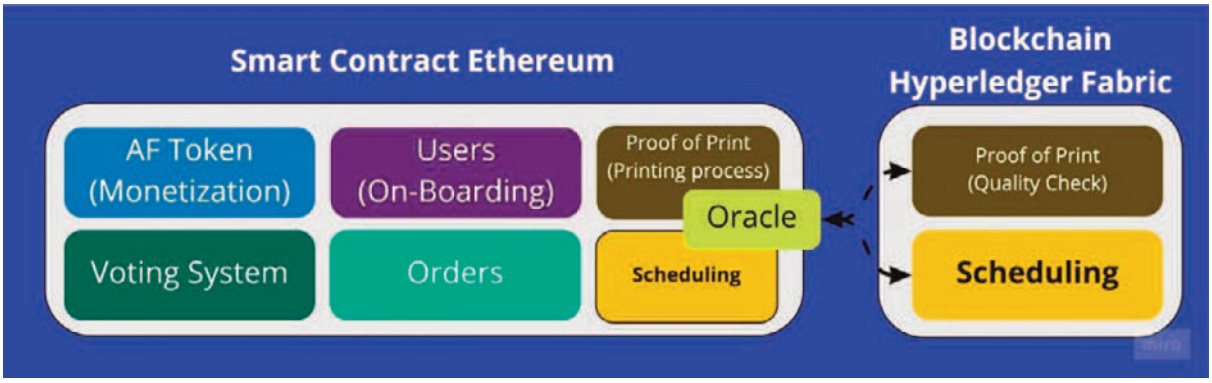


Figura 3 Struttura del back-end distribuito

Una componente software si occupa dell'On-boarding di nuovi utenti (Users). Questa controlla le informazioni che verranno immagazzinate per ciascun utente, per le sue stampanti e per i materiali di stampa a disposizione. L'on-boarding sulla piattaforma è implementato utilizzando le librerie *Web3* che consentono la comunicazione tra client scritti in vari linguaggi di programmazione con lo specifico smart contract di Air Factories 2.0. Dato l'utilizzo di *Ethereum*, ad ogni account utente di Air Factories 2.0 dovrà corrispondere un portfolio *Ethereum* (correlato di indirizzo pubblico) per poter comunicare con la Blockchain. L'indirizzo pubblico verrà utilizzato come chiave identificativa dell'utente, ed utilizzata per associare le seguenti informazioni:

- Per gli utenti:
- tipologia di Account scelto tra Air Maker e Air Caller;

- coordinate geografiche della posizione dell'utente;
- username che verrà visualizzato nel sito.

- Esclusivamente per gli Air Maker:
- disponibilità oraria per la stampa.

- Per le stampanti possedute dagli Air Maker:
- nome della stampante;
- tipologia di materiale supportato (a scelta tra ABS, PLA, PETG);
- materiale attualmente caricato per la stampa;
- ugelli disponibili;
- ugello attualmente montato;
- massima temperatura raggiungibile dall'estrusore;
- massima temperatura raggiungibile dal piatto;
- volume massimo stampabile;
- disponibilità di supporto idrosolubile;

- Per i materiali di stampa messi a disposizione dagli Air Maker vengono immagazzinate le seguenti informazioni:
- nome del materiale;
- tipologia del materiale (ABS, PLA, PETG);
- colore del materiale;
- quantità posseduta espressa in Kg;
- temperatura di stampa del materiale in uscita dall'estrusore;
- temperatura di stampa del materiale da mantenere sul piatto;

Ogni stampante, inoltre, avrà a sua volta un indirizzo pubblico per poter comunicare direttamente con lo smart contract.

Ulteriori specifiche software sono state implementate per:

- Accettazione delle nuove produzioni, con meccanismo di voto

- Schedulazione della produzione
- Controllo qualità
- Meccanismi di reward per gli Air Printer

4. La produzione additiva

I macro-obiettivi di ricerca che si è dovuto affrontare per consentire il successo del progetto sono riassumibili in:

1. Automazione del processo seriale di manifattura additiva;
2. Automazione del processo di variazione del materiale e del colore di stampa;
3. Automazione del processo di controllo di qualità dei prodotti derivanti dalla manifattura additiva.

Per quanto riguarda l'automazione del processo seriale di manifattura additiva, gli sforzi delle ricerche si sono concentrati principalmente su due aspetti chiave:

1. Affidabilità dell'adesione del primo strato;
2. Rimozione del pezzo dal piano di stampa.

L'adesione del primo strato di stampa riveste un'importanza fondamentale per l'intero processo di manifattura additiva, poiché su questo strato vengono depositati tutti gli strati successivi. Se l'adesione del primo strato al piano di stampa non fosse affidabile, l'intera stampa sarebbe compromessa. I fattori che influenzano l'adesione del primo strato includono:

- La perfetta calibrazione della distanza tra l'estrusore e il piano di stampa;
- La temperatura del piano di stampa (che dipende dal tipo di materiale);
- Le caratteristiche del piano di stampa, come il materiale, la rugosità superficiale, lo stato di usura e la pulizia.

Tali parametri assumono un grado di rilevanza variabile in base alle dimensioni e alla geometria del pezzo stampato. Pertanto, è necessario considerare attentamente queste problematiche nel processo di automazione. Sono state proposte diverse soluzioni per garantire la ripetibilità di un'aderenza corretta e una deposizione accurata del primo strato, tra cui:

- L'implementazione, se necessario, di un sensore di autocorrezione;
- L'uso di un piano di stampa con una finitura superficiale adeguata.

Automatizzare un processo di manifattura additiva implica anche che, indipendentemente dal numero di pezzi prodotti, ogni primo strato deve aderire saldamente al piano, garantendo al contempo una facile rimozione del pezzo stesso dal piano di stampa. Si nota quindi come i due fattori siano interconnessi. Il pezzo deve essere rimosso dalla stampante per consentire la creazione del pezzo successivo. Se l'adesione del primo strato fosse troppo forte, potrebbe risultare impossibile rimuovere il pezzo senza l'intervento di un operatore umano. Pertanto, una volta che si ipotizza un primo strato di stampa ottimale, è possibile analizzare le possibili soluzioni per la rimozione del pezzo. Una prima strategia consiste nell'espellere il pezzo dalla stampante 3D. Questo metodo è il più semplice da implementare sulla maggior parte delle stampanti 3D e, nella sua forma più basilare, non richiede componenti aggiuntivi alla macchina, ma solo una modifica del codice GCODE di stampa. Si basa essenzialmente sull'idea di "spingere via" il pezzo una volta completata la stampa. Questa procedura può essere eseguita tramite l'estrusore della stampante stesso, inserendo le istruzioni appropriate nel codice GCODE di controllo. Dopo aver terminato la stampa, il modulo dell'estrusore si muoverà verso il pezzo per espellerlo dal piano di stampa. Potrebbe essere necessario aggiungere un componente di protezione per le ventole dell'estrusore, in modo da evitare che entrino in contatto diretto con il pezzo e si possano danneggiare. Una versione più complessa prevede l'utilizzo di un raschietto meccanico che, al termine della stampa, scorre sul piano di stampa per sollevare la base del componente e raschiarlo via. In questa configurazione, è richiesto un attuatore elettromeccanico aggiuntivo che muova il sistema del raschietto. Un accorgimento che può essere utilizzato in questa tecnica è quello di raffreddare il piano di stampa al termine del processo, poiché ciò agevola la rimozione del pezzo. Inoltre, può essere utile utilizzare uno strato di base composto da un materiale con caratteristiche di adesione specifiche, in modo che variando la temperatura del piano di stampa, l'aderenza del pezzo possa diminuire e facilitarne l'espulsione. Tuttavia, è importante notare che questi sistemi presentano limitazioni legate alla geometria del componente da rimuovere: se il pezzo avesse un'ampia area di base, potrebbe presentare un'adesione troppo elevata per essere rimosso con successo. Pertanto, non sono universali e l'automazione completa non può essere garantita. Una seconda tecnologia che facilita la rimozione del pezzo è rappresentata dalle cosiddette "stampanti 3D a nastro" (Belt 3D printers). Questo approccio si basa su macchine di ultima

generazione in cui il piano di stampa non è più una superficie solida fissa che viene mossa da sistemi elettromeccanici esterni, ma viene trasformato in un "nastro" mobile che ruota su sé stesso. Si può pensare a un nastro trasportatore industriale per comprendere il funzionamento di questo sistema. Le macchine che utilizzano questo tipo di piano di stampa presentano un'altra caratteristica peculiare: l'estrusore e il relativo meccanismo di movimento sono posizionati ad un angolo di 45° rispetto al piano di stampa. Questa configurazione, unita all'uso di software di slicing specifici, permette all'asse z della macchina di estendersi teoricamente all'infinito, così come la possibile estensione del pezzo lungo questo asse. Queste stampanti 3D possono quindi essere utilizzate per la produzione in serie, poiché una volta che il pezzo è stato stampato, può essere semplicemente rimosso facendo ruotare il nastro lungo l'asse y. I prodotti stampati vengono espulsi quando il nastro si ripiega sulla puleggia che consente la sua rotazione. Una terza tecnica possibile per effettuare la rimozione di un pezzo dal piano di stampa consiste nell'utilizzare un braccio robotico per l'estrazione. Questo metodo, se implementato correttamente, può garantire un'efficienza elevata; tuttavia, comporta una maggiore complessità del sistema e un ingombro maggiore rispetto alle soluzioni precedentemente esaminate. Tuttavia, i bracci robotici sono ampiamente utilizzati nel settore industriale da diversi decenni e sono già impiegati per la rimozione di componenti da altre macchine, ad esempio nei centri di lavoro. Questi robot sono estremamente versatili e possono essere impiegati per una vasta gamma di compiti. Pertanto, ha senso considerarne l'utilizzo anche in questo contesto per l'automatizzazione della rimozione dei componenti, previa un'attenta analisi dei costi e dei benefici associati.

Per quanto riguarda il secondo obiettivo di ricerca, che riguarda l'automatizzazione del processo di variazione del materiale di stampa e del suo colore, è importante considerare che un componente realizzato mediante tecniche di additive manufacturing può essere prodotto con il colore e il materiale desiderati, anche includendo la presenza simultanea di colori e/o materiali diversi nello stesso componente. Per automatizzare il cambio del filamento, esistono diverse opzioni disponibili sul mercato, delle quali analizzeremo quelle ritenute più idonee per la ricerca. Tra i prodotti dell'azienda "Mosaic" si trova la Palette 2s. Questo dispositivo è in grado di scambiare in modo completamente autonomo quattro diversi filamenti. Inoltre, è possibile stampare immagini sui modelli utilizzando il software slicer Canvas, che consente

agli utenti di stampare facilmente loghi, testi o immagini sul modello. La Palette 2s dispone anche di un sistema automatizzato di gestione del filamento, che consente l'utilizzo di bobine di riserva per eseguire stampe più lunghe e di dimensioni maggiori senza interrompere la stampa o sostituire una bobina vuota. Un'altra caratteristica rilevante è l'hub Canvas integrato, che semplifica il processo di stampa e non richiede l'acquisto o la configurazione di hardware aggiuntivo per connettere i dispositivi. Le stampe possono essere accedute direttamente dal touchscreen della Palette, e anche se non si è sulla stessa rete, è possibile eseguire stampe in remoto con il monitoraggio di Canvas. Durante la ricerca, questo prodotto è stato implementato nei processi di stampa. Per le stampanti 3D "Prusa", viene utilizzato il "Prusa MMU2S", che è un componente aggiuntivo che consente alla stampante di stampare contemporaneamente con un massimo di cinque colori.

Per avviare il progetto, è stato sviluppato un kit, in grado di integrare le comuni stampanti commerciali (molto differenti tra loro in funzione del modello) e adattarle al funzionamento nel contesto di una fabbrica distribuita, al fine di ottimizzare le prestazioni della macchina per gli scopi desiderati. Per questo motivo, tali kit sono stati chiamati “Air kit”. Nella Figura 4 mostrata di seguito è possibile osservare il risultato finale dell'assemblaggio riuscito dell'Air kit sulla stampante 3D.

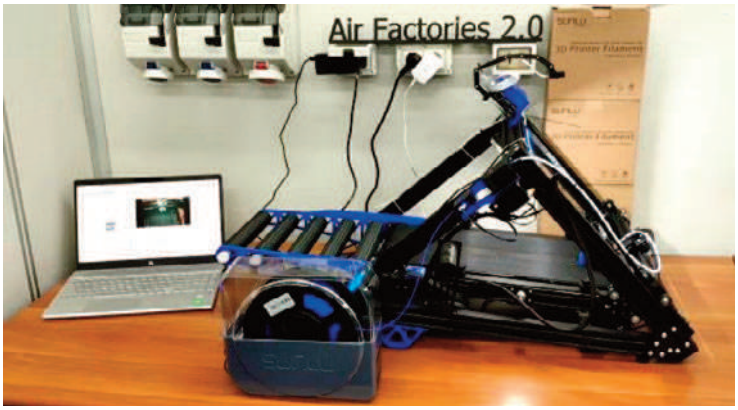


Figura 4 Un esempio di Air kit

Il kit in questione è costituito da diverse componenti che svolgono funzioni distinte. Inizieremo l'analisi delle varie parti componenti dal nucleo fondamentale di ogni Air kit, indipendentemente dal modello di macchina su cui è adattato. Questo componente essenziale

è composto principalmente dalla scheda elettronica di controllo e dalla camera di monitoraggio. La scheda utilizzata è il modello "Raspberry Pi 4 Model B", come illustrato nella Figura 5.



Figura 5 La scheda di controllo

La scheda elettronica di controllo, presente nel kit, include un sistema di controllo remoto che consente di gestire tutti i parametri della stampante tramite la connessione a Internet. Per quanto riguarda la camera di monitoraggio, è utilizzata una "Pi Camera" con una risoluzione di 5 megapixel (Figura 6).



Figura 6 La camera di monitoraggio dei processi di stampa

Durante il corso del progetto, sono state esaminate diverse soluzioni per la camera di monitoraggio. Una comune webcam da videoconferenza con una risoluzione video di 1080p è stata testata e ha dato risultati soddisfacenti, ma non era ottimizzata in termini di ingombro e montaggio. Inoltre, sono state provate pi camere con risoluzione video superiore, che hanno fornito ottimi risultati. Tuttavia, si è scelto di utilizzare una camera da 5 megapixel in quanto offre una qualità video più che sufficiente per un monitoraggio ottimale ed è anche più economica rispetto ai modelli con risoluzione superiore. È importante mantenere un prezzo accessibile per consentire la commercializzazione degli Air kit in una fascia di prezzo adatta a

tutti gli utenti interessati. La scheda elettronica di controllo è alloggiata in un case personalizzato prodotto mediante additive manufacturing. Questo case può essere facilmente montato sui frame delle stampanti più comuni. È stato progettato per essere fissato a profili d'alluminio comuni di dimensioni 20x20 o 20x40 tramite 2 viti e 2 bulloni "Tnuts". La camera di monitoraggio è montata su un braccio snodato (Figura 7) adattabile a diversi tipi di montaggio e modelli di stampanti. Il braccio snodato può essere facilmente fissato al case che contiene la scheda di controllo, creando un modulo compatto e versatile in grado di controllare in remoto tutti gli aspetti della stampante interessata.



Figura 7 Il braccio snodato di sostegno della camera

Durante lo sviluppo del progetto, sono state testate diverse soluzioni per l'estensione e il monitoraggio della stampante. In particolare, per affrontare le limitazioni di lunghezza sull'asse Z della Creality CR-30 Printmill, è stato sviluppato un pezzo specifico per il modello analizzato in questa sezione. Questo pezzo è una staffa che supporta dei rulli di estensione. La presenza di questi rulli permette di sostenere il pezzo per una lunghezza maggiore rispetto alla superficie di stampa. Ciò consente la produzione di pezzi con estensione superiore senza il rischio di problemi come la perdita di aderenza o la rottura causata dalla forza di gravità. L'utilizzo di tali rulli enfatizza una delle caratteristiche dominanti della Creality CR-30 Printmill, ovvero la capacità di produrre pezzi estesi (Figura 8). Questo attributo, sebbene non ottimale per una fabbrica distribuita e automatizzata, conferisce alla macchina un valore unico nella produzione di pezzi con caratteristiche particolari.

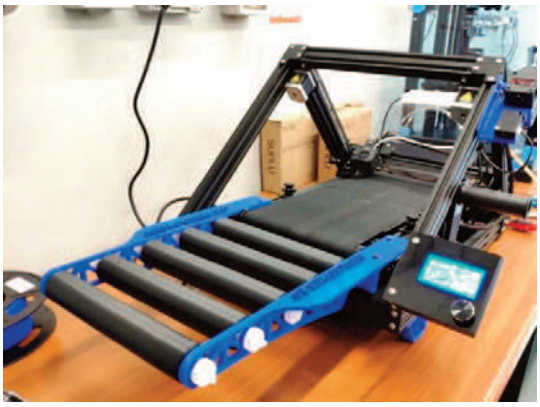


Figura 8 Il piano mobile e con rulli per la produzione seriale "infinita"

Un altro componente fondamentale dell'Air kit è una lampada LED progettata per garantire un monitoraggio remoto ottimale tramite la pi camera. La lampada utilizza una striscia LED COB (Chip On Board), che consiste in più chip LED collegati insieme per formare un'unica unità. A differenza dei LED SMD tradizionali, che richiedono un circuito specifico per ogni diodo sul chip, la tecnologia COB utilizza un unico circuito e due semplici contatti per l'intero chip, consentendo un numero potenzialmente illimitato di diodi. Questo approccio offre una maggiore efficienza e semplicità di creazione rispetto ai LED SMD. La tecnologia COB presenta ulteriori vantaggi, come l'assenza del packaging standard utilizzato nei sistemi SMD, che migliora l'efficienza termica e il flusso luminoso. Inoltre, i LED COB presentano una singola copertura al fosforo che copre l'intero array di diodi, diffondendo uniformemente la luce. Dal punto di vista della saldatura, i LED COB utilizzano un dissipatore termico che migliora la dispersione del calore e garantisce prestazioni termiche migliori. Queste caratteristiche tecniche conferiscono ai LED COB numerosi vantaggi, come una temperatura colore più uniforme, maggiore densità di luce in uno spazio più piccolo e una maggiore efficienza complessiva. La striscia LED COB è montata su un supporto custom made che offre flessibilità di montaggio e può essere facilmente fissato ai frame composti da profili d'alluminio 20x20 o simili tramite dadi a T. Questo design permette un'installazione semplice e affidabile della lampada LED, contribuendo così a garantire un monitoraggio remoto ottimale attraverso la pi camera.

L'estrusore presente sulla macchina di fabbrica è comunemente chiamato "single gear" perché utilizza un singolo ingranaggio per la movimentazione del filamento, mentre il secondo

elemento, un cuscinetto, contribuisce a mantenere la presa applicando una pressione costante grazie a una molla. Questo tipo di estrusore è ampiamente utilizzato nelle stampanti 3D, specialmente nell'architettura bowden. Tuttavia, presenta dei limiti in quanto la spinta sul filamento è esercitata solo da uno dei due componenti responsabili della trazione, mentre l'altro è un elemento passivo, un cuscinetto che ruota per trascinamento. Nell'Air kit per questa macchina è stato incluso un estrusore chiamato "Bondtech BMG", che utilizza la tecnologia "dual gear" o "doppio ingranaggio". In questo tipo di estrusore, entrambi gli elementi che premono sul filamento sono in movimento grazie a un sistema di ingranaggi che trasferisce il movimento rotatorio del motore stepper su entrambi gli elementi. Il montaggio di questo estrusore ha richiesto l'utilizzo di un supporto custom made realizzato tramite stampa 3D, che può essere facilmente fissato al frame della macchina. È stato anche necessario apportare una modifica al firmware della macchina, poiché il cambio dell'estrusore comporta una variazione del rapporto di trasmissione che influisce sulla spinta del filamento. Questo a sua volta influisce sugli "E-STEPS", cioè il numero di step che il motore stepper (lo stesso utilizzato precedentemente sulla macchina) deve effettuare per spingere il filamento di un millimetro. Questo aggiustamento teorico permette alla macchina di estrudere una maggiore quantità di materiale in meno tempo, aprendo la possibilità di aumentare la velocità di stampa senza compromettere la qualità. Dopo aver effettuato alcuni test, si è riscontrato un miglioramento della qualità di stampa. Questo è attribuibile al maggiore controllo esercitato dall'estrusore sul filamento grazie alla presenza di due ingranaggi mobili che partecipano alla spinta.

Grazie alla particolare architettura della testa di stampa, con un'inclinazione di 45° tra il piatto rotante e l'ugello, la Air Printer basata su Creality CR-30 Printmill consente di realizzare una produzione seriale automatizzata di componenti. Questa caratteristica unica permette alla macchina di stampare oggetti di estensione teoricamente infinita lungo l'asse Z. In alternativa, è possibile effettuare stampe distinte utilizzando il nastro trasportatore, che consente ai pezzi completati di essere espulsi dal piano di stampa per lasciare spazio ai successivi. Una volta che la piattaforma di Air Factories riceve un ordine, esso viene elaborato e, se accettato, viene inviato alle macchine interessate, inclusa la Creality CR-30 Printmill. Questa macchina, grazie alla sua architettura e alle funzionalità dell'Air Kit, può quindi

avviare il processo di stampa automatizzato e seriale dei componenti richiesti. La macchina può stampare un unico oggetto di estensione infinita lungo l'asse Z o può effettuare più stampe distinte, con i pezzi completati che vengono rimossi dal piano di stampa grazie al nastro trasportatore per fare spazio a nuovi pezzi (Figura 9). Questo processo di produzione seriale automatizzata e controllabile da remoto è uno degli obiettivi chiave di Air Factories per creare una fabbrica decentralizzata e distribuita, in cui la produzione avviene in modo intelligente e autonomo, riducendo i tempi di consegna e ottimizzando l'efficienza complessiva del processo di produzione.

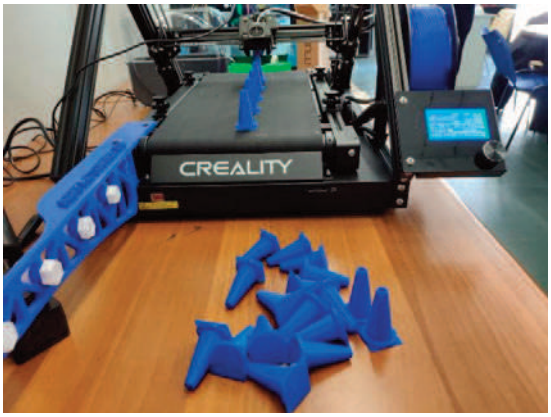


Figura 9 Un esempio di stampa “illimitata” di pezzi in serie

5. Altri aspetti di automatizzazione del processo

Per consentire la variazione del materiale o del colore del filamento durante il processo di stampa, è necessario automatizzare il cambio del filamento. Sul mercato sono disponibili diverse opzioni per realizzare questa funzionalità, e di seguito saranno analizzate le soluzioni ritenute più adatte durante lo studio per l'implementazione dell'Air Printer.

1. Sistema a doppio estrusore: Questo metodo prevede l'utilizzo di due estrusori separati, ognuno con il proprio filamento. Durante la stampa, i due estrusori possono essere alternati per depositare il materiale desiderato. Questa soluzione consente di stampare con due materiali o colori diversi contemporaneamente. Tuttavia, richiede una stampante con un sistema di movimentazione abbastanza complesso per gestire i due estrusori in modo sincronizzato.

2. Estrusore a scambio rapido: Questo sistema prevede l'utilizzo di un unico estrusore, ma con una configurazione che consente di sostituire rapidamente il filamento. Durante la stampa, il filamento può essere interrotto e sostituito con un nuovo filamento di diverso colore o materiale. Questo metodo richiede un meccanismo di scambio rapido del filamento e può richiedere una breve pausa durante il processo di stampa per effettuare il cambio.

3. Filamenti multicolore: Alcuni produttori offrono filamenti multicolore che contengono più colori o sfumature all'interno dello stesso filamento. Utilizzando un estrusore standard, è possibile ottenere componenti con colori diversi senza dover effettuare alcun cambio di filamento. Questo metodo può essere utilizzato per creare effetti estetici interessanti, ma non consente la variazione del materiale.

4. Sistema di ricarica automatica: Questa soluzione prevede l'utilizzo di un alimentatore di filamento automatizzato che può sostituire automaticamente il filamento esaurito con un nuovo filamento. Durante la stampa, quando un filamento si sta esaurendo, il sistema di ricarica automatica può rilevarlo e sostituirlo senza intervento manuale. Questo metodo permette di stampare componenti con filamenti di diverso colore o materiale senza interruzioni.

La scelta della soluzione dipende dalle esigenze specifiche del progetto e dalle funzionalità della stampante utilizzata. Alcune stampanti 3D sono progettate per supportare nativamente il multimateriale, mentre altre possono richiedere l'aggiunta di accessori o modifiche per consentire il cambio del filamento. È importante considerare fattori come la complessità dell'implementazione, il costo, la facilità d'uso e la qualità dei risultati ottenuti. Ogni soluzione ha vantaggi e limitazioni, e la scelta finale dipenderà dal contesto specifico dell'applicazione. L'integrazione del multimateriale all'interno dell'Air Printer richiederà l'analisi delle opzioni disponibili sul mercato e la selezione della soluzione più adatta per raggiungere gli obiettivi del progetto.

Un altro importante aspetto dell'automatizzazione del processo riguarda la fase di controllo qualità dei prodotti. Nella ricerca, sono state esaminate diverse metodologie per individuare e correggere i difetti che possono influire sulla qualità di stampa delle macchine FFF (Fused Filament Fabrication). Inizialmente, è stata considerata l'analisi basata sulla fotogrammetria, una tecnica che utilizza fotogrammi distinti e separati per determinare metricamente la forma di un oggetto. Si è ipotizzato di montare due telecamere sui telai delle stampanti per acquisire una "coppia stereoscopica" di fotogrammi dell'oggetto. Tuttavia, questa metodologia richiede ancora ulteriori sviluppi e algoritmi appropriati per essere implementata correttamente. Un altro metodo analizzato prevedeva la ricostruzione dell'oggetto utilizzando una singola acquisizione fotografica di ogni strato (layer) inquadrato dall'alto. Successivamente, si confrontava il percorso previsto per la testina di stampa dal file GCODE con quello effettivamente percorso. Anche questa metodologia richiede ulteriori sviluppi e ottimizzazioni degli algoritmi per essere efficace. Tuttavia, il metodo che ha mostrato un rapido sviluppo e risultati soddisfacenti dopo i test effettuati prevede l'utilizzo di uno scanner 3D. Lo scanner 3D acquisisce una nuvola di punti che viene utilizzata per la ricostruzione digitale dell'oggetto, consentendo quindi il confronto con il file STL di riferimento. Per facilitare il processo di acquisizione, il componente in esame viene posizionato su una piattaforma rotante dotata di punti di riferimento sulla sua superficie. Attualmente, sono in corso studi per automatizzare il passaggio del componente dal piano di stampa alla piattaforma rotante. Nella fase iniziale del progetto, è stato previsto lo spostamento manuale dell'oggetto sulla piattaforma rotante, seguito poi dall'esecuzione del controllo qualità tramite software. In alternativa, si può considerare l'utilizzo della stampante 3D stessa per spingere il pezzo sulla piattaforma rotante. Questo può essere realizzato utilizzando il piatto rotante nelle stampanti che lo hanno, o il comparto estrusivo nelle stampanti con piatto fisso. Attualmente, l'approccio basato sullo scanner 3D ha mostrato risultati promettenti e potrebbe essere implementato come soluzione per il controllo qualità nell'ambito del progetto Air Factories.

6. Conclusioni

L'appassionante lavoro del team dell'Università di Messina ha portato alla realizzazione di una vera e propria fabbrica distribuita, gettando uno sguardo nella direzione di quella che sarà la produzione del futuro, almeno in alcuni settori. Essa permette:

1. La delocalizzazione della produzione
2. La riduzione degli sprechi di materiale grazie alla stampa 3D
3. La riduzione dell'inquinamento derivante dalla distribuzione
4. Un'eccezionale adattabilità alla domanda
5. Tempi di risposta al mercato drasticamente ridotti
6. Uno stimolo delle energie, delle opportunità e delle risorse locali
7. Resilienza ai fallimenti e ai guasti tipici di un sistema concentrato

Il lavoro si è concluso con la stesura di alcuni paradigmi di produzione, una sorta di vero e proprio manifesto, per la produzione distribuita. Questi sono i principi che hanno ispirato il team di ricerca.

Un modello alternativo di produzione decentralizzata

I più recenti modelli di produzione suggeriscono soluzioni sempre più centralizzate, delocalizzate in luoghi adatti alla massimizzazione dell'efficienza, alla riduzione dei costi, e all'aumento della concentrazione del profitto. Ricerca del profitto, burocrazia, centralizzazione e delocalizzazione della produzione, sono schemi rigidi che, in un sistema sotto stress, possono cedere. Crediamo che i limiti della fabbrica tradizionale siano connaturati al modello stesso. La Fabbrica Distribuita è per sua natura decentralizzata, scavalca le barriere, doganali e fisiche, raggiunge tutti i luoghi del mondo, si svincola dagli accordi commerciali, e consente ad ogni singolo cittadino di essere contemporaneamente produttore e consumatore.

Una produzione che sia al servizio dell'uomo e non del profitto

Riteniamo che la Fabbrica Distribuita debba essere al servizio dell'uomo e non viceversa. Essa si basa su un'idea fondamentale non negoziabile: una produzione mirata alla

soddisfazione del bisogno e alla creazione di valore più che di profitto, accessibile a tutti sia per domanda che per offerta. Per questo la Fabbrica Distribuita non ha scopo di lucro e la produzione avviene esclusivamente su base volontaria, in tutte le fasi del processo di produzione: dal design alla fabbricazione, dalla certificazione e validazione del prodotto alle attività di gestione della fabbrica stessa e di distribuzione dei beni. La Fabbrica Distribuita rinnega però ogni forma di sfruttamento e per questo riconosce il diritto a essere equamente compensati per il proprio lavoro e per le spese vive.

Resilienza e sostenibilità come valori fondanti

La Fabbrica Distribuita è un modello resiliente, in grado di reagire efficacemente alle minacce di emergenze locali o globali. Essa non può essere condizionata dalle speculazioni e non soggiace ai lunghi tempi di riconversione della produzione tradizionale. La Fabbrica Distribuita mira a contenere l'impatto ambientale e sociale della produzione e dei trasporti di larga scala, rendendo concreto e attuabile un modello di produzione di prossimità.

Produzione diffusa come Bene Comune

La Fabbrica Distribuita avversa ogni tentativo, sia dal punto di vista tecnico che burocratico, di favorire l'accentramento della produzione nelle mani di pochi, superando la logica di dicotomia pubblico/privato e collocandosi nello spazio dei Beni Comuni. Grazie a questo la Fabbrica Distribuita resiste alle forme di controllo, boicottaggio, embargo o limitazione di accesso alla produzione. Il modello di Fabbrica Distribuita prevede la condivisione oltre che delle competenze, anche degli strumenti e delle conoscenze. Per questo motivo i protocolli e le tecnologie impiegate sono aperti e replicabili.

Processi democratici e trasparenti

La Fabbrica Distribuita previene l'accentramento, oltre che della produzione, anche delle decisioni. Per questo essa pone al centro lo sviluppo di protocolli, metodi e infrastrutture tecnologiche in grado di garantire trasparenza delle quote di attribuzione della produzione, equità, rotazione, ottimizzazione logistica, sostenibilità ambientale e impossibilità di ingerenze esterne. Coloro che contribuiscono alla produzione sono tutti uguali,

compatibilmente con la propria capacità produttiva, disponibilità e affidabilità. Nessun singolo soggetto gestisce la Fabbrica Distribuita. La gestione è decentralizzata ed orizzontale. Ogni decisione viene presa attraverso criteri di consenso e di partecipazione. Nessun singolo può stabilire cosa la fabbrica debba o non debba produrre, né chi debba o non debba produrre. Sistemi di controllo possono essere implementati esclusivamente allo scopo di prevenire e impedire produzioni illegali o contro i valori del progetto o che non garantiscano la giusta precedenza di produzione in caso di emergenze.

Guido Di Bella - Chiara Borsellino - Gabriele Marabello

STAMPA 3D: VERSO NUOVI MODI DI PRODURRE

1. Introduzione. – 2. Tecnologie di Additive Manufacturing. – 2.1. Modellazione a deposizione fusa. – 2.2. Stereolitografia. – 2.3. Elaborazione digitale della luce. – 2.4. Sinterizzazione laser / Fusione laser. – 2.5. Getto d'inchiostro: binder jetting. – 2.6. Getto d'inchiostro: material jetting. – 2.7. Laminazione a deposizione selettiva. – 2.8. Fusione a fascio di elettroni (EBM). – 3. Campi di applicazione dell'Additive Manufacturing. – 3.1. Produzione di imbarcazioni. – 3.2. Produzione di abitazioni sostenibili. – 3.3. Aerospaziale e Difesa. – 3.4. Automotive. – 3.5. Medico e Odontoiatrico. – 4. Materiali. – 4.1. Materiali per FDM. – 4.1.1. PLA (acido polilattico). – 4.1.2. ABS (Acrilonitrile Butadiene Stirene). – 4.1.3. PETG (Polietielene Tereftalato Glicole). – 4.1.4. Nylon. – 4.1.5. TPU (Poliuretano termoplastico). – 4.1.6. PVA (Alcol polivinilico). – 4.1.7. HIPS (Polistirene ad alto impatto) – 4.1.8. Materiali compositi fibrorinforzati. – 4.1.9. Filamenti metallici. – 5. Prospettive future.

1. Introduzione

Le tecnologie di Additive Manufacturing (AM), comunemente note come stampa 3D, stanno rivoluzionando il modo in cui i prodotti vengono concepiti, progettati, fabbricati e distribuiti. a differenza dei metodi di produzione tradizionali, basati sulla rimozione di materiale, la formatura o la fusione, l'AM costruisce oggetti aggiungendo strato su strato di materiale solo dove serve, attraverso l'utilizzo di computer e stampanti 3D. Questa tecnologia innovativa offre una vasta gamma di vantaggi, come la riduzione dei tempi di produzione, la personalizzazione dei prodotti, la possibilità di realizzare geometrie complesse e la creazione di prodotti leggeri ma resistenti. Inoltre, la stampa 3D può ridurre i costi di produzione, specialmente per la produzione di piccoli lotti di prodotti. Di seguito, sarà esplorato il mondo della stampa 3D e la sua crescente importanza come tecnologia abilitante in un sistema industriale sempre più sostenibile, resiliente e basato sulla conoscenza, descrivendo le

principali tecnologie di AM disponibili, i materiali più comunemente utilizzati, i campi di applicazione più rilevanti e le prospettive future.

2. Tecnologie di Additive Manufacturing

1. Le tecnologie di additive manufacturing possono essere così catalogate:
2. Modellazione a deposizione fusa (Fused Filament Fabrication – FFF – o Fused Deposition Modeling – FDM);
3. Stereolitografia (SL);
4. Elaborazione digitale della luce (Digital Light Processing – DLP);
5. Sinterizzazione laser / Fusione laser;
6. Getto d'inchiostro: getto di legante (binder jetting);
7. Getto d'inchiostro: getto di materiale (material jetting);
8. Laminazione a deposizione selettiva (Selective Deposits Layer – SDL);
9. Fusione a fascio di elettroni (Electron Beam Melting – EBM).

2.1. Modellazione a deposizione fusa

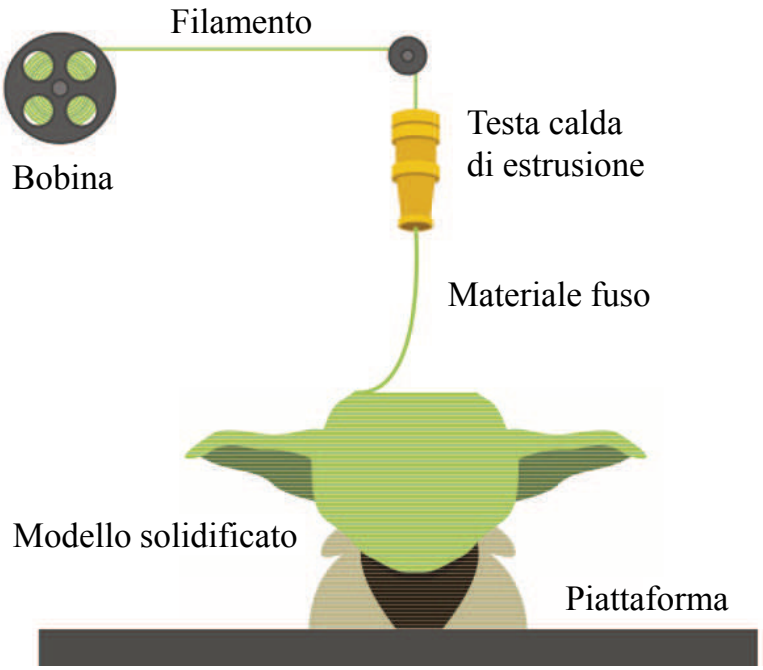


Figura 1. Modellazione a deposizione fusa (fonte: fabacademy.org).

Questo processo è estremamente diffuso nel panorama domestico e nelle piccole e medie imprese, grazie alla sua facilità d'uso e alla possibilità di apportare agevolmente modifiche hardware per aggiornamenti o riparazioni, sia ai componenti fisici della macchina che al suo sistema informatico. Conosciuta come stampa 3D a deposizione fusa, questa tecnologia sfrutta le proprietà di un materiale che si fonde a una temperatura specifica per poi solidificarsi una volta raffreddato, consentendo la costruzione di modelli strato dopo strato. Il termine più diffuso per questa tecnica è Fused Deposition Modeling (FDM), anche se questo è un marchio registrato da Stratasys, l'azienda che l'ha sviluppato. Nel processo, un filamento viene fuso e depositato tramite un estrusore guidato attraverso una zona riscaldata (hot end) con un ugello di diametro generalmente inferiore a 1 mm. L'hot end si muove su una piattaforma di stampa, depositando uno strato alla volta e sovrapponendo gli strati in base ai dati forniti alla stampante. Ogni strato si solidifica e si lega al precedente. I comandi per la macchina vengono trasmessi tramite un codice (GCODE) che interpreta gli input dell'operatore. Sebbene i materiali più comuni per questa tecnologia siano ABS e PLA, esiste una vasta gamma di materiali con varie caratteristiche che saranno approfonditi successivamente.

2.2. Stereolitografia

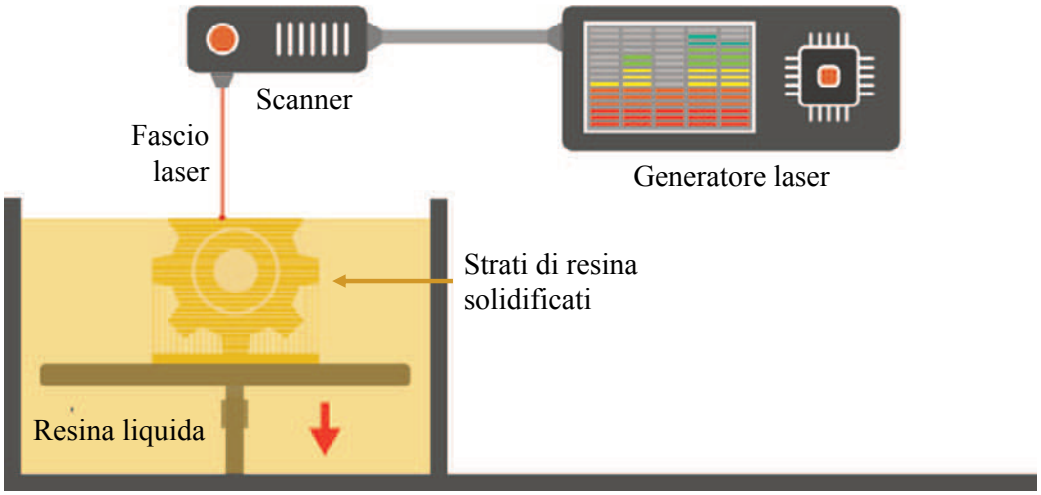


Figura 2. Stereolitografia (fonte: fabacademy.org).

Il metodo di stereolitografia è ritenuto il primo procedimento di manifattura additiva. Le fonti indicano che è stato il primo ad essere messo in commercio. Questa tecnica si basa su un

raggio laser che interagisce con una resina fotopolimerica, la quale solidifica quando il laser la attraversa, creando una struttura tridimensionale. Grazie alle ridotte dimensioni del raggio laser, questo processo permette una solidificazione estremamente precisa della resina, producendo parti con elevata qualità di stampa e finitura superficiale, nonché grande precisione. È un procedimento piuttosto intricato: in termini generali, la resina fotopolimerica è contenuta in un contenitore con una piattaforma mobile lungo l'asse Z del volume di stampa. Il raggio laser viene indirizzato lungo gli assi XY sulla superficie della resina seguendo le istruzioni contenute nel codice GCODE fornito alla macchina. Si verifica quindi un processo di fotopolimerizzazione dove il laser colpisce la superficie, solidificandola. Dopo il completamento di uno strato, la piattaforma mobile si sposta lungo l'asse Z di una piccola frazione di millimetro, determinata dalla risoluzione della macchina, dopodiché il laser procede tracciando lo strato successivo. Questo ciclo continua finché l'intero oggetto non è completato e la piattaforma mobile viene sollevata completamente dalla vasca per estrarre il pezzo. Gli oggetti stampati in 3D con questa tecnologia devono essere puliti e sottoposti a un ulteriore processo di indurimento. La pulizia, ovvero il lavaggio del pezzo (in acqua o in solventi specifici a seconda della resina utilizzata), e l'indurimento avvengono in camere di post-elaborazione appositamente progettate, dotate di LED UV per indurire completamente la resina. La stereolitografia è ampiamente considerata uno dei processi di stampa 3D più precisi, con una finitura superficiale eccellente. Tuttavia, i suoi svantaggi includono i requisiti di post-elaborazione e la stabilità dei materiali nel tempo.

2.3. Elaborazione digitale della luce

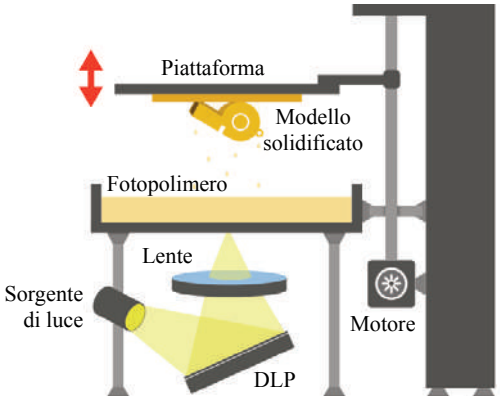


Figura 3. Elaborazione digitale della luce (fonte: fabacademy.org).

Il metodo DLP - acronimo di Digital Light Processing (elaborazione digitale della luce) - rappresenta un approccio affine alla stereolitografia poiché si basa sull'utilizzo di fotopolimeri. Tuttavia, la distinzione principale riguarda la fonte luminosa impiegata. Il DLP adotta una sorgente di luce più tradizionale, come ad esempio una lampada ad arco, associata a un display a cristalli liquidi o a un dispositivo a specchio deformabile (DMD). Questa fonte di luce viene proiettata sull'intera superficie della vasca contenente la resina fotopolimerica in un unico passaggio, conferendo a questa tecnologia una maggiore rapidità rispetto alla SL. Analogamente alla stereolitografia, anche il DLP è in grado di produrre parti estremamente precise con una risoluzione eccellente, tuttavia entrambi i processi richiedono un'ulteriore fase di post-polimerizzazione.

2.4. Sinterizzazione laser / Fusione laser

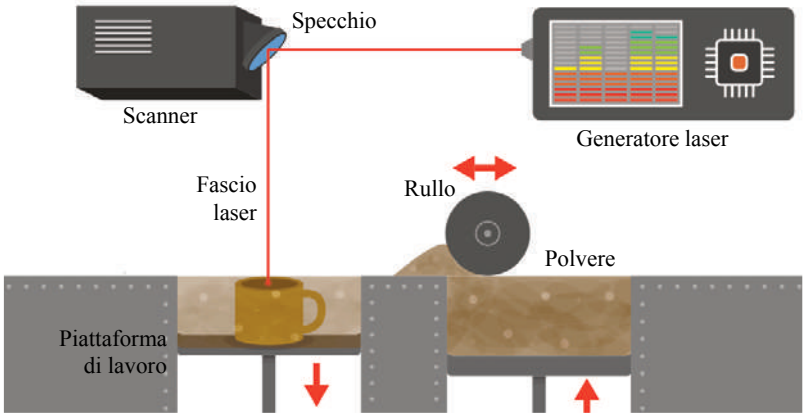


Figura 4. Sinterizzazione laser / Fusione laser (fonte: fabacademy.org).

La sinterizzazione laser e la fusione laser sono sinonimi che indicano lo stesso processo di additive manufacturing. Questo metodo si basa sull'utilizzo di un fascio laser che agisce su materiali polverizzati. Il laser viene direzionato e spostato su un letto composto da materiale in polvere compatto, seguendo le istruzioni del codice GCODE lungo gli assi XY. Quando il laser interagisce con lo strato superficiale della polvere, essa viene sinterizzata o fusa, e le particelle si uniscono per formare uno strato solido. Dopo il completamento di ogni strato, il letto di polvere si sposta lungo l'asse Z, mentre un rullo livella la polvere sulla superficie prima del successivo passaggio del laser per formare e fondere lo strato successivo. La camera di stampa è ermeticamente sigillata allo scopo di mantenere costante la temperatura durante

tutto il processo. Al termine, l'intero letto di stampa viene estratto dalla macchina e la polvere in eccesso può essere rimossa al fine di rimuovere le parti prodotte. Un vantaggio di questo processo è che la polvere compattata funge da supporto per sporgenze e sottosquadri durante la stampa, permettendo la creazione di forme complesse senza la necessità di supporti aggiuntivi. Tuttavia, a causa delle elevate temperature richieste, i tempi di raffreddamento possono essere lunghi. Inoltre, il manufatto finale può presentare porosità, anche se ci sono stati miglioramenti per ottenere oggetti completamente densi. In alcuni casi, è necessario infiltrare un altro materiale per migliorare le proprietà meccaniche. La sinterizzazione laser può trattare materiali plastici e metallici, ma per la sinterizzazione dei metalli è richiesto un laser più potente e temperature di processo più elevate. I componenti prodotti da questo processo sono generalmente più resistenti rispetto a quelli ottenuti tramite stereolitografia o elaborazione digitale della luce, ma la finitura superficiale e la precisione possono essere inferiori.

2.5. Getto d'inchiostro: binder jetting

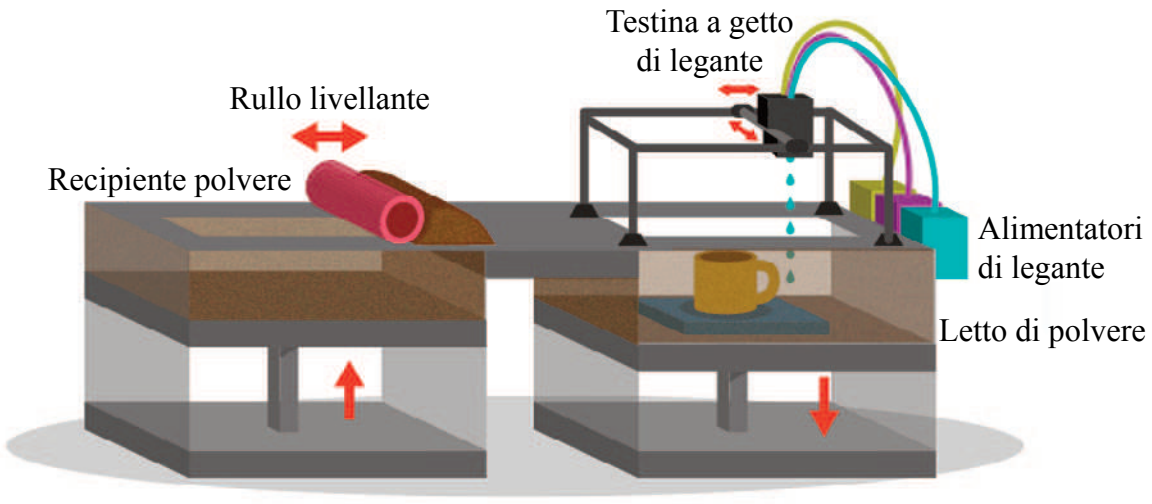


Figura 5. Binder jetting (fonte: fabacademy.org).

Questo processo implica l'utilizzo di una testina che spruzza un materiale legante, simile a una stampante a getto d'inchiostro, depositandolo in modo controllato su un letto di polvere. L'obiettivo è unire le particelle strato dopo strato per creare l'oggetto desiderato. Come altri sistemi basati su letti di polvere, una volta che uno strato è stato creato, il letto di polvere si

abbassa gradualmente lungo l'asse Z e un rullo o una lama livella la polvere sulla superficie prima che la testina del legante passi nuovamente per formare il prossimo strato da unire al precedente. Un vantaggio di questo metodo, simile alla sinterizzazione laser, è che non richiede supporti aggiuntivi poiché il letto di polvere stesso svolge questa funzione. È inoltre possibile utilizzare una vasta gamma di materiali, inclusi i materiali ceramici. Un altro vantaggio distintivo è la facilità di aggiungere una varietà di colori. Tuttavia, le parti prodotte da questo processo non sono così resistenti come quelle ottenute tramite sinterizzazione laser e richiedono una post-elaborazione per garantirne la durabilità.

2.6. Getto d'inchiostro: material jetting

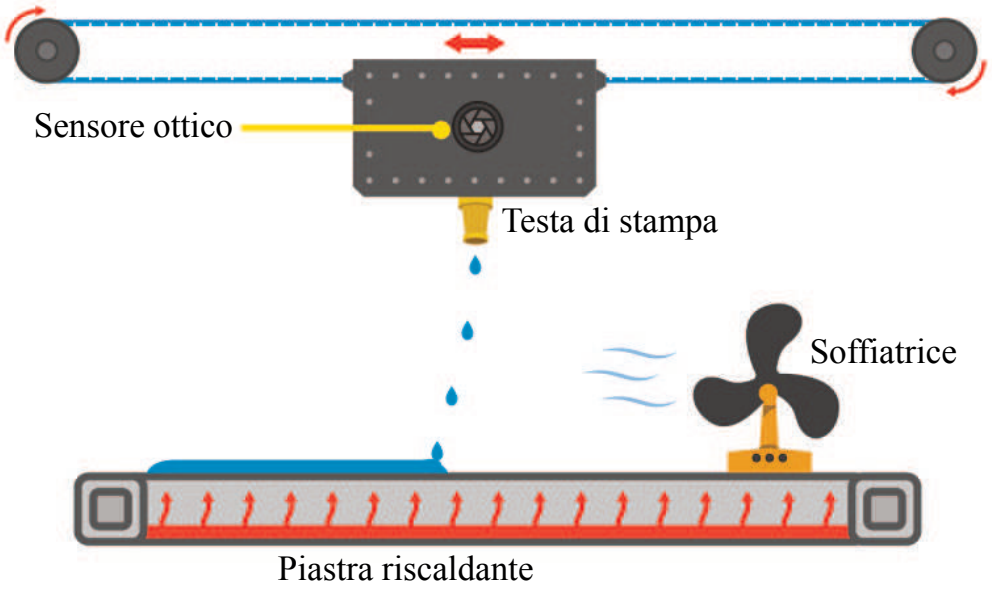


Figura 6. Material jetting (fonte: fabacademy.org).

Questo procedimento comporta il selettivo rilascio di materiali di costruzione effettivi (sotto forma liquida o fusa) attraverso più testine. I materiali utilizzati sono fotopolimeri liquidi che vengono polimerizzati o tramite esposizione a luce UV o mediante riscaldamento durante la deposizione di ogni strato. La natura di questa tecnica permette la deposizione simultanea di una vasta gamma di materiali, consentendo la produzione di una singola parte con caratteristiche e proprietà diverse. Questo metodo risulta estremamente preciso e comporta la produzione di parti di elevata precisione e finitura.

2.7. Laminazione a deposizione selettiva

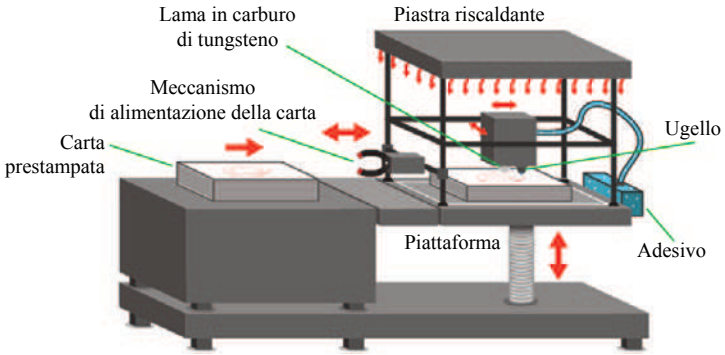


Figura 7. Material jetting (fonte: fabacademy.org).

La laminazione a deposizione selettiva è un processo di manifattura additiva proprietario che è stato commercializzato da Mcor Technologies. Questo processo può essere paragonato al metodo LOM (Laminated Object Manufacturing) ideato da Helisys negli anni '90, principalmente per quanto riguarda la stratificazione e la modellatura della carta per formare l'oggetto finale. Tuttavia, le similitudini terminano qui. Nel processo SDL, le parti vengono create strato dopo strato utilizzando carta standard per fotocopiatrici. Ogni nuovo strato viene unito al precedente mediante un adesivo applicato in modo selettivo in base ai dati forniti alla macchina. Questo significa che viene depositata una quantità significativamente maggiore di adesivo nell'area destinata a diventare la parte finale del prodotto, mentre nell'area circostante, che funge da supporto, viene applicata una quantità di adesivo molto minore. Ciò garantisce una rimozione relativamente semplice del supporto una volta completata la stampa.

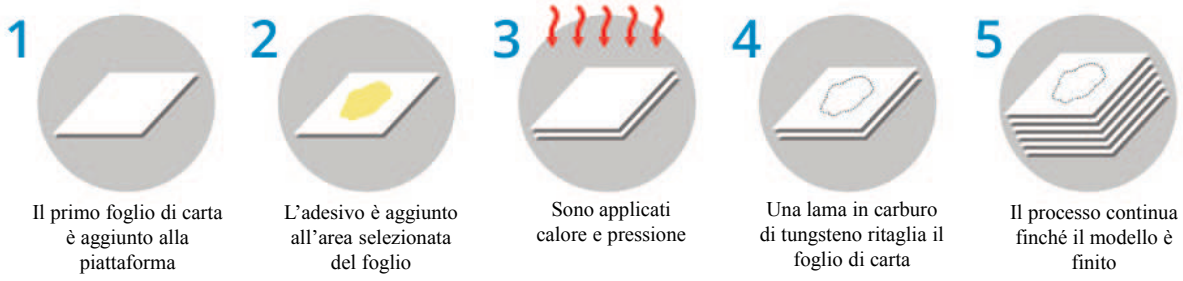


Figura 8. Sequenza delle operazioni (fonte: fabacademy.org).

Dopo l'inserimento di un nuovo foglio di carta nella stampante 3D tramite il meccanismo di alimentazione, il foglio viene posizionato sopra lo strato precedente tramite l'adesivo che è

stato applicato selettivamente. Successivamente, il piano di costruzione viene spostato su una piastra riscaldante e sottoposto a una pressione, garantendo così il legame tra i due fogli di carta. Una volta completata questa fase, la piastra di costruzione ritorna alla posizione di costruzione originale, dove una lama regolabile in carburo di tungsteno taglia un foglio di carta alla volta, seguendo il contorno dell'oggetto per creare i bordi della parte. Una volta completata la sequenza di taglio, la stampante 3D deposita lo strato successivo di adesivo e così via fino al completamento della parte. Un aspetto distintivo del processo SDL è la sua capacità di produrre parti stampate in 3D a colori.

2.8. Fusione a fascio di elettroni (EBM)



Figura 9. Fusione a fascio di elettroni (fonte: fabacademy.org).

Il metodo di stampa dei metalli utilizzato è sostanzialmente simile al processo di sinterizzazione laser diretta dei metalli (DMLS) nel suo approccio alla produzione di parti mediante l'utilizzo di polveri metalliche. Tuttavia, la distinzione principale risiede nella fonte di calore impiegata: anziché un laser, viene utilizzato un fascio di elettroni, come suggerisce l'acronimo EBM (Electron Beam Melting). Questa differenza richiede che l'intero processo avvenga in un ambiente sottovuoto. La tecnologia EBM ha dimostrato di essere in grado di creare parti metalliche dense utilizzando una vasta gamma di leghe, ottenendo un notevole successo soprattutto nell'industria medica per la produzione di impianti. Tuttavia, settori hi-tech come l'aerospaziale e l'automobilistica stanno mostrando un crescente interesse verso questa tecnologia per la produzione di parti ad elevate prestazioni.

3. Campi di applicazione dell'Additive Manufacturing

L'Additive Manufacturing ha una vasta gamma di applicazioni in diversi settori industriali, dalla produzione di parti aerospaziali alla prototipazione rapida, alla produzione di gioielli e molto altro ancora. Di seguito sono elencati alcuni dei principali campi di applicazione.

3.1. Produzione di imbarcazioni

Una delle applicazioni più note dell'AM nella produzione di imbarcazioni riguarda la realizzazione di modelli di scafi per la prototipazione. Grazie alle tecnologie di stampa 3D, è possibile produrre modelli a grandezza naturale di alta precisione, che consentono di verificare le prestazioni del prototipo senza dover costruire uno scafo completo. Inoltre, l'AM viene utilizzato per la produzione di parti di piccole dimensioni come boccaporti, ganci, supporti e staffe, grazie alla capacità di produrre parti complesse in un unico pezzo e con materiali di alta qualità. Questo permette di migliorare l'efficienza del processo produttivo e di ridurre i tempi di produzione. Un altro campo di applicazione dell'AM nella produzione di barche riguarda la realizzazione di parti personalizzate. Ad esempio, la società di costruzioni navali italiana Livrea Yacht ha utilizzato la tecnologia FDM per produrre uno dei suoi yacht, che ha consentito di migliorare le prestazioni e l'estetica della barca. Infine, l'AM sta rivoluzionando la produzione di grandi componenti per le barche, come le eliche, i timoni e i

piani di galleggiamento. Grazie alla tecnologia DMLS, è possibile produrre parti in titanio e altri materiali resistenti alla corrosione e agli agenti atmosferici, riducendo i costi di manutenzione e aumentando la durata delle parti.

3.2. Produzione di abitazioni sostenibili

Al giorno d'oggi, l'idea di stampare case in 3D sta diventando sempre più popolare perché offre numerosi vantaggi rispetto ai metodi tradizionali di costruzione. In primo luogo, la stampa 3D può produrre una casa in poche ore o giorni, rispetto ai metodi di costruzione tradizionali che richiedono settimane o mesi. Ciò significa che le case possono essere costruite molto più rapidamente e a costi inferiori. In secondo luogo, con la stampa 3D, è possibile personalizzare facilmente la casa per soddisfare le specifiche esigenze dei proprietari. Ciò significa che le case possono essere progettate per adattarsi alle diverse forme e ai diversi ambienti. Inoltre, la tecnologia dell'additive manufacturing può ridurre notevolmente gli sprechi di materiali e limitare l'impatto ambientale della costruzione. Le case stampate in 3D possono essere realizzate con materiali sostenibili come il legno, la ceramica, il cemento e la plastica riciclata. La stampa 3D può anche essere utilizzata per costruire case resistenti agli uragani, ai terremoti e ad altre catastrofi naturali, garantendo sicurezza e durabilità nel tempo. Le case stampate in 3D sono anche meno soggette a fessurazioni o crepe che potrebbero presentare problemi di sicurezza a lungo termine. Si denota quindi come la tecnologia dell'additive manufacturing può ridurre notevolmente i costi di produzione delle case. Ciò significa che le case possono essere costruite a prezzi più accessibili per le famiglie a basso reddito e per le comunità in cui l'edilizia abitativa economica è un problema.

3.3. Aerospaziale e Difesa

L'Additive Manufacturing (AM) ha rivoluzionato il settore dell'industria aerospaziale e della difesa, fornendo una soluzione innovativa e flessibile per la produzione di componenti ad alte prestazioni con proprietà meccaniche elevate. Una delle principali ragioni per cui l'AM è diventato un metodo di produzione così importante in questo settore è la sua capacità di produrre componenti leggeri, resistenti e complessi in un'unica soluzione, rispetto ai metodi di produzione tradizionali. La produzione di parti aeronautiche è un'area in cui l'AM è

particolarmente efficace, poiché la leggerezza e la resistenza sono fondamentali per garantire prestazioni ottimali. Grazie all'AM, è possibile produrre componenti strutturali, parti per motori aeronautici, componenti di turbina e molto altro ancora. Ad esempio, la NASA sta testando la tecnologia FDM per produrre parti sulla Stazione Spaziale Internazionale. Questo permette di ridurre i costi e il tempo necessari per l'invio di componenti di ricambio dalla Terra alla stazione spaziale. Inoltre, l'AM consente di ridurre i tempi di sviluppo e produzione dei componenti, migliorando così la rapidità di risposta ai cambiamenti delle esigenze dei clienti. Questo è particolarmente importante in un settore in cui gli standard di sicurezza sono elevati e le richieste di personalizzazione sono frequenti. Garantire il funzionamento e la manutenzione della stazione richiede la costante fornitura di pezzi di ricambio. Per affrontare questa sfida, la NASA ha sviluppato il progetto di stampa 3D in microgravità. Il progetto, condotto presso il NASA Marshall Space Flight Center in collaborazione con partner commerciali, ha inviato la prima stampante 3D nello spazio nel 2014. La stampante, sviluppata da Made in Space, utilizzava un processo di fabbricazione a filamento fuso (FFF). Durante l'indagine sulla stampa 3D in assenza di gravità, sono stati prodotti diversi pezzi che sono stati successivamente analizzati e confrontati con quelli realizzati sulla Terra. I risultati hanno dimostrato che la microgravità non influisce significativamente sul processo di stampa 3D, aprendo così la strada a nuovi sviluppi nel campo dei sistemi logistici per missioni di lunga durata nello spazio[1].

3.4. Automotive

L'Additive Manufacturing (AM) è una tecnologia che sta rivoluzionando la produzione di parti nell'industria automobilistica. Uno dei maggiori vantaggi dell'AM è la possibilità di produrre parti personalizzate e prototipi con una maggiore flessibilità rispetto ai metodi di produzione tradizionali. Grazie alla capacità di creare parti complesse in un unico pezzo, l'AM può ridurre il numero di componenti necessari e migliorare le prestazioni del veicolo. Un esempio di come l'AM stia cambiando il settore automobilistico è l'utilizzo della tecnologia SLM da parte della casa automobilistica Bugatti per produrre parti in titanio per la sua

[1] Tratto da: https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/3d-printing-in-space-long-duration-spaceflight-applications

supercar Chiron. La Selective Laser Melting (SLM) è una tecnica di additive manufacturing che utilizza una sorgente laser per fondere polvere metallica, creando così parti solide e resistenti. Grazie alla SLM, Bugatti è stata in grado di creare parti in titanio di forma complessa e leggere che altrimenti sarebbe stato impossibile realizzare con i metodi di produzione tradizionali. La riduzione del peso dei componenti ha permesso alla Chiron di ottenere prestazioni eccezionali, come una velocità massima in grado di superare i 400 km/h. L'utilizzo dell'AM nella produzione di parti per il settore automobilistico rappresenta un'opportunità unica per migliorare l'efficienza e la sostenibilità della produzione di veicoli. L'AM consente di ridurre il tempo e i costi di produzione, di personalizzare i componenti in modo rapido ed economico e di creare parti con geometrie complesse, migliorando così le prestazioni dei veicoli. La "XEV Yoyo", ad esempio, è una delle poche auto stampate in 3D che sono state commercializzate con successo. Essa è stata sviluppata da XEV in collaborazione con Polymaker, un produttore di filamenti. Escludendo parti come pneumatici, vetri, sedili e telaio, sia l'interno che l'esterno del veicolo sono stampati in 3D. La Yoyo è un'auto molto leggera per la quale viene utilizzata una linea di produzione unica per la stampa 3D che massimizza l'efficienza e le opzioni di personalizzazione durante le operazioni di produzione.

3.5. Medico e Odontoiatrico

L'AM viene utilizzato anche nel settore medico e odontoiatrico per la produzione di protesi, dispositivi medici personalizzati e stampi. L' utilizzo dell'AM in questo campo offre la possibilità di creare prodotti personalizzati e adattati alle esigenze specifiche del paziente, migliorando l'efficacia e la precisione del trattamento. Tuttavia, è importante sottolineare che l'AM nel settore medico e odontoiatrico deve rispettare rigorosi standard di qualità e sicurezza, per garantire la massima affidabilità dei prodotti. Inoltre, è necessario che i materiali utilizzati siano sicuri e biocompatibili, in modo da evitare eventuali reazioni avverse da parte del paziente.

Nel settore odontoiatrico, l'AM viene utilizzato per la produzione di protesi dentarie, stampi per l'ortodonzia, guide chirurgiche e attrezzi. La produzione di protesi dentarie attraverso l'AM offre numerosi vantaggi, come la possibilità di creare protesi con forme e

dimensioni personalizzate, ridurre il tempo di produzione e migliorare la precisione del processo produttivo. Inoltre, l'AM è utilizzato anche nella produzione di dispositivi medici personalizzati come le protesi ossee e le protesi vascolari. La produzione di queste protesi personalizzate è resa possibile dalla capacità dell'AM di produrre componenti con geometrie complesse e di alta precisione, in grado di adattarsi perfettamente alle esigenze specifiche del paziente. Nel campo della chirurgia, l'AM viene utilizzato per la produzione di guide chirurgiche e attrezzi. La produzione di guide chirurgiche personalizzate attraverso l'AM consente di migliorare la precisione del processo chirurgico, ridurre il tempo di intervento e ridurre il rischio di complicazioni. Inoltre, l'AM viene utilizzato per la produzione di attrezzi chirurgici personalizzati, in grado di adattarsi alle esigenze specifiche del chirurgo e migliorare l'efficacia del processo chirurgico. Un altro campo in cui l'AM sta trovando sempre più applicazioni è la produzione di tessuti biologici e organi che consentirebbe di superare i limiti legati alla disponibilità di organi donati e di ridurre il rischio di rigetto dell'organo. Un esempio di applicazione dell'AM nel settore medico è la produzione di protesi su misura per pazienti con lesioni o amputazioni. Grazie all'AM, è possibile produrre protesi personalizzate in modo rapido ed efficiente, riducendo i tempi di attesa. Un altro ambito di applicazione è la produzione di stampi per la realizzazione di protesi o dispositivi medici personalizzati, che garantiscono la massima qualità dei prodotti finali. Infine, l'AM sta diventando sempre più utilizzato anche nella ricerca medica, per la produzione di modelli anatomici e strumenti di simulazione per interventi chirurgici. Grazie all'AM, è possibile produrre modelli 3D di organi o tessuti, che consentono ai medici di studiare e pianificare gli interventi chirurgici in modo più preciso ed efficiente.

4. Materiali

4.1. Materiali per FDM

La stampa FDM (Fused Deposition Modeling) sfrutta un filamento, o in casi meno frequenti, pellet di materiale termoplastico, per la creazione di oggetti tridimensionali. Grazie all'avanzamento della tecnologia additiva, si è assistito a una crescente varietà di materiali disponibili per questo processo. In questa sezione, ci si propone di condurre una breve analisi

delle principali tipologie di materiali utilizzabili nelle macchine FDM attualmente in commercio.

Materiale	Temperatura piattaforma	Temperatura estrusore
PLA	45-60°C	190-200°C
ABS	95-110°C	220-225°C
PETG	75-90°C	230-250°C
Nylon	70-90°C	225-265°C
PVA	45-60°C	185-200°C
HIPS	100-115°C	230-245°C
Filamenti metallici	45-60°C	190-220°C

Tabella 1. Temperature tipiche dei materiali impiegati nel processo di FFF/FDM.

4.1.1. PLA (acido polilattico)

Il PLA è uno dei materiali più diffusi nell'ambito della stampa 3D amatoriale. Si tratta del filamento predefinito per la maggior parte delle stampanti 3D FDM, in quanto può essere estruso a temperature relativamente basse (190-220°C) e non richiede necessariamente un piano di stampa riscaldato, anche se è consigliabile utilizzarlo per ottenere temperature comprese tra i 45 e i 60°C. Il PLA è particolarmente apprezzato per la sua facilità d'uso, il costo contenuto e la versatilità delle parti che produce, adatte a una vasta gamma di applicazioni, specialmente per la prototipazione concettuale. Inoltre, è uno dei filamenti più ecologici disponibili. Ottenuto da fonti rinnovabili come il mais e la canna da zucchero, il PLA è biodegradabile e non emette vapori tossici durante il processo di stampa, rendendolo una scelta sostenibile e sicura per l'ambiente e l'utilizzatore.

4.1.2. ABS (Acrilonitrile Butadiene Stirene)

L'ABS è un materiale noto per la sua resistenza e durabilità contro il calore e gli urti, a differenza del PLA richiede obbligatoriamente un piano di stampa riscaldato. Questo polimero è stato uno dei primi ad essere impiegati nelle stampanti 3D industriali e ancora oggi resta ampiamente utilizzato grazie al suo costo contenuto e alle sue eccellenti proprietà meccaniche. L'ABS si distingue per la sua robustezza e la capacità di resistere agli urti,

permettendo la creazione di parti resistenti che mantengono la loro integrità nel tempo. La temperatura di transizione vetrosa elevata dell'ABS lo rende ideale per applicazioni esterne o soggette a temperature elevate. Tuttavia, è importante stampare con ABS in ambienti ben ventilati poiché il materiale può rilasciare vapori nocivi. Inoltre, durante il processo di raffreddamento, l'ABS tende a contrarsi leggermente, quindi è necessario monitorare attentamente la temperatura della camera di stampa e del pezzo per evitare problemi durante la stampa.

4.1.3. PETG (Polietielene Tereftalato Glicole)

Il PETG è una variante modificata del ben noto "Polietilene Tereftalato" (PET), spesso utilizzato per la produzione di bottiglie d'acqua. Questo materiale presenta una buona resistenza agli urti ed è leggermente più flessibile rispetto ad altri materiali per la stampa 3D, il che lo rende più suscettibile all'usura. Tuttavia, gode di eccellenti proprietà termiche, permettendo un raffreddamento efficiente con una deformazione minima. Caratterizzato da una trasparenza notevole, è compatibile con temperature di stampa relativamente basse ed è resistente all'umidità e agli agenti chimici, oltre ad essere considerato sicuro per il contatto con gli alimenti. Sul mercato esistono diverse varianti di questo materiale, tra cui PETE e PETT.

4.1.4. Nylon

Il Nylon, conosciuto anche come poliammide, è un materiale rinomato per la sua resistenza, durabilità e leggerezza, oltre alla sua notevole robustezza e una leggera flessibilità. Sebbene possieda una buona capacità di resistenza al calore e agli urti, stamparlo su macchinari FDM può risultare particolarmente complesso. I filamenti di nylon generalmente richiedono temperature di estrusione intorno ai 250 °C, sebbene alcuni marchi consentano la stampa a temperature più basse, intorno ai 220 °C, grazie alla loro composizione chimica specifica. Tuttavia, molti modelli di stampanti non sono in grado di raggiungere in sicurezza i 250 °C, pertanto queste versioni con temperature inferiori permettono di evitare la necessità di aggiornare l'hot end. Una delle sfide principali con i filamenti di nylon è la loro igroscopicità, il che significa che assorbono facilmente l'umidità dall'ambiente circostante. La

stampa di nylon che ha assorbito umidità può causare diversi problemi di qualità, rendendo fondamentale una corretta conservazione del filamento e un'attenzione particolare a questo aspetto.

4.1.5. TPU (Poliuretano termoplastico)

Il TPU, o poliuretano termoplastico, unisce la natura termoplastica - che permette di ammorbidirsi al calore per la modellazione - alle caratteristiche dei poliuretani. Questa composizione, con una parte di poliuretano e una di gomma, conferisce al TPU una notevole flessibilità, resistenza all'abrasione e agli urti, e un'elasticità che lo rende in grado di subire grandi deformazioni. Utilizzato ampiamente nel settore sportivo, automobilistico e dell'abbigliamento, nonché per la realizzazione di cover e accessori, il TPU è ideale per oggetti che richiedono una consistenza morbida e gommosa. Inoltre, il TPU respinge agenti chimici come oli, grassi e solventi, ed è idrofobico, quindi non assorbe acqua. Benché atossico una volta stampato e impiegato anche in campo biomedico, resta ancora da chiarire se i vapori emessi durante la stampa possano risultare tossici. Il TPU è inodore, trasparente e facilmente colorabile. Tuttavia, la stampa di filamenti TPU, come per tutti i materiali flessibili, può risultare complessa e richiedere particolare attenzione. Si consiglia di non superare la velocità di stampa di 30mm/sec, mentre la scelta della superficie di stampa può variare a seconda delle esigenze specifiche.

4.1.6. PVA (Alcol polivinilico)

Il PVA, o alcol polivinilico, è comunemente impiegato come materiale di supporto poiché è solubile in acqua. Questo polimero morbido e biodegradabile è estremamente sensibile all'umidità e, una volta esposto all'acqua, si dissolve completamente. Questa caratteristica lo rende un supporto di stampa 3D molto efficace, soprattutto per forme complesse o con cavità parzialmente chiuse. Quando si utilizzano supporti in PVA, possono essere facilmente rimossi immergendo l'oggetto in acqua tiepida, risolvendo così situazioni in cui la rimozione dei supporti standard sarebbe stata problematica.

4.1.7. HIPS (Polistirene ad alto impatto)

Si tratta di un materiale utilizzato per le strutture di sostegno durante il processo di manifattura additiva. Esso risulta solubile ed è comunemente impiegato in concomitanza con l'ABS. Quando utilizzato come sostegno, l'HIPS può essere disciolto nell'd-Limonene, senza lasciare tracce sulla stampa causate della rimozione del supporto. L'HIPS condivide molte delle caratteristiche di stampa dell'ABS, rendendolo un compagno naturale in una stampante con doppio estrusore o con capacità di stampa multimateriale. Oltre ad essere impiegato come supporto, l'HIPS è anche più stabile e leggermente più leggero dell'ABS, facendone una scelta eccellente per parti soggette ad usura o per applicazioni che possono beneficiare della sua leggerezza.

4.1.8. Materiali compositi fibrorinforzati

Sono presenti sul mercato filamenti composti da una certa percentuale di fibre, come ad esempio fibra di carbonio, kevlar e fibre di vetro. Per delineare le caratteristiche comuni di tutti i compositi, è essenziale sottolineare la loro resistenza, supportata da eccellenti proprietà meccaniche che li distinguono dagli altri filamenti per FDM. I componenti realizzati con questi materiali sono estremamente rigidi e dimostrano una notevole capacità di sopportare stress elevati e temperature superiori alla media. Tuttavia, l'uso dei filamenti compositi presenta delle sfide significative, poiché spesso richiede hot end in grado di raggiungere temperature elevate, ugelli in acciaio e comporta una limitazione della velocità di stampa, che deve essere mantenuta entro limiti rigorosi per garantire una corretta estrusione del materiale.

4.1.9. Filamenti metallici

I filamenti metallici includono una polvere fine di metalli come rame, bronzo, ottone e acciaio inossidabile. La quantità di polvere metallica incorporata in ciascun filamento varia a seconda del materiale e del produttore. La presenza di questa polvere conferisce al filamento una densità molto maggiore rispetto alle plastiche standard. Di conseguenza, le parti stampate con PLA arricchito di metallo saranno significativamente più pesanti rispetto a quelle stampate con il normale PLA, nonostante l'impiego delle stesse impostazioni e la stessa quantità di materiale. Inoltre, i filamenti arricchiti di metallo tendono ad essere altamente

abrasivi quando vengono estrusi attraverso l'hot end. Gli ugelli in ottone, per la loro morbidezza, si consumerebbero rapidamente. È necessario ricorrere a ugelli in acciaio o altri materiali resistenti all'usura per garantire un'estrazione efficace di questo tipo di filamento.

5. Prospettive future

1. Vi sono numerose prospettive future per l'AM il cui sviluppo tecnologico risulta molto promettente. Alcuni degli sviluppi più interessanti includono:
2. Materiali avanzati: Uno dei principali ostacoli all'adozione dell'AM in molti settori è la limitata gamma di materiali stampabili. Alcuni dei materiali più comuni utilizzati in AM includono polimeri, metalli e ceramica. Tuttavia, ci sono molte nuove ricerche e sviluppi in corso per creare materiali più avanzati per l'AM, come materiali compositi, leghe metalliche avanzate, biomateriali e nanomateriali. Ad esempio, alcuni ricercatori stanno lavorando alla creazione di materiali termici che possono essere utilizzati in stampanti 3D per produrre parti più resistenti, leggere e termoresistenti.
3. Miglioramento della velocità e della precisione: La velocità di stampa e la precisione sono due delle sfide principali dell'AM. La velocità di stampa è limitata dalla capacità della stampante di spostarsi rapidamente e di posizionare il materiale in modo preciso. La precisione dipende dalla risoluzione della stampante, dalla qualità del materiale e dalle impostazioni della stampante stessa. Ci sono molte nuove tecnologie in sviluppo per migliorare la velocità e la precisione della stampa 3D. Inoltre, la stampa multi-materiale, che consente di utilizzare più materiali contemporaneamente, potrebbe migliorare notevolmente la precisione e la funzionalità delle parti prodotte.
4. Applicazioni personalizzate: L'AM offre un enorme potenziale per la produzione di parti personalizzate. Ci sono molte applicazioni in cui la personalizzazione è fondamentale, come la medicina, l'industria automobilistica, l'industria aerospaziale, l'abbigliamento e la moda. Inoltre, l'AM potrebbe essere utilizzata per produrre parti di ricambio personalizzate per veicoli, macchinari e altri prodotti, riducendo i costi e migliorando l'efficienza.
5. Sostenibilità: L'AM offre un enorme potenziale per migliorare la sostenibilità della produzione. La produzione additiva consente di ridurre il consumo di energia e di

materie prime e di limitare gli sprechi. Inoltre, la capacità di produrre parti localmente può ridurre i costi di trasporto e l'impatto ambientale associato. Ad esempio, la produzione additiva consente di produrre parti con meno scarti rispetto ai processi di produzione tradizionali, e quindi di ridurre l'impatto ambientale complessivo del processo produttivo. Inoltre, la produzione di parti localmente può ridurre la necessità di trasporto di merci. Ci sono anche molte ricerche in corso per sviluppare materiali più sostenibili per l'AM, come la plastica riciclata, i biopolimeri e i materiali biodegradabili. Inoltre, la produzione additiva può ridurre la necessità di mantenere grandi scorte di parti, poiché è possibile produrre rapidamente e in modo flessibile parti su richiesta, limitando così gli sprechi.

Sonia Marrara - Sebastiano Vasi

L'IMPORTANZA DELLA FISICA NELLE CELLE SOLARI PER UN MONDO PIÙ PULITO

1. Introduzione. – 2. Cenni sulla fisica della luce e del Sole. – 3. Celle solari ed effetto fotovoltaico. – 4. Curve caratteristiche e parametri fisici di una cella solare. – 5. Conclusioni e prospettive future.

1. Introduzione

"Prepararsi al futuro" (Rai, 2022): Piero Angela – con la capacità di sintesi e l'abilità di divulgazione che lo contraddistinguevano – non poteva scegliere un titolo più indovinato per la serie di SuperQuark che ha riguardato i suoi ultimi episodi alla conduzione del noto programma televisivo italiano. Tramite queste puntate, Piero Angela ha fornito informazioni sulla ricerca di possibili soluzioni – grazie alla scienza ed alla tecnologia – alle problematiche legate all'emergenza climatica. Infatti, il nostro mondo già da diversi anni è soggetto a fenomeni atmosferici e naturali "estremi", ma soprattutto in tempi recenti questi si verificano sempre più frequentemente, anche in Italia dove si è sempre stati abituati ad avere un clima mite (si pensi al "Medicane", un uragano mediterraneo che ha colpito la Sicilia provocando enormi danni a persone e cose). Ciò è dovuto maggiormente ai *cambiamenti climatici*, cambiamenti a lungo termine delle temperature e dei modelli meteorologici che possono essere di origine naturale e/o dovuti alle attività umane (Unite, 2023). Ad esempio, l'avanzamento delle innovazioni tecnologiche ha permesso di ottenere riscaldamento ed elettricità bruciando combustibili fossili e gasolio/petrolio, però generando e scaricando nell'atmosfera terrestre *emissioni di Gas ad effetto serra*. Tra questi è impossibile non citare la CO_2, conosciuta anche col nome di *anidride carbonica*, ed il *metano*, gas che, accumulandosi nell'atmosfera, agiscono come una sorta di velo che, coprendo la Terra, intrappola il calore e provoca un innalzamento delle temperature. Ovviamente cambiando il mondo in cui viviamo, cambia automaticamente la nostra vita: infatti, il cambiamento climatico può incidere sulla nostra salute, sull'abilità di far crescere il cibo, sulla sicurezza. I cambiamenti climatici, infatti, (i) pongono sfide alla

sicurezza alimentare in quando variazioni di temperatura, umidità, precipitazioni ed eventi metereologici estremi influenzano le pratiche agricole, (ii) possono provocare l'aumento di veicolazione di malattie e la contaminazione di ambienti con microrganismi e specie animali e vegetali invasivi e pericolosi, e così via. Si tratta di un problema di così vasta portata che lo studio e l'analisi sui cambiamenti climatici ha portato alla nascita di un foro scientifico nel 1988, l'IPCC, Il "*Gruppo intergovernativo sul cambiamento climatico*", formato da due organismi delle Nazioni Unite, l'Organizzazione meteorologica mondiale (OMM) e il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente (UNEP). Ogni anno l'IPCC genera un report di sintesi sullo stato dei cambiamenti climatici (IPCC, 2023). Come detto anche da Piero Angela nelle puntate sopra citate si è alla ricerca di possibili soluzioni ed azioni principali che prevedono il taglio delle emissioni di gas serra: questo può avvenire solo con un profondo rinnovamento del sistema energetico ed il passaggio *alle energie verdi e pulite come quelle rinnovabili*, energie inesauribili che si rigenerano automaticamente in natura. Tra queste Sole, vento, acqua ed il calore della terra permettono di produrre energie rinnovabili per generare elettricità e contemporaneamente abbassare il livello di gas serra. In particolare, molti sforzi si stanno facendo per sfruttare il più possibile l'energia solare (PVEducation, s.d.)– considerata la madre di tutte le energie in quanto il Sole è il motore principale di quasi tutte le forme di energia e di vita sul nostro pianeta – per convertirla e produrre grandi quantità di altri tipi di energia utili, come quella elettrica, mediante l'uso di opportune tecnologie chiamate *celle solari* (Enel Green Power, s.d.). Ovviamente, parlando di energia non si può fare a meno di parlare di *fisica*, la scienza che studia e descrive i fenomeni naturali riproducendoli – se possibile – mediante esperimenti e/o mediante ricerche che prevedono lo sviluppo di teorie matematiche e di simulazioni attraverso cui fare predizioni. La fisica ha giocato, gioca e giocherà un ruolo fondamentale nello studio dell'energia solare, della luce e dei fenomeni di conversione dell'energia da una forma all'altra mediante l'uso delle celle solari.

2. Cenni sulla fisica della luce e del Sole

Piero Angela introduce il concetto di *luce* definendolo come

<<uno dei fenomeni più complicati da capire di cui per secoli si sono interrogati scienziati e pensatori e solo da circa un centinaio di anni se n'è capito a fondo il funzionamento>>.

La luce è una radiazione elettromagnetica[1] che si propaga nel vuoto alla *velocità della luce* – circa 300000 km/s, una costante fisica universale indipendente dal sistema di riferimento utilizzato e la velocità massima a cui può viaggiare qualsiasi informazione nell'universo – ed è considerata come quell'insieme di tutti i *colori* dell'arcobaleno che l'essere umano percepisce con la vista (*luce visibile*). Generalmente, si considerava che essa venisse emessa da corpi *incandescenti*, oggetti cioè portati ad elevate temperature che irraggiano radiazione elettromagnetica – basti pensare alla lampadina ad incandescenza. Un *corpo nero* è un oggetto che è in grado di assorbire tutte le radiazioni elettromagnetiche in entrata (assorbitore ideale) ed emettere radiazioni (emettitore ideale) ad ogni frequenza. Una nota importante della storia della fisica è che il modello di luce come pura onda elettromagnetica entra in crisi (*la crisi della fisica classica*) proprio nell'esperimento in cui si provò a studiare l'emissione e l'assorbimento della luce da oggetti riscaldati, ed in particolare da un corpo che potesse essere modellizzato come corpo nero. Questa discrepanza è stata risolta nel 1900 e 1905 e valse successivamente due premi Nobel a Planck e ad Einstein. Planck propose che l'energia totale della luce è fatta di elementi di energia indistinguibili (*i quanti di energia*), mentre Einstein distinse questi elementi mentre studiava *l'effetto fotoelettrico* – il rilascio di elettroni da certi metalli e semiconduttori quando colpiti dalla luce. I loro lavori furono la base che portò a vedere la luce come composta da pacchetti di energia, i *fotoni* (PVEducation, s.d.).

Tra i corpi incandescenti per eccellenza c'è proprio il *Sole*, stella madre del sistema solare che si comporta come un corpo nero caratterizzato dall'avere una temperatura di ben 5500 gradi centigradi (°C) che gli conferisce un colore bianco estremamente intenso – che però può apparire giallo-arancione a causa della diffusione luminosa nell'atmosfera terrestre. Il Sole genera una grande quantità di energia dovuta alla trasformazione dell'idrogeno che viene emessa nello spazio sottoforma di radiazioni elettromagnetiche – *radiazione solare* (PVEducation, s.d.) –, specialmente come luce visibile, UV ed infrarossi, con una irradianza – il flusso energetico a unità di area di una superficie irradiante oppure illuminata – di circa

[1] La radiazione elettromagnetica è un insieme di *onde elettromagnetiche*, onde periodiche costituite da un campo elettrico e magnetico che oscillano perpendicolarmente tra loro ed a cui vengono associate grandezza fisiche come lunghezza d'onda – la distanza tra due massimi o due minimi dell'onda periodica – e frequenza – numero totale di oscillazioni in un'unità di tempo.

1365 W/m^2. La radiazione solare, comunque, si disperde a causa di fenomeni di assorbimento e di scattering con le molecole presenti nell'atmosfera terrestre e non tutta l'energia trasportata dai fotoni luminosi provenienti dal Sole viene raccolta quando arriva sulla Terra. A tal riguardo, lo stesso Piero Angela fa un esempio molto semplice, ma come sempre chiarificante:

<< Se mettiamo un accendino sotto il palmo della mano subito sentiamo scottare, se invece esponiamo anche per un intero giorno la mano al Sole, non succede niente>>.

Questo avviene proprio perché la radiazione solare è molto diffusa e non è semplice accumulare quantità significative di energia solare per avere una conversione efficace in altre forme di energia come quella elettrica. Ad ogni modo, l'energia dal Sole che arriva sulla superficie terrestre in un anno è circa $1.51 \cdot 10^{+17}$ kWh, una quantità di energia trasportata elevatissima – teoricamente il Sole da solo potrebbe fornire quasi 1000 volte l'energia di cui abbiamo bisogno attualmente nel mondo. Sulla base di questi ragionamenti, oggi però le cose stanno migliorando ed il *fotovoltaico* sta diventando la fonte di energia pulita rinnovabile ed a basse emissioni forse più diffusa in quanto ha il più ampio margine di riduzione dei costi e di aumento dell'efficienza della tecnologia che permette di convertire la luce solare in elettricità conosciuta col nome di *cella solare*.

3. Celle solari ed effetto fotovoltaico

La *cella solare* o *cella fotovoltaica* è l'elemento di base costituente i *moduli fotovoltaici*, noti anche come *pannelli solari* – che si realizzano ponendo in serie/parallelo tra loro diverse celle solari – che sfrutta *materiali semiconduttori* e converte l'energia della luce solare incidente in elettricità tramite l'*effetto fotovoltaico* – anche per questo le celle solari prendono anche il nome di celle fotovoltaiche (PVEducation, s.d.). Il termine "fotovoltaico" è composto da due parole:

- *foto*: luce, o meglio luce solare;
- *voltaico*: da Alessandro Volta, inventore del primo generatore elettrico.

L'effetto fotovoltaico è dunque il fenomeno per cui la radiazione solare (composta da fotoni di determinata lunghezza d'onda) provoca l'aumento di energia degli elettroni, facendoli contribuire alla conduzione elettrica e generando così energia elettrica (PVEducation, s.d.).

La ricerca attualmente si concentra molto sui materiali usati e sulle strutture delle celle fotovoltaiche perché possono fare la differenza in termini di efficienza energetica (PVEducation, s.d.). Attualmente, il *silicio* è il materiale più usato per le celle solari. Tali celle possono essere di singoli cristalli di silicio – che hanno un'efficienza e durabilità elevate, circa 25 anni – o policristallini – che sono solitamente più economici dell'altro tipo e funzionano meglio ad alte temperature, ma non hanno sicuramente la stessa efficienza. Le *celle solari a film sottile* sono realizzate depositando uno o più layer di materiale fotovoltaico su un materiale di supporto come vetro, solitamente sono prodotte ad un costo più basso di quelle di silicio, ma non hanno la stessa efficienza o durata. Ci sono diversi tipi di celle di film sottili, attualmente le più diffuse sono quelle di tellururio di cadmio, ma stanno prendendo piede materiali e tecnologie emergenti come le celle solari alla perovskite e le celle solari organiche di composti ricchi di carbonio. Le prime hanno un'efficienza simile a quelle del silicio ma una durevolezza più bassa, mentre le seconde sono meno efficienti. Le celle solari in perovskite offrono un'elevata efficienza a basso costo, premessa indispensabile per poter nel prossimo futuro sostituire i combustibili fossili, gli attuali pannelli convertono in elettricità tra il 15 e il 20% dell'energia della luce solare catturata – con un singolo strato di perovskite si è raggiunta un'efficienza record del 25,6%. Negli ultimi anni, molto impegno è stato rivolto dagli scienziati nello studio delle potenzialità dell'uso di materiali 2D (bidimensionali) per migliorare le prestazioni di celle solari, materiali considerati ultrasottili e possibilmente flessibili (Bellani, et al., 2021). Tra questi, oltre a materiali come la già citata perovskite, si possono citare i dicalcogenuri dei metalli di transizione (detti TMD), una famiglia di materiali che hanno anche il vantaggio di avere stabilità e affidabilità a lungo termine, dell'assenza di sostanze chimiche tossiche e della biocompatibilità. Altre celle solari sono quelle sensibilizzate con colorante (o *celle gratzel*) che sono basate su un semiconduttore di diossido di titanio ed uno strato di colorante, posto tra un anodo fotosensibile, un contro-elettrodo ed un elettrolita. Queste sono celle con una buona resa, ma si degradano nel tempo sotto la luce del sole. Attualmente tali tipi di celle si realizzano anche *bifacciali* combinando il contro-elettrodo con TiO_2 sensibilizzato con colorante (Barichello, et al., 2022). Quest'ultime sfruttano anche la luce solari che non viene assorbita dal primo strato di TiO_2 e colorante ed hanno un'efficienza maggiore.

Da quanto detto finora si evince quanto importante sia lo studio dei materiali e soprattutto dei processi che riguardano la loro sintesi (produzione) e la caratterizzazione delle loro proprietà fisiche (proprietà elettriche, ottiche, ecc.). Innumerevoli sono le tecniche utili per questi scopi, qua di seguito descriveremo le curve caratteristiche ed i parametri fisici di base che caratterizzano una cella solare (PVEducation, s.d.).

4. Curve caratteristiche e parametri fisici di una cella solare

L'effetto fotovoltaico, quando una cella solare è connessa ad un conduttore esterno per formare un circuito chiuso, permette di generare una *tensione V* e quindi un flusso di elettroni – *corrente elettrica I* – che si mantiene finché la cella è esposta alla luce. Mettendo in relazione queste due grandezze fisiche, si può ricavare la *curva caratteristica I-V* di una particolare cella solare (PVEducation, s.d.). Dal prodotto tra intensità di corrente e tensione si ricava la *potenza elettrica P* erogata dalla cella che, riportata in un grafico al variare della tensione, permette di ricavare la *curva caratteristica P-V* (PVEducation, s.d.). Tali curve, mostrate insieme in figura 1, forniscono una descrizione dettagliata delle abilità di una cella solare di convertire radiazione solare in elettricità. Quindi, avere informazioni su queste curve è fondamentale per conoscere le performance di una cella solare e la sua efficienza solare, come vedremo meglio a breve.

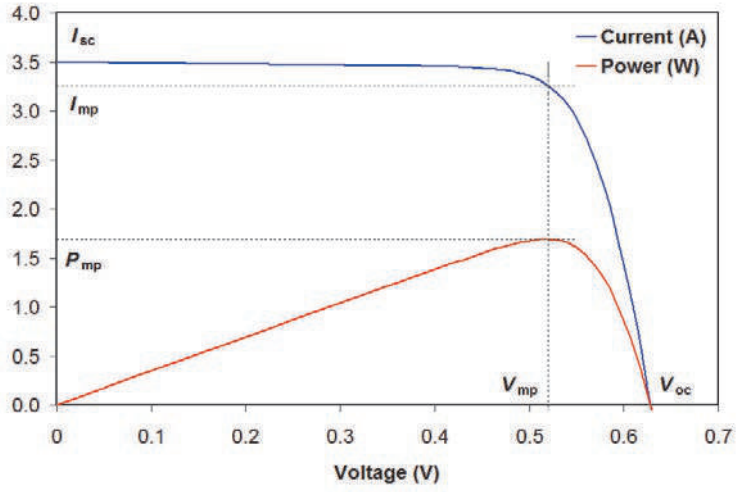


Figura 1 Grafico che riporta in blu la curva I-V con intensità di corrente (Current) al variare della tensione (Voltage) ed in rosso la curva P-V con potenza (Power) ala variare della tensione (Voltage) di una cella solare. Questa immagine ha licenza Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Le celle fotovoltaiche producono una corrente continua e diretta: i raggi solari colpiscono le celle e stimolano il passaggio di elettroni, creando corrente. Siccome gli elettroni fluiscono tutti nella stessa direzione la corrente è diretta. Se si visiona attentamente la figura 1, è possibile notare la presenza di termini che rappresentano alcuni dei *parametri fisici caratteristici* della cella solare studiata (PVEducation, s.d.). Tali parametri sono solitamente forniti dai produttori, ma nella maggior parte dei casi, i ricercatori che studiano materiali e strutture delle celle solari hanno necessità di calcolare tali parametri perché si ha come obiettivo principale il calcolo finale dell'*efficienza* della cella solare. Di seguito, viene riportato un elenco dei principali parametri:

- Quando ci troviamo in condizione di circuito aperto (nessun carico sulla cella solare) abbiamo corrente nulla e tensione massima (V_{oc}). Si misura in V o mV e tale valore dipende solitamente dalla tecnologia della cella, dalla temperatura e dal numero di celle collegate.

- Quando i connettori della cella solare sono cortocircuitati abbiamo tensione nulla e corrente massima (I_{sc}). È misurata in A o mA. Dipende dal materiale (area, proprietà ottiche, …) e dalla raccolta e generazione di portatori generati dalla luce all'interno del semiconduttore, quindi anche dal numero di fotoni incidenti.

- La potenza prodotta aumenta con la tensione, fino a raggiungere un massimo e poi decresce nuovamente. Il valore di potenza massima (indicato in figura col nome P_{mp}) è facilmente ricavabile dal picco della curva P-V ed è collegato al punto in cui la potenza fornita dalla cella solare è al massimo valore quando connessa al carico. È solitamente misurato in watts o peak watts. Il prodotto tra il valore di corrente nel punto di massimo (I_{mp}) ed il valore di tensione nel punto di massimo (V_{mp}) fornisce l'area sottesa dal punto di massimo rispetto all'origine.

- Il *fill factor FF* (*fattore di riempimento*) rappresenta il rapporto tra la potenza massima fornita dalla cella sotto normali condizioni di funzionamento ed il prodotto tra V_{oc} e I_{sc}. È solitamente compreso tra 0.7 e 0.8, e più è vicino all'unità (al valore 1) più sarà la potenza che la cella produrrà.

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

- L'*efficienza* in percentuale è il parametro più comunemente usato per confrontare le caratteristiche di una cella solare con un'altra, e rappresenta il rapporto tra la potenza massima elettrica che la cella può produrre rispetto alla potenza in ingresso per unità di area (irradianza solare, Irr_{in}) per l'area della cella solare stessa. Più è alta questa percentuale più sarà migliore la conversione di energia solare in energia elettrica. Come abbiamo già detto tale valore cambia a seconda della tipologia di cella solare usata, dalla temperatura a cui si trova e dall'intensità della luce solare.

$$\%eff = \frac{P_{max}}{Irr_{in} \cdot Area} \cdot 100 = \frac{V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF}{Irr_{in} \cdot Area} \cdot 100$$

Questi valori sono forniti dal produttore e solitamente calcolati alle condizioni di test standard (STC) che corrispondono ad una radiazione solare di 1000W/m^2 e temperatura di operazione della cella a 25°C. Questi valori corrispondono all'irraggiamento ed allo spettro della luce solare in una giornata limpida su una superficie inclinata di 37° esposta al Sole con il Sole ad un angolo di circa 42° sopra l'orizzonte. L'inclinazione del Sole, e quindi la direzione dei raggi luminosi, acquista importanza e ciò è dovuto all'interazione della radiazione solare con l'atmosfera terrestre ed alla relativa perdita della potenza irradiata dei fasci luminosi: difatti si è soliti indicare con il *coefficiente di massa d'aria* (AM) anche l'angolo che il sole forma rispetto alla Terra tra la sua posizione allo zenit (perfettamente verticale) alla posizione in cui si effettua la misura. In condizioni STC, una massa d'aria pari a 1.5 ($AM1.5$) è considerata universalmente come il valore di riferimento al quale si effettuano le caratterizzazioni di pannelli solari sulla superficie terrestre.

5. Conclusioni e prospettive future

Negli ultimi anni sono stati compiuti molti sforzi e progressi significativi per garantire un futuro sempre più ecosostenibile in cui la fisica delle energie rinnovabili gioca un ruolo cruciale. In questo contesto i pannelli fotovoltaici forniscono energia pulita sfruttando la potenza dei raggi del sole: grazie ad essi è possibile produrre energia elettrica da fonti rinnovabili in modo pulito. In questo contributo, riprendendo concetti di cui Piero Angela ha recentemente discusso in alcuni dei suoi ultimi episodi alla conduzione di SuperQuark nella serie di puntate chiamata "Prepararsi al futuro", abbiamo esteso la discussione ai fondamenti

fisici ed alle tecnologie usate per convertire questo tipo di energia in altre forme di energia utili. Con riferimento a queste tecnologie, sono state presentate le celle solari, i tipi di materiali usati e le loro caratteristiche, ed i parametri e le curve caratteristiche utili a descriverle. Il campo della ricerca della fisica dei materiali e dell'energia è uno dei più attuali e sempre più all'avanguardia. In particolare, si cerca di realizzare dispositivi fotovoltaici sempre più efficienti e con caratteristiche adattabili all'ambiente di utilizzo. All'Università degli Studi di Messina abbiamo realizzato un dispositivo a basso costo e facilmente trasportabile basato su tecnologia Open-Source (programmazione in Python), sensori e piccolissimi computer a scheda singola per la misura dei parametri caratteristici di celle solari, e si stanno realizzando/revisionando apparati strumentali per la misura e caratterizzazione di altre proprietà e quantità fisiche su diverse tipologie di materiali, con particolare attenzione ai materiali 2D. La ricerca sta via via crescendo sempre di più in questo campo e le prospettive sul migliorare i materiali già studiati e scoprire materiali sempre più innovativi è sicuramente rosea.

Vorremmo concludere questo contributo con un riferimento ad un pensiero che lo stesso Piero Angela e Bruno Bozzetto – maestro dell'animazione italiana – hanno sviluppato all'interno di una delle puntate di "Prepararsi al futuro":

P. Angela: «Non so se lo avete notato, ma tutte le forme di energia di cui abbiamo parlato […] hanno tutte una cosa in comune: sono *invenzioni*! Invenzioni che permettono di produrre movimento, elettricità e di far girare milioni di ruote, ovunque, cosa mai esistita e in passato. Queste energie, in altre parole, non escono dal sottosuolo, non sono ricchezze naturali, ma escono dalla nostra intelligenza… ed è una buona notizia: perché vuol dire che c'è sempre la possibilità di inventare qualcosa di buono o di migliorare qualcosa di vecchio; a condizione però di investire molto in ricerca e di farlo tempestivamente. […]».

B. Bozzetto: «[…] i giacimenti più ricchi sono in realtà quelli cerebrali che consistono nella capacità di inventare strumenti e attrezzi e usarli nel modo giusto, a nostro vantaggio. Ciò significa non solo costruire macchine, ma anche capire la complessità che esse provocano. Tutto ciò richiede una capacità crescente di gestire i sistemi complessi e quindi una capacità culturale di capire i problemi posti dalla tecnologia al nostro tempo, e di saperli risolvere

tempestivamente. In altre parole, dobbiamo essere in grado di meritare la tecnologia di cui disponiamo».

Investire e credere nella ricerca scientifica e sfruttare al meglio le tecnologie che abbiamo a disposizione, anche per dimostrare di meritarle: questo dovrebbe portare tutti a riflettere e a stimolarci a fare sempre di più per il nostro pianeta e, di conseguenza, anche per noi stessi.

6. Bibliografia

Barichello, J., Gullace, Sara, Cusimano, A., Di Marco, G., Matteocci, F., & Calogero, G. (2022). A Photoelectrochemical Study of Hybrid Organic and Donor—Acceptor Dyes as Sensitizers for Dye-Sensitized Solar Cells. *Appl. Sci.*, 13.

Bellani, S., Bartolotta, A., Agresti, A., Calogero, G., Grancini, G., Di Carlo, A., . . . Bonaccorso, F. (2021). Solution-processed two-dimensional materials for next-generation photovoltaics. *Chem. Soc. Rev.*, 96.

Enel Green Power. (s.d.). Tratto da Cella Fotovoltaica: https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/energia-solare/cella-fotovoltaica

IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report - Climate Change 2023*. https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/

PVEducation. (s.d.). https://www.pveducation.org/

Rai. (2022). *SuperQuark*. Prepararsi al futuro: https://www.raiplay.it/programmi/superquark-prepararsialfuturo

Unite, N. (2023). *Che cosa sono i cambiamenti climatici?* Tratto da https://unric.org/it/che-cosa-sono-i-cambiamenti-climatici/

Sviluppo sostenibile, navigazione e tutela dell'ecosistema marino

Vincenzo Crupi - Gabriella Epasto - Pasqualino Corigliano - Giulia Palomba
(Con il contributo di: Gioele Baia, Gabriele Barraco, Giuseppe Brando, Giovanni Briguglio, Gabriele Cama, Fabio Distefano, Marco Pavan, Antonio Piras, Daniele Rizzo, Guido Rotondo, Simone Scattareggia Marchese, Angelica Sparacino)

L'Università di Messina alla Monaco Energy Boat Challenge: sostenibilità e innovazione per la nautica del futuro

1. Il team MEB: da Messina a Montecarlo per la sostenibilità. – 2. Il team MEB: organizzazione, comunicazione e sponsor. – 3. L'imbarcazione del team MEB: cockpit e materiali. – 4. L'imbarcazione del team MEB: sistema di propulsione. – 5. La competizione MEBC 2023.

1. Il team MEB: da Messina a Montecarlo per la sostenibilità

Il team Messina Energy Boat (MEB) è formato da studenti, dottorandi, assegnisti, ricercatori e docenti dell'Università degli Studi di Messina, accomunati dalla passione per la sostenibilità e l'innovazione. La sfida che il team ha deciso di affrontare è quella di realizzare un'imbarcazione sostenibile che utilizzi fonti di energia pulita per promuovere la riduzione dell'impatto ambientale nell'industria marittima.

Il primo traguardo che si è posto il team MEB è stato quello di essere ammessi a partecipare alla Monaco Energy Boat Challenge (MEBC) 2023, una competizione internazionale organizzata dallo Yacht Club di Monaco in collaborazione con la Fondazione Principe Alberto II, per promuovere e supportare l'utilizzo di soluzioni sostenibili nella nautica. L'obiettivo della competizione è quello di sostenere la ricerca e lo sviluppo di tecnologie innovative nel settore della navigazione sostenibile e di incentivare gli studenti ed i professionisti del settore navale ad utilizzare le fonti di energia rinnovabile. La Monaco Energy Boat Challenge fa parte della più ampia serie di iniziative denominata "Monaco, Capital of Advanced Yachting", avviato dallo Yacht Club di Monaco per consolidare la posizione del Principato come centro di eccellenza internazionale della nautica a impatto zero.

Il team MEB ha un obiettivo ambizioso che va oltre la semplice partecipazione alla competizione: vuole diventare il motore principale nella promozione di scelte responsabili per il trasporto marittimo, diventando un punto di riferimento per la città di Messina e non solo. Le attività del team, a partire dalla sua costituzione nel settembre 2022, sono infatti volte anche al coinvolgimento nel progetto di appassionati, aziende, enti pubblici e scuole.

2. Il team MEB: organizzazione, comunicazione e sponsor

Il buon funzionamento di una squadra non può prescindere da una solida organizzazione, che, nel caso del team MEB, si ispira al mondo dei team da corsa. La squadra è pertanto suddivisa in diversi gruppi di lavoro, riportati in Figura 1, ciascuno con competenze differenti e guidato da un responsabile, che si interfaccia con il coordinamento generale e con gli altri gruppi.

Per lo svolgimento del proprio lavoro, i gruppi di lavoro e l'intera squadra hanno a disposizione degli spazi dedicati all'interno del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Messina, dove sono presenti anche i laboratori necessari all'assemblaggio e al testing dell'imbarcazione

Un'attività importante del team è quella relativa alla comunicazione e al marketing. Grazie ad una costante ed estesa campagna di comunicazione principalmente basata sull'utilizzo dei social network, raggiungibili dal QR code riportato in Figura 2, il team ha acquisito sempre maggiore visibilità, requisito fondamentale per attrarre sponsor e collaboratori, il cui supporto è indispensabile per il successo del progetto.

Il team MEB è supportato dal main sponsor BlueStone (www.bluestone-group.com), che ha creduto nel progetto sin dalla sua nascita. Gli altri sponsor che hanno supportato la squadra sono: Aicon Yachts, Altair, Ansys, Assonautica Messina, Autorità di Sistema Portuale dello Stretto, Cantine Tornatore, Caronte & Tourist, Circolo del Tennis e della Vela, CMB green energy, F.I.S.A., Huracan Power, Nebiolo Ht, NTET S.p.A., Ocean & Cables, Punch, Siemens, Signo Motus, Sistemi Antincendio srl.



Figura 1 Organizzazione team MEB.

Figura 10 Link alle pagine social del team MEB.

La strategia di comunicazione del team prevede anche la più ampia partecipazione possibile ad eventi locali e non, indirizzati soprattutto ai giovani, alla ricerca e al mondo della nautica.

3. L'imbarcazione del team MEB: cockpit e materiali

Come previsto dal regolamento della competizione, l'Organizzazione della MEBC fornisce alle squadre partecipanti all'Energy Class lo stesso scafo (Figura 3), che è quello di un catamarano, con peso di circa 60 kg, lunghezza fuori tutto di 5 m e larghezza di 2.5 m.

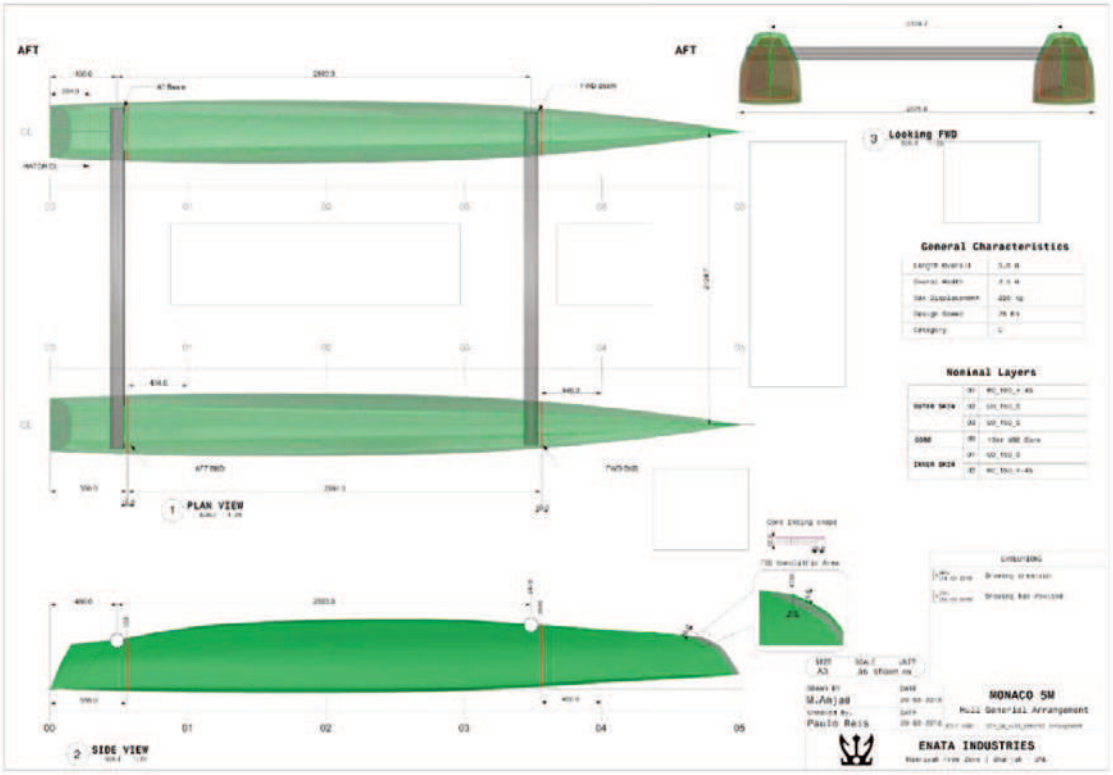


Figura 3 Scafo fornito dall'Organizzazione della competizione alle squadre della Energy Class.

Alle squadre è richiesta la progettazione del sistema di propulsione e del cockpit, con tutte le componenti richieste per l'assemblaggio dell'imbarcazione e dei suoi sistemi.

I principi su cui si è basata la progettazione del cockpit e di tutti i componenti strutturali per l'imbarcazione del team MEB, sono i seguenti:

- utilizzo di materiali e strutture leggere,
- uso di materiali altamente riciclabili e/o riciclati,
- valorizzazione delle risorse locali,
- sviluppo e promozione del know-how dei membri del team e dei collaboratori.

In base ai criteri elencati, la soluzione strutturale proposta per il cockpit si basa su un telaio tubolare in lega di alluminio AA6060, mostrato in Figura 4, che combina leggerezza, resistenza meccanica e sostenibilità dei materiali.

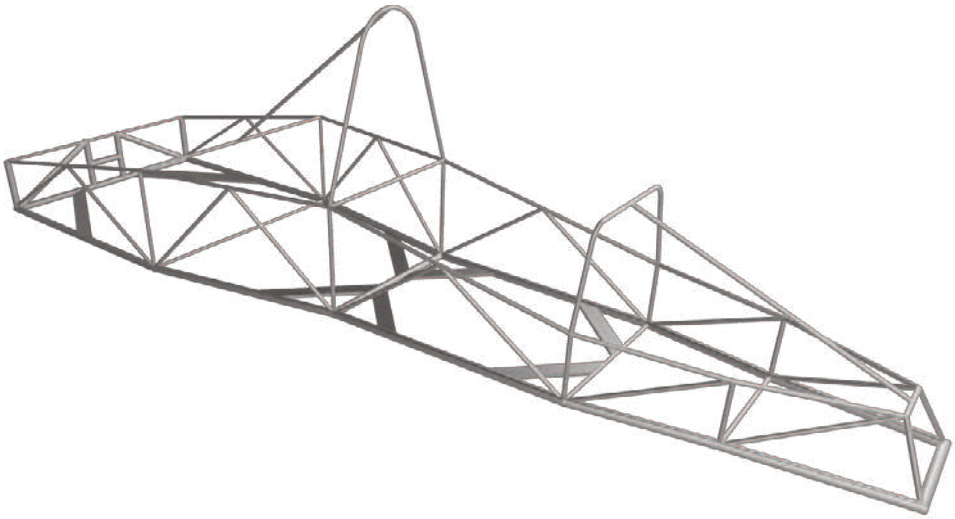


Figura 4 Telaio del cockpit progettato per l'imbarcazione del team MEB.

La progettazione del telaio tubolare in alluminio ha avuto due obiettivi principali: garantire una risposta meccanica adeguata alle condizioni di carico previste e ridurre il peso. La progettazione strutturale è stata pertanto supportata da analisi numeriche, che hanno permesso di selezionare, mediante un processo iterativo, una configurazione ottimale, minimizzando i costi, riducendo i tempi e rispettando i vincoli di fattibilità.

La copertura esterna è stata invece realizzata con tessuti sostenibili e riciclati. I membri del team, i fornitori locali e gli sponsor sono stati coinvolti nella produzione del cockpit e della sua copertura, al fine di promuovere una combinazione di innovazione, tradizione e sostenibilità.

Il collegamento del cockpit allo scafo è stato assicurato da elementi di collegamento completamente personalizzati, realizzati con tecniche di additive manufacturing (AM), frutto della collaborazione tra il team MEB e l'azienda messinese Signo Motus. L'utilizzo di una tecnologia AM innovativa, che consente la contemporanea deposizione di fibre e matrice, come mostrato in Figura 5, ha consentito di progettare e realizzare degli elementi di collegamento leggeri e resistenti. Inoltre, i materiali scelti, ovvero PETG per la matrice e fibre di basalto per il rinforzo, rispettano l'idea di sostenibilità del progetto, vista la loro buona riciclabilità e il relativo basso impatto ambientale.

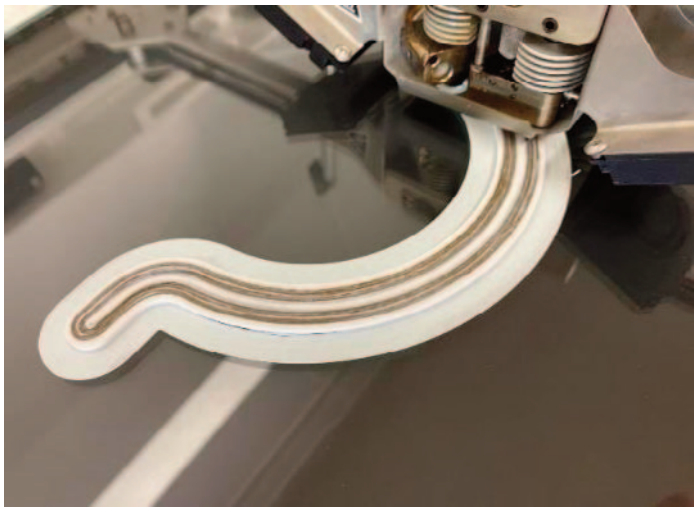


Figura 5 Elementi di collegamento realizzati tramite tecnologia innovativa AM presso la Signo Motus.

4. L'imbarcazione del team MEB: sistema di propulsione

La propulsione scelta per l'imbarcazione del team MEB consiste in un pacco batterie agli ioni di litio da 9.4 kWh che alimenta un motore trifase da 15 kW di potenza. Il pacco batterie contiene un BMS integrato con la possibilità di comunicare con dispositivi Android tramite un sistema bluetooth per trasmettere dati importanti come temperatura, corrente e tensione. Il pacco batterie dispone di adeguati sistemi di protezione dalle sovracorrenti (fusibili) ed una serie di allarmi e blocchi di sicurezza legati alle temperature critiche di funzionamento. A bordo è presente anche una batteria al litio che alimenta i servizi di bordo come il controller del motore ed il display, che mostra le temperature sia dell'elettronica di bordo che del motore. La batteria servizi è ricaricata da una coppia di pannelli fotovoltaici da 100 W abbinati al relativo MPPT che ottimizza il funzionamento della stringa di bordo. Questo dispositivo permette anche di ricaricare i tablet di bordo che consentono il monitoraggio delle grandezze caratteristiche delle due batterie al litio. Il team ha realizzato, inoltre, un circuito elettrico che funge da auto-ritenuta per incrementare la sicurezza a bordo dell'imbarcazione nei momenti di spegnimento ed accensione del motore.

In Figura è riportato il sistema di propulsione ed in Figura 7 l'imbarcazione Scirocco48 (lo Scirocco è il vento prevalente a Messina, 1548 è l'anno di fondazione dell'Ateneo peloritano) del team MEB.

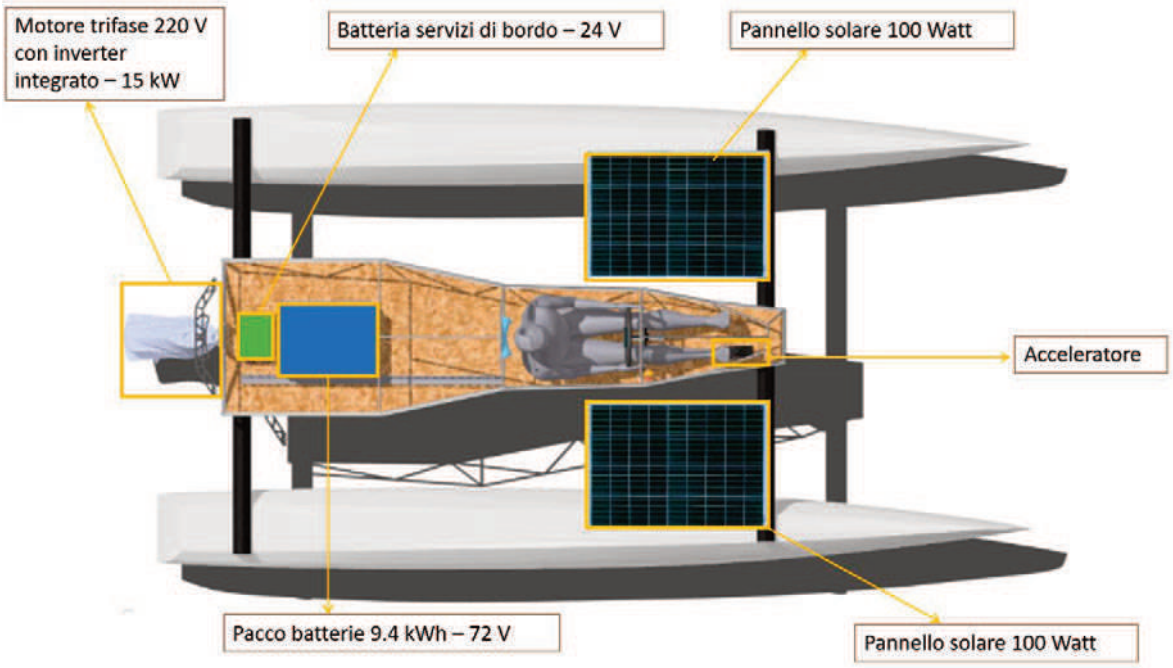


Figura 6 Sistema di propulsione.



Figura 7 – Imbarcazione Scirocco48 allo Yacht Club de Monaco

5. La competizione MEBC 2023

La competizione Monaco Energy Boat Challenge si tiene ogni anno e attira squadre di giovani studenti ed esperti di tutto il mondo che condividono la stessa passione per le tecnologie a basso impatto ambientale.

La competizione prevede tre diverse categorie:

- **Energy Class, una competizione in cui lo Yacht Club di Monaco fornisce lo stesso scafo a tutti i team partecipanti, che devono progettare e realizzare il cockpit ed il sistema di propulsione dell'imbarcazione, utilizzando solo fonti di energia a zero emissioni;**
- **Solar Class, la classica sfida tra imbarcazioni alimentate a energia solare, che esiste sin dalla prima edizione della Monaco Energy Boat Challenge tenutasi nel 2014;**
- **Open Sea Class, una gara aperta principalmente agli espositori della marina dello Yacht Club di Monaco ed alle imbarcazioni con motore elettrico in procinto di entrare nel mercato. Si tratta di una prova di endurance pensata per mettere in risalto l'autonomia delle imbarcazioni, facendole gareggiare lungo un percorso di circa 30 chilometri da Ventimiglia al Principato di Monaco.**

Il team MEB ha gareggiato nell'ambito dell'Energy Class, che prevede tre gare:

- **l'Endurance Race, che consiste nel testare l'autonomia dell'imbarcazione in quattro ore lungo un percorso chiuso di 3 miglia nautiche percorrendo il maggior numero di percorsi possibili;**
- **la Slalom Race, una gara di manovrabilità in cui le imbarcazioni si sfidano lungo un percorso a slalom tra le boe da percorrere nel minor tempo possibile;**
- **la Championship Race, un torneo composto da sfide tra due imbarcazioni rivali, che gareggiano lungo un percorso stabilito ed i vincitori di ciascuna gara si sfidano tra loro.**

Il team MEB ha partecipato alla decima edizione della Monaco Energy Boat Challenge, che si è svolta nei giorni 5-8 luglio 2023 presso lo Yacht Club di Monaco.

Messina Energy Boat è stato il primo team proveniente da un Ateneo del centro/sud Italia ad essere ammesso a partecipare a questa prestigiosa competizione internazionale.

Dopo aver superato le ispezioni tecniche, il team MEB ha partecipato alla Endurance Race (Figura 811), alla Slalom Race (Figura a) ed alla Championship Race (Figura 9b), ottenendo dei buoni piazzamenti nelle classifiche delle varie prove e classificandosi in settima posizione nella classifica generale (Figura). Un ottimo risultato tenendo conto che il team era alla sua prima partecipazione.



Figura 811 Imbarcazione MEB nella Endurance Race



(a) (b)

Figura 9 Imbarcazione MEB nello Salom Race (a) e nella Championship Race

In Figura è riportata la classifica generale della competizione MEBC 2023.



						Endurance (points x 2)		Slalom		Championship		Total
RANK	H2	Team	Bow	Boat Name	Country	Rank 1	Points 1	Rank 2	Points 2	Rank 3	Points 3	Points
1	x	UniBoAT	1	UniBoAT	ITA	1	400	2	300	2	300	1400
2		Oceanos NTUA	9	Oceanos	GRE	4	169	1	400	1	400	1138
3		UniGe Elettra	7	Elettra	ITA	2	300	3	225	3	225	1050
4		Adria Energy Class Boat	13	AECB	CRO	3	225	5	127	5	127	704
5		Sailing Tigers	15	Saiger	UAE	6	95	4	169	7	71	430
6	x	Sea Sakthi	4	TSS	IND	5	127	8	53	6	95	402
7		Messina Energy Boat	12	MEB	ITA	7	71	6	95	11	22	255
8		Caiman ENSTA	6	ENSTA	FRA	11	22	9	40	4	169	253
9		HydroVinci	11	HydroVinci	FRA	8	53	12	17	9	40	163
10	x	Técnico Solar Boat	16	TSB	POR	9	40	11	22	8	53	155
11		WaterSea TU Berlin	8	WaterSea	GER	12	17	7	71	13	13	118
12	x	Néréides - UTT Marine	5	Néréides	FRA	10	30	10	30	12	17	107
13	x	SBM OFFSHORE E-RACING TEAM	10	E-Racing Team	MON	12	17	13	17	10	30	81

Figura 10 Classifica Generale Energy Class.

Il team MEB ha partecipato anche al tech talk tenutosi all'interno della sala convegni dello Yacht Club di Monaco, esponendo tutte le innovazioni tecnologiche presenti a bordo dell'imbarcazione. Il tech talk offre la possibilità a tutti i team di esporre in maniera esplicativa le caratteristiche tecniche e le innovazioni dell'imbarcazione. Nell'ultima parte del tech talk vi è anche un periodo di tempo dedicato alle domande o alle curiosità del pubblico presente.



Figura 11 Tech Talk Team MEB

Il team di MEB (Figura), dopo questa esperienza, sta già lavorando per migliorare le prestazioni della propria imbarcazione, in vista della prossima edizione.



Figura 12 Team MEB durante la competizione MEBC 2023

Iolanda Borzì

ORIGINI E PROSPETTIVE FUTURE DEL CONTROLLO DEL TRAFFICO MARITTIMO.

1. Origine e sviluppo del *Vessel Traffic Service*. – 2. Il VTS nella normativa internazionale, europea e nazionale. – 3. Verso un monitoraggio globale del traffico marittimo? – 4. Conclusioni.

1. Origine e sviluppo del *Vessel Traffic Service*

La storia della navigazione marittima ha avuto inizio sin dagli albori della civiltà[1] e per migliaia di anni i nostri progenitori navigarono liberamente nei mari e negli oceani, perfezionando sempre di più le tecniche costruttive delle imbarcazioni e la loro capacità di orientarsi sfruttando i riferimenti ambientali ed astronomici.

Con il passare del tempo, il grado di evoluzione tecnologica raggiunto in questi due ambiti ha consentito di impiegare navi sempre più veloci e affidabili, nonché di affinare la capacità di individuare la posizione dell'imbarcazione, contribuendo in maniera essenziale all'incremento dei traffici marittimi, verificatosi in maniera costante fino ai giorni nostri[2].

Un momento fondamentale per lo sviluppo del settore dei trasporti marittimi è rappresentato dalla nascita del controllo del traffico marittimo, avvenuto solo in epoca contemporanea, ossia dopo la Seconda Guerra Mondiale, allorquando si pensò di combinare la tecnologia radar sviluppata in ambito bellico con la comunicazione via radio per individuare in tempo reale la posizione delle navi e fornire assistenza all'equipaggio a bordo,

[1] Si pensa che alcune specie precedenti all'*Homo sapiens* fossero già in grado di muoversi in acqua utilizzando delle zattere primitive per attraversare piccoli stretti o le rive opposte di un fiume, ma furono le antiche civiltà del Mediterraneo, come gli egizi e i fenici, a sviluppare una vera e propria capacità di navigare utilizzando imbarcazioni in grado di solcare i mari.

[2] Attualmente, la maggior parte delle merci per peso scambiate a livello globale vengono trasportate via mare. Secondo il *Review of Maritime Transport* pubblicato nel 2021 della Conferenza delle Nazioni Unite sul Commercio e lo Sviluppo (United Nations Conference on Trade and Development o UNCTAD) la percentuale si aggira attorno all'80%, per un totale di circa il 60% del valore economico del commercio globale.

in modo da garantire l'accesso alle infrastrutture portuali anche in condizioni di scarsa visibilità[3].

I primi centri VTS (*Vessel Traffic Service*) furono istituiti nel 1948 nell'isola di Man e nel porto di Liverpool e a questi fece seguito la creazione di numerose altre infrastrutture analoghe prima in Europa e negli Stati Uniti e poi in Giappone, fino alla loro attuale diffusione in tutto il globo.

L'evoluzione tecnologica nel settore degli equipaggiamenti di bordo ha, poi, consentito di aumentare progressivamente l'efficacia dei servizi di controllo del traffico marittimo attraverso l'integrazione dei sistemi ubicati a terra con quelli di ausilio alla navigazione installati sulle navi ed, in particolare, con il sistema automatico di identificazione AIS (*Automatic Identification System*)[4], che costituisce un dispositivo radio operante in banda VHF in grado di ricevere e trasmettere in modalità *broadcast*[5] informazioni su una nave e il suo carico, nonché sulla sua posizione, rotta e velocità[6].

Ideato con finalità anticollisione, il sistema AIS consente, pertanto, di individuare e localizzare le imbarcazioni, permettendo di distinguere le unità navali in viaggio regolare da quelle che potrebbero rappresentare un pericolo per la sicurezza della navigazione o per l'ambiente. L'utilità di tale dispositivo risiede nella sua capacità di interagire con altri apparati, consentendo lo scambio di dati (*ship to ship* o *ship to shore*) con le altre navi nelle vicinanze, con i centri VTS e con gli aeromobili[7].

[3] Pellegrino F., *Il controllo del traffico marittimo: i servizi di VTS*, in Rizzo M.P., Ingratoci C. (a cura di), *Sicurezza e libertà nell'esercizio della navigazione*, Milano, 2014, 378; La Torre U., *Osservazioni in tema di VTS nella prospettiva evolutiva*, in *Riv. dir. nav.*, 2020, fasc. 2, 847.

[4] Sul tema, Comenale Pinto M.M., Spera G., *Profili giuridici dell'Automatic Identification System*, in Tranquilli Leali R., Rosafio E.G. (a cura di), *Sicurezza, navigazione e trasporto*, 2008, Milano; Russo C., *Il sistema automatico di identificazione delle navi: A.I.S.*, in *AP Argomenti*, Dicembre 2009, n. 3, 29 ss..

[5] In informatica, si definisce *broadcast* l'invio della stessa informazione contemporaneamente a tutti gli utenti della rete cui si è collegati.

[6] L'acquisizione dei dati avviene tramite il sistema GNSS (*Global Navigation Satellite System*) che fa ricorso alla rete GPS.

[7] Romagnoli A., *I sistemi di controllo, di monitoraggio e di identificazione del traffico marittimo: aspetti normativi e profili di responsabilità*, in *Dir. mar.*, 2017, 412 ss.; Russo C., *VTS, AIS e altri sistemi di monitoraggio*, in Pellegrino F. (a cura di) *Sviluppo sostenibile dei trasporti marittimi nel Mediterraneo*, 2013, Napoli. Per una disamina del funzionamento dell'AIS anche in rapporto al VTS, v. Salamone L., *Caso "Concordia": ruolo dell'Autorità marittima e profili giuridici connessi all'impiego dei sistemi di controllo del traffico marittimo*, in *Riv. dir. nav.*, 2013, fasc. 1, 287 ss..

L'impiego delle tecnologie sopra menzionate, nonché di sensori, telecamere, radiogoniometri e altri strumenti di comunicazione tra l'infrastruttura a terra e l'unità navale, permette ai centri VTS di disporre di tutti i dati relativi al traffico navale in una determinata area marina e di poter fornire al ponte di comando ogni indicazione utile a ridurre il rischio di incidenti e disastri ambientali causati dallo sversamento di sostanze inquinanti[8].

Un efficace sistema di controllo del traffico marittimo risulta, dunque, fondamentale per implementare i livelli di sicurezza della navigazione[9] e di tutela dell'ambiente marino e, proprio per questo, nel corso degli anni la materia è stata oggetto di numerosi interventi normativi a livello internazionale, europeo e nazionale[10].

2. Il VTS nella normativa internazionale, europea e nazionale

In ambito internazionale, la prima definizione di *Vessel Traffic Service* è stata fornita da una risoluzione adottata nel 1985 dall'IMO (*International Maritime Organization*)[11], che lo ha qualificato come servizio «*gestito da una competente autorità per migliorare la sicurezza e l'efficienza del traffico e proteggere l'ambiente marino*», incoraggiandone l'integrazione con gli

[8] Romagnoli A., *op. cit.*, 402.

[9] In questo contesto, la locuzione sicurezza della navigazione deve essere riferita sia alla nozione di *safety* - intesa come prevenzione del rischio del verificarsi di un sinistro determinato da cause accidentali e dei conseguenti danni alle persone e/o all'ambiente marino - che a quella di *security* - intesa come prevenzione degli atti di interferenza illecita intenzionali, che, infine, al più moderno concetto di sviluppo sostenibile. Sul tema, Mancuso G., Romana N. (a cura di), *La sicurezza della navigazione. Profili di diritto interno, comunitario ed internazionale*, Palermo, 2006; Pellegrino F., *Sviluppo sostenibile dei trasporti marittimi nel Mediterraneo*, in Pellegrino F. (a cura di), *Sviluppo sostenibile dei trasporti marittimi nel Mediterraneo*, Napoli, 2013, 13 ss.; Pescatore G., *Problemi giuridici attuali della sicurezza della navigazione*, in *Riv. dir. nav.*, 1963, fasc. 1, 165 ss.; Righetti G., *Sicurezza della navigazione marittima*, in *Noviss. dig. it.*, XVII, Torino, 1967, 291 ss.; Tellarini G., *La normativa adottata in sede IMO in materia di security marittima*, in *Dir. mar.*, 2003, 1102 ss.; Turco Bulgherini E., *Sicurezza della navigazione*, in *Enc. dir.*, XLII, Milano, 1990, 461 ss.; Vermiglio G., *Le diverse accezioni giuridiche della sicurezza*, in Marino A., Pellegrino F., Rizzo M.P., Vermiglio G. (a cura di), *Sicurezza nei porti: nuovi scenari. Incontro di studio Master "Sviluppo sostenibile dei trasporti nel Mediterraneo", Messina 25 novembre 2006*, Villa San Giovanni, 2007, 31 ss.; Viglietta P., Papi E., *Safety e Security: aspetti evolutivi della sicurezza marittima*, in *Dir. trasp.*, 2005, 117 ss.

[10] Sul tema, Comenale Pinto M., *VTS: aspetti dell'organizzazione e della responsabilità*, in Bevilacqua S., Romana N. (a cura di), *La marittimità in Sicilia*, Napoli, 215 ss.; Grigoli M., *Introduzione al nuovo volto del diritto della navigazione*, Torino, 1995, 117 ss.; Pellegrino F., *Sicurezza e controllo del traffico marittimo: profili normativi*, in Pellegrino F. (A cura di), *VI Giornata nazionale della sicurezza in mare, atti del convegno di Messina, 6 giugno 2004*, Villa San Giovanni, 2005,15 ss..

[11] Risoluzione A.578(14) del 20.11.1985 (*Guidelines for Vessel Traffic Service*).

schemi di separazione del traffico al fine di ripartire l'area portuale in rotte opposte per le navi in entrata e uscita, riducendo ulteriormente il rischio di collisioni[12].

A tale risoluzione, che si limitava a delineare la nozione di VTS, ha fatto seguito la risoluzione A.857 del 1997[13], con la quale venivano meglio individuati gli obiettivi e le caratteristiche del servizio, raccomandandone l'istituzione nelle aree portuali e in quelle ad alta densità di traffico, caratterizzate da movimenti di merci pericolose e/o da particolare difficoltà di navigazione, traffico congestionato o pericoli per l'ambiente marino.

Tali linee guida, sostituite in tempi recenti a seguito dell'approvazione della risoluzione A.1158 del 2021[14], distinguevano un VTS portuale da un VTS costiero, destinati, rispettivamente, ad operare con un traffico navale da e verso un porto ovvero con un traffico di navi che attraversano l'area, senza, tuttavia, escludere una combinazione tra i due. Inoltre, la risoluzione del 1997 individuava tre tipologie di servizi, caratterizzati da un crescente «*grado di influenza VTS/nave*»[15], ossia:

- un *Information Service* (INS), avente ad oggetto la trasmissione di informazioni, a intervalli regolari o quando ritenuto necessario o su richiesta della nave, relative alla posizione, identità e intenzioni del traffico, condizioni meteo o condizioni di navigabilità, ai pericoli e a tutti gli altri fattori che possono influenzare il transito della nave.
- un *Navigational Assistance Service* (NAS), considerato particolarmente importante in caso di condizioni meteorologiche avverse o in ogni altra ipotesi di difficoltà di navigazione e descritto come un servizio, da fornire su richiesta della nave o quando ritenuto necessario, consistente nella comunicazione di direttive sulla rotta e sulla velocità da tenere, nonché di avvertimenti volti a prevenire collisioni o incagli.
- un *Traffic Organization Service* (TOS), definito come servizio in grado di ricomprendere la pianificazione preventiva e la gestione operativa dei movimenti della nave, con assegnazione di spazio, rotte da seguire e velocità da tenere e con obbligo di fare rapporto sugli spostamenti dell'unità navale, con la specificazione che le istruzioni fornite dal centro VTS

[12] Pellegrino F., *Il controllo cit.*, 384.
[13] Risoluzione A.857(20) del 27.11.1997 (*Guidelines for Vessel Traffic Service*).
[14] Risoluzione A.1158(32) del 15.12.2021 (*Guidelines for Vessel Traffic Service*).
[15] La Torre U., *op. cit.*, 852.

dovrebbero essere orientate solo al risultato, in modo da lasciare al comandante[16] ed al pilota[17] le decisioni afferenti alle modalità esecutive.

In merito, va detto che la novità più rilevante delle nuove linee guida risiede proprio nel superamento della distinzione tra VTS portuale e VTS costiero, nonché tra servizi INS, NAS e TOS, ormai intesi come una prestazione unitaria. Si tratta di una semplificazione apprezzabile, essendo in grado di favorire una maggiore uniformità delle procedure ed evitare pericolosi equivoci nella comunicazione tra operatori a terra e ponte di comando.

Oltre che nei predetti documenti di *soft law*, la materia è trattata nel Capitolo V (*Safety of Navigation*) dalla Convenzione SOLAS (*Safety of Life at Sea*) del 1974[18], che impone agli Stati di provvedere all'introduzione del sistema VTS laddove il volume di traffico o le condizioni di rischio lo giustifichino, prevedendo la possibilità di renderlo obbligatorio in zone ricomprese nel mare territoriale, senza pregiudizio alcuno dei diritti e doveri nascenti dalla normativa internazionale o dai regimi giuridici degli stretti e nel rispetto delle linee guida fissate dall'IMO[19].

Per quanto riguarda la normativa europea, il primo intervento in tema di VTS risale alla direttiva 93/75/CE[20], la quale si limitava a imporre alle navi addette al trasporto di merci

[16] Al comandante spetta, infatti, ogni decisione sulla direzione della manovra e della navigazione; principio, questo, universalmente riconosciuto e trasfuso nell'art. 295 cod. nav.. Sul tema, La Torre U., *Comando e comandante nell'esercizio della navigazione*, Napoli 1997, 68 ss.; Id., *Equipaggio, comando e determinazione della rotta nella navigazione marittima*, in *Riv. dir. nav.*, 2013, fasc. 1, 95 ss..

[17] Il codice della navigazione prevede che il servizio di pilotaggio può essere istituito nei porti e negli altri luoghi di approdo o transito delle navi, laddove ne è riconosciuta la necessità al fine di garantire la sicurezza della navigazione (art. 86 c.n.). Tale servizio può essere reso obbligatorio o meramente facoltativo. Sulle interrelazioni esistenti tra VTS, pilotaggio e comandante della nave, v. Marino A., *Oggetto dei servizi VTS e servizi di pilotaggio*, in *Riv. dir. nav.*, 2021, fasc. 2, 735 ss..

[18] Generalmente considerata la più importante convenzione in tema di salvaguardia della vita umana in mare, la Convenzione internazionale per la sicurezza della vita umana in mare (*International Convention for the Safety of Life at Sea*) è stata sottoscritta a Londra l'1 novembre 1974, è entrata in vigore il 25 maggio 1980 ed è stata ratificata dall'Italia con l. n. 313 del 23 maggio 1980. Per un commento sulla convenzione, v. Camarda G., *L'evoluzione della normativa internazionale, comunitaria e nazionale vigente in materia di sicurezza della navigazione e prevenzione dell'inquinamento marino*, in *Riv. giur. amb.*, 2001, 699 ss.; Righetti G., *Trattato di diritto marittimo*, III, Milano, 1994, 1938 ss.; Rizzo A., *Sicurezza della vita umana in mare*, in *Giureta - Rivista di Diritto dell'Economia, dei Trasporti e dell'Ambiente*, Vol. IX 2011, 395 ss.; Leanza U., *La sicurezza marittima nell'ordinamento internazionale e nell'ordinamento italiano*, in *Nuovi saggi di diritto del Mare*, Torino, 1988, 277 ss..

[19] *Regulation* 12.

[20] Direttiva 93/75/CEE del Consiglio del 13 settembre 1993 relativa alle condizioni minime necessarie per le navi dirette a porti marittimi della Comunità o che ne escono e che trasportano merci pericolose o inquinanti, in *G.U.C.E.*, n. L 247 del 05.10.1993.

pericolose o inquinanti, dirette a porti della Comunità o provenienti da tali scali, di avvalersi dei servizi locali di monitoraggio del traffico marittimo, ove disponibili.

Con la successiva direttiva 2002/59/CE[21] (rientrante nel «Pacchetto Erika II»)[22] è stato istituito un sistema di monitoraggio del traffico navale e di informazione per le navi di stazza pari o superiore a 300 tonnellate, a prescindere dalla tipologia di merci trasportate[23], prevedendo la possibilità di rendere il VTS obbligatorio per tutte le unità navali che accedono alle acque territoriali degli Stati membri, a prescindere dalla loro nazionalità.

Con riferimento alle aree coperte da VTS in acque internazionali, la direttiva in esame ha previsto la possibilità di imporre il rispetto delle regole stabilite dai singoli Stati membri solo alle navi battenti bandiera di uno Stato membro o dirette a un porto della Comunità[24], introducendo, altresì, l'obbligo per le navi costruite successivamente al luglio 2002 di dotarsi di un sistema automatico di identificazione AIS e di registratori dei dati di viaggio o «scatole nere» (sistemi VDR), che facilitano le indagini in caso di incidenti.

[21] Direttiva 2002/59/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 giugno 2022 relativa all'istituzione di un sistema comunitario di monitoraggio del traffico navale e d'informazione e che abroga la direttiva 93/75/CEE del Consiglio, in *G.U.C.E.*, n. L 208/10 del 05.08.2002.

[22] A seguito del disastro ambientale provocato dalla superpetroliera *Erika*, che il 12 dicembre 1999 si spezzò in due tronconi a 40 miglia al largo della costa bretone, sversando 10.000 tonnellate di olio pensante, la Commissione europea emanò una Comunicazione (COM 2000 142 del 06.12.2000) a cui fecero seguito tre pacchetti di misure, denominati Erika I (comprendente il Reg. (CE) n. 2099/2002 istitutivo di un comitato per la sicurezza marittima e la prevenzione dell'inquinamento provocato dalle navi e la Direttiva 2000/59/CE relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico), Erika II (comprendente, oltre alla direttiva indicata nella precedente nota, il Reg. (CE) n. 1406/2002 istitutivo dell'Agenzia europea per la sicurezza marittima (EMSA) ed Erika III (comprendente il Reg. (CE) n. 392/2009 relativo alla responsabilità dei vettori che trasportano passeggeri via mare in caso di incidente e la Direttiva 2009/17/CE di modifica della sopra richiamata Direttiva 2002/59/CE).

[23] Con l'esclusione delle navi da guerra e di Stato oppure da questo esercitate ed utilizzate per un servizio pubblico non commerciale, delle navi da pesca, delle navi tradizionali e delle imbarcazioni da diporto di lunghezza inferiore a 45 metri e dei bunker fino a 5000 tonnellate.

[24] In particolare, l'art. 8 della direttiva dispone che ogni Stato membro provveda all'attività di monitoraggio adottando tutte le misure necessarie affinché: a) tutte le navi che entrano nelle acque territoriali di uno Stato membro in cui è operativo un servizio VTS ne rispettino le regole, a prescindere da quale sia la loro nazionalità; b) tutte le navi battenti bandiera di uno Stato membro o dirette verso un porto di uno Stato membro che entrano in un'area coperta da VTS ne rispettino le regole anche al di fuori del mare territoriale; c) tutte le navi battenti bandiera di uno Stato terzo e non dirette verso un porto comunitario, che entrano in un'area coperta da VTS in acque internazionali, si attengano alle relative regole, per quanto possibile, con conseguente segnalazione allo Stato di bandiera di qualsiasi grave violazione delle stesse.

Tale direttiva è stata, poi, modificata dalla direttiva 2009/17/CE[25] (rientrante nel «Pacchetto Erika III») e dalla direttiva 2011/15/UE[26].

Sul piano del diritto interno, l'istituzione del VTS si deve al D.M. del 28.01.2004 del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti[27], emanato in attuazione della l. n. 51/2001[28], con l'intento dichiarato «*di incrementare la sicurezza e l'efficienza del traffico marittimo, di favorire l'intervento delle autorità in caso di incidente o in presenza di situazioni potenzialmente pericolose in mare, comprese le operazioni di ricerca e soccorso, e di fornire un ausilio per migliorare la prevenzione e l'individuazione dell'inquinamento causato dalle navi*» (art. 2).

Con tale D.M. è stata ribadita la distinzione dei servizi VTS nelle tre tipologie che, all'epoca della sua emanazione, erano indicate dalla normativa internazionale, prevedendo la possibilità di erogare un servizio di informazioni, un servizio di assistenza alla navigazione e un servizio di organizzazione del traffico[29]. Si è, inoltre, provveduto ad attribuire la gestione operativa del servizio, a livello di coordinamento centrale, al Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto - Guardia Costiera e, a livello periferico, agli uffici marittimi, sedi del centro VTS, sulla base di quanto stabilito dal Comando Generale[30].

[25] Direttiva 2009/17/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 aprile 2009 recante modifica della direttiva 2002/59/CE relativa all'istituzione di un sistema comunitario di monitoraggio del traffico navale e d'informazione, in *G.U.C.E.*, n. L 131/101 del 28.05.2009.

[26] Direttiva 2011/15/UE della Commissione del 23 febbraio 2011 recante modifica della direttiva 2002/59/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio relativa all'istituzione di un sistema comunitario di monitoraggio del traffico navale e d'informazione, in *G.U.C.E.*, n. L 49/33 del 24.02.2011.

[27] Recante «Disposizioni attuative del sistema di controllo del traffico marittimo denominato VTS (*Vessel Traffic Service*)», in *G.U.* 06.02.2004 n. 30.

[28] Legge 7 marzo 2001, n. 51 recante «Disposizioni per la prevenzione dell'inquinamento derivante dal trasporto marittimo di idrocarburi e per il controllo del traffico marittimo», in *G.U.* 14.03.2001 n. 61.

[29] Con la precisazione che l'attivazione dei servizi erogati deve essere definita per ogni singolo Centro VTS con apposito provvedimento (art. 5).

[30] In merito alla struttura gerarchico-funzionale del VTS nazionale, v. Salamone L., *op. cit.*, 283 ss..
Anche il servizio di ricerca e soccorso in mare - attività strettamente correlata al VTS - è stato attribuito alle stesse strutture, rientrando nella competenza primaria del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, che si avvale del Corpo delle Capitanerie di Porto/Guardia Costiera. Il DPR 28 settembre 1994 n. 662, con cui è stata recepita la Convenzione di Amburgo del 1979 (nota come Convenzione SAR, acronimo di *Search and Rescue*), attribuisce al Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto (MARICOGECAP) la qualifica di organismo nazionale che assicura il coordinamento generale dei servizi di soccorso marittimo (IMRCC - *Italian Maritime Rescue Coordination Center*) nella zona SAR italiana e tiene contatti con i centri di coordinamento degli altri Stati.

Nell'ambito della normativa interna di attuazione delle direttive comunitarie[31], occorre particolarmente segnalare la previsione contenuta nell'art. 8 del d.lgs. n. 196/2005, che attribuisce all'autorità VTS il compito di adottare tutte le misure necessarie e appropriate per assicurare che: a) qualsiasi nave che entri in un'area VTS nel mare territoriale ne rispetti le regole; b) le navi battenti bandiera di uno Stato membro che entrino in un'area VTS ne rispettino le regole anche al di fuori del mare territoriale; c) le navi battenti bandiera di un Paese terzo che entrino in un'area VTS al di fuori del mare territoriale si attengano per quanto possibile alle relative regole, ferma restando la possibilità di comunicare allo Stato di bandiera ogni eventuale violazione.

La normativa di dettaglio è contenuta nel Manuale Nazionale V.T.S. elaborato dal Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto, ed. 2015, mentre spetta ai manuali utenti di ogni singolo centro VTS la regolamentazione dei dettagli tecnico-operativi, come quelli relativi agli eventuali settori o sottoaree, ai servizi forniti, ai canali radio utilizzati, nonché agli schemi di separazione del traffico eventualmente istituiti[32].

3. Verso un monitoraggio globale del traffico marittimo?

Come emerge dalla superiore trattazione, il servizio erogato dai centri VTS può consistere nella trasmissione di dati e informazioni ovvero includere anche avvertimenti e istruzioni. L'efficacia della comunicazione tra gli operatori a terra e il ponte di comando della nave e la disponibilità in tempo reale di informazioni su tutti quei fattori in grado di influenzare la navigazione ed incidere sul congestionamento delle rotte marittime, rivestono, dunque, un'importanza fondamentale ai fini del funzionamento del servizio.

In tale contesto, un aumento del livello di integrazione tra nave e infrastruttura a terra può avere l'indubbio vantaggio di ridurre alcuni dei più frequenti fattori di rischio per la sicurezza in mare, che risultano spesso riconducibili a difetti di comunicazione - talvolta

[31] Ci si riferisce al d.lgs. 19 agosto 2005, n. 196 di attuazione della direttiva 2002/59/CE, in *G.U.* 23.09.2005 n. 222, e al d.lgs. 16 febbraio 2011, n. 18 di attuazione della direttiva 2009/17/CE, in *G.U.* 11.03.2011, n. 58.

[32] In Italia sono stati istituiti 11 centri VTS, tra i quali occorre menzionare quello dello Stretto di Messina, che eroga 24/7 i servizi INS, NAS e TOS ed è integrato con uno schema di separazione del traffico di tipo "rotatorio", come spiegato nel dettaglio dal relativo manuale utenti, reperibile sul sito internet della Guardia Costiera (https://www.guardiacostiera.gov.it/mezzi-e-tecnologie/Documents/manualiVTS/manualeutenteMessina.pdf).

dovuti alla diversità linguistica e culturale degli interlocutori - o a un'inadeguata "consapevolezza situazionale"[33].

La strategia *E-navigation*, lanciata dall'IMO sin dall'anno 2005[34], si muove proprio in questa direzione, poiché mira a realizzare una completa condivisione delle informazioni in formato digitale tra i sistemi utilizzati per la navigazione marittima e quelli impiegati per i servizi di terra a supporto della navigazione, in modo da minimizzare i rischi di confusione o errata interpretazione dei dati.

A questo proposito, l'approccio adottato dall'IMO si propone di semplificare la comunicazione tra gli operatori a terra e il personale di bordo, incrementando il ricorso a segnali audio/video, nonché a frasi standard, in modo da evitare possibili incomprensioni e fattori di distrazione. La strategia in esame mira anche a incidere sulla progettazione della strumentazione elettronica, evidenziando la necessità che le informazioni visualizzate dagli utenti siano chiare e facilmente intellegibili, in modo da agevolare i processi decisionali, e che le procedure vengano semplificate attraverso il ricorso a funzioni di segnalazione automatizzate.

Nei documenti adottati dall'IMO, il termine *E-navigation* è definito come «*collezione, integrazione, scambio, presentazione e analisi armonizzate delle informazioni marittime – fatte a bordo e a terra attraverso mezzi elettronici - per il miglioramento della navigazione dalla banchina di partenza alla banchina di arrivo e dei servizi ad essa correlati, a beneficio della sicurezza in mare e della protezione dell'ambiente marino*». Si tratta di una definizione che rimanda alla possibilità di impiegare le risorse tecnologiche per poter usufruire di informazioni raccolte in maniera armonizzata su scala globale, evidenziando gli effetti benefici che ne deriverebbero in termini di implementazione dei livelli di sicurezza e di protezione dell'ambiente marino.

Con specifico riferimento al controllo del traffico marittimo, prendendo le mosse dall'approccio adottato dall'IMO, ci si potrebbe interrogare sulla possibilità di realizzare un

[33] La "consapevolezza situazionale" si riferisce alla capacità di percepire e valutare correttamente l'ambiente circostante e gli eventuali pericoli insiti nello stesso, anche a seguito del cambiamento di una o più variabili. Si stima che la percentuale di incidenti in mare addebitabili ad errore umano sia pari ad almeno il 60%. Secondo alcuni autori, tale percentuale raggiungerebbe addirittura l'80%. Sul tema v. Lorenzi G., Mariani M.G., Panari C., *Sicurezza della navigazione: il ruolo del fattore umano*, in *G. it. med. lav. erg.*, 2018, 67 ss..

[34] La strategia è stata compiutamente illustrata in MSC 85/26/Add. 1, 06.01.2009, Annex XX (*Strategy for the Development and Implementation of E-navigation*) e in MSC. 1 Circ. 1595, 25.05.2018 (*E-navigation Strategy Implementation Plan - Update 1*).

sistema che, utilizzando le tecnologie digitali e satellitari, interconnetta i centri VTS a livello globale, in modo da garantire una completa condivisione delle informazioni e poter assistere le navi dal porto di partenza a quello di destinazione, similmente a quanto avviene con riferimento al traffico aereo[35].

Ciò rappresenterebbe una vera e propria rivoluzione in ambito marittimo, che stravolgerebbe le caratteristiche di un servizio che attualmente viene prestato a livello locale, in aree specificamente individuate dalle autorità nazionali in ragione dei rischi per la sicurezza della navigazione e dotate ciascuna di una regolamentazione di dettaglio, che ne definisce le caratteristiche tecnico-operative. Si tratta, pertanto di un servizio che differisce notevolmente dall'assistenza al traffico aereo e che forse non potrà mai essere totalmente assimilato a quest'ultimo.

Ed invero, le differenze tra le due tipologie di servizio si ricollegano strettamente all'ambiente nel quale si svolge la navigazione, ossia il mare in un caso e il cielo nell'altro, nonché alle prestazioni dei mezzi di trasporto utilizzati.

Mentre in mare le navi si muovono lungo due dimensioni, all'interno dello spazio aereo gli aeromobili si muovono nelle tre dimensioni e, pertanto, sono tenuti a seguire aerovie, rotte e quote rigidamente predeterminate allo scopo di evitare collisioni. Inoltre, i mezzi impiegati in ambito marittimo sono generalmente pesanti e lenti, mentre quelli utilizzati in ambito aeronautico sono veloci e leggeri. A ciò va aggiunto che, differentemente dagli aeromobili, le navi possono incontrare ostacoli di varia natura (isole, scogli, secche, ecc.), ma anche avvalersi più facilmente dei riferimenti visivi per apportare eventuali modifiche ad una rotta già pianificata.

[35] Sui servizi di assistenza al traffico aereo, v. Camarda G., *Considerazioni sulla gestione del traffico aereo nel Diritto internazionale e comunitario*, in Rizzo M.P. (a cura di), *La gestione del traffico aereo: profili di diritto internazionale comunitario ed interno. Convegno di studio, Messina 5-6 ottobre 2007*, Milano, 2009, 319 ss.; Cancelli G., *La gestione del traffico aereo passa al remoto*, in *Riv. dir. nav.*, 2020, fasc. 1, 622 ss.; Comenale Pinto M., *L'assistenza al volo*, Padova, 1999; Id., *Responsabilità nel controllo del traffico aereo*, in Rizzo M.P. (a cura di), *La gestione del traffico aereo: profili di diritto internazionale comunitario ed interno. Convegno di studio, Messina 5-6 ottobre 2007*, Milano, 2009, 373 ss.; Franchi B., *Il problema della responsabilità dei servizi di assistenza al volo e della relativa limitazione*, in *Resp. civ.e prev.*, 1993, fasc. 6, 889 ss.; Magnosi S., *Assistenza al volo: dagli impianti a terra ai sistemi satellitari*, in *Riv. dir. nav.*, 2018, fasc. 1, 173 ss.; Masutti A., *Il futuro del Cielo Unico Europeo. Verso un accentramento delle competenze sul controllo del traffico aereo nell'Agenzia Europea per la Sicurezza Aerea (EASA)*, in *Dir. trasp.*, 2021, fasc. 2, 621 ss.; Rizzo M.P., *Natura giuridica dei servizi della navigazione aerea e suoi riflessi sull'accesso alla fornitura*, in *Dir. trasp.*, 2019, fasc. 3, 809 ss..

Infine, le tecnologie disponibili all'epoca della nascita dell'aviazione hanno consentito di poter procedere in breve tempo a realizzare un efficace sistema di controllo del traffico aereo, dotandolo, altresì, di una regolamentazione piuttosto uniforme a livello internazionale. Di contro, come accennato in premessa, la navigazione marittima si è sviluppata di pari passo rispetto alla civiltà umana e per migliaia di anni gli uomini hanno potuto contare solo sul loro senso nautico e su qualche strumento rudimentale. Ciò spiega il forte radicamento in ambito marittimo di alcuni principi di antica elaborazione, che costituiscono norme consuetudinarie poste a fondamento della normativa di settore, prima ancora che norme convenzionali, quali la libertà di navigazione in alto mare e il diritto di passaggio inoffensivo nel mare territoriale di qualunque Stato[36].

Vi sono, pertanto, ragioni di carattere pratico, oltre che storico e normativo che rendono arduo immaginare che il VTS possa assumere caratteristiche analoghe a quelle dei servizi di assistenza al traffico aereo, quantomeno in breve tempo. Tuttavia, esperienze come quella del sistema europeo *SafeSeaNet* (SSN)[37] dimostrano, comunque, la necessità di promuovere su larga scala il monitoraggio e lo scambio di informazioni relative al traffico marittimo, in quanto la disponibilità di dati sulle navi e le merci pericolose o inquinanti può facilitare l'identificazione dei mezzi ad alto rischio, consentendo alle autorità nazionali di adottare le misure utili a prevenire gli incidenti in mare e a gestire meglio le emergenze in caso di sinistri.

Certo è che in un futuro non troppo lontano la diffusione delle navi a guida autonoma (*unmanned ship*)[38] potrebbe aprire un diverso scenario, rendendo necessaria quella completa

[36] L'art. 90 della Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare (c.d. Convenzione UNCLOS - *United Nations Convention on the Law of the Sea*) del 1982 stabilisce che «*ogni Stato, sia costiero sia privo di litorale, ha il diritto di far navigare nell'alto mare navi battenti la sua bandiera*», mentre gli artt. da 17 a 26 del medesimo trattato regolano il diritto di passaggio inoffensivo attraverso il mare territoriale, specificando che tale diritto spetta alle navi di tutti gli Stati, costieri o privi di litorale, purché venga esercitato nel rispetto delle condizioni previste dalla stessa convenzione.

[37] Il *SafeSeaNet* è un sistema di scambio delle informazioni marittime tra gli Stati Membri dell'UE, istituito a scopo di monitoraggio del traffico navale e gestito a livello europeo dall'Agenzia Europea per la Sicurezza Marittima (EMSA). In esso confluiscono anche le informazioni raccolte dal VTMIS (*Vessel Traffic Management Information System*), il sistema italiano gestito dal Comando General del Corpo delle Capitanerie di Porto/Guardia Costiera, nel quale confluiscono i dati rilevati dai VTS periferici e dagli altri dispositivi di monitoraggio del traffico marittimo presenti lungo le coste nazionali.

[38] Sul tema, Ancis L., *Navi pilotate da remoto e profili di sicurezza della navigazione nel trasporto di passeggeri*, in *Dir. trasp.*, 2019, fasc. 2, 427 ss.; Berlingò V., *Per una rilettura dei servizi di "Vessel Traffic Service" (VTS) e di pilotaggio alla luce delle implicazioni giuridiche del metodo matematico dell'HITL ("Human in the Loop")*, in *Dir. mar.*, 2022, fasc. 4, 694 ss.,; La Torre U., *Navi senza equipaggio e "shore control operator"*, in *Dir. trasp.*, 2019,

integrazione tra i sistemi di bordo e i sistemi impiegati nelle infrastrutture a terra che potrebbe trasformare il VTS in un servizio molto più simile al controllo del traffico aereo.

4. Conclusione.

Il VTS svolge un'importante funzione ai fini della tutela della vita umana in mare e dell'ambiente marino, ponendosi anche a presidio dell'efficienza e speditezza dei traffici marittimi.

Per questo motivo, la materia è stata oggetto di numerosi interventi normativi a livello internazionale, europeo e interno, che ne hanno definito la disciplina generale, rimettendo, comunque, alle competenti autorità locali il compito di definire la regolamentazione dei dettagli tecnico-operativi, in modo da tener conto delle particolari caratteristiche delle aree nelle quali viene istituito il servizio e dei relativi rischi per la navigazione.

Ogni area VTS presenta, dunque, le proprie peculiarità con riferimento ai canali radio utilizzati, alla presenza di eventuali sottoaree e schemi di separazione del traffico, e perfino con riguardo ai servizi erogati, che possono limitarsi al servizio essenziale di informazioni ovvero ricomprendere l'assistenza alla navigazione e l'organizzazione del traffico. Ne consegue un'indubbia frammentarietà del sistema, che mal si concilia con l'esigenza di assicurare i più elevati livelli di sicurezza, potendo determinare incertezze nelle procedure da seguire o pericolosi equivoci nella comunicazione tra operatori a terra e ponte di comando delle navi.

In tale contesto, le recenti linee guida adottate dall'IMO con la risoluzione A.1158 risultano certamente apprezzabili, nella misura in cui impegnano gli Stati a superare la distinzione tra VTS portuale e VTS costiero, nonché tra servizi INS, NAS e TOS, con l'intento dichiarato di armonizzare le procedure seguite nel settore in esame.

In ambito internazionale, emergono, inoltre, delle rilevanti prospettive di modifica del VTS, come risulta dalla strategia *E-navigation* lanciata dall'IMO, che si propone di impiegare le risorse tecnologiche disponibili per ridurre alcuni fattori di rischio riconducibili ad errore

fasc. 2, 487 ss.; Severoni C., *Prime osservazioni in tema di responsabilità derivante da urto con navi senza equipaggio*, in *Dir. trasp.*, 2028, fasc. 1, 87 ss..

umano e realizzare una completa condivisione delle informazioni marittime raccolte a livello globale, a beneficio della sicurezza della navigazione e della protezione dell'ambiente marino.

Le potenzialità offerte dalle tecnologie digitali e satellitari lasciano, dunque, intravedere la possibilità che il VTS venga presto interessato da un radicale processo di modifica, che potrebbe portarlo ad abbandonare gradualmente la propria caratteristica di servizio locale per assumere una portata sempre più globale.

Anna Lazzaro

PUBBLICA AMMINISTRAZIONE E TRANSIZIONE ECOLOGICA: I C.D. GREEN PORTS

1. Il PNRR e i green ports – 2. I porti e lo sviluppo economico – 3. La transizione verde e la sostenibilità ambientale nello sviluppo dei porti – 4. La pianificazione portuale: l'evoluzione normativa nella prospettiva della tutela dell'ambiente e dell'impatto sulle città portuali – 5. Gli interventi per la transizione verde. – 6. Bibliografia.

1. Il PNRR e i green ports.

Il PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza), come è noto, è il documento strategico che il Governo italiano ha predisposto per accedere ai fondi del programma europeo *Next generation EU* (NGEU)[1]. Il Piano, approvato il 13 luglio 2021, intende rilanciare il Paese dopo la crisi pandemica, verso una transizione ecologica e digitale, per favorire un cambiamento strutturale dell'economia, a partire dal contrasto alle diseguaglianze di genere, territoriali e generazionali. Suddiviso in 6 Missioni principali, Il PNRR descrive le priorità di investimento per un arco temporale di 5 anni, e si pone l'obiettivo di rilanciare la struttura economico-sociale del Paese puntando in particolare sulla digitalizzazione, la transizione ecologica e l'inclusione sociale. L'obiettivo è di promuovere attività economiche che determinino un netto miglioramento per l'ambiente, stanziando ingenti finanziamenti per la progettazione e la realizzazione di una serie di misure.

Tra le altre previste nel Piano, è significativa quella indicata nell'ambito della Missione n. 3[2], relativa alle «Infrastrutture per una mobilità sostenibile», ovvero l'investimento volto a

[1] https://next-generation-eu.europa.eu/index_en

[2] La Missione 3 «Infrastrutture per una mobilità sostenibile» ha, tra gli altri, l'obiettivo di rafforzare il ruolo dei porti nell'ambito di uno degli obiettivi della Riforma, cioè accrescere il grado di concorrenza nei mercati, al fine di favorire l'aumento della qualità dei beni e dei servizi e l'abbassamento dei prezzi, ma anche di contribuire a una maggiore giustizia sociale. Secondo l'indice di Regolamentazione del Mercato dei Prodotti (PMR) sviluppato dall'Ocse, l'Italia risulta meno competitiva di molti suoi partner Ue. Il PNRR prevede che l'Italia assicuri ogni anno l'approvazione della legge sulla concorrenza, finora adottata soltanto nel 2017. La legge 2021 dovrà agevolare l'attività d'impresa in settori strategici, come le reti digitali, i porti e l'energia, ma anche rimuovere molte barriere all'entrata dei mercati, ad esempio in materia di concessioni autostradali e vendita di energia

finanziare «interventi per la sostenibilità ambientale dei porti (*Green Ports*)»; si tratta di un'opportunità importante per le città portuali in una prospettiva che concentra nello sviluppo sostenibile dei porti un'occasione di crescita economica coerente con la tutela dell'ambiente[3]. All'interno del PNRR e, in particolare, nella parte relativa ai fondi complementari, è previsto un ingente stanziamento a favore di riforme che hanno come obiettivo il miglioramento della competitività e produttività dei porti e, soprattutto, una maggiore sostenibilità della mobilità di passeggeri e merci.

Secondo quanto disposto nel Piano nazionale, le Autorità di Sistema Portuale[4] devono raggiungere l'obiettivo di rendere le attività portuali più sostenibili, utilizzando gli interventi finanziari previsti, al fine di garantire un più efficiente uso delle risorse energetiche, attraverso lo sviluppo di fonti rinnovabili, in modo da ridurre l'inquinamento atmosferico connesso alle attività portuali[5]. Nell'ambito del sistema portuale, ulteriore obiettivo è quello di creare un complesso di interventi che garantiscano la compatibilità dei porti con i contesti urbani (A. Scattiglia, 2021, 3) e la conservazione del patrimonio naturalistico e della biodiversità. Infatti, il progetto prevede che le città portuali, oltre a dover migliorare le esternalità negative legate all'inquinamento prodotto dalle strutture e dalle attività portuali e dalle imbarcazioni, dovranno programmare interventi che tengano conto delle esigenze urbane e naturalistiche

elettrica. Sono inoltre previsti una razionalizzazione in materia di servizi pubblici locali e un rafforzamento della concorrenza nel settore della gestione dei rifiuti.

[3] Il progetto «Green ports» finanzia interventi per l'efficientamento energetico, la riduzione delle emissioni di CO2 e di altre emissioni inquinanti nei porti per promuovere la sostenibilità ambientale delle attività portuali, anche a beneficio delle aree urbane circostanti.

Il progetto si basa sui Documenti Energetico Ambientali dei Sistemi Portuali (DEASP) che le Autorità di Sistema Portuale hanno redatto, secondo le linee guida messe a punto dal MiTE di concerto con il Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibile (MIMS), allo scopo di migliorare l'efficienza energetica e promuovere l'utilizzo di energia da fonti rinnovabili.

Sono previste le seguenti tipologie di intervento:

- Produzione di energia da fonti rinnovabili
- Efficienza energetica degli edifici portuali
- Efficienza energetica dei sistemi di illuminazione
- Utilizzo di mezzi di trasporto elettrici
- Interventi sulle infrastrutture energetiche portuali non efficienti
- Realizzazione di infrastrutture per l'utilizzo dell'elettricità
- Riduzione delle emissioni inquinanti delle navi in banchina.

[4] L'Autorità di Sistema Portuale (AdSP) risulta dalla riforma di cui al d.lgs. n. 169/2016, volto alla «Riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità portuali di cui alla l. 28 gennaio 1994 n. 84, in attuazione dell'articolo 8, comma 1, lettera f), della l. 7 agosto 2015 n. 124» e modificato dal d. lgs. 232 del 13 dicembre 2017.

[5] La finalità è di ridurre le emissioni di gas a effetto serra del 55% entro il 2030.

nella prospettiva dello sviluppo sostenibile dei porti in sinergia con gli enti locali (A. Conio - F. Dinelli, in G. Rossi, 2021, 440 ss).

La sostenibilità ambientale in senso ampio (F. Fracchia, in G. Rossi, 2021, 181 ss.) è centrale nel progetto *Green Ports* (Investimenti 1.1 del PNRR) e vede le AdSP svolgere un ruolo primario per rendere compatibili e sostenibili le attività portuali con i relativi contesti urbani di riferimento, attraverso l'implementazione di misure volte all'efficientamento energetico, alla riduzione dei consumi elettrici e alla promozione di energie rinnovabili.

In particolare, l'attenzione è stata riservata alla elettrificazione delle banchine (infrastrutture di *cold ironing*) per consentire alle navi in sosta nei porti di allacciarsi alla rete terrestre per l'approvvigionamento, evitando così di usare i generatori di bordo e, conseguentemente, riducendo l'inquinamento acustico e atmosferico. Sempre con riferimento alle navi, è stato previsto un piano d'investimento inteso a rinnovare la flotta mercantile italiana con navi *green*, ossia alimentate a energie alternative. Inoltre, attraverso la digitalizzazione dei sistemi logistici, inclusi quelli portuali e aeroportuali e le reti di comunicazione, si mira a ridurre l'impatto ambientale delle infrastrutture, così da garantire una più fluida movimentazione delle merci e delle persone. Sono ingenti le risorse che il PNRR ha previsto per gli interventi diretti alla sostenibilità ambientale dei porti e già il Ministero della transizione ecologica (Mite) ha pubblicato, a fine agosto 2021, un avviso pubblico di manifestazione di interesse per la formulazione di proposte progettuali volte a indicare interventi di riduzione delle emissioni di CO2 e degli altri inquinanti.

Si tratta di un'importante occasione per lo sviluppo delle città portuali anche in considerazione che l'investimento nella transizione verde dei porti assume un ruolo strategico anche nel sistema internazionale.

Lo studio di queste tematiche ha la finalità di evidenziare la rilevanza del settore portuale per lo sviluppo economico del territorio, la necessità di una sinergia tra città e porto, e l'importanza di una programmazione degli interventi coordinati e produttivi di effetti concreti verso la transizione verde, in funzione di una prospettiva futura che non si riduca al semplice ottenimento dei finanziamenti. Nel contempo si metterà in luce la complessità delle misure da adottare di natura progettuale, organizzativa, istituzionale e tecnica che solo in una combinazione ottimale potranno indirizzare verso forme di sviluppo sostenibile.

2. I porti e lo sviluppo economico

A sostegno dell'importanza dalla tematica dei *Green Ports*, va ricordato brevemente come nel corso del tempo i porti hanno assunto diverse funzioni, coerenti con l'evoluzione degli interessi coinvolgenti lo sviluppo economico delle città portuali, che hanno richiesto differenti modelli organizzativi.

I porti in passato venivano considerati come luogo di riparo e di difesa, ma in seguito diventano prima centri di attività di carattere commerciale e mercantile, poi fondamentali snodi di movimentazione delle merci e dell'internazionalizzazione dell'economia. La rapida evoluzione degli interessi ha determinato numerosi interventi normativi al fine di un adeguamento alle nuove esigenze (M. Ragusa, Napoli, 2017, 66 ss.).

A ciò va aggiunto che la disciplina dell'ordinamento e delle attività portuali risulta particolarmente complessa e articolata, poiché spesso ha costituito espressione di esigenze contrapposte di accentramento e di decentramento, otre che di una pluralità di interessi pubblici che ne sono compresi (C. Franchini, 2010). Gli interessi pubblici coinvolti emergono sotto diversi profili: dalla difesa nazionale alla sicurezza della navigazione, dalla tutela del mercato e della concorrenza a quella degli aspetti economici correlati ai settori delle dogane, del commercio, dell'industria, della pesca, del trasporto dei passeggeri, del turismo e della nautica da diporto, del crocerismo e dello sviluppo del territorio urbano (R. Longobardi, 1997, 35 ss.; G. Pericu, 1985, 425; G. Falzea, Milano, 1988, 98 ss.; G. Sirianni, in S. Cassese, 2003, 2545; M. Spasiano, Napoli, 2013; S. Carbone, F. Munari, Milano, 2019, 153 e ss.). Alla luce dell'evoluzione di tali interessi coinvolti nel settore portuale, la disciplina dei porti nel tempo ha subito diversi cambiamenti: in una prima fase la regolamentazione era per lo più improntata a una visione statica che classificava il porto come oggetto di diritto dello Stato, ai sensi dall'art. 822 c.c. e dall'art. 28 cod. nav., e come bene appartenente al demanio necessario in relazione all'esigenza di sottrarre all'uso dei singoli quegli spazi. Ancora non si considerava come gli aspetti caratteristici dei porti potevano essere suscettibili di soddisfare gli interessi della collettività e, indipendentemente dal fatto di appartenere allo Stato, potevano essere destinati a funzioni diverse. La prima concezione era per lo più finalizzata al perseguimento di interessi pubblici connessi alla navigazione e comprendeva i porti entro una

definizione che dava unicamente rilievo all'elemento naturalistico dell'approdo destinato al ricovero di navi e non suscettibile di essere trasformato in base all'utilizzo dall'uomo.

Una successiva concezione ne metteva in rilievo una visione più complessa che considerava il porto non solo bene demaniale ma una infrastruttura composita comprensiva di ulteriori elementi, quali costruzioni, approdi e darsene create dall'uomo «attraverso lo sfruttamento di preesistenti condizioni favorevoli naturali» (R. Longobardi, 1997, 35 ss.). In tal modo l'attenzione si concentrava sull'aspetto funzionale del porto rispetto ai pubblici usi del mare e quindi alla sua connessione economica con il trasporto marittimo di persone e merci.

Molteplici interessi sono ora connessi allo sviluppo delle funzioni dei porti e alle conseguenze che la notevole movimentazione delle persone e delle merci ha sull'ambiente, pertanto, inevitabilmente, in un momento storico-politico in cui la questione ambientale è al centro del dibattito che tratta in senso lato della sostenibilità ambientale, sono necessari interventi che possano migliorare le esternalità negative sul piano ambientale senza con ciò incidere negativamente sullo sviluppo economico di un settore in grande crescita. Ciò condiziona in varia misura le scelte del legislatore, il quale è tenuto a riconsiderare le attività connesse allo sviluppo economico delle città e dei porti ma in modo sostenibile sul piano ambientale in linea con le attuali tendenze evolutive.

3. La transizione verde e la sostenibilità ambientale nello sviluppo dei porti

Il crescente sviluppo degli interessi e dei traffici marittimi inserito in uno scenario economico sempre più globalizzato, fa sì che oggi i porti rappresentino uno snodo fondamentale dello sviluppo economico collegato all'approvvigionamento e alla commercializzazione dei prodotti e al turismo; pertanto, si assiste ad un continuo sviluppo delle realtà portuali per l'elevata crescita del settore. Tuttavia emerge adesso un aspetto che si contrappone a tale sviluppo e che è costituito dai costi sociali e ambientali delle attività connesse ai porti. Il crescente sviluppo dei porti ha espresso un conflitto tra attività economica e sostenibilità ambientale (G. Marletto, Bolzano 2007; R. Lombardi, 2011, 176 ss.): a fronte, da una parte, di un ruolo fondamentale assunto dallo scambio navale nello scenario economico mondiale, dall'altra, al fatto che non si possa più ignorare che le stesse attività portuali

costituiscano una rilevante e crescente fonte di inquinamento per l'ambiente, in particolare attraverso le notevoli emissioni di gas a effetto serra.

Nonostante la consapevolezza di un forte impatto sull'ambiente del transito di navi per il trasporto di merci e persone e della sosta di queste nei porti, gli alti costi di un possibile adeguamento per un minore impatto ambientale per i soggetti economici coinvolti, hanno fanno sì che ben poco sia stato fatto dalle singole entità portuali per eliminare le esternalità negative di carattere ambientale (M. Gonzalez Aregall - R. Bergqvist - J. Monios, 2018, 59, 23-24).

Gli organismi sovranazionali hanno orientato le attività portuali verso una maggiore sostenibilità ambientale: il riferimento è alle decisioni dell'Organizzazione Marittima Internazionale delle Nazioni Unite (IMO), che dal 2020 ha introdotto una nuova regolazione in tema di carburanti, o alle direttive di settore provenienti dall'ordinamento dell'Unione europea come la direttiva 2014/94/UE per la realizzazione di combustibili alternativi e la direttiva 2016/802/UE relativa alla riduzione del tenore di zolfo di alcuni combustibili liquidi.

Le politiche europee da ultimo si sono mosse in questa direzione e l'ordinamento europeo si è rivelato sul punto particolarmente attento, infatti, proprio a livello europeo è stata elaborata l'idea dei *Green ports* dove si coniugano crescita economica e sostenibilità ambientale.

A tale riguardo, nel contesto sovranazionale, rileva la *European Sea Ports Organisation* – Espo, organismo che condivide le esperienze tra le varie realtà portuali europee e si prefigge di uniformare la gestione ambientale, e a cui spetta il compito, tra l'altro, di disporre le linee guida e gli indirizzi a cui possono fare riferimento le Autorità di Sistema Portuale.

4. La pianificazione portuale: l'evoluzione normativa nella prospettiva della tutela dell'ambiente e dell'impatto sulle città portuali

Sulla scorta dell'attenzione riservata alla materia da parte delle organizzazioni europee (G. Severini, U. Barelli, 2021, 20) il sistema portuale italiano ha cercato di porre rimedio ad una serie di criticità con la riforma della legislazione portuale operata dal d.lgs. n. 169/2016, con la specifica finalità di modernizzare l'assetto, la *governance* e le strategie infrastrutturali della portualità italiana.

Nel contesto nazionale la sostenibilità ambientale e la competitività economica devono trovare il giusto bilanciamento anche tenendo conto di altri settori, quali la tutela della biodiversità e la compatibilità urbanistica delle realtà portuali, considerando che i porti sono quasi tutti collocati nei pressi dei centri delle città storiche.

Pertanto, è fondamentale la valutazione del contesto ambientale in cui operano le attività portuali, e opportunamente valutare, ad esempio, l'esistenza in prossimità dei porti di fattori di elevato pregio naturalistico, paesaggistico, estetico e culturale; infatti, spesso le nostre infrastrutture portuali si inseriscono quale parte integrante del contesto storico-urbano e del tessuto cittadino (A. Scattiglia, 2021, 3), amplificando l'importanza di interventi diretti all'eliminazione delle esternalità negative legate alle attività portuali, e senza doverne sacrificare la produttività in un settore sempre più economicamente rilevante e competitivo (R. Lombardi, 2011, 176).

Va sottolineato come il concetto di sostenibilità ambientale (F. Fracchia, 2010, 13 ss.). va oltre il rapporto tra sviluppo economico e tutela dell'ambiente, dovendo comprendere una pluralità di componenti, tra cui il paesaggio, l'assetto urbanistico, la tutela della salute, la difesa del suolo, dell'aria e dell'acqua dall'inquinamento, nonché lo sviluppo delle fonti energetiche alternative (A. Crismani, B.A. Masso, 2021,215), elementi che vanno tutti considerati in una visione complessiva dello sviluppo attuale. Ad esempio, ogni intervento volto a riformare profondamente l'assetto delle realtà portuali, dovrebbe tenere conto della delicata interazione tra le città e i rispettivi porti anche per quanto concerne lo sviluppo edilizio, esigenza peraltro già individuata dal legislatore nella riforma relativa alle Autorità di Sistema Portuale nell'ambito dell'elaborazione del Piano Regolatore di Sistema Portuale (A. Morrone, 2020, 6 ss.).

La relazione tra il governo del territorio locale e il governo del porto (M. Casanova, 1986, 8 ss.) e, in particolare, tra la pianificazione urbanistica e il piano regolatore portuale è complessa, per la necessità di un coordinamento, e nel corso dei decenni ha avuto una sua evoluzione che ne ha cercato di determinare i confini, anche se trova ancora oggetto di dibattito giurisprudenziale (V. Caianello, 1986, 480 ss., G. Acquarone, 2009, 47 ss.) dove emerge il contrasto tra la pianificazione portuale e quella urbanistica (T.A.R. Toscana, Sez. II, 23 febbraio 2021 n. 294, in www.giustizia-amministrativa.it). Quest'ultima ha la funzione

di disciplinare l'ordinato sviluppo dell'assetto del territorio e viene conseguentemente delimitata alle aree aventi funzione di cerniera tra porto e città. Il piano regolatore portuale, invece, ha la funzione di tutelare un diverso pubblico interesse, quello al corretto svolgimento e sviluppo dei traffici navali nel porto e trova la sua disciplina nell'ambito della legislazione marittima e, in particolare, nella l. n. 84/1994. Quest'ultima costituisce unica fonte per la disciplina dell'assetto dei porti compresi nelle circoscrizioni territoriali delle Autorità di sistema portuale. L'art. 5, comma 2, nel prevedere che «le previsioni del piano regolatore portuale non possono contrastare con gli strumenti urbanistici vigenti» presuppone, infatti, il rischio di sovrapposizione delle funzioni.

Il primo obiettivo della pianificazione dei porti è la razionalizzazione delle attività relative alle infrastrutture degli scali marittimi, che il legislatore ha inteso riorganizzare. Il secondo obiettivo è creare le condizioni di coesistenza tra la pianificazione portuale e quella dell'ambiente urbano (M. Immordino, in M.R. Spasiano, 2013, 346 ss.). La riforma del 2016 pone al centro l'obiettivo di creare il «sistema portuale» e attribuisce valore strategico alla pianificazione portuale, sotto il profilo della valutazione ambientale, e migliorare l'integrazione con la città. Il Piano Regolatore di Sistema Portuale (PRdSP) è assoggettato a limiti diretti alla sostenibilità ambientale come si evince dalle Linee guida del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.[6]

Il contesto ambientale si inserisce all'interno del tema dei *Green Ports* che va considerato innanzi tutto come una nuova via per realizzare lo sviluppo sostenibile dei porti soprattutto attraverso «il bilanciamento e il coordinamento dell'effetto ambientale con l'equilibrio economico» (E. Tamatey Lawer, J. Herbeck, M. Flitner, 2019, 11, 519). La prospettiva è quella di creare un modello *green* che intenda armonizzare le attività portuali con considerazioni ambientali e sociali senza compromettere la crescita economica. Il modello *Green ports* diventa sinonimo di porti sostenibili ed è già adottato in alcuni porti europei (Brema, Rotterdam, Anversa) dove si sono realizzati progetti e iniziative che affrontano la

[6] Linee guida per la redazione dei Piani Regolatori di Sistema Portuale del Min. delle infrastrutture e dei trasporti, 2017, dove si legge: «nella definizione degli obiettivi di sostenibilità assunti per l'iniziativa portuale, dovranno essere analizzati tutti i campi su cui la realizzazione di un porto può generare delle influenze: dall'ambito marino al patrimonio culturale, dalla rete idrografica all'ambiente urbano, dall'occupazione locale alla mobilità delle zone limitrofe».

qualità dell'aria, il clima, l'uso delle energie rinnovabili o combustibili puliti per le operazioni portuali. Ciò significa che si va oltre il semplice rilievo in negativo della tutela dell'ambiente, che si configura nel non nuocere all'ambiente, ma si auspica in positivo di potenziare una serie di interventi che implementino la sostenibilità ambientale.

Le politiche dei *green ports* si esprimono soprattutto attraverso le infrastrutture tecniche che riguardano la qualità dell'aria, i rifiuti delle navi, l'efficienza energetica, l'alimentazione elettrica *on shore*, il *cold ironing*, la movimentazione merci con vettori ibridi o elettrici; a ciò si aggiunge la necessità di prevedere un preciso indirizzo riguardo i prezzi e l'accesso ai servizi, attraverso l'adeguamento del sistema che comprenda tasse portuali agevolate o punitive, al fine di promuovere la tutela dell'ambiente.

La politica europea di transizione ecologica si è manifestata con il pacchetto di strumenti d'intervento economico straordinario volto a stimolare l'economia degli Stati membri a seguito della crisi provocata dalla pandemia di Covid-19 già diffusamente noto col nome di *Recovery fund*.

Tale strategia è stata confermata, da ultimo dal regolamento istitutivo del Dispositivo per la Ripresa e la Resilienza (*Recovery and Resilience Facility*, RRF)[7] e attuata dall'Italia, in coerenza con la logica di rigida condizionalità che contrassegna l'erogazione dei fondi europei, all'interno del PNRR, che ha definito la transizione verde come uno dei «tre assi strategici» sui cui sviluppare l'intero piano nazionale, insieme a digitalizzazione ed inclusione sociale.

L'Europa ha ritenuto di porre in essere un piano di interventi, condiviso e coordinato tra tutti gli Stati membri, che non si limitasse alla mera ripresa economica a causa del difficile periodo di crisi, ma che proprio in occasione di tale fase critica, creasse un profondo rinnovamento, nella necessità di adattare l'ordinamento e l'azione pubblica a un'economia votata ad una maggiore sostenibilità ambientale e sociale.

[7] Regolamento UE 2021/241 del Parlamento europeo e del Consiglio del 12 febbraio 2021 e pubblicato in Gazzetta ufficiale dell'Unione europea il 18 febbraio 2021, il quale designa la transizione verde come una delle sei grandi aree d'intervento, o pilastri, su cui basare i piani nazionali di ripresa, oltre alla trasformazione digitale; crescita intelligente, sostenibile e inclusiva; coesione sociale e territoriale; salute e resilienza economica, sociale e istituzionale; politiche per le nuove generazioni, l'infanzia e i giovani. Tale regolamento è da leggere contestualmente al Regolamento UE 2021/240 "che istituisce uno strumento di sostegno tecnico" e volto a "preparare, modificare, attuare e rivedere i piani per la ripresa e resilienza a norma del regolamento (UE) 2021/241".

5. Gli interventi per la transizione verde

Una parte delle azioni intraprese in tale direzione si riferisce specialmente all'ambito energetico, con una rilevante promozione dell'uso delle fonti rinnovabili, in applicazione della già risalente direttiva 2009/28/CE, recepita in Italia con il d.lgs. n. 28/2011, che si inserisce in una disciplina articolata (C. Vivani, in R. Ferrara, C.E. Gallo, 2014, 503 ss.).

Più recentemente è significativo il regolamento UE 2021/241 istitutivo del RRF (altresì detto Regolamento Dispositivo) (G. Severini, U. Barelli, 2021, 20), il quale, ha il ruolo di principale atto di regolazione dell'organizzazione, degli obiettivi e del finanziamento del piano di ripresa, e tra l'altro statuisce un principio fondamentale in virtù del quale il dispositivo di ripresa e resilienza finanzia unicamente le misure che rispettano il principio «non arrecare un danno significativo» in termini ambientali[8]. Quest'ultimo, spesso indicato con l'acronimo DNSH (dalla sua traduzione inglese *Do Not Significant Harm*), è un principio definito dall'articolo 17 del Regolamento (UE) 2020/852, che, in generale, qualifica quali attività ed interventi possano dirsi sostenibili[9].

Tale principio, è definito principio orizzontale dallo stesso Regolamento Dispositivo, e si applica a tutte le operazioni comprese nel piano di ripresa. Pertanto, tutte le linee d'intervento

[8] Art. 5 Regolamento UE 2021/241

[9] Il Regolamento fissa sei "obiettivi ambientali" all'art. 9, rispettivamente: a) la mitigazione dei cambiamenti climatici; b) l'adattamento ai cambiamenti climatici; c) l'uso sostenibile e la protezione delle acque e delle risorse marine; d) la transizione verso un'economia circolare; e) la prevenzione e il controllo dell'inquinamento; f) la protezione e il ripristino della biodiversità e degli ecosistemi. In coerenza con tali obiettivi l'art. 17 definisce cosa si intenda per "danno significativo", in particolare si statuisce che un'attività economica "arreca un danno significativo: …se l'attività nuoce: i) al buono stato o al buon potenziale ecologico di corpi idrici, comprese le acque di superficie e sotterranee; ii) al buono stato ecologico delle acque marine; d) all'economia circolare, compresi la prevenzione e il riciclaggio dei rifiuti, se: i) l'attività conduce a inefficienze significative nell'uso dei materiali o nell'uso diretto o indiretto di risorse naturali quali le fonti energetiche non rinnovabili, le materie prime, le risorse idriche e il suolo, in una o più fasi del ciclo di vita dei prodotti, anche in termini di durabilità, riparabilità, possibilità di miglioramento, riutilizzabilità o riciclabilità dei prodotti; ii) l'attività comporta un aumento significativo della produzione, dell'incenerimento o dello smaltimento dei rifiuti, ad eccezione dell'incenerimento di rifiuti pericolosi non riciclabili; iii) lo smaltimento a lungo termine dei rifiuti potrebbe causare un danno significativo e a lungo termine all'ambiente; e) alla prevenzione e alla riduzione dell'inquinamento, se l'attività comporta un aumento significativo delle emissioni di sostanze inquinanti nell'aria, nell'acqua o nel suolo rispetto alla situazione esistente prima del suo avvio; o f) alla protezione e al ripristino della biodiversità e degli ecosistemi, se l'attività: i) nuoce in misura significativa alla buona condizione e alla resilienza degli ecosistemi; o ii) nuoce allo stato di conservazione degli habitat e delle specie, comprese quelli di interesse per l'Unione.2. Nel valutare un'attività economica in base ai criteri indicati al paragrafo 1, si tiene conto dell'impatto ambientale dell'attività stessa e dell'impatto ambientale dei prodotti e dei servizi da essa forniti durante il loro intero ciclo di vita, in particolare prendendo in considerazione produzione, uso e fine vita di tali prodotti e servizi.

comprese nei piani nazionali devono rispettare i criteri di compatibilità ambientale e del principio di non arrecare un danno significativo all'ambiente, che, costituisce una delle condizionalità fondamentali imposte dall'Europa al fine dei finanziamenti.

La Commissione europea, con comunicazione del 18 febbraio 2021[10], ha previsto il dovere di verifica del rispetto del principio del non arrecare un danno significativo per ogni linea d'intervento contenuta nei piani nazionali, individuando anche le modalità di verifica in concreto e precisando che tale verifica non possa essere sostituita con una valutazione dell'impatto ambientale (VIA) o valutazione ambientale strategica (VAS)[11], in considerazione che tali attività potrebbero non comprendere tutti gli aspetti previsti dalla valutazione DNSH.

In sostanza, la regolazione ambientale europea più recente si distingue per una disciplina che non si limita a fissare i confini di carattere negativo per tutte le misure di ripresa, ma chiede, in via positiva, di contribuire alle politiche di miglioramento ambientale e di transizione *green*. Tutto ciò conferma ulteriormente una rinnovata concezione della tutela ambientale, che la designa non quale mero limite da non oltrepassare per l'attività economico-produttiva, ma piuttosto quale vero e proprio impulso sinergico allo sviluppo, alla maggior efficienza e competitività di questa in un'ottica *green*. La prospettiva diviene quella di un concreto bilanciamento tra sviluppo economico e sostenibilità, favorendo attività che determinino un realistico miglioramento per l'ambiente, in una visione positiva e propositiva.

In questa direzione vanno le misure dirette a promuovere attività economiche che determinino un netto miglioramento per l'ambiente, come la misura prevista in seno alla Missione n. 3 del PNRR, relativa alle «Infrastrutture per una mobilità sostenibile», ovvero l'investimento volto a finanziare gli interventi per la sostenibilità ambientale dei *Green Ports*.

L'intervento *Green ports* relativo ad un uso più efficiente e pulito delle risorse energetiche, si caratterizza in particolare attraverso l'operazione di c.d. *cold ironing*, ovvero di elettrificazione delle banchine, senza dubbio l'intervento più importante sotto il profilo della transizione verde dei porti, in particolare se associata alla decarbonizzazione delle navi. Si intende creare un sistema di tecnologie per mezzo delle quali è possibile fornire energia

[10] Comunicazione 2021/C 58/01 concernente "Orientamenti tecnici sull'applicazione del principio "non arrecare un danno significativo" a norma del regolamento sul dispositivo per la ripresa e la resilienza".
[11] Direttive 2011/92/UE (VIA) e 2001/42/CE (VAS).

elettrica alle imbarcazioni durante la sosta in porto tramite una connessione con la terraferma, attraverso una linea generalmente alimentata dalla rete elettrica nazionale, consentendo così la drastica diminuzione delle ingenti emissioni da parte delle navi ormeggiate ed un sensibile abbattimento dell'inquinamento atmosferico, se non, addirittura, un azzeramento delle emissioni qualora fossero utilizzate fonti di carattere rinnovabile per produrre energia elettrica[12].

Infatti, bisogna ricordare che durante la sosta in porto, se in genere i motori di propulsione delle navi vengono spenti, quelli ausiliari rimangono accesi per consentire la continuità dei servizi come quello d'illuminazione, di riscaldamento o di aria condizionata, nonché per consentire le operazioni di movimentazione del carico, determinando in questo modo rilevanti emissioni soprattutto in termini di gas di scarico, oltre ai rumori e vibrazioni che l'intervento di *cold ironing* permetterebbe potenzialmente di azzerare a diretto vantaggio della qualità dell'aria urbana[13].

Oltre agli oggettivi dati fattuali che testimoniano il vantaggio dell'intervento sia in termini di tutela ambientale che di un più efficiente uso delle risorse, è lo stesso PNRR a suggerirne la natura determinante nell'assetto delle priorità del piano di ripresa: non è secondario il fatto che i 700 milioni destinati all'operazione di elettrificazione delle banchine rappresentano risorse aggiuntive a quelle del Dispositivo per la ripresa e la resilienza provenienti dal Fondo complementare al PNRR[14]. Inoltre, il PNRR prevede, all'interno della medesima Componente n. 2 della Missione n. 3, anche una riforma volta a semplificare le procedure di autorizzazione per gli impianti di *cold ironing*, ovvero finalizzata a definire ed approvare procedure semplificate per la realizzazione di infrastrutture idonee, per l'appunto, alla fornitura di energia elettrica da terra alle navi durante la fase di ormeggio.

La direttiva 2014/94/UE, all'art. 4, c. 5, prevedeva che gli Stati membri assicurassero che fosse «valutata nei rispettivi quadri strategici nazionali la necessità di fornitura di elettricità

[12] Si veda il rapporto del Febbraio 2021 pubblicato a cura di Enel e Legambiente, Porti verdi: la rotta per uno sviluppo sostenibile. Analisi, buone pratiche e proposte per la decarbonizzazione del trasporto marittimo e lo sviluppo del *cold ironing* in Italia.

[13] Basta riflettere su ciò che viene prodotto in termini di inquinamento per lo sviluppo di anidride carbonica da parte delle gigantesche navi da crociera che vediamo ancorate nei nostri porti

[14] Si tratta di un Fondo aggiuntivo istituito con il d.l. 6 maggio 2021 diretto ad integrare le risorse destinate agli obiettivi del piano.

lungo le coste per le navi adibite alla navigazione interna e le navi adibite alla navigazione marittima nei porti marittimi e nei porti della navigazione interna», provvedendo all'installazione di tale fornitura, entro il 31 dicembre 2025, in tutti i porti, con priorità per quelli che fanno parte della rete centrale transeuropea dei trasporti (TEN-T). La disposizione europea è stata recepita con l'art. 4, comma 7, d. lgs. n. 257/2016, ad ulteriore testimonianza del carattere dovuto dell'intervento in questione.

Pur a fronte di una normativa che già da tempo prevedeva un intervento in tema di *cold ironing*, le previsioni comprese all'interno del piano nazionale rappresentano un passaggio determinante in grado di fornire un apporto risolutivo a fronte di coessenziali difficoltà che contrassegnavano l'intervento sotto un duplice punto di vista.

Il principale punto critico riguarda, infatti, gli alti costi che l'intervento di *cold ironing* presuppone e che ha rappresentato finora l'ostacolo maggiore alla sua effettiva attuazione; gli alti costi sono determinati dal dover operare un cambiamento tecnicamente complesso che possa consentire tale tipo di alimentazione elettrica non solo sulle banchine, ma anche sulle stesse navi. A ciò si deve aggiungere che per poter ottenere risultati effettivi nella prospettiva di un minore inquinamento ambientale è necessario anche un adeguamento dell'imprenditoria navale per l'utilizzo di energie rinnovabili sulle navi stesse. Pertanto, la spinta proveniente dai nuovi investimenti potrà costituire un importante passo per permettere che entità portuali e armatori avviino in sinergia i necessari processi di innovazione per la transizione verde.

Nonostante l'entità dei cambiamenti delle politiche che si prospettano in una visione più attenta alle questioni ambientali, risulta ancora insufficiente l'impegno politico e istituzionale che dovrebbe incidere sulle modalità d'azione delle autorità portuali e degli operatori privati. Adesso le esigenze di riforma sono dettate da un piano radicale e dalle impellenti tempistiche come il PNRR, espressione delle condizionalità assegnate per l'accesso alle risorse straordinarie del NGEU. Più che in passato si evidenzia, infatti, la necessità di un corretto bilanciamento degli interessi coinvolti in un ambito così decisivo per l'economia come quello portuale.

In conclusione le politiche del settore comprendono complesse azioni di natura progettuale, tecnica, scientifica, economica, istituzionale che si auspica concorrano, in un adeguato

bilanciamento, al miglioramento delle infrastrutture portuali in termini di efficienza energetica e tenendo conto delle realtà urbane.

Le questioni strettamente tecnico-scientifiche costituiscono un nucleo fondamentale per la riuscita della linea d'intervento *green ports* ma presuppone un rilevante intervento che coinvolga enti pubblici e soggetti privati in termini di riprogettazione delle reti energetiche e di nuove costruzioni, oltre che una profonda attenzione agli aspetti normativi, all'organizzazione istituzionale e agli aspetti economici.

Scienza e diritto sono sempre più legati in un binomio necessario, l'una presupponendo l'altro e viceversa, e l'attenzione che le politiche devono riservare all'ambiente, alle esigenze di tutela della salute, all'evoluzione digitale lo dimostrano in modo inequivocabile.

6. Bibliografia

G. Acquarone, *Il piano regolatore delle autorità portuali*, Milano, 2009

F. Benvenuti, *Ordinamento giuridico dei porti, con particolare riguardo a quelli industriali*, in *Mondo economico*, XIX, 1964, 22, 223 ss., ora in Id. *Scritti giuridici*, III, 2321 ss.

V. Caianiello, *I piani regolatori dei porti nel quadro della pianificazione urbanistica: competenze statali, regionali e comunali*, in *Quad. reg.*, 1986

B. Caravita, L. Cassetti, A. Morrone, *Diritto dell'ambiente*, Bologna, 2016

S. Carbone, F. Munari, *I porti italiani e l'Europa. Un'analisi delle regole, della giurisprudenza e della prassi amministrativa per operatori pubblici e privati,* Milano, 2019

M. Casanova, *Demanio marittimo e poteri locali*, Milano, 1986

A. Conio, F. Dinelli, *Tutela della biodiversità e protezione della natura e del mare*, in G. Rossi (a cura di), *Diritto dell'ambiente*, Torino, 2021, 440 ss.

A. Crismani, *Quali modelli di giustizia per l'ambiente e l'energia?,* in G. Osti, L. Pellizzoni (a cura di), *Energia e innovazione tra flussi globali e circuiti locali*, Trieste, 2018

A. Crismani, B. A. Masso, *Green ports: strumenti e misure*, in *Riv. giur. edil.*, 2021

A. Crosetti, R. Ferrara, F. Fracchia, N. Olivetti Rason, *Diritto dell'ambiente*, Bari, 2008

G. Falzea, *Porto e funzione portuale*, Milano, 1988

R. Ferrara, C.E. Gallo (a cura di), *Trattato di diritto dell'ambiente*, I, Milano, 2014

F. Fracchia, *Lo sviluppo sostenibile, la voce flebile dell'altro tra protezione dell'ambiente e tutela della specie umana*, Napoli, 2010; ID., *Sviluppo sostenibile e diritti delle generazioni future*, in *Riv. Quad. dir. amb.*, 2010, 13 ss.; ID., *Il principio dello sviluppo sostenibile*, in G. Rossi (a cura di), *Diritto dell'ambiente*, Torino, 2021, 181 ss.

C. Franchini, *L'amministrazione dei porti tra accentramento e decentramento*, in *https://www.amministrazioneincammino.it* , 2010

M. Gonzales Aregali, R. Bergivist, J. Monios, *A global review of the hinterland dimension of green portstrategies*, in *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2018

M. Immordino, *Pianificazione urbanistica e pianificazione portuale*, in M.R. Spasiano (a cura di), *Il sistema portuale italiano tra funzione pubblica, liberalizzazione ed esigenza di sviluppo*, Napoli, 2013, 346 ss.

A. Lanza, *Lo sviluppo sostenibile*, Bologna, 2006

R. Lombardi, *Porti Verdi e sostenibilità del trasporto marittimo*, in *Riv. Quad. dir. ambiente*, 2011

R. Longobardi, *I porti marittimi*, Torino, 1997

N. Lugaresi, *Diritto dell'ambiente*, Padova, 2020

G. Marletto, *L'impatto ambientale dei porti: una prima rassegna su metodi di misurazione e politiche di riduzione, in Lo sviluppo regionale nell'Unione Europea. Obiettivi, strategie, politiche*, XXVIII Conferenza Italiana di Scienze Regionali, Bolzano 2007

A. Morrone, *Il coordinamento tra attività edilizia ed i vincoli paesaggistici ed ambientali nel recente contesto d'emergenza*, in *www.ambientediritto.it*, 2020

G. Panella, *Economia e politiche dell'ambiente*, Roma, 2002

G. Pericu, voce *Porto,* in *Enc. Dir.*, XXXIV, 1985

M. Ragusa, *La costa, la città e il porto. il coordinamento tra pianificazione urbanistica e portuale nei porti di interesse nazionale e internazionale*, in M.R. Spasiano (a cura di), *Il sistema portuale italiano tra funzione pubblica, liberalizzazione ed esigenza di sviluppo*, Napoli, 2013

M. Ragusa, *Porto e poteri pubblici, Una ipotesi sul valore attuale del demanio portuale,* Napoli, 2017

A. Scattiglia, *Interazione porto-città: fra pianificazione portuale e novità legislative*, in *www.ambientediritto.it* 3, 2021

G. Severini, U. Barelli, *Gli atti fondamentali dell'Unione Europea su "transizione ecologica" e "ripresa e resilienza": prime osservazioni*, in *Rivi. Giur. dell'Amb.*, 2021

G. Sirianni, *I porti marittimi*, in S. CASSESE (a cura di), *Trattato di diritto amministrativo. Diritto amministrativo speciale*, III, 2003, 2545

M. Spasiano (a cura di), *Il sistema portuale italiano tra funzione pubblica, liberalizzazione ed esigenze di sviluppo*, Napoli, 2013

E. Tamatey Lawer, J. Herbeck, M. Flitner, *Selective Adoption: How Port Authorities in Europe and West Africa Engage with the Globalizing 'Green Port' Idea*, in *Sustainability* 2019, 11, 5119

G. Taccogna, *Strumenti urbanistici e demanio marittimo*, in Il Diritto Marittimo, 2003, 4, 1485

C. Videtta, *Cultura e sviluppo sostenibile. Alla ricerca del IV pilastro*, Torino, 2018

C. Vivani, *Ambiente ed energia*, in R. FERRARA, C.E. GALLO (a cura di), *Trattato di diritto dell'ambiente*, I, cit., 503 ss.

Edoardo Proverbio - Roberto Montanini - Candida Milone
Salvatore De Caro - Guido Di Bella - Simone Panfiglio

LA TUTELA DELL'AMBIENTE MARINO ATTRAVERSO L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA E IL COINVOLGIMENTO DELLA RETE DEL CLUSTER TECNOLOGICO NAVTEC

1. NAVTEC, il network siciliano dell'innovazione nell'ambito dell'economia del mare. – 2. Il valore della condivisione del sapere nel network NAVTEC. – 3. L'impegno nella tutela della risorsa marina attraverso l'innovazione. – 4. L'innovazione tecnologica come espressione del superamento dei limiti tecnici. – 5. Considerazioni finali. – 6. Bibliografia.

1. NAVTEC, il network siciliano dell'innovazione nell'ambito dell'economia del mare

Il Distretto Tecnologico Trasporti Navali Commerciali e da Diporto Sicilia, noto anche con il nome di Consorzio NAVTEC, è stato costituito nel 2008 nell'ambito delle politiche, delle strategie e delle linee di intervento promosse e adottate dalla Regione Sicilia nel campo della ricerca, dell'innovazione e del trasferimento tecnologico. Nel quadro della programmazione delle risorse per il finanziamento di iniziative di ricerca nel Mezzogiorno, la Strategia regionale per l'Innovazione in Sicilia, approvata dalla Giunta regionale (d.g.r. n.21/2003), ha manifestato la necessità di promuovere poli di eccellenza di ricerca e innovazione, ritenuti di fondamentale importanza per il sostegno alla competitività del sistema industriale siciliano. Così, l'Accordo di Programma Quadro "Ricerca Scientifica ed Innovazione tecnologica" del 14 giugno 2005, ha previsto la costituzione di tre Distretti Tecnologici: AgroBio e Pesca Ecocompatibile, Micro e Nanosistemi e Trasporti Navali Commerciali e da Diporto (delibera CIPE n. 18/2004) I Distretti Tecnologici sono pensati come enti di aggregazione dei principali player industriali delle filiere di appartenenza, dei dipartimenti delle Università e degli Enti di ricerca delle specializzazioni interessate dalle traiettorie di innovazione e dai portatori di interesse del settore di riferimento.

NAVTEC, nato dalla volontà politica e dall'interesse industriale e scientifico dei propri partner, annovera tra i propri soci i grandi player del settore della cantieristica navale e dei

trasporti navali come Fincantieri, Liberty Lines e Caronte & Tourist, le eccellenze della ricerca della Regione Siciliana attraverso la partecipazione dei dipartimenti di ingegneria e delle altre facoltà scientifiche delle Università di Messina, Palermo e Catania, oltre a numerosi Istituti del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Nato come aggregatore regionale specializzato al settore di trasporti navali e da diporto, nel tempo ha saputo allargare la sua sfera di influenza e coinvolgere partner su tutto il territorio nazionale e in settori che abbracciano l'ambito più ampio dell'Economia sostenibile del mare. Le più recenti collaborazioni hanno coinvolto infatti importanti cantieri navali come Azimut Benetti e aziende del settore del monitoraggio ambientale come Ambiente SpA. Inoltre, sono state avviate collaborazioni con operatori del settore dei trasporti navali in ambito europeo. Nonostante la tutela dell'ambiente marino non sia stato inizialmente la ragione fondante del consorzio, i progetti di ricerca che sono stati nel tempo sviluppati hanno avuto fin dal principio una forte impronta che possiamo definire ambientalista e di grande attenzione alla riduzione dell'impronta antropica delle attività marittime, tanto da diventare parte integrante della mission di NAVTEC che è promuovere e sviluppare progetti di ricerca per un settore dei trasporti navali più efficiente, più sostenibile meno inquinante e più sicuro.

2. Il valore della condivisione del sapere nel network NAVTEC

Il processo di funzionamento del consorzio è stato fin dal principio orientato alla più ampia condivisione dei saperi e delle idee. Lo spirito che ha animato il Distretto NAVTEC è fortemente ispirato al confronto e all'integrazione di competenze per lo sviluppo di progettualità sinergiche di ricerca e sviluppo. Le ricadute sul piano industriale sono considerate fin dal principio attraverso un percorso di valutazione delle potenzialità delle proposte di ricerca nel mercato di riferimento e tramite l'interesse dei partner industriali della rete del consorzio. Nell'ambito di una proposta progettuale tipo, ad applicazioni ad alto TRL vengono affiancate linee di ricerca più vicine alla ricerca di base, nel tentativo continuo di ampliare lo spettro d'azione di pertinenza del consorzio e nella convinzione che anche la ricerca fondamentale sia motore dello sviluppo economico di lungo periodo.

Fin dalla sua fondazione il concetto operativo che ha ispirato l'azione del Distretto è stato quello della "open innovation" così come teorizzato da Henry Chesbrough [1]. La open

innovation promuove una mentalità di agilità e flessibilità all'interno della quale le aziende devono essere disposte a esplorare nuove idee e stimoli che provengono da entità esterne, come Università, Centri di ricerca, spin off e altre aziende sia della propria filiera – inclusi i competitor – che provenienti da settori industriali differenti, in uno scambio continuo di informazioni che possa alimentare la contaminazione di idee innovative.

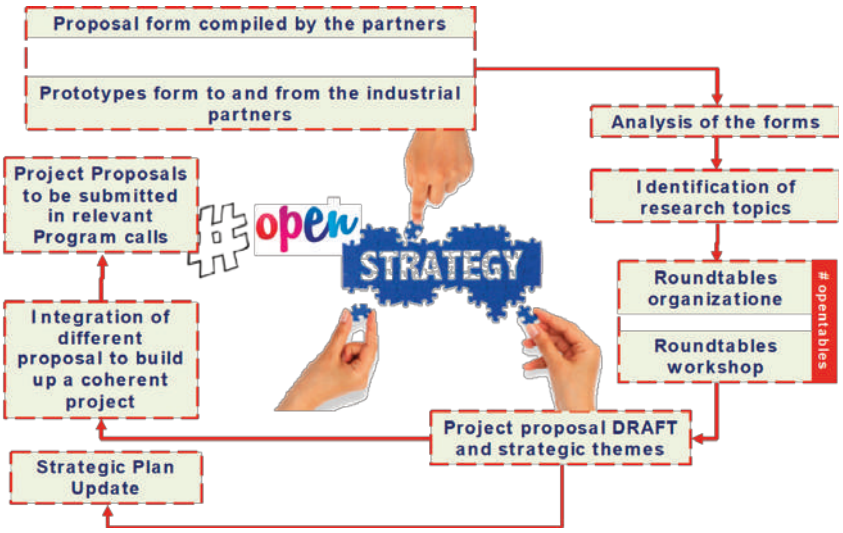
Il Consorzio supera la teorizzazione classica dell'open innovation che lascia all'iniziativa personale e a quella della singola azienda la generazione di contatti di scambio intellettuale, generando un ambiente stabile e strutturato di interconnessioni e di condivisione delle conoscenze, delle necessità di innovazione e di generazione di idee innovative.

È importante notare che, al contrario della maggior parte delle esperienze di open innovation a cui prendono parte le aziende, costituite in gran parte da giornate dedicate di matchmaking e di condivisione di traiettorie di sviluppo in fiere dedicate a uno o più mercati di interesse, il Distretto è un luogo fisico, con una sede e una struttura organizzativa definite e stabili. Questo permette alle aziende di trovare in ogni momento all'interno della rete un riferimento per le proprie esigenze di competenze e uno spazio per la condivisione di problemi operativi che necessitano di soluzioni e di capacità non disponibili internamente. Allo stesso modo le università, gli enti di ricerca e gli operatori della ricerca possono condividere i risultati delle sperimentazioni e sondare l'interesse industriale in un settore in forte espansione come quello della Blue Economy. Nel tempo si sono create relazioni stabili di interconnessione tra i gruppi di ricerca e un percorso continuativo di crescita delle competenze e delle capacità di innovazione, superando il punto di debolezza principale dell'open innovation, il rischio di contatti e di strutture effimere di relazione tra le parti.

Operativamente il Consorzio sviluppa periodicamente il Piano Strategico pluriennale, all'interno del quale vengono individuate le traiettorie di ricerca prevalenti, in coerenza con la programmazione comunitaria, con le KETs identificate e con la programmazione nazionale. Inoltre, una parte rilevante della strategia è allineata alla Strategia Regionale dell'Innovazione per la specializzazione intelligente della Regione Siciliana (S3), che il Distretto contribuisce a sviluppare direttamente in qualità di advisor della struttura di programmazione regionale.

Con la stessa cadenza periodica il Consorzio effettua uno scouting di idee progettuali, attività di ricerca e proposte di innovazione tecnologica presso i propri soci, attraverso il collettamento di una serie di schede progettuali che identificano in sintesi i principali obiettivi, lo stato dell'arte dell'argomento di riferimento, le competenze presenti e quelle da ricercare e il budget indicativo per le attività proposte. Questa prima parte del processo di open innovation è sempre molto partecipata e le proposte progettuali della rete superano agevolmente le cento idee. Le "schede" vengono organizzate in argomenti e "taggate" per poter intercettare le interazioni con altre proposte e creare a tutti gli effetti un network di idee da sottoporre alla successiva fase di interazione in presenza. I soggetti interessati vengono chiamati a partecipare a delle sessioni tematiche all'interno delle quali poter esprimere più compiutamente la proposta progettuale indicata sinteticamente nelle "schede", verificare l'interesse di altri gruppi di ricerca e di aziende del settore a integrare con attività similari, complementari o aggiuntive e, se viene raggiunta una "massa critica" sufficiente a sviluppare un progetto di ricerca in bozza, creare un gruppo di lavoro per lo sviluppo di un programma di lavoro indicativo.

Successivamente il Distretto verifica eventuali competenze mancanti, aziende della filiera che vogliono supportare il concetto innovativo e cercano attivamente le fonti di finanziamento pubbliche o private necessarie a rendere possibile l'investimento.



Questo approccio ha permesso nei dieci anni di operatività di NAVTEC di sviluppare quindici progetti di ricerca in vari ambiti di applicazione per un investimento complessivo di

120 milioni di euro, coinvolgendo 45 partner, 32 dei quali esterni alla compagine sociale e presenti su tutto il territorio nazionale.

Nel corso della programmazione delle attività, laddove necessario, le competenze specifiche e di alto profilo dei centri di ricerca è stata anche utilizzata per attivare dei percorsi di formazione di tecnici ad alta specializzazione che potessero supportare le aziende nel percorso di innovazione. Anche in questo caso l'interazione tra i centri di ricerca e il mondo industriale è stata intensa, la somministrazione dei corsi teorici su argomenti tecnici specifici è stata affiancata da periodi di tirocinio nelle imprese parte dei progetti.



Il tasso di impiego dei tecnici formati nei 6 mesi successivi alla conclusione dei progetti, che si è attestato intorno all'80%, ha confermato la validità dell'approccio della condivisione nei percorsi formativi.

Nei paragrafi successivi si dettaglieranno i principali risultati dei progetti di ricerca che sono stati sviluppati. Normalmente i progetti di ricerca vengono suddivisi per ambito tecnologico di interesse (es. tecnologie dei materiali, efficientamento energetico, sensoristica per il monitoraggio ambientale, ecc). In questa esposizione si è preferito suddividere gli ambiti di indagine secondo due macro-aree: l'impegno nella tutela dell'ambiente marino attraverso l'innovazione e il superamento dei limiti tecnici in campo navale attraverso l'innovazione tecnologica. Le tematiche non sono rigidamente separate, ma agiscono sulla tutela del mare come risorsa in due modi differenti. Nel primo caso andremo a descrivere le tecnologie che hanno come obiettivo diretto il rispetto dell'ambiente marino, nel secondo caso verranno elencate tecnologie che traguardano lo stato dell'arte, e che indirettamente contribuiscono

alla riduzione dell'impatto antropico sul mare. In tutti i casi NAVTEC ha adottato fin dalla sua costituzione, anche se non in modo evidente ed esplicito il principio successivamente adottato dalla Commissione Europea DNSH (Do not significantly harm) per la costruzione delle sue idee progettuali.

3. L'impegno nella tutela della risorsa marina attraverso l'innovazione

I progetti di ricerca improntati alla tutela della risorsa marina hanno come luogo d'elezione l'area portuale e le sue interconnessioni con le aree limitrofe. NAVTEC si trova a Messina e l'area portuale della città è del tutto peculiare, in quanto presenta un collegamento costante e diretto tramite traghetti ro-ro tra la terra ferma e l'isola Siciliana al quale si sommano altre attività, come l'attraversamento dello Stretto di Messina e l'attività crocieristica che ha visto negli anni un aumento degli accosti fino a diventare il primo porto per crocierismo in Sicilia e il decimo in Italia. L'Autorità portuale dello Stretto gestisce anche il porto di Milazzo, in larga parte asservito al traffico commerciale funzionale alla vicina raffineria e secondariamente al collegamento con le isole minori. Messina, quindi, è un'area che si presta naturalmente alla sperimentazione di tecnologie e ad interventi per la riduzione dell'impatto ambientale sul territorio delle attività connesse alla navigazione.

Il porto di Catania e Palermo presentano caratteristiche similari di contiguità con le infrastrutture di grandi città.

Da queste considerazioni è nato il progetto SEAPORT, Sviluppo di tecnologie innovative per la Sostenibilità Energetica ed Ambientale di cantieri navali ed aree PORTuali, che ha perseguito diversi obiettivi [5]:

- Analisi e simulazione dell'interazione nave-porto-territori circostanti in funzione della riduzione degli impatti ambientali ed allo sviluppo sostenibile delle aree portuali, i cui obiettivi sono stati, attraverso valutazioni di intermodalità e l'utilizzo di diversi combustibili per l'alimentazione dei natanti, l'efficientamento energetico dell'area portuale stessa ed la capacità di integrare le necessità e le potenzialità ottimizzando il sistema porto in un nodo positivo per l'area urbana di riferimento.
- Ottimizzazione energetica di un cantiere navale attraverso l'utilizzo di FER e recupero energetico da rifiuti e residui con l'applicazione di tecnologie innovative prototipali e pre-

commerciali. Stesura di "best practice" per favorire l'utilizzo delle metodologie coerenti con il "sistema cantiere".

- Utilizzo dell'energia derivante dal moto ondoso, sia a terra che a bordo dei natanti e loro scambio nel periodo di sosta in area portuale.
- Controllo e gestione dei flussi di energia porto verso nave, nave verso porto e loro ottimizzazione.
- Individuazione di tecniche di risanamento delle acque portuali attraverso la combinazione di areazione forzata, aggiunta di nutrienti ed eventualmente di specie batteriche opportunamente selezionate.
- Monitoraggio delle emissioni di gas climalteranti sulle navi per l'assesment dell'impatto nelle aree limitrofe alle aree portuali.

I risultati raggiunti dal progetto sono stati di grande utilità per definire un processo di analisi, monitoraggio e definizione di azioni mirate per la riduzione dell'impatto ambientale attraverso l'efficientamento energetico e azioni attive di disinquinamento delle aree particolarmente esposte. In particolare, nelle aree specifiche indagate (Cantiere navale di medie dimensioni insistente nell'area portuale di Augusta e Area portuale di Messina) si sono raggiunti dei risultati misurabili di riduzione delle emissioni climalteranti e del grado di inquinamento insistente nella zona.

Per quanto riguarda il Cantiere Navale di Augusta, a valle dello scouting completo delle attività di cantiere, delle analisi dei processi industriali è stata eseguita una diagnosi energetica completa che ha portato alla definizione dei possibili interventi per la riduzione della dipendenza da combustibili fossili. Tra le possibili opzioni i partner di progetto hanno implementato l'installazione di un impianto fotovoltaico da 50 kW, accoppiato a sistema di accumulo elettrochimico da 94 kWh costituito da 60 moduli aventi una tensione nominale di 12 V. Contemporaneamente è stato effettuato il completo relamping dell'officina, area energeticamente più rilevante. Le attività di recupero, invece, hanno riguardato la valorizzazione energetica dei reflui di scarto del cantiere attraverso la gassificazione per la produzione di gas di sintesi.

Uno dei risultati più evidenti del progetto si è reso possibile grazie alla collaborazione di Caronte & Tourist con CETENA, che ha permesso l'installazione su un'imbarcazione di test

di un sistema integrato di monitoraggio dei consumi e delle emissioni. Dopo una fase iniziale di rilevazione, i dati raccolti sono stati utilizzati per tarare alcuni parametri di navigazione per l'ottimizzazione dei consumi. In particolare, sono stati ridefiniti alcuni setting di carico per equilibrare il carico in modo più funzionale e la posizione dei pod azimutali di propulsione per garantire una spinta ottimale che tenga conto dei contributi della corrente che nello Stretto di Messina è particolarmente rilevante. Nel corso delle attività di refitting sono state studiate delle coperture per l'opera viva che potessero ridurre la resistenza idrodinamica; la nave di test è stata riverniciata con un top coat siliconico. Le attività precedentemente elencate hanno permesso di ridurre notevolmente i consumi a fronte di modifiche all'imbarcazione limitate alla sensorizzazione e all'aumento del database di parametri disponibili. A titolo esemplificativo, la nave Archimede, utilizzata per la tratta Messina-Villa San Giovanni, in seguito agli interventi di efficientamento ha ridotto i suoi consumi del 21%.

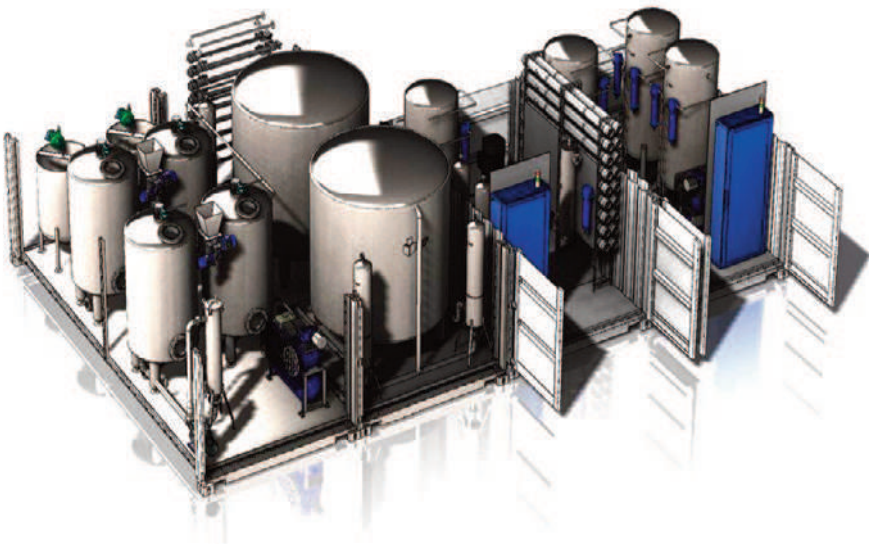
Il progetto non si è limitato all'ottimizzazione della situazione "as is", ma ha anche prodotto uno studio tecnico – economico per l'adozione dell'LNG per la flotta Caronte&Tourist, considerando come mercato di riferimento anche quello potenziale delle isole minori per le esigenze energetiche stazionarie residenziali.

Lo studio è stato il primo passo dell'azienda di trasporti verso il commissioning del primo traghetto predisposto per l'utilizzo dell'LNG del mediterraneo, che attualmente opera con il nome di Nave Elio.

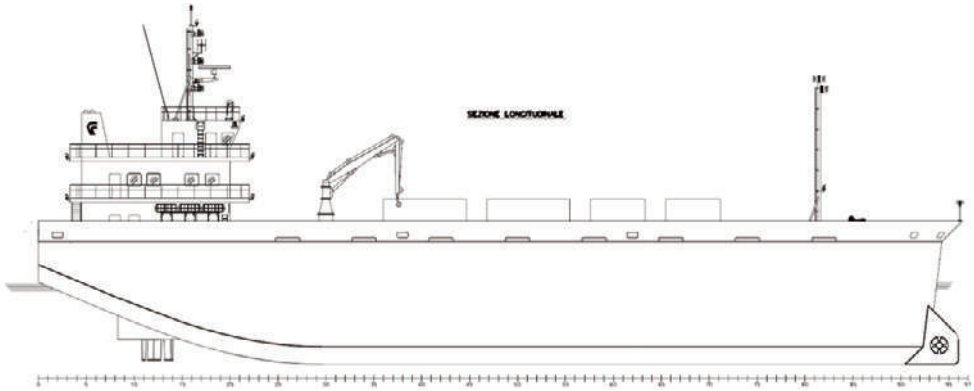
La base di dati del progetto SEAPORT per Caronte & Tourist è stato il punto di svolta per la valorizzazione dei dati come elemento chiave per l'innovazione e la disponibilità di dati come mezzo per l'aumento dell'efficienza. Dalle risultanze del progetto SEAPORT sono nate infatti molte idee progettuali che sono confluite in diversi progetti. In questo contesto citiamo il progetto TETI, all'interno del quale una partnership ampia, composta da Caronte & Tourist, CETENA e Fincantieri Nextech stanno sviluppando sistemi di monitoraggio remoto e una control room per la condivisione a terra dei dati di flotta, e il progetto Fi-ShipS, all'interno del quale sono state testate alcune tecnologie di risparmio energetico che sfruttano il calore dei gas di scarico disponibili in sala macchine per la produzione di energia elettrica per le utenze hotel del traghetto e per la produzione di energia frigorifera.

Il progetto TETI non si limita all'implementazione di tecnologie di monitoraggio dei dati della flotta a bordo e a terra ma ha come obiettivo primario lo sviluppo di tecnologie di monitoraggio della qualità delle acque marine in ambito portuale. TETI sta definendo infatti una serie di sensori per la detezione delle diverse tipologie di inquinanti che sono stati identificati come possibili fonti di contaminazione nelle aree adiacenti ai porti e alle aree costiere. In particolare, si stanno ingegnerizzando sensori per la detezione di metalli pesanti, di idrocarburi e di batteri. Inoltre, è stata posta l'attenzione sull'inquinamento acustico generato dalle attività antropiche. Nel corso della sperimentazione i sensori verranno installati a bordo di boe multifunzionali autonome che potranno essere impiegate in diversi contesti operativi, dalla marina turistica che necessita di aumentare gli approdi e contestualmente vuole monitorare la qualità delle acque di pertinenza, agli impianti off-shore e alle attività industriali che hanno contiguità con l'ambiente marino.

Il progetto TETI idealmente completa le competenze e le capacità di sviluppo del consorzio nell'ambito del monitoraggio e depurazione ambientale dell'ambiente marino già sviluppate nei progetti SEAPORT e STI-TAM ormai conclusi. STI-TAM - Sviluppo di Tecnologie Innovative per il trattamento dei rifiuti liquidi della navigazione finalizzate alla Tutela dell'Ambiente Marino [6] ha progettato e testato due sistemi di trattamento – uno pensato per l'impiego a bordo e uno per il trattamento delle acque reflue a terra - di rifiuti liquidi (acque reflue da servizi, slops, bilge water) alcune delle quali caratterizzati da elevati valori di salinità. Dall'attività di ricerca è nato il progetto di un sistema di depurazione pallettizzato, installabile sul ponte di coperta di una zattera opportunamente attrezzata con due linee di trattamento per gli SLOP da 50m^3/giorno.







Il Consorzio nei suoi progetti si è occupato quindi della tutela dell'ambiente marino in modo diretto, attraverso un processo strutturato di aumento delle conoscenze disponibili

attraverso il reperimento di dati e la creazione di conoscenza, l'individuazione di azioni correttive per la riduzione dell'impatto antropico e l'implementazione di azioni pilota per testare e sperimentare soluzioni già commercialmente disponibili ovvero prodotti che siano vicini alla produzione. In questo contesto le attività agiscono su un piano temporale di breve – medio periodo e non vengono testati cambi sostanziali di paradigma tecnologico e gli avanzamenti di tecnologie sono relativi a componenti e sottosistemi; la maggior parte delle azioni si estrinseca in attività di retrofit, o di installazione di prototipi ma su imbarcazioni e strutture di servizio esistenti. NAVTEC persegue anche una linea d'azione di medio – lungo periodo, che sonda cambi più profondi nella tecnologia impiegata in campo navale della quale si dà evidenza nel paragrafo successivo.

4. L'innovazione tecnologica come espressione del superamento dei limiti tecnici

Il settore dei trasporti navali incide sulle emissioni globali di gas climalteranti per l'1,7%, e, all'interno del settore dei trasporti e grava più o meno quanto il settore dell'aviazione civile e commerciale [2]. È chiaro quindi che, esattamente come per il settore dell'aviazione, sia necessario un cambio di paradigma per centrare gli obiettivi definiti dall'Accordo di Parigi (COP 21) e quelli definiti dall'International Maritime Organization (IMO) che prevede, tra gli obiettivi a breve termine, la riduzione dell'intensità di carbonio di tutte le navi del 40% entro il 2030 rispetto ai valori 2008 [3].

NAVTEC fin dalla sua costituzione nel 2008, ha incluso tra i temi rilevanti di ricerca l'efficientamento energetico, l'introduzione di combustibili alternativi e l'integrazione di architetture di generazione di energia a basso impatto ambientale, anticipando l'importanza che questo tema avrebbe avuto nella definizione di direttive internazionali sul tema. L'efficientamento energetico, nei progetti istruiti dal consorzio, viene concepito attraverso un approccio olistico, che vede l'imbarcazione nel suo complesso e non solo attraverso l'analisi del sistema di produzione di energia. Sono stati indagati nel tempo l'alleggerimento delle strutture, architetture ibride fossile-elettrico, l'uso dell'idrogeno come combustibile primario, l'efficienza degli scafi e delle eliche e sistemi autonomi di navigazione e accosto per la riduzione dei consumi.

Il progetto che per primo ha indagato nel suo complesso e in un ampio spettro di applicazioni architetture ad alta efficienza per la propulsione è stato il progetto TESEO – "Tecnologie ad alta Efficienza per la Sostenibilità Energetica ed ambientale Onboard" [4]. I prototipi sviluppati come risultato delle attività di ricerca sono stati numerosi e hanno abbracciato diversi settori della nautica. In particolare, sono stati progettati, prodotti e testati:

- un sistema fuel cell PEM alimentato ad aria prelevata dall'ambiente e da idrogeno allo stato gassoso. Il sistema è modulare e scalabile, per una potenza complessiva di 10KW dimensionata per soddisfare le esigenze di alimentazione della strumentazione di bordo di una nave da trasporto passeggeri. La potenza totale è stata dimensionata per soddisfare il fabbisogno energetico delle strumentazioni alimentate a 24VDC e le utenze a 220AC. Il sistema è ibridizzato con delle batterie, per coprire eventuali picchi di carico.
- un sistema di generazione di energia elettrica a celle a combustibile (fuel cells) alimentate ad idrogeno in grado di erogare la potenza massima di 260 kW erogata da 8 moduli indipendenti da 32 KW di fuel cell di tipo polimerico (PEMFC) alimentate ad aria/idrogeno. Il campo di applicazione di questo prototipo è l'alimentazione degli ausiliari di uno yacht di grandi dimensioni al fine di dimostrare la capacità di riduzione delle emissioni in porto / rada.
- un peschereccio innovativo per la pesca costiera dotato di propulsione ibrida (diesel-elettrico) con capacità di navigazione in modalità full-electric tramite l'alimentazione da batterie dedicate. Il progetto dell'imbarcazione è stato ripensato a partire da un foglio bianco, considerando le esigenze e le tecnologie di pesca e studiando nel dettaglio:

  - la fluidodinamica della carena e della struttura dello scafo al fine di migliorarne l'efficienza e ridurre i consumi di combustibile;
  - la forma delle eliche con l'ausilio dei più recenti metodi di calcolo cercando di massimizzare efficienza e silenziosità;
  - l'impronta acustica complessiva del peschereccio;
  - il sistema di propulsione, analizzando varie configurazioni con differenti gradi di ibridizzazione termico-elettrico;

- l'efficienza generale del sistema termico, analizzando e testando in laboratorio tecnologie di recupero del calore dei gas di scarico per l'alimentazione delle utenze di bordo, con particolare riferimento alle celle di refrigerazione del pescato.



Il progetto inoltre ha testato diverse soluzioni di accumulo dell'idrogeno a bordo, che ad oggi rimane uno dei limiti tecnologico – normativi che limitano l'adozione della tecnologia nel settore. Gli studi e le installazioni prototipali hanno adottato sia serbatoi pressurizzati che serbatoi ad idruri metallici. Infine sono stati studiati processi di reforming da diesel per la produzione di idrogeno.

Dai risultati del progetto TESEO e dalle analisi dell'introduzione dell'LNG come combustibile a basse emissioni del progetto SEAPORT sono nati nuovi spunti di ricerca e progettuali che sono confluiti nel progetto NAUSICA, che parte dall'LNG come combustibile standard per le imbarcazioni di grande taglia nel breve – medio periodo e cerca di trovare soluzioni tecnologiche che traghettino il settore verso l'uso dell'idrogeno nel medio-lungo periodo. Le attività prevedono lo studio estensivo di architetture ibride e in griglie integrate con la presenza di motori termici, elettrici, celle a combustibile di diversa tipologia e sistemi di accumulo elettrochimico. È prevista la valutazione dell'integrazione di pannelli fotovoltaici di terza generazione per contribuire alla ricarica delle batterie di ausiliari, l'analisi del recupero termico di motori termici e la produzione di idrogeno tramite reforming a partire dal combustibile primario.

Una parte rilevante del lavoro è dedicata allo studio delle carene e dell'efficienza complessiva degli scafi per ridurre la resistenza idrodinamica e permettere un dimensionamento efficiente dei gruppi propulsivi.

La riduzione delle necessità energetiche passa anche attraverso un tema spesso sottovalutato ma di grande rilevanza per la costruzione di imbarcazioni, ossia l'alleggerimento delle strutture. Ancorché il rapporto tra peso del mezzo e potenza richiesta non sia così esasperato come in campo aerospaziale, una riduzione consistente del tonnellaggio delle imbarcazioni può contribuire notevolmente all'efficienza complessiva. Inoltre, l'uso in strutture leggere per l'impiego navale di compositi solleva il problema della sostenibilità della produzione in ottica di smaltimento e di riuso dei materiali a fine vita operativa. Infine l'efficienza complessiva dello scafo è inficiata dalla tipologia di verniciatura e dalla presenza in ambiente marino dell'insorgenza di accrescimenti biologici che modificano anche in modo sostanziale le forme e aumentano la resistenza dello scafo.

Da tutte le considerazioni precedenti, dall'interesse industriale sull'argomento e dalle competenze delle Università siciliane nel settore delle tecnologie dei materiali e dell'economia circolare sono stati sviluppati i progetti THALASSA [7] e SIMARE, che hanno portato avanti ricerche ad ampio spettro sui temi delle giunzioni di componenti per la cantieristica navale, sull'impiego di materiali compositi ad alta riciclabilità e sostenibilità ambientale e sulla formulazione di rivestimenti antivegetativi altamente sostenibili.

L'attività di indagine ha permesso alle aziende che hanno partecipato al progetto una approfondita disamina di alcuni temi di interesse specifico relativi ai processi produttivi e alle possibili alternative più sostenibili ed efficienti. Azimut Benetti, ad esempio, ha effettuato uno studio approfondito della connessione single-strap per ridurre il fattore di sicurezza richiesto dall'ente certificatore per la progettazione della connessione in fibra di vetro. L'analisi ha preso in considerazione le caratteristiche peculiari della giunzione eseguita in fase di produzione, in particolare un elevato spessore dello strato adesivo rispetto ai lembi sovrapposti. È stata eseguita un'analisi FEM dettagliata e test con campioni dotati di sensori in fibra ottica per valutare il comportamento strutturale complessivo. Per la valutazione di un caso applicativo reale, è stato sviluppato un modello per serbatoi di carburante. Questa tipologia di giunzione rappresenta un tema diffuso e di crescente interesse, per la necessità di

ridurre le altezze della compartimentazione dei doppi fondi. L'incollaggio rappresenta quindi l'unica tecnologia che garantisce continuità strutturale, risultando quindi fortemente sollecitato, ed inoltre è soggetto alla contaminazione di gasolio e/o acqua dolce. Le valutazioni hanno portato a un minore utilizzo di materiali, una maggiore consapevolezza degli strumenti numerici e una fiducia nell'utilizzarli come giustificazione nel processo di certificazione.

Sono state inoltre valutate in termini di criticità in servizio alcune tipologie di giunto coinvolte nel processo produttivo delle navi da crociera progettate da Fincantieri. In particolare sono stati esaminati i giunti bimetallici per la tendenza ad evidenziare fessure indesiderate all'interno del giunto. L'analisi è risultata particolarmente interessante in quanto le problematiche e le caratteristiche di questo giunto sono state confrontate con la Friction Stir Welding. È stata eseguita una revisione completa della sensibilità dei parametri critici e delle variabili della tecnica FSW, definendo il fattore di forma del perno, l'angolo di saldatura, la velocità e la pressione, nonché la necessità di polvere additiva e altri elementi distintivi per massimizzare il comportamento meccanico del giunto e ridurre tutte le problematiche derivanti dall'unione di elementi dissimili quali corrosione e tensioni residue.

È stata sviluppata una completa caratterizzazione meccanica di un giunto a gradino ibrido fibra di vetro – alluminio quando si utilizza la rivettatura orbitale e l'autoperforazione, nonché un'analisi di correlazione tra il FEM e il test reale, consentendo la creazione e la messa a punto di un utile set di strumenti per i cantieri navali. Questo metodo congiunto è stato anche rivisto in termini di impatto ambientale complessivo ed emissioni di CO_2 attraverso uno studio LCA. Sono stati eseguiti numerosi casi, con diversi spessori delle lastre e due scenari di fine vita (Recycled content approach and Substitution Method). I risultati di questo studio sono di grande importanza in quanto valutano in modo quantitativo il contributo ambientale alla riduzione del peso nel processo produttivo. I risultati hanno mostrato una riduzione delle emissioni di CO_2 fino al 40% con una riduzione di 1,5 mm dello spessore medio del materiale utilizzato per la produzione della struttura primaria.

È stata eseguita un'analisi approfondita dei materiali compositi sostenibili e riciclabili per applicazioni navali. Azimut Benetti, CTMI e Fincantieri hanno fornito un elenco di caratteristiche dei materiali compositi utilizzati nella produzione al fine di confrontare sia le matrici che le fibre di rinforzo idonee ad essere sostituite o almeno introdotte come elemento

riciclabile. Sono state prese in considerazione fibre di basalto e lino, dove sono state studiate numerose resine tra le quali i migliori risultati sono stati ottenuti con il tipo Polar Bear. Il basalto e il lino sono stati introdotti con successo in una configurazione standard di fibra di carbonio-resina epossidica mantenendo il livello delle caratteristiche meccaniche e fisiche del materiale finito accettabile per l'uso proposto come materiale strutturale.

Le attività sono state finalizzate anche alla sostituzione di elementi inquinanti all'interno delle vernici normalmente utilizzate nel settore navale con componenti più rispettosi dell'ambiente mantenendone il livello prestazionale. Sono state esaminate in dettaglio diverse configurazioni per applicazioni antivegetative e antivegetative, con riferimento all'efficacia, alla facilità di miscelazione all'interno della matrice pittorica e ad altre caratteristiche utili per le specifiche applicazioni.

Il campo delle vernici è un campo interessante per il settore navale sia per la quantità di materiale impiegato che per il valore commerciale del mercato di riferimento, considerando le esigenze di manutenzione periodica delle imbarcazioni visto l'ambiente particolarmente aggressivo in cui operano. NAVTEC ha collaborato anche su questo fronte per la sostituzione di alcuni componenti, al momento costituiti da pannelli di materiale isolante, con vernici che possano replicare le stesse prestazioni di protezione alla fiamma, isolamento termico e acustico. Questo è il campo di indagine del progetto NO FIRE NAVE sviluppato in collaborazione con il Colorificio ATRIA.

5. Considerazioni finali

La condivisione del sapere, declinata dal consorzio NAVTEC tramite il paradigma della "open innovation" in una struttura stabile di generazione di idee innovative e di progetti di ricerca rivolti al settore dell'economia blu nel suo complesso ha permesso nel tempo di creare sperimentazioni di tecnologie che consentono di generare innovazione e seguire le traiettorie di sviluppo del mercato di riferimento, contando sulle competenze degli enti di ricerca. NAVTEC, seppur in un ambito specifico e attraverso la cooperazione a livello regionale prova a contribuire a quelli che Piero Angela considerava «i veri acceleratori dello sviluppo: educazione, conoscenza, competenza, flessibilità, innovazione, capacità progettuale» (Angela P. 2022).

6. Bibliografia

[1] Henry Chesbrough, Open: Modelli di business per l'innovazione, a cura di Alberto Di Minin, Enea, 2008.

[2] Progetto SEAPORT – Rapporto Tecnico Finale – Ricerca e Sviluppo

[3] Progetto STI-TAM – Rapporto Tecnico Finale – Ricerca e Sviluppo

[4] Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2020) - "CO_2 and Greenhouse Gas Emissions". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: 'https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions' [Online Resource]

[5] IMO - RESOLUTION MEPC.304(72) (adopted on 13 April 2018) Initial IMO Strategy On Reduction of GHG Emissions from ships

[6] Progetto TESEO – Rapporto Tecnico finale – Ricerca e Sviluppo

[7] S. Panfiglio - Innovative and sustainable materials for naval applications through national cooperative research: the experience of the THALASSA project – NAV2021 conference

[8] Piero Angela. "Dieci cose che ho imparato". 2022

Elpida Piperopoulos - Luigi Calabrese

MAREA NERA: CAUSE, CONSEGUENZE E RIMEDI TRADIZIONALI ED INNOVATIVI

1. La marea nera: cause e conseguenze. – 2. Concetti base normativi. – 3. Rimedi per il recupero degli sversamenti: tradizionali e innovativi. – 4. Un approccio sostenibile al recupero degli oli sversati: Caso studio al Dipartimento di Ingegneria. – 5. Bibliografia.

1. La marea nera: cause e conseguenze

Nonostante sia ormai diventata spasmodica e quotidiana la ricerca di "energie alternative" al petrolio, esso continua a rappresentare la fonte energetica trainante dell'economia dell'intero pianeta. Basti pensare che nel 2021, sia il consumo di energia primaria dell'UE (che comprende tutti gli utilizzi di energia) che il consumo di energia finale (da parte degli utenti finali) hanno registrato un significativo incremento rispetto alla caduta straordinaria osservata nel 2020, durante la pandemia. Il consumo di energia è aumentato in tutti i settori, in particolare nel settore dei trasporti [1]. In Italia, nonostante il consumo energetico stazionario, le emissioni di CO_2 sono aumentate del 6% nei primi nove mesi del 2022. Nel complesso del 2022, si è registrata una diminuzione del consumo di energia di circa l'1,5%, mentre si stima che le emissioni di CO_2 siano aumentate di più del 2%, a causa dell'incremento dell'uso di combustibili fossili (tra gennaio e settembre, il petrolio +8%, il carbone +47%, le energie rinnovabili -11%). Questi sono alcuni dei dati inclusi nell'ultima Analisi Trimestrale del Sistema Energetico Italiano dell'ENEA [2]. Nel 2021, le importazioni di petrolio sono state stimate a 1.145.298 barili al giorno [3]. Il trasporto di petrolio e dei prodotti della raffinazione rappresenta la voce principale del trasporto marittimo del Mediterraneo. Le principali vie di traffico hanno origine nei terminal collegati ai depositi petroliferi (Libia e Russia) dei Paesi produttori e terminano nei terminal dei Paesi importatori. Il trasporto del greggio avviene quasi esclusivamente via mare, per cui di notevole importanza è lo studio dei rischi ambientali legati al traffico in questione; basti pensare a cosa può provocare, a livello dell'ecosistema marino, lo sversamento in mare di greggio, cosa più frequente di quanto si possa immaginare. Per sversamenti di petrolio si intende la fuoriuscita di petrolio in mare a seguito di incidenti,

eventi bellici e pratiche diffuse, anche se illegali, come il lavaggio di serbatoi o lo scarico dell'acqua di zavorra delle navi petroliere. Il volume totale di petrolio disperso nell'ambiente a seguito di incidenti con petroliere nel 2022 è stato approssimativamente di 15.000 tonnellate. Più di 14.000 tonnellate di questo volume possono essere attribuite ai tre incidenti di maggior entità, due in Asia ed uno in Africa [4]. L'ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation) ha creato una banca dati sugli sversamenti che convolgono navi cisterna [4]. Tale banca dati include tipo di sversamento, quantità, cause, luogo e nave coinvolta. Nella tabella sottostante si riportano i 5 incidenti più catastrofici a partire dal 1970 con le rispettive quantità di petrolio sversate in mare.

Tabella 1. Maggiori sversamenti attribuibili a navi cisterna

Nave	Anno	Posizione	Dimensione dello sversamento (tonnellate)
Atlantic Express	1979	Off Tobago, Indie Occidentali	287,000
ABT Summer	1991	700 miglie nautiche da Angola	260,000
Castillo de Bellver	1983	Off Saldanha Bay, Sud Africa	252,000
Amoco Cadiz	1978	Off Brittany, Francia	223,000
Haven	1991	Genova, Italia	144,000

Ben più gravi, negli anni, sono stati gli incidenti che hanno coinvolto le piattaforme di estrazione del greggio, in particolare l'esplosione della Ixtoc I nel 1979 e il disastro della Deepwater Horizon nel 2010, entrambe nel Golfo del Messico. Su questo ultim,o in particolare, il famoso divulgatore scientifico Piero Angela si soffermò in una delle sue puntate di Superquark, programma che ha accompagnato grandi e piccoli alla conoscenza del nostro pianeta e delle conseguenze ai nostri gesti. L'evento, avvenuto il 20 aprile 2010, a seguito dell'esplosione e del successivo affondamento della piattaforma petrolifera ha causato la morte di undici uomini dell'equipaggio. Il numero medio di sversamenti di petrolio annuo

negli anni '70 era approssimativamente di 79. Questo numero è diminuito di oltre il 90%, arrivando a 6 fino all'anno 2021. Ma, purtroppo, gli sversamenti in mare continuano a verificarsi. L'ultimo è avvenuto il 17 gennaio 2023, quando lo tsunami, nato con l'esplosione del vulcano di Tonga, ha causato lo sversamento di almeno 6 mila barili di petrolio da una petroliera italiana attraccata per le operazioni di scarico. L'Italia, per la sua naturale configurazione geografica, presenta ben 15 porti in cui vengono annualmente movimentate quantità superiori alle 2.000.000 tonnellate, i quali si trovano nelle vicinanze o sono collegati via oleodotto alle raffinerie sparse sul territorio nazionale. Anche nel 2022, Trieste si conferma il principale porto italiano per movimentazione greggio, seguito da Cagliari, Augusta, Milazzo e Genova.

Per comprendere meglio il processo di sversamento di petrolio e per stabilire le misure necessarie da intraprendere per minimizzare gli effetti dannosi, è indispensabile conoscere la composizione del greggio e l'insieme dei processi chimico-fisici di degradazione.

Il petrolio greggio è una miscela complessa di diversi idrocarburi presenti in percentuale molto variabile, più composti organici (S,N,O), asfalteni e sostanze estranee. La composizione del petrolio nei suoi depositi naturali rimane stabile per lungo tempo, ma, una volta sversato, il petrolio greggio viene esposto ad una serie di fattori meteo-climatici che innescano dei processi di degradazione

Spandimento (spreading)

L'ingrandimento delle chiazze di petrolio non è mai omogeneo, né nella forma né nello spessore, e dipende fortemente dalle condizioni meteorologiche (velocità del vento, temperatura dell'acqua, correnti marine, etc), dalla viscosità e dal volume di greggio sversato. A seguito del vento e delle correnti marine, la chiazza tende a disperdersi nel tempo per formare chiazze di dimensioni più piccole. Piccole gocce di petrolio possono o rimanere in sospensione nella colonna d'acqua o coalescere con altre particelle e formare dei più o meno sottili strati di petrolio. Le gocce sufficientemente piccole da restare in sospensione vengono diluite dalla turbolenza marina in grandi volumi d'acqua, facilitando i processi di solubilizzazione e biodegradazione.

Evaporazione

I composti a basso e medio peso molecolare evaporano rapidamente con velocità dipendente dalla pressione e dalle condizioni di trasporto di massa. L'evaporazione aumenta con la temperatura, con la velocità del vento, con la turbolenza marina e con le dimensioni della chiazza.

Formazione di emulsioni

Sotto l'azione delle onde e delle correnti possono formarsi delle emulsioni, in particolare petrolio in acqua e acqua in petrolio. Quest'ultima si forma quando piccole gocce d'acqua rimangono intrappolate nel petrolio.

Solubilizzazione

Gli idrocarburi, a seguito della dispersione nella colonna d'acqua, vi rilasciano tutte le componenti solubili. La solubilizzazione è tanto più veloce quanto più è accentuata la dispersione, perché aumenta la superficie di contatto degli idrocarburi con l'acqua. In linea generale, il processo di solubilizzazione contribuisce alla eliminazione degli idrocarburi dalla superficie del mare in modo meno significativo degli altri processi di weathering.

Sedimentazione

Le particelle medio-pesanti si addensano o si uniscono a particelle solide disperse formando aggregati con densità relativa maggiore dell'acqua, precipitando sul fondo marino.

Fotoreazioni

La radiazione solare a bassa lunghezza d'onda può indurre diverse reazioni chimiche (ossidazione, decomposizione, polimerizzazione) sulla superficie dello strato di petrolio emulsionato con acqua.

Biodegradazione

In soluzione acquosa, molti componenti del petrolio sono degradati da microorganismi che si nutrono di azoto o fosforo; per stimolare il processo, alcune sostanze a base di azoto e fosforo vengono sversate nelle acque interessate dal petrolio, per favorire crescita e riproduzione dei sopradetti microorganismi. Tuttavia molti altri componenti sono molto resistenti e pertanto non vengono biodegradati.

2. Concetti base normativi

La notevole quantità di prodotti sversati in mare ha spinto la comunità internazionale a stipulare delle convenzioni atte a proteggere l'ambiente marino e costiero. La prima fu la Oilpol (Londra – 1954), a cui ne seguirono molte altre, fino ad arrivare alla Marpol 73/78 del 1983, ritenuta la più completa. Essa infatti non si limita a regolamentare l'inquinamento da idrocarburi, ma di tutte quelle sostanze nocive che, se immesse nell'ambiente marino, possono mettere in pericolo la salute umana, la flora e la fauna marine. A seguito del naufragio della petroliera Erika (12/1999 – Golfo di Biscaglia), sono stati adottati a livello comunitario 3 pacchetti normativa, chiamati Erika I, II, III:

Erika I: vengono introdotte norme per la sicurezza delle navi, la prevenzione dall'inquinamento e le condizioni a bordo (direttiva 2001/106/CE).

Erika II: prevede che tutte le navi transitanti in zone ad alta densità di traffico siano dotate di un sistema che ne consenta l'identificazione ed il monitoraggio da parte della Guardia Costiera, nonché di un sistema di registrazione dei dati di viaggio.

Erika III: prevede che le flotte degli Stati membri siano sottoposte ad una verifica da parte dell'IMO (International Maritime Organization) ogni 7 anni, prevedendo una lista bianca, una grigia ed una nera. Le flotte che rientrano nelle flotte grigie e nere hanno l'obbligo di giustificare le loro mancanze entro 4 mesi. Inoltre gli Stati membri possono avvalersi per le ispezioni unicamente di organi riconosciuti, 10 in tutto, fra cui il Registro Navale Italiano RINA. A queste si aggiungono 3 società riconosciute solo a livello europeo, per un totale di 13 organismi che ispezionano e certificano circa il 90% del carico mercantile mondiale.

Per quanto riguarda le attività di bonifica, il Ministero dell'Ambiente ha approvato, il 12 Novembre del 1998, il "Manuale delle procedure operative in materia di tutela e difesa dell'ambiente marino e per gli interventi di emergenza in mare" [5], che raccoglie tutte le informazioni necessarie per prevenire, eliminare o ridurre gli effetti di eventi inquinanti.

Le linee guida da seguire [6], ricavate con cura dall'Environmental Protection Agency (EPA), dal National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), dall'US Coast Guard e dall'American Petroleum Institute (API), richiedono di individuare a priori:

- gli obiettivi da conseguire
- i traguardi

- le strategie
- le azioni specifiche da mettere in campo
- la tempistica

Di fondamentale importanza sono i tre obiettivi che consistono nell'assicurare la protezione della vita umana, nello stabilizzare la situazione ed evitare peggioramenti ed infine nel minimizzare l'impatto ambientale. I traguardi rappresentano i passi intermedi necessari al conseguimento degli obiettivi; una volta individuati i traguardi si pianificano le strategie, tenendo in considerazione condizioni come la quantità di petrolio sversato, la direzione e l'intensità delle correnti, le condizioni metereologiche, in quanto al variare di queste varieranno anche le strategie adottate. Le azioni specifiche sono le attività messe in campo, come ad esempio l'uso di disperdenti o l'incendio del petrolio per evitare che raggiunga altre zone. La tempistica consiste negli intervalli di tempo durante i quali le azioni sono efficaci, si possono distinguere tre intervalli: il primo, 1-2 giorni dopo lo sversamento, in cui le azioni prevedono il contenimento del petrolio nelle vicinanze della fonte e la sua rimozione; il secondo si estende a settimane dopo lo sversamento, le azioni in questo caso consistono nella protezione delle zone sensibili, a più alto rischio, cioè quelle che possono essere raggiunte dallo spandimento del petrolio; infine l'ultimo intervallo di tempo dura anche mesi dopo lo sversamento, quando il petrolio ha raggiunto la costa, quindi le azioni sono mirate alla pulizia della costa per ridurre gli effetti sull'ambiente.

Per gestire, dunque, lo sversamento di petrolio in mare si devono seguire una lista di passaggi consequenziali:

1. Reperire tutte le informazioni possibili sullo sversamento di petrolio in mare per definire un chiaro quadro della situazione.
2. Definire gli obiettivi da seguire e la loro priorità.
3. Definire i traguardi.
4. Sviluppare idonee strategie per conseguire i traguardi tenendo conto della tempistica.
5. Valutare la fattibilità delle varie strategie considerando le condizioni ambientali e la natura dello sversamento.
6. Selezionare le varie azioni possibili per implementare le strategie ed eventualmente dare inizio al procedimento di richiesta delle necessarie autorizzazioni e permessi.

7. Preparare un piano d'azione per ogni strategia.
8. Implementare sul campo i piani d'azione.

Tra le azioni da intraprendere per rimuovere lo sversamento di petrolio in mare aperto, la rimozione meccanica è efficace qualora l'altezza delle onde non supera 2-3 piedi (0,6 – 0,9 m) e se la velocità del vento è inferiore a 9-10 nodi; tale azione risulta sconsigliata se lo spessore del film di petrolio è inferiore a 1 millesimo di pollice. La rimozione meccanica comporta anche la pianificazione del trasporto e dello stoccaggio del petrolio raccolto.

Per quel che concerne i disperdenti, generalmente sono usati quando il film di petrolio è compreso tra il millesimo e il centesimo di pollice. Per risultare efficaci sono necessarie delle condizioni minime, infatti se il vento supera i 25 nodi e le onde sono alte oltre i 10 piedi (3 metri) il petrolio si disperde naturalmente.

Incendiare il petrolio richiede condizioni climatiche favorevoli, infatti è molto complicato dare fuoco a chiazze di petrolio se la velocità del vento supera i 20 nodi, inoltre è consigliata se lo strato di petrolio ha spessore di almeno 0,1 pollice (0,25 cm). La combustione del petrolio comunque non sempre è consigliata, perché può provare effetti indesiderati, come lo sviluppo di ingenti quantità di fumi, oppure i residui di petrolio combusto possono aggregarsi e affondare, contaminando i fondali marini.

Altre tipologie di intervento sono:

Impiego di barriere galleggianti: consiste nel circondare la chiazza con apposite barriere galleggianti, dotate di sistemi di ancoraggio, aventi lo scopo di circoscrivere lo sversamento ed impedire che il petrolio raggiunga zone limitrofe. La pulizia di queste barriere porta inevitabilmente alla formazione di acqua contaminata che deve essere raccolta e trattata opportunamente.

Rimozione manuale e meccanica: consigliata se il petrolio si è addensato in masse solide o semisolide che quindi possono essere rimosse con rastrelli, pale, secchi, ecc. I mezzi meccanici sono impiegati per la raccolta del petrolio in spiagge sabbiose e facilmente accessibili.

Uso di assorbenti e disperdenti: per assorbente si intende un materiale inerte, organico, inorganico e sintetico che rimuove l'olio per assorbimento, cioè all'interno del materiale che funge da spugna, oppure per adsorbimento, cioè tramite la superficie esterna del materiale. Sulla base di test di efficacia un prodotto assorbente è accettabile se riesce a trattenere almeno

il 60% di petrolio rispetto al suo peso. Il decreto DPN-DEC-2009-403 del 31 marzo 2009 suddivide i materiali assorbenti inerti in tre categorie: assorbenti di origine vegetale o animale (paglia, fibre di cellulosa, sughero, piume di uccello); assorbenti di origine minerale (polveri vulcaniche, perliti, zeoliti); assorbenti di origine sintetica (polietilene, polipropilene, poliestere, poliuretano). I materiali sono impiegabili in mare purché risultino inerti chimicamente e biologicamente, non contengano sostanze chimiche additive e non svolgano una funzione affondante per gli idrocarburi petroliferi. I disperdenti sono agenti chimici che emulsionano, disperdono o solubilizzano gli idrocarburi petroliferi nella colonna d'acqua, favorendone la degradazione naturale per mezzo del moto ondoso o di agenti microbiologici. Sono costituiti da agenti tensioattivi che riducono la tensione superficiale acqua/petrolio agevolando la dispersione di quest'ultimo. Alcuni componenti, inoltre, impediscono la riagglomerazione e la coalescenza. I prodotti disperdenti sono classificati in due categorie: disperdenti convenzionali, contengono solventi di idrocarburi e una miscela di emulsionanti; disperdenti concentrati, che contengono invece solventi ossigenati, agenti umidificati ed emulsionanti. Gli ultimi garantiscono una migliore e più celere dispersione rispetto i primi. Nel caso in cui si ricorra all'uso di disperdenti sulle coste è importante considerare preliminarmente le possibili conseguenze sull'ecosistema, a causa delle loro proprietà tossiche.

I prodotti ad azione assorbente e disperdente prima di essere immessi sul mercato devono ottenere un riconoscimento di idoneità da parte del Ministero dell'Ambiente, ciò non implica automaticamente l'autorizzazione al loro utilizzo. Tramite il decreto direttoriale del 25 febbraio 2011, sono state definite nuove procedure per il riconoscimento dell'idoneità e dell'eco-compatibilità dei prodotti assorbenti e disperdenti di origine sintetica o naturale da impiegare in mare per la bonifica dalla contaminazione da idrocarburi petroliferi. Sono esclusi i prodotti ad azione biologica, come le colture microbiologiche, gli additivi enzimatici o quelli nutritivi ad azione biodegradante; i prodotti di origine sintetica ad azione disinquinante con meccanismo di azione diverso da quello assorbente o disperdente.

Tra le altre tecniche d'intervento ricordiamo: l'uso di pompe da vuoto, il lavaggio con getti ad alta o bassa pressione di acqua calda o a temperatura ambiente, il lavaggio con vapore ad altra pressione e la bio-stimolazione. Ognuna di tali tecniche si può applicare solamente per determinati tipi di habitat.

3. Rimedi per il recupero degli sversamenti: tradizionali e innovativi.

Tra i rimedi per il recupero degli sversamenti, la tecnica più usualmente utilizzata comprende una prima azione per contenere l'espansione degli inquinanti, tramite l'impiego di metodi di contenimento (barriere galleggianti) e di raccolta meccanica (skimming); questi vengono poi affiancati, generalmente, con prodotti assorbenti.

Un'ampia varietà di materiali porosi è stata studiata per la rimozione di materiale organico dalle aree interessate da fuoriuscita di petrolio, focalizzando maggiormente l'attenzione su aerogel idrofobici a base di silicio, zeolite, argille e assorbenti naturali, che hanno dimostrato eccellenti proprietà di assorbimento. Inoltre i materiali assorbenti, rispetto ad altri, sono interessanti per la possibilità di rimuovere completamente l'olio dal sito interessato.

Le proprietà di un buon assorbente includono l'idrofobicità e l'oleofilia, grande capacità di assorbimento, alta velocità di assorbimento, conservazione nel tempo, recupero dell'olio, riutilizzo e biodegradabilità. Parecchi assorbenti con queste proprietà sono stati sviluppati a partire da argille, calce, grafite espansa, polimeri plastici, materiali a base di cellulosa ed elastomeri.

I materiali oleofili sono raggruppati in tre grandi classi:

Prodotti minerali inorganici: includono zeolite, silice, perlite, grafite, argille assorbenti e diatomite.

Prodotti organici sintetici: includono materiali polimerici come polipropilene e schiume poliuretaniche, molto utilizzati per la loro idrofobicità ed oleofilia, ma che presentano lo svantaggio di degradarsi molto lentamente rispetto ai prodotti minerali e vegetali.

Prodotti organici vegetali: comprendono paglia, mais, fibre di legno, fibre di cotone, fibre di capòc, kenaf (pianta tropicale coltivata per l'estrazione di una fibra tessile simile alla juta) e torba. Questi prodotti, tuttavia, mostrano scarsa galleggiabilità, assorbimento di olio relativamente basso e bassa idrofobicità, compensati da costi irrisori rispetto ad altri prodotti più prestanti, biodegradabilità ed ingerenza nell'ecosistema quasi nulla.

Un sistema di recupero del petrolio non corretto può aggiungere un ulteriore livello di inquinamento. Gli assorbenti polimerici utilizzati per il recupero degli sversamenti di petrolio, se non trattati correttamente, aumentano il livello di inquinamento marino e terrestre. Per questo motivo, negli ultimi anni, i materiali ecologici vengono sempre più studiati e utilizzati

a questo scopo. Gli adsorbenti ecologici (come le fibre lignocellulosiche e delle frutta) vengono recentemente impiegati con ottimi risultati.

4. Un approccio sostenibile al recupero degli oli sversati: Caso studio al Dipartimento di Ingegneria

Al Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Messina, è stato studiato un innovativo materiale assorbente, efficace e sostenibile. L'attenzione è stata focalizzata sullo studio delle proprietà di assorbimento del petrolio da parte di fibre naturali di Arundo Donax L., una pianta erbacea perenne rizomatosa appartenente alla famiglia delle Poaceae, che cresce naturalmente in tutto il mondo grazie alla sua capacità di tollerare diverse condizioni climatiche.

La sua capacità di adattarsi a una vasta gamma di condizioni ecologiche può essere principalmente attribuita allo sviluppo di rizomi grossolani e resistenti alla siccità, e radici profondamente penetranti [7]. In particolare, le sue radici profonde e permanenti, capaci di estendersi fino a 1,2 metri di profondità, svolgono un ruolo chiave nella prevenzione dell'erosione del suolo, oltre a svolgere la loro funzione primaria di assorbimento efficiente dell'acqua [7].

Un'altra caratteristica dell'Arundo Donax L. è il suo elevato tasso di crescita, anche se può essere rallentato dalla carenza di acqua [8]. Nel dettaglio, i rizomi stabilizzati mostrano tassi di crescita di circa 6,25 cm al giorno nei primi 40 giorni e circa 2,67 cm al giorno nei primi 150 giorni. Inoltre, in condizioni ottimali (ad esempio, in coltivazione), si riporta che la pianta di Arundo Donax L. cresca nel range da 4 a 10 cm al giorno [9].

Come altre fibre lignocellulosiche, la morfologia superficiale delle fibre di Arundo Donax è caratterizzata da diverse fibre elementari (conosciute come fibrille o cellule fibrose) legate tra loro lungo la loro lunghezza da pectina e altri composti non cellululosici [10] [11], formando così un fascio di fibre.

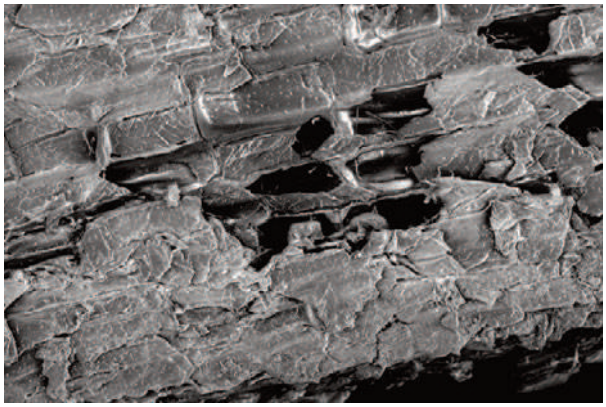


Figura 1. Micrografia SEM di una fibra di Arundo Donax

Nella Figura 1 è mostrata un'immagine ricavata tramite il microscopio elettronico a scansione (SEM) di una fibra di Arundo Donax L.. La microscopia elettronica è una tecnica che sfrutta l'interazione tra un fascio di elettroni e gli atomi che compongono il campione in esame, e permette di generare immagini con ingrandimenti molto elevati superando il limite risolutivo della microcopia ottica potendo in alcuni casi raggiungere risoluzioni a livello atomico e fornendoci informazioni riguardo le caratteristiche morfologiche del campione investigato. In Figura 2 si riporta un'immagine del SEM al Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Messina.



Figura 2. SEM FEI Quanta FEG 450 al Dipartimento di ingegneria dell'Università degli Studi di Messina

Nel nostro caso, fasci vascolari e cellule fibrose, con forma poligonale e un foro centrale chiamato lume, possono essere chiaramente identificati. In particolare, è possibile identificare la morfologia della struttura delle cellule fibrose. La fibra di Arundo Donax ha una struttura

porosa ampia con canali molto larghi con una geometria di tipo esagonale lungo l'orientamento preferenziale delle fibrille. Tuttavia, le dimensioni dei canali non sono regolari, con difetti ed eterogeneità comunemente evidenziati nella struttura. La variabilità nel diametro delle cellule fibrose e del lume ha una grande influenza sulle proprietà chimico-fisiche e meccaniche delle fibre di Arundo Donax [10]. Per le applicazioni di recupero di sversamenti di petrolio, un fattore chiave fondamentale è quindi valutare la morfologia della struttura a livello delle dimensioni delle fibre al fine di poter definire in modo univoco la relazione tra struttura e capacità di assorbimento. La peculiarità morfologica di una porosità interna ampia e regolare nelle fibre di Arundo Donax svolge un ruolo fondamentale nelle prestazioni dell'assorbente con diversi tipi di oli contaminanti.

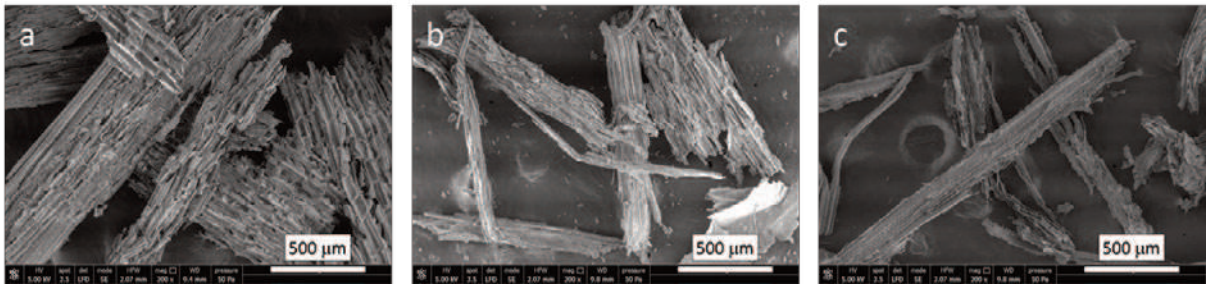


Figura 3. Immagini SEM di fibre di Arundo Donax L. ,
rispettivamente a) AD-L b) AD-M and c) AD-S

Le fibre di Arundo Donax mostrano una morfologia ortotropa porosa con una struttura lamellare che identifica un'orientazione preferenziale e diversi pori interconnessi, come osservato nella Figura 3. I campioni analizzati appartengono a tre diverse dimensioni. La fibra AD-L ha una dimensione media superiore a 500 µm e, come mostrato nella Figura 3a, la morfologia è caratterizzata da canali circolari affiancati, ciascuno formato da molte cellule comunicanti, simili a un alveare. La fibra AD-M ha una dimensione media compresa tra 300 e 500 µm e il campione è costituito da particelle più piccole di Arundo Donax L., con una riduzione delle dimensioni e del numero dei canali, ma mantenendo ancora le caratteristiche del materiale di base (Figura 3b). Il campione AD-S presenta una dimensione media compresa tra 150 e 300 µm e la struttura originale a forma di alveare è completamente distrutta (Figura 3c) [12]. Grazie alla loro morfologia a canali e alla conseguente bassa densità, le fibre di Arundo Donax L. galleggiano.

Tra le fibre studiate, le più piccole (AD-S) presentano un maggiore potere assorbente nel petrolio, probabilmente, poiché data l'alta densità (890 Kg/m^3) e l'alta viscosità (0.27 Pa•s) di quest'ultimo, non permettono la diffusione dello stesso nei canali della fibra e l'assorbimento è condotto, per lo più, sulla supeficie della fibra.

Nella Figura 4 è mostrato un esperimento per evidenziare le proprietà assorbenti della fibra di Arundo Donax L. e la sua elevata selettività nei confronti del petrolio. Nella Figura 4a, gocce di petrolio grezzo vengono versate in un beaker di acqua. Successivamente, le fibre assorbenti vengono inserite nel beaker (Figura 4b). Ciò che è degno di nota è che, quando il materiale assorbente viene estratto, le gocce di petrolio grezzo scompaiono (Figura 4c) dall'acqua, rimanendo intrappolate nell'assorbente (Figura 4d) e l'acqua è pulita (Figura 4e).

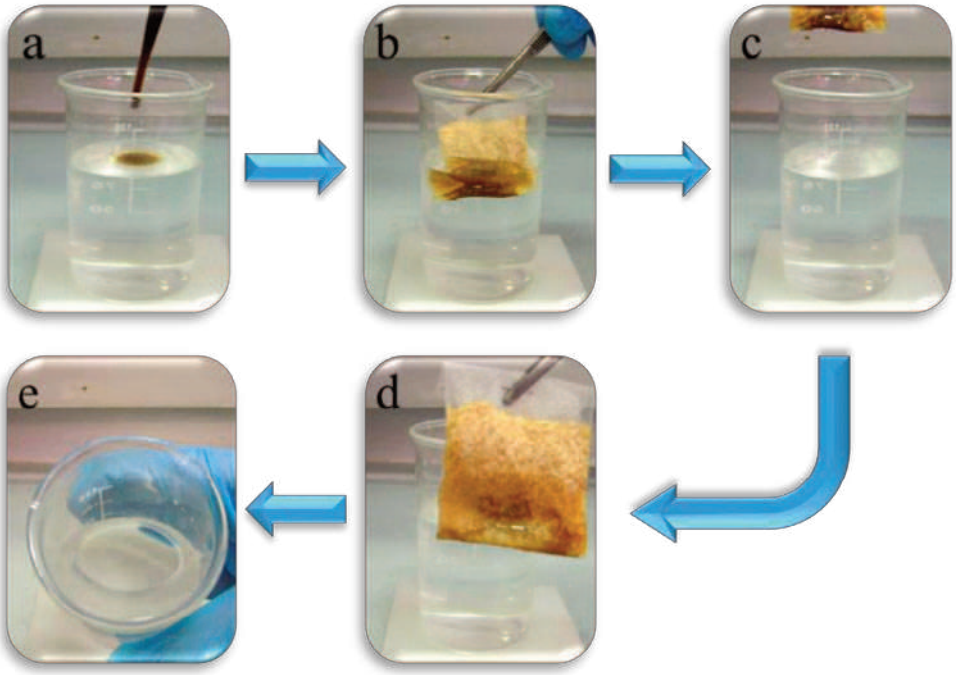


Figura 4. Fasi di assorbimento del petrolio in acqua mediante le fibre di Arundo Donax L. (a) Gocce di petrolio grezzo sono versate in un beaker di acqua, (b) si inseriscono nel beaker le fibre assorbenti, (c) si estraggono e le gocce di petrolio grezzo scompaiono, (d) il petrolio rimane intrappolato nel materiale assorbente, (e) l'acqua è pulita.

Pertanto, sebbene le fibre di Arundo Donax abbiano una elevata capacità di assorbimento di acqua, la cinetica di diffusione nel greggio è più rapida rispetto all'acqua. Di conseguenza, quando le fibre interagiscono con una soluzione acqua-petrolio, le fibre impregnandosi velocemente di inquinante, inibiscono l'eventuale assorbimento dell'acqua. Come mostrato

nelle figure precedenti, le fibre di Arundo Donax L. hanno consentito la decontaminazione dell'acqua in pochi secondi. I risultati indicano un'ottima efficienza (in termini di velocità) e selettività (verso l'olio). Queste due condizioni possono rappresentare una condizione preliminare efficace per l'utilizzo di queste fibre su scala industriale, grazie anche alla convenienza economica del prodotto che può compensare le prestazioni di assorbimento rispetto ad alcuni materiali attualmente utilizzati.

5. Bibliografia

[1] European Environment Agency, https://www.eea.europa.eu/ims/primary-and-final-energy-consumption, 19/06/2023

[2] ENEA.en, https://www.media.enea.it/en/press-releases-and-news/years-archive/year-2023/energy-italy-in-2022-energy-demand-decreased-1-5-while-emissions-grew-by-2.html, 19/06/2023

[3] CEIC, https://www.ceicdata.com/en, 19/06/2023

[4] ITOPF, https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/, 19/06/2023

[5] Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare http://www.sidimar.tutelamare.it/tutelamare_redirect.html, 19/06/2023

[6] American Petroleum Institute (API), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), U.S. Coast Guard, Environmental Protection Agency (EPA): "*Characteristics of response strategies: a guide for spill response planning in marine environments*" giugno 2010, 19/06/2023

[7] Sharma K., Kushwaha S.P.S., Gopal B., *A comparative study of stand structure and standing crops of two wetland species, arundo donax and Phragmites karka, and primary production in arundo donax with observations on the effect of clipping*, in *Trop. Ecol.*, n. 39/1998, 3-14.

[8] Pompeiano A., Remorini D., Vita F., Guglieminetti L., Miele S., Morini, S., *Growth and physiological response of Arundo Donax L. to controlled droughts stress and recovery*, in *Plant Biosyst*, n. 151/2017, 906-914.

[9] Perdue R.E., *Arundo Donax- Source of musical reeds and industrial cellulose*, in *Econ. Bot.*, n. 12/1958, 368-404.

[10] De Rosa I.M., Kenny J.M., Puglia D., Santulli C., Sarasini F., *Morphological, thermal and mechanical characterization of okra (Abelmoschus esculentus) fibres as potential reinforcement in polymer composites*, in *Compos. Sci. Technol.*, n. 70/2010, 116-122.

[11] Fiore V., Scalici T., Valenza A., *Characterization of a new natural fiber from Arundo Donax L. as potential reinforcement of polymer composites*, in *Carbohydr. Polym.*, n. 106/2014, 77-83.

[12] Calabrese L., Piperopoulos E., Fiore V., *Arundo Donax Fibers as Green Materials for Oil Spill Recovery*, in Khan A., Mavinkere R.S., Siengchin S., Asiri A. *Biofibers and Biopolymers for Biocomposites*, Springer, 2020, 259-283.

“Oltre i confini conosciuti”:
dalle profondità della terra allo spazio extra-atmosferico

Silvia Scolaro - Cristina Totaro - Barbara Orecchio - Debora Presti

La sequenza sismica del 1968 nella Valle del Belìce, Sicilia occidentale: nuove ricerche risolvono le ambiguità sulla sorgente dei terremoti

1. Introduzione. – 2. La sequenza sismica del 1968 ed il contesto sismotettonico. – 3. I sismogrammi della prima epoca strumentale: sfide e risorse – 4 Il caso studio della sequenza del Belìce – 4.1 Il recupero dei sismogrammi analogici – 4.2 Metodologie moderne per analizzare i dati del passato – 5. Conclusioni. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

"*Buongiorno, durante la notte scorsa la Sicilia è stata colpita da un grave terremoto. Il bilancio, per ora, è di 200 morti e centinaia di feriti. I morti sono quasi tutti nel paese di Montevago, che è completamento distrutto. Un grave lutto si è quindi abbattuto sulla Sicilia e su tutti noi. […] Le città più colpite sono Gibellina, Salaparuta, Poggioreale, Salemi, Menfi […]. Le scosse sismiche di questa notte sono state tre, a distanza di circa dodici ore da quella verificatesi nel pomeriggio di ieri. La prima, è stata registrata questa notte alle 2:35, la seconda, ancora più intensa, è sopravvenuta mezz'ora dopo verso le 3 di notte*".

Queste furono le parole con cui il giornalista Piero Angela durante l'edizione speciale del Tg Rai (Figura 1), la prima ad andare in onda in orario diverso da quello serale, annunciò al Paese la notizia dei devastanti terremoti che nelle prime ore del 15 gennaio 1968 colpirono il territorio della Valle del Belìce.

La sintesi di quanto annunciato solo poche ore dopo il verificarsi dei terribili eventi fornisce già una prima descrizione della sequenza sismica che iniziò nel pomeriggio del 14 gennaio 1968 con una forte scossa alle ore 13:28 locali ed una serie di eventi minori nelle ore successive. Il terremoto più forte, magnitudo stimata pari a 6.3, si verificò alle ore 3:01 del mattino del 15 gennaio 1968 e fu seguito nei mesi successivi da numerosi altri eventi sismici, anche di magnitudo significativa come la forte replica del 25 gennaio, magnitudo 5.5. Il susseguirsi dei

terremoti, se da un lato ha continuato ad investire un territorio già fortemente provato, dall'altro potrebbe, almeno in parte, aver contribuito a ridurre di molto il numero delle vittime: una parte della popolazione, spaventata dalle tre scosse del pomeriggio, decise infatti di passare la notte all'aperto trovandosi quindi fuori dalle abitazioni all'arrivo della prima delle due scosse più devastanti. Ciononostante, sebbene le stime ufficiali rimangano ancora incerte, più di 300 persone morirono comunque sotto le rovine, oltre mille restarono ferite e quasi 100.000 persero la propria casa. I paesi di Gibellina, Salaparuta, Poggioreale e Montevago furono completamente rasi al suolo, molti altri gravemente danneggiati (Figura 1). I terremoti produssero danni ingenti a uomini e cose nell'area della Valle del Belìce, nella provincia di Trapani. Il patrimonio edilizio subì danni irreparabili, con conseguenti gravissime ripercussioni sull'economia dell'intero territorio.



Figura 1. In alto a sinistra: Piero Angela durante l'annuncio, nell'edizione straordinaria del Tg Rai sui devastanti terremoti che colpirono l'area della Valle del Belìce il 15 gennaio 1968. Sullo sfondo una mappa della Sicilia che mostra l'area di risentimento del terremoto ed i nomi dei paesi maggiormente colpiti dal terremoto (Gibellina, Salaparuta, Poggioreale, Salemi, Menfi). In alto a destra: superstiti che lasciano le aree colpite dai sismi. In basso: Un'immagine della distruzione che ha colpito il paese di Gibellina.

La mancanza di evidenze dirette sul terreno del processo di frattura che ha generato i terremoti, le localizzazioni alquanto incerte dei diversi eventi sismici e le ipotesi discordanti proposte nella letteratura scientifica in merito al meccanismo di attivazione delle faglie hanno determinato, per decenni, una perdurante ambiguità nella definizione delle possibili sorgenti sismiche della sequenza. A distanza di cinquant'anni dalla sequenza sismica, il team di Geofisica dell'Università di Messina ha raccolto i dati analogici disponibili per i terremoti dell'epoca e, con l'ausilio delle più recenti metodologie di analisi, ha studiato alcuni tra i terremoti più forti della sequenza fornendo una descrizione della geometria e della cinematica delle sorgenti dei devastanti terremoti del 1968.

I risultati ottenuti indicano che la sequenza sismica del Belìce fu caratterizzata da movimenti definiti di tipo inverso, tipici di un settore sottoposto a forze di compressione, verificatisi su strutture di faglia con orientazione circa nordest-sudovest. Le nuove evidenze ottenute, risolvendo le ambiguità tra i modelli precedentemente proposti, consentono di migliorare significativamente la comprensione dei processi sismotettonici in atto nella regione e, non ultimo, forniscono nuovi elementi di vincolo per le successive valutazioni della pericolosità sismica dell'area.

2. La sequenza sismica del 1968 ed il contesto sismotettonico

La sequenza sismica del 1968 fu la più energetica registrata in epoca strumentale in Sicilia occidentale, in un territorio che si estende da Agrigento a Trapani conosciuto come Valle del Belìce. Prima dell'inizio di questa intensa attività sismica la Sicilia sud-occidentale era considerata un'area sismicamente quiescente poiché nessun terremoto significativo era mai stato documentato prima di quell'anno (Michetti et al., 1995). Da Gennaio a Giugno 1968 furono registrate dalla rete sismica dell'epoca più di 350 terremoti (De Panfilis and Marcelli, 1968; Valle, 1969), tra i quali sei furono particolarmente energetici.

In generale, per valutare l'entità di un terremoto si utilizzano due parametri: (1) l'intensità, definita sulla base della stima degli effetti provocati dall'evento sismico classificati tramite alcune scale, ad esempio quella comunemente nota come "scala Mercalli"; (2) la magnitudo, che ci consente di calcolare l'energia rilasciata dal terremoto e sulla base di misure strumentali del moto del suolo. La magnitudo può essere quantificata tramite diverse formulazioni e, tra

le varie scale definite dai sismologi, quella considerata più affidabile è la cosiddetta "magnitudo momento", indicata con il simbolo Mw, per la stima della quale si necessita di una conoscenza dettagliata del processo di fratturazione che ha dato luogo al terremoto. Non essendo sempre possibile avere tale conoscenza, per descrivere l'entità di un terremoto è spesso utile poter fare riferimento sia alla magnitudo che all'intensità.

A causa delle limitazioni dei dati dell'epoca, non è stato possibile fino ad ora calcolare la magnitudo momento Mw dei terremoti della sequenza del Belìce e le stime di magnitudo riportate dai cataloghi ufficiali (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI, Rovida et al., 2020; International Seismological Centre, ISC) fanno riferimento a scale diverse, talvolta basate anche sulle stime di intensità. Per tali motivi, al fine di fornire una descrizione omogenea degli eventi verificatisi nell'ambito della sequenza sismica in studio utilizzeremo il grado di intensità, disponibile per tutti i terremoti principali.

Il primo evento della sequenza fu registrato il 14 Gennaio 1968 alle 13:28 con una intensità massima compresa tra VI e VII grado della scala Mercalli. A questo primo terremoto fecero seguito altre scosse fino alle 02:33 del 15 Gennaio quando si registrò un'altra devastante scossa, di intensità VIII e, dopo poco meno di mezzora, alle 03:01 l'evento più energetico dell'intera sequenza con un'intensità pari al X grado della scala Mercalli. A questi eventi seguirono ancora numerosissime altre scosse, tra le quali si ricordano quelle del 16 gennaio alle 17:42 e del 25 gennaio alle 10:56, entrambe di intensità macrosismica pari a VIII, che contribuirono alla devastazione di un territorio già tragicamente colpito. L'attività sismica continuò nei mesi successivi portando alla distruzione quasi totale di un'area di circa 2000 km^2 (Guidoboni et al., 2011; Azzaro et al., 2020). La sequenza sismica è stata quindi caratterizzata dal susseguirsi di molteplici terremoti, più o meno energetici, nell'arco di poche ore o addirittura decine di minuti. Il sovrapporsi degli effetti ha determinato un quadro frammentario delle informazioni difficile da ricostruire ed una conseguente limitazione nella capacità di valutare accuratamente i danni e, quindi, le intensità dei diversi terremoti (Azzaro et al., 2020).

Nel contesto dei movimenti tettonici regionali la Valle del Belìce si trova lungo il margine di contatto fra la placca Africana e quella Eurasiatica (Figura 2), in uno scenario sismotettonico oggetto di ampio dibattito nella letteratura scientifica. Alcuni autori ritengono

che i movimenti relativi di queste due placche producano in Sicilia centro occidentale un regime di compressione orientato circa Nordovest-Sudest (Catalano et al., 2004; Jenny et al., 2006; Lavecchia et al., 2007), mentre altri ipotizzano che tale compressione sia già cessata in questo particolare settore (Butler et al., 1992; Torelli et al., 1998; D'Agostino and Selvaggi, 2004; Ghisetti et al., 2009). Una corretta ricostruzione della cinematica dei terremoti della sequenza sismica del 1968 potrebbe fornire elementi rilevanti per risolvere tale dibattito ma gli studi finora proposti a riguardo nella letteratura scientifica forniscono risultati ambigui.

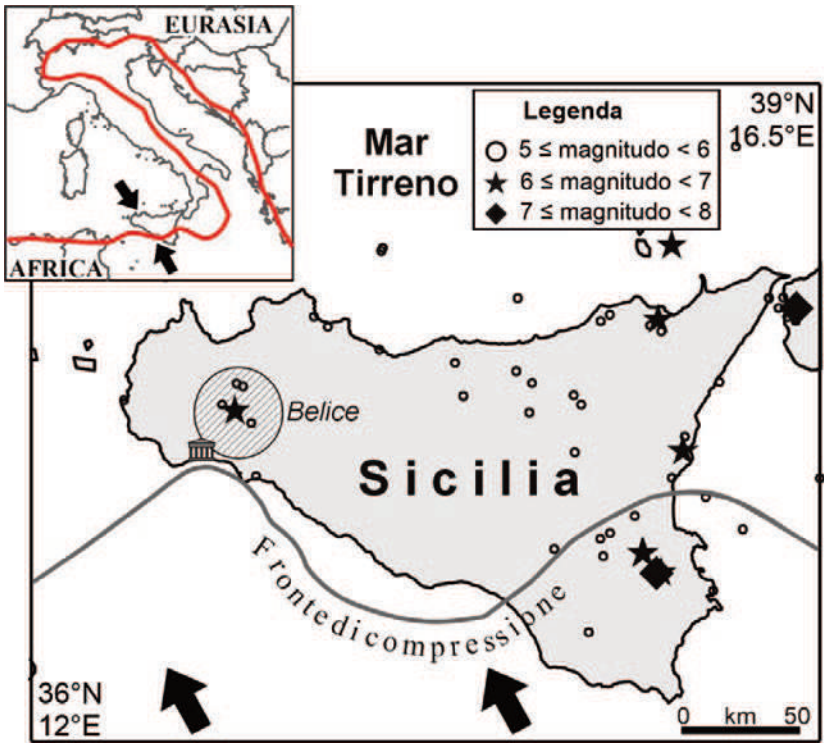


Figura 2. Inserto: rappresentazione schematica del margine di contatto tra le placche Africana ed Eurasiatica (linea rossa) nell'area mediterranea e la direzione del movimento dell'una verso l'altra indicata dalle due frecce nere. Al centro: contesto tettonico semplificato della Sicilia. Il cerchio racchiude l'area di accadimento dei terremoti della sequenza del 1968 nel territorio della Valle del Belìce. Sono riportati anche i terremoti di magnitudo M>5.0 verificatisi dopo l'anno 1000 A.C., secondo il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiano (Rovida et al., 2020), distinti secondo la simbologia riportata nella legenda in alto a sinistra. Le frecce nere indicano la direzione del movimento della placca Africana rispetto alla placca Euroasiatica (Nocquet, 2012) e la linea grigia rappresenta il fronte di compressione.

Lo strumento generalmente utilizzato in sismologia per descrivere la cinematica di un terremoto e rappresentare graficamente le caratteristiche principali della sorgente sismica è il meccanismo focale. Esso è definito tramite una terna di angoli (*strike* ϕ, *dip* δ *e rake* λ) che definiscono la geometria della faglia su cui ha avuto origine il terremoto ed il movimento relativo tra i due blocchi di roccia interessati. La rappresentazione grafica del meccanismo focale, nota anche come "beach ball" per via della forma che ricorda un pallone da spiaggia, consente ai sismologi di rappresentare oltre al piano di faglia, anche la direzione e il verso dello spostamento dei due blocchi di roccia a contatto. I terremoti vengono solitamente suddivisi in tre categorie, in base al tipo di meccanismo focale : (1) il meccanismo "normale", associato ad un sistema in cui il blocco al di sopra del piano di faglia scivola verso il basso rispetto a quello sottostante; (2) il meccanismo "inverso", rappresentativo di una struttura per la quale il blocco al di sopra del piano di faglia risale verso l'altro rispetto a quello sottostante; (3) il meccanismo "trascorrente", relativo a strutture interessate da un movimento puramente orizzontale (Figura 3). Riportando su una carta geografica i meccanismi relativi ai vari terremoti verificatisi in un'area, si può quindi avere una visione chiara e sintetica dei processi geodinamici che la interessano.

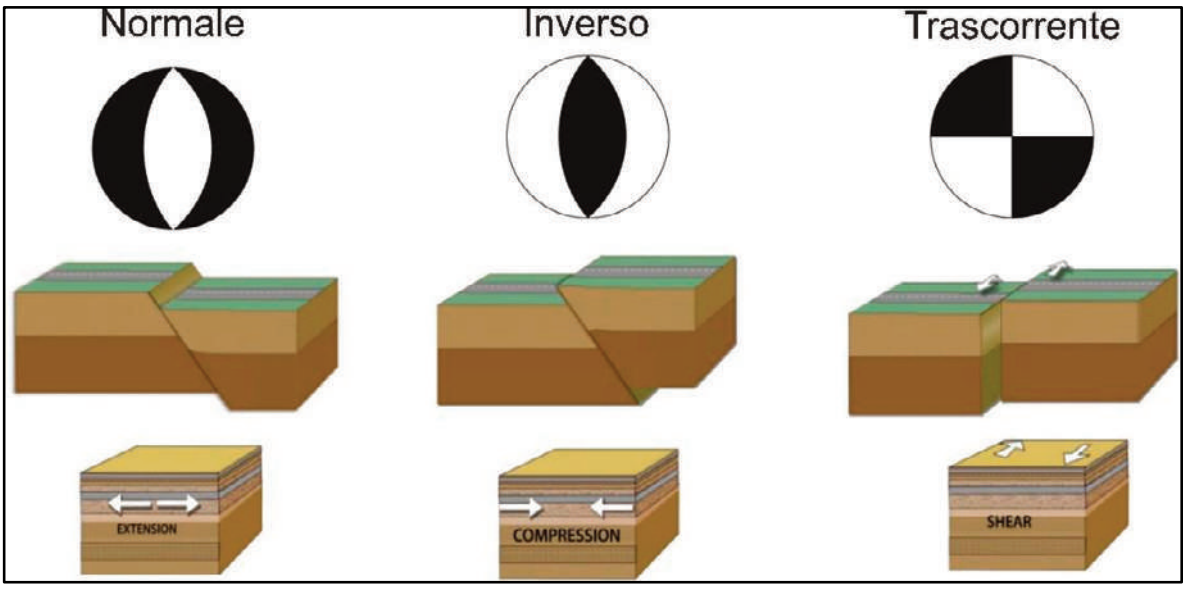


Figura 3. Esempi di meccanismi focali relativi ai diversi modelli di attivazione delle faglie

Per i terremoti più significativi della sequenza del Belìce sono disponibili in letteratura alcune soluzioni di meccanismi focali ottenute con tecniche di calcolo classiche che, però, non riescono a risolvere una certa ambiguità. Nello specifico, a causa della non ottimale distribuzione spaziale delle stazioni facenti parte della rete sismica operante sul territorio nel 1968, i dati disponibili non erano sufficienti a vincolare con certezza le soluzioni focali; ciò ha determinato che per uno stesso terremoto siano stati ottenuti, dai vari autori, meccanismi focali differenti tra loro. Le soluzioni proposte, in particolare, non permettono di discriminare fra meccanismi relativi a movimenti prevalentemente orizzontali (Gasparini et al., 1985; Anderson e Jackson, 1987) o meccanismi di tipo inverso (McKenzie, 1972; Anderson e Jackson, 1987). Solo risolvendo tale ambiguità si potrebbe individuare univocamente il processo di attivazione che ha prodotto la sequenza sismica e comprendere quindi le reali forze agenti nell'area in studio.

La perdurante controversia sulle interpretazioni sismotettoniche e sulla cinematica della sequenza sismica del 1968 ha influito fortemente sulla caratterizzazione dell'area ed ha avuto effetti sulle valutazioni del rischio sismico della Sicilia occidentale (Lavecchia et al., 2007; Visini et al., 2010). Infatti, nella zonazione dell'intero territorio italiano elaborata nell'ambito dei progetti nazionali per la valutazione della pericolosità sismica (si veda il database della pericolosità sismica MPS04; Working Group MPS, 2004), la Sicilia centro-occidentale appare come un ampio dominio asismico con la sola esclusione di una stretta fascia nord-sud che attraversa l'area del Belìce (Meletti et al., 2000; Scandone e Stucchi, 2000; Working Group MPS, 2004). Appare quindi chiaro quanto sia necessaria una migliore comprensione della sequenza sismica del Belìce anche ai fini della valutazione della pericolosità sismica locale e della pianificazione delle azioni volte alla mitigazione del rischio sismico. Con l'obiettivo, dunque, di risolvere l'ambiguità sui meccanismi focali disponibili in letteratura e fornire la prima stima diretta della magnitudo momento Mw degli eventi più energetici della sequenza sismica del 1968 (15 gennaio 02:33 e 03:01, 16 gennaio 16:42), abbiamo selezionato e digitalizzato i sismogrammi originali ed applicato, per la prima volta a questi dati, la più recente ed avanzata tecnica di inversione della forma d'onda opportunamente calibrata per i sismogrammi analogici (Stich et al., 2005). Il metodo di inversione delle forme d'onda, diversamente dalle metodologie classiche, ci consente di ottenere risultati affidabili anche con

una distribuzione spaziale di stazioni sismiche non ottimale e di calcolare unitamente al meccanismo focale, la magnitudo momento, essenziale per definire l'entità di un evento sismico.

3. I sismogrammi della prima epoca strumentale: sfide e risorse

I sismogrammi, cioè le registrazioni del moto del suolo nel tempo, rappresentano una risorsa fondamentale per lo studio delle sorgenti sismiche poiché consentono di ricavare le grandezze fisiche legate al terremoto. La sismologia moderna gode oggi di grandi quantità di sismogrammi digitali, di alta qualità, registrati da strumenti tecnologicamente all'avanguardia e densamente distribuiti quasi ovunque nel mondo. Lo sviluppo degli strumenti di registrazione dei terremoti ha ricevuto, però, un forte impulso soltanto in un'epoca relativamente recente, ovvero dopo l'avvento dell'era digitale. Andando indietro nel tempo, vediamo che il primo vero sismografo, capace cioè di registrare il movimento del suolo in funzione del tempo, fu costruito da Filippo Cecchi in Italia nel 1875. I sismogrammi più antichi risalgono quindi al periodo tra fine Ottocento ed inizio Novecento, quando il numero di osservatori sismologici era molto esiguo e la loro disposizione geografica molto disomogenea, con una certa concentrazione nell'Europa centrale. Di conseguenza, lo studio dei sismogrammi è necessariamente limitato ai terremoti avvenuti negli ultimi 100 anni circa, sebbene fortemente penalizzato per vari decenni dalla scarsa distribuzione spaziale delle registrazioni disponibili. Un altro fattore importante da considerare nel descrivere le difficoltà relative all'analisi dei dati antichi, è la diversità degli strumenti di registrazione presenti nelle varie stazioni sismiche. Esse non erano, infatti, attrezzate in modo omogeneo e uno stesso tipo di strumento poteva avere caratteristiche di registrazione molto diverse da una stazione all'altra, rendendo difficile poter analizzare congiuntamente i dati provenienti da più osservatori. La condivisione di dati è invece fondamentale per le analisi sismologiche e per la crescita delle conoscenze sismologiche, ed a tale scopo negli anni Sessanta venne infatti istituita la World-Wide Standardized Seismograph Network (WWSSN), il primo sistema moderno standardizzato a scala mondiale che consentiva di condividere a livello globale i dati completi delle forme d'onda sismiche, seppure ancora in formato prettamente analogico. Fu solo dopo gli anni '70 che grazie al progresso tecnologico si avviò la sostituzione dei vecchi

strumenti analogici con nuovi strumenti digitali, aventi caratteristiche di registrazione omogenee costantemente verificate ed in grado, quindi, di fornire sismogrammi digitali di alta qualità. L'analisi dei dati sismici registrati nei decenni precedenti lo sviluppo tecnologico digitale costituisce quindi una grossa sfida a causa delle difficoltà sopra descritte, ma anche uno sforzo irrinunciabile, soprattutto in un Paese come il nostro che possiede un prezioso patrimonio di dati storici. Proprio questi dati sono, infatti, gli unici capaci di fornire informazioni quantitative sulle sorgenti dei forti terremoti che hanno devastato nel secolo scorso aree estese del nostro territorio. Lo studio qui presentato della sequenza sismica del 1968 nasce proprio dal duplice intento di sfruttare pienamente i dati analogici raccolti dagli osservatori dell'epoca, aprendo la strada ad altri studi simili, ed al contempo di investigare un settore particolarmente critico in termini di valutazione del rischio sismico come quello della Sicilia occidentale.

4. Il caso studio della sequenza del Belìce

4.1. Il recupero dei sismogrammi analogici

Il primo passo da compiere per lo studio dei sismogrammi di un terremoto avvenuto prima dell'avvento dell'era digitale è la ricerca dei dati originali disponibili. Durante gli ultimi decenni sono stati sviluppati diversi progetti finalizzati alla raccolta ed alla scansione ad alta risoluzione dei dati originali dei terremoti avvenuti durante l'epoca pre-digitale. In particolare, i progetti Euroseismos (Ferrari e Pino, 2003) e Sismos (Michelini et al., 2005) si sono occupati del recupero dei sismogrammi dei terremoti più forti verificatesi nell'area euromediterranea e registrati dalle varie stazioni sismiche presenti nel mondo. Facendo quindi riferimento agli archivi digitali dei progetti Sismos e EuroSeismos, ed attraverso vari contatti con gli osservatori sismologici distribuiti nel territorio europeo, abbiamo ottenuto i sismogrammi originali relativi ai terremoti più forti della sequenza del Belice e cioè quelli verificatisi il 15 gennaio, alle ore 02:33 (evento 1) ed alle ore 03:01 (evento 2), ed il 16 gennaio alle ore 17:42 (evento 3). Come discusso da diversi autori (Kanamori, 1988; Batlló e Bormann, 2000; Dineva et al., 2002; Stich et al., 2003; Orecchio et al, 2019), i dati analogici necessitano di particolare attenzione affinché si possa ricostruire correttamente il moto del suolo durante

il terremoto, tenendo conto delle incertezze intrinseche dei dati originali. Per questo motivo, la nostra analisi della sequenza sismica del 1968 ha richiesto un'accurata selezione dei dati, basata su un'attenta valutazione della qualità di ciascun sismogramma recuperato e dei parametri strumentali necessari per ricostruire fedelmente le caratteristiche della strumentazione utilizzata. Sono stati selezionati solo i sismogrammi originali registrati dai sismografi definiti "a lungo periodo", ovvero strumenti capaci di registrare il moto del suolo in uno specifico intervallo di frequenze, adatto per eseguire il calcolo dei meccanismi focali utilizzando la tecnica di inversione proposta nel lavoro di Stich et al. (2005) e descritta nel seguito. Il set finale dei dati raccolti e selezionati è costituito da un totale di 10 sismogrammi per l'evento 1, otto sismogrammi per l'evento 2 e nove per l'evento 3 provenienti da nove stazioni sismiche distribuite nel territorio europeo, come mostrato in Figura 4.

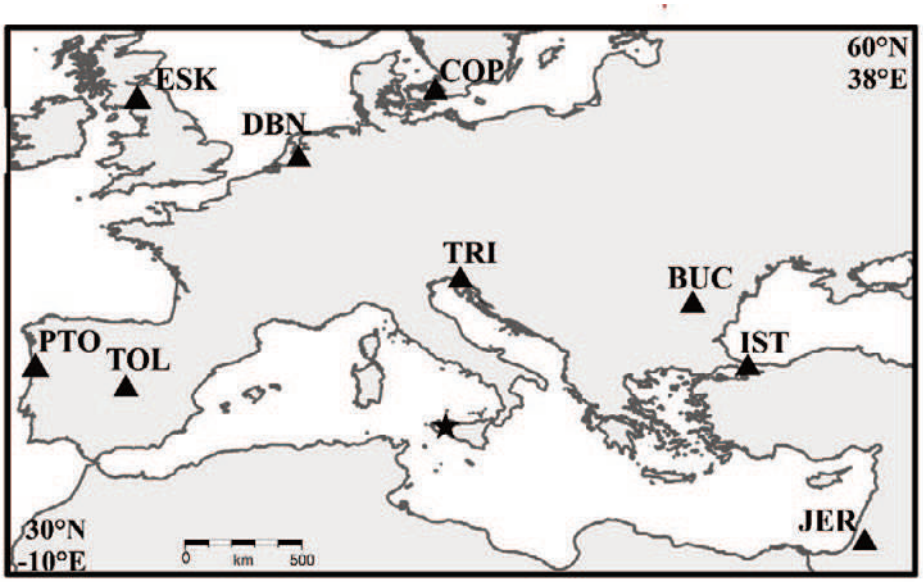


Figura 4. Distribuzione delle stazioni sismiche (triangoli neri) per le quali è stato possibile recuperare i sismogrammi originali dei terremoti da analizzare per la sequenza sismica del 1968. Per ogni stazione sono indicate le sigle relative alla loro denominazione.

Affinché i sismogrammi analogici raccolti possano essere studiati con le odierne tecniche di analisi, tenendo conto anche della profonda differenza dei sistemi di registrazione degli strumenti storici, è assolutamente necessaria l'applicazione di opportune tecniche grafiche e di elaborazione dei dati che permettano la trasformazione delle forme d'onda registrate su

carta in segnali digitali. Ognuno dei sismogrammi da noi raccolti è stato dapprima digitalizzato manualmente, tramite un opportuno software grafico, al fine di ottenere la sequenza di punti che riproduce l'intero sismogramma nel modo più fedele possibile. Successivamente, ogni digitalizzazione così ottenuta è stata elaborata per convertire l'insieme dei punti in una funzione che riproduca i reali valori di ampiezza del moto del suolo rispetto al tempo utilizzando il software Teseo[2] (Pintore et al., 2005) sviluppato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia appositamente per il trattamento dei sismogrammi digitalizzati. In questo passaggio si deve tener conto di tutte quelle caratteristiche strumentali che influiscono sulla scrittura del sismogramma stesso al momento della registrazione. A causa delle caratteristiche dei vecchi strumenti di registrazione, i sismogrammi possono infatti presentare delle distorsioni geometriche (ad esempio, inclinazione del segnale e curvatura delle ampiezze) che devono essere attentamente valutate per essere corrette, dopo la conversione in formato digitale, utilizzano specifici algoritmi numerici. La figura 5 mostra il confronto tra il sismogramma analogico originale del terremoto del 15 gennaio 1968 ore 02:33, registrato alla stazione di Toledo in Spagna (TOL in Figura 5) dallo strumento elettromagnetico di tipo Spregnether, e quello da noi ottenuto dopo aver effettuato la digitalizzazione, la conversione in un segnale di ampiezza nel tempo e la correzione dall'effetto geometrico di curvatura dovuto al sistema di registrazione.

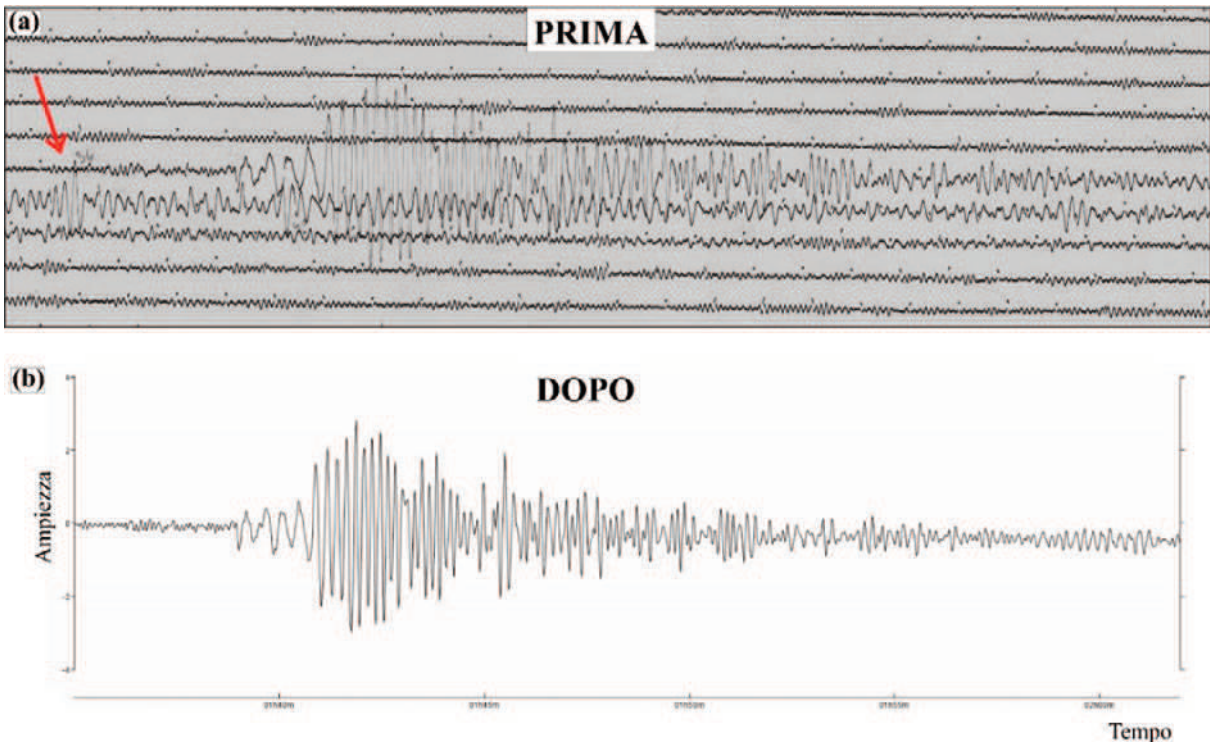


Figura 5. (a) La figura mostra uno stralcio originale della registrazione del 15 gennaio 1968 alla stazione sismica di Toledo in Spagna in cui è evidente il sismogramma del terremoto avvenuto nell'area della Valle del Belìce. La freccia rossa indica l'inizio del sismogramma relativo alla scossa delle ore 02:33. (b) Traccia mostrata nel pannello (a) dopo la digitalizzazione manuale e le operazioni di correzione geometrica.

Come già evidenziato, per eseguire correttamente le necessarie operazioni di digitalizzazione, conversione e correzione geometrica è fondamentale la conoscenza delle caratteristiche tecniche degli strumenti di registrazione. Ciò implica dover acquisire per ogni strumento di registrazione i necessari dettagli tecnici (ad esempio parametri strumentali e dati di calibrazione) a volte molto diversi tra loro e non ben documentati. Grazie al lavoro di recupero del dato sismologico storico avviato dai vari progetti già citati, sono disponibili in molti casi i bollettini originali che venivano prodotti periodicamente nei vari osservatori sismologici, nei quali sono riportati i dati tecnici dei relativi strumenti di registrazione. Questi documenti, anche se a volte non sono sufficientemente completi, costituiscono ovviamente una fonte essenziale di informazioni. La ricerca delle caratteristiche strumentali dei sistemi di

registrazione storica richiede, dunque, un accurato lavoro di verifica ed un'attenta valutazione di ogni parametro prima di procedere con l'analisi dei sismogrammi. Solo i sismogrammi dei quali si conoscono i parametri strumentali dei dispositivi che li hanno registrati possono, infatti, essere utilizzati per lo studio della sorgente sismica.

4.2. Metodologie moderne per l'analisi dei dati del passato

La trasformazione dei dati analogici originali in versioni digitali consente di analizzare i terremoti tramite le più moderne tecniche d'indagine. In particolare, la qualità dei dati selezionati e digitalizzati consente di applicare metodologie definite di "inversione della forma d'onda" oggi ampiamente utilizzate per risolvere la cinematica dei terremoti più energetici. In generale, i metodi di inversione delle forme d'onda, attraverso opportune modellazioni fisico-matematiche, consentono di calcolare sismogrammi teorici per tutti i possibili meccanismi focali; quindi, confrontando questi dati teorici con quelli originali registrati dagli strumenti è possibile identificare il meccanismo focale capace di riprodurre più fedelmente i dati reali, cioè la forma delle onde sismiche effettivamente registrate nei sismogrammi. Per l'analisi dei tre eventi più energetici della sequenza sismica del 1968 è stata applicata la tecnica di inversione della forma d'onda proposta nel lavoro di Stich et al. (2005). Tale tecnica si distingue dalle altre perché utilizza un approccio opportunamente calibrato per lavorare tenendo conto delle caratteristiche degli strumenti e della distribuzione geografica delle stazioni disponibili. Le elaborazioni condotte con la tecnica di Stich et al. (2005) permettono di calcolare il meccanismo focale del terremoto, la profondità a cui si è verificato e la sua magnitudo momento, fornendo quindi preziose informazioni sull'entità degli eventi sismici e sulla loro effettiva cinematica. La robustezza dell'approccio è supportata da numerosi casi-studio in cui è stata utilizzata con successo per lo studio di alcuni forti terremoti verificatisi nella prima epoca strumentale in Portogallo e Francia (Stich et al., 2005), in Spagna (Batlló et al., 2008, 2010; Stich et al., 2018) ed in Italia (Orecchio et al., 2019).

La Figura 6 riporta i risultati ottenuti dall'inversione delle forme d'onda per i tre terremoti selezionati (evento 1, evento 2, evento 3). Le figure mostrano, per ogni evento, il meccanismo focale ottenuto, definito dagli angoli di *strike*, *dip* e *rake* e il confronto tra sismogrammi reali (traccia nera in figura) e sismogrammi sintetici (traccia rossa in figura). Il meccanismo focale

dell'evento 1 indica: (i) attività di faglia prevalentemente di tipo compressivo, con componente trascorrente, che si verifica su una faglia orientata circa ENE, (ii) profondità focale di 34 km e (iii) magnitudo momento Mw calcolata pari a 5.0. Per l'evento 2, ovvero il terremoto più forte della sequenza del 1968, il meccanismo focale ottenuto dall'inversione delle forme d'onda indica: (i) attività di faglia di tipo compressivo su un piano orientato circa Nordest-Sudovest, (ii) profondità focale di 34 km e (iii) magnitudo momento Mw 5.2. Anche per l'evento 3 il meccanismo focale ottenuto è molto simile a quello degli eventi 1 e 2 ed il risultato mostra (i) attività di faglia prevalentemente compressiva, con una componente trascorrente sul piano orientato circa Est Nordest, (ii) profondità focale di 30 km e (iii) magnitudo momento Mw 5.0. Per tutti gli eventi analizzati, il confronto tra sismogrammi reali e sintetici mostra come le forme d'onda siano riprodotte adeguatamente per le diverse stazioni disponibili. La robustezza e l'affidabilità delle soluzioni ottenute è supportata anche dagli esiti di numerosi test di stabilità, opportunamente sviluppati per verificare il possibile effetto delle incertezze associate ai dati originali sui risultati ottenuti (Orecchio et al., 2021).

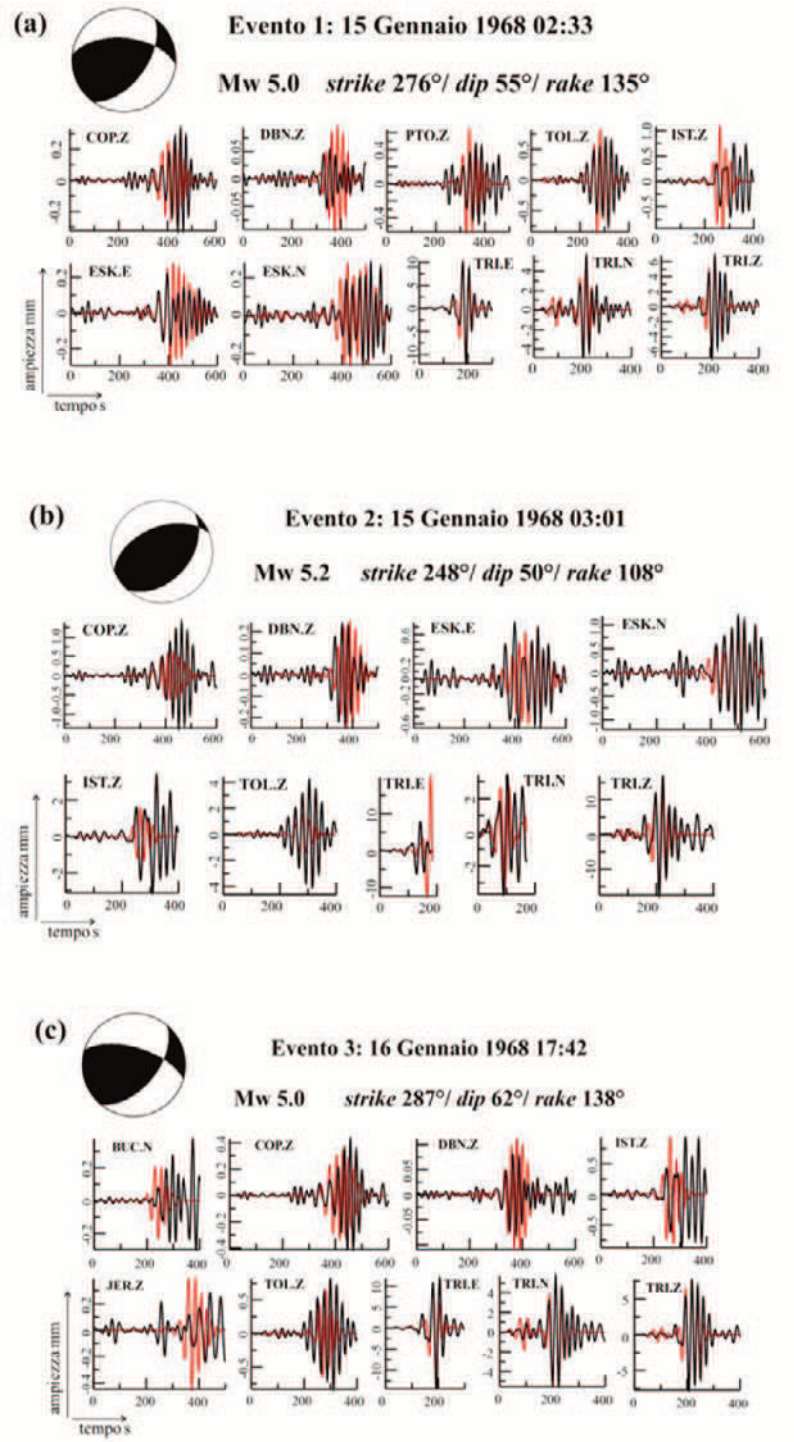


Figura 6. Risultati ottenuti per gli eventi del 15 gennaio ore 02:33 (pannello a) e ore 03:01 (pannello b) e del 16 gennaio 17:42 (pannello c). Per ogni evento sono riportati: il meccanismo focale ottenuto, i corrispondenti valori della magnitudo momento Mw e degli angoli di *strike*, *dip* e *rake*, ed i confronti tra i sismogrammi originali digitalizzati (in nero) e quelli sintetici (in rosso) alle singole stazioni sismiche.

5. Conclusioni

Lo studio dei tre terremoti più forti della sequenza sismica della Valle del Belìce (15 gennaio 1968 alle ore 02:33 e 03:01 e 16 gennaio 1968 alle ore 17:42) condotto utilizzando i sismogrammi analogici digitalizzati ed i bollettini sismici, ci ha consentito di fornire la prima soluzione da inversione di forma d'onda per la stima del meccanismo focale e della magnitudo momento per questa importante sequenza sismica.

L'analisi qui presentata dimostra le potenzialità delle moderne tecniche di indagine combinate con l'inestimabile patrimonio di dati strumentali raccolti prima dell'inizio dell'era digitale. Lo sviluppo del digitale e il progressivo potenziamento delle capacità di calcolo disponibili negli ultimi decenni hanno permesso alla ricerca scientifica di progredire velocemente garantendo un rapido incremento delle conoscenze. In ambito sismologico, tuttavia, la disponibilità di dati sperimentali è fortemente connessa all'effettiva attività sismica che caratterizza un territorio, ed in particolare al verificarsi di terremoti di una certa valenza energetica (es. magnitudo>5) che contribuiscono maggiormente a far comprendere le dinamiche tettoniche a scala regionale.

Focalizzando l'attenzione sull'Italia meridionale, comunemente nota come uno dei settori a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, colpita da decine di eventi distruttivi nell'arco degli ultimi secoli, è facile verificare come la sismicità più energetica sia stata relativamente modesta negli ultimi decenni rispetto alle fasi storiche precedenti. Numerose decine di eventi di magnitudo maggiore di 5 si sono verificati nel periodo identificabile come la prima epoca strumentale ma, ad oggi, molti di questi, pur costituendo una risorsa fondamentale per lo studio e la comprensione delle caratteristiche geodinamiche dell'area, rimangono inesplorati a causa della ridotta qualità dei dati disponibili e delle problematiche connesse al loro trattamento. Ciò determina grandi incertezze e forti ambiguità sull'ubicazione, sull'entità e sui meccanismi di attivazione delle sorgenti di questi forti terremoti; conoscenze che sono invece fondamentali per comprendere i processi tettonici che li hanno generati e per migliorare le valutazioni di rischio sismico. Le analisi qui presentate dimostrano la capacità delle più recenti metodologie di digitalizzazione dei sismogrammi analogici e di inversione della forma d'onda di ottenere risultati affidabili anche da dati strumentali del passato, aprendo così la

strada ad altre ricerche che possano sfruttare il patrimonio di informazioni proveniente dagli osservatori sismologici operanti sin dagli inizi del XX secolo.

Con riferimento alle conoscenze inerenti la Sicilia occidentale, i risultati ottenuti da questo studio hanno consentito di determinare il meccanismo che ha generato l'attività sismica più importante dell'area, permettendo di risolvere un'ambiguità tra i modelli di faglia ipotizzati in letteratura perdurata per oltre cinquanta anni. I nuovi vincoli ottenuti sulla cinematica della sismicità del 1968 indicano che la sequenza della Valle del Belìce è stata caratterizzata da un'attività di tipo compressivo verificatasi su strutture di faglia orientate circa Est-Ovest. Inoltre, lo studio ha consentito di stimare per la prima volta la magnitudo momento Mw degli eventi più energetici dell'intera sequenza, ridefinendo più accuratamente l'entità dell'attività sismica

I vincoli sismologici da noi forniti grazie al calcolo dei meccanismi focali supportano il modello regionale che identifica la convergenza in direzione NNO-SSE delle placche Africana e Eurasiatica (D'Agostino e Selvaggi, 2004; Devoti et al., 2008) come motore principale dell'attività tettonica in atto e dimostrano che il relativo fronte di compressione è ancora sismogenicamente attivo in Sicilia occidentale (Monaco et al., 1996; Lavecchia et al., 2007; Barreca et al., 2014, 2020). I risultati ottenuti da questa ricerca rappresentano, dunque, un importante contributo sia per identificare i movimenti tettonici attivi a scala regionale sia per valutare il potenziale sismogenetico dell'area, e la relativa pericolosità sismica.

Con questo contributo si vuole infine fortemente sottolineare l'importanza del grande apporto che Piero Angela ha dato alla diffusione del sapere scientifico, rendendo fruibili al grande pubblico argomenti generalmente ritenuti ostici. Il suo lavoro, anche in riferimento alle tematiche sismologiche (si vedano, a titolo di esempio, le puntate di SuperQuark del 06/07/2012 e del 23/08/2017), ci consente oggi di diffondere studi come quello presentato in questo volume prima ritenuti ad uso esclusivo della comunità scientifica. È stato un intellettuale che con il suo approccio innovativo ha saputo stimolare l'interesse di tutti verso la cultura scientifica riuscendo a raccontare con semplicità ed efficacia i progressi della scienza e della tecnologia.

6. Bibliografia

Anderson H., J. Jackson (1987), Active tectonics of the Adriatic region, Geophys. J. Roy. Astron. Soc. 91, 937–983.

Azzaro R., Barbano M. S., Tertulliani A., Pirrotta C. (2020), A reappraisal of the 1968 Valle del Belìce seismic sequence (western Sicily): A case study of intensity assessment with cumulated damage effects, Ann. Geophys. 62, doi: 10.4401/ag-8308.

Barreca G., Bruno V., Cocorullo C., Cultrera F., Ferranti L., Guglielmino F., Guzzetta L., Mattia M., Monaco C., Pepe F. (2014), Geodetic and geological evidence of active tectonics in south-western Sicily (Italy), J. Geodyn. 82, 138–149, doi:10.1016/j.jog.2014.03.004.

Barreca G., Bruno V., Dardanelli G., Guglielmino F., Lo Brutto M., Mattia M., Pipitone C., ROSSI M. (2020), An integrated geodetic and InSAR technique for the monitoring and detection of active faulting in southwestern Sicily, Ann. Geophys. 63, doi: 10.4401/ag-8327.

Batlló J., P. Bormann (2000), A catalog of old Spanish seismographs, Seismol. Res. Lett. 71, 570–582.

Batlló J., Stich D., Palombo B., Macia R., Morales J. (2008), The 1951 Mw 5.2 and Mw 5.3 Jaén, southern Spain, earthquake doublet revisited, Bull. Seismol. Soc. Am. 98, no. 3, 1535–1545.

Batlló J., Stich D., Macià R., Morales J. (2010), Moment tensor inversion for the 5 July 1930 Montilla earthquake (southern Spain), Seismol. Res. Lett. 81, no. 5, 724–731.

Butler R. W. H., Grasso M., La Manna F. (1992), Origin and deformation of the Neogene–recent Maghrebian foredeep at the Gela Nappe, SE Sicily, J. Geol. Soc. (Lond.) 149, 547–556.

Catalano S., Torrisi S., Ferlito C. (2004), The relationship between late Quaternary deformation and volcanism of Mt. Etna (eastern Sicily): New evidence from the sedimentary substratum in the Catania region, J. Volcanol. Geoth. Res. 132, 311–334.

D'agostino N., G. Selvaggi (2004), Crustal motion along the Eurasia–Nubia plate boundary in the Calabrian arc and Sicily and active extension in the Messina Straits from GPS measurements, J. Geophys. Res. 109, no. B11, doi: 10.1029/2004JB002998

De Panfilis M., L. Marcelli (1968), Il periodo sismico della Sicilia orientale iniziato il 14/1/1968, Ann. Geophys. 21, 343–422.

Devoti R., Riguzzi F., Cuffaro M., Doglioni C. (2008), New GPS constraints on the kinematics of the Apennines subduction, Earth Planet. Sci. Lett. 273, nos. 1/2, 163–174.

Dineva S., Batlló J., Mihaylov D., Van Eck T. (2002), Source parameters of four strong earthquakes in Bulgaria and Portugal at the beginning of the 20th century, J. Seismol. 6, no. 1, 99–123.

Ferrari G., N. A. Pino (2003), EUROSEISMOS 2002–2003 a project for saving and studying historical seismograms in the Euro-Mediterranean area, Geophys. Res. Abstr., France, 6–11 April, Vol. 5, Abstract EAE03-A-05274.

Gasparini C., Iannaccone G., Scarpa R. (1985), Fault-plane solutions and seismicity of the Italian peninsula, Tectonophysics 117, nos. 1/2, 59–78.

Ghisetti F. C., Gorman A. R., Grasso M., Vezzani L. (2009), Imprint of foreland structure on the deformation of a thrust sheet: The Plio-Pleistocene Gela Nappe (southern Sicily, Italy), Tectonics 28, no. 4, doi: 10.1029/2008TC002385.

Guidoboni E., Valensise G., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bernardini F., Bianchi M. G., Tarabusi G., Comastri A. (2011), Il Peso Economico e Sociale dei Disastri Sismici in Italia Negli Ultimi 150 Anni, Bononia University Press, Bologna, Italy, 552 pp.

Jenny S., Goes S., Giardini D., Kahle H. G. (2006), Seismic potential of southern Italy, Tectonophysics 415, 81–101.

Kanamori H. (1988), Importance of historical seismograms for geophysical research, in Historical Seismograms and Earthquakes of the World, 16–33.

ISC International Seismological Centre (2020), On-line Bulletin, https://doi.org/10.31905/D808B830

Lavecchia G., Ferrarini F., De Nardis R., Visini F., Barbano M. S. (2007), Active thrusting as a possible seismogenic source in Sicily (southern Italy): Some insights from integrated structural– kinematic and seismological data, Tectonophysics 445, 145–167, doi: 10.1016/j.tecto.2007.07.007.

Mckenzie D. (1972), Active tectonics of the Mediterranean region, Geophys. J. Roy. Astron. Soc. 30, 109–185.

Meletti C., Patacca E., Scandone P. (2000), Construction of a seismotectonic model: The case of Italy, Pure Appl. Geophys. 157, 11–35.

Michelini A., De Simoni B., Amato A., Boschi E. (2005), Collecting, digitizing, and distributing historical seismological data, Eos Trans. AGU 86, no. 28, 261, doi: 10.1029/2005EO280002.

Michetti A. M., Brunamonte F., L. Serva (1995), Paleoseismological evidence in the epicentral area of the January 1968 earthquakes, Belice, southwestern Sicily, in Perspectives in Paleoseismology, L. Serva and D. B. Slemmons (Editors), Vol. 6, A.E.G. Special Publication, 127–139.

Monaco C., Mazzoli S., Tortorici L. (1996), Active thrust tectonics in western Sicily (southern Italy): The 1968 Belice earthquake sequence, Terra Nova 8, 372–381.

Nocquet J., (2012), Present-day kinematics of the Mediterranean: A comprehensive overview of GPS results, Tectonophysics 579, 220–242.

Orecchio B., Scolaro S., Batlló J., Ferrari G., Presti D., Stich D. (2019), A reappraisal of the 1978 Ferruzzano earthquake (southern Italy) from new estimates of hypocenter location and moment tensor inversion, Phys. Earth Planet. In. 289, 34–44.

Orecchio B., Scolaro S., Batlló J., Neri G., Presti D., Stich D., Totaro C. (2021), New Results for the 1968 Belice, South Italy, Seismic Sequence: Solving the Long- Lasting Ambiguity on Causative Source, Seismol. Res. Lett. 92(4), 2364–2381, 10.1785/0220200277.

Pintore S., Quintiliani M., Franceschi D. (2005), Teseo: A vectorizer of historical seismograms, Comput. Geosci. 31, 1277–1285.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., P. Gasperini (2020), The Italian earthquake catalogue CPTI15, Bull. Earthq. Eng. 18, no. 7, 2953–2984, doi: 10.1007/s10518-020-00818-y.

Scandone P., M. StucchI (2000), La Zonazione sismogenetica ZS4 come strumento per la valutazione della pericolosità sismica, in Le Ricerche del GNDT nel Campo Della Pericolosità Sismica (1996–1999), F. Galadini, C. Meletti, and A. Rebez (Editors), 3–14.

Stich D., Batlló J., Morales J., Macià R., Dineva S. (2003), Source parameters of the 1910 Mw=6:1 Adra earthquake (southern Spain), Geophys. J. Int. 155, 539–546.

Stich D., Batlló J., Macià R., Teves-Costa P., Morales J. (2005), Moment tensor inversion with single-component historical seismograms: The 1909 Benavente (Portugal) and Lambesc (France) earthquakes, Geophys. J. Int. 162, no. 3, 850–858.

Stich D., Martín R., Batlló J., Macià R., Mancilla F., Morales J. (2018), Normal faulting in the 1923 Berdún earthquake and postorogenic extension in the Pyrenees, Geophys. Res. Lett. 45, doi:10.1002/2018GL077502.

Torelli L., Grasso M., Mazzoldi G., Peis D. (1998), Plio-Quaternary tectonic evolution and structure of the Catania foredeep, the northern Hyblean plateau and the Ionian shelf (SE Sicily), Tectonophysics 298, 209–221.

Valle P. E. (1969), Tentativo di controllo del periodo sismico siciliano iniziato il 14 Gennaio 1968, Ann. Geophys. 22, 57–84.

Visini F., De Nardis R., Lavecchia G. (2010), Rates of active compressional deformation in central Italy and Sicily: Evaluation of the seismic budget, Int. J. Earth Sci. 99, no. 1, 243–264, doi: 10.1007/s00531-009-0473-x.

Working Group MPS (2004), Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, http://zonesismiche.mi.ingv.it.

Francesca Pellegrino

Lo sviluppo sostenibile dello spazio extra-atmosferico. Il fenomeno dei detriti spaziali

1. Dalla sostenibilità del pianeta alla sostenibilità dello spazio extra-atmosferico. – 2. Cosa si intende per sostenibilità dello spazio – 3. La sostenibilità nello spazio come nuova frontiera della sicurezza. Il fenomeno dei detriti spaziali. – 4. Una normativa internazionale inadeguata in materia di *space debris*. – 5. Fonti di *soft law* e nuove misure in materia di *space debris*. – 6. Conclusioni.

1. Dalla sostenibilità del pianeta alla sostenibilità dello spazio extra-atmosferico

Le nostre economie, la nostra società e la nostra sicurezza dipendono sempre di più dallo spazio.

Tale assunto si basa sulla considerazione che le tecnologie satellitari contribuiscono al benessere e alla sostenibilità del nostro Pianeta. Le loro molteplici applicazioni permettono di realizzare gran parte degli obiettivi dell'Agenda ONU 2030.

I satelliti, infatti, raccogliendo un'enorme mole di dati, sono in grado di fornire informazioni qualitative e quantitative sull'ambiente, contribuendo alla nostra salute e sicurezza, apportando benefici economici, accelerando la transizione digitale.

Dal cambiamento climatico ai disastri naturali, dall'insufficienza di acqua alla mancanza di cibo, dalle epidemie all'immigrazione, dalle previsioni meteorologiche all'approvvigionamento energetico, i dati satellitari rappresentano una risorsa estremamente preziosa e ormai irrinunciabile. Basti solo pensare al fenomeno del *climate change*: quasi la metà dei dati climatici essenziali (*essential climate variables*) sono misurati per via satellitare.

Le stesse tecnologie e le relative applicazioni rappresentano un importante supporto anche per la gestione dei disastri ambientali, in forte aumento a causa dei cambiamenti climatici.

I dati rilevati dallo spazio consentono, altresì, di monitorare l'evoluzione di ghiacciai o foreste, molti dei quali in via d'estinzione.

Il nuovo programma spaziale dell'UE 2021-2027 rafforzerà sistemi come Copernicus[1], Galileo e EGNOS[2], progettati dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA)[3], che hanno assegnato al nostro Continente un ruolo di primo piano nell'osservazione della Terra[4].

Sono tali informazioni satellitari, ad esempio, ad avvisarci che il 2022 è stato, quanto a siccità ed emergenza climatica, un anno particolarmente critico.

Alcuni satelliti, denominati *COSMO-SkyMed*, osservano continuamente e minuziosamente dallo spazio tutta l'area mediterranea e sono in grado di fornire informazioni su trafficanti di esseri umani, barconi in partenza dalle coste africane e imbarcazioni *in distress,* in alto mare, cariche di migranti.

Inoltre, molti satelliti in orbita intorno al Pianeta hanno come obiettivo il monitoraggio delle colture, sì da garantire la sicurezza alimentare. I dati raccolti, fornendo importanti

[1] Regolamento UE n. 377/2014 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 3 aprile 2014, che istituisce il programma *Copernicus* e che abroga il regolamento UE n. 911/2010 (*G.U.U.E.* L 122 del 24 aprile 2014, 44). Il programma di osservazione terrestre dell'UE è stato lanciato per assicurare il monitoraggio regolare dei sottosistemi terrestri, dell'atmosfera, degli oceani e delle superfici continentali e per fornire informazioni a

[2] Regolamento UE n. 1285/2013 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2013, relativo all'attuazione e all'esercizio dei sistemi europei di radionavigazione via satellite e che abroga il regolamento CE n. 876/2002 del Consiglio e il regolamento CE n. 683/2008 del Parlamento europeo e del Consiglio (*G.U.U.E.* L 347 del 20 dicembre 2013). Per un commento v. L. Bottinelli, *L'impresa europea di interesse generale: il progetto Galileo*, in *Servizi pubblici e appalti*, 2006, 145 ss.; C. Ingratoci, *Verso un sistema europeo di nuova generazione per la gestione del traffico aereo: l'Impresa comune SESAR* e S. Magnosi, *Qualche riflessione sull'impiego della tecnologia satellitare nel controllo della circolazione aerea*, in M.P. Rizzo (a cura di), *La gestione del traffico aereo: profili di diritto internazionale, comunitario ed interno*, Milano, 2009, rispettivamente 485 e 281 ss.; S. Magnosi, *I sistemi satellitari di ausilio alla navigazione aerea. Problematiche giuridiche, in Infrastrutture e navigazione: nuovi profili della sicurezza marittima ed aerea*, Roma, 2013, 111 ss.; M.E. De Maestri, *La gestione pubblica del «sistema Galileo» e la responsabilità civile: questioni di giurisdizione, immunità e legge applicabile*, in *Dir. mar.*, 2014, 288 ss.; A. Masutti, *Il progetto Galileo GNSS-Global Navigation Satellite System: garanzie di maggiore sicurezza negli aeroporti europei e relative implicazioni giuridiche*, in G. Camarda, M. Cottone, M. Migliarotti (a cura di), *La sicurezza negli aeroporti. Problematiche giuridiche ed interdisciplinari*, Atti del Convegno di Milano del 22 aprile 2004, Milano, 2004, 99 ss.

[3] Ben nota organizzazione internazionale con sede a Parigi, formata da 22 Stati Membri, istituita con la Convenzione firmata a Parigi il 30 maggio 1975. Oltre alle attività svolte presso l'ESOC (*European Space Operations Centre*), in Germania, per lo sviluppo di un sistema di segnalazione dei detriti, l'ESA conduce ricerche sui rifiuti spaziali presso il centro ESTEC (*European Space Research and TechnologyCentre*), nei Paesi Bassi. Le attività includono lo sviluppo di rilevatori di impatto, il collaudo di schermi di protezione, la valutazione dei danni da collisione ecc. Per un approfondimento sull'Agenzia, v. V. J. Avicoli, *Il sistema di finanziamento dell'Agenzia Spaziale Europea ESA*, in *Com. internaz*, 1996, 97 ss.; L. Marini, *I rapporti tra la politica industriale dell'Agenzia spaziale europea e il diritto comunitario alla luce del principio del giusto ritorno economico*, in *Dir. comm. internazionale*, 1999, 921 ss.; M. Messina, *Quali futuri rapporti tra Unione europea e Agenzia spaziale europea (ESA)?*, in L. Panella, F. Pellegrino (a cura di), *Le nuove frontiere del diritto dello spazio*, *OIDU*, 2018, 89 ss.

[4] P. Achilleas, *Droit de l'espace. Télécommunication – Observation – Navigation – Défense – Exploration*, Bruxelles, 2009.

indicazioni sul rendimento dei campi, consentono agli agricoltori di pianificare in modo ottimale la semina o di decidere quando aggiungere fertilizzanti. Queste applicazioni possono avere anche importanti effetti per combattere la fame nel mondo, rendendo i terreni dei Paesi del Terzo mondo più fertili e le colture più resistenti alla siccità e alle elevate temperature.

Ancora, in ambito sanitario, i dati satellitari permettono di monitorare la diffusione di epidemie. Il telerilevamento è anche in grado di prevenire malattie tropicali, trasmesse da insetti e legate a fattori ambientali.

Fondamentale è poi il ruolo dei satelliti nell'applicazione dell'intelligenza artificiale (AI) al sistema dei trasporti e della logistica. La guida autonoma e la *smart mobility* sono certamente gli esempi più significativi. Dal controllo del traffico aereo e marittimo alla gestione della distribuzione capillare delle merci, dai droni taxi alle *autonomous ships*, dalle *driverless cars* agli autobus e ai treni senza conducente: queste sono le sfide per la mobilità del prossimo futuro.

Gli sviluppi delle tecnologie digitali e di intelligenza artificiale hanno peraltro reso possibile il lancio nello spazio di satelliti sempre più piccoli, a costi sempre più contenuti, grazie anche all'impiego di lanciatori riutilizzabili e di veicoli dalle *performance* sempre più elevate.

Lo spazio, quindi, si afferma come motore per uno sviluppo socio-economico ed ambientale sostenibile del Pianeta[5].

Ma dal momento che le tecnologie spaziali sono diventate indispensabili per il nostro benessere, *condicio sine qua non* perché questo processo, già avviato, possa pienamente realizzarsi è l'utilizzo sostenibile dello spazio stesso[6].

La nuova sfida del futuro è, infatti, quella di garantire un uso dell'*outer space* non solo pacifico[7], come espressamente sancito sin dal Trattato dello spazio, firmato a Londra, Mosca

[5] K.-U. Schrogl, M. Benkö (a cura di), *Outer Space - Future for Humankind, Issues of Law and Policy*, The Hague, 2021.

[6] In materia di tutela dell'ambiente spaziale, v. V. Vereshchetin, *Rischi ambientali derivanti dalle attività spaziali e la loro disciplina giuridica*, in G. Catalano Sgrosso (a cura di), *Diritto dello spazio, recenti sviluppi e prospettive*, Padova, 1994, 81 ss.; F. Francioni, *Attività spaziali e principi internazionali in materia di protezione dell'ambiente*, in F. Francioni, F. Pocar (a cura di), *Il regime internazionale dello spazio*, Milano, 1993, 89; T. Beer, *The Specific Risks Associated with Collisions in Outer Space and the Return to Earth of Space Objects - The Legal Perspective*, in *Air and Space Law* 25, 2000, 42 ss.; N. Mateesco Matte, *Environmental Implications* and *Responsibilities in the Use of Outer Space*, in *Annals of air and space law*, vol. 14, 1989, 419-ss.

[7] Cfr. M. Mateesco Matte, *Cosmos 954: coexistence pacifique et vide juridique*, in *Annals of air and space law*, 1978, 483; M. Gestri, *Portata e limiti del principio dell'uso pacifico nel diritto dello spazio*, in *Com. internaz.*,

e Washington il 10 ottobre 1967[8], ma anche sicuro e sostenibile, a beneficio e nell'interesse di tutti i Paesi, indiscriminatamente e indipendentemente dal loro grado di sviluppo economico o scientifico, trattandosi di una risorsa limitata. costituente patrimonio comune dell'umanità (*the province of all mankind*).

2. Cosa si intende per sostenibilità dello spazio

A questo punto, è interessante capire cosa debba intendersi per *space sustainability*.

Un contributo fondamentale è stato, a tal fine, assicurato dal Comitato delle Nazioni Unite sugli usi pacifici dello spazio (COPUOS)[9], istituito col compito di rafforzare la cooperazione internazionale tra le Nazioni aventi in corso programmi spaziali o interessati a svilupparli, incoraggiando gli Stati e le organizzazioni intergovernative internazionali ad adottare volontariamente misure per garantire *peaceful uses of outer space.*

Secondo tale organo, per sostenibilità dello spazio si deve intendere la capacità di mantenere in tale ambito, e in un futuro indefinito, attività aventi scopi pacifici, che permettano a tutti un equo accesso ai benefici[10] e quindi il soddisfacimento delle esigenze delle generazioni attuali, senza compromettere quelle delle generazioni future.

Il *Working Group* per la sostenibilità a lungo termine delle attività dello spazio e il Sottocomitato scientifico e tecnico del COPUOS hanno, infatti, elaborato nel 2018 le "*Guidelines for the Long-Term Sustainability of Outer Space Activities*"[11], contenenti misure ispirate ad un approccio olistico per promuovere la sostenibilità a lungo termine delle attività spaziali.

1989, 502; M.T. Srikanth, *'Military' and 'Peaceful' Are Synonymous in Light of the Outer Space Treaty"*, in *Indonesian Journ. Int. Law*, 2011, 8:2, 291.

[8] Trattato sulle norme per l'esplorazione e l'utilizzazione, da parte degli Stati, dello spazio extra-atmosferico, compresi la luna e gli altri corpi celesti, concluso a Londra, Mosca e Washington il 27 gennaio 1967 (entrato in vigore il 10 ottobre 1967). Per un commento, v. U. Leanza, *Lo stato dell'arte nel regime giuridico dello spazio cosmico*, in *Riv. dir. nav.*, 2011, 653 ss.; S. Marchisio, *Il Trattato sullo spazio del 1967: passato, presente e futuro*, in *Riv. dir. internaz.*, 2018, 205 ss.

[9] *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space,* istituita in seno all'ONU nel 1959

[10] M. Gerhard, *Report of the 'Project 2001' Working Group on National Space Legislation*, in K.H. Bockstiegel (a cura di), *'Project 2001' - Legal Framework for the Commercial Use of Outer Space*, Köln, 2002, 529; V.S. Vereshchetin, *Outer Space*, in *Max Planck Encyclopedia of Public International Law*, Heidelberg-Oxford, 2006.

[11] COPOUS, *Conference room paper by the Chair of the Working Group on the Long-term Sustainability of Outer Space Activities,* Vienna, 27 giugno 2018.

Tale documento di *soft law* si fonda su un'intesa sulle sfide per garantire la sostenibilità a lungo termine delle attività spaziali e sulle misure che, sulla base delle attuali conoscenze e di prassi consolidate, possono prevenire o ridurre l'impatto dannoso. Nelle *Guidelines* in esame, la sostenibilità spaziale è stata definita come «*the ability to maintain the conduct of space activities indefinitely into the future in a manner that realizes the objectives of equitable access to the benefits of the exploration and use of outer space for peaceful purposes, in order to meet the needs of the present generations while preserving the outer space environment for future generations*».

Questa nozione si presenta perfettamente in linea, per un verso, con la nota definizione di sostenibilità, contenuta nel Rapporto *Brundtland*[12], che impone agli Stati di sfruttare le risorse in modo razionale, nell'interesse delle generazioni attuali e future, secondo il principio di equità intergenerazionale, per altro verso, con la "Dichiarazione dei principi giuridici che disciplinano le attività degli Stati nell'esplorazione e nell'utilizzo dello spazio extra-atmosferico" (1963)[13] e con l'*Outer Space Treaty* (1967).

In particolare, secondo l'art. I di quest'ultimo strumento internazionale, le quattro libertà fondamentali in materia spaziale, di accesso, esplorazione, uso e ricerca scientifica, non sono assolute, dovendone beneficiare, in condizioni di parità, tutti i Paesi.

D'altra parte, i vigenti Trattati internazionali e i principi dello spazio rappresentano la base giuridica del documento in esame.

Al fine di garantirne la più ampia applicazione di tali Linee guida del COPUOS, come espressamente previsto nella "*Declaration on International Cooperation in the Exploration and Use of Outer Space for the Benefit and in the Interest of All States, Taking into Particular Account the Needs of Developing Countries*"[14], gli Stati e le organizzazioni intergovernative sono liberi di determinare gli aspetti della loro collaborazione, sempreché su basi eque ed accettabili, nel

[12] Il Rapporto «*Our common future*» (1987), detto *Brundtland* dal nome dell'allora Presidente della Commissione mondiale su Ambiente e Sviluppo dell'ONU. Il Rapporto contiene la nota definizione di sviluppo sostenibile come: «quello sviluppo che consente alla generazione presente di soddisfare i propri bisogni senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri». Per un approfondimento del tema si rinvia a F. Pellegrino, *Sviluppo sostenibile dei trasporti marittimi comunitari*, Milano, 2009, 40; F. Pellegrino, *Sviluppo sostenibile dei trasporti marittimi nel Mediterraneo,* in F. Pellegrino (a cura di), S*viluppo sostenibile* dei *trasporti* marittimi nel *Mediterraneo,* Napoli, 2013, 13 ss. e bibliografia ivi richiamata.

[13] Adottata dall'Assemblea Generale dell'ONU nel corso della sua 18ª sessione, con Risoluzione 1962 (XVIII) del 13 dicembre 1963.

[14] Adottata dall'Assemblea Generale dell'ONU nel corso della sua 51ª sessione 1996-1997, con risoluzione A/RES/51/122.

rispetto dei diritti e interessi legittimi delle parti interessate e previa individuazione dei rischi associati alle attività spaziali.

3. La sostenibilità nello spazio come nuova frontiera della sicurezza. Il fenomeno dei detriti spaziali

In tale ambito, il concetto di sicurezza va inteso nella sua più ampia accezione, non limitata alla sola prevenzione di incidenti accidentali (*safety*) e di atti di interferenza illecita (*security*)[15], ma estesa alla sostenibilità, che rappresenta la nuova frontiera della sicurezza.

Quanto alla *safety*, va sottolineato che il numero di satelliti in orbita cresce in maniera esponenziale: entro il 2030 si stima di passare dagli attuali settemila (di cui poco più della metà attivi) a sessantamila.

Negli ultimi 40 anni la massa degli oggetti artificiali in orbita è cresciuta al ritmo di circa 145 tonnellate l'anno, arrivando a quasi 7000 tonnellate.

Tale crescita è dovuta anche al diffondersi del fenomeno delle "mega-costellazioni" formate da gruppi di piccoli satelliti artificiali lanciati contemporaneamente, anche per contenere i costi, e operanti sotto un controllo comune, coordinato e sincronizzato per assicurare una più efficiente connessione a banda larga.

I satelliti in orbita terrestre bassa (LEO), infatti, sono spesso schierati in un'unica costellazione perché l'area di copertura di un singolo veicolo è relativamente piccola e poco efficace.

Questo fenomeno è destinato ad ingigantirsi, dal momento che è cresciuto in maniera esponenziale il numero di Paesi e di operatori disposti ad investire nello spazio, sviluppando sempre più sofisticate applicazioni, mettendo in orbita ulteriori costellazioni di piccoli e medi satelliti, specializzate in particolari ambiti e aventi funzioni diverse.

La rinnovata corsa allo spazio sta cambiando la prospettiva delle possibili attività svolte da parte di Stati, organizzazioni internazionali e privati, al di fuori del nostro Pianeta.

[15] Cfr. A. Froehlich (a cura di), *Space Security and Legal Aspects of Active Debris Removal*, Vienna, 2019.

Parallelamente all'aumento dell'importanza economica dello spazio[16], è cresciuta la preoccupazione di possibili conflitti, nascenti da tensioni geopolitiche tra i diversi attori, che possono avere conseguenze catastrofiche per tutta l'umanità.

I rischi sul piano della *security*[17] dipendono anche dal fatto che molti Paesi si affidano alle informazioni spaziali per garantire la loro sicurezza nazionale, ma se i satelliti che devono fornire tali dati subiscono interferenze, reali o percepite, da parte di altri Stati, ne possono derivare tensioni e conflitti.

Quanto all'ambiente dell'*outer space*, un fattore che, pur non essendo prodotto dall'uomo, incide sulla sostenibilità riguarda il meteo spaziale (*space weather*)[18]. Si tratta di fenomeni naturali estremi che provocano radiazioni e rendono vulnerabili i satelliti, provocando l'interruzione dei relativi servizi.

L'ultimo evento significativo, le cosiddette "tempeste solari di Halloween", si è verificato nel 2003. Tale fenomeno estremo ha coinvolto 47 satelliti, di cui uno giapponese, che è stato completamente distrutto dalla *solar storm*, suscitando forti preoccupazioni di tutte le altre parti interessate, in particolare le compagnie di assicurazione[19].

L'utilizzo crescente e sempre più massiccio dello spazio determina l'esigenza non solo di salvaguardare l'ambiente atmosferico dalle emissioni inquinanti derivanti dai lanci di satelliti, ma anche di proteggere le orbite dal rischio di congestione (*orbital overcrowding*), garantendo che, in una prospettiva di lungo termine, tutti possano beneficiare delle tecnologie satellitari.

Questo incontrollato incremento dell'utilizzo dello spazio non solo determinerà possibili interferenze tra reti, che potrebbe rendere inutilizzabili le tecnologie spaziali in uso, quali la navigazione GPS, ma aumenterà anche il rischio di collisioni e di incidenti, accidentali o intenzionali, tra veicoli spaziali. Questi scontri – a loro volta – producono detriti (*space junk*),

[16] C. Stotler, *Air and Space Law in the Context of Globalization and Fragmentation*, Montreal, 2016.
[17] F. Pellegrino, *Big Data and Satellites: Between Safety of Airspace and Criminal Liability*, *in* L.Bachmaier Winter, S. Ruggeri (eds.), Investigating and Preventing Crime in the Digital Era. New Safeguards, New Rights, Berlin, 2022, 43 ss.
[18] J.N. Pelton, *Space Debris and Other Threats,* cit., 45.
[19] I.H.P. Diederiks-Verschoor, *L'assurance: satellites*, in *Annals of Air and Space Law*, Vol. X, 1985, 319; B. Pagnanelli, *L'assicurazione dei rischi spaziali*, in *Profili giuridici delle assicurazioni contro i rischi dei trasporti: stato dell'arte ed evoluzione*, collana ricerche CUST, vol. 9, Messina, 1996, 383 ss.; Id., *Space Insurance: Market Aspects* e K.C. Bernauw, *Space Insurance: Legal Aspects*, in L. Panella, F. Pellegrino (a cura di), *Le nuove frontiere del diritto dello spazio*, cit., 109 ss. e 11 ss.

che si aggiungono a quelli già in orbita: rottami di satelliti, stadi di razzi, ma anche oggetti molto piccoli, quali scaglie di vernice, frammenti di acciaio, di alluminio, di titanio, materiale espulso dai motori, polveri, liquido refrigerante, minuscole viti ecc.

Oltre la metà dei detriti registrati è generato da rotture di veicoli spaziali o di razzi[20], a seguito di esplosioni di combustibile o altro reagente chimico contenuto nei motori.

A causa dell'altissima velocità degli oggetti orbitanti, che può raggiungere decine di migliaia di chilometri orari, il rischio di scontro tra veicoli spaziali di grandi dimensioni – pensiamo alla stazione spaziale internazionale (ISS)[21] – e *orbital debris* è molto elevato e in grado di provocare danni considerevoli e conseguenti reazioni a catena. la c.d. «sindrome di Kessler»[22].

In base alle stime dell'ESA, sono in orbita oltre 36.000 detriti di dimensioni superiori ai 10 centimetri, un milione compresi tra uno e dieci centimetri, e 130 milioni di grandezza compresa tra un millimetro e un centimetro[23].

[20] Il razzo vettore o lanciatore missile viene usato per inviare in orbita un satellite e una sonda planetaria, cioè un «veicolo» propulso da un particolare tipo di motori detti razzi o endoreattori. Quasi sempre un vettore è costituito da più «stadi» (2-4) appunto per fornire la spinta soltanto per una parte del viaggio complessivo, con propellente liquido o solido. VEGA è l'ultimo vettore, nato dalla collaborazione europea, un lanciatore a tre stadi a combustibile solido con il nuovo motore P80, costruito da Fiat Avio, e la possibilità di avere un ulteriore stadio superiore a combustibile liquido. La sua altezza sarà di 27-30 metri, un peso di 128 tonnellate e la possibilità di inserire in orbita bassa carichi utili fino a 1500 chilogrammi. Questo nuovo vettore europeo nasce dall'esigenza che in futuro ci sarà una richiesta sempre maggiore di immettere in orbita satelliti più piccoli. Il primo lancio è avvenuto nel 2011 dalla base di lancio Kourou, in Guyana Francese. Nella missione *Apollo,* primo volo umano sulla Luna, del 20 luglio 1969, il «vettore» impiegato fu il *Saturno 5*, costituito da «tre stadi», propulsi il primo con ossigeno liquido e cherosene RP-1, gli altri due con ossigeno e idrogeno liquidi. Sulla missione v. B. Floca, *Moonshat. The Flight of Apollo 11*, New York, 2013; R. Goodwin, *Apollo 1: the BASA mission reports*, Apogee Books, Burlington, 2002; C.R. Green, A. Pinkerton, *Apollo 11. Rockets to First Moon Landing*, 2004.

[21] J.M. de Faramiñán Gilbert, *The International Space Station: Legal Reflections*, in L. Panella, F. Pellegrino (a cura di), *Le nuove frontiere del diritto dello spazio*, cit., 49 ss.

[22] Dal nome del ricercatore della NASA, Donald Kessler, che evidenziò il problema alla fine degli anni '70. Cfr. D. Kessler, C*ollisional Cascading: The Limits of Population Growth in Low Earth Orbit. Advances*, in *Space Research*, 1991, 11(12), 63 ss.

[23] In base a recenti stime, 1.200 satelliti operativi sono in orbita terrestre bassa (LEO), nella quale sono tracciabili circa 18.000 *debris* più grandi di dieci centimetri; 150 satelliti operativi navigano nell'orbita terrestre media (MEO), dove sono riscontrabili circa 1.000 detriti; 550 satelliti sono invece operativi nell'orbita geostazionaria (GEO), dove sono presenti circa 1.000 rottami.

L'attenzione si concentra soprattutto sull'orbita più vicina alla Terra, e quindi più utilizzata, la *Low Earth Orbit* (LEO), popolata da costellazioni satellitari, ma anche sull'orbita equatoriale geostazionaria (GEO)[24], scelta per missioni attorno al Pianeta[25].

Dal 2017 lo *Space Debris Office* dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) pubblica annualmente un rapporto sullo stato di salute dello spazio, offrendo una panoramica delle attività che vi si svolgono, stimando il loro impatto sull'ambiente e quantificando l'effetto delle misure di mitigazione e rimozione dei rifiuti.

Gli *space debris*[26], infatti, non sono frutto di eventi naturali, straordinari e incontrollabili, ma dipendono esclusivamente dall'azione umana[27].

Storicamente, il più grave incidente si è verificato nel 2007, quando il satellite meteorologico cinese *Fengyuan-1C* venne distrutto da un missile lanciato dalla Cina per testare il proprio sistema anti-satellite. La collisione produsse più di 3000 frammenti. Il 22 gennaio 2013 un detrito spaziale prodotto dall'esplosione del satellite cinese si scontrò col nano-satellite russo BLITS.

Ben noto è anche l'incidente occorso nel 2009 tra i satelliti americani *Iridium 33* e *Kosmos 2251*[28], che finirono in pezzi, causando lo spargimento di 2.500 detriti.

[24] Un'orbita circolare ed equatoriale, situata ad un'altezza tale (40.000 km circa) che il periodo di rivoluzione di un satellite che la percorre coincide con il periodo di rotazione della Terra. Oltre 2.000 oggetti sono stati osservati in GEO, ma non sono catalogati, né monitorati.

[25] I veicoli spaziali corrono un rischio di collisione particolarmente elevato nell'orbita polare eliosincrona (SSO), posta a 700-900 chilometri (km) di altitudine, utilizzata principalmente dai satelliti di osservazione della Terra.

[26] Per un approfondimento v. H. Baker, *Space Debris: Legal and Policy Implications*, Dordrecht, Boston, London, 1989; K.-H. Böckstiegel, (ed.), *Handbuch des Weltraumrechts*, Köln, 1991; D. Alwes, M. Benkö, K.U. Schrogl, *Space Debris: An Item for the Future*, in M. Benkö, K.U. Schrogl (a cura di), *International space law in the making: Current issues in the UN Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*, in *Forum for air and space law*, Editions Frontières, 1993, 233; B. Cheng, *Studies in International Space Law*, Oxford, 1997; B. Cheng, *Studies in International Space Law*, Clarendon Press Oxford, London, 2004; M. Benkö, K.U. Schrogl (a cura di), *Space Law: Current Problems and Perspectives for Future Regulation*, Utrecht, 2005; L. Ancis, *Responsabilità per danni causati da space debris sulla superficie terrestre*, in *Dir. trasp.*, 2005, 913; J.N. Pelton, *Space Debris and Other Threats from Outer Space*, New York, Heidelberg, Dordrecht, London, 2013; F. Pellegrino, *Space Debris*, in L. Panella, F. Pellegrino (a cura di), *Le nuove frontiere del diritto dello spazio*, cit., 117 ss.; M. De Las Mercedes Esquivel, E. Rodriguez Molnar, *Detriti spaziali: rifiuti ad alto livello*, in *Riv. giur. amb.*, 2018, 273 ss.; D.H. Kim, *Global issues surrounding outer space law and policy*, Hershey, 2021.

[27] Böckstiegel, K.-H. (ed.), *'Project 2001' – Legal Framework for the Commercial Use of Outer Space*, Köln, 2002.

[28] Il 10 febbraio 2009, nel cielo sopra la regione della penisola siberiana di Taimyr, il satellite russo *Kosmos 2251*, del peso di 950 Kg, e quello americano *Iridium 33*, del peso di 560 Kg, si sono scontrati a quota 805 chilometri d'altezza, frantumandosi in una miriade di pezzi. Quello russo era dismesso dal 1995, mentre quello americano era ancora operativo, dopo dodici anni di servizio, per captare e rilanciare segnali per il sistema

Di fronte a questi rischi, una delle sfide di questo secolo è ridurre gradualmente la quantità di detriti che orbita attorno al nostro pianeta fino a raggiungere una condizione di *zero debris*.

Per affrontare e gestire il fenomeno dello *space junk*, potenzialmente in grado di mettere a repentaglio i programmi spaziali in corso e futuri, occorre uno sforzo globale sia nella condivisione delle informazioni sui detriti orbitali, sia nella mitigazione della loro produzione, sia nella rimozione di quelli esistenti.

A tal proposito, va ricordata l'iniziativa *Clean Space* dell'ESA, avviata nel 2013, che si propone di agire su tre diversi livelli: integrando la sostenibilità ambientale nel progetto delle missioni spaziali, sviluppando tecnologie per la prevenzione della produzione di ulteriori detriti e rimuovendo quelli già presenti.

Un modo per ripulire lo spazio dai detriti dell'orbita terrestre bassa (LEO) è rallentarne la velocità per ridurne l'altitudine, fino a quando non rientrano nell'atmosfera terrestre e si bruciano completamente per autocombustione. Tuttavia, alcuni rottami possono sopravvivere al rientro atmosferico e cadere in modo incontrollato sulla Terra.

Per evitare tali effetti negativi, che possono produrre conseguenze catastrofiche, occorre sviluppare linee guida che stabiliscano procedure di rientro totalmente controllato, in un'area ben individuata, o almeno semi-controllato, quando non è possibile conoscere con sicurezza la traiettoria del detrito sino alla sua fine vita.

Al fine di garantire che l'umanità possa continuare a utilizzare lo spazio per trarne benefici socio-economici e ambientali occorre la cooperazione tra gli Stati per la stipula di nuovi accordi internazionali vincolanti[29], che arricchiscano e aggiornino il quadro normativo esistente, rendendo i produttori[30] e gli operatori di satelliti responsabili dei detriti spaziali che producono e permettendo l'adozione di idonee misure, non solo preventive e protettive, ma anche precauzionali e predittive, di gestione del rischio.

globale di telecomunicazioni mobili *Iridium*. È possibile che l'incidente sia stato causato da errori di misura di posizione e velocità del satellite in disuso oppure nell'esecuzione dei comandi di guida di *Iridium 33*. Per un approfondimento, v. S. Magnosi, *2009 Space Odissey: spunti dal caso della collisione satellitare Russia-Stati Uniti del 10 febbraio 2009*, in *Riv. dir. ec. trasp. amb.*, *Giureta*, 2009, 45.

[29] M. Pedrazzi, *Il diritto internazionale dello spazio e le sue prospettive*, in *Quad. relaz. internaz.*, 2008, 46 ss.

[30] A. Cantù, *La responsabilità del produttore nel quadro dello sfruttamento commerciale dello spazio: la situazione statunitense*. in *Resp. civ. e prev.*, 1994, 912 ss.

4. Una normativa internazionale inadeguata in materia di *space debris*

La normativa internazionale in vigore si presenta, invero, assai carente e inadeguata ad affrontare il fenomeno dello *space debris*, che – come si è visto – rappresenta la più grave minaccia per la sostenibilità e la sicurezza delle operazioni e delle infrastrutture spaziali.

Com'è noto, gli strumenti giuridici internazionali che costituiscono il *Corpus Iuris Spatialis*[31] sono, oltre al citato «Trattato dello spazio» del 1967, l'Accordo del 22 aprile 1968[32] sul salvataggio degli astronauti e il ritorno di oggetti lanciati nello spazio esterno; la Convenzione del 29 marzo 1972[33] sulla responsabilità internazionale per i danni causati da oggetti spaziali; la Convenzione del 14 gennaio 1975[34] sull'immatricolazione degli oggetti

[31] N. Mateesco Matte, *Aerospace* Law, Londra, 1969, 321; F. Francioni, F. Pocar (a cura di), *Il regime internazionale dello spazio*, cit., *passim;* F. Durante, *Diritto cosmico*, in *Enc. giur. Treccani*, Roma, 1993; B. Cheng, St*udies in International Space Law,* Oxford, 1997; F. Lyall, P.B. Larsen, *Space Law. A Treatise*, Surrey, 2009; U. Leanza, *Lo stato dell'arte nel regime giuridico dello spazio cosmico,* in *Riv. dir. nav.*, 2011, 653 ss.; R. Jakhu, P.S. Dempsey. *Routledge Handbook of Space Law*, Londra, 2017; S. Hobe, *Space Law*, Londra, 2019; F.G. von der Dunk, *International Space Law,* Cheltenham (UK), 2018; S. Mirmina, C. Schenewerk, *International Space Law and Space Laws of the United States*, Cheltenham (UK), 2022.

[32] Accordo sul salvataggio ed il ricupero dei cosmonauti nonché sulla restituzione degli oggetti lanciati nello spazio extra-atmosferico, concluso a Londra, Mosca e Washington il 22 aprile 1968. C. Golda, *Navigazione e attività umana nello spazio*, in *Dir. mar.*, 1993, 198 ss.

[33] Ratificata dall'Italia con l. 5 maggio 1976, n. 426 «Ratifica ed esecuzione della convenzione sulla responsabilità internazionale per i danni causati da oggetti spaziali, firmata a Londra, Mosca e Washington il 29 marzo 1972» (G.U. n. 160 del 19 giugno 1976). Per un commento, v. S. De Bellis, *Le norme italiane di attuazione della convenzione sulla responsabilità per i danni cagionati da oggetti lanciati nello spazio extra-atmosferico*, in *Riv. dir. internaz.*, 1984, 794 ss.; G. Catalano Sgrosso, *La responsabilità degli Stati per le attività svolte nello spazio extra-atmosferico,* Padova, 1990, 194; P. De Sena, *Questioni in tema di responsabilità internazionale per attività spaziali*, in *Riv. dir. internaz.*, 1990, 294 ss.; M. Pedrazzi, *Danni causati da attività spaziali e responsabilità internazionale,* Milano, 1996; Id., *Outer Space, Liability for Damage, in Max Planck Encyclopedia of Public International Law,* Heidelberg-Oxford, 2008; E. Chiavarelli, *Satelliti e sicurezza della navigazione aerea: aspetti giuridici e ipotesi di responsabilità,* in *Dir. prat. av. civ.*, 1990, 383; G. Petroni, *L'accesso delle Regioni europee ai servizi satellitari,* in *Amm.*, 2016, 127 ss.; P. Mendes De Leon, *Responsibility and Liability of the EU under International Air and Space Law,* in L. Panella, F. Pellegrino (a cura di), *Le nuove frontiere del diritto dello spazio,* cit., 79 ss.; K. Malinowska, *Liability in space and space related activity Insurance implications,* in *Dir. mercato assic. e finanz.*, 2018, 95 ss.

[34] Ratificata dall'Italia con l. 12 luglio 2005, n. 153 «Adesione della Repubblica italiana alla Convenzione sull'immatricolazione degli oggetti lanciati nello spazio extra-atmosferico, fatta a New York il 14 gennaio 1975 e sua esecuzione» (*G.U.* n. 177 del 1° agosto 2005). Per un commento, v. L. Panella, *La registrazione della stazione spaziale internazionale*, in *Com. internaz*, 1991, p. 195 ss.

lanciati nello spazio extra-atmosferico[35]; l'«Accordo sulla Luna» del 18 dicembre 1979[36], che disciplina le attività degli Stati sulla luna e gli altri corpi celesti.

Il Trattato sullo spazio, che contiene i principi fondamentali in materia, si è limitato ad introdurre l'obbligo di *non-interference* con le altrui attività, che potrebbe essere disatteso da effetti pregiudizievoli derivanti da una contaminazione dannosa o da un'interferenza potenzialmente dannosa (artt. I e IX).

L'art. VI dichiara: «Gli Stati contraenti assumono responsabilità internazionale per le loro attività nazionali nello spazio extra-atmosferico».

Più incisivo, in un quadro di protezione ambientale, è l'art. VII del citato Accordo del 1979, il quale impone agli Stati che esplorano ed utilizzano la Luna di evitare alterazioni del suo equilibrio, mediante trasformazioni nocive o introduzione di materiali inquinanti.

Tra gli altri principi che discendono dai trattati in esame spicca quello sulla responsabilità per danni causati da oggetti spaziali[37]. In particolare, l'articolo VII del Trattato del 1967 prevede la responsabilità internazionale dello Stato di lancio nei confronti di un altro Stato

[35] Il criterio di delimitazione spaziale assume come punto di riferimento la c.d. "linea di Kármán", oltre la quale inizia l'*outer space*. Secondo un diverso approccio, sono le attività che qualificano lo spazio extra-atmosferico, secondo un criterio di determinazione funzionale. Per un approfondimento v. N. Maatesco-Matte, *Spatialisme ou fonctionnalisme juridique?*, in *Ann. Dr. Mar. Aérien,* VI, 1982, 405 ss. V. anche E. Back Impallomeni, *Spazio aereo e spazio extra-atmosferico*, in *Enc. dir.*, XLIII, Milano, 1990, 258 ss.; R.F.A. Goedhuis, *The never ending dispute. Delimitation of air space and outer space*, Parigi, 1996, 6; Id., *The Problems of the Frontiers of Outer Space and Air Space*, 174 *Recueil des Cours*, The Hague, 1982, 390; COPUOS, *Historical summary on the consideration of the question on the definition and delimitation of outer space: report of the Secretariat*, New York, 2002 e S. Marchisio, *The Evolutionary Stages of the Legal Subcommittee of the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (COPUOS),* in *Journ. Space Law*, 2005, 21, 219; O. Bittencourt Neto, *Defining the Limits of Outer Space for Regulatory Purpose,* Heidelbergh, New York, Dordrecht, Londra, 2015; T.I. Mainura, *Outer Space Law Question and Answer*, Raleigh, 2018; L. Ancis, *I confini fisici e giuridici fra lo spazio aereo e quello extra-atmosferico*, in *Dir. trasp.*, 2019, 67 ss.; C. Cinelli, *La disciplina degli spazi internazionali e le sfide poste dal progresso tecnico-scientifico*, Torino, 2020, 107; F. Pellegrino, *I voli suborbitali*, in *Riv. dir. nav.*, 2020, 907 ss.

[36] Per un commento, v. K. Wiewiorowska, *Implications of the Moon Agreement for the Legal Status of Outer Space*, in *Proceedings of the Twenty-Third Colloquium on the Law of Outer Space*, 1980, 83; Maatesco-Matte, *The Moon agreement: what future?*, in *Ann. Dr. Mar. Océan, ADMO*, 1993, 345; F.G. von der Dunk, *The Moon Agreement and the Prospect of Commercial Exploitation of Lunar Resources*, *Ann. Air Space Law*, 32, 2007, 91 ss.; H. Bashor, *Interpretation of the Moon Treaty: Recourse to Working Papers and Related International Documents*, in *Ann. Air Space Law*, vol. XXXII, 2007, 149: T. Gangale, *Myths of the Moon Agreement,* in *Proceedings of the AIAA Space 2008 Conference and Exposition*, San Diego, 9-11 September 2008, 1 ss.; M. Hofmann, *Moon and Celestial Bodies*, in *Max Planck Encyclopedia of Public International Law*, Heidelberg-Oxford, 2010; S. Li, *Some Considerations on Establishing an International Regime on Exploration and Use of the Natural Resources of the Moon and Other Celestial Bodies* e F. Tanoguchi, *A Consideration on an International Regime of the Moon Agreement*, in *Proceedings of the Fifty-Third Colloquium on the Law of Outer Space*, 2010.

parte, per danni causati da un «oggetto spaziale» o suoi componenti sulla terra, nello spazio aereo o nello spazio extra-atmosferico, inclusi la Luna e gli altri corpi celesti.

Completa il quadro la citata Convenzione del 1972 sulla responsabilità internazionale che, all'articolo II, sancisce che «Uno Stato di lancio sarà responsabile per danni causati da un suo oggetto spaziale sulla superficie della Terra o ad un aeromobile in volo».

Queste disposizioni, tuttavia, non chiariscono quali danni sono coperti, né le eventuali cause di esclusione di responsabilità.

Quanto alla natura della *State liability*, si tratta di una responsabilità oggettiva, che trova applicazione a prescindere dai profili di colpa, nonché assoluta, volta a garantire alle vittime un tempestivo e sicuro risarcimento[38].

L'art. III della Convenzione del 1972 prevede, invece, la responsabilità per colpa[39] per i danni causati, al di fuori della superficie della Terra, da collisione tra due oggetti spaziali. In questo caso è necessario dimostrare la colpevolezza dello Stato di lancio per il pregiudizio cagionato ad un oggetto spaziale, oppure a persone o cose presenti a bordo dello stesso.

Se la prova della colpa è già estremamente complessa nel caso in cui il danno si verifichi poco dopo l'avvenuto lancio, qualora il pregiudizio si presenti a distanza di mesi o addirittura di anni, tale dimostrazione diventa quasi impossibile.

Di fronte a tale quadro normativo, il quesito principale riguarda la sua applicabilità ai danni causati da detriti spaziali[40].

Al fine di rendere applicabili queste disposizioni allo *space debris* è, infatti, necessario operare un'interpretazione estensiva del concetto tecnico-giuridico di «oggetto spaziale».

In mancanza di una definizione specifica nel Trattato sullo spazio, l'analisi deve essere effettuata alla luce dell'art. I, lett. d, della Convenzione 1972 sulla responsabilità civile e dall'art. I, lett. b, della Convenzione sull'immatricolazione del 1974, laddove si chiarisce che: «l'espressione "oggetto spaziale" designa pure gli elementi costitutivi di un oggetto spaziale, nonché il suo vettore e gli stadi del medesimo».

[38] M. Spada, *Indennizzo per i danni causati da oggetti spaziali*, in *Com. internaz*, 1983, 699 ss.
[39] Sul doppio regime: responsabilità oggettiva assoluta e responsabilità per colpa, v. G. Catalano Grosso, *Diritto internazionale dello spazio*, Vicchio (FI), 2011, cap. I, par. I.
[40] G.T. Hacket, *Space Debris and the Corpus Iuris Spatialis*, Gif-surYvette, 1994.

Invero, questa definizione non è chiara, né esaustiva perché dice ciò che è incluso nel concetto giuridico di oggetto spaziale[41], senza definirlo.

Nonostante la scarsa chiarezza della norma, se l'«oggetto spaziale» è formato – tra l'altro – dagli elementi costitutivi del veicolo, deve ritenersi che vi rientrino anche quelle parti staccatesi dallo stesso, abbandonate o non più utilizzabili.

Ma anche a voler propendere per questa interpretazione estensiva, la disciplina della Convenzione del 1972 sembra comunque inadeguata, da un lato, per l'impossibilità di ricomprendere, in tale nozione, tutti i possibili detriti orbitanti intorno alla Terra e, dall'altro, per la difficoltà di individuare, in alcuni casi, il Paese responsabile[42]. Ad esempio, nell'ipotesi in cui uno Stato lanci un satellite in orbita, che ne distrugge un altro, producendo rottami che, a loro volta, impattano con un altro oggetto, provocando ulteriori danni, non è facile individuare il responsabile.

In tal caso, di chi è colpa? Del Paese che, con il suo lancio, ha generato i detriti, oppure dello Stato nel quale è registrato l'oggetto spaziale in orbita che – a seguito dell'impatto – ha prodotto rifiuti?

Probabilmente la responsabilità dovrebbe essere comune a tutti i soggetti coinvolti a vario titolo nell'operazione.

Va, inoltre, sottolineato che la produzione di detriti spaziali non può essere considerata attività *in re ipsa* illegale, atteso che l'art. I dell'*Outer Space Treaty* riconosce a tutti gli Stati il diritto di accedere pacificamente allo spazio extra-atmosferico, di esplorarlo e di utilizzarlo, con tutte le conseguenze che ne possono derivare. Pertanto, la produzione di *space debris* può essere considerata attività illecita solo quando interferisce con l'esplorazione, l'utilizzazione e l'uso pacifico dello spazio.

[41] Cfr. A. Gorbiel, *Space objects in international law*, in *Dir. aereo*, 1982, 81 ss.; S. Hobe, *Spacecraft, Satellites, and Space Objects*, in *Max Planck Encyclopedia of Public International Law*, Heidelberg-Oxford, 2007.
[42] Sulla responsabilità per danni causati da *space debris*, v. D.H. Kim, *Liability for Compensation for Damage Caused by Space Debris*, in C.-J. Cheng (a cura di), *The Use of Air and Outer Space Cooperation and Competition, Proceedings of the International Conference on Air and Outer Space at the Service of World Peace*, The Hague, 1998, 312; L. Ancis, *La delicata problematica dei rifiuti abbandonati nello spazio*, in *Dir. trasp.*, 2016, 725.

Una disciplina specifica è, invece, vigente a livello sovranazionale a partire dal 2009, anno di entrata in vigore del Trattato di Lisbona, che ha conferito all'Unione europea una competenza in campo spaziale[43].

La base giuridica è rappresentata dall'art. 189, par. 2, del TFUE che impone all'Unione di elaborare una politica spaziale europea[44].

Ai sensi di tale disposizione, pur riconoscendosi all'Unione una competenza concorrente in materia di spazio, è fatto divieto alle istituzioni europee di adottare tutti quei provvedimenti legislativi volti ad armonizzare gli ordinamenti nazionali.

Questo limite ostacola la realizzazione di una politica spaziale comune[45], coerente e idonea ad incidere direttamente sulle politiche dei singoli Stati membri.

Una disciplina di diritto derivato è poi contenuta nel recente Regolamento (UE) 2021/696[46] istitutivo del programma spaziale dell'Unione e dell'Agenzia europea per il programma spaziale (EUSPA), abrogando precedenti regolamenti in materia.

Alla luce di questa disciplina, l'Unione si propone, tra l'altro, di rafforzare la sostenibilità di tutte le attività svolte nello spazio extra-atmosferico, connesse a oggetti spaziali e alla proliferazione dei detriti.

Nel suddetto Regolamento questi ultimi sono definiti come «qualsiasi oggetto spaziale, compresi i veicoli spaziali o i frammenti ed elementi di questi ultimi, nell'orbita terrestre o che rientrano nell'atmosfera terrestre, che non sono funzionali o non hanno più alcuna finalità specifica, comprese le parti di razzi o di satelliti artificiali o i satelliti artificiali inattivi».

Restano fuori dall'ambito di questa normativa i *debris* che non si trovano nell'orbita terrestre e neppure nell'atmosfera: si pensi ai rottami degli sbarchi sulla Luna.

[43] G.F. Bignami, G. Arrigo, *L'Europa nello spazio o uno spazio per l'Europa?*, in *Com. internaz.*, 2008, 193 ss.; M. Orlandi, *Le competenze dell'Unione europea nel settore dello spazio*, in *Riv. cooperaz. giur. internaz.*, 2014, 23 ss.

[44] Risoluzione del Consiglio 2008/C 268/01, *Taking forward the European Space Policy*, adottata il 29 settembre 2008 (*G.U.U.E.* C 268 del 23 ottobre 2008).

[45] S. Marchisio, *L'Europa e la politica spaziale*, in *Affari Esteri*, 2003, 641 ss.; C. Zanghì, *Cooperazione spaziale europea e normativa comunitaria*, in *Riv. dir. eur.*, 1992, 527 ss.

[46] Regolamento (UE) 2021/696 del Parlamento europeo e del Consiglio del 28 aprile 2021 che istituisce il programma spaziale dell'Unione e l'Agenzia dell'Unione europea per il programma spaziale e che abroga i regolamenti (UE) n. 912/2010, n. 1285/2013 e n. 377/2014 e la decisione n. 541/2014/UE (*G.U.U.E.* L 170, 12.5.2021, p. 69).

Tale nozione, che si basa sulla mancanza o perdita di funzionalità, sulla inoperatività o inutilizzabilità dello *space object*, non si presenta molto dissimile da quella contenuta in un rapporto del Comitato di Coordinamento Inter-agenzie delle Nazioni Unite per i Detriti Spaziali (IADC), secondo la quale si tratta di *«oggetti non operativi di origine antropica, compresi i loro frammenti ed elementi, che si trovano in orbita terrestre o rientrano nell'atmosfera»*[47].

Dal momento che l'ambiente spaziale si sta modificando in modo tale da non essere più sfruttabile nel lungo termine, è auspicabile una sempre maggiore sensibilità verso la tutela dell'ambiente extra-atmosferico da parte degli Stati ed una maggiore disponibilità ad assumersi l'obbligo di adottare, in materia di rifiuti spaziali, strumenti internazionali vincolanti e misure efficaci, sull'esempio di quelli formulati per regolare l'uso dell'energia nucleare in tale ambito[48].

5. Fonti di *soft law* e nuove misure in materia di *space debris*

Atteso che – come si è visto – non esiste una normativa internazionale specifica in tema di protezione dell'ambiente spaziale dall'inquinamento provocato da *debris*, è opportuno incentrare l'indagine sull'esame dei più importanti documenti di s*oft law*.

Essendo fonti non vincolanti, spetta alle singole nazioni e ai singoli operatori la scelta di attuarle. Inoltre si tratta di una regolamentazione ancora estremamente generica e frammentaria, ma nondimeno idonea a rappresentare la base per l'elaborazione di una normativa vincolante.

Anzitutto vanno ricordate le «Linee guida» internazionali per il coordinamento delle attività di ricerca relative ai detriti artificiali e naturali nello spazio, adottate nel 2002 dall'*Inter-Agency Debris Coordination Committee* (IADC)[49].

[47] Hobe, S., *Spacecraft, Satellites, and Space Objects*, in *Max Planck Encyclopedia of Public International Law*, Heidelberg-Oxford, 2007.

[48] Cfr. sul tema il Trattato per il bando degli esperimenti di armi nucleari nell'atmosfera, nello spazio cosmico e negli spazi subacquei: *Treaty Banning Nuclear Weapon Tests in the Atmosphere, in Outer Space, and Under Water*, firmato a Mosca il 5 agosto 1963, che vieta gli esperimenti con armi nucleari nell'atmosfera, nello spazio cosmico o sott'acqua, e il Trattato di non proliferazione nucleare, firmato a Londra, Mosca e Washington il 1° luglio 1968.

[49] *Inter-Agency Space Debris Committee* (IADC), *Space Debris Mitigation Guidelines*, XXXXV Sessione della *UN-COPUOS Scientific and Technical Subcommittee*, 2002, modificate nel 2007.

Il documento ha affrontato sia il tema della prevenzione delle collisioni in orbita, secondo un approccio *ex ante*, sia il tema della mitigazione dei detriti spaziali, in base ad un *ex post approach*, indicando come gestire le missioni lungo l'intero ciclo di vita dei satelliti.

Tali raccomandazioni hanno sollecitato il COPOUS ad elaborare le proprie *UN Space Debris Mitigation Guidelines*[50], basate su pratiche già sviluppate da varie organizzazioni nazionali e internazionali.

Nonostante il documento solleciti gli Stati di applicare tali raccomandazioni, attraverso opportuni meccanismi nazionali, invero solo pochi Paesi le hanno effettivamente recepite.

Quanto alle nuove misure, è in fase di sviluppo l'iniziativa, promossa dal *World Economic Forum*[51] e dall'ESA, di introdurre un certificato di valutazione della sostenibilità spaziale, il c.d. *Space Sustainability Rating* (SSR), rilasciato agli *space operators* sulla base dell'accertamento della sostenibilità dei loro prodotti e delle loro condotte, relative alla condivisione dei dati, alla scelta dell'orbita, alle misure adottate per evitare collisioni, ai piani per disorbitare i satelliti alla fine della missione, all'uso di dispositivi per la rimozione dei detriti ecc.

Al fine di garantire un uso sostenibile dello spazio a beneficio di tutta l'umanità, i delegati dei Paesi più industrializzati, facenti parte del G-7, in occasione del Vertice tenutosi in Cornovaglia nel 2021, hanno deciso di considerare il fenomeno dello *space debris* un'assoluta priorità, e di impegnarsi nell'elaborazione di standard comuni per la gestione del traffico nell'*outer space*.

Nella dichiarazione ufficiale che suggella l'importante Incontro, tali Nazioni, dopo aver riconosciuto il pericolo rappresentato dalla congestione crescente delle orbite circumterrestri e dai detriti, si sono impegnate a garantire un uso sostenibile dello spazio per preservare le attuali e future esigenze e ambizioni dell'umanità.

[50] United Nations, Office for Outer Space Affairs, *Space Debris Mitigation Guidelines of the Committee on the Peaceful Uses of Outer Space*, Vienna, 2010.

[51] Fondazione internazionale, senza fini di lucro, con sede a Cologny, vicino a Ginevra, nata nel 1971 per iniziativa dell'economista ed accademico Klaus Schwab. Nel corso dell'annuale incontro tra importanti esponenti della politica e dell'economia internazionale, intellettuali e giornalisti, si discutono le questioni più urgenti a livello mondiale, quali quelle in materia di salute e di ambiente

Tale riconoscimento è il primo importante passo verso un'efficace azione di protezione dell'ambiente spaziale, seguendo le citate "*Guidelines for the Long-Term Sustainability of Outer Space Activities*" dell'ONU.

Il perseguimento di quest'obiettivo richiede, per un verso, la rimozione dei rottami dalle orbite, per altro verso, il miglioramento della capacità di intervento mediante l'impiego di razzi riutilizzabili e operazioni di manutenzione dei satelliti in orbita, sì da prolungarne la vita, evitando nuovi lanci.

Si auspica che questa importante dichiarazione ponga finalmente le basi per una regolamentazione internazionale dell'uso delle orbite terrestri, che entro pochi anni dovranno ospitare quasi centomila satelliti in grado di fornire il servizio Internet globale, un'unica rete capace di raggiungere gli angoli più remoti del Pianeta.

Anche a livello sovranazionale, negli ultimi anni è emersa la necessità di applicare in ambito spaziale il concetto di *sustainable development*, proteggendo le orbite dal sovraffollamento di satelliti e dalla conseguente produzione di detriti.

Nel 2004 è stato elaborato l'*European Code of Conduct for Space Debris Mitigation*[52] dell'ESA e di altre agenzie spaziali europee.

Il Codice, in linea con gli strumenti internazionali di *soft law*, si propone di aiutare a prevenire collisioni di veicoli spaziali e facilitare la rimozione di detriti da orbite densamente popolate, mediante misure di mitigazione e di protezione.

Ai sensi dell'art. 2.2 del Codice *de quo*, viene raccomandata la sua applicazione a qualsiasi progetto spaziale condotto in Europa.

Va da ultimo richiamata la Comunicazione della Commissione europea al Parlamento e al Consiglio del 2022 sulla gestione del traffico spaziale[53].

Nel documento si sottolinea, in particolare, l'assenza di una definizione consensuale dell'espressione «gestione del traffico spaziale» a livello internazionale. Pertanto, la stessa viene definita come «l'insieme dei mezzi e delle norme per l'accesso allo spazio extra-

[52] ESA-27560, ed. 1.0, del 28 giugno 2004, firmato dai Direttori Generali dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), del Centro Spaziale Nazionale Britannico (BNSC4), dell'Agenzia Spaziale Francese (CNES), dell'Agenzia aerospaziale tedesca (DLR) e dell'Agenzia spaziale europea (ESA).

[53] Comunicazione congiunta al Parlamento e al Consiglio, *Un approccio dell'UE alla gestione del traffico spaziale, Un contributo dell'UE per far fronte a una sfida globale,* JOIN (2022) 4 *final* del 15 febbraio 2022.

atmosferico, lo svolgimento di attività nello stesso e il rientro sulla Terra in modo sicuro e sostenibile».

Tale definizione include le misure di mitigazione e bonifica dei detriti orbitali, la gestione delle orbite spaziali, nonché tutte le fasi delle operazioni spaziali, da quella di lancio a quella di uscita dall'orbita, a fine vita.

Nel documento si sottolineano i rischi derivanti da collisioni tra veicoli attivi e detriti spaziali: alcune orbite potrebbero diventare inutilizzabili nei prossimi decenni, compromettendo gravemente operazioni spaziali di vitale impotanza per il nostro benessere o determinandone il fallimento.

In assenza di norme e standard internazionali, risulta fondamentale che a livello sovranazionale si segua un approccio efficace in materia di *space traffic management* per un utilizzo dello spazio sicuro e sostenibile, che tuteli gli interessi dell'Unione, nel rispetto delle proprie competenze e di quelle degli Stati membri.

In tale prospettiva, per garantire la salvaguardia della sostenibilità a lungo termine e la sicurezza delle attività nello spazio extra-atmosferico, è apprezzabile il ruolo assunto dall'Unione europea quale promotrice di un approccio multilaterale.

6. Conclusioni

Da decenni i programmi spaziali svolgono, come si è visto, un ruolo cruciale per garantire la sostenibilità della Terra, raccogliendo dati fondamentali sull'ambiente marino e atmosferico, consentendo il monitoraggio del cambiamento climatico e la gestione di catastrofi naturali ed emergenze.

Oggi l'attenzione si è spostata sulla sostenibilità nell'*outer space*, intesa come prevenzione e salvaguardia dell'ambiente spaziale dall'inquinamento.

Di fronte ad un numero sempre crescente di satelliti in orbita intorno alla Terra, c'è la necessità di ridurre l'*overcrowding* mediante misure di manutenzione volte al mantenimento in vita di satelliti attivi e di prevenzione, ove possibile, o riduzione e rimozione dei detriti.

Il grave fenomeno dello *space junk*, in forte aumento, potrebbe presto impedire il lancio di satelliti destinati a nuove missioni di osservazione della Terra. Per impedire tale

proliferazione, occorre adottare regole comuni[54] e specifiche sulla gestione del traffico spaziale (*Space Traffic Management*, STM), vincolanti a livello internazionale, o almeno a livello sovranazionale, mediante l'emanazione di un pacchetto di norme e orientamenti volti a garantire condizioni di parità per tutti gli attori del settore.

In mancanza di tali regole[55], le missioni spaziali finiranno per compromettere la sostenibilità e la sicurezza dell'*outer space* e, di conseguenza, la nostra stessa capacità di sfruttare in futuro lo spazio per garantire servizi essenziali a beneficio dell'umanità.

[54] K.-H. Bockstiegel, *ILA Draft Convention on Space Debris*, in 43 *Zeitschrift für Luft- und Weltraumrecht (ZLW)* 395, 1994, 395; P. Malanczuk, *Review of the Regulatory Regime Governing the Space Environment,* in 37-62, *ivi*, 1996, 53; S. Marchisio, *Setting the Scene: Space Law and Governance*, in L. Panella, F. Pellegrino (a cura di), *Le nuove frontiere del diritto dello spazio*, cit., 55 ss.; A. Nakarada Pečujlić, *The Space Law Stalemate: Legal Mechanisms for Developing New Norms*, Londra, 2023.

[55] La Francia è l'unico Paese ad avere una regolamentazione specifica, contenuta nella *Loi n° 2008-518 du 3 juin 2008 relative aux opérations spatiales*, la quale obbliga gli operatori spaziali a limitare il numero di *debris* in orbita bassa. All'art. 5 si legge che la normativa è stata elaborata anche *«en vue de limiter les risques liés aux débris spatiaux»*.

TERZA SEZIONE
LAVORO E PREVIDENZA SOCIALE
TRA UNIVERSALITÀ E SOSTENIBILITÀ

Fortunato Freni

LE COMUNITÀ ETICAMENTE ISPIRATE E LE NUOVE FORME DI LAVORO DELLA TRANSIZIONE ECO-DIGITALE

1. La "rivoluzione digitale" tra etica, diritto ed economia. – 2. L'applicazione del principio di sussidiarietà per meglio perseguire la transizione eco-digitale. – 3. Le *smart communities* eticamente impegnate in esperienze laburistiche di innovazione e sostenibilità. – 4. Bibliografia.

«*Chi cerca rimedi economici a problemi economici è su falsa strada; la quale non può condurre se non al precipizio. Il problema economico è un aspetto ed una conseguenza di un più ampio problema spirituale e morale*» (L. Einaudi, 1942, § 19)

1. La "rivoluzione digitale" tra etica, diritto ed economia

Stiamo vivendo ormai in piena "rivoluzione digitale", intendendosi con tale espressione il mutamento globale dello stile di vita impresso dall'impetuosa accelerazione del progresso tecnologico[1].

Il fenomeno della digitalizzazione in particolare ha prodotto una notevole facilitazione nello svolgimento di molte attività tradizionali e ha aumentato il ventaglio di nuove funzionalità, rendendole disponibili nei più disparati contesti della vita umana: lavoro, divulgazione, mobilità, medicina, formazione, svago, armamenti, etc.

Il riferimento va non solo all'uso di *computer* e *smartphone* dotati di *software* sempre più veloci e potenti nell'universo globalizzato di internet e segnatamente nel metaverso, ma anche alla troppo rapida crescita esponenziale dell'intelligenza artificiale (G. Chimirri, 2021) – gestita da pochi gruppi di persone non elette – nonché alla sua più recente interconnessione

[1] Su alcuni aspetti della "rivoluzione digitale" si vedano J.L. Martínez, *Rivisitare il bene comune nell'era digitale*, in *Quaderni de La civiltà cattolica*, n. 4078, 2020 Volume II, 16 maggio 2020; L. Di Gregorio, *Le catene dello smartphone. Rischi e implicazioni psicologiche della rivoluzione digitale*, Mimesis Edizioni, Sesto San Giovanni (MI), 2023; C. Flick, G.M. Flick, *L'algoritmo d'oro e la torre di Babele*, Baldini+Castoldi, Milano, 2022.

bionica con arti, organi e persino, da ultimo, con cellule staminali da cui ricavare organoidi cerebrali umani da sostituire in futuro ai *microchip* di computer "viventi" (*biocomputing*)[2].

Occorre, peraltro, evitare che la scienza, oltre a perseguire il miglioramento della qualità della vita senza stravolgerne la sua naturalità (G. Senatore, 2008), possa spingersi, se priva di valori etici, a "esplorare" ambiti sempre più "delicati" e non ancora normati (E. Di Mauro, 2023), rischiando di conseguire un progresso tecnologico che si risolve in un regresso umano[3].

L'oneroso impegno di scongiurare tale esito esiziale non può non essere in primo luogo assunto dall'ordinamento giuridico che, peraltro, posto di fronte alle difficoltà insite nel legiferare in un contesto eticamente sensibile, non può limitarsi a produrre una normativa neutrale o sterile, rivolta solo a mantenere staticamente una pacifica convivenza. Il diritto, invece, deve attingere al fecondo e variegato *plafond* di valori che animano la società per guidarla democraticamente, secondo il principio-guida di cui all'art. 4, secondo comma, Cost., verso il conseguimento di sempre più avanzati ambiti di sviluppo materiale e spirituale (F. Colombo, 2023, 159 ss.).

In tal senso, atteso che l'ordinamento statale deve mirare a rendere più dignitose le condizioni di vita dei consociati, occorre disciplinare giuridicamente la fruizione dei mezzi tecnici resi disponibili dalla scienza (G. Pascuzzi, 2020), affinché lo sviluppo tecnologico non conduca ad esiti aberranti come, ad esempio, è avvenuto con la bomba atomica, che ha stravolto la natura e l'essenza stessa dell'essere umano (G. Agamben, 2023). Analogamente, per le novità digitali e cibernetiche, alcuni si spingono a ritenerle non soltanto un rimedio alle

[2] Si veda E. Intini, *I computer del futuro saranno fatti con cellule di cervello umano?*, in *www.focus.it*, 2 marzo 2023, che riflette su un articolo di AA.VV., *Organoid intelligence (OI): la nuova frontiera del biocomputing e dell'intelligence-in-a-dish*, 2023.

[3] Si segnala che il 29 marzo 2023 è stata pubblicata dalla organizzazione no profit *Future of Life Institute*, una lettera sui problemi etici derivanti dallo sviluppo incontrollato dell'intelligenza artificiale (IA), firmata da più di mille tra ricercatori, manager ed esperti del settore, nella quale chiedono un blocco o una moratoria di almeno sei mesi da parte dei governi per evitare uno «scenario Terminator» e consentire lo sviluppo di protocolli di sicurezza condivisi, in quanto l'IA sta creando «profondi rischi per la società e l'umanità». Si ricorda che un primo tentativo di sospendere ricerche potenzialmente pericolose avvenne nel 1975 nella Conferenza di Asilomar (California), riguardo alle ricerche sul DNA. Sui pericoli potenzialmente insiti nello sviluppo incontrollato dell'IA, si era già espresso N. Bostrom, *Superintelligenza. Tendenze, pericoli, strategie*, trad. it. di Frediani S., Bollati Boringhieri, Torino, 2018. In particolare, l'A. teme il tempo in cui l'intelligenza artificiale supererà quella umana; questo tempo, definito «singolarità tecnologica», secondo R. Kurzweil, *La singolarità è vicina*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN), 2014, si potrebbe verificare intorno al 2045. Cfr. E. Brynjolfsson, A. McAfee, *La nuova rivoluzione delle macchine. Lavoro e prosperità nell'era della tecnologia trionfante*, trad. it. Carlotti G., Feltrinelli, Milano, 2015.

limitazioni umane, ma, a motivo della pervasività della loro tecnica, persino capaci di alterare l'identità degli uomini (E. Bazzanella, 2019).

Si giunge pure a sostenere che l'innovazione digitale e la maggiore sensibilità ambientale sottrarrebbero posti di lavoro[4] e quindi mal si concilierebbero con il benessere sociale diffuso, trascurando così le contrarie avvertenze volte ad affermare la necessità di coniugare il progresso economico e tecnologico con l'istanza ecologica e la giustizia sociale, ossia di perseguire il c.d. sviluppo sostenibile.

Appare quindi improcrastinabile un congruo intervento giuridico tale da assecondare uno sviluppo scientifico eticamente sostenibile, ove non si voglia svilire la dignità dell'esistenza umana e compromettere irrimediabilmente la stessa sopravvivenza fisica dell'intero pianeta e delle generazioni future (G. Lemme, 2023).

Per altro verso, anche l'economia dovrebbe tendere a perseguire un profitto che non sia fine a sé stesso, ma che si giustifichi eticamente con lo scopo di migliorare le condizioni sociali idonee a garantire dignità a tutte le persone e rispetto per ogni specie vivente che popola la terra[5].

In questa direzione, allora, appare necessario che il diritto si attivi per concorrere a cambiare il modello di sviluppo mercatorio di origine nordica e protestante (S. Berlingò, 2022, 6), che ha scalzato il capitalismo meridiano anche alle nostre latitudini (L. Bruni, 2022), perché ambiente e lavoro, progresso tecnologico e giustizia sociale possono essere coniugati

[4] Se è vero che il progresso tecnologico ha ridotto i posti di lavoro tradizionale, va considerato peraltro la costante nascita di nuovi "mestieri": basti pensare da ultimo alla figura del "data curator", cioè un futuro professionista (meglio un team multidisciplinare) che si occupa di «chi produce i dati, chi li genera, come vengono archiviati, salvati, protetti. Ma soprattutto [di] come progettare la loro restituzione»: D. Columbro, *Data curator, una nuova professione per i musei d'Italia*, in *www.lastampa.it/rubriche*, 28 aprile 2023, che aggiunge: «I dati esistono in forma di relazione tra il soggetto che decide di osservare una realtà misurandola e la realtà stessa, ma possono continuare a esistere se c'è una comunità di persone, un team di professionisti, che se ne prende cura. Questa definizione […] prende spunto dal processo di datificazione della realtà descritto» in A. Beaulieu, S. Leonelli, *Data & Society. A Critical Introduction*, SAGE Publications Ltd, Thousand Oaks (California), 2021.

[5] Si segnala che la «Commissione degli episcopati dell'UE (COMECE) ha di recente proposto alla Commissione europea una riflessione sulle modalità concrete per sviluppare nel continente il potenziale dell'economia sociale […]. Si tratta della Risposta alla consultazione della Commissione europea per definire le condizioni quadro dell'economia sociale, elaborata nel novembre 2022 […], e presentata ufficialmente durante un incontro al Parlamento europeo il 28 febbraio 2023. Nel documento i principi fondamentali della dottrina sociale della Chiesa (bene comune, destinazione universale dei beni, dignità della persona e giustizia sociale, sussidiarietà e opzione preferenziale per i poveri) vengono applicati a quello che viene identificato come l'obiettivo dell'economia sociale, cioè la creazione di ricchezza "relazionale". Di qui si traggono alcune piste concrete che – se perseguite dalle istituzioni comunitarie – potrebbero agevolare l'accesso ai fondi pubblici e privati per fare crescere il settore»: da *Il Regno/doc.*, n. 7/2023, 212.

insieme, tanto per mezzo di normative capaci di affrancarci dalle disuguaglianze e dalle ingiustizie indotte dal *trend* consumistico, quanto attraverso il varo di politiche laburistiche tendenti alla sobrietà e alla condivisione, ossia rivolte a limitare gli sprechi e gli scarti dell'umanità (Francesco, 2015, 215).

In definitiva, occorrerà prestare maggiore cura per il destino dell'uomo e del creato con un patto sociale che impegni tutta l'umanità ad una transizione ecologica integrale (G. Zeppegno, 2021, 136)[6]. Ciascun uomo, credente, non credente o diversamente credente, deve laicamente contribuire a realizzare questo progetto per il bene comune, perché altrimenti nessuno di noi potrà salvarsi continuando a badare egoisticamente soltanto agli interessi propri o del gruppo cui appartiene (Francesco, 2020).

Il diritto laico, allora, dovrebbe pervenire ad una sorta di bilanciamento, il più possibile coerente e ragionevole, fra le ragioni individualistiche di libertà e autonomia personali e le ragioni comunitarie di corresponsabilità e solidarietà (G. Alpa, 2022), alla luce del principio di sussidiarietà e soprattutto dell'inderogabile criterio-guida riposto nella dignità umana. In definitiva, dall'equilibrato posizionamento fra questi due poli (autonomia/solidarietà), dipenderebbe il grado di efficienza (della laicità) dell'ordinamento giuridico in un concreto ambito sociale, spazialmente e temporalmente determinato.

A monte, solo il patto sociale per la casa comune prima invocato ci può condurre ad una fisiologica transizione eco-digitale, in quanto questa presuppone una "conversione ecologica" globale. Soltanto con l'assunzione di nuove responsabilità da parte delle istituzioni civili e religiose, e di un impegno dei cittadini e dei corpi intermedi a collaborare tutti insieme, ognuno con il proprio ruolo e la propria identità, si potrà portare avanti democraticamente questa missione di resilienza (F. Bassanini, T. Treu, G. Vittadini, 2021), che appare come l'ultima *chance* di salvezza dell'*homo sapiens* e dell'intero suo *habitat* naturale (Francesco, 2022, 7).

[6] Cfr. Commissione episcopale per i problemi sociali e il lavoro, la giustizia e la pace, Commissione episcopale per l'ecumenismo e il dialogo, Messaggio per la 16ª Giornata nazionale per la custodia del Creato. "*Camminare in una vita nuova*" *(Rm 6,4). La transizione ecologica per la cura della vita*, in *www.chiesacattolica.it*, 24 maggio 2021.

2. L'applicazione del principio di sussidiarietà per meglio perseguire la transizione eco-digitale

Di questo impegnativo compito, infatti, il diritto non può caricare solo le istituzioni pubbliche – che dovrebbero comunque sia svolgere un ruolo chiave come motore della crescita economica e della promozione dell'innovazione tecnologica (F. Bassanini, G. Napolitano, L. Torchia, 2021) – ma deve coinvolgere nel perseguimento del bene comune il plurale e lodevole impegno sociale di gruppi, associazioni e movimenti variamente ispirati dal punto di vista etico-culturale.

In tale contesto, anche le confessioni religiose possono contribuire notevolmente nel diffondere un'educazione eco-digitale intrisa di significati spirituali (A. Fuccillo, 2023), ma possono altresì porre in essere, grazie alla loro identitaria cura per l'uomo e per il creato, incisive pratiche di sviluppo sostenibile attraverso la multiforme operatività di enti e associazioni religiosamente ispirati (M. Rondonotti, 2022)[7].

«Gli enti ecclesiastici, infatti, se intendono valorizzare sino in fondo la loro più autentica vocazione, devono perseguire *in civitate* il fine istituzionale di religione propugnando anche i principi dell'ecologia integrale, che postulano la vigenza di un rapporto armonico dell'uomo nell'*habitat* in cui è stato posto dal Creatore con gli altri figli di Dio, Suoi simili, e con le altre creature che popolano la terra» (F. Freni, 2022, 71).

L'impegno di questi enti può essere perseguito anche attraverso attività sociali, culturali ed economiche, tecnologicamente avanzate, che siano però ispirate da una "ecologia della gestione", ovvero che siano cristianamente tendenti all'inclusione di ogni persona e alla realizzazione del completo e integrale benessere dell'uomo (L. De Gregorio, 2019, 307 s.).

[7] «Le religioni possono pertanto dare sostanza e sostegno etico e spirituale a un nuovo modello culturale di sviluppo integrale che non guardi solo agli obiettivi economici e non si affidi solo agli strumenti tecnologici, ma promuova nella complessità degli aspetti ecologici e antropologici, e quindi anche religiosi, il rispetto di tutti gli esseri viventi; lo sfruttamento responsabile delle risorse naturali; il consolidamento di relazioni sociali improntate alla solidarietà, all'inclusione e alla promozione delle persone; l'impostazione dei rapporti produttivi e commerciali secondo modalità autenticamente umane»: I. Zuanazzi, L. Battaglini, (a cura di), *Religioni e sviluppo sostenibile*, Accademia University Press, Torino, 2021, VIII s. Si vedano altresì A. Andreotti, *La tutela dell'ambiente nella dottrina sociale della Chiesa*, in *www.statoechiese.it*, n. 9/2023; AA.VV., *L'etica ambientale e lo sviluppo sostenibile nel diritto delle religioni*, Giuffrè, Milano, 2023; C. Elefante, *Sostenibilità, prossimità e sviluppo integrale tra diritto e religione. Il ruolo degli oratori nei processi di resilienza trasformativa*, e-Book, Giappichelli, Torino, 2023.

Peraltro, nel perseguimento di queste finalità non precipuamente religiose, gli enti confessionali sono sottoposti al diritto comune, così come tutti gli altri gruppi di persone variamente ispirati dal punto di vista etico e parimenti impegnati a rendere il mondo un ecosistema più civile e umano.

Mi riferisco, per esempio, a quei movimenti volti a denunciare le attività illecite delle c.d. eco-mafie, o a sensibilizzare l'opinione pubblica sui pericoli derivanti: da vetuste strutture tecnologiche come centrali nucleari di prima generazione e obsoleti impianti di smaltimento dei rifiuti; dall'abnorme concentrazione di antenne per la telefonia mobile o di tralicci per l'alta tensione; dalla costruzione di infrastrutture a forte impatto ambientale, etc. Vanno annoverate in questa sede anche quelle associazioni che protestano contro la caccia o l'inquinamento prodotto dagli allevamenti intensivi, e si attivano per risanare aree degradate del pianeta: si pensi al "WWF", a "Legambiente", ai "Verdi", a "Greenpeace", a "Italia nostra", all' "Associazione Medici per l'Ambiente (ISDE Italia)", etc.

«Queste esperienze denotano che l'istanza ambientalista – proprio nel solco dell'ecologia integrale – sta assumendo oggi un nuovo ruolo nel rapporto solidaristico tra le persone; tale cambiamento è conseguente all'intervenuta varietà dei modelli culturali con cui si vive la relazione uomo-ambiente, ognuno dei quali identifica ciascuna delle intraprese collettive in favore dello sviluppo sostenibile» (F. Freni, 2022, 72).

Va rimarcata, peraltro, la differenza che intercorre tra il "senso" che anima gli enti ecclesiastici nello svolgere tali attività d'impegno sociale e l'ispirazione etica che guida le omologhe iniziative del privato-sociale. Tra queste ultime, infatti, soltanto alcune replicano in modo più o meno analogo il carattere spirituale e il grado di coesione ideale dei primi, perché l'impegno sociale è talmente importante per i loro membri, da elevarsi a "regola di vita", acquisendo i lineamenti di una "missione" che identifica l'intero gruppo, in quanto promana da una unitaria visione dell'esistenza che dà "senso" al rapporto con gli altri esseri viventi e il mondo[8].

Ecco allora che, in forza del principio di sussidiarietà – che, *ex* art. 118, quarto comma, Cost., consente di considerare pure le formazioni sociali di carattere ideale, culturale e

[8] Sullo stile di vita spirituale cristiano con cui operare durante la propria attività lavorativa si veda G. Donato, *Lavoro e santificazione in Giorgio La Pira*, in *Itinerarium*, 2022/3, n. 82, 83 ss.

spirituale («spiritualità laica»: M.M. Zuppi, 2021, 30)[9] come portatrici e realizzatrici di propri interessi generali (pubblici), anche diversi da quelli statali, e dotate dei mezzi idonei a perseguirli autonomamente (G. Vecchio, 2022) – il diritto è chiamato a promuovere il pluralismo e la politipia di tutte le iniziative etico-sociali che "dal basso" si pongono al servizio della solidarietà e della sostenibilità.

«Né tali iniziative sociali a rilevanza pubblicistica possono essere considerate come mere iniziative "a sgravio", svolte in funzione di pura e semplice supplenza – quantunque necessaria – a fronte di un'insufficiente o inefficiente organizzazione gestita, per via diretta, dai soggetti pubblici in senso stretto. Una considerazione sì riduttiva rischierebbe di mortificare, infatti, ad un sol tempo: 1) l'originale apporto assiologico recato da confessioni e formazioni sociali espressive del pluralismo etico-religioso; 2) l'essenza del principio di sussidiarietà, che sollecita tutte le comunità di base ad essere tra le principali protagoniste attive nella realizzazione delle esigenze dei cittadini; e 3) la stessa ineliminabile, seppur parziale, opera dello Stato sociale» (F. Freni, 2022, 74).

È auspicabile, pertanto, che l'ordinamento giuridico sostenga, tra le altre, le pluriformi iniziative riconducibili alla transizione eco-digitale, emanando normative che, da un lato, scoraggino i modelli capitalistici a notevole impatto sociale, e dall'altro, agevolino la diffusione dei nuovi modelli, condivisi anche grazie all'uso della tecnologia digitale, di creazione e distribuzione del valore sostenibile (A. Crupi, V. Marozzo, 2023). Si potrebbero, per esempio, semplificare le prassi burocratiche connesse alla gestione di tali intraprese (cittadinanza digitale) e assegnare congrui finanziamenti e agevolazioni fiscali a quegli imprenditori che si convertono ai nuovi principi di *net economy* e di *green economy*, in cui i criteri ambientali, sociali e di *governance* (ESG) assumono un ruolo sempre più rilevante nelle decisioni di investimento[10].

[9] Cfr. L. Berzano, *Senza più la domenica. Viaggio nella spiritualità secolarizzata*, Effatà, Cantalupa (TO), 2023.

[10] Andrebbero, altresì, varate nuove normative, in particolare in materia di salute e sicurezza sul lavoro, che tutelino i lavoratori impiegati nelle molteplici esperienze laburistiche diffuse nell'economia digitale e, segnatamente, nelle piattaforme telematiche, c.d. *platforms workers* (G.M. Ballistreri, *Un sistema di tutele per tutti i lavori*, in *Diritti Lavori Mercati*, 2022/2, 283 ss.; A. Delogu, *Salute, sicurezza e "nuovi" lavori: le sfide prevenzionali nella gig economy e nell'industria 4.0*, in *Diritto della sicurezza sul lavoro*, 2018/2, 37 ss.; M. Peruzzi, *Intelligenza artificiale e lavoro. Uno studio su poteri datoriali e tecniche di tutela*, e-Book, Giappichelli, Torino, 2023; A. Lo Faro, (a cura di), *New Technology and Labour Law. Selected topics*, Giappichelli, Torino, 2023, in specie la Parte II "Platform at work", 89 ss.

3. Le *smart communities* eticamente impegnate in esperienze laburistiche di innovazione e sostenibilità

Tra i vari gruppi che si impegnano in favore dello sviluppo sostenibile, mi soffermo in particolare su quelle comunità di persone che intendono fornire, mediante un uso virtuoso delle tecnologie digitali, opportunità di lavoro dignitoso, contemperando le esigenze di tutela della salute con quelle di salvaguardia dell'ambiente.

In pratica, queste c.d. *smart communities* sfruttano le nuove opportunità multimediali per organizzare attività lavorative sostenibili e ottenere utilità tanto per i propri membri quanto per la collettività. «Si tratta di un vasto movimento culturale, non privo di valenze "democratiche", composto da gruppi di persone che, reagendo con resilienza agli effetti negativi della lunga crisi e avvalendosi delle tecnologie digitali (internet, con: *app*, *blog*, *social*, *e-mail*, *videocall*, *podcast*, *tutorial*, etc.: P. Marsocci, 2015), creano lavoro condividendo una visione etica comune: incentivare la transizione da un'economia di tipo verticistico, basata essenzialmente sulle categorie della proprietà privata e del consumo, ad una nuova economia in cui la condivisione di beni e abilità conduce ad una più equa distribuzione della ricchezza e ad un maggiore rispetto dell'ambiente» (F. Freni, 2022, 80).

È chiaro che, partendo da questa comune matrice culturale, in cui il lavoro non è finalizzato soltanto al proprio utile ma anche al benessere degli altri, si sviluppa una molteplicità di iniziative laburistiche, che perseguono obiettivi di sviluppo sostenibile, ognuna con una propria specificità etica e operativa.

«Così c'è chi tende a un consumo sostenibile, con minore impatto ambientale (*car* o *tir sharing*), anche attraverso la (ri)localizzazione della produzione, nel rispetto della biodiversità e delle tipiche caratteristiche dei vari territori (prodotti a Km 0 o *reshoring*); c'è chi tenta di abbattere il paradosso dell'aumento della povertà e dello spreco realizzando innovative forme di distribuzione al dettaglio di prodotti alimentari (banche del cibo o *food sharing*) o di vestiti usati (*recycling* e *upcycling* di capi dismessi); c'è chi si impegna a far uscire dallo stato di solitudine in cui versano alcune persone, fornendo loro occasioni per sentirsi utili tramite l'inserimento in contesti che richiedono le loro abilità, esperienze, risorse e competenze (banche del tempo o auto-organizzazioni di mutuo-aiuto); c'è chi si occupa di rispondere alle esigenze abitative di persone che non possono accedere ad affitti a prezzo di mercato (*home*

sharing) e non hanno i requisiti per accedere all'edilizia popolare (*social housing*); c'è chi valorizza l'esperienza di vita storicamente maturata dalla propria comunità territoriale, agevolandone la condivisione mediante nuove forme di turismo esperienziale (religioso, storico, artistico, culturale, paesaggistico, salutistico, etc.)[11]; c'è chi si adopera nel mettere in contatto le persone che vogliono investire denaro senza mire di speculazione, con quelle che hanno bisogno di un prestito e non possono corrispondere alle garanzie richieste dalle banche; c'è chi si impegna a diminuire il divario digitale mediante processi di alfabetizzazione digitale, cercando di evitare che le nuove tecnologie rimangano un nuovo fattore di emarginazione (asimmetrie digitali) e si trasformino invece in opportunità per tutti (*e-inclusion*)[12]» (F. Freni, 2022, 80 in nota 43).

Questa nuova organizzazione di lavoro sostenibile, utilizzando apposite piattaforme digitali (A. Laudando, 2023), facilita il raggiungimento di risultati economici che, grazie all'adozione di una logica inclusiva (M. Borrello, 2023), rispetta le dinamiche di genere e il *welfare* dei lavoratori (C. Cafiero, 2023) e, creando un ambiente di democratica cooperazione interculturale, agevola il dialogo tra imprenditori e lavoratori e tra produttori e consumatori[13].

Tali sensibili iniziative laburistiche *smart* possono farsi rientrare legittimamente in quel recente fenomeno sociale che prende il nome di *sharing economy*, detto anche economia della condivisione o collaborativa o di comunione.

[11] In tal senso si segnalano le esperienze dei musei diffusi, «che nascono per raccontare, valorizzare e attivare il patrimonio culturale diffuso di specifiche aree geografiche insieme alle comunità che lo vivono. Trasformano un quartiere, una città o un territorio in un museo a cielo aperto che raccoglie, rende fruibile e attiva un patrimonio multiforme di luoghi, memorie, oggetti e personaggi che sono l'essenza di un luogo. Sono esperienze innovative che praticano inclusione sociale, stimolando la partecipazione e l'attivazione delle comunità locali, e che hanno l'obiettivo di rafforzare l'identità e l'attrattività di territori attraverso la sperimentazione culturale di nuovi linguaggi in grado di raccontare un luogo e le sue trasformazioni»: *Musei diffusi. Percorsi di comunità fra patrimonio e identità*, in *www.patrimonioculturale.regione.emilia-romagna.it/notizie*, 9 giugno 2021. Si veda F. Pernice (a cura di), *Rigenerare bellezza. Per un museo diffuso di comunità*, Edizioni Nuova Cultura, Roma, 2023.
[12] Per un articolato elenco di iniziative di inclusione digitale rivolte non solo alle c.d. fasce deboli, quali anziani, immigrati, detenuti e spesso anche le donne e le altre persone afflitte da problematiche di genere, ma anche a quelle imprese, associazioni e comunità che non sono ancora esperte in innovazione digitale, si veda *Innovazione Sociale: la tecnologia al servizio delle persone*, in *www.didaelkts.it*, 19 ottobre 2022. Si segnalano inoltre G. Buciuni, G. Corò, *Periferie competitive. Lo sviluppo dei territori nell'economia della conoscenza*, il Mulino, Bologna, 2023.
[13] Più in generale, E. Donaggio, J. Rose, M. Cairo (a cura di), *Lavoro e libertà?*, Mimesis Edizioni, Sesto San Giovanni (MI), 2023, non limitandosi alla critica del lavoro quando assume i tratti di un'esperienza esclusivamente patogena, esplorano le articolazioni oggi dominanti tra lavoro e libertà, cercando delle alternative possibili, se non addirittura delle utopie concrete, che possano rimuovere i rapporti di dominio e dipendenza.

Questo nuovo modello economico risulta performante perché è improntato sull'altruismo (A. Grant, 2013) ed è attento alle nuove istanze provenienti dalla società d'oggi, come quella eco-digitale.

Infatti, è proprio grazie alle piattaforme digitali veicolate sui *social* (S. Martinelli, 2023) che si sta diffondendo rapidamente questo nuovo sistema laburistico, anche perché la lunga crisi (finanziaria-pandemica-bellica) costringe molti disoccupati ad "inventarsi il lavoro" e molti imprenditori a non inseguire più velleitarie logiche di dominio del mercato[14].

«Si registrano ora maggiori flussi di relazioni alla pari, in quanto i cittadini, grazie alle facilitazioni offerte dalla tecnologia, riescono a interagire con le aziende con modalità meno verticistiche e più dirette, cioè senza bisogno di "pesanti" strutture d'intermediazione che risultano sofisticate e costose, a differenza del telefonino e delle *app* in esso contenute che sono già in mano a ciascuno di noi (G. Cristoforetti, R. Frega, 2015, 15)» (F. Freni, 2022, 82). In questi casi, quindi, la tecnologia – al contrario degli esiti regressivi paventati dallo «scenario Terminator» di cui pure si è dato conto nell'esordio di questo saggio (in nota) – può favorire un'economia virtuosa perché, tramite la socializzazione delle persone grazie alla rete[15], si diffondono i valori della riduzione degli sprechi e dell'inquinamento ambientale, nonché del consumo consapevole e del benessere sociale (D. Siro, 2012).

Va segnalata, inoltre, l'origine spontanea di queste iniziative collettive di cooperazione laburistica che, partendo da un'embrionale affinità culturale, consolidano la propria identità

[14] In proposito, A. Dri, *Fondamenti per la gestione e valutazione dei patrimoni ecclesiastici*, Giappichelli, Torino, 2022, IX s., rileva: «La crescita esponenziale del grado di interdipendenza sistemica dei diversi Paesi, che si ritiene abbia favorito attraverso gli scambi e la specializzazione produttiva la crescita dell'economia mondiale, ha anche mostrato l'emergere di squilibri economici, finanziari, sociali ed ambientali: da questo punto di vista risulta essere costituito dal fenomeno della globalizzazione – favorito dall'innovazione tecnologica – il filo conduttore nelle tre grandi crisi dell'inizio del nuovo millennio (quella definita finanziaria del 2008, quella pandemica dal 2020 e la drammatica crisi bellica che stiamo attraversando)».

[15] In questo senso la tecnologia è «un medium capace di inserirsi in una relazione tra individui e collettività cui carattere distintivo è la creazione di valore collettivo attraverso l'accelerazione di comportamenti virtuosi»: G. Cristoforetti, R. Frega, *Smart democracy: una nuova etica delle comunità intelligenti*, Occasional Paper n. 31, Institut Marcel Mauss - CEMS, Paris, novembre 2015, 14. Il gesto tecnico così può mettere in luce il suo aspetto significante, cioè non di semplice latore di significati ma di mediatore attivo, ridefinendo gli stessi rapporti nei quali si trova a mediare (M. Giacomazzi, *Comunità digitali: ecco come la tecnica influisce sulla politica*, in *www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/influenze*, 23 febbraio 2023). Si veda sul punto C. Rivoltella, *La scala e il tempio. Metodi e strumenti per costruire Comunità con le Tecnologie*, FrancoAngeli, Milano, 2021, ove le tecnologie di comunità sono configurate come «un dispositivo che svolge una funzione di catalizzatore di socialità e di relazioni e favorisce lo sviluppo di un processo partecipativo funzionale al rafforzamento dei legami sociali di una comunità e delle connessioni tra i membri».

di gruppo man mano che viene elaborato un comune patrimonio assiologico, basato essenzialmente sulla crescente consapevolezza che l'aggregazione crea valore[16]. «Col tempo, insomma, si costruisce una consuetudine di regole di condotta, che lega i componenti il gruppo secondo un nuovo stile di vita, che li identifica in maniera peculiare e tipica rispetto alle organizzazioni laburistiche tradizionali[17]. Tanto è vero che laddove non si riesca a raggiugere siffatto grado di coesione etica, tali gruppi sono destinati presto a sciogliersi, risultando solo opportunistiche o poco convinte forme di azioni collettive effimere o fugaci, perché basate su un inconsistente sostrato culturale meramente "di facciata"[18] (F. Freni, 2022, 83 s.).

[16] Per approfondimenti su questo nuovo modo di lavorare in solido si rinvia **ai** rapporti di Fondazione Symbola, Unioncamere, *Coesione è Competizione - Nuove geografie della produzione del valore in Italia*, del 27 giugno 2014 e dell'8 luglio 2016: cfr. *www.symbola.net* ove, tra l'altro, si legge: «Green economy, cultura e coesione sociale sono per noi tre indicatori fondamentali: chi sceglie questi driver incrementa il proprio valore economico e sociale facendo bene al Paese, dando vita a un modello di "economia della Qualità" legato al territorio e all'identità ma con una forte vocazione alla creatività e all'innovazione: la soft economy».

[17] In proposito si rinvia a L. Bertell, *Lavoro ecoautonomo. Dalla sostenibilità del lavoro alla praticabilità della vita*, Elèuthera, Milano, 2016; con riguardo a questa tematica, in *www.eleuthera.it* si legge: «"Faccio un lavoro che di fatto non è un lavoro, direi che è un modo di vivere". Che posto ha il lavoro nel quotidiano? Chi investe nel lavoro come nuovo stile di vita da cosa è mosso? Il lavoro può essere una pratica politica di libertà? Queste sono alcune delle domande poste alla base di una ricerca sul campo condotta tra le più innovative realtà economiche italiane, come le Reti di economia solidale con i Gas, i mercati autogestiti di "Genuino clandestino", i Centri di sperimentazione autosviluppo, per citarne solo alcune. Autorganizzazione delle produzioni, sperimentazione, relazioni di utilità – seppur non utilitaristiche – tra lavoratori-produttori e cittadini critici stanno infatti disegnando nuove forme sociali ed economiche che sono altrettanti tasselli di quelle Economie Diverse che stanno modificando dal basso il mercato attraverso contaminazioni e ibridazioni. Ciò che sta emergendo in una molteplicità di forme non è una filiazione diretta dei tradizionali valori legati al movimento mutualistico o cooperativo e alla loro etica del lavoro: il nuovo che si sta configurando parte da una forte istanza di autonomia rispetto al sistema prevalente che i singoli protagonisti esprimono attraverso i loro differenti modi non solo di lavorare ma di vivere».

[18] In questa prospettiva, L. Bertell, *Lavoro ecoautonomo*, cit., analizza l'impatto delle pratiche che si definiscono di *sharing economy*, con particolare riferimento al fenomeno più diffuso di mobilità condivisa. «In definitiva, lo studio mira a capire se il servizio di *carpooling* definisce un nuovo modo di viaggiare e spostarsi che, oltre a introdurre una innovazione economica in termini di servizio, rappresenti anche una innovazione sociale, cioè sia capace di modificare i tradizionali rapporti di mercato rafforzando la dimensione di socievolezza e comunità nello scambio, così come il paradigma dell'economia collaborativa e le sue narrazioni pubbliche suggeriscono». In questo stesso senso, si pensi ancora a quelle comunità che promuovono una dieta tipica del luogo in cui vivono, come può essere ad esempio la dieta mediterranea, e che nel salvaguardare e valorizzare specificità legate al cibo, promuovono il territorio di appartenenza, con la propria cultura e le tipiche tradizioni locali e quindi il costume, lo stile di vita, l'identità che caratterizza quel gruppo di persone. Insomma, anche in questo caso non deve trattarsi di mera pubblicità di cibi salutari, ma di un impegno collettivo in un lavoro che gratifica e appaga anche in riferimento alla realizzazione della propria identità a servizio del bene comune. Sugli aspetti negativi della *sharing economy* si veda, peraltro, S. Ferlito, *Sharing economy ovvero il frutto avvelenato del neoliberismo*, in *Calumet - Intercultural law and humanities review*, 2018.

In definitiva, «si tratta di vere e proprie "comunità di gusto", in cui le piattaforme, grazie anche a quegli attori non-umani che chiamiamo algoritmi, aggregano contenuti e utenti intorno a valori identitari e nuclei "tematici"» (M. Giacomazzi, 2023).

Ecco allora che, se si sviluppa una corretta etica pedagogica e si perviene ad una regolazione anche giuridicamente adeguata in ordine ai nuovi linguaggi digitali e agli innovativi strumenti di comunicazione multimediale, si può gestire sapientemente l'accelerazione tecnologica e attivare così anche dinamiche collettive virtuose (tecnologia sociale)[19].

Insomma, le *smart communities* eticamente ispirate, che attivano le nuove forme di lavoro della transizione eco-digitale, contribuiscono a sollecitare quel nuovo patto sociale per l'ecologia integrale cui si è accennato all'inizio, inducendo, attraverso pratiche esemplari, alla collaborazione anziché alla competitività, così come all'inclusione invece che all'esclusività (F. Sorvillo, 2023, 509 ss.). In conclusione, diffondere la cultura della comunione e dell'interazione attraverso i nuovi meccanismi della connettività, da rendere sempre più democraticamente fruibili (A. Machado, 2020), oltre ad ampliare la virtuosa circolarità dei saperi, coinvolge anche le nuove generazioni in una solidale alleanza antropologica per la transizione eco-digitale[20].

[19] Al fine di coniugare insieme transizione ed educazione eco-digitale, occorre promuovere congrue sinergie inter-istituzionali tra le comunità territoriali, le scuole, le università (si pensi all'istituzione di Corsi di Laurea in "Diritto per la transizione eco-digitale", come quello attivato dall'Ateneo di Messina in "Diritto dell'innovazione e della sostenibilità" a cui si affianca l'Osservatorio per la transizione e l'educazione digitale), gli enti pubblici e privati, le imprese e i soggetti del terzo settore, diffondendo in primo luogo nuove regole idonee a governare il mercato digitale e incentivando prassi sensibili per un uso sostenibile delle nuove tecnologie. In tema si segnalano G. Mele, G. Passiante, G. Secundo, *Imprenditorialità accademica & trasformazioni digitali. Quali sfide e traiettorie di sviluppo futuro?*, Tab Edizioni, Roma, 2021. Al proposito è interessante riflettere, come fa A. Guadagno, *Sviluppo sostenibile e transizione digitale: il ruolo della Scuola*, in *www.agendadigitale.eu*, 18 gennaio 2022, sulla necessità che «il concetto di nativo digitale (o meglio, generazione X) e quello di nativo ambientale si integrino e si armonizzino affinché ogni cittadino acquisisca il peso della responsabilità sociale del proprio agire: ogni processo digitale ha bisogno di molta più energia di un equivalente processo analogico. E se l'energia richiesta non proviene da fonti rinnovabili il nativo digitale non diverrà mai un nativo ambientale, poiché l'innovazione non potrà considerarsi sostenibile».

[20] Sfruttando bene le opportunità generate dal processo tecnologico è possibile utilizzare nuovi codici comunicativi per veicolare valori storicamente condivisi, tramandando il patrimonio culturale comune che identifica e unisce nel tempo le generazioni. L'uso della tecnologia nelle attività didattiche, per esempio, riscuotendo maggiore *appeal* tra i giovani studenti, può permettere di offrire una visione moderna sul tema dell'inclusione, sia tra pari sia a livello intergenerazionale.

4. Bibliografia

Aa.Vv., *L'etica ambientale e lo sviluppo sostenibile nel diritto delle religioni*, Giuffrè, Milano, 2023;

Aa.Vv., *Organoid intelligence (OI): la nuova frontiera del biocomputing e dell'intelligence-in-a-dish*, in *www.frontiersin.org*, 28 febbraio 2023;

Agamben G., *La tecnica e il governo*, in *www.acro-polis.it*, 26 gennaio 2023;

Alpa G., *Solidarietà. Un principio normativo*, il Mulino, Bologna, 2022;

Andreotti A., *La tutela dell'ambiente nella dottrina sociale della Chiesa*, in *www.statoechiese.it*, n. 9/2023, 1 ss.;

Ballistreri G.M., *Un sistema di tutele per tutti i lavori*, in *Diritti Lavori Mercati*, 2022/2, 283 ss.;

Bassanini F., Napolitano G., Torchia L. (a cura di), *Lo Stato promotore. Come cambia l'intervento pubblico nell'economia*, il Mulino, Bologna, 2021;

Bassanini F., Treu T., Vittadini G. (a cura di), *Una società di persone? I corpi intermedi nella democrazia di oggi e di domani*, il Mulino, Bologna, 2021;

Bazzanella E., *Il Capitale sorvegliante. Il neo-panoptismo globale*, Asterios Editore, Trieste, 2019;

Beaulieu A., Leonelli S., *Data & Society. A Critical Introduction*, SAGE Publications Ltd, Thousand Oaks (California), 2021;

Berlingò S., *Pluralismo religioso e democrazia transculturale. Prove di transizione dal* privilegio *al* diritto, E.S.I., Napoli, 2022;

Bertell L., *Lavoro ecoautonomo. Dalla sostenibilità del lavoro alla praticabilità della vita*, Elèuthera, Milano, 2016;

Berzano L., *Senza più la domenica. Viaggio nella spiritualità secolarizzata*, Effatà, Cantalupa (TO), 2023;

Borrello M., *Ripensare l'inclusione sociale nella prospettiva della sostenibilità*, in *www.statoechiese.it*, n. 6/2023, 1 ss.;

Bostrom N., *Superintelligenza. Tendenze, pericoli, strategie*, trad. it. di Frediani S., Bollati Boringhieri, Torino, 2018;

Bruni L., *Capitalismo meridiano. Alle radici dello spirito mercantile tra religione e profitto*, il Mulino, Bologna, 2022;

Brynjolfsson E., McAfee A., *La nuova rivoluzione delle macchine. Lavoro e prosperità nell'era della tecnologia trionfante*, trad. it. Carlotti G., Feltrinelli, Milano, 2015;

Buciuni G., Corò G., *Periferie competitive. Lo sviluppo dei territori nell'economia della conoscenza*, il Mulino, Bologna, 2023;

Cafiero C., *Diversità e inclusione. Le regole per la certificazione sulla parità di genere*, Giuffrè, Milano, 2023;

Chimirri G., *IA. Intelligenza artificiale. Etica delle macchine pensanti*, Asterios Editore, Trieste, 2021;

Colombo F., *'Costituzione spirituale' e dovere di concorrere al progresso della società: spunti per un'indagine*, in *www.statoechiese.it*, n. 5/b del 2023, 159 ss.;

Columbro D., *Data curator, una nuova professione per i musei d'Italia*, in *www.lastampa.it/rubriche*, 28 aprile 2023;

Commissione episcopale per i problemi sociali e il lavoro, la giustizia e la pace, Commissione episcopale per l'ecumenismo e il dialogo, Messaggio per la 16ª Giornata nazionale per la custodia del Creato. *"Camminare in una vita nuova" (Rm 6,4). La transizione ecologica per la cura della vita*, in *www.chiesacattolica.it*, 24 maggio 2021;

Cristoforetti G., Frega R., *Smart democracy: una nuova etica delle comunità intelligenti*, Occasional Paper n. 31, Institut Marcel Mauss - CEMS, Paris, novembre 2015;

Crupi A., Marozzo V., *Trasformazione digitale e open innovation. La prospettiva delle piccole e medie imprese*, Tab Edizioni, Roma, 2023;

Delogu A., *Salute, sicurezza e "nuovi" lavori: le sfide prevenzionali nella gig economy e nell'industria 4.0*, in *Diritto della sicurezza sul lavoro*, 2018/2, 37 ss.;

De Gregorio L., *Ambiente, Creato, Sviluppo umano integrale: dimensione religiosa collettiva e prospettiva ecologica*, in Consorti P. (a cura di), *Costituzione, religione e cambiamenti nel diritto e nella società*, Pisa University Press, Pisa, 2019, 293 ss.;

Di Gregorio L., *Le catene dello smartphone. Rischi e implicazioni psicologiche della rivoluzione digitale*, Mimesis Edizioni, Sesto San Giovanni (MI), 2023;

Di Mauro E., *Quid enim sum? Cosa realmente sono? L'auspicata fine del genere umano*, Asterios Editore, Trieste, 2023;

Donaggio E., Rose J., Cairo M. (a cura di), *Lavoro e libertà?*, Mimesis Edizioni, Sesto San Giovanni (MI), 2023;

Donato G., *Lavoro e santificazione in Giorgio La Pira*, in *Itinerarium*, 2022/3, n. 82, 83 ss.;

Dri A., *Fondamenti per la gestione e valutazione dei patrimoni ecclesiastici*, Giappichelli, Torino, 2022;

Einaudi L., *Economia di concorrenza e capitalismo storico. La terza via fra i secoli XVIII e XIX*, in *Rivista di storia economica*, VII, n. 2/1942, 49 ss.;

Elefante C., *Sostenibilità, prossimità e sviluppo integrale tra diritto e religione. Il ruolo degli oratori nei processi di resilienza trasformativa*, e-Book, Giappichelli, Torino, 2023;

Ferlito S., *Sharing economy ovvero il frutto avvelenato del neoliberismo*, in *Calumet - Intercultural law and humanities review*, 2018;

Flick C., Flick G.M., *L'algoritmo d'oro e la torre di Babele*, Baldini+Castoldi, Milano, 2022;

Fondazione Symbola, Unioncamere, *Coesione è Competizione - Nuove geografie della produzione del valore in Italia*, del 27 giugno 2014 e dell'8 luglio 2016;

Francesco, enciclica *Fratelli tutti*, del 3 ottobre 2020;

Francesco, enciclica *Laudato si'*, del 24 maggio 2015;

Francesco, *Messaggio del Santo Padre Francesco ai partecipanti al convegno su "Resilience of people and ecosystems under climate stress"*, in *L'Osservatore romano*, 13 luglio 2022;

Freni F., *Ecologia integrale e pluralismo etico-religioso*, in www.statoechiese.it, n. 17/2022, 61 ss.;

Fuccillo A., *Il* paradiso *digitale. Diritto e religioni nell'iperuranio del web*, Editoriale Scientifica, Napoli, 2023;

Giacomazzi M., *Comunità digitali: ecco come la tecnica influisce sulla politica*, in *www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/influenze*, 23 febbraio 2023;

Grant A., *Più Dai Più Hai. Un approccio rivoluzionario al successo*, trad. it. Cavallini D., Sperling & Kupfer, Milano, 2013;

Guadagno A., *Sviluppo sostenibile e transizione digitale: il ruolo della Scuola*, in *www.agendadigitale.eu*, 18 gennaio 2022;

Intini E., *I computer del futuro saranno fatti con cellule di cervello umano?*, in *www.focus.it*, 2 marzo 2023;

Kurzweil R., *La singolarità è vicina*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna (RN), 2014;

Laudando A., *Gli ecosistemi delle piattaforme digitali. Emersione, dinamiche evolutive e strategie di envelopment*, Edizioni Nuova Cultura, Roma, 2023;

Lemme G., *La transizione giuridica. La crisi del diritto di fronte alla sfida tecnologica*, Giappichelli, Torino, 2023;

Lo Faro A. (a cura di), *New Technology and Labour Law. Selected topics*, Giappichelli, Torino, 2023;

Machado A., *La tecnologia come fonte di bene comune*, in *www.tuttowelfare.info/servizi*, 9 novembre 2020;

Marsocci P., *Cittadinanza digitale e potenziamento della partecipazione politica attraverso il web: un mito così recente già da sfatare?*, in *www.rivistaaic.it*, n. 1/2015, 1 ss.;

Martinelli S., *I contratti della Platform Economy. Ruoli e responsabilità delle piattaforme*, Giappichelli, Torino, 2023;

Martínez J.L., *Rivisitare il bene comune nell'era digitale*, in *Quaderni de La civiltà cattolica*, n. 4078, 2020 Volume II, 16 maggio 2020, 328 ss.;

Mele G., Passiante G., Secundo G., *Imprenditorialità accademica & trasformazioni digitali. Quali sfide e traiettorie di sviluppo futuro?*, Tab Edizioni, Roma, 2021;

Pascuzzi G. (a cura di), *Il diritto dell'era digitale*, 5ª ed., il Mulino, Bologna, 2020;

Pernice F. (a cura di), *Rigenerare bellezza. Per un museo diffuso di comunità*, Edizioni Nuova Cultura, Roma, 2023;

Peruzzi M., *Intelligenza artificiale e lavoro. Uno studio su poteri datoriali e tecniche di tutela*, e-Book, Giappichelli, Torino, 2023;

Rivoltella C., *La scala e il tempio. Metodi e strumenti per costruire Comunità con le Tecnologie*, FrancoAngeli, Milano, 2021;

Rondonotti M., *Connessioni comunitarie. Le tecnologie di comunità e i contesti ecclesiali*, Scholè, Brescia, 2022;

Senatore G., *Lo sviluppo sostenibile: profili giuridico-filosofici*, Edizioni Nuova Cultura, Roma, 2008;

Siro D., *Henable: la tecnologia al servizio della comunità*, in *www.marketingarena.it*, 5 settembre 2012;

Sorvillo F., *Tempo, lavoro e fede nell'era del capitalismo delle piattaforme: le best practices per un mercato del lavoro inclusivo*, in Fuccillo A., Palumbo P. (a cura di), *Pluralismo confessionale e dinamiche interculturali. Le* best practices *per una società inclusiva*, Editoriale Scientifica, Napoli, 2023, 509 ss.;

Vecchio G., *Le istituzioni della sussidiarietà. Oltre la distinzione tra pubblico e privato*, E.S.I., Napoli, 2022;

Zeppegno G., *Gli obiettivi dello sviluppo sostenibile nell'Enciclica* Laudato si', in Zuanazzi I., Battaglini L. (a cura di), *Religioni e sviluppo sostenibile*, Accademia University Press, Torino, 2021, 109 ss.;

Zuanazzi I., Battaglini L., *Presentazione*, in *Religioni e sviluppo sostenibile*, cit., 2021, VII ss.;

Zuppi M.M., *La Costituzione e l'amore politico*, in Consorti P. (a cura di), *Lo spirito della Costituzione. In dialogo con il cardinale Zuppi*, DiReSoM Papers 3, Pisa, 2021, 27 ss.

Angela Marcianò

IL DANNO BIOLOGICO DEL LAVORATORE: DALLA *REASONABLE PRACTICABILITY* BRITANNICA ALLA MASSIMA SICUREZZA TECNOLOGICAMENTE POSSIBILE ITALIANA[1]

1. La sicurezza sul lavoro nel sistema comunitario. – 2. Assicurazioni sociali obbligatorie e responsabilità civile. – 3. Il danno biologico del lavoratore. – 4. Segue. Il risarcimento del danno. – 5. Bibliografia.

1. La sicurezza sul lavoro nel sistema comunitario

La tematica della sicurezza del lavoro in Italia è profondamente influenzata dall'importanza che la stessa riveste per l'Unione europea[2]. L'art. 137 del TCE, oggi art.153 TFUE, prevede il miglioramento dell'ambiente di lavoro per proteggere la sicurezza e la salute dei lavoratori[3].

"La prevenzione dei rischi da infortuni e malattie professionali, in particolare, rientra tra gli specifici obiettivi della Strategia Europa 2020 per una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva, da attuarsi mediante direttive contenenti prescrizioni minime applicabili progressivamente, tenendo conto delle condizioni e delle normative tecniche esistenti in ciascuno Stato membro[4]. L'intensa produzione normativa comunitaria a tutela dell'ambiente

[1] Il presente contributo costituisce, in alcune sue parti, la rielaborazione e l'approfondimento di riflessioni già sviluppate da parte dell'autrice e contenute all'interno di saggi in precedenza pubblicati in riviste, opere collettanee o monografie.

[2] (G.Arrigo, *La tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori nell'ordinamento comunitario,* in M.Rusciano-G.Natullo (a cura di), *Diritto del lavoro. Commentario, VIII, Ambiente e sicurezza del lavoro*, diretto da F. Carinci, Torino, 2007, 5 ss.); (L.Angelini, *La sicurezza del lavoro nell'ordinamento europeo*, Working Papers-Olympus,Università degli Studi di Urbino Carlo Bo,2013,n.29).

[3] L'Agenzia Europea per la sicurezza e la salute sul lavoro (EU_OSHA) ha presentato il 15 maggio 2023 la sua relazione su Sicurezza e salute sul lavoro in Europa: situazioni e tendenze 2023, in occasione del vertice 2023 sulla sicurezza e la salute sul lavoro (SSL), tenutosi a Stoccolma. Viene fornita un'analisi completa della situazione e degli sviluppi contestuali della SSL nell'Unione europea negli ultimi anni, accompagnata da indicazioni sulle tendenze emergenti.

[4] (B. Caruso, *L'Europa, il diritto alla salute e l'ambiente di lavoro*, in AA.VV., *Ambiente, salute e sicurezza*, in L.Montuschi (a cura di), *Ambiente, salute e sicurezza. Per una gestione integrata dei rischi da lavoro*, Torino, 1997,

di lavoro si basa, pertanto, su alcuni principi fondamentali, che servono sia da indirizzo alla legislazione di dettaglio, sia da guida per gli organi legislativi dei Paesi dell'UE" [5] .

"Gli strumenti di tutela ed i rimedi predisposti sono spesso legati alla circostanza che l'ordinamento giuridico di un determinato Stato li ritenga "storicamente" in linea con l'evoluzione culturale ed economica esistente[6].

La definitiva affermazione di una nozione integrale di salute, comprensiva del benessere fisico e psichico del lavoratore[7] (con considerazione anche dello *stress*[8], della monotonia e ripetitività del lavoro), ha innanzitutto portato alla teorizzazione, a livello comunitario, del principio dell'"adeguamento del lavoro all'uomo" [9].

Tra i metaprincipi di matrice comunitaria, il legislatore italiano ha, poi, ritenuto opportuno recepire il principio di prevenzione, ritenendolo facilmente inquadrabile nel

1 ss.); (M. Mazziotti, *L'evoluzione del diritto sociale europeo a tutela della salute dei lavoratori*, in *Riv. giur. lav.*, 2001, I, 597 ss.).

[5](A.Marcianò, *Ambiente di lavoro e salute : dai meta principi di origine comunitaria alla tutela risarcitoria per inadempimento contrattuale* in *Ratio Iuris*, giugno 2023). Negli stessi termini si veda (G.Natullo, *Principi generali della Prevenzione e "confini" dell'obbligo di sicurezza*, in *Diritto del lavoro*. Commentario, diretto da F. Carinci, VIII, Torino, 2007); (E. Gragnoli-A. Perulli (a cura di), *La riforma del mercato del lavoro e i nuovi modelli contrattuali,* Padova, 2004); (G. Balzarini, *La tutela del contraente più debole nel diritto del lavoro*, Padova, 1965, p.96 ss.); (R. Corrado, *Trattato di diritto del lavoro*, III, Torino, 1969, 480); (G. D'Eufemia, *Norme inderogabili e interessi legittimi nei rapporti di lavoro*, in *Riv. dir. l*av., 1969, I, 8); (M. Franco, *Diritto alla salute e responsabilità civile del datore di lavoro*, Milano, 1995, 67); (G. Pera, *Osservazioni sul c.d. obbligo di sicurezza*, in *Probl. sic. soc.*, 1967, 857 ss.); (M. Persiani, *Considerazioni sulla prevenzione degli infortuni nel lavoro domestico*, Securitas, 1968, n. 4, 117 ss); (L. Spagnuolo Vigorita, *Responsabilità dell'imprenditore,* in *Nuovo Trattato di diritto del lavoro*, diretto da Riva Sanseverino e Mazzoni, II, Padova, 1971, 418 ss.); (C.Smuraglia, *Sicurezza e igiene del lavoro. Quadro normativo, esperienze attuative e prospettive*, in *Riv. giur. lav.*, 2001, I, 465 ss.); (C.Zoli, *Sicurezza del lavoro: contrattazione e partecipazione*, in *Riv. giur. lav.*, 2000, I, 613 ss.); (L. Montuschi, *Diritto alla salute e organizzazione del lavoro*, III ed., Milano, 1989). L'Autore ha costruito l'intera opera attorno alla denuncia del fallimento dell'art. 2087 c.c. come clausola generale in rapporto al sistema normativo prevenzionale. Nello stesso senso, (F. Bianchi-D'Urso, *Profili giuridici della sicurezza nei luoghi di lavoro,* Napoli, 1980).

[6] (M.Tiraboschi, *Nuovi modelli della organizzazione del lavoro e nuovi rischi* in *Diritto della sicurezza sul lavoro*, *Rivista dell'Osservatorio Olympus*,n.1/2022,136).

[7] (A. Lassandari, *La sicurezza del lavoro*, in A.Vallebona (a cura di), *I contratti di lavoro*, in E. Gabrielli (a cura di), *Trattato dei contratti*, diretto da P. Rescigno, XIII, I, Torino, 2009, 641); (G.Suppiej, *Il diritto dei lavoratori alla salubrità dell'ambiente di lavoro*, in *Riv. it. dir. lav.*, 1988, I, 442 ss.); (M.Pedrazzoli, *Tutela della persona e aggressioni alla sfera psichica del lavoratore*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 2007, 1143 ss.).

[8] (S.Brun, *Stress da eccesso da lavoro e incidente stradale: un nuovo passo nell'incerto cammino verso l'estensione della portata applicativa dell'art. 2087 c.c.*, in *Riv. it. dir. lav.*, 2005, II, 109 ss.); (R.Nunin, *La prevenzione dello stress lavoro-correlato. Profili normative e responsabilità del datore di lavoro*, Eut,Trieste,2012); (E.Menegatti, *Stress lavoro-correlato e responsabilità risarcitoria del datore di lavoro*, in ADL,2014,972). Cassazione civile, sez. lav. , 03/06/2022 , n. 17976,in *Diritto & Giustizia* 2022, 6 giugno (nota di: Attilio Ievolella).

[9] Si tratta di una concezione che in realtà è originata nei paesi dell'Europa scandinava e si è estesa via via fino all'Europa continentale e latina, condizionando interpretativamente le normative di quegli ordinamenti giuridici in cui l'esistenza di principi generali di tutela della salute, come ad esempio per l'Italia, pensiamo all'art. 2087 c.c. o all'art. 32 Cost., consentivano già una tale interpretazione adeguatrice della normativa di dettaglio.

disposto dell'art. 2087 c.c., attraverso una interpretazione più moderna ed elastica della norma, che, pur presente nel codice del 1942, era stata negletta dalla dottrina e dalla giurisprudenza"[10].

Non ha trovato il medesimo accoglimento il principio di precauzione, che si pone su un piano di maggiore garanzia per i lavoratori, in quanto appare idoneo a modificare significativamente il rapporto tra ambiente di lavoro e semplici fattori di rischio, anche non perfettamente conosciuti, perché ancora privi di conferme empiriche o scientifiche.

Il suddetto principio è, invero, ricollegabile alla tutela dell'ambiente in generale, più che all'ambiente di lavoro, anche perché, se l'ordinamento giuslavoristico volesse aprirsi al principio di precauzione, ciò implicherebbe concepire l'esistenza di un obbligo in virtù del quale il datore di lavoro possa conseguentemente rispondere per gli inadempimenti a lui addebitabili.

"L'attuazione del principio di precauzione è, dunque, resa difficile dalla difficoltà di introdurre nella normativa di settore una regola di comportamento che sia in qualche modo esigibile dal solo datore di lavoro, con l'impossibilità di identificare in anticipo il contenuto dell'obbligo di protezione del lavoratore. Il che comporterebbe, tra l'altro, la necessità di prevedere una sanzione sul piano civile per inosservanza di un precetto che è *a priori* indeterminato"[11].

In considerazione di ciò, il principio di precauzione è stato ritenuto un limite all'assolutezza dei poteri economici, in quanto eccede per sua natura e funzione proprio il necessario rapporto tra diritti e doveri tipici di ogni relazione contrattuale[12].

Nella ricostruzione della tematica, alla luce delle influenze del diritto comunitario, ha assunto invece una peculiare rilevanza la specificazione del principio della "massima sicurezza" o del "massimo tecnologico".

Con la dir.89/391/CEE, successivamente modificata dalla dir.2007/30/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, nonché integrata dalle direttive settoriali emanate nel corso degli

[10] (A.Marcianò,*Responsabilità civile e obblighi di sicurezza sul lavoro*, in *Lavoro e previdenza oggi*, n.1 /2011).
[11](A.Marcianò,*Responsabilità civile e obblighi di sicurezza sul lavoro,* in *La responsabilità civile nel terzo millennio. Linee di una evoluzione* a cura di Raffaele Tommasini, Giappichelli,Torino 2011).
[12](C. Lazzari, *Figure e poteri datoriali nel diritto della sicurezza sul lavoro*, Franco Angeli, Milano,2015).

anni, si è passati dal principio della così detta *reasonable practicability*[13], costruito dall'empirismo britannico, a quello che deriva dalla legislazione comunitaria[14], e più vicino al nostro ordinamento, della "massima sicurezza tecnicamente possibile"[15], riconducibile all'art.118 del Trattato CEE, e tipico dei sistemi continentali[16] .

Il principio della c.d. ragionevole praticabilità si caratterizza per una minore rigidità, in quanto rimette alla discrezionalità dell'imprenditore la possibilità di tener conto, nella valutazione della ragionevole praticabilità, anche di elementi esterni, come l'onere economico. La giurisprudenza inglese ha precisato come la nozione di *reasonable practicability* «fosse qualcosa di diverso e più ristretto rispetto alla fattibilità materiale, implicando la possibilità di una valutazione comparativa tra l'intensità del rischio e la misura dei sacrifici economici necessari ad evitarlo».

I dubbi circa l'adeguatezza di tale principio sono aumentati con l'emanazione della direttiva 89/391/CEE, tanto che a parere della Commissione Europea il criterio della sicurezza ragionevolmente praticabile contrastava con il principio espresso dalla direttiva quadro e la ragionevolezza lasciava spazio all'ingresso nel ragionamento giuridico di valutazioni di carattere economico, esclusi tassativamente dall'articolo 6 della Direttiva[17].

[13] Si tratta della "massima sicurezza ragionevolmente praticabile", espressione con cui ci si riferisce alla logica del bilanciamento tra la finalità di tutela della SSL e le esigenze economico-produttive, nell'auspicio di trovare un compromesso ragionevole tra esse.

[14] Con la dir.89/391/CEE, successivamente modificata dalla dir.2007/30/CE del Parlamento europeo e del Consiglio nonché integrata dalle direttive settoriali emanate nel corso degli anni.

[15](R.Guariniello, *Obblighi e responsabilità delle imprese nella giurisprudenza penale*, in *Riv. giur. lav.*, 2001, IV, 530 ss.); (A. Culotta-M. Di Lecce-G.Costatgniola, *Prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro*, Milano, 1996, 154 ss.); (Lai-Lebra, *La massima sicurezza tecnologicamente fattibile*, in *Dir. pratica lav.*, 1990, 1530);(G.G. Balandi, *Individuale e collettivo nella tutela della salute nei luoghi di lavoro: l'art. 9 dello Statuto*, in *Lav. dir.*, 1990, 219 ss.), e (ID., *Il contenuto dell'obbligo di sicurezza*, in AA.VV., *L'obbligazione di sicurezza*, in *Quad. dir. lav. rel. ind.*, 1994, 79 ss.). L'A., optando per la coesistenza del principio della massima sicurezza ragionevolmente possibile con quello della massima sicurezza ragionevolmente praticabile, individua prioritariamente nella contrattazione collettiva lo strumento di specificazione sul piano concreto del principio in questione. Cfr., in riferimento alla disciplina posta dal d.lgs. n. 81/2008, (P. Soprani, *La migliore tecnologia disponibile nel T.u. sicurezza,* in *ISL*, 2009, 125).

[16](L. Galantino, *Il contenuto dell'obbligo di sicurezza*, in Galantino (a cura di), *La sicurezza del lavoro*, Milano, 1996, 24-25); (R. Romei, *Il campo di applicazione del d.lgs. n. 626/1994*, in L.Montuschi (a cura di), *Ambiente salute e sicurezza*, *Per una gestione integrata dei rischi da lavoro*, cit., 64).

[17] Ed è per questa ragione che la Commissione europea ha convenuto in giudizio il Regno Unito davanti alla Corte di Giustizia, contestando un mancato adeguamento della normativa interna alla normativa comunitaria. La Corte ha rigettato il ricorso, non condannando il Regno Unito, in quanto dal giudizio non è emerso che il Paese (al tempo membro dell'Ue) sia stato inadempiente rispetto ai nuovi criteri adottati dalla direttiva quadro n. 1989 del 391. Si veda, C. Giust. 14 giugno 2007, n. 127, sez. III, in *Rivista Italiana di Diritto del Lavoro*, 2008, n. 1, II, p. 13 ss. con nota di (O. Bonardi, *La Corte di Giustizia e l'obbligo di sicurezza del datore di lavoro: il criterio*

In Italia, invece, in totale coincidenza con i principi comunitari, si afferma la tesi per cui la sicurezza non possa essere subordinata a criteri di fattibilità economica e produttiva ed il datore di lavoro è comunque tenuto ad allineare il proprio assetto organizzativo e produttivo ai risultati raggiunti dal progresso scientifico e tecnologico[18]. Pertanto, alla tecnica variabile destinata inevitabilmente ad evolversi, si contrappone un eccezionale principio di civiltà giuridica, che ha ispirato in misura sempre crescente la legislazione nazionale. Date queste premesse, si rovescia la precedente impostazione, nel senso che la materia della prevenzione dei rischi non è più subordinata alle scelte tecniche e organizzative datoriali, ma ne diventa parte integrante.

"L'idea che bisogna utilizzare le tecniche più recenti e più moderne non può essere perseguita dal datore di lavoro, se non attraverso un aiuto concreto da parte dello Stato, che consenta di evitare quell'analisi economica necessaria alle aziende per rimuovere competitività nel mercato. Assumendo come fondamento queste indicazioni, i Paesi membri hanno dovuto riadattare, e continuano a farlo, le regole in materia. In alcuni casi ciò è stato più semplice (ad esempio, per l'Olanda, la Germania, la Gran Bretagna), in quanto gli ordinamenti giuridici interni risultano già dotati di un sistema soddisfacente, che ha consentito loro di integrare nel corso degli anni senza particolari difficoltà il proprio quadro normativo"[19]. Diventa, così, comprensibile che in questi Paesi si persegua un sistema di sicurezza solo "ragionevolmente praticabile". Altri, invece, (come Spagna, Grecia, Italia) hanno avvertito l'impatto innovativo in maniera più traumatica ed hanno dovuto rivisitare completamente il sistema previgente.

In Italia l'adeguamento è avvenuto con gradualità attraverso l'introduzione di tutele sempre più incisive. Il legislatore, quindi, ha cercato di accantonare parzialmente il vecchio

del reasonably practicable è assolto per insufficienza di prove). In particolare, si è sostenuto che nel Regno Unito il principio della *reasonable practicability* è stato sempre interpretato in modo restrittivo; le considerazioni di carattere economico valgono soltanto ad escludere l'obbligo di adottare una misura che sia tecnicamente inidonea o che mostri un irrazionale rapporto tra costi e benefici, in quanto non capace di ridurre il livello di rischio. Si veda (A.C. Neal, *La direttiva quadro europea in materia di salute e sicurezza dei lavoratori: una sfida per il Regno Unito?*, in M. Biagi (a cura di), *Tutela dell'ambiente di lavoro e direttive CEE*, 1991, Maggioli, p. 55).

[18] Si veda Cassazione civile, sez. lav., 15/10/2021, n. 28353, *Foro it*. 2021, 11, I , 3395 . "In ipotesi di mancata adozione, da parte del datore di lavoro, delle misure necessarie, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, ad assicurare le condizioni di sicurezza del lavoro, è legittimo e non può essere sanzionato il rifiuto del lavoratore di svolgere l'attività lavorativa, opponendosi l'eccezione d'inadempimento".

[19] (A.Marcianò,*Responsabilità civile e obblighi di sicurezza sul lavoro,op*.cit.2011).

orientamento punitivo per affermare una nuova cultura orientata verso la prevenzione nel sistema della sicurezza, basata sul principio della cooperazione tra le parti[20] e su una costante ed adeguata formazione del personale in azienda[21]. Le novità più significative non sono intervenute in relazione al contenuto stesso dell'obbligo di sicurezza, ma in relazione alle modalità di gestione dello stesso. È stata realizzata una procedimentalizzazione dell'obbligo, per fare in modo che i lavoratori e i datori di lavoro possano essere informati circa le procedure per una efficiente realizzazione delle misure prevenzionistiche, lasciando un sempre crescente spazio alla tematica concernente gli effetti della violazione del precetto, oggi in concreto prevalente.

In particolare, l'art. 11 del D.lgs.n.104/2022 ha stabilito che, laddove il datore sia obbligato in forza di legge, contratto collettivo od individuale ad erogare "formazione obbligatoria", questa vada garantita, gratuitamente, al personale e sia considerata orario di lavoro e, ove possibile, debba svolgersi durante lo stesso. Tale obbligo non riguarda la formazione necessaria al dipendente per mantenere o rinnovare una qualifica professionale, a meno che ciò non sia dettato da norme legali o contrattuali. Da ultimo, il Decreto legge 4 maggio 2023, n.48 "Misure urgenti per l'inclusione sociale e l'accesso al mondo del lavoro", ha apportato ulteriori modifiche al D.Lgs.n.81/2008, mostrando un'evidente e rinnovata attenzione alla formazione per la sicurezza.

2. Assicurazioni sociali obbligatorie e responsabilità civile

A tutela dei lavoratori nei confronti dei rischi inerenti all'ambiente di lavoro è finalizzato il sistema delle assicurazioni sociali obbligatorie contro gli infortuni e le malattie professionali, sviluppatosi in tutti i moderni ordinamenti del lavoro e attualmente gestito dall'INAIL.

La normativa si applica ai lavoratori addetti a particolari lavorazioni, indicate come potenzialmente pericolose, e tende ad assicurarli da eventi dannosi connessi allo svolgimento del lavoro, verificatosi anche indipendentemente dalla colpa del datore di lavoro[22].

[20] Quando parliamo di dovere di collaborazione o cooperazione facciamo riferimento, anche se in via generale, a quelli che sono gli obblighi accessori del contratto, quindi principio di correttezza ex art. 1175 del c.c. e principio di buona fede ex art. 1375 del c.c. Specialmente in questa materia il dovere di cooperazione è un aspetto essenziale e non un obbligo accessorio e rileva per questa ragione come un elemento essenziale del sinallagma contrattuale.
[21] (A. Marcianò, *Obblighi di sicurezza sul lavoro e fattispecie peculiari di responsabilità datoriale. Il ruolo della formazione nel sistema prevenzionale*, in *Diritti fondamentali*, n.2023).
[22] In generale si rinvia al testo unico D.P.R. n.1124/1965, normativa che è stata profondamente innovata dal D.lgs.n. 38/2000, che ha esteso l'obbligo assicurativo ai lavoratori parasubordinati, oltre che ai lavoratori

"Il modello assicurativo, tuttavia, pur garantendo al lavoratore un ristoro dei pregiudizi patrimoniali conseguenti ad infortuni sul lavoro o ad una malattia professionale, non ha mai sostituito del tutto quello della responsabilità civile.

Quest'ultimo è destinato a rivivere tanto a beneficio del lavoratore per i danni differenziali eventualmente rivendicabili, quanto a beneficio dell'Inail, a titolo di regresso nelle ipotesi di responsabilità penale dell'imprenditore o di un semplice dipendente di questi"[23].

In tale quadro, assume rilevante importanza la nozione di danno differenziale[24], in quanto identifica il danno risarcibile al lavoratore[25], ottenuto dalla differenza tra quanto versato dall'Inail a titolo di indennizzo per infortunio o per malattia professionale e quanto è possibile richiedere al datore di lavoro a titolo di risarcimento del danno in sede civilistica.

Le prestazioni erogate dall'assicuratore sociale sono dovute in ragione del verificarsi dell'infortunio[26], mentre il risarcimento del danno presuppone non solo il verificarsi dell'evento dannoso, ma anche la sua configurabilità come illecito, in quanto prodotto a seguito di un comportamento colposo del datore di lavoro o di un terzo. "Il danno differenziale[27] spetta anche a colui il quale, pur percependo una rendita Inail, dimostri di avere subito un danno ulteriore rispetto a quello riconosciuto dall'ente previdenziale"[28].Di tal

dell'area dirigenziale, agli sportivi, ai professionisti, ai lavoratori italiani operanti in Paesi extracomunitari. L'estensione della copertura assicurativa contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali è estesa anche ai *riders* che svolgano la propria attività con contratto di lavoro autonomo, v.art.47-*septies*, D.lgs.n.81/2015.

[23] (A.Marcianò, *Obblighi di sicurezza sul lavoro,* in *Diritti fondamentali*,2023, op.cit.15).

24 (R. Pessi, Il *danno differenziale tra diritto vivente e diritto vigente*, in *Labor*, 2019,355).

[25](V.Filì, *La nuova frontiera del danno risarcibile da condotta illecita del datore di lavoro*, in *Resp. Civ. Prev.*, 2019, 3, 796).

[26](V.Filì, *Il punto sulla giurisprudenza in materia di occasione di lavoro e infortunio in itinere*, in *Resp. Civ. Prev.*, 2019, 1, 70).

[27] In questi termini, con la sentenza numero 3694 del 7 febbraio 2023, la Corte di Cassazione ha chiarito e risolto univocamente come "la diversità strutturale e funzionale tra l'erogazione INAIL ex art.13 del D.Lgs.n.38 del 2000 ed il risarcimento secondo i criteri civilistici non consente di ritenere che le somme versate dall'istituto assicuratore possano considerarsi integralmente satisfattive del pregiudizio subito dal soggetto infortunato". Pertanto, occorre quantificare l'intero risarcimento secondo i principi civilistici generali e successivamente compararlo con l'indennizzo previsto dall'INAIL. Per le suddette ragioni, dunque, le somme garantite dall'INAIL, non debbono essere decurtate o scomputate dall'intero risarcimento, ma vanno considerate "per poste omogenee".

[28](S.Giubboni, *Il risarcimento del danno differenziale da infortunio sul lavoro dopo la legge di bilancio 2019*, in *Riv.sic.soc.*, 2019,.183);(G. Corsalini-A. De Matteis, *Il concorso tra risarcimento e indennizzo dinanzi alle giurisdizioni superiori e riflessi sull'azione di rivalsa dall'INAIL*, in *Riv.sic.soc*,2019,151); (E.Bellisario, *Il calcolo del danno differenziale: profili critici di un "bliz" legislative discutibile,* in *Nuova Giur.comm.*, 2019,283);(L.De Angelis, *Il danno differenziale tra diritto comune, diritti speciali e schizofrenia legislative*, in *WP C.SDLE, "Massimo D'Antona".IT*, n.392,2019);(R.Riverso, *Il risarcimento del danno per infortunio e malattia professionali tra riforme tentate e l'incerto incedere della giurisprudenza*, in *Riv.Dir.sic.soc*, 2020, 27).

che, rilievo assume l'istituto dell'azione di regresso[29], che consente all'Inail di ottenere dal datore di lavoro, responsabile dell'evento infortunistico, il rimborso delle prestazioni erogate all'infortunato: si tratta di un'azione diretta e autonoma, che l'istituto previdenziale esercita *iure proprio*.

La materia della responsabilità civile ha condotto l'interprete ad investigare una delle zone più impervie della disciplina giuridica relativa alla sicurezza delle condizioni di lavoro.

La complessità dell'indagine deriva dal fatto che, in quest'ambito, si misurano appieno i condizionamenti di una materia che interessa anche i settori penale e previdenziale dell'ordinamento giuridico[30].

L'incidenza in sede civile di disposizioni di stampo penale, contenute nella normativa antinfortunistica, è dovuta alla peculiare fattispecie disciplinata dall'art. 2087 c.c[31].

Tale norma, nella sua ampia formulazione, ha consentito che le disposizioni di diritto pubblico sulla sicurezza dei luoghi di lavoro assumessero rilevanza anche nel rapporto obbligatorio, dando origine a dei veri e propri obblighi di natura contrattuale a carico del datore di lavoro[32].

Considerato che l'accertamento dell'eventuale inadempimento della parte datoriale richiede che sia preventivamente ben definito il contenuto dell'obbligo di protezione posto dall'art. 2087 c.c., la giurisprudenza ha chiarito che quest'ultimo vada parametrato alle regole di comportamento (cosiddette "positivizzate") imposte per la tutela della salute dei lavoratori da norme di legge e, per altro verso, anche a quelle (cosiddette "innominate") suggerite dalle conoscenze sperimentali o tecniche del momento in cui si è verificato l'evento dannoso[33].

L'eventuale integrazione degli obblighi di protezione posti in capo al datore di lavoro, mediante l'utilizzo diligente dell'esperienza e della tecnica, non può che essere, dunque,

[29](M.A. Grazia, *Danno differenziale e azione di regresso dell'I.N.A.I.L.: le regole comuni per l'accertamento delle responsabilità*. Nota a sentenza Corte suprema di Cassazione civile sezione lavoro 19 giugno 2020, n. 12041. Società per Azioni Michelin Italiana (S.A.M.I.) vs E.C., R.M.F. ed INAIL) in *Il Lavoro nella giurisprudenza*, 2021, fasc. 5, 509 ss.).

[30](L.Zoppoli, *Il danno biologico tra principi costituzionali, rigidità civilistiche e tutela previdenziale*, in *Dir. rel. ind.*, 2001, 389).

[31](F.Nardelli, *La tutela antinfortunistica opera anche per i rischi derivanti da imprudenza, negligenza o imperizia del lavoratore, essendo irrilevante il concorso di colpa*, in *Diritto e pratica del lavoro*,n.24/2022,p.1523).

[32](A.Avio, *Tutela pubblicistica e risarcimento del danno negli infortuni sul lavoro*, in M. Pedrazzoli (a cura di), *Danno biologico e oltre. La risarcibilità dei pregiudizi alla persona del lavoratore*, Torino, 1995, 43 ss.).

[33] In questi termini (M. Marazza, *L'art. 2087 c.c. nella pandemia Covid-19 (e oltre*), in *Riv.it.dir.lav.*, n.2 del 2020, 267).

subordinata alla riscontrata esistenza di un "sapere scientifico" seriamente accreditato tra gli studiosi, adeguatamente vagliato e corroborato, e che, in ragione della sua oggettiva consistenza, sia idoneo a giustificare la prevedibile necessità di una specifica misura di sicurezza. Fermo restando che le regole c.d. "innominate", eventualmente individuate, devono poi, essere applicate «in relazione alle caratteristiche dell'attività, alle mansioni del lavoratore, alle condizioni dell'ambiente esterno e di quello di lavoro e apparire idonee ad evitare eventi prevedibili»[34].

3. Il danno biologico del lavoratore

In caso di infortunio sul lavoro o di malattia professionale, il danno risarcibile ha coinciso per lungo tempo con il solo danno patrimoniale, legato alla perdita della capacità lavorativa (oltre all'eventuale danno morale ex art.2059 c.c.).

Più tardi la giurisprudenza è giunta a riconoscere l'esistenza (e la risarcibilità) del c.d. danno biologico, inteso come «menomazione dell'integrità psicofisica della persona in sé e per sé considerata».

Si è altresì sostenuto che questa ipotesi di danno nell'ambito del rapporto di lavoro[35] e la conseguente richiesta di risarcimento consegua non solo in caso di lesione del diritto alla salute per infortunio[36] o a malattia professionale del lavoratore, ma anche a comportamenti illegittimi del datore di lavoro o al distorto esercizio dei suoi poteri[37].

"L'azione risarcitoria, finalizzata alla riparazione del danno biologico, si basa per lo più sull'accertamento di un illecito civile dell'imprenditore, sotto forma di inadempimento dell'obbligazione di sicurezza di cui all'art. 2087 c.c., che impone al datore di lavoro di adottare tutte le misure fornite dalla scienza e dalla tecnica, per evitare la lesione dell'integrità

[34] Si v. Cass. n. 8911 del 2019 con riferimento all' ipotesi di presunta violazione di misure cd. innominate.
[35] Cassazione civile, sez. III, 04/11/2020, n. 24474, in *Diritto & Giustizia* 2020, 5 novembre (nota di: Paola Paleari). "*In tema di danno biologico, l'erogazione effettuata dall'INAIL ai sensi delle disposizioni in materia di assicurazione contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali è strutturata in termini di mero indennizzo che, a differenza del risarcimento civile, è svincolato dalla sussistenza di un illecito contrattuale od aquiliano e, di conseguenza, può essere disposto anche a prescindere dall'elemento soggettivo di chi ha realizzato la condotta dannosa e da una sua responsabilità. Per contro nella responsabilità civile, essendo il danno risarcibile sempre conseguenza di un fatto illecito, vi è la necessità preliminare di accertare la ricorrenza del fatto illecito rispetto all'individuazione delle conseguenze pregiudizievoli da esso eventualmente scaturenti*".
[36] (S.Giubboni, *Infortunio sul lavoro e risarcimento del danno*,Milano,2012).
[37] (M.Pedrazzoli, *I danni alla persona del lavoratore nella giurisprudenza*, Padova, 2004).

fisica e psichica e della personalità morale del dipendente"[38]. La fattispecie non configura comunque un'ipotesi di responsabilità oggettiva, in quanto la responsabilità datoriale va collegata alla violazione degli obblighi di comportamento, imposti da norme di legge o suggeriti dalle conoscenze sperimentali e tecniche del momento. [39]. Incombe, pertanto, sul lavoratore la prova dell'esistenza del danno, della nocività dell'ambiente di lavoro e del nesso di causalità tra l'uno e l'altra[40].

"Le varie opzioni, adottate dalla dottrina civilistica per espungere il danno biologico dai limiti del risarcimento del danno non patrimoniale *ex* art. 2059 c.c.[41] e quindi inserirlo nell'alveo della tutela fornita dalla clausola generale del *neminem laedere* di cui al 2043 c.c., sono sempre risultate per la gran parte dei giuslavoristi come ridondanti[42]. Non è apparso mai necessario procedere ad una rivisitazione costituzionale (alla luce dell'art. 32 Cost.) dell'art. 2043 c.c., in quanto è stato sempre sufficiente applicare correttamente l'art. 2087 c.c., come norma anticipatrice dei valori costituzionali. Tale impostazione ha portato la dottrina giuslavorista a contrastare le teorie volte a trovare un diverso fondamento al diritto al risarcimento del danno biologico del lavoratore"[43] . Posto che il danno sofferto in occasione

[38] (A.Marcianò, *Responsabilità civile e obblighi di sicurezza sul lavoro*, in *Lavoro e previdenza oggi*, n.1 /2011).

[39] (F.D.Busnelli, *Diritto alla salute e tutela risarcitoria*, in F.D.Busnelli-U.Breccia, *Tutela della salute e diritto privato*, Milano, 1978, 519 ss.);(C.Amato, *Il danno non patrimoniale da contratto*, in G. Ponzanelli (a cura di), *Il "nuovo" danno non patrimoniale*, Padova, 2004, 141 ss.).

[40] Tra le molte si v.Cass,3 marzo 2022, n.7058.

[41] La Sesta Sezione lavoro della Corte di Cassazione, con l'ordinanza del 6 aprile 2022 n. 11227, in *https://www.rivistalabor.it/*, ha confermato la sentenza della Corte d'Appello di Roma con cui il datore di lavoro era stato condannato al risarcimento del danno, biologico e morale, per le lesioni indirettamente causate al lavoratore, nello svolgimento delle sue mansioni. La Corte di merito, infatti, aveva riconosciuto la responsabilità del datore per non aver vigilato sul rispetto delle misure necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei dipendenti, in ossequio all'art. 2087 c.c. Il datore di lavoro, in particolare, non aveva vigilato che lo spostamento di pezzi pesanti di ceramica (oltre i 25 kg) venisse effettuato in coppia da due operai anziché da uno solo. Nel giungere a tali conclusioni, la Suprema Corte ha condiviso il più recente orientamento giurisprudenziale in tema di risarcimento del danno non patrimoniale, espresso nelle «sentenze di San Martino» del 2019 e non, come affermato dall'ordinanza in commento, quello propugnato dalle «prime San Martino» del 2008 (il riferimento è alle sentenze dell'11 novembre 2008, nn. 26972-5, in *RCP*, 2009, 261 con nota di C. Scognamiglio).

[42] (R.Scognamiglio, *Responsabilità civile e danno*, Torino, 2010, 11);(G.Alpa, *Responsabilità civile e danno,* Bologna, 1992).

[43] (A.Marcianò, *Ambiente di lavoro e salute : dai meta principi di origine comunitaria alla tutela risarcitoria per inadempimento contrattuale* in *Ratio Iuris*, giugno 2023). Sulla base dell'influenza della dottrina tedesca è stata prospettata l'esistenza di vincoli che, in virtù del principio della buona fede, accedono al rapporto obbligatorio in vista dell'interesse di ciascuna parte a preservare la propria persona e le proprie cose dalla specifica possibilità di danno, derivante dalla particolare relazione costituitasi tra i due soggetti. È stato sostenuto si tratti dei cc. dd. "obblighi di sicurezza" ovvero "di protezione", cui viene ricondotta anche la clausola generale di cui all'art. 2087 c.c. In tal senso, (F. Benatti, *Osservazioni in tema di "doveri di protezione"*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 1960, 1343 ss.); (C.Castronovo, *Obblighi di protezione e tutela del terzo,* in *Jus*, 1976, 123 ss.); (G. Cattaneo, *La*

dello svolgimento dell'attività lavorativa determina una responsabilità contrattuale del datore di lavoro *ex* art. 2087 c.c., muta altresì l'angolo prospettico, cioè dal *neminem laedere* di cui all'art. 2043 c.c., alla responsabilità contrattuale *ex* art. 1218 c.c., in stretta connessione con gli artt. 1223 e 1226 c.c., che riguardano rispettivamente il risarcimento del danno e la sua liquidazione equitativa.

In questo senso numerose pronunce ribadiscono che il mancato adempimento dell'obbligo di adottare le misure necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro, è fonte di una responsabilità che trae origine dal solo contratto di lavoro.

Sul versante giurisprudenziale, come in quello dottrinale, si è così consolidato l'indirizzo che, in materia di risarcibilità di danno biologico, qualifica la relativa responsabilità datoriale come contrattuale. Ciò vale per i casi di infortuni e malattie professionali, contratte durante l'esecuzione della prestazione lavorativa, e quando il datore di lavoro non provvede, ad esempio, ad adeguare l'organico carente dell'azienda, permettendo che si verifichi un danno alla salute c.d. da super lavoro[44] . La configurazione della responsabilità ex art. 2087 c.c. come responsabilità contrattuale, secondo i criteri previsti ex art. 1218 c.c., comporta che incomba sul datore di lavoro l'onere di provare di avere ottemperato agli obblighi protezionistici e sul lavoratore, invece, di dare prova sia dell'esistenza della lesione all'integrità psicofisica, sia del

responsabilità del professionista, Milano, 1958, 91 ss.); (S. Ciccarello, *Dovere di protezione e valore della persona*, Milano, 1988); (R.Del Punta, *Diritto della persona e contratto di lavoro,* in *Dir. rel. ind.*, 2006, 38 ss.); (A.Di Majo, *Obbligazioni in generale*, in *Commentario al codice civile Scialoja-Branca, sub artt. 1173-1176*, Bologna- Roma, 1988, 123 ss.);(G. Ghezzi, *La mora del creditore nel rapporto di lavoro*, Milano, 1965, 31, nota 79);(G. Giugni, *Mansioni e qualifica del rapporto di lavoro*, Napoli, 1963, 153 ss.);(E. Gragnoli, *L'obbligazione di sicurezza e la responsabilità del datore di lavoro,* in *Tratt. dir. priv.*, diretto da Bessone, XXIV, 2, Torino, 2007, 454 ss); (M. Grandi, voce *Rapporto di lavo*ro, in *Enc. dir.*, XXXVIII, Milano, 3489);(S. Mazzamuto (a cura di), *Processo e tecniche di attuazione dei diritti,* Napoli, 1989);(M. Napoli, *La stabilità reale del rapporto di lavoro*, Milano, 1980, 204); (M. Persiani, *Contratto di lavoro e organizzazione*, Padova, 1966, 225);(S.Rodotà, *Le fonti di integrazione del contratto*, Milano, 1967); (R. Scognamiglio, *Responsabilità contrattuale ed extra-contrattuale*, in *Noviss. Dig. it.*, Torino, 1968, 676 ss.); (V. Speziale, *Mora del creditore e contratto di lavoro*, Bari, 1992, 129 ss.); (G. Visintini, *Inadempimento e mora del creditore*, in *Il codice civile*. Commentario, diretto da *Schlesinger*, Milano, 1987, 264 ss.); *Contra* (C.M. Bianca, *Dell'inadempimento delle obbligazioni. Sub artt. 1218-1229*, in Commentario al codice civile Scialoja-Branca, IV, Bologna-Roma, 1979, 36 ss.); (L. Bigliazzi Geri, *Buona fede nel diritto civile*, in *Digesto civ.*, II, Torino, 1988, 170 ss.); (U. Breccia, *Diligenza e buona fede nell'attuazione del rapporto obbligatorio*, Milano, 1968, 73 e 130 ss.); (U. Majello, *Custodia e deposito*, Napoli, 1958, 107 ss.); (U. Natoli, *L'attuazione del rapporto obbligatorio*, in *Tratt. dir. civ. e comm.*, diretto da Cicu e Messineo, I, Milano, 1974, 16 ss.); (C. Smuraglia, *La persona del prestatore nel rapporto di lavoro*, Milano, 1967, 99 ss.).

[44] (F. Pellerito, *Superlavoro e danno alla salute: quali sbocchi per la tutela del lavoratore?* in *Danno e resp.*, 2002, 1000 ss.); (G.De Fazio, *Appunti sul risarcimento del danno da superlavoro*, nota a Cass. 4 marzo 2000, n. 2455 e Cass. 5 febbraio 2000, n. 1307, in *Riv. crit. priv.*, 2001, 1, 112-133).

nesso di causalità tra l'evento dannoso e l'esecuzione della prestazione lavorativa [45]. Quindi, la parte che subisce l'inadempimento non deve dimostrare la colpa dell'altra parte, poiché ai sensi dell'art. 1218 c.c. è il debitore del rapporto di lavoro che deve provare come l'impossibilità della prestazione o la non esatta esecuzione, e di conseguenza il pregiudizio subito dalla controparte, derivino da causa a lui non imputabile[46].

Altra giurisprudenza minoritaria ha sostenuto che, accanto alla responsabilità contrattuale *ex* art. 2087 c.c., possa configurarsi anche una responsabilità di tipo extracontrattuale *ex* art. 2043 c.c.[47]. Tale orientamento è dettato dall'intrecciarsi confuso tra la storica giustificazione del danno biologico che nasce dall'area della responsabilità aquiliana e dalla necessità di ricostruire la categoria del danno biologico in un diverso ambiente, che è quello contrattuale.

Si è sostenuto che il concorso tra responsabilità aquiliana e contrattuale si ritrovi, ad esempio, nei casi di condotte plurioffensive del datore di lavoro, laddove dalla medesima violazione sia derivata anche la lesione di diritti che spettano alla persona del lavoratore, indipendentemente dal rapporto di lavoro, nei confronti di chiunque svolga un'attività lavorativa suscettibile di valutazione economica.

Con riferimento alle differenze tra i due regimi di responsabilità, un aspetto interessante

[45] Da ultimo Trib., Venezia, sez. lav., 23/03/2022, n.210:" La responsabilità che l'art.2087 c.c. pone a carico del datore di lavoro ha natura contrattuale e pertanto, ai sensi dell'art.2118 c.c., spetta al datore di lavoro (debitore) provare di aver fatto tutto il possibile per evitare il danno, a tal punto che il fatto ignoto grava comunque su di lui.

[46] Sotto tale profilo una giurisprudenza diffusa prevede la responsabilità del datore al cospetto di comportamenti del lavoratore anche "gravemente imprudenti", rinvenendo il limite della stessa nella sola "abnormità" ovvero anche in opinabilità ed imprevedibilità di questi. Si veda *Sentenza Cassazione penale sezione IV,n.35058, settembre 2021* sul concetto di esorbitanza e di abnormità nel comportamento di un lavoratore infortunato.Il comportamento di un lavoratore chiamato ad utilizzare un macchinario senza essere stato preventivamente formato non può essere considerato esorbitante ai fini della individuazione delle responsabilità per un eventuale infortunio accadutogli. *Cassazione civile, sez. VI, 12/02/2021, n. 3763, in Giustizia Civile Massimario 2021.* In dottrina (D.Tardivo, *Il concorso di colpa del lavoratore nell'infortunio : tra esigenze di tutela e dovere di cooperazione*, in *Adl* 2020,p.1212); (S.Battistelli, *Responsabilità e colpa nella determinazione dell'infortunio : la misura della diligenza esigile dal datore di lavoro,* in *ADL*, 2020,p.931); (G.Ludovico, *Verso il completo superamento dell'esonero datoriale dalla responsabilità civile*, in *Giur.it*, 2021,p.378).

[47] La sussistenza di una responsabilità contrattuale in capo al datore di lavoro non preclude la possibilità che il datore di lavoro venga chiamato a rispondere ex art. 2043 c.c. per una condotta a lui direttamente imputabile e in contrasto con il principio del *neminem laedere*. Significativa al riguardo una pronuncia delle Sezioni Unite in cui si precisa che, al fine di tale accertamento dell'azione proposta dal ricorrente, si deve ritenere proposta l'azione ex art. 2043 c.c., tutte le volte che non emerga una precisa scelta del danneggiato in favore dell'azione contrattuale, e quindi tutte le volte che il danneggiato invochi la responsabilità aquiliana, ovvero chieda genericamente il risarcimento del danno senza dedurre una specifica obbligazione contrattuale.

attiene al tema della risarcibilità del danno non prevedibile. Il mancato richiamo dell'art. 1225 c.c., secondo cui l'inadempimento non colposo obbliga al solo risarcimento del danno prevedibile al momento in cui è sorta l'obbligazione, in materia di responsabilità aquiliana, ha portato infatti a supporre che in talune ipotesi di lesione dell'integrità psicofisica, per infortuni o malattie professionali non prevedibili, il sistema aquiliano appaia più idoneo a tutelare la parte che subisce il danno[48].

È allora evidente il notevole allargamento delle maglie della tutela risarcitoria e degli obblighi di protezione incombenti sul datore di lavoro, posto che diverse sono le ipotesi lesive suscettibili di risarcimento riconducibili all'art. 2087 c.c.[49].

Al di là del danno biologico, incidente sulla salute del prestatore, si pongono poi tutta una serie di ulteriori pregiudizi alla persona. Si tratta di lesione della dignità personale, più che della salute del dipendente, connesse ad eventi diversi, quali demansionamento, soppressione del riposo settimanale, molestie sessuali, vessazioni e persecuzioni psicologiche sul luogo di lavoro, meglio conosciute come *mobbing*. In quest'ambito i giudici di legittimità hanno riconosciuto la responsabilità datoriale "nell'ipotesi di suicidio del lavoratore causato da malattia psichica contratta sul lavoro[50] e in quella di aggravamento della malattia in seguito ad abuso di controlli domiciliari sulla base proprio dell'obbligo dell'imprenditore ex art. 2087 c.c., che impone l'adozione di misure atte a preservare i lavoratori dalla lesione dell'integrità psicofisica nell'ambiente o in costanza di lavoro, in relazione all'attività di varia natura pur se allo stesso non collegate direttamente". Diverse, quindi, possono essere le ipotesi lesive suscettibili di risarcimento scaturenti dalla "rivitalizzazione" dell'art. 2087 c.c. nel nostro ordinamento, al fine della tutela di beni ulteriori rispetto all'integrità fisiopsichica della persona lavoratore, quali dignità, libertà, personalità e professionalità del prestatore di lavoro, strettamente legate alla salvaguardia dell'ambiente lavorativo complessivamente considerato[51].

[48]A. Lassandari, *L'alternativa fra fondamento contrattuale o aquiliano della responsabilità e le sue ripercussioni*, in M. Pedrazzoli (a cura di), *Danno biologico e oltre - La risarcibilità dei pregiudizi alla persona del lavoratore*, Torino, 1995, 113 ss.

[49] P. Lambertucci, *Il diritto al lavoro tra principi costituzionali e discipline di tutela* in *Riv. it. dir. lav.*, 2010, I, 91.

[50] Cass., sez. lav., 23 febbraio 2000, n. 2037, in *Mass. Giust. civ.*, 2000, 442.

[51] P. Perlingieri, *Dignità della persona e lavoro*, *in Dir. mercato lav.*, 2005, 517 ss.

3. Segue. Il risarcimento del danno

Con riferimento al risarcimento del danno alla salute, è insegnamento costante della giurisprudenza e della dottrina che la liquidazione dello stesso non possa essere effettuata che facendo ricorso al criterio equitativo, poiché esso è il solo a permettere di personalizzare il risarcimento[52]. Particolarmente complesso si presenta l'accertamento del danno risarcibile quando vengono presi in considerazione le offese arrecate direttamente alla persona fisica.

"A tal proposito occorre distinguere fra danni patrimoniali, che riguardano le conseguenze dannose sul piano economico derivanti al dipendente dal comportamento del datore di lavoro, e danni non patrimoniali, detti anche morali (per esempio, le sofferenze, il dolore fisico e psichico che si può provare in conseguenza di una ferita, di una malattia, di una molestia sessuale)[53].

Il risarcimento del danno non patrimoniale dà luogo a notevoli difficoltà applicative perché non consente, per definizione, alcuna misurazione obbiettiva e precisa e nemmeno un autentico risarcimento"[54]. Nella giurisprudenza è chiara la tendenza ad abbandonare la concezione eventistica del danno e ad accogliere una più attenta utilizzazione dei principi in materia di onere della prova[55], quale logica conseguenza di una fondamentale esigenza di personalizzazione del danno, che diviene irrinunciabile in relazione all'offesa alla persona del lavoratore[56] . La Consulta affidava alla responsabilità civile la funzione di procedere ad una risarcibilità senza limitazioni dei pregiudizi, che ostacolano le attività realizzatrici della persona, ed avallava la lettura costituzionalmente orientata dell'art. 2043 c.c., introducendo ad un tempo la distinzione tra danno evento e danno conseguenza[57], al fine di trovarvi la

[52] M. Franco, *Diritto alla salute e responsabilità civile del datore di lavoro*, Milano, 1995, 396 ss.
[53] A. Pizzoferrato, *Molestie sessuali sul lavoro. Fattispecie giuridiche e tecniche di tutela*, Padova, 2000; A. Tursi, *Il danno non patrimoniale alla persona nel rapporto di lavoro: profili sistematici*, in *Riv. it. dir. lav.*, 2003, I, 283 ss.
[54]A. Marciano', *Ambiente di lavoro e salute*, in *Ratio Iuris*, 2023, op.cit. Si veda anche G. De Fazio, *Appunti sul risarcimento del danno da superlavoro*, in *Resp. civ e prev.*, 2001, 1, 112.
[55] Cass. 1° dicembre 2004, n. 22586, in *Dir. e giust.*, 2005, n. 6, 18, con commento di Rossetti.
[56] P. Albi, *Adempimento dell'obbligo di sicurezza e tutela della persona,* in *Commentario al codice civile*, Milano, 2008, 309. L'autore sostiene che, la storica svolta impressa dalla sentenza della Corte Cost. n. 184/1986 si pone, per gli esistenzialisti, alla base della nascita dogmatica del danno esistenziale.
[57] La dicotomia è criticata anche in dottrina, v. V. Scalisi, *Danno e ingiustizia nella teoria della responsabilità*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 2004, 811. L'autore ritiene che in presenza di un fatto illecito plurioffensivo, se danno esiste ed esso è connotato da ingiustizia, lo stesso va ammesso alla tutela aquiliana autonomamente ed indipendentemente dal rapporto con altri danni che in ipotesi potrebbero fare difetto. In questo senso anche il danno morale puro soggettivo è risarcibile in via autonoma pur in mancanza di lesione all'integrità psicofisica

giustificazione per la risarcibilità del danno identificato con la lesione di diritti fondamentali della persona[58] .

Sul piano del *quantum debeatur*, la giurisprudenza dimostra una certa indecisione nella scelta dei criteri di liquidazione poiché, di fronte ad un medesimo fatto, vi può essere una reazione ed una sensibilità diversa, con le ovvie conseguenze in merito al risarcimento[59].

"Tale orientamento non riguarda tanto il danno biologico, ormai ricondotto ad un criterio di tabellazione[60], quanto il danno esistenziale[61]. Le decisioni gemelle del 2008 hanno valorizzato l'adeguamento soggettivo del risarcimento del danno biologico, ritenendolo risarcibile anche in base a semplice presunzione o prova testimoniale, senza fare necessariamente ricorso alla CTU [62]. La personalizzazione non è mai preclusa dalla liquidazione sulla base del valore tabellare differenziato di punto. Vi è un implicito invito a non "delegare" la quantificazione ai consulenti tecnici, ma di far propri, ove necessari, gli strumenti tecnici e di adattarli al caso di specie"[63].

Con riferimento al danno morale, invece, l'orientamento prevalente tende a ricondurre la quantificazione di tale voce nell'ambito di una percentuale del danno biologico. Tale criterio,

(danno biologico) o di danno patrimoniale. Si veda D. Vittoria, *Le voci di danno non patrimoniale e il problema delle duplicazioni risarcitorie*, in *Dir. giur.*, 2004, 255 ss.

[58] Cassazione civile, sez. lav., 17/06/2022, n. 19623, in *Diritto & Giustizia*, 2022, 21 giugno (nota di: Martina Tonetti). "*Il danno morale costituisce un patema d'animo, ossia, una sofferenza interna che non è accertabile con metodi scientifici e che, come tutti i moti d'animo, può essere provato in modo diretto solo quando assume connotati eclatanti; diversamente, dovrà essere accertato per presunzioni. Pertanto, il lavoratore sottoposto quotidianamente al pericolo della propria incolumità subisce un'offesa della personalità morale autonoma rispetto al danno biologico che è quindi indennizzabile come posta di danno a sé, indipendentemente dalla sussistenza del danno biologico*".

[59] Da ultimo, Corte di Cassazione civile, con sentenza 17 febbraio 2023, n.5119, ha sostenuto che "La liquidazione del danno non patrimoniale da lesione della salute, effettuata secondo le Tabelle di Milano 2018, nel caso in cui sia accertata la sussistenza tanto del danno dinamico relazionale (c.d. biologico) quanto del danno morale, deve effettuarsi applicando integralmente i valori tabellari, in quanto gli stessi contemplano entrambi i profili di danno, e senza riconoscere ulteriori importi, altrimenti incorrendosi in una duplicazione risarcitoria".

[60] Da tempo la giurisprudenza ha elaborato delle tabelle di riferimento attraverso le quali è possibile quantificare esattamente il danno subito, in virtù dei punti percentuali di lesione e dell'età della vittima. Tale criterio ha subito un'ulteriore decurtazione da parte della elaborazione legislativa dei c.d. danni microbiologici (per i casi di sinistri stradali), ricondotti *ex lege* ad un *quantum* predeterminato, si presenta in qualche modo variabile a seconda dei vari uffici giudiziari chiamati a pronunciarsi, i quali, in qualche caso, hanno adottato autonome tabelle o, invece, in altri casi, si sono adeguate a quelle degli altri tribunali.

[61] A. Stefanachi, *La quantificazione del danno esistenziale nella prassi giurisprudenziale: dal criterio equitativo puro all'equazione Liberati*, in *Giur. it.*, 2005, 50 ss.

[62] Cass., sez. un., 11 novembre 2008, n. 26972, in *www.personaedanno.it*.

[63] A. Marcianò, in *Rat.iur.*op.cit.2023.

però, finisce per comportare una sostanziale dipendenza del danno morale dal danno biologico, forse non del tutto auspicabile, in considerazione della diversa natura del danno[64].

Per la liquidazione del danno esistenziale si è utilizzato un criterio equitativo puro, che, pur presentando il vantaggio di lasciare ampia discrezionalità al giudice di adeguare il *quantum* del risarcimento alle concrete esigenze emerse nella fattispecie da decidere, di contro si presta a forti divergenze nella determinazione.

I sistemi astrattamente utilizzabili per il risarcimento del danno esistenziale possono comunque essere diversi. La dottrina ha ipotizzato quattro differenti modalità di risarcimento: il ricorso a tabelle settoriali, il ricorso ad un sistema di tabellazione universale, l'equità o il riferimento alle altre voci di danno non patrimoniale. Seguendo l' interpretazione del *decisum* del 2008 , il danno non patrimoniale andrebbe risarcito in un'unica posta soggettivizzata.

In sostanza, si ammetterebbe solo ai fini descrittivi l'esistenza di singole voci di danno, da computarsi singolarmente, ma da presentare poi come unica voce liquidatoria di danno non patrimoniale complessivamente considerato[65]. Più di recente la Cassazione ha confermato "il carattere unitario del danno non patrimoniale", fermo restando "l'obbligo del giudice di tenere conto di tutte le peculiari modalità di atteggiarsi" di tale danno nel singolo caso, "tramite l'incremento della somma dovuta a titolo risarcitorio in sede di personalizzazione della liquidazione"[66].

La pronuncia delle Sezioni Unite del 2008, animata dall'intento meritorio di fare chiarezza nel panorama dei danni non patrimoniali risarcibili, non ha convinto pienamente la giurisprudenza successiva che, sebbene si sia mostrata concorde sull'esigenza di evitare duplicazioni risarcitorie, attribuendo *nomina* diversi a pregiudizi identici, non ha reputato necessario, per raggiungere tale risultato, effettuare una *reductio ad unum* del suddetto danno. Non a caso negli ultimi anni si sono susseguite diverse pronunce, come la c.d. ordinanza

[64] F. Mosca, *Immissioni del tutto intollerabili: la prova del danno esistenziale*, in *Riv. crit. priv.*, 2008, 2, 395.
[65] A. Liberati, *Rapporto di lavoro e danno non patrimoniale*, Milano, 2009. Tale impostazione appare meno rispettosa del dato letterale, ma più coerente con il sistema nel suo complesso, posto che altrimenti si avrebbero due sistemi risarcitori completamente diversi, uno ordinario ed uno lavoristico.
[66] In questi termini si veda Cass., 23 settembre 2013, n.21716; conf. Cass., 15 gennaio 2014, n.687; v. anche Cass., 15 gennaio 2016, n.583, che ammette la risarcibilità di plurime voci di danno non patrimoniale, purché allegate e provate nella loro specialità, quindi non automaticamente liquidate in via cumulativa con riguardo allo stesso evento;conf.Cass.,28 aprile 2015,n.5851.

«decalogo» che, riconoscendo dignità autonoma al danno morale, hanno tentato di superare l'approdo delle Sezioni Unite attraverso una tecnica di «nomofilachia dal basso».

La Suprema Corte, nel 2018, nella "seconda stagione" di San Martino, ha affermato espressamente che" il danno morale è una posta risarcitoria diversa da quello biologico: il primo ha ad oggetto pregiudizi che comportano una sofferenza interiore, come ad esempio, il dolore dell'animo, la vergogna, la disistima di sè, la paura, la disperazione, mentre il secondo ha ad oggetto pregiudizi psico-fisici, suscettibili di determinazione medico-legale"[67].

In altri termini, "l'ontologica differenza esistente tra danno morale, inteso come sofferenza interiore, e danno biologico, consistente in un pregiudizio psico-fisico idoneo a produrre un'incidenza negativa sulle attività quotidiane e sugli aspetti dinamico-relazionali della vita, non consente una loro piena sovrapposizione, atteso che il secondo richiama la «proiezione esterna» della persona, mentre il primo tutto ciò che attiene «all'intimo sentire»"[68].

5. Bibliografia

Albi P., *Adempimento dell'obbligo di sicurezza e tutela della persona*, in *Commentario al codice civile*, Milano, 2008, 309.

Alpa G., *Responsabilità civile e danno,* Bologna, 1992.

Angelini L., *La sicurezza del lavoro nell'ordinamento europeo*, Working Papers-Olympus,Università degli Studi di Urbino Carlo Bo,2013,n.29.

Amato C., *Il danno non patrimoniale da contratto*, in G. Ponzanelli (a cura di), *Il "nuovo" danno non patrimoniale*, Padova, 2004, 141 ss.

Arrigo G., *La tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori nell'ordinamento comunitario,* in M. Rusciano-G.Natullo (a cura di), *Diritto del lavoro. Commentario, VIII, Ambiente e sicurezza del lavoro*, diretto da F. Carinci, Torino, 2007, 5 ss.

[67] Cass., 17 gennaio 2018, n. 901, in *RCP*, 2018, 863 con nota di Ziviz e le cc. dd. «*nuove sentenze di San Martino*» (tra queste v. Cass., 11 ottobre 2019, n. 28989, in RCP, 2020, 1903 con nota di Molinaro).

[68] In dottrina si vedano (A. De Cupis, *Il danno*, I, Giuffrè, 1979, 61) e più di recente (M. Bona, *Importanti precisazioni per lo statuto del danno non patrimoniale: sfera morale, personalizzazioni, rischi di recidive e congiunti del sopravvissuto – I parte*, in *RCP*, 2019, p.1724).

Avio A., *Tutela pubblicistica e risarcimento del danno negli infortuni sul lavoro*, in M. Pedrazzoli (a cura di), *Danno biologico e oltre. La risarcibilità dei pregiudizi alla persona del lavoratore*, Torino, 1995, 43 ss.

Balandi G.G., *Il contenuto dell'obbligo di sicurezza*, in Aa.Vv., *L'obbligazione di sicurezza*, in *Quad. dir. lav. rel. ind.*, 1994, 79 ss.

Balandi G.G., *Individuale e collettivo nella tutela della salute nei luoghi di lavoro: l'art. 9 dello Statuto*, in *Lav. dir.*, 1990, 219 ss.

Balzarini G., *La tutela del contraente più debole nel diritto del lavoro*, Padova, 1965, p.96 ss.

Battistelli S., *Responsabilità e colpa nella determinazione dell'infortunio: la misura della diligenza esigile dal datore di lavoro,* in *ADL*, 2020,p.931.

Bellisario E., *Il calcolo del danno differenziale: profili critici di un "bliz" legislative discutibile,* in *Nuova Giur.comm.*, 2019,283.

Benatti F., *Osservazioni in tema di "doveri di protezione"*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 1960, 1343 ss.

Bianca C.M., *Dell'inadempimento delle obbligazioni. Sub artt. 1218-1229*, in Commentario al codice civile Scialoja-Branca., IV, Bologna-Roma, 1979, 36 ss.

Bianchi D'urso F., *Profili giuridici della sicurezza nei luoghi di lavoro,* Napoli, 1980.

Bigliazzi Geri L., *Buona fede nel diritto civile*, in *Digesto civ.*, II, Torino, 1988, 170 ss.

Bona M, *Importanti precisazioni per lo statuto del danno non patrimoniale: sfera morale, personalizzazioni, rischi di recidive e congiunti del sopravvissuto – I parte*, in *RCP*, 2019, p.1724.

Bonardi O., *La Corte di Giustizia e l'obbligo di sicurezza del datore di lavoro: il criterio del reasonably practicable è assolto per insufficienza di prove.* Nota a C. Giust. 14 giugno 2007, n. 127, sez. III, in *Rivista Italiana di Diritto del Lavoro*, 2008, n. 1, II, p. 13 ss.

Breccia U., *Diligenza e buona fede nell'attuazione del rapporto obbligatorio*, Milano, 1968, 73 e 130 ss.

Brun S., *Stress da eccesso da lavoro e incidente stradale: un nuovo passo nell'incerto cammino verso l'estensione della portata applicativa dell'art. 2087 c.c.*, in *Riv. it. dir. lav.*, 2005, II, 109 ss.

Busnelli F.D., *Diritto alla salute e tutela risarcitoria*, in F.D.Busnelli-U.Breccia, *Tutela della salute e diritto privato,* Milano, 1978, 519 ss.

Canavesi G.-Ales E. (a cura di), *La tutela antinfortunistica oggi*, Seminari Previdenziali Maceratesi, Esi,2019.

Caruso B., *L'Europa, il diritto alla salute e l'ambiente di lavoro*, in AA.VV., *Ambiente, salute e sicurezza*, in L. Montuschi (a cura di), *Ambiente, salute e sicurezza. Per una gestione integrata dei rischi da lavoro*, Torino, 1997, 1 ss.).

Castronovo C., *Obblighi di protezione e tutela del terzo,* in *Jus*, 1976, 123 ss.

Cattaneo G., *La responsabilità del professionista*, Milano, 1958, 91 ss.

Chapellu D., *Lavoro agile e sicurezza: tra tutela della salute del lavoratore e una nuova ripartizione della responsabilità datoriale, in VTDL*, 2023.

Ciccarello S., *Dovere di protezione e valore della persona*, Milano, 1988.

Corrado R., *Trattato di diritto del lavoro*, III, Torino, 1969, 480.

Corsalini G.-De Matteis A., *Il concorso tra risarcimento e indennizzo dinanzi alle giurisdizioni superiori e riflessi sull'azzione di rivalsa dall'INAIL*, in *Riv.sic.soc*,2019,151.

Culotta A.-Di Lecce M.-Costagniola G., *Prevenzione e sicurezza nei luoghi di lavoro*, Milano, 1996, 154 ss.

D'eufemia G., *Norme inderogabili e interessi legittimi nei rapporti di lavoro*, in *Riv. dir. l*av., 1969, I, 8.

De Angelis L., *Il danno differenziale tra diritto comune, diritti speciali e schizofrenia legislative*, in *WP C.SDLE, "Massimo D' Antona".IT, N.392,2019*.

De Fazio G., *Appunti sul risarcimento del danno da superlavoro*, in *Resp. civ e prev.*, 2001, 1, p.112.

Del Punta R., *Diritto della persona e contratto di lavoro,* in *Dir. rel. ind.*, 2006, 38 ss.

Di Majo A., *Obbligazioni in generale*, in *Commentario al codice civile Scialoja-Branca, sub artt. 1173-1176*, Bologna- Roma, 1988, 123 ss.

Fili' V., *Il punto sulla giurisprudenza in materia di occasione di lavoro e infortunio in itinere*, in *Resp. Civ. Prev.*, 2019, 1, 70.

Fili' V., *La nuova frontiera del danno risarcibile da condotta illecita del datore di lavoro*, in *Resp. Civ. Prev.*, 2019, 3, 796.

Franco M., *Diritto alla salute e responsabilità civile del datore di lavoro*, Milano, 1995, 67.

Frenda A., *Il fenomeno degli infortuni sul lavoro in Italia nel contesto internazionale e comparato*, in M. Tiraboschi (a cura di), *Il Testo unico della salute e sicurezza nei luoghi di lavor*o, Milano, 2008, 17 ss.

Galantino L., *Il contenuto dell'obbligo di sicurezza*, in GALANTINO (a cura di), *La sicurezza del lavoro*, Milano, 1996, 24-25.

Ghezzi G., *La mora del creditore nel rapporto di lavoro*, Milano, 1965, 31, nota 79.

Giubboni S., *Il risarcimento del danno differenziale da infortunio sul lavoro dopo la legge di bilancio 2019*, in *Riv.sic.soc.*, 2019, 183.

Giubboni S., *Infortuni sul lavoro e responsabilità civile: vecchie e nuove questioni sul tema*, in *Riv.inf.mal.prof.*, fasc.2-3/2019,181.

Giubboni S., *Infortunio sul lavoro e risarcimento del danno*, Milano, 2012.

Giugni G., *Mansioni e qualifica del rapporto di lavoro*, Napoli, 1963, 153 ss.

Gragnoli E., *L'obbligazione di sicurezza e la responsabilità del datore di lavoro,* in *Tratt. dir. priv.*, diretto da Bessone, XXIV, 2, Torino, 2007, 454 ss.

Gragnoli E.-Perulli A. (a cura di), *La riforma del mercato del lavoro e i nuovi modelli contrattuali*, Padova, 2004.

Grandi M., voce *Rapporto di lavo*ro, in *Enc. dir.*, XXXVIII, Milano, 348; S. Mazzamuto (a cura di), *Processo e tecniche di attuazione dei diritti*, Napoli, 1989.

Grazia M.A., *Danno differenziale e azione di regresso dell'I.N.A.I.L.: le regole comuni per l'accertamento delle responsabilità*. Nota a sentenza Corte suprema di Cassazione civile sezione lavoro 19 giugno 2020, n. 12041 (Società per Azioni Michelin Italiana (S.A.M.I.) vs E.C., R.M.F. ed INAIL) in *Il Lavoro nella giurisprudenza*, 2021, fasc. 5, 509 ss.

Guariniello R., *Obblighi e responsabilità delle imprese nella giurisprudenza penale*, in *Riv. giur. lav.*, 2001, IV, 530 ss.

Ievolella A., Nota a sentenza, Cassazione civile, sez. lav., 03/06/2022, n. 17976,in *Diritto & Giustizia* 2022, 6 giugno.

Lai-Lebra, *La massima sicurezza tecnologicamente fattibile*, in *Dir. pratica lav.*, 1990, 1530.

Lambertucci P., *Il diritto al lavoro tra principi costituzionali e discipline di tutela* in *Riv. it. dir. lav.*, 2010, I, 91.

Lassandari A., *L'alternativa fra fondamento contrattuale o aquiliano della responsabilità e le sue ripercussioni*, in PEDRAZZOLI M. (a cura di), *Danno biologico e oltre - La risarcibilità dei pregiudizi alla persona del lavoratore,* Torino, 1995, 113 ss.

Lassandari A., *La sicurezza del lavoro*, in A.Vallebona (a cura di), *I contratti di lavoro*, in E.Gabrielli (a cura di), *Trattato dei contratti*, diretto da P. Rescigno, XIII, I, Torino, 2009, 641.

Lazzari C., *Figure e poteri datoriali nel diritto della sicurezza sul lavoro*, Franco Angeli, Milano,2015.

Liberati A., *Rapporto di lavoro e danno non patrimoniale*, Milano, 2009.

Ludovico G., *Verso il completo superamento dell'esonero datoriale dalla responsabilità civile*, in *Giur.it*, 2021, 378.

Majello U., *Custodia e deposito*, Napoli, 1958, 107 ss.

Marazza M., *L'art. 2087 c.c. nella pandemia Covid-19 (e oltre),* in *Riv.it.dir.lav*.n.2 del 2020,p.267.

Marcianò A.,*Responsabilità civile e obblighi di sicurezza sul lavoro*, in *Lavoro e previdenza oggi*, n.1 /2011.

Marcianò A.,*Responsabilità civile e obblighi di sicurezza sul lavoro,* in *La responsabilità civile nel terzo millennio. Linee di una evoluzione* a cura di Raffaele Tommasini, Giappichelli,Torino 2011.

Marciano' A., *Obblighi di sicurezza sul lavoro e fattispecie peculiari di responsabilità datoriale. Il ruolo della formazione nel sistema prevenzionale,* in *Diritti fondamentali* n.2/2023,14.

Marcianò A., *Ambiente di lavoro e salute : dai meta principi di origine comunitaria alla tutela risarcitoria per inadempimento contrattuale* in *Ratio Iuris*, giugno 2023.

Mazziotti M., *L'evoluzione del diritto sociale europeo a tutela della salute dei lavoratori*, in *Riv. giur. lav.*, 2001, I, 597 ss.

Menegatti E., *Stress lavoro-correlato e responsabilità risarcitoria del datore di lavoro*, in ADL,2014,972.

Montuschi L., *Diritto alla salute e organizzazione del lavoro*, III ed., Milano, 1989.

MOSCA F., *Immissioni del tutto intollerabili: la prova del danno esistenziale*, in *Riv. crit. priv.*, 2008, 2, 395.

Napoli M., *La stabilità reale del rapporto di lavoro*, Milano, 1980, 204.

Nardelli F., *La tutela antinfortunistica opera anche per i rischi derivanti da imprudenza, negligenza o imperizia del lavoratore, essendo irrilevante il concorso di colpa*, in *Diritto e pratica del lavoro*, n.24/2022, 1523.

Natoli U., *L'attuazione del rapporto obbligatorio*, in *Tratt. dir. civ. e comm.*, diretto da Cicu e Messineo, I, Milano, 1974, 16 ss.

Natullo G., *Principi generali della Prevenzione e "confini" dell'obbligo di sicurezza*, in *Diritto del lavoro*. Commentario, diretto da F. Carinci, VIII, Torino, 2007.

Neal A.C., *La direttiva quadro europea in materia di salute e sicurezza dei lavoratori: una sfida per il Regno Unito?*, in M. Biagi (a cura di), *Tutela dell'ambiente di lavoro e direttive CEE*, 1991, Maggioli, 55.

Nunin R., *La prevenzione dello stress lavoro-collerato.Profili normative e responsabilità del datore di lavoro*, Eut, Trieste, 2012.

Paleari P., Nota a Cassazione civile, sez. III , 04/11/2020 , n. 24474, in *Diritto & Giustizia* 2020.

Pascucci P., *Modelli organizzativi e tutela dell'ambiente interno e esterno all'impresa*, in *LD*,2022,335.

Pedrazzoli M., *I danni alla persona del lavoratore nella giurisprudenza*, Padova, 2004.

Pedrazzoli M., *Tutela della persona e aggressioni alla sfera psichica del lavoratore*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 2007, 1143 ss.

Pellerito F., *Superlavoro e danno alla salute: quali sbocchi per la tutela del lavoratore*?in *Danno e resp.*, 2002, 1000 ss.

Pera G., *Osservazioni sul c.d. obbligo di sicurezza*, in *Probl. sic. soc.*, 1967, 857 ss.

Perlingieri P., *Dignità della persona e lavoro*, *in Dir. mercato lav.*, 2005, 517 ss.

Persiani M., *Considerazioni sulla prevenzione degli infortuni nel lavoro domestico*, Securitas, 1968, n. 4, 117 ss.

Persiani M., *Contratto di lavoro e organizzazione*, Padova, 1966, 225.

Pessi R., Il *danno differenziale tra diritto vivente e diritto vigente*, in *Labor*, 2019,355.

Pizzoferrato A., *Molestie sessuali sul lavoro. Fattispecie giuridiche e tecniche di tutela*, Padova, 2000.

Riverso R., *Il risarcimento del danno per infortunio e malattia professioali tra riforme tentate e l'incerto incedere della giurisprudenza*, in *Riv.Dir.sic.soc.*, 2020,27.

Rodotà S., *Le fonti di integrazione del contratto*, Milano, 1967.

Romei R., *Il campo di applicazione del d.lgs. n. 626/1994*, in L. Montuschi (a cura di), *Ambiente salute e sicurezza*, *Per una gestione integrata dei rischi da lavoro*, cit., 64.

Rossetti, Nota a sentenza, Cass. 1° dicembre 2004, n. 22586, in *Dir. e giust.*, 2005, n. 6, 18.

Scalisi V., *Danno e ingiustizia nella teoria della responsabilità*, in *Riv. trim. dir. proc. civ.*, 2004, 811.

Scognamiglio R., *Responsabilità civile e danno*, Torino, 2010, 11.

Scognamiglio R., *Responsabilità contrattuale ed extra-contrattuale*, in *Noviss. Dig. it.*, Torino, 1968, 676 ss.

Smuraglia C., *La persona del prestatore nel rapporto di lavoro*, Milano, 1967, 99 ss.

Smuraglia C., *Sicurezza e igiene del lavoro. Quadro normativo, esperienze attuative e prospettive*, in *Riv. giur. lav.*, 2001, I, 465 ss.

Soprani P., *La migliore tecnologia disponibile nel T.u. sicurezza*, in *ISL*, 2009, 125.

Spagnuolo Vigorita L., *Responsabilità dell'imprenditore*, in *Nuovo Trattato di diritto del lavoro*, diretto da Riva Sanseverino e Mazzoni, II, Padova, 1971, 418 ss.

Speziale V., *Mora del creditore e contratto di lavoro*, Bari, 1992, 129 ss.

Stefanachi A., *La quantificazione del danno esistenziale nella prassi giurisprudenziale: dal criterio equitativo puro all'equazione Liberati*, in *Giur. it.*, 2005, 50 ss.

Suppiej G., *Il diritto dei lavoratori alla salubrità dell'ambiente di lavoro*, in *Riv. it. dir. lav.*, 1988, I, 442 ss.).

Tardivo D., *Il concorso di colpa del lavoratore nell'infortunio: tra esigenze di tutela e dovere di cooperazione*, in *Adl* 2020,p.1212.

Tiraboschi M.,*Nuovi modelli della organizzazione del lavoro e nuovi rischi* in *Diritto della sicurezza sul lavoro*, *Rivista dell'Osservatorio Olympus*,n.1/2022,136.

Tonetti M., Nota a sentenza, Cassazione civile, sez. lav., 17/06/2022, n. 19623, in *Diritto & Giustizia*, 2022, 21 giugno.

Tursi A., *Il danno non patrimoniale alla persona nel rapporto di lavoro: profili sistematici*, in *Riv. it. dir. lav.*, 2003, I, 283 ss.

Visintini G., *Inadempimento e mora del creditore*, in *Il codice civile*. Commentario, diretto da Schlesinger, Milano, 1987, 264.

Vittoria D., *Le voci di danno non patrimoniale e il problema delle duplicazioni risarcitorie*, in *Dir. giur.*, 2004, 255 ss.

Zoli C., *Sicurezza del lavoro: contrattazione e partecipazione*, in *Riv. giur. lav.*, 2000, I, 613 ss.

Zoppoli L., *Il danno biologico tra principi costituzionali, rigidità civilistiche e tutela previdenziale*, in *Dir. rel. ind.*, 2001, 389.

Gianni Toscano

VIAGGIO NEL SISTEMA PENSIONISTICO ITALIANO: UN "PATTO TRA LE GENERAZIONI" IN EQUILIBRIO INSTABILE

1. Notazioni introduttive sul percorso d'indagine. – 2. Le variegate stagioni del sistema pensionistico italiano. – 3. Patto intergenerazionale e fattori di rischio nell'attuale contesto sociale e di mercato. – 4. I possibili scenari futuri: spunti *de iure condendo*. – 5. Bibliografia.

1. Notazioni introduttive sul percorso d'indagine.

Si deve a Piero Angela l'avvio di una ricca stagione di divulgazione del sapere, trasversalmente inteso, caratterizzata da un modello comunicativo in grado di esprimere contenuti di alto spessore scientifico ed agevole accessibilità.

In uno dei suoi ultimi programmi televisivi, dal titolo "*Prepararsi al futuro*", spicca tra i temi trattati la questione legata al lavoro ed al *welfare*, con particolare riferimento al sistema pensionistico italiano.

Il presente contributo, prendendo spunto da quanto emerso nel corso dell'episodio "*Lavoro: un patto tra le generazioni*", intende indagare l'attuale condizione del sistema pensionistico e valutare i possibili scenari futuri.

Come si avrà modo di approfondire nelle pagine che seguono, il nostro sistema è strutturato secondo il criterio della ripartizione, in virtù del quale "la generazione attiva sopporta l'onere finanziario delle prestazioni pensionistiche in corso di erogazione alla generazione che ha concluso il ciclo produttivo" (M. Cinelli, 2022, 99)[1].

Di conseguenza, per garantirne la sostenibilità, è necessario che il flusso di entrate (i contributi) sia sempre in equilibrio con le uscite (pensioni)[2].

[1] Il sistema a ripartizione si differenzia da quello a capitalizzazione in cui, al contrario, i contributi sono versati dai lavoratori a beneficio di sé stessi, formando un vero e proprio capitale che, se ben gestito, potrebbe maturare interessi e crescere nel tempo.

[2] Come puntualmente osservato di recente, "in realtà, l'equilibrio del patto intergenerazionale sotteso ai grandi sistemi pubblici dipende strettamente da parametri che le leggi non possono determinare, mentre ne sono radicalmente condizionate […] Il parametro fondamentale di un modello pensionistico pubblico è dato dal

Invero, nel corso degli anni, si sono registrati numerosi fattori che hanno alterato e reso instabile detto equilibrio, tra i quali si annoverano: la riduzione della natalità, l'allungamento delle aspettative di vita ed il conseguente invecchiamento della popolazione, la discontinuità lavorativa dovuta alle politiche di flessibilità e l'elevato tasso di disoccupazione.

L'obiettivo principale del presente contributo è dunque quello di analizzare tali fattori, al fine di valutare eventuali misure correttive e, soprattutto, stimolare il dibattito su un tema di sicuro interesse per la generalità dei consociati.

2. Le variegate stagioni del sistema pensionistico italiano.

L'economia di questo scritto non consente un'approfondita disamina dell'evoluzione normativa del sistema pensionistico.

Pertanto, verranno messe in rilievo le principali tappe che hanno segnato la storia pensionistica del nostro Paese a partire dal secondo dopoguerra, in cui l'esplosione dell'inflazione aveva distrutto i sistemi pensionistici allora vigenti, già fortemente provati dal conflitto mondiale da poco alle spalle.

Tuttavia, col passare del tempo, si è registrato un miglioramento della situazione complessiva connessa al sistema pensionistico: siamo, infatti, negli anni in cui si è assistito ad una crescita demografica e, soprattutto, al c.d. *boom* economico che ha interessato il sistema produttivo ed ha inciso, inevitabilmente, anche sul piano occupazionale.

Di fronte a tale scenario, il legislatore dell'epoca, con una visione poco lungimirante, ha varato la legge di riforma n. 153/1969, con la quale è stato introdotto il metodo di calcolo retributivo, in virtù del quale l'importo del trattamento pensionistico era ragguagliato al reddito percepito durante gli ultimi anni di lavoro (dapprima agli ultimi tre, poi agli ultimi cinque).

A ciò si aggiunga la previsione di requisiti sempre più generosi per la pensione di anzianità, specie per i dipendenti del settore pubblico (basti pensare al fenomeno delle c.d. "*baby* pensioni"), che consentivano l'accesso al trattamento di quiescenza sulla base di un'anzianità contributiva non particolarmente elevata e del tutto sganciata da quella anagrafica.

rapporto tra il numero dei lavoratori attivi (i contribuenti) e quello delle pensioni vigenti" (G. Cazzola, *La guerra dei cinquant'anni. Storia delle riforme e controriforme del sistema pensionistico*, Torino, 2021, 43).

Per lungo tempo, dunque, si è assistito ad un esponenziale crescita dei soggetti passivi, i quali, a fronte di un non particolarmente elevato apporto contributivo, godevano di un trattamento pensionistico (mediamente) esteso nel tempo e per un ammontare parametrato alle retribuzioni degli ultimi anni di lavoro.

Questo sistema, com'è facilmente intuibile, ha generato negli anni un evidente squilibrio tra entrate contributive e prestazioni pensionistiche erogate, mettendo a repentaglio il sistema pensionistico e contribuendo a far aumentare, in maniera esponenziale, il debito pubblico.

Un primo timido segnale di rottura con il passato si è registrato con la "riforma Amato" del 1992 (d.lgs. n. 503/1992), avente l'obiettivo di stabilizzare il rapporto tra spesa previdenziale e prodotto interno lordo (PIL) e di garantire, al contempo, trattamenti pensionistici obbligatori omogenei.

Tra i punti salienti della riforma, si segnala l'innalzamento dell'età pensionabile, portata gradualmente a 60 anni per le donne e a 65 per gli uomini, e dell'anzianità contributiva necessaria ai fini della pensione di vecchiaia, portata gradualmente a 20 anni contributivi.

È stato inoltre modificato il meccanismo di indicizzazione delle pensioni, prevedendosi una rivalutazione dei trattamenti pensionistici a cadenza annuale (in luogo di quella semestrale) ed agganciata all'indice ISTAT dei prezzi al consumo, anziché alla dinamica salariale (c.d. scala mobile).

Il successivo passo è stato compiuto con la l. n. 335/1995, c.d. "riforma Dini", la cui principale novità era rappresentata dall'introduzione del sistema di calcolo contributivo delle pensioni, basato sull'ammontare dei contributi versati nell'arco della vita lavorativa, in luogo del sistema retributivo, incentrato, come visto, sulla media delle retribuzioni degli ultimi anni lavorativi.

La stessa legge ha invece fatto salvo il metodo retributivo per tutti coloro i quali, alla predetta data, avevano già maturato più di diciotto anni di anzianità contributiva.

Viceversa, per coloro i quali avevano già iniziato a lavorare in data anteriore al 1° gennaio 1996, ma non possedevano almeno diciotto anni di anzianità contributiva, operava il sistema c.d. "misto" (o pro rata), in cui una parte del trattamento pensionistico (fino al 1° gennaio 1996) veniva calcolato con il sistema retributivo e l'altra con quello contributivo.

Negli anni successivi, le compagini di governo che si sono avvicendate alla guida del Paese hanno introdotto taluni correttivi alla riforma Dini, senza però dar vita ad un organico intervento in materia.

In particolare, si segnalano: a) la l. n. 447/1997 (c.d. "riforma Prodi"), che ha previsto l'inasprimento dei requisiti di età per il conseguimento della pensione di anzianità, l'aumento dell'onere contributivo a carico dei lavoratori autonomi e l'equiparazione immediata delle aliquote contributive dei fondi speciali di previdenza gestiti dall'INPS a quelle previste per il Fondo pensioni lavoratori dipendenti; b) la l. n. 243/2004 (c.d. "riforma Maroni"), con la quale è stata aumentata l'età pensionabile, portata a 60 anni per le donne e a 65 per gli uomini (c.d. scalone), e sono stati eliminati i divieti di cumulo tra pensioni e redditi da lavoro; c) il c.d. "Protocollo *welfare*", successivamente trasposto nella l. n. 247/2007, con il quale è stato introdotto il sistema delle quote per l'accesso alla pensione, basato su combinazioni tra età anagrafica e anzianità contributiva, che consentiva il pensionamento anche ad un'età inferiore rispetto al limite fissato dalla legge (60 anni per le donne e 65 anni per gli uomini), a condizione che il lavoratore o la lavoratrice si trovassero in possesso di almeno 35 anni di contributi.

Successivamente, alcuni correttivi sono stati posti in essere con le manovre economiche 2010 e 2011, nonché con la legge di stabilità 2012, approvata con la l. n. 183/2011.

Senonché, complice anche l'acuirsi della crisi finanziaria dei primi anni duemila, al fine di riportare in equilibrio il sistema previdenziale e, più in generale, i conti pubblici, è stata varata una strutturale riforma del sistema pensionistico ad opera del Governo Monti attraverso il d.l. n. 201/2011, convertito in l. n. 214/2011, c.d. "decreto Salva Italia", destinato a garantire il rispetto dei vincoli di bilancio, la stabilità economico-finanziaria e a rafforzare la sostenibilità di lungo periodo del sistema pensionistico.

In particolare, con la riforma Monti-Fornero del 2011, per rafforzare la sostenibilità di lungo periodo del sistema pensionistico, accanto all'innalzamento dell'età pensionabile per effetto del meccanismo di adeguamento alla speranza di vita e all'adozione di ulteriori misure

correttive[3], si è giunti ad una "transizione integrale al sistema contributivo" (G. Amoroso, 2022, 435)[4].

Come sottolineato in dottrina, con l'intervento del 2011, "vi è stata una sorta di presa d'atto del fallimento, quantomeno *medio tempore*, di quell'obiettivo fondamentale di «riforma economico-sociale della Repubblica», già assunto dalla legge Dini" (S. Giubboni, 2021, 445).

In seguito, si sono registrati ulteriori interventi con i quali sono state introdotte alcune misure volte a fronteggiare situazioni di disagio sociale ed economico, che non hanno modificato l'impianto del sistema delineato dalla riforma del 2011.

Allo stato, i trattamenti pensionistici erogati nell'ambito dell'Assicurazione Generale Obbligatoria (AGO) sono rappresentati dalla pensione di vecchiaia e dalla pensione anticipata, che vengono calcolate, a seconda dei casi, con il sistema contributivo o con quello pro rata (o misto).

Più nel dettaglio, la pensione di vecchiaia è attualmente erogata sulla base di una combinazione tra requisiti anagrafici e contributivi.

L'età pensionabile non è predeterminata una volta per tutte, come avveniva in passato, ma è destinata a subire costanti variazioni in aumento (a cadenza biennale) per effetto del meccanismo di adeguamento alla speranza di vita.

Al momento, l'età pensionabile per uomini e donne è fissata in 67 anni, mentre l'anzianità contributiva richiesta è fissata in 20 anni, anche non continuativi, e può avere ad oggetto qualunque tipo di contribuzione: obbligatoria, da riscatto, figurativa e volontaria.

La pensione anticipata consente invece ai lavoratori che hanno maturato un determinato requisito contributivo di conseguire l'assegno pensionistico prima di aver compiuto l'età prevista per la pensione di vecchiaia.

[3] In particolare, sono stati soppressi il sistema delle quote, introdotto dalla l. n. 247/2007 per conseguire la pensione di anzianità e le pensioni di vecchiaia anticipate, ed il meccanismo delle c.d. finestre in uscita, ossia delle decorrenze utili per conseguire il trattamento pensionistico maturato, più volte modificato dalle riforme pensionistiche succedutesi nel tempo.

[4] Il sistema di calcolo contributivo è stato dunque esteso, limitatamente ai periodi assicurativi successivi al 1° gennaio 2012, anche a tutti coloro che, in base alle previsioni della riforma Dini del 1995, ne erano esclusi, ossia ai lavoratori che alla data del 31 dicembre 1995 si trovavano in possesso di un'anzianità contributiva di almeno 18 anni.

L'accesso alla pensione anticipata, pertanto, non prevede la sussistenza di particolari requisiti anagrafici, ma esclusivamente una determinata anzianità contributiva a qualsiasi titolo maturata. Attualmente, il requisito contributivo richiesto è di 41 anni e 10 mesi per le donne e di 42 anni e 10 mesi per gli uomini.

Sono comunque previste delle "agevolazioni" per talune categorie di lavoratori: è il caso dei lavoratori precoci, ossia coloro che possono vantare almeno 12 mesi di contribuzione per periodi di lavoro effettivo (compresi quelli riscattati per omissioni contributive) prima del compimento del diciannovesimo anno di età, per i quali il diritto alla pensione anticipata matura con 41 anni di contributi, nonché per i lavoratori pubblici o privati che svolgono attività lavorative definite "usuranti".

Di recente, sono state inoltre introdotte ulteriori misure volte a favorire il pensionamento anticipato. È il caso della c.d. pensione "quota 100" (d.l. n. 4/2019), con la quale è stato riconosciuto il diritto alla pensione al raggiungimento di un'età anagrafica di almeno 62 anni e di un'anzianità contributiva minima di 38 anni (entro il 31 dicembre 2021), poi divenuta "quota 102" (64 anni e 38 di contributi entro il 31 dicembre 2022) con la l. n. 234/2021 e, da ultimo, "quota 103" (62 anni e 41 di contributi entro il 31 dicembre 2023) a seguito della l. n. 197/2022.

Con l'ultima legge di bilancio, il legislatore ha inoltre confermato la possibilità del pensionamento anticipato per talune categorie di lavoratrici (c.d. "opzione donna"), sia pur con requisiti di accesso più stringenti rispetto al passato, e prorogato l'anticipo pensionistico, meglio noto come "ape sociale", ossia dell'indennità di prepensionamento erogata dall'I.N.P.S., che ha la funzione di sostenere il reddito del lavoratore che abbia compiuto 63 anni e sino alla maturazione del requisito anagrafico per la pensione di vecchiaia ordinaria, a condizione che: a) sia cessato dal servizio; b) appartenga a specifiche categorie tutelate; c) si trovi in possesso di una determinata anzianità contributiva.

3. Patto intergenerazionale e sostenibilità del sistema pensionistico nell'attuale contesto sociale e di mercato

Il sistema pensionistico "a ripartizione", come accennato, risulta imperniato su un patto di solidarietà intergenerazionale[5], in virtù del quale con i contributi della popolazione lavorativamente attiva vengono pagati i trattamenti pensionistici di coloro che si trovano in quiescenza[6].

Tuttavia, in chiave ricostruttiva, occorre preliminarmente comprendere quale sia la portata della locuzione "generazioni future".

Al riguardo, specie in alcuni settori dell'ordinamento, si è posto il problema dell'esatta individuazione dei soggetti ai quali imputare situazioni e rapporti giuridici (c.d. "indeterminatezza delle generazioni future").

Invero, con riferimento al settore previdenziale, tale problema non sussiste, dovendosi intendere per "generazioni future" quelle "che non sono temporalmente distinte rispetto alle attuali ma contestuali ad esse, nel senso che sono "future" non in quanto inesistenti ma perché non si è ancora perfezionato il relativo diritto alla prestazione" (G. Ludovico, 2019, 36).

Da questo peculiare angolo prospettico, il sistema pensionistico a ripartizione risulta dunque composto da generazioni "presenti", titolari di situazioni giuridiche soggettive attive (il diritto al trattamento pensionistico), e da generazioni "future", specularmente titolari di situazioni giuridiche passive (l'obbligo di finanziare i trattamenti pensionistici)[7].

La questione più complessa da affrontare è invece rappresentata dalla sostenibilità del sistema pensionistico.

[5] Un esplicito riferimento alla solidarietà intergenerazionale è contenuto nella riforma Monti-Fornero (d.l. n. 201/2011, conv. in l. n. 214/2011), che individua tra i principi e criteri direttivi anche la «*equità e convergenza intragenerazionale e intergenerazionale, con abbattimento dei privilegi e clausole derogative soltanto per le categorie più deboli*».

[6] La solidarietà intergenerazionale viene puntualmente descritta come una catena "che lega tra di loro le generazioni che si susseguono", lungo la quale "il flusso della contribuzione va dagli attivi ai non più attivi" (M. Cinelli, *La "solidarietà intergenerazionale" e le sue accezioni*, in *Notariato*, n. 1/2022, 99), e rappresenta "il fulcro del sistema a ripartizione" (O. Bonardi, *Il principio di solidarietà intergenerazionale tra diritto dell'ambiente e diritto alla sicurezza sociale*, in *Riv. Dir. Sic. Soc.*, n. 3/2022, 441).

[7] La tutela previdenziale delle generazioni future ha formato oggetto anche di alcune pronunce della Consulta, la quale ha avuto modo già da tempo di affermare che "*il sacrificio nel godimento del diritto alla pensione da parte delle generazioni presenti è volto ad assicurare il godimento di un analogo diritto alle generazioni future*" (Corte cost., 29 luglio 2005, n. 345, in *Foro it.*, I, 2005, 2601). Al concetto di "*mutualità intergenerazionale*" hanno invece fatto riferimento Corte cost., 9 novembre 2020, n. 234, in *Giur. Cost.*, 6, 2020, 2773 e 13 luglio 2016, n. 173, in *Riv. it. dir. lav.*, II, 1, 2017, 161.

Il sistema a ripartizione, infatti, impone che vi sia sempre un numero maggiore di lavoratori attivi che versano i contributi necessari a finanziare i trattamenti pensionistici in godimento alla popolazione non più attiva.

In altri termini, come già rilevato, è necessario che il flusso di entrate (i contributi) sia sempre in equilibrio con le uscite (spesa pensionistica).

Nel sistema così congegnato, vi sono dunque numerosi fattori interdipendenti che giocano un ruolo centrale sul piano della sostenibilità, sui quali è opportuno soffermarsi per fotografare la situazione attuale, in cui - come autorevolmente evidenziato - "l'equilibrio intergenerazionale è in pericolo: anzi, secondo alcuni, si è già rotto" (T. Treu, 2018, 2).

Tra i fattori "sociali" che impattano sulla sostenibilità del sistema pensionistico, si annoverano la riduzione della natalità ed il costante invecchiamento della popolazione come diretta conseguenza dell'aumento della speranza di vita.

"Il rischio derivante da queste tendenze demografiche è di avere una base di popolazione attiva troppo «gracile» per sostenere la crescente popolazione anziana" (E. Fornero, 2018, 95).

Difatti, la sostenibilità del sistema a ripartizione implica un aumento delle nascite e la presenza di maggiori soggetti occupati che paghino i contributi.

Tuttavia, "è evidente che un'economia che produce disoccupazione, precarietà del lavoro e redditi insufficienti a condurre un'esistenza dignitosa, non può che dare luogo ad una diminuzione della propensione a mettere al mondo figli" (L. Dorato, 2021, 96).

Merita poi di essere richiamata l'annosa questione di genere legata al mondo del lavoro.

Al riguardo, per quanto d'interesse ai nostri fini, bisogna tener presente che le donne rappresentano "una leva essenziale per aumentare contemporaneamente il gettito contributivo ed il tasso di fecondità" (V. Filì, 2018, 27).

Tuttavia, ancor oggi, sono purtroppo presenti numerosi ostacoli sulla via della conciliazione dei tempi di vita e di lavoro e, più in generale, della tanto auspicata parità di genere.

Quanto all'invecchiamento della popolazione in ragione dell'aumento delle speranze di vita, indubbiamente si tratta di un fenomeno di per sé positivo, rispetto al quale peraltro si confida in una maggiore crescita anche sul piano della qualità delle condizioni di vita.

Ciò nondimeno, dalla prospettiva indagata, è evidente che esso, in un contesto di bassa natalità e scarsa occupazione (quantomeno stabile), incide negativamente sulla sostenibilità di lungo periodo del sistema pensionistico.

Sul versante occupazionale - e veniamo ai fattori "di mercato" - ad impattare negativamente sul sistema pensionistico è, senza dubbio, la discontinuità lavorativa dovuta alle politiche di flessibilità ed all'elevato tasso di disoccupazione.

A ciò si aggiunga, inoltre, l'alta percentuale di lavoro sommerso di manodopera (soprattutto straniera), specie nel settore agricolo e domestico, che - al netto dei notevoli pregiudizi per i lavoratori interessati - sottrae ingenti risorse al sistema previdenziale.

Dal raffronto tra i fattori sociali e di mercato evidenziati in precedenza emerge quindi un quadro tutt'altro che rassicurante, in cui "il dilagare della precarietà e della povertà lavorativa" produrrà, "in prospettiva (e in assenza delle necessarie correzioni), pensioni inadeguate", facendo ricadere "una larga porzione della popolazione dei futuri pensionati […] nell'assistenza sociale" (S. Giubboni, 2021, 450).

Non a caso, come affermato di recente dalla Corte costituzionale, "*il progressivo invecchiamento della popolazione e l'erosione della base produttiva rende via via più fragile il patto tra le generazioni, sul quale il sistema previdenziale si fonda*"[8].

4. I possibili scenari futuri: spunti *de iure condendo*

Dopo aver fotografato l'attuale stato di salute del sistema pensionistico, non ci resta che proiettarci con lo sguardo in avanti ed immaginare quali potrebbero essere gli scenari futuri.

In particolare, muovendo dai fattori esaminati, si tenterà di individuare possibili soluzioni in grado di garantire non soltanto la sostenibilità al sistema pensionistico, ma anche l'adeguatezza dei relativi trattamenti.

Difatti, come osservato in dottrina, "l'andata a regime sia pure progressiva del metodo contributivo contribuirà a garantire la sostenibilità finanziaria del sistema, ma garantirà pensioni meno generose da quelle promesse dal metodo retributivo e rischia di pregiudicarne la adeguatezza per i lavoratori con bassi salari e carriere precarie, cioè per molti degli attuali giovani" (T. Treu, 2018, 6).

[8] Corte cost., 9 novembre 2020, n. 234, cit.

Al riguardo, una prima questione da affrontare è quella relativa al drastico calo delle nascite che si registra ormai da tempo nel nostro Paese e che, come visto, costituisce un significativo problema sul versante della sostenibilità del sistema pensionistico a ripartizione.

Come già osservato in un'altra occasione, "le ragioni che hanno contribuito a ridurre progressivamente il numero delle nascite sono invero molteplici ed eterogenee, ma possono perlopiù essere ricondotte, seppur con inevitabile semplificazione, alla complessiva "precarizzazione" che ha interessato il mondo del lavoro, ma, ancor prima, la vita di coppia e le relazioni sociali" (G. Toscano, 2016, 69).

Più nel dettaglio, questo *trend* negativo può pertanto ricollegarsi a diversi fattori: a) parità di genere nel mondo del lavoro che stenta a trovare compiuta affermazione; b) inadeguate misure di sostegno per i nuclei familiari, specie per quelli economicamente più deboli; c) tardivo ingresso dei giovani nel mondo del lavoro, anche in ragione dei lunghi percorsi di studio e formativi[9].

Quanto al primo aspetto, è stato evidenziato in dottrina che "il lavoro femminile sconta ancora molte penalizzazioni, più gravose di quelle riscontrabili in altri Paesi europei: basso tasso di occupazione, "segregazione orizzontale" (entro appositi comparti produttivi), "segregazione verticale" (preclusiva dei livelli professionali più elevati), "tetto di cristallo", *gender pay gap*, ricorso a forme contrattuali meno garantiste" (G. Sorrenti, 2020, 472).

Invero, le politiche di genere legate al mondo del lavoro, fino al momento, sono state ispirate a logiche meramente inclusive: basti pensare, *inter alia*, al novero delle azioni positive, agli interventi in materia di tutela della maternità, agli strumenti di conciliazione dei tempi di vita e lavoro.

Tuttavia, l'impostazione meramente inclusiva adottata dal legislatore, pur necessaria, rischia di risultare inefficace (o quantomeno inadeguata) nel lungo periodo se non accompagnata da mirati interventi in chiave sostenibile.

[9] Come autorevolmente osservato in dottrina, "l'entrata ritardata dei giovani nel mercato del lavoro e in particolare nell'accesso ai lavori a tempo indeterminato, li mantiene in condizioni di non autonomia e spesso di prolungata dipendenza dai genitori e convivenza in famiglia: una condizione che, come testimoniano le ricerche, proietta effetti negativi su tutta la loro vita lavorativa e personale" (T. Treu, *Protezione sociale ed equilibrio intergenerazionale*, in *WP CSDLE "Massimo D'Antona".IT* – 374/2018, 7).

Difatti, la discontinuità delle prestazioni di lavoro subordinato, dovute alle attuali condizioni "flessibili" di mercato, incide sul sistema di protezione sociale delle lavoratrici, con inevitabili riflessi anche sui futuri trattamenti pensionistici.

La situazione appena descritta risulta ancor più problematica spingendosi al di là dei confini della subordinazione, in cui si assiste ad un esponenziale aumento dei rapporti di lavoro parasubordinati ed autonomi, peraltro spesso non propriamente genuini.

In tali casi, infatti, l'impatto della flessibilità sul sistema di protezione sociale della folta schiera di donne coinvolte risulta ancor più evidente in ragione del ridotto apparato di tutele per la maternità in costanza di rapporto e della tendenziale assenza di adeguati strumenti di sostegno al reddito.

Per favorire un aumento della natalità, è altresì necessario ripensare a più incisive politiche a sostegno della famiglia: basti pensare, su tutte, alla questione legata alla carenza di asili nido pubblici che, sul piano della conciliazione dei tempi di vita familiare e lavoro, consentirebbe a numerosi genitori (specie ai meno abbienti) di poter essere maggiormente presenti sul posto di lavoro durante i primi anni di vita del figlio.

Infine, risulta indispensabile ripensare al modello di istruzione e formazione, al fine di rendere i percorsi di studio più funzionali alle rinnovate esigenze del mercato del lavoro: in tal senso, si dovrebbe investire maggiormente sui percorsi di apprendistato, ma con più incisivi obblighi di stabilizzazione al termine del periodo di formazione rispetto a quelli attuali.

Al riguardo, in un'ottica di genere, una possibile soluzione potrebbe essere rappresentata dall'introduzione di una nuova fattispecie di apprendistato professionalizzante, senza limiti di età, riservato alle madri con almeno due figli a carico, che consentirebbe alle stesse di poter intraprendere un percorso formativo, indispensabile al fine di acquisire le competenze necessarie e creare le condizioni per una futura assunzione a tempo indeterminato, sia pur "a tutele crescenti".

Il calo delle nascite e le possibili "contromosse" prospettate rappresentano però solo una faccia della medaglia rispetto al fenomeno indagato.

Difatti, in un sistema pensionistico a ripartizione, il miglioramento sul piano demografico non sarebbe di per sé sufficiente in assenza di concomitanti politiche del lavoro in grado di

garantire, per uomini e donne, carriere lavorative più stabili, continuative e caratterizzate da adeguati trattamenti economici.

Sul primo aspetto (stabilità e continuatività lavorativa), per evitare possibili equivoci di fondo, giova evidenziare che "la flessibilità, di per sé, non rappresenta un disvalore, ma è destinata a diventarlo ove non accompagnata (come avvenuto nel nostro Paese) da un solido ed efficiente sistema di politiche attive del lavoro" (G. Toscano, 2021, 4432).

A riprova di quanto precede, basti pensare che il progressivo ricorso alla flessibilità in entrata ed in uscita, fortemente caldeggiato dall'Europa, si è rivelato ben presto una grande illusione, avendo finito soltanto col favorire un vertiginoso aumento del precariato.

Pertanto, in generale, il legislatore dovrebbe attuare un'inversione di rotta nelle politiche del lavoro, mediante il progressivo abbandono della flessibilità.

Per quanto concerne i trattamenti economici, si dovrebbe invece puntare sulla tutela dei lavoratori maggiormente vulnerabili: si pensi, a titolo esemplificativo, ai numerosi *riders*, il cui rapporto di lavoro per ragioni intrinseche (la peculiare e disorganica regolamentazione) ed estrinseche (le difficili condizioni socio-economiche in cui sovente versano gli aspiranti lavoratori) si presta a distorsioni tali da valicare, in taluni casi, persino i limiti della rilevanza penale[10].

In questa prospettiva (ma di esempi se ne potrebbero fare tanti altri), non appare più differibile l'introduzione di un salario minimo legale, che consentirebbe di tutelare i lavoratori con redditi bassi e non coperti dalla contrattazione collettiva[11] e, al contempo, di contrastare (o quantomeno arginare) il *dumping* contrattuale in atto, dovuto alla presenza di taluni accordi collettivi di dubbia genuinità.

Difatti, come osservato in dottrina, "si registra sempre più spesso un quadro all'interno del quale si vede la nascita di nuove organizzazioni sindacali e datoriali di scarsa o nulla capacità rappresentativa, firmatarie di c.c.n.l. al ribasso, il proliferare della contrattazione pirata e di «aziendalizzazioni» delle relazioni di lavoro" (P. Tridico, 2021, 469).

[10] Trib. Milano, sez. G.I.P./G.U.P., 15 ottobre 2021, n. 2805, in *Sist. pen.*, 3, 2022, p. 149 ss.
[11] In argomento, si segnala che proprio di recente è stata approvata la Direttiva (UE) 2022/2041 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 19 ottobre 2022 relativa a salari minimi adeguati nell'Unione Europea.

Infine, per garantire adeguatezza ai futuri trattamenti pensionistici interamente contributivi si condivide la proposta di introdurre una "pensione contributiva di garanzia"[12], che avrebbe la funzione di garantire ai pensionati con carriere lavorative discontinue e deficitarie sul piano contributivo un trattamento comunque adeguato.

In tal caso, ad ogni modo, in linea con le logiche che governano il sistema contributivo, il trattamento minimo non sarebbe uguale per tutti i beneficiari (come avviene per l'integrazione al minimo della pensione), ma risulterebbe commisurato all'anzianità contributiva dell'assicurato.

In buona sostanza, ci sarebbe "una pensione di base sopra la quale calcolare la pensione contributiva, in modo da non disincentivare comunque l'accumulazione di contribuzione e i tassi di partecipazione" (P. Tridico, 2021, 481).

A conclusione di questo "viaggio", di fronte all'incerto orizzonte pensionistico che ci attende, la chiave di volta per invertire il *trend* negativo sul piano sociale e di mercato, dunque, non può che essere rappresentata dalla stabilità lavorativa, la quale garantirebbe equilibrio al sistema pensionistico ed adeguatezza ai relativi trattamenti.

5. Bibliografia

Amoroso G., *L'interesse delle future generazioni come nuovo parametro costituzionale*, in *Riv. Dir. Sic. Soc.*, n. 3/2022, 431 ss.

Bonardi O., *Il principio di solidarietà intergenerazionale tra diritto dell'ambiente e diritto alla sicurezza sociale*, in *Riv. Dir. Sic. Soc.*, n. 3/2022, 441 ss.

Cazzola G., *La guerra dei cinquant'anni. Storia delle riforme e controriforme del sistema pensionistico*, Torino, 2021.

Cinelli M., *La "solidarietà intergenerazionale" e le sue accezioni*, in *Notariato*, n. 1/2022, 95 ss.

Dorato L., *Per un nuovo patto intergenerazionale: spunti per una proposta di legge-quadro per l'Invecchiamento attivo*, in *federalismi.it*, n. 18/2021, 87 ss.

Filì V., *La sostenibilità del sistema pensionistico italiano tra equilibri ed equilibrismi*, in *Mass. giur. lav.*, n. 1/2018, 25 ss.

[12] Il riferimento è, in particolare, al disegno di legge n. 1010 del 2019, con primo firmatario il Senatore Nannicini, recante "Misure urgenti per la flessibilità e l'equità intergenerazionale del sistema previdenziale. Delega al Governo per l'introduzione della pensione di garanzia".

Fornero E., *Chi ha paura delle riforme. Illusioni, luoghi comuni e verità sulle pensioni*, Milano, 2018.

Giubboni S., *Il sistema pensionistico italiano alla ricerca del difficile equilibrio tra adeguatezza e sostenibilità*, in *Dir. Sic. Soc.*, n. 3/2021, 441 ss.

Ludovico G., *La solidarietà intergenerazionale nel sistema pensionistico: fascino e limiti di un principio necessario*, in *Dir. Rel. Ind.*, n. 1/2019, 28 ss.

Sorrenti G., *"Viaggio ai confini dell'uguaglianza giuridica". Limiti e punti di caduta delle tecniche di attuazione del divieto di distinzioni in base al sesso*, in *Riv. AIC*, n. 2/2020, 438 ss.

Toscano G., *Soggetti deboli e dignità del lavoro*, in AA.VV., *Scritti in onore di Antonio Ruggeri*, vol. V, Napoli, 2021, 4421 ss.

Toscano G., *Pensioni: crescita della vita e decrescita del tasso di natalità*, in *Colloqui Giuridici sul Lavoro*, 2016, 69 ss.

Treu T., *Protezione sociale ed equilibrio intergenerazionale*, in *WP CSDLE "Massimo D'Antona".IT* – 374/2018, 1 ss.

Tridico P., *Mercato del lavoro e sostenibilità del sistema pensionistico: indicazioni di* policy, in *Riv. Dir. Sic. Soc.*, n. 3/2021, 459 ss.

Loredana Ferluga

Brevi note in materia di previdenza complementare

1. Il ruolo della previdenza complementare nel sistema previdenziale. – 2. L'evoluzione della legislazione in materia di previdenza complementare. – 3. Luci ed ombre della previdenza complementare. – 4. Bibliografia.

1. Il ruolo della previdenza complementare nel sistema previdenziale

La disciplina della previdenza complementare è strettamente correlata alle riforme previdenziali dell'inizio degli anni novanta[1], in quanto il ruolo e lo spazio della previdenza complementare sono condizionati dal grado di copertura e dalle caratteristiche del sistema pubblico di tutela[2].

È opportuno quindi, al fine di comprendere le ragioni e le cause che hanno condotto agli interventi legislativi volti a favorire la diffusione della previdenza complementare, un breve cenno alla struttura del sistema previdenziale multipilastro, espressione che descrive sinteticamente il sistema previdenziale italiano, basato su tre livelli, i cd. pilastri, che mirano al raggiungimento del medesimo risultato, cioè a garantire al beneficiario una fonte di reddito al termine dell'attività lavorativa.

Il primo pilastro è rappresentato dal sistema pubblico obbligatorio, che ha il compito di garantire un trattamento previdenziale di base e si fonda sul noto principio della ripartizione, per cui i contributi dei lavoratori attivi finanziano le prestazioni pensionistiche correnti[3]. Il sistema si basa su un simbolico patto intergenerazionale tra padri e figli, per cui la rendita pensionistica dei primi è sostenuta dai contributi pagati dai secondi, in cambio dell'implicita

[1] Da ultimo, L. Cicero, L. Di Gialleonardo, A. Orlando, P. Pellegrini, *La previdenza complementare*, Milano, Giuffrè, 2022.

[2] P. Sandulli, *Riforma pensionistica e previdenza integrativa*, in *Dir. lav. rel. ind.*, 1991, 201 ss. Anche G. Dondi, *Prime note sulla recente disciplina delle forme pensionistiche complementari*, in *Mass. giur. lav.*, 1993, 706.

[3] Nel primo dopoguerra, per far fronte alla crescente inflazione ed alle difficoltà economiche connesse alla ricostruzione del sistema produttivo, il regime a ripartizione, destinato a diventare in breve il sistema dominante, si affianca al regime a capitalizzazione: M. Bessone, *Previdenza complementare*, Giappichelli, Torino, 2000, 4 ss.

promessa da parte dello Stato che le pensioni di questi ultimi saranno garantite dalle generazioni future.

Il secondo pilastro, rappresentato dalla previdenza complementare su base collettiva, è costituito dall'adesione collettiva ai fondi pensione (chiusi ed aperti)[4] ed è caratterizzato da una gestione a capitalizzazione da parte di soggetti specializzati, per cui i contributi dei lavoratori attivi sono accantonati in conti individuali ed investiti in attività dei mercati finanziari generando un montante previdenziale che finanzierà la pensione o rendita pensionistica dei medesimi lavoratori (andati nel frattempo in pensione)[5].

Il terzo pilastro, caratterizzato anch'esso da una gestione a capitalizzazione, è rappresentato dalla previdenza complementare su base individuale, che si realizza attraverso la sottoscrizione, a titolo individuale, di Forme Individuali di Previdenza, costituite da adesioni individuali a fondi pensioni aperti e/o Polizze vita Individuali con finalità Previdenziale, e prodotti di risparmio individuale in grado di assicurare una prestazione previdenziale.

Il secondo ed il terzo pilastro, a differenza del primo, si fondano sul principio dell'adesione volontaria.

Si tratta evidentemente di un sistema misto che disegna la nuova pensione come la somma della pensione pubblica integrata dalle altre forme previdenziali le quali, unitamente alla prima, costituiscono i pilastri sui quali poggia l'intero sistema[6].

È opportuno osservare tuttavia che la costruzione, a seguito delle riforme previdenziali, di un sistema multipilastro è stata imposta all'ordinamento dalla crisi della previdenza di base[7]; il legislatore, cioè, è stato indotto a regolamentare e, per quanto possibile, ad incentivare le forme pensionistiche complementari a causa del «*deficit* di copertura sociale dell'attuale sistema previdenziale di base»[8].

[4] P. Bongini-G. Impavido (a cura di), *Il ruolo dei fondi pensione in un'economia globale*, Il Mulino, Bologna, 2011.
[5] M. Bessone, *op. cit.*, 4 ss.
[6] D. Mezzacapo, *Nozioni e regole della previdenza complementare riformata*, in G. Santoro-Passarelli, *Trattamento di fine rapporto e previdenza complementare*, Giappichelli, Torino, 2007, 118.
[7] Sulle recenti riforme del sistema pensionistico, P. Sandulli, *Nuovi modelli di protezione sociale fra istanze risalenti e pretese recenti: profili di criticità e problemi di finanziamento*, in *Il diritto del lavoro e la sua evoluzione. Scritti in onore di Roberto Pessi*, tomo III, Cacucci, Bari, 2021, 2287 ss.; V. Filì, *La sostenibilità del sistema pensionstico italiano tra equilibri ed equilibrismi*, in *Mass. giur. lav.*, 2018, 25 ss.
[8] M. Cinelli, *Diritto della previdenza sociale*, Giappichelli, Torino, 2016, 644. Anche D. Mezzacapo, *op. cit.*, 121.

A questo proposito non bisogna dimenticare che l'equilibrio del sistema pensionistico obbligatorio è stato influenzato da alcuni fattori esterni di imprevedibile evoluzione, tra loro collegati, che ne hanno determinato la crisi[9].

Innanzitutto, l'andamento demografico. Durante l'ultimo secolo in Italia, come in altri Paesi industrializzati, si è verificato un progressivo allungamento della vita media legato ai progressi della scienza medica, unitamente ad una incisiva diminuzione del tasso di natalità in conseguenza del passaggio da una società agricola ad una industriale ed alla progressiva emancipazione femminile. La combinazione dei due fenomeni, in un sistema a ripartizione come quello italiano, comporta che la quota di anziani usciti dal sistema produttivo a carico della popolazione attiva diviene sempre più consistente. È evidente, però, che il sistema di finanziamento delle prestazioni previdenziali a ripartizione è in equilibrio solo se l'ammontare dei contributi versati è uguale all'ammontare delle pensioni in corso di erogazione.

Il secondo fattore che ha inciso profondamente sull'equilibrio del sistema previdenziale è rappresentato dalla crisi del mercato del lavoro e dall'aumento della disoccupazione: il numero di lavoratori dipendenti, e quindi la principale fonte di finanziamento del sistema, è stato ridotto a causa di licenziamenti, cassa integrazione, prepensionamenti, ed analogo effetto ha avuto l'introduzione delle forme di impiego flessibile.

Infine, dalla metà degli anni settanta il sistema previdenziale italiano è entrato in una fase di progressivo disavanzo: la spesa per pensioni è cresciuta incessantemente e la differenza tra pensioni e contributi è stata coperta dall'intervento finanziario dello Stato. Questo onere ha aggravato il quadro di finanza pubblica già compromesso da forti squilibri nelle altre voci di spesa (sanità, istruzione, etc.), da alti tassi di interesse sul debito pubblico, da impegni internazionali di stabilità dei tassi di cambio, riduzione dei monopoli, liberalizzazione e deregolamentazione.

A ciò si aggiunge che alla fine degli anni sessanta viene introdotto il sistema di calcolo delle pensioni retributivo, in cui il trattamento pensionistico è commisurato all'anzianità di lavoro e alle ultime retribuzioni, in sostituzione di quello contributivo, per il quale la pensione è commisurata all'entità dei contributi versati dall'assicurato nell'arco di tutta la vita lavorativa (art. 5, D.P.R. n. 488/1968, e art. 14, legge 30 aprile 1969, n. 153).

[9] R. Cesari, *I fondi pensione*, Il Mulino, Bologna, 2007, 31 ss.

È evidente che il sistema di calcolo retributivo assicura al lavoratore, alla cessazione del rapporto di lavoro, il mantenimento di un tenore di vita simile a quello goduto durante l'attività lavorativa, posto che la prestazione pensionistica cui dà diritto non è di molto inferiore rispetto all'ultima retribuzione. Di contro, tuttavia, esso, dal momento che le ultime retribuzioni sono più elevate di quelle corrisposte all'inizio dell'attività lavorativa di ciascuno, comporta oneri maggiori a carico del sistema pubblico.

Orbene, l'adozione del sistema di calcolo retributivo, unitamente all'utilizzo, sin dal primo dopoguerra, della tecnica di finanziamento della previdenza pubblica a ripartizione e complici i fattori di crisi sopra ricordati, hanno contribuito ad ingenerare un forte squilibrio nel sistema pensionistico obbligatorio.

Era pertanto necessario rendere sostenibile il sistema a ripartizione, attraverso la riduzione dei livelli delle prestazioni pensionistiche pubbliche e l'instaurazione di un efficiente sistema di previdenza complementare.

Non a caso il legislatore interviene in una duplice direzione.

Innanzitutto, attraverso il graduale passaggio dal metodo retributivo a quello contributivo: in tal modo il livello di copertura offerto dal sistema di previdenza obbligatorio si abbassa drasticamente, producendosi l'effetto, soprattutto per le fasce di lavoratori più giovani ed in particolare per quelli privi di anzianità contributiva alla data del 1° gennaio 1996, ai quali si applica il metodo contributivo, di una forte riduzione dei tassi di sostituzione, ovvero della percentuale di ultima retribuzione garantita dalla prima rata di pensione[10].

In secondo luogo, con la creazione del sistema multipilastro, nel quale compito della previdenza complementare, per espressa previsione legislativa, è quello di assicurare più elevati livelli di copertura previdenziale (art. 1, d.lgs. n. 124/1993, e art. 1, d.lgs. n. 252/2005).

La decisione del legislatore di costituire e regolamentare con una specifica disciplina un secondo "pilastro", rappresentato, appunto, dalle forme di previdenza complementare,

[10] Da ultimo, la legge n. 214/2011 (in dottrina, v. P. Sandulli, *Il sistema pensionistico tra una riforma e l'altra. Prime riflessioni sulla legge 214/2011*, in *Riv. sic. soc.*, 2012, 28) stabilisce che a partire dal 1° gennaio 2012 le anzianità contributive maturate dopo il 31 dicembre 2011 vengono calcolate per tutti i lavoratori con il sistema di calcolo contributivo; di conseguenza, anche i lavoratori che avrebbero usufruito di una pensione calcolata esclusivamente con il metodo retributivo avranno una pensione pro-rata calcolata con entrambi i metodi di calcolo.

consente di mettere in luce i vantaggi e le opportunità che le stesse presentano, grazie alle potenzialità che hanno di incidere in varie direzioni e secondo diversificate prospettive.

Innanzitutto, le forme di previdenza complementare possono comportare vantaggi sul piano economico generale: per le ingenti risorse che possono mobilitare, infatti, i fondi pensione potenzialmente rappresentano importanti strumenti di intermediazione finanziaria del mercato mobiliare e veicoli di investimento nei settori produttivi[11]. Correlata a tale caratteristica è la capacità delle forme di previdenza complementare di soddisfare le esigenze di riappropriazione, da parte dei singoli, della facoltà di decidere in merito ai bisogni da includere tra quelli meritevoli di protezione, a dimostrazione di una maggiore maturità del corpo sociale nel suo insieme, con la conseguente delegittimazione dello Stato come unico interprete dei bisogni meritevoli di tutela[12]. Ancora, un pregio della previdenza complementare è rappresentato dal fatto che essa è destinata a costituire un efficace strumento di manovra per le imprese in materia del costo del lavoro: può, infatti, consentire la modulazione del carico contributivo, ma può risultare utile, soprattutto, in presenza di politiche di contenimento della dinamica salariale. Infine, si è già ricordata la funzione di rimedio alla crisi del sistema previdenziale pubblico generalmente riconosciuta alla previdenza complementare.

In sostanza, con tale scelta «il legislatore ha mostrato di voler procedere ad una razionalizzazione del sistema, attraverso l'adozione di un criterio "binario" di protezione sociale, che implica l'accettazione del superamento del ruolo monopolistico, già proprio delle strutture pubbliche, e, correlativamente, l'adesione ad una impostazione "conciliativa" tra pubblico e privato anche nella specifica materia»[13]; ma è stato sottolineato anche che, se dalle affermazioni di principio si passa alla considerazione fattuale della concreta disciplina,

[11] La previdenza pubblica, che opera a ripartizione, fornisce prestazioni, e, quindi, incentiva prevalentemente i consumi; invece, la previdenza privata, che opera a capitalizzazione, accumula risparmio, e, quindi, attraverso idonei criteri di gestione delle risorse finanziarie raccolte, può efficacemente concorrere al rilancio sia dell'attività produttiva che, indirettamente, dell'occupazione. In dottrina, M. Squeglia, *Il regime finanziario della capitalizzazione nella previdenza complementare: un sistema "perfetto" per le generazioni future?*, in *Dir. rel. ind.*, 2019, 81 ss.

[12] M. Cinelli, *Diritto della previdenza sociale*, Giappichelli, Torino, 2007, 549.

[13] M. Cinelli, *Diritto della previdenza sociale*, *cit.*, 2016, 645.

emergono aspetti non sempre consonanti con il disegno generale, e che, comunque, fanno dubitare circa la effettiva perseguibilità degli obiettivi[14].

2. L'evoluzione della legislazione in materia di previdenza complementare

L'anno che segna una svolta nella lunga storia della previdenza complementare è il 1992: il dissesto della finanza pubblica impone soluzioni drastiche, che sfociano nell'emanazione della legge 14 novembre 1992, n. 438, che realizza il blocco delle pensioni di anzianità, e della legge delega 23 ottobre 1992, n. 421, la quale trova attuazione rispettivamente nel d.lgs. 21 aprile 1993, n. 124, che disciplina le forme pensionistiche complementari, e nel d.lgs. 30 dicembre 1992, n. 503, che disciplina «Norme per il riordinamento del sistema previdenziale dei lavoratori privati e pubblici».

Anteriormente al d.lgs. n. 124/1993[15], il quadro normativo in materia di previdenza complementare è caratterizzato da un insieme disomogeneo di norme particolari «di volta in volta introdotte al fine di soddisfare esigenze pratiche rilevanti, ma pur sempre settorialmente circoscritte»[16]. La normativa degli anni 1992-1993, invece, pur lasciando «intendere all'interprete più attento la parzialità della portata innovativa introdotta in quell'occasione»[17], ha il merito di fornire una organica e compiuta disciplina alla materia.

La formulazione dell'art. 3, comma 1, lett. v), l. n. 421/1992, lascia emergere gli obiettivi della legge delega n. 421/1992, che consistono nel 1) realizzare il riequilibrio finanziario delle gestioni pensionistiche, stabilizzando il rapporto attuale tra spesa previdenziale e prodotto interno lordo; 2) omogeneizzare i trattamenti pensionistici obbligatori; 3) favorire la costituzione di forme di previdenza per l'erogazione di trattamenti pensionistici complementari.

[14] In dottrina non è mancato chi ha rimarcato che la previdenza privata appartiene ad una sfera distinta ed autonoma da quella pubblica, dal momento che essa è espressione essenziale di libertà nell'attuazione di forme protettive: M. Grandi, *Previdenza integrativa e previdenza privata*, in AA.VV., *Questioni attuali di diritto del lavoro*, in *Notiz. giur. lav. – suppl.*, Roma, 1989, 220. V. anche M. Persiani, *Aspettative e diritti nella previdenza pubblica e privata*, in *Arg. dir. lav.*, 1998, 311.

[15] Per una lettura complessiva, F. Carinci- G. Zampini, *La previdenza complementare – Uno sguardo di sintesi a vent'anni dal d.leg. 124/1993*, in *Lav. giur.*, 2013, 437; M. Squeglia, *La "previdenza contrattuale". Un modello di nuova generazione per la tutela dei bisogni previdenziali socialmente rilevanti*, Giappichelli, Torino, 2014.

[16] R. Vianello, *Previdenza complementare e autonomia collettiva*, Cedam, Padova, 2005, 48 ss.

[17] P. Bozzao, *La previdenza complementare*, in R. Pessi (a cura di), *La riforma del sistema previdenziale*, Cedam, Padova, 1995, 379.

Al legislatore delegato, al fine di realizzare tali ambiziosi obiettivi, spettava di affrontare delicate problematiche, quali la costituzione, la gestione e la vigilanza delle forme di previdenza aventi come scopo l'erogazione di trattamenti pensionistici complementari del sistema obbligatorio; l'articolazione delle medesime forme complementari secondo criteri di flessibilità e diversificazione per categorie di beneficiari; la riferibilità di tali forme ai lavoratori dipendenti, ai lavoratori autonomi ed ai liberi professionisti; l'adesione su base volontaria, collettiva o individuale; l'autonomia e separazione contabile e patrimoniale delle stesse forme complementari; la possibilità di concessione di agevolazioni fiscali.

Ed in effetti il legislatore delegato, sebbene con un dettato molto meno ampio e articolato, si richiama letteralmente alla norma delegante, laddove precisa, utilizzando le medesime parole della norma delegante, che l'obiettivo della disciplina che ad esso fa seguito è quello «di assicurare più elevati livelli di copertura previdenziale» (art. 1, d.lgs. n. 124/1993).

L'attuazione della delega, tuttavia, trova di fatto ostacoli che non solo impediscono lo sviluppo delle nuove forme di previdenza complementare, ma pregiudicano quelle preesistenti, provocando «una sorta di gelata e determinandone sostanzialmente il blocco a causa delle astruse disposizioni fiscali, delle distonie rispetto al sistema obbligatorio pubblico e del persistente elevato tasso di copertura dei bisogni assicurato dal medesimo»[18].

Proprio in considerazione del fatto che il d.lgs. n. 124/1993, poco chiaro per alcuni aspetti e fortemente penalizzante dal punto di vista fiscale, non porta alla nascita di alcun fondo pensione ed, anzi, penalizza i fondi esistenti, il legislatore, al fine di promuovere la previdenza complementare ed agevolarne il decollo, interviene, nel breve arco di un paio di anni, con la legge di «riforma del sistema pensionistico obbligatorio e complementare» (legge 8 agosto 1995, n. 335, e prima ancora d.lgs. 30 dicembre 1993, n. 585), che realizza un intervento strutturale estremamente complesso e si caratterizza per il recupero ed il rilancio, come elemento portante del sistema, del modello delle assicurazioni sociali nonché per la riscoperta del principio della corrispettività tra contributi versati e prestazioni ricevute[19].

Con riferimento alle forme pensionistiche complementari, l'art. 1, comma 1, l. n. 335/1995, si preoccupa nuovamente di individuarne gli obiettivi, affermando che «l'agevolazione delle

[18] R. Vianello, *op. cit.*, 55.
[19] R. Pessi, *Corrispettività e solidarietà nel nuovo sistema previdenziale*, *cit.*, 6.

forme pensionistiche complementari» è finalizzata «allo scopo di consentire livelli aggiuntivi di copertura previdenziale»: rispetto alla formula utilizzata nel d.lgs. n. 124/1993 scompare ogni traccia di comparazione, «sicché (nell'ambito della disciplina del d.lgs. n. 124/1993) trattamento pensionistico complementare finisce per essere semplicemente quello che si somma al trattamento pensionistico obbligatorio per effetto di una libera scelta dell'interessato»[20].

Rimanendo su un piano generale, è opportuno ricordare che lo sviluppo della previdenza complementare viene concretamente perseguito dal legislatore del 1995 attraverso disposizioni che 1) estendono la platea dei destinatari e delle fonti istitutive; 2) disciplinano il trasferimento della posizione costituita presso un fondo pensione; 3) regolano il regime tributario dei contributi, delle prestazioni e dei fondi pensione; 4) riscrivono le norme in materia di vigilanza.

Nonostante le modifiche sembrassero idonee se non ad incentivare i fondi pensione quanto meno a sbloccare la situazione creatasi in precedenza, numerosi altri provvedimenti, anche di normazione secondaria, si succedono fino all'emanazione del d.lgs. 18 febbraio 2000, n. 47, che, in attuazione della legge delega 13 maggio 1999, n. 133, riscrive il d.lgs. n. 124/1993 con particolare riferimento al regime fiscale delle forme pensionistiche private, collettive ed individuali[21].

Sulla complessa disciplina della previdenza complementare, che già risulta da un variegato insieme di fonti, interviene la legge costituzionale 18 ottobre 2001, n. 3, che, riscrivendo il Titolo V della Parte II della Costituzione, attribuisce allo Stato potestà legislativa esclusiva in materia di «determinazione dei livelli essenziali delle prestazioni concernenti i diritti civili e sociali che devono essere garantiti su tutto il territorio nazionale» (art. 117, comma 2, lett. m) e di «previdenza sociale» (art. 117, comma 2, lett. o), mentre inserisce tra le materie di legislazione concorrente la «previdenza complementare e integrativa» (art. 117, comma 3)[22].

[20] R. Vianello, *op. cit.*, 63.

[21] V. anche d.lgs. 17 agosto 1999, n. 299, che si occupa della cd. cartolarizzazione del trattamento di fine rapporto, cioè della trasformazione in titoli del tfr.

[22] Sul significato da attribuire alle locuzioni utilizzate dalla norma costituzionale: E. Mangiameli, *Le materie di competenza regionale*, Giuffrè, Milano, 1992, 96 ss. e 103 ss. Con riferimento a profili generali, v. F. Carinci, *Aspetti problematici e prospettive* de jure condendo, in M. Bessone-F. Carinci (a cura di), *La previdenza complementare*, Utet, Torino, 2004, XXXIV.

E dal momento che la *ratio* della riscrittura del Titolo V è nel senso di una dilatazione delle competenze regionali, la linea seguita dal legislatore delegante nell'agosto del 2004 è proprio quella della valorizzazione dei profili di autonomia locale, che emerge laddove la legge n. 243/2004 individua i «fondi istituiti o promossi dalle regioni, tramite loro strutture pubbliche o a partecipazione pubblica all'uopo istituite» come destinatari del conferimento tacito del trattamento di fine rapporto (art. 1, comma 2, lett. e), n. 2), accentuando per tale via il decentramento della previdenza complementare[23]. E sulla medesima linea si pone il legislatore delegato laddove amplia la categoria delle fonti istitutive delle forme pensionistiche complementari estendendola alle regioni, stabilendo che queste disciplinano il funzionamento delle forme pensionistiche complementari con legge regionale «nel rispetto della normativa nazionale in materia» (art. 3, comma 1, lett. d), d.lgs. n. 252/2005).

Più in generale, la riforma Maroni, che disciplina «Norme in materia pensionistica e deleghe al Governo nel settore della previdenza pubblica, per il sostegno alla previdenza complementare e all'occupazione stabile e per il riordino degli enti di previdenza ed assistenza obbligatoria», è diretta a «sostenere e favorire lo sviluppo di forme pensionistiche complementari» (art. 1, comma 1, lett. c), legge delega n. 243/2004).

3. Luci ed ombre della previdenza complementare

Al legislatore delegante del d.lgs. n. 252/2005, emanato dopo un *iter* di approvazione difficoltoso, la legge delega consegna l'obiettivo generale di sostenere e favorire lo sviluppo di forme pensionistiche complementari, a cui se ne accompagna uno più specifico, rappresentato dall'incremento dell'entità dei flussi di finanziamento alle forme pensionistiche complementari.

Lo stesso d.lgs. n. 252/2005, inoltre, specificamente precisa di disciplinare le forme di previdenza per l'erogazione di trattamenti pensionistici complementari del sistema obbligatorio, con la finalità dichiarata, già presente nella legislazione precedente, «di assicurare più elevati livelli di copertura previdenziale» (art. 1, comma 1)[24].

[23] In tal senso R. Vianello, *op. cit.*, 69.
[24] M. Cinelli, *"Pubblico", "privato" e Costituzione nelle attuali dinamiche di previdenza*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2017, 401 ss.

Lo strumento per raggiungere l'obiettivo specifico dell'incremento dei flussi di finanziamento viene individuato dal legislatore nel conferimento volontario, esplicito o tacito, del trattamento di fine rapporto maturando alla previdenza complementare[25]: nell'impianto della riforma il trattamento di fine rapporto diviene quindi lo strumento ordinario di finanziamento delle forme pensionistiche complementari, prefigurandosi così la definitiva perdita della natura e funzione retributiva già preconizzata dal d.lgs. n. 124/1993[26].

La disciplina del finanziamento delle forme pensionistiche complementari rappresenta uno degli aspetti innovativi di maggior rilievo del d.lgs. n. 252/2005 ed in particolare l'utilizzo del meccanismo del cd. silenzio-assenso, cioè del meccanismo che prevede il conferimento automatico del trattamento di fine rapporto maturando ai fondi pensione collettivi, «salva diversa esplicita volontà espressa dal lavoratore», costituisce la questione più delicata e controversa della riforma, posto che la stessa presuppone la verifica della compatibilità con la garanzia costituzionale di massima libertà prevista dal comma 5 dell'art. 38 Cost.[27].

Il conferimento del trattamento di fine rapporto non rappresenta tuttavia l'unico aspetto di novità e di problematicità affrontato dalla riforma[28]. A tal proposito, è opportuno osservare che i principali profili innovativi del d.lgs. n. 252/2005 riguardano rispettivamente le misure di incentivazione alle adesioni e le regole in materia di vigilanza.

Con riferimento a queste ultime, il legislatore delegante, in attuazione di quanto stabilito dalla legge delega in tema di omogeneizzazione del sistema di vigilanza, provvede, pur mantenendo l'impianto della normativa precedente, ad ampliare alcune aree di competenza della COVIP, che diviene l'unica autorità di vigilanza della previdenza complementare: in particolare, vengono attribuiti alla Commissione nuovi compiti, quali la definizione di

[25] P. Sandulli, *Il conferimento, tacito e non, del tfr nel sistema di previdenza complementare. Riflessioni critiche*, in M. Messori (a cura di), *La previdenza complementare in Italia*, Il Mulino, Bologna, 2006; M. Cinelli- S. Giubboni, *La disciplina del finanziamento*, in M. Cinelli, *La previdenza complementare. Art. 2123. Il codice civile. Commentario* diretto da F. Busnelli, Giuffrè, Milano, 2010, 251.

[26] A. Tursi, *Note introduttive: la terza riforma della previdenza complementare*, in A. Tursi (a cura di), *La nuova disciplina della previdenza complementare*, in *Le nuove leggi civ comm.*, 2007, 539.

[27] Per tutti, G. Zampini, *La previdenza complementare. Fondamento costituzionale e modelli organizzativi*, Cedam, Padova, 2004; R. Pessi, *Previdenza e assistenza tra universalità e sostenibilità*, in *Mass. giur. lav.*, 2018, 133 ss. Sia consentito il rinvio a L. Ferluga, *La previdenza complementare nel disegno costituzionale*, in *Il dir. merc. lav.*, 2017, 33 ss.

[28] G. Zampini, *La previdenza complementare a trent'anni dalla riforma: luci e ombre*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2023, 99 ss.; G. Castellani, *Il rilancio della previdenza complementare: luci ed ombre di una rivoluzione incompiuta*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2017, 565 ss.

condizioni che garantiscano il rispetto dei principi di trasparenza, comparabilità e portabilità; la definizione di schemi per statuti, regolamenti, prospetti, schede e note informative; l'approvazione preventiva dei regolamenti dei FIP. Viene prevista inoltre per tutte le forme pensionistiche la nomina di un responsabile, di cui vengono definiti compiti e requisiti.

Con riferimento alle misure di incentivazione, oltre al già ricordato conferimento del trattamento di fine rapporto alla previdenza complementare, gli assi portanti della nuova disciplina ruotano intorno: 1) all'ampliamento delle fonti istitutive delle forme pensionistiche complementari[29]; 2) alla libertà di adesione alle forme pensionistiche complementari, già prevista dal d.lgs. n. 124/1993, a cui si accompagnano i principi assolutamente innovativi della libertà di scelta della forma pensionistica alla quale aderire e della possibilità di trasferire la posizione previdenziale da una forma pensionistica ad un'altra, che è un corollario del più generale principio di equiparazione tra le forme pensionistiche complementari; 3) alle misure compensative per le imprese[30]; 4) al trattamento fiscale più favorevole per gli aderenti[31].

I profili coinvolti dal disegno riformatore sono numerosi ed altrettanto numerosi risultano i rilievi critici a cui la nuova normativa va incontro.

Sul piano generale, è appena il caso di ricordare che la riforma presenta anomalie con riferimento quanto meno a due importanti profili, che riguardano rispettivamente la divaricazione di disciplina per i dipendenti del settore pubblico, continuandosi ad applicare a questi, in attesa di un apposito provvedimento, la previgente normativa ed il fatto che i lavoratori atipici, a causa delle loro carriere discontinue, incontrano le maggiori difficoltà di adesione al sistema di previdenza complementare, riconducibili principalmente alla

[29] Si è già accennato alla circostanza che il d.lgs. n. 252/2005 amplia la categoria delle fonti istitutive delle forme pensionistiche complementari estendendola alle regioni, a cui lo stesso decreto aggiunge gli enti previdenziali privatizzati di cui ai d.lgs. 30 giugno 1994, n. 509, e 10 febbraio 1996, n. 103, e gli accordi aziendali, anche limitatamente ai soli soggetti o lavoratori firmatari degli stessi.

[30] Alle imprese si riconoscono, a fronte della perdita dell'autofinanziamento costituito dal flusso annuo del trattamento di fine rapporto, una serie di agevolazioni in termini di aumento della quota deducibile del trattamento di fine rapporto destinato a previdenza complementare, di esonero dal versamento del contributo al fondo di garanzia del trattamento di fine rapporto, di accesso al credito agevolato con istituzione di un fondo di garanzia pubblico, di riduzione del costo del lavoro attraverso l'eliminazione di alcuni oneri contributivi (cd. oneri impropri).

[31] Il legislatore tenta di ovviare ai problemi derivanti dalla frammentarietà degli interventi normativi precedenti per promuovere una maggiore adesione ai fondi di previdenza complementare incidendo sulla loro maggiore fonte di finanziamento, ovvero sul trattamento di fine rapporto.

discontinuità dei rapporti, al basso livello dei redditi percepiti, a fenomeni di disinformazione, ai problemi di portabilità[32].

Accennando ad aspetti più specifici, si pensi alla asimmetria del meccanismo del silenzio-assenso: la scelta di coloro che lasciano il trattamento di fine rapporto in azienda è modificabile, mentre così non è per coloro che decidono di conferire il trattamento di fine rapporto a previdenza complementare. Oppure, ancora, alla sorte del contributo datoriale in caso di trasferimento della posizione previdenziale: il diritto all'eventuale contributo datoriale goduto in precedenza è riconosciuto «nei limiti e secondo le modalità stabilite dai contratti o accordi collettivi». La disciplina del diritto al contributo datoriale finisce quindi per condizionare l'istituto della portabilità della posizione previdenziale e, in definitiva, la libertà di scelta della forma pensionistica alla quale aderire. È evidente che il lavoratore non sarà incentivato ad aderire ad una forma pensionistica che, in caso di trasferimento della posizione previdenziale, oppone limiti alla trasferibilità del diritto del contributo datoriale.

Senza considerare infine che sotto l'aspetto meramente pratico numerose sono le difficoltà di sviluppo che le forme di previdenza privata possono incontrare. Oltre a fattori, quali la mancanza di una cultura previdenziale diffusa; la scarsità delle risorse a disposizione dei potenziali aderenti; la bassa adesione da parte dei giovani, dovuta probabilmente al desiderio di mantenere, nei primi anni di lavoro, la fonte di liquidità costituita dal trattamento di fine rapporto, che in caso di adesione al fondo pensione dovrebbe invece essere destinato allo stesso; nel caso dei lavoratori autonomi, l'elevata frammentazione settoriale che rende più difficile la raccolta delle adesioni; la presenza delle distorsioni della concorrenza dovute ad una non omogenea regolamentazione tra le diverse forme previdenziali; i motivi si rintracciano principalmente nella debolezza degli incentivi fiscali, che comunque rappresentano un aggravio per la finanza pubblica e, dunque, un annullamento, più o meno parziale, dei benefici conseguenti all'alleggerimento, per via dei fondi pensione, degli oneri

[32] F. Vallacqua, *Previdenza complementare e flessibilità nel mercato del lavoro*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2006, 779 ss. V. anche C. Romeo, *La previdenza complementare tra profili di tutela del lavoro e forme di finanziamento*, in C. Romeo (a cura di), *Attuali prospettive della previdenza complementare tra fonti e prassi*, Tipografia universitaria, Catania, 2007, 36 ss.; M. Cinelli, *"Nuovi lavori" e tutele: quali spazi per la previdenza sociale?*, in *Riv. it. dir. lav.*, 2005, I, 225 ss.

pubblici[33], e nella presenza di una previdenza di base aumentata del trattamento di fine rapporto, che riduce lo spazio ed il bisogno di previdenza complementare[34].

4. Bibliografia

Bessone M., *Previdenza complementare*, Giappichelli, Torino, 2000

Bongini P.- Impavido G. (a cura di), *Il ruolo dei fondi pensione in un'economia globale*, Il Mulino, Bologna, 2011

Bozzao P., *La previdenza complementare*, in R. Pessi (a cura di), *La riforma del sistema previdenziale*, Cedam, Padova, 1995, 379 ss.

Carinci F., *Aspetti problematici e prospettive* de jure condendo, in Bessone M. - Carinci F. (a cura di), *La previdenza complementare*, Utet, Torino, 2004, III ss.

Carinci F.- Zampini G., *La previdenza complementare – Uno sguardo di sintesi a vent'anni dal d.leg. 124/1993*, in *Lav. giur.*, 2013, 437 ss.

Castellani G., *Il rilancio della previdenza complementare: luci ed ombre di una rivoluzione incompiuta*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2017, 565 ss.

Cesari R., *I fondi pensione*, Il Mulino, Bologna, 2007

Cicero L., Di Gialleonardo L., Orlando A., Pellegrini P., *La previdenza complementare*, Milano, Giuffrè, 2022

Cinelli M., *Commento all'art. 1 del decr. lgs. n. 124/1993*, in Cinelli M. (a cura di), *La disciplina delle forme pensionistiche complementari*, in *Le nuove leggi civ comm.*, 1995, 171 ss.

Cinelli M., *"Nuovi lavori" e tutele: quali spazi per la previdenza sociale?*, in *Riv. it. dir. lav.*, 2005, I, 225 ss.

Cinelli M.- Giubboni S., *La disciplina del finanziamento*, in M. Cinelli, *La previdenza complementare. Art. 2123. Il codice civile. Commentario* diretto da Busnelli F., Giuffrè, Milano, 2010, 251 ss.

Cinelli M., *Diritto della previdenza sociale*, Giappichelli, Torino, 2016

Cinelli M., *"Pubblico", "privato" e Costituzione nelle attuali dinamiche di previdenza*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2017, 401 ss.

[33] M. Cinelli, *Commento all'art. 1 del decr. lgs. n. 124/1993*, in M. Cinelli (a cura di), *La disciplina delle forme pensionistiche complementari*, in *Le nuove leggi civ comm.*, 1995, 171.
[34] T. Treu, *La previdenza complementare nel sistema previdenziale*, in M. Bessone-F. Carinci (a cura di), *cit.*, 8.

Dondi G., *Prime note sulla recente disciplina delle forme pensionistiche complementari*, in *Mass. giur. lav.*, 1993, 706 ss.

Ferluga L., *La previdenza complementare nel disegno costituzionale*, in *Il dir. merc. lav.*, 2017, 33 ss.

Filì V., *La sostenibilità del sistema pensionstico italiano tra equilibri ed equilibrismi*, in *Mass. giur. lav.*, 2018, 25 ss.

Grandi M., *Previdenza integrativa e previdenza privata*, in AA.VV., *Questioni attuali di diritto del lavoro*, in *Notiz. giur. lav. – suppl.*, Roma, 1989, 220 ss.

Mangiameli E., *Le materie di competenza regionale*, Giuffrè, Milano, 1992

Mezzacapo D., *Nozioni e regole della previdenza complementare riformata*, in G. Santoro-Passarelli, *Trattamento di fine rapporto e previdenza complementare*, Giappichelli, Torino, 2007, 117 ss.

Persiani M., *Aspettative e diritti nella previdenza pubblica e privata*, in *Arg. dir. lav.*, 1998, 311 ss.

Pessi R., *Previdenza e assistenza tra universalità e sostenibilità*, in *Mass. giur. lav.*, 2018, 133 ss.

Romeo C., *La previdenza complementare tra profili di tutela del lavoro e forme di finanziamento*, in Romeo C. (a cura di), *Attuali prospettive della previdenza complementare tra fonti e prassi*, Tipografia universitaria, Catania, 2007, 36 ss.

Sandulli P., *Riforma pensionistica e previdenza integrativa*, in *Dir. lav. rel. ind.*, 1991, 201 ss.

Sandulli P., *Il conferimento, tacito e non, del tfr nel sistema di previdenza complementare. Riflessioni critiche*, in Messori M. (a cura di), *La previdenza complementare in Italia*, Il Mulino, Bologna, 2006

Sandulli P., *Il sistema pensionistico tra una riforma e l'altra. Prime riflessioni sulla legge 214/2011*, in *Riv. sic. soc.*, 2012, 25 ss.

Sandulli P., *Nuovi modelli di protezione sociale fra istanze risalenti e pretese recenti: profili di criticità e problemi di finanziamento*, in *Il diritto del lavoro e la sua evoluzione. Scritti in onore di Roberto Pessi*, tomo III, Cacucci, Bari, 2021, 2287 ss.

Squeglia M., *La "previdenza contrattuale". Un modello di nuova generazione per la tutela dei bisogni previdenziali socialmente rilevanti*, Giappichelli, Torino, 2014

Squeglia M., *Il regime finanziario della capitalizzazione nella previdenza complementare: un sistema "perfetto" per le generazioni future?*, in *Dir. rel. ind.*, 2019, 81 ss.

Treu T., *La previdenza complementare nel sistema previdenziale*, in Bessone M.- Carinci F. (a cura di), *La previdenza complementare*, Utet, Torino, 2004, 8 ss.

Tursi A., *Note introduttive: la terza riforma della previdenza complementare*, in Tursi A. (a cura di), *La nuova disciplina della previdenza complementare*, in *Le nuove leggi civ comm.*, 2007, 539 ss.

Vallacqua F., *Previdenza complementare e flessibilità nel mercato del lavoro*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2006, 779 ss.

Vallacqua F., *Tendenze evolutive nel rapporto tra previdenza complementare e T.F.R.*, in Romeo C. (a cura di), *Attuali prospettive della previdenza complementare tra fonti e prassi*, Tipografia universitaria, Catania, 2007, 54 ss.

Zampini G., *La previdenza complementare. Fondamento costituzionale e modelli organizzativi*, Cedam, Padova, 2004

Zampini G., *La previdenza complementare a trent'anni dalla riforma: luci e ombre*, in *Riv. dir. sic. soc.*, 2023, 99 ss.

Elena Girasella

"Serviranno più immigrati" (parola di Piero Angela). Contorni e limiti di una normativa anacronistica

1. Operazione verità: l'immigrazione non è un problema. – 2. La strutturale gestione emergenziale dell'immigrazione in Italia e le conseguenti necessarie e mai sufficienti sanatorie. – 3. Fabbisogno di popolazione immigrata, considerazioni conclusive.

1. Operazione verità: l'immigrazione non è un problema

Nel cuore della rappresentazione e sovraesposizione mediatica dei flussi migratori di questo secolo come emergenza e dunque problema, Piero Angela porta all'attenzione dell'opinione pubblica i dati utili a sventare la falsa minaccia e ribaltare la questione da criticità a opportunità preconizzando uno scenario che è già in *fieri*, come questo breve contributo intende dimostrare.

Il più noto divulgatore scientifico italiano ha più volte tentato di rendere giustizia alla valenza del dato effettivo rispetto a tematiche suscettibili di essere distorte da tesi complottiste da cui lo stesso dibattito politico non è rimasto immune ma, come nel caso della materia migratoria, ha addirittura alimentato con conseguenze che, oltre che nei proclami elettorali, sono riscontrabili nei provvedimenti legislativi.

La conseguenza negativa di una politica migratoria restrittiva e securitaria, scollegata dalla reale portata dei flussi, si rinviene già all'interno di un mercato del lavoro che ha bisogno di più immigrati rispetto a quelli effettivamente impiegati e, nel lungo periodo, mette a rischio la stessa tenuta sociale di un Paese altrimenti destinato al progressivo spopolamento.

Di fronte all'affermazione per cui «*Serviranno più immigrati, anche se prevedo che ci sarà una competizione tra paesi sulla qualità degli immigrati*»[1] rilevano almeno due considerazioni:

[1] Da un'intervista a Piero Angela del 25 settembre 2020, https://www.giornaletrentino.it/economia/in-futuro-litigheremo-per-avere-pi%C3%B9-immigrati-1.2434409. Più nello specifico, P. Angela, L. Pinna, *Perché dobbiamo fare più figli. Le impensabili conseguenze del crollo delle nascite*, Mondadori, Milano 2008; tema poi ripreso anche nell'ultimo P. Angela, *Dieci cose che ho imparato*, Mondadori, Milano 2022.

da un lato possiamo fare riferimento alla necessità di avere una quantità di immigrati sufficiente a garantire la tenuta del mercato del lavoro e della struttura sociale nel senso più ampio, dall'altro possiamo fare riferimento alla necessità di avere una qualità di immigrati tale da garantire anche un apporto in termini di conoscenze e competenze in grado di innalzare la capacità competitiva dell'intero sistema Paese.

Come anticipato, l'analisi si concentra sul primo aspetto offrendo una disamina dei provvedimenti legislativi di settore posta in relazione ai dati socio-economici di riferimento al fine di denunciare pesanti limiti di funzionamento nella vigenza di una normativa che pertanto si rivela anacronistica.

2. La strutturale gestione emergenziale dell'immigrazione in Italia e le conseguenti necessarie e mai sufficienti sanatorie

Il carattere strutturale delle migrazioni è stato comprovato da tempo: «*La storia è storia di migrazioni. (…) le motivazioni delle migrazioni sono cambiate nel corso dei secoli, diventate negli ultimi anni soprattutto economiche, ma mantenendo sempre d'attualità quelle prodotte dalle guerre e dalle devastazioni causate dall'uomo e dalla natura*»[2]. Ciononostante, la risposta giuridica per il governo delle migrazioni risulta sempre improntata ad una logica emergenziale per cui si registrano interventi contingenti e pertanto inidonei a farvi fronte in maniera adeguata.

Limitandoci all'angolo di visuale ristretto all'esperienza nazionale, a nulla servirebbe giustificare la tradizionale vocazione dell'Italia come Paese di emigrazione stante la non più tanto recente connotazione del nostro Paese come meta migratoria, risalente com'è noto perlomeno agli anni '70 del secolo scorso.

Quando l'Europa occidentale, alla fine della Seconda guerra mondiale, comincia a configurarsi come stabile meta di un tipo di immigrazione quasi prettamente economica, le misure varate a livello sovranazionale guardano alla libera circolazione delle persone come

[2] Così, S. Allievi, *Immigrazione. Cambiare tutto*, Laterza, Roma-Bari 2018, 3. Tra i contributi più attuali e rilevanti circa il carattere strutturale del fenomeno migratorio nella storia dell'umanità, anche P. Manning, T. Trimmer, *Migration in World History*, Routledge, Londra 2020. Con particolare riferimento alle migrazioni della storia legate ai fenomeni naturali, V. Calzolaio, *Ecoprofughi. Migrazioni forzate di ieri, di oggi, di domani*, Nda Press, Rimini 2010.

corollario di quella libera circolazione delle merci posta alla base del prioritario obiettivo di crescita e di sviluppo dell'intera Unione europea.

L'Italia dell'epoca si trova ancora a sperimentare un modello misto, in cui comincia a diventare Paese di immigrazione ma deve gestire larghe sacche di emigrazione, soprattutto dalle regioni del Mezzogiorno[3]. Nei primi interventi è chiara, pertanto, l'intenzione di voler garantire un sistema di tutele agli emigranti italiani e ai loro figli sebbene comincino ad essere introdotte le prime restrizioni per gli immigrati stranieri.

Se l'esiguità dei flussi migratori in entrata giustifica così, almeno in parte, un minimo intervento normativo fino agli anni '70 del secolo scorso, possiamo ormai ben stigmatizzare la realtà di un impianto normativo sempre caratterizzato da una gestione amministrativa del fenomeno, regolata da interventi contingenti ed emergenziali quali le sanatorie, cui il nostro Paese fa sempre più frequentemente riscorso al fine di rispondere alle esigenze di un mercato del lavoro interno che di fatto necessita dell'apporto di manodopera straniera.

In proposito, possiamo giudicare il ricorso alle sanatorie come «*il principale strumento di politica migratoria e di legalizzazione della presenza straniera in Italia*»[4].

La caratteristica della gestione amministrativa della politica migratoria ha radici consustanziali al nostro impianto normativo in materia. Tra il 1979 ed il 1982 nel nostro Paese sono state sanate le posizioni di circa 5.000 lavoratori stranieri sulla base di circolari del Ministero del Lavoro dedicate al lavoro domestico[5]. La stessa intera disciplina della materia migratoria si fa risalire ad una circolare ministeriale, la n. 51/1963, emanata dal Ministero del Lavoro e della Previdenza sociale allo scopo di introdurre un'autorizzazione al lavoro per ottenere il permesso di soggiorno, prevedendo anche la c.d. «preferenza nazionale» che, abrogata negli anni '90, viene poi prevista nuovamente dalla legge n. 189 del 2002, nota come legge Bossi-Fini. La circolare in parola ha di fatto introdotto un sistema di deroghe tale per

[3] Per approfondimento, L. Chiara, F. Frisone, *Immigrazione ed emigrazione in Italia: profili storici*, in G. Moschella, L. Buscema, *Immigrazione e condizione giuridica dello straniero*, Aracne, Roma 2016.
[4] M. Colucci, *Storia dell'immigrazione straniera in Italia. Dal 1945 ai giorni nostri*, Carocci, Roma 2018, 143.
[5] Rif. Circolari del Ministero del lavoro n. 8026 del 21 maggio 1979; n. 140/90/79 del 17 dicembre 1979 e n. 141/19/80 del 18 marzo 1980. Approfondimenti in W. Chiaromonte, M. D'Onghia, *Cronaca di una sanatoria in tempo di emergenza sanitaria: Genesi, Finalità, Limiti*, in «Diritto, Immigrazione e Cittadinanza», fasc. 3/2020, 1 ss.

cui l'aggiramento della norma poteva compiersi indicando la presenza della persona straniera in Italia per altri motivi, prima della richiesta di lavoro.

Attraverso tale procedura venivano regolarizzate le posizioni degli immigrati già presenti irregolarmente, considerando inverosimile l'autenticità di accordi di lavoro stipulati a distanza e tra parti tra di loro sconosciute. Un meccanismo perverso, giunto fino ai nostri giorni praticamente immutato nel suo impianto generale[6].

Il primo intervento legislativo si ha con la legge n. 943/1986, nota come Legge Foschi, che ricordiamo in sintesi per aver introdotto il ricongiungimento familiare, per aver fatto espresso richiamo alle tutele in termini di assistenza sanitaria, diritto all'istruzione e all'abitazione. Sotto il profilo della disciplina dell'immigrazione regolare per motivi di lavoro, però, la legge Foschi introduce un ulteriore meccanismo contorto sulla base del quale gli imprenditori avrebbero dovuto attingere manodopera straniera da liste numeriche, previa verifica degli uffici competenti che non vi fossero italiani disponibili a svolgere le mansioni richieste. Anche la legge Foschi viene accompagnata da una massiccia sanatoria, varata negli anni '86-'87 dal governo Craxi, che porta alla regolarizzazione di 118.700 posizioni[7].

Per l'Italia sono anni in cui l'economia cresce e contestualmente si registrano maggiori ingressi di migranti provenienti da Paesi terzi verso i quali cominciano a montare sentimenti di intolleranza. È proprio dopo un serrato periodo di confronto politico, dai toni inaspriti soprattutto a seguito del noto evento delittuoso ai danni del bracciante agricolo Jerry Esslan Masslo[8], che nel 1990 viene varata la legge n. 39/1990, nota come legge Martelli. Questa introduce diverse tipologie di permessi di soggiorno, «*per motivi di turismo, studio, lavoro*

[6] «*Dalla prima metà degli anni '60, una Circolare del Ministero del Lavoro riconosce la possibilità di autorizzare al lavoro – e quindi al potenziale rilascio di un permesso di soggiorno – gli stranieri già residenti nel paese, in deroga alle altre disposizioni, purché questi abbiano fatto ingresso nel paese prima di una certa data. Tale data, tuttavia, verrà spostata in avanti circolare dopo circolare, sino ad essere fissata per l'ultima volta al 31 Dicembre del 1981. Per oltre un decennio, l'Italia ha quindi praticamente vissuto una situazione di sanatoria permanente*», A. Colombo, G. Sciortino, *Gli immigrati in Italia*, Il Mulino, Bologna 2004, 52.

[7] Per le quantificazioni citate nel testo fino all'anno 2012 si fa riferimento alle elaborazioni Fondazione Leone Moressa su dati Inps, Mef, Dipartimento delle Finanze, pubblicati da Il Sole24Ore il 12 febbraio 2020. Per un approfondimento anche teorico rispetto ai provvedimenti relativi alle sanatorie citate, in cui la stima dei dati, seppur non del tutto coincidente, è in linea con l'ordine di grandezza ufficialmente dichiarato dall'Inps, si veda M. Carfagna, *I sommersi e i sanati. La regolarizzazione degli immigrati in Italia*, in A. Colombo, G. Sciortino (a cura di), *Stranieri in Italia. Assimilati ed esclusi*, Il Mulino, Bologna 2002, 53 ss.

[8] Per un richiamo alla vicenda, più di recente, A. Soumahoro, *Umanità in rivolta. La nostra lotta per il lavoro e il diritto alla felicità*, Feltrinelli, Milano 2020.

***subordinato o lavoro autonomo, cura, familiari e di culto*»** (art.2) e introduce per la prima volta la previsione dell'emanazione dei cosiddetti «decreti flussi», volti a stabilire quote massime di ingresso di immigrati extracomunitari. Contestuale alla legge, è la sanatoria emanata dal governo Andreotti, che consente la regolarizzazione di 217.626 posizioni.

Giova ricordare che il contesto dell'epoca dei primi anni '90 presentava elementi di particolare rilevanza per lo scenario migratorio internazionale, di cui basti richiamare la fine del regime in Albania e l'inizio del conflitto che porta al disfacimento dell'ex Jugoslavia. Eventi che hanno determinato un esodo massiccio di persone che ha prevalentemente interessato l'Italia per evidenti ragioni di prossimità geografica, se non altro.

In questo quadro, viene emanata la legge sulla cittadinanza n. 91/1992 che appare anacronisticamente restrittiva anche in relazione al contesto accennato, prevedendo semplificazioni per i discendenti degli emigranti italiani, ma restrizioni per gli stranieri immigrati in Italia[9]. La virata verso misure ancora più securitarie si ha, inoltre, prima con il decreto-legge n. 187/1993[10] cui si deve, in particolare, l'introduzione di nuove ipotesi di reato in capo agli stranieri e la modifica della disciplina dell'espulsione e poi con l'emanazione del decreto-legge n. 451/1995, convertito dalla legge n. 563/1995, cosiddetta legge Puglia con riferimento alla regione in quel periodo più esposta ai flussi in entrata dall'Albania. Nel '95-'96 la legge in questione è accompagnata dalla sanatoria del governo Dini che porta alla regolarizzazione di 244.492 posizioni.

Il ricorso alle sanatorie è dunque strutturale e a questa considerazione è necessario aggiungere ai nostri fini l'ulteriore osservazione circa l'insufficienza delle misure indicate in relazione al reale fabbisogno del mercato del lavoro interno. Le stime della presenza di lavoratori stranieri irregolari in Italia, in quegli anni si attestavano, infatti, nell'ordine delle 500.000 persone[11].

[9] Sulla inadeguatezza della legge in parola rispetto lo stesso contesto dell'epoca e di come questa abbia comportato addirittura un arretramento sul fronte dell'inclusione degli stranieri immigrati in Italia rispetto alla precedente disciplina di cui alla l. n. 555/1912, offrendo approfondimenti a sostegno dell'assunto per cui la legge del '92 «*è frutto di una miopia politica e, dunque, non è pensata per affrontare le sfide ordinarie dell'immigrazione*», A. Rauti, *La decisione sulla cittadinanza tra rappresentazione politica e fini costituzionali*, Editoriale Scientifica, Napoli 2020, 127 ss.

[10] Poi convertito in l. n. 296/1993.

[11] Per un approfondimento circa le statistiche ufficiali di riferimento per l'epoca, il dettaglio delle fonti e i limiti di rilevazione dei dati e della loro comparabilità, D. Gabrielli, E. Bisogno (a cura di), *La presenza straniera in Italia negli anni '90*, «ISTAT Informazioni», n. 61/1998. Per i riscontri relativi agli anni 2000, oltre che

Si tratta di una realtà che perdura negli anni a seguire, anche a seguito del varo della Legge Turco-Napolitano, poi confluita nel Testo Unico sull'immigrazione, che di fatto costituisce l'attuale sistema di riferimento per la normativa di settore di cui ci si limita qui a richiamare l'art. 3, comma 4, per la disciplina del sistema del decreto flussi, così come nella vigente attuazione. Anche contestualmente a questo intervento legislativo viene emanata una vasta sanatoria: è il governo Prodi nel '98-'99 a sanare la posizione di 217.124 lavoratori immigrati. Una sanatoria sempre e comunque insufficiente a soddisfare la domanda in un periodo, tra l'altro, in cui in Italia si comincia anche a registrare il primo sentore di progressivo calo demografico[12].

Nella semplificazione dello scenario di riferimento, ricordiamo il 2001 per l'attacco alle torri gemelle di New York al fine di richiamare il dilagare di sentimenti di paura e insicurezza, divenuti parametro di riferimento anche per l'attività legislativa in materia migratoria.

In questo clima, l'Italia arriva infatti al varo della legge n. 189/2002, la già citata Bossi-Fini che, in particolare, inasprisce le previsioni di cui al Testo Unico in materia di espulsioni. Con riguardo alla disciplina della possibilità di ingresso per motivi di lavoro, la legge in questione introduce la previsione di un cosiddetto «contratto di soggiorno», che comporta la necessità di dover dimostrare di avere già un contratto di lavoro per poter immigrare regolarmente. Paradossalmente però, è proprio la Bossi-Fini a passare alla storia come la più vasta sanatoria finora compiuta, con la regolarizzazione, durante il governo Berlusconi 2002-2003, di 646.829 posizioni attraverso due canali distinti, uno dei quali espressamente dedicato a *colf* e badanti.

Si trattava del secondo governo Berlusconi che, a distanza di qualche anno, nel 2009, vara un'ulteriore sanatoria di cui beneficeranno 295.112 lavoratori immigrati.

Da sottolineare inoltre che, nonostante l'allargamento UE nel 2007 a Romania e Bulgaria avesse comportato l'abbassamento delle statistiche circa la stima della presenza di lavoratori

all'ISTAT si può utilmente fare riferimento ai dati pubblicati periodicamente dal Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali che, dal 2010, rilascia anche un rapporto annuale dedicato alla presenza straniera nel mercato del lavoro italiano.

[12] Per riscontro e approfondimenti si propone la lettura di un contributo che compara in tal senso il contesto italiano a quello europeo, M. Crisci, M. G. Caruso, F. Heins, G, Gesano, *Il contesto demografico europeo e italiano e la nuova realtà familiare*, in CNR, IRPPS, Presidenza del Consiglio dei Ministri, *Politiche familiari e demografiche: contesto europeo e realtà italiana*, «Rapporto del Working Package 1», 26 luglio 2018, 1-139.

extracomunitari irregolari (come già accaduto nel 2004 con l'ingresso della Romania), il fabbisogno reale di manodopera straniera non riesce ad essere soddisfatto dalle citate misure di regolarizzazione[13].

Lo scollamento tra reale esigenza di attrarre manodopera straniera e varo di misure legislative restrittive si evidenzia anche nel 2012 con il varo del decreto legislativo n. 109, di attuazione della direttiva 2009/52/CE che introduce norme minime relative a sanzioni e a provvedimenti nei confronti dei datori di lavoro che impiegano cittadini di Paesi terzi il cui soggiorno è irregolare. Specularmente a tale misura securitaria segue un'ennesima necessaria sanatoria in favore di 134.576 persone.

Da allora, il nostro Paese adotta continuativamente la dinamica del rilascio del permesso di soggiorno attraverso il meccanismo della stipula di fittizi nuovi contratti di lavoro procedendo alla regolarizzazione di situazioni di fatto senza incrementare le opportunità di ingresso legale per motivi di lavoro, le quali restano di fatto esclusivamente ristrette alle quote di volta in volta stabilite attraverso i decreti flussi[14].

Pur non entrando nel merito delle statistiche relativamente al funzionamento di questi ultimi[15], si ricorda in via conclusiva come tutti gli ultimi decreti flussi contengano esplicitamente la previsione di procedure in sanatoria, richiamando proprio le esigenze del mercato del lavoro interno. A tal riguardo è emblematica la sanatoria del 2020, disposta con il decreto n.34/2020, noto come «decreto Rilancio», emanato nell'urgenza di far ripartire importanti settori dell'economia italiana, quali quello agricolo, dell'assistenza alla persona e del lavoro domestico, dopo il pesante stallo dovuto alla pandemia che ha reso ancora più manifesto proprio l'apporto della manodopera straniera da cui questi settori in particolare fortemente dipendono[16].

[13] Rif. ISMU, *Dodicesimo rapporto sulle migrazioni 2006*, Milano 2007, 33.

[14] Per un riscontro esaustivo anche dell'andamento nel tempo delle regolarizzazioni avvenute attraverso il rilascio dei permessi di soggiorno in parola, F. Mason, F.D. Portoghese, *Regolarizzazione 2020: aggiornamento sul monitoraggio della Campagna "Ero Straniero" tra ritardi e primi profili giurisprudenziali*, in Idos, *Dossier Statistico Immigrazione*, Idos, Roma 2022, 113 ss.

[15] I dati ufficiali sono resi disponibili dal SILEN (Sistema informatico lavoratori extracomunitari e neocomunitari), report disponibili dal 2011 all'ultimo aggiornamento del 2 maggio 2022, https://www.lavoro.gov.it/temi-e-priorita/immigrazione/focus-on/ingresso-e-soggiorno-per-lavoro-in-italia/Pagine/Report-quote-Decreto-flussi.aspx.

[16] In argomento *ex multis* N. Zorzella, *Regolarizzazione 2020, una prevedibile occasione perduta. Alcune delle principali criticità*, in «Critica del Diritto», 21 ottobre 2020. Circa l'ultima, di cui al d.l. n. 20/2023, convertito

3. Fabbisogno di popolazione immigrata, considerazioni conclusive

La normativa italiana sin qui delineata mostra i limiti di un impianto strutturalmente inadeguato a favorire la gestione dei regolari flussi migratori che, come si è inteso dimostrare, sono ristretti a canali di ingresso viziati da antinomie intrinseche al loro stesso meccanismo di funzionamento.

La conseguenza più evidente attiene sia all'affievolimento delle tutele in capo alle persone, costrette a progettare un percorso migratorio alla luce di politiche securitarie che lo rendono paradossalmente più insicuro, che con riguardo al fabbisogno di un mercato del lavoro interno per larghi settori dipendente dall'apporto di manodopera immigrata.

Il fatto che «servono più immigrati» al mercato del lavoro implica considerazioni ulteriori rispetto alla più generale tenuta del sistema economico.

In questo senso, ad esempio, sono già ampiamente dimostrate le interrelazioni con la sostenibilità del sistema pensionistico[17].

Queste, tra l'altro, non attengono esclusivamente al fabbisogno di manodopera richiesto dai settori a più bassa specializzazione, ma sono anche strettamente correlate alle previsioni demografiche: «*Per quanto riguarda i parametri demografici, gli effetti più rilevanti sono quelli prodotti dalla variazione del flusso netto di immigrati e del tasso di fecondità. Il valore dell'indicatore, riferito alla spesa totale nel 2070, risulta pari a -24,2 punti percentuali nell'ipotesi di aumento del flusso netto di immigrati e a -13,0 punti percentuali in relazione a un aumento del tasso di fecondità. Nelle ipotesi opposte, tali valori raggiungono, rispettivamente, i 28,4 e 14,1 punti percentuali.*»[18].

L'impoverimento cui il nostro Paese è destinato, nella vigenza di una normativa restrittiva rispetto alla regolazione dei flussi migratori in entrata, sembra quindi non poter essere scongiurato se non proprio attraverso la revisione delle politiche migratorie nella direzione più espansiva.

con modificazioni dalla l. n. 50/2023, M. Paggi, *Le "nuove" disposizioni in materia di flussi di ingresso legale dei lavoratori stranieri: il vecchio che avanza*, in «Questione Giustizia», 06 aprile 2023.

[17] Per un riscontro sui dati consolidati e le ipotesi di scenario per cui «*in particolare, la riduzione del flusso netto di immigrati determina un progressivo innalzamento del rapporto spesa/PIL*», Ministero dell'Economia e delle Finanze, *Le tendenze di medio-lungo periodo del sistema pensionistico e socio-sanitario*, Rapporto n.22, Roma 2021, 153.

[18] Ivi, 171.

Il calo della popolazione, infatti, è frutto di una dinamica demografica irreversibilmente sfavorevole[19] in relazione alla quale la più rilevante forma di mitigazione è proprio quella data dal saldo migratorio[20].

L'apporto della popolazione immigrata, inoltre, impatta sulle dinamiche demografiche anche rispetto alla struttura anagrafica che, grazie alla presenza di una componente più giovane e dunque più feconda delle famiglie di origine straniera, «serve» a contenere l'invecchiamento della popolazione italiana[21]. In assenza del maggior tasso di natalità garantito dalla popolazione straniera, infatti, vi sarebbero ulteriori e più pesanti effetti negativi sia a danno della consistenza della forza lavoro che del sistema pensionistico, nei termini già richiamati.

Di fronte a una questione migratoria posta quotidianamente all'attenzione dell'opinione pubblica[22] vi è dunque una questione demografica[23], più silente ma più minacciosa, che i

[19] Tra i plurimi riscontri in proposito, ultime statiche in ISTAT, *Dinamica demografica 2022*, Report 20 marzo 2023, 3, in cui si legge che «*Il nuovo record minimo di nascite (393mila) e l'elevato numero di decessi (713mila) continuano a produrre un forte impatto sulla dinamica naturale. Dal 2008, anno in cui si è registrato il valore massimo relativo di nascite degli ultimi 20 anni, l'Italia ha perso la capacità di crescita per effetto del bilancio naturale, non rimpiazzando a sufficienza chi muore con chi nasce. Il deficit del saldo naturale è aumentato in modo progressivo, raggiungendo i picchi più elevati nel biennio 2020-2021 (…) determinando in soli tre anni la perdita di 957mila persone, all'incirca la popolazione di una città come Napoli*».

[20] Ivi, 6.

[21] A riguardo, sebbene le ultime statistiche restituiscano una tendenza sempre meno favorevole, sappiamo che «*il contributo della natalità degli stranieri è stato e continua comunque ad essere rilevante, soprattutto nel Nord del Paese caratterizzato da una presenza immigrata più stabilizzata*», CENSIS, *L'Italia e le dinamiche demografiche. Scenari e strumenti per affrontare il futuro*, aprile 2021, https://www.censis.it/welfare-e-salute/l%E2%80%99 italia-e-le-dinamiche-demografiche, 16.

[22] I flussi migratori si confermano *megatrends* globali ma la loro rappresentazione, in quanto slegata dai dati reali, falsa la percezione dell'opinione pubblica. In questo senso l'Italia vanta il triste primato del maggiore «*Index of Ignorance*», con riguardo alle false percezioni nei confronti di diverse tematiche sociali, tra le quali l'immigrazione. Secondo uno studio Ipsos Mori, nel 2018 l'italiano medio riteneva ad esempio che il 30% della popolazione fosse composta da immigrati (percentuale reale attorno al 7%) e che il 20% dei residenti fossero musulmani (percentuale reale tra il 2 e il 3%). Lo studio citato è stato condotto in 28 Paesi del cosiddetto «primo mondo», attraverso un campione di 50.000 interviste. Senza entrare nel merito della scientificità della metodologia, di certo l'analisi coglie il problema della errata percezione del fenomeno migratorio, People in Italy and the US are most wrong on key facts about their society | Ipsos. Per un riscontro circa la pervasività della questione migratoria nell'agenda globale e le dinamiche della sua distorsione mediatica, P. Lutz, M. Bitschnau, *Misperceptions about Immigration: Reviewing Their Nature, Motivations and Determinants*, «British Journal of Political Science», february/2022.

[23] Riferimento alla questione demografica come in M. Livi Bacci, *Un'Italia più piccola e più debole? La questione demografica*, «il Mulino», n. 5/2018.

decisori politici farebbero dunque meglio ad attenzionare, ripensando proporzionalmente anche le anacronistiche misure di contenimento dell'immigrazione[24].

[24] Per ragioni di sintesi il riferimento è qui contenuto alla gestione dei canali regolari di ingresso per ragioni economiche, cui si è inteso dedicare le riflessioni. La conclusione proposta risulterebbe in ogni caso ulteriormente comprovata qualora si volesse prendere in considerazione anche la gestione della questione migratoria che riguarda i flussi, via mare e via terra, della cosiddetta immigrazione irregolare, cui sono costretti anche migliaia di potenziali beneficiari di protezione internazionale. Tra gli ultimi contributi collettanei centrati rispetto alla mancata tutela dei diritti umani nella gestione nazionale e sovranazionale dei flussi migratori, I. Caracciolo, G. Cellamare, A. Di Stasi, P. Gargiulo (a cura di), *Migrazioni internazionali. Questioni giuridiche aperte*, Editoriale Scientifica, Napoli 2022.

QUARTA SEZIONE
CULTURA UMANISTICA, ARTE, IDENTITÀ

Alla ricerca del mito…

Rosa Santoro

GIASONE E LA FUGA DAL MITO. SCRITTURE E RISCRITTURE DI UN EROE DIFETTOSO*

1. Giasone nella letteratura greca e latina. – 2. Seduttore impenitente o spregiudicato opportunista. Esempi di ricezione del personaggio di Giasone nell'immaginario letterario di età moderna. – 3. Bibliografia.

1. Giasone nella letteratura greca e latina.

Tra gli eroi più conosciuti della mitologia classica, Giasone deve gran parte della sua notorietà al legame con Medea, archetipo di maga spietata e madre assassina, impostasi nella cultura occidentale a partire dalla versione euripidea nell'omonima tragedia rappresentata ad Atene nel 431 a.C. Il dramma, ambientato a Corinto, è incentrato sul tradimento di Giasone con la figlia del re, Glauce (Creùsa nelle fonti latine) e sulla devastante vendetta di Medea che utilizza le sue arti magiche per fare strage della rivale, del padre di lei e degli stessi figli avuti dall'eroe greco. Euripide, com'è noto, per assecondare le istanze misogine ed ellenocentriche del suo pubblico opera una cesura con la tradizione precedente, in cui Medea appare invece dedita a un tipo di magia benefica e madre protettiva che non uccide i figli[1], e inventa un'altra Medea, una straniera cattivissima in grado di marcare in senso irreversibile il conflitto culturale col greco civilizzato Giasone, tuttavia destinata a godere di una fortuna straordinaria anzitutto nella letteratura latina- basti pensare alla *Medea* senecana- e ad essere irrorata di linfa nuova nelle riscritture della letteratura europea, mantenendo sempre ben

*Le testimonianze iconografiche e letterarie indicate nel testo con [T1], [T2] ecc. sono consultabili inquadrando il QRCode in calce al contributo.

[1]Per l'uso benefico della magia di Medea si vedano Diodoro Siculo 4, 46; Ferecide, *FGrHist*. 3 F 113; Simonide, fr. 551 Page; Eschilo, fr. 246a Radt; Licofrone, *Alessandra*, 1315. Medea compie sacrifici a Demetra per liberare Corinto da una carestia: *Schol. ad* Pind. *Ol.* XIII 74 = Eumelo, fr. 5 (III) Bernabé; provoca involontariamente la morte dei figli nascondendoli nei sotterranei del santuario di Era Akraia, credendo che la dea li rendesse immortali: Pausania 2, 3, 10= Eumelo fr.5 (I) Bernabé. Versioni del mito precedenti a Euripide imputavano ai Corinzi l'uccisione dei figli di Medea a giustificazione di particolari cerimonie espiatorie: *Schol. ad* Eur. *Med*. 264; Pausania 2, 3, 6-7 (D.J. Mastronarde, *Euripides' Medea*, Cambridge, 2002, 44-57, spec. 50-52).

saldo il ruolo di protagonista e indiscusso motore dell'azione narrativa ai danni di un Giasone sempre più schiacciato dalla sua prorompente e selvaggia personalità[2].

Ma per tentare di capire le dinamiche letterarie che nel tempo lungo della tradizione sono intervenute a svilire la valenza mitica di Giasone e che cercheremo di mettere in luce in modo necessariamente sommario con l'intento di suscitare qualche curiosità per ulteriori approfondimenti, ripercorriamo brevemente il mito argonautico, di cui la vicenda di Corinto costituisce, se vogliamo, l'ultimo segmento.

Giasone, che aveva trascorso un'infanzia al sicuro, allevato dal centauro Chirone sul monte Pelio, al compimento del ventesimo anno d'età si presenta nella sua città natale, Iolco, in Tessaglia, per rivendicare il trono usurpato al padre Esone dal fratellastro Pelia. Il tiranno, avendo riconosciuto nel giovane il pericolo di morte preannunciato da un oracolo, finge di cedere alle sue richieste a condizione che si riporti in patria il vello d'oro[3] dalla lontanissima Colchide, dove giaceva appeso a una quercia del bosco sacro ad Ares, sorvegliato da un drago spaventoso che non dormiva mai. L'impresa era ardua e ad alto rischio, studiata ad arte per eliminare il giovane pretendente. Anzitutto era necessaria un'imbarcazione. Nessuno fino ad allora aveva solcato i mari, così Giasone, con l'aiuto della dea Atena, riesce a far costruire la nave Argo e a coinvolgere 50 giovani eroi (detti Argonauti), tra cui Peleo, padre di Achille, Telamone, padre di Aiace, Laerte, padre di Ulisse, il grosso e forzuto Eracle, Orfeo, capace di sedare le liti col suono della cetra, Ida, Ila, Castore e Polluce, pugile esperto, Mopso dotato di capacità profetiche, insomma una piccola comunità in cui ciascuno poteva dare il proprio contributo alla realizzazione dell'impresa. Giunto in Colchide Giasone incontra Medea, maga esperta e figlia del re Eeta, che, folle d'amore per il giovane eroe, gli fornisce i filtri magici necessari prima a superare le terribili prove imposte dal re, poi, finalmente, a impossessarsi del vello d'oro. Di ritorno a Iolco, Medea, divenuta moglie di Giasone, uccide Pelia col pretesto

[2] La fortuna del mito di Medea è ampiamente studiata: nella letteratura latina anteriore a Seneca (M.J. Falcone, *Medea sulla scena tragica repubblicana. Commento a Ennio*, Medea exul; *Pacuvio*, Medus; *Accio*, Medea sive Argonautae, Tübingen, 2016); dall'età classica alla letteratura moderna fino al Novecento (G. Tedeschi, *Commento alla Medea di Euripide*, Trieste, 2010, 8-34; A. Caiazza, 1989-1993; E. Adriani, *Medea. Fortuna e metamorfosi di un archetipo*, Padova, 2006).

[3] Si trattava della pelle aurea di un ariete alato che la dea Nuvola (Nefèle) aveva inviato ai figli Frisso ed Elle (discendenti di Eolo come Esone e Pelia) per sfuggire alle insidie della matrigna Ino. Caduta la povera Elle nel mare che da allora prese il suo nome (Ellesponto), Frisso atterra in Colchide, sacrifica l'animale a Zeus (che ne fa la costellazione dell'Ariete) e dona la sua preziosa pelle al re della Colchide Eeta che la farà custodire da un drago.

di volerlo ringiovanire con la magia, suscitando l'ira del figlio Acasto. Costretti a fuggire, i due riparano a Corinto dove il soggiorno, come sappiamo, avrà esiti funesti[4].

Questo racconto, che costituisce l'antefatto mitico della tragedia euripidea, è quello riportato *grosso modo* dalle fonti letterarie greche e latine a nostra disposizione, che concordano evidentemente nel riconoscere al potere di Medea il vero e indispensabile strumento del successo di Giasone, quasi che l'attività mitopoietica, propria della letteratura fosse volta deliberatamente a rendere Giasone un eroe difettoso. Come tutti gli eroi che si rispettino anche Giasone si misura con un mostro, il drago custode del vello d'oro, ma su cui ha la meglio grazie a una donna dai superpoteri che lo rende innocuo. Una sorta di epopea rovesciata se pensiamo ai mostri uccisi da Eracle (ad esempio l'Idra di Lerna o leone di Nemea) o al Minotauro ucciso da Teseo. Vale allora la pena mettere da parte per un momento Medea e concentrarsi sul solo Giasone, la cui impresa aveva fama già presso Omero (*Od.* 12,70) ed Esiodo (*Theog.* 992-1002; *Cat.* fr.40.1-2 M-W).

Cominciamo col dire che l'eroe era stato allevato da Chirone, il centauro figlio di Crono, esperto di arti che richiedono abilità manuale[5] (Chirone dal greco *Cheir* 'mano') e maestro di medicina, arte che richiede competenza nel manipolare le erbe per curare e guarire, trasmessa ad illustri allievi come Asclepio, divenuto dio della medicina e Achille che da Omero (*Il.* 11,828-33) sappiamo aver conoscenza di rimedi calmanti (èpia phàrmaka) per alleviare il dolore delle ferite. D'altra parte lo stesso nome, *Iàson*, 'Giasone', è stato ricondotto da una tradizione scoliastica a *ìasis*, 'cura', a *iàomai*, 'curare', da cui *iatèr*, 'medico', 'guaritore' (A.B. Drachmann, 1910, 127; K. Wendel, 1935, 47s.; scettico B. K. Braswell 1988, 370), che rivela un connotato dell'eroe omesso dalle fonti letterarie ma di cui resta traccia a livello iconografico (C.J. Mackie, 2001; J. Colavito, 2014, 58ss.). È chiaramente visibile nei frammenti di un cratere corinzio della fine del VI a.C. in cui Giasone, la cui identità è garantita dall'iscrizione, guarisce dalla cecità Fineo, re trace e indovino, ponendogli le proprie mani sugli occhi, alla presenza dei Dioscuri (*LIMC* V,1,630,7) [T1]. Le fonti letterarie, ad esempio

[4] Il racconto completo della saga argonautica si legge in Apollodoro, *Biblioteca*, 1, 9, 16-26; Diodoro Siculo, *Biblioteca storica*, 4, 40-56; Igino, *Favole*, 14-27. La parabola completa della ricezione del mito nelle varie epoche, dalla letteratura antica e moderna ai prodotti dei media degli anni Duemila è ben argomentata in H. Lovatt, *In Search of the Argonauts. The Remarkable History of Jason and the Golden Fleece*, London, 2021.

[5] Arti pratiche come la caccia (uso dell'arco), la musica (saper suonare la cetra) ecc.

Apollonio Rodio (*Le Argonautiche* 2, 178-300) sul versante greco e Valerio Flacco (*Le Argonautiche* 4, 423-536) su quello latino, si soffermano, tutt'al più, sulla liberazione di Fineo dalle Arpie, ad opera di due argonauti, Calaide e Zete, figli di Borea. Sempre la rappresentazione vascolare assegna a Giasone la dignità dell'eroe 'uccisore di mostri': si tratta di un *alabastron* corinzio e una *kylix* di Duride dove, alla presenza di Atena, con tanto di civetta e lancia, appare penzolante dalla bocca del drago (LIMC V, 1, 632, 30, 32) [T2] e di alcuni reperti etruschi, databili dal V alla metà del IV a.C., che lo raffigurano prestante, armato di tutto punto, nell'atto di fuoriuscire vittorioso dalla pancia del drago (LIMC V, 1, 632, 33-35; A. Pontrandolfo, E. Mugione, 1999, 329- 352) [T3]. Questo Giasone, con tutti i requisiti richiesti dallo statuto dei veri eroi[6], affiora nella IV *Pitica* di Pindaro, ad Arcesilao IV, re di Cirene, vincitore nella corsa dei carri nel 462 a.C., che costituisce la prima piena testimonianza letteraria sul mito argonautico (B. Gentili, 1995, 103-111; P. Manuello 2011). L'ode, lunghissima e di non immediata perspicuità esegetica (Giannini, 1979; Livrea, 2006), rievoca l'avventura degli Argonauti per mettere in risalto un antenato del re. Quello che in questa sede interessa è la figura di Giasone, di cui si ripercorre il mito da quando lasciò l'antro di Chirone per presentarsi davanti allo zio tiranno Pelia. Dal v.78 Giasone appare in tutto il suo splendore, non privo tuttavia di una certa ambiguità, in bilico tra *mythos* e *logos*, che lo connoterà per tutta l'ode e che comincia a delinearsi nella doppia foggia della veste: quella tipica del luogo e una pelle di pantera, cittadino e insieme straniero, per metà calato nella civiltà e per metà ancora nella dimensione selvaggia del mito[7] [T4]. Al *mythos* appartiene l'eroe che risoluto risponde (102ss.) di essere venuto per portare l'insegnamento di Chirone, quindi un sapere pratico, di guaritore, che riemerge in filigrana molti versi dopo, quando Pindaro, che fa di Giasone un modello di sovranità legittima, esorta il re destinatario dell'ode a risanare le lacerazioni interne della città (270): *Tu sei il medico giusto al tempo giusto, devi accostare morbida la mano* (*cheir* richiama il nome stesso del centauro) *al taglio della ferita e*

[6] «Pastore di popoli» era stato definito da Omero (*Il.* 7.469) e da Esiodo (*Theog.* 1000 e *Cat.* 40.1). La medesima definizione, nel senso di 'capo supremo dell'esercito', si trova in riferimento ad Agamennone (*Il.*, 2,243, *Gutzwiller, 2006,* 5s.).

[7] Una 'doppiezza' esteriore che rispecchia una 'doppiezza' etica (P. Vidal-Naquet, *Le chasseur noir. Formes de pensée et formes de société dans le monde grec*, Paris, 1981, 151-174; B.K. Braswell, *A Commentary on the Fourth Pythian Ode of Pindar*, Berlin/ New York, 1988, 172ss.; B. Gentili (a cura di), *Pindaro. Le Pitiche*. Introduzione, testo critico e traduzione. Commento a cura di Bernardini P.A., Cingano E., Gentili B., Giannini P., Milano, 1995, 451ss.; E. Livrea, *Pindaro enigmatico. Trittico sulla Quarta Pitica*, in *MD*, n. 56/ 2006, 9-14).

curarlo[8] [T5]. Così come 'mitico' è il sapere ancora più conturbante che il *sophòs* Giasone (cioè già dotato di una sapienza arcana) apprende da Afrodite: quelle formule erotico – incantatorie, proprie della pratica della *Junx*, l'uccello della follia d'amore[9], che avrebbero fatto innamorare Medea rendendola disponibile a dispensare i filtri utili al superamento delle prove, vincendo qualunque scrupolo nei confronti del padre (213-220) [T6]. In Pindaro Medea è dunque vittima passiva della sua stessa arte (C. Segal, 1986, 15-27). Verso il *logos* si avvia invece il Giasone 'calcolatore' che sfodera con lo zio tiranno le armi oratorie per una pacifica e 'politica' negoziazione del regno, benché legittimo, rinunciando alla proprietà dei campi e delle greggi: *stillando con voce blanda parole gentili, gettò le basi di un saggio discorso* (136ss.) [T7].

E sarà soprattutto sull'ambiguità della parola, arma retorica per eccellenza, sullo scarto tra le forma e il contenuto dei discorsi di Giasone, che la letteratura successiva programmerà la graduale erosione del mito di un personaggio, un greco, un maschio, che non poteva e non doveva condividere con Medea la competenza magico-sacrale di un sapere fatto di incantesimi e farmaci segreti dai risvolti inquietanti e pericolosi, più confacente a una donna, per di più barbara. Così quanto più Medea viene percepita come simbolo ed essenza di una femminilità selvaggia e passionale, ferina nella sua emotività, incarnazione del Caos, destinata a cristallizzarsi in una modalità di rappresentazione obbligatoria (I. Gualandri, 2009, 15) -*ferox invictaque* (Hor. *ars* 123)-che la inchioda al mito di se stessa, replicando all'infinito l'eco della *metis* insita nel suo nome: *Medea* da *mèdomai*, 'architettare con stratagemmi magici' (H. Usener, 1948, 160), tanto più Giasone fugge da questo mito collocandosi realisticamente, mediocremente, opportunisticamente nella storia degli uomini, coi loro bisogni e con le loro ambizioni. La *metis* della sua competenza originaria, quella appresa da Chirone, di guaritore e manipolatore di *phàrmaka*, poi quella amorosa di Afrodite, si laicizza e si condensa nell'uso studiato e razionale delle sue parole.

[8] Nel segno della metafora del medico governante (che diventerà topica cfr. Eschilo, *Ag*. 848 e Platone, ad es., *Fedro* 211a s.) Giasone imposta una *healing communication* (C. Segal, *Pindar's Mythmaking. The Fourth Pythian Ode*, Princeton, 1986, 23; B. Gentili (a cura di), *Pindaro. Le Pitiche*, cit., 503).

[9] Corrispondente all'it. 'Torcicollo' e al latino *torquilla* (Plin., *nat*. 11.47) questo uccello, dotato di collo lungo e straordinariamente mobile, era usato per incantesimi amorosi: veniva legato con ali e zampe ai raggi di una ruota fatta girare vorticosamente in direzione dell'amato pronunciando formule magiche. La pratica era nota anche nel mondo latino: Plauto, *Cist*. 2,2,6 (B.K. Braswell, *A Commentary*, cit., 297s.; B. Gentili (a cura di), *Pindaro. Le Pitiche*, cit., 485s.).

In Euripide Giasone sceglie la sistemazione più consona all'ombra dei potenti per riscattare la propria dignità di nobile greco e dei figli avuti da una donna barbara; sceglie una forma stabile, statuale, sceglie l'ordine, il calcolo razionale della logica del profitto ed esorta invano Medea ad accettare la situazione e a fare lo stesso: *ma quanto a ciò che è stato detto da te contro i sovrani, consideralo un guadagno pieno* (πᾶν κέρδος), *se vieni punita con l'esilio* (446ss.). La *rhesis* di Giasone segue i peculiari procedimenti espressivi della tecnica dell'oratoria sofistica contemporanea, quella del punto di vista relativo, spostando la questione dai rapporti interpersonali, gli unici considerati da Medea, a quelli sociali (la salvaguardia e il rafforzamento del γένος, della stirpe), mirando al *kerdos*, al guadagno, al vantaggio personale, che in Euripide porta alla disgregazione dei legami parentali e prende il posto di *dike*, la giustizia (A. Cozzo, 1988, 64s.): *E se non vuoi questo, sarai pazza, donna: se invece cessi dall'ira, conseguirai guadagni maggiori* (614s.) [T8].

La storia, gravata dalle drammatiche vicende della guerra del Peloponneso, esonda e si disperde tra le crepe del mito, un mondo ideale a metà tra religione e metafisica, utile a comprendere, senza l'indagine rigorosa della ragione, tutto ciò che al mondo è oscuro e minaccioso, ma che ora viene avvertito come inadeguato ad assolvere alla sua funzione di paradigma, di modello su cui si plasma la realtà quotidiana (M. Untersteiner, 1991, 131ss.; 391).

Di questa tendenza Giasone sembra essere l'espressione letteraria più significativa: sempre più rannicchiato in una mediocrità che mal si concilia con la caratteristica della dismisura e dell'eccesso propria dell'eroe (l'ira di Achille, la follia di Aiace, la forza cieca di Eracle ecc.), e che trova la sua cifra identificativa nell'*amechanìa* del Giasone ellenistico di Apollonio Rodio. Sempre in preda ai dubbi, all'angoscia, incapace di agire, di trovare da solo una via d'uscita (G. Lawall, 1966; C.R. Beye, 1969). Alla vigilia della partenza per la Colchide lo stato d'animo di Giasone destabilizza i compagni che finiscono col litigare (1,460-496). Al capo abbattuto e dubbioso Ida così si rivolge (1,463-465): *Esonide, qual è mai questa idea che volgi nella mente? Di' a tutti noi il tuo pensiero: sei forse assalito e vinto dalla paura, che confonde gli uomini privi di coraggio?* Durante la sosta di Lemno, l'isola di sole donne con cui gli Argonauti si

intrattengono piacevolmente[10], tocca a Eracle ricordare ai compagni l'obiettivo del viaggio e riferendosi a Giasone, che nel frattempo si sollazza con Ipsipile, sarcasticamente dice (1,872-875): *Torniamo alle nostre case: lasciate che lui, occupato notte e giorno nel letto di Ipsipile, ripopoli Lemno con figli maschi, e si acquisti una bella fama*. Maldestro appare Giasone quando per un errore di identità uccide il re amico Cizico (1.1032-1039); vile quando uccide a tradimento Absirto, il fratello di Medea (4.463-481). Per quanto la critica moderna si sia sforzata di scrollargli di dosso l'etichetta di anti-eroe, ora riconoscendolo come l'incarnazione della virtù scettica (T.M. Klein, 1893) o stoica (M. F. Williams, 1996), ora, con fare assolutorio, accostando le sue paure alla stessa angoscia che aveva attanagliato gli eroi di Omero (R.L. Hunter, 1988, 438s)[11], ora elevandolo a simbolo metapoetico della *brevitas* callimachea, antitetico ad Eracle, espressione di eroismo omerico e archetipico (Heerink, 2015), ora considerandolo semplicemente « a human being in an epic scenario» (S. Jackson, 1992,161), Giasone assume sempre più le sembianze di un astuto manipolatore che prende fiato, per così dire, in quelle pause di scoramento per studiare nuove e opportune strategie di comunicazione[12]. Al sovrano padre di Medea che gli propone di aggiogare i tori dai piedi di bronzo che spirano fuoco: *con gli occhi fissi a terra, in silenzio e immobile per l'angoscia, a lungo ponderò dentro di sé la decisione, incapace di accettare con coraggio la prova che gli pareva immensa. Infine, rispose con parole che potevano procurargli vantaggio* (3.426). Ancora a Medea, furiosa, perché teme di essere riconsegnata al fratello, perdendo per sempre l'occasione di fuggire in Grecia con l'amato, Giasone si rivolge con 'parole di miele' (μειλιχίοις ἐπέεσσιν 4.394) per comunicarle la natura fraudolenta del patto stipulato con Absirto [T9].

[10] Punite per aver trascurato il culto di Afrodite, la dea condanna le donne di Lemno a emanare cattivo odore e ad essere disprezzate dai mariti. Respinte e adirate, le mogli fecero strage di tutti i maschi dell'isola, ad eccezione di Ipsipile (detta anche 'Issipile' o 'Isifile') che risparmiò in gran segreto il padre: Apollodoro, *Biblioteca*, I, 9, 17; Apollonio Rodio, *Argon*. 1.609-623; Igino, *Favole*, 15; Valerio Flacco, *Argon*. 2,77-238; Stazio, *Tebaide*, 5,49-80, 445-498. La strage delle donne di Lemno fu oggetto di tragedie di Eschilo (frr.123 a-b;247-248 Radt) e di Sofocle (frr. 384-389 Radt).

[11] Come Agamennone (*Il.*, 9,13s.) o Ulisse, alla notizia di dover affrontare il regno dei morti (*Od.*,10, 495ss.) o Achille, disperato per la morte di Patroclo (*Il.*,18, 22ss.).

[12]«Con parole di miele» (3, 385) e «con voce carezzevole» (3,396) tranquillizza Eeta, allarmato per la presenza degli Argonauti in Colchide.

Nel mondo latino l'unica *Medea* che siamo in grado di leggere integralmente è quella di Seneca[13], che inscrive la sua tragedia nel solco di quella euripidea, almeno per l'ambientazione della vicenda a Corinto, dove Giasone ha già deciso di sposare la figlia del re Creusa. L'opera, completamente incentrata sulla furia della protagonista, ha il fine filosofico di mostrare gli effetti devastanti dell'ira sull'individuo, in piena antitesi rispetto al *sapiens* stoico (G. G. Biondi, 1989, 30s.). Medea è sempre attiva, ipostasi allitterante del suo stesso nome: *Medea malum*; *Medea monstrum*; *Medea mater*[14] (A. Traina, 1979, 273; G. Petrone, 1988, 61s.). Mai passiva o rassegnata; tanto virile e dominatrice, quanto Giasone piagnucoloso e *defessus malis* (518; E. Németi, 2003, 222s.). Alle accuse della donna l'uomo tuttavia controbatte con le armi di «una sofistica e sofisticata argomentazione paradossalmente funzionante» (M.G. Masselli, 2006, 379), quando lucidamente dichiara di essere stato costretto a scegliere il male minore, anteponendo alla *fides* per la donna la *Iustitia* imposta dalla *pietas* verso i figli, legittimati come membri della comunità solo in virtù delle nuove nozze (431-445), e persino dal rispetto verso Medea, cui assicura la salvezza della fuga ottenuta tra le lacrime da Creonte (490s.). Tuttavia, nell'economia generale della tragedia Giasone risulta egoista, debole, ipocrita, timoroso dei poteri forti (529s.); *iussus* per il coro (669), timoroso e *coactus* per Medea (415ss.), eterodiretto, prima da Pelia, poi dal suocero Creonte, dal quale spera di ottenere il trono. Seneca sintetizza per certi aspetti l'eroe *amèchanos* di Apollonio e il Giasone opportunista e profittatore di Euripide, con un'operazione che potremmo definire di degradazione del *civis romanus*, facendo di Giasone il suddito perfetto nel contesto asfissiante della corte neroniana.

Sul versante dell'epica il mito argonautico nel suo complesso suscita un certo interesse tra i poeti latini (D. Braund, 1993), ma il contributo più importante è costituito dagli *Argonautica* di Valerio Flacco, poeta di età flavia del I d.C. Nell'opera Giasone è modellato su Enea, e ciò sia per il richiamo programmatico all'epica virgiliana tipica del momento, sia per la volontà propagandistica di porre la Roma dei Flavi, che con la conquista della Britannia aveva sperimentato le rotte oceaniche, all'interno del racconto di un mito pre-troiano e pre-eneadico che per la prima volta aveva aperto le vie del mare (D. Galli, 2007, 40).

[13] Perdute sono la *Medea* di Ovidio e la *Medea* di Lucano.
[14] *Medea malum* (362); *Medea monstrum* (675); *Medea mater* (934).

Gli sforzi di Valerio sono orientati a depurare e correggere il Giasone *amèchanos* e debole di Apollonio. Il suo Giasone è il *vir*, l'eroe dotato di fama e *virtus*, non esente da sconfortanti incertezze, che gli studiosi del poeta latino mettono in evidenza anche attraverso lo studio delle similitudini (B.E. Lewis, 1984; F. Caviglia, 2002; M. Fucecchi, 2002), ma è anche l'eroe accorto che, percependo gli intenti ingannevoli, trascina nell'impresa Acasto, il figlio del tiranno, facendo dell'ingannatore, Pelia, un ingannato, costretto, suo malgrado, a sperare nel buon esito dell'impresa. Il Giasone di Valerio gode di una *leadership* indiscussa: ora *dux*, *ductor*, *magister*, insomma pienamente *capax imperii*, persino *pius*, perché onora gli dèi e confida nella loro protezione. L'episodio di Lemno è emblematico degli sforzi di Valerio per recuperare l'eroismo di Giasone. In Apollonio, Giasone, come abbiamo visto, subisce i duri rimproveri di Eracle (Ap. Rhod. 1,872–4). Anche in Valerio gli Argonauti si compiacciono della compagnia femminile a Lemno, ma l'intervento di Ercole prende una piega ben diversa, con un tono che non è né sarcastico né sprezzante (C. Castelletti, 2014, 178): *Concedimi, Giàsone, il Fasi;concedimi Eeta, i pericoli del mare di Scizia. La passione di agire, e nient'altro, m'ha trascinato sul mare con te* (2,379–81; trad. F. Caviglia, 1999), parole che non inficiano l'*auctoritas* di Giasone che appare prontamente reattivo, a differenza del suo omologo greco (Ap. Rhod. 1,875s.), e dà ordini di riprendere la navigazione. Nel settimo libro Giasone reagisce a Eeta che gli propone altre e inaspettate prove prima di avere accesso al vello d'oro, appellandosi ai *mores* del perfetto romano che rispetta la *fides* e obbedisce agli ordini: *«Dov'è finita la tua lealtà? -gli rimprovera- «è mio costume obbedire e non cedere alle difficoltà»* (7, 91; 95). Eppure la laboriosa costruzione valeriana dell'eroe archetipico[15] vacilla fino a sgretolarsi

[15] Il Giasone di Valerio Flacco ha diviso le opinioni degli studiosi: da una parte antieroe, ambizioso e senza scrupoli (E. Lüthje, *Gehalt und Aufriß der* Argonautica *des Valerius Flaccus*, Diss., Kiel, 1971; B.E. Lewis, *Valerius Flaccus' Portrait of Jason: Evidence from the Similes*, in *AClass*, n. 27/ 1984; E. Lefèvre, *Die Opfer-Szene im ersten Buch (1,184–254) und das Iason-Bild in Valerius Flaccus'* Argonautica, in Korn M. and Tschiedel H. J. (hrsg.), Ratis omnia vincet. *Untersuchungen zu den* Argonautica *des Valerius Flaccus*, Hildesheim, 1991; M. Wacht *Zur Motivierung der Handlung im Epos des Valerius*, in Korn M. and Tschiedel H. J. (hrsg.), Ratis omnia vincet. *Untersuchungen zu den* Argonautica *des Valerius Flaccus*, Hildesheim, 1991); dall'altra eroe completo (J. Adamietz, *Zur Komposition der Argonautica des Valerius Flaccus*, Munich, 1976; K. W. D. Hull, *The Hero-Concept in Valerius Flaccus'* Argonautica, in C. Deroux (ed.), *Studies in Latin Literature and Roman History*, I, Brussels, 1979; S.A. Cecchin, *Giasone alla conquista del vello d'oro: personaggio e intreccio nelle Argonautiche di Valerio Flacco*, in *Orpheus*, n. 5/ 1984). Più calibrati nel giudizio altri (F. Spaltenstein, *Commentaire des Argonautica de Valérius Flaccus (livres 1–2*), Brussels, 2002, 115; F. Ripoll, *La morale héroïque dans les épopées latines d'époque flavienne: tradition et innovation*, Louvain, 1998, 88–94, 167–76, 266–74; C. Castelletti, *A Hero with a Sandal and a Buskin: the Figure of Jason in Valerius Flaccus'* Argonautica, in Heerink M., Manuwald G. (eds.), *Brill's companion to Valerius Flaccus*, Leiden- Boston, 2014), per i quali Giasone nel corso del poema e in

nell'ottavo libro, proprio al culmine dell'impresa: quando pur di vincere le esitazioni di Medea Giasone, consapevole di dipendere dalla donna, tesse per lei un discorso smaccatamente adulatorio e servile, con voce carezzevole, *blando ore* (8.36), *iunctura* di marca elegiaca, ricorrente in contesti di menzogne e di inganni[16]: *Tu verrai nella mia casa, tu sarai la sua gloria; ho capito che il degno motivo, per me, di tanto cammino sei stata tu; non cerco più nessun vello, oramai: mi basta portare, sulla mia nave, te sola. E tu, che lo puoi, aggiungi anche questo a tanti tuoi doni, a tanti tuoi meriti. Riportare il vello dorato è costrizione per noi, ed è una gloria che tocca soltanto i compagni* (8.37- 43; trad. F. Caviglia, 1999). Dopo aver convinto Medea, i due avanzano di notte verso il drago custode del vello. Giasone è guardingo e timoroso: *«Che cosa significa questo rosseggiare del cielo? Che cos'è quella lugubre stella che splende?» Alle sue paure così risponde Medea: «Ecco, vedi gli occhi del drago, la loro terribile luce. È lui che folgora queste saette dal capo. Ha paura, davanti a lui non vede che me, mi chiama, cerca da me, come al solito, il cibo, dolcemente, con la sua lingua…»* (8. 58-63 trad. F. Caviglia, 1999). È significativo il richiamo intratestuale alla condizione psicologica di Giasone nella rappresentazione del drago: anche il drago, che si impone davanti alla coppia e incute timore a Giasone (*trepido* 8. 59), prova paura a sua volta (*pavens* 8. 62) e condivide con l'eroe l'assoggettamento servile a Medea (Giasone chiede l'aiuto dei filtri per uccidere il drago, il secondo cibo per sopravvivere). L'aggettivo rivelatore *blandus* 'carezzevole', in riferimento sia a Giasone (*blando[…] ore*: 8.36) che al drago (*blanda[…] lingua*: 8.63), crea nel mostro una sorta di doppio grottesco di Giasone[17], ai limiti della parodia, che tuttavia dà il senso della percezione dell'eroe che, come vedremo, a conclusione di questa campionatura, continuerà a viaggiare nella letteratura latina abitando uno spazio sempre più marginale e sempre meno 'eroico' nel mito di Medea.

special modo nell'ultimo libro (F. Ripoll, *Jason au chant VIII des* Argonautiques *de Valérius Flaccus: Héros ou anti-héros*, in *Pallas, n*. 77/2008) è espressione dell'antitesi tra l'esaltazione epica e il pessimismo tragico.

[16] Il verso in questione (Valerio Flacco, *Argon*., 8.36): *blandoque prior sic ore locutus* è rielaborato su Ovidio, *Eroidi*, 12.74: *orsus es infido sic prior ore loqui* «Così per primo cominciasti a parlare con bocca bugiarda», detto di Medea a Giasone (T. Pellucchi, *Commento al libro VIII delle Argonautiche di Valerio Flacco*, Hildesheim, Zurich and New York, 2012, 89). Cfr. anche Ovidio, *Metamorfosi*, 13,555 e Lucano, *Farsalia*, 6, 488. Significativo il luogo di Stazio, *Theb*., 5, 457 *blandus Iason*, con riferimento a Giasone abile seduttore.

[17] L'intero v. 62: *meque pavens contra solam videt ac vocat ultro*, benché sicuro sotto il profilo testuale, è stato oggetto di numerosi interventi critici ed esegetici da parte della critica (T. Pellucchi, *Commento*, cit., 130 s.; la studiosa in particolare sottolinea l'immedesimazione di Medea col drago (131)).

Un significativo esempio di epoca tardoantica[18] è costituito dalla *Medea* di Draconzio (V d.C.), un epillio in cui la trama assume contorni nuovi, come l'ambientazione a Tebe nella seconda parte dell'opera (366-601) e Giasone che muore nel rogo con la futura moglie e il padre di lei (519-521). Per Giasone, chiamato con disprezzo *nauta fugax*, *pirata nefandus* (248), *callidus heros* (42); *mendicus* (418), *perfidus* (553), si usa il discorso diretto solo per una manciata di versi. Particolarmente significativo quanto dice quando sta per essere sacrificato sull'altare di Diana scitica da Medea, sacerdotessa della dea: *«Sono una vittima sacrificale, sono morto! Il coltello è minacciosamente alla mia gola!»* (239; trad. F. Gasti, 2016). Il tono tragicomico raggiunge l'apice quando, salvato *in extremis* dalla freccia scagliata da Amore, a Medea che gli chiede: *«Dunque ora vuoi essere mio marito?» «Tuo servo!» risponde Giasone, «Soltanto ti imploro di non togliermi la vita e ti riconosco mia signora»* (253-55; trad. F. Gasti, 2016). Lo scambio di battute costituisce uno scarto comico generato tra la memoria letteraria del *servitium amoris* e la situazione di emergenza che impone di salvare la pelle a tutti i costi (H. Kaufmann, 2006, 268ss.).

2. Seduttore impenitente o spregiudicato opportunista. Esempi di ricezione del personaggio di Giasone nell'immaginario letterario di età moderna.

Sotto il probabile influsso di Ovidio che immagina due lettere scritte a Giasone dalle donne da lui sedotte e abbandonate (Ipsipile, e Medea, rispettivamente la sesta e la dodicesima delle *Eroidi*), Dante colloca Giasone tra i seduttori (*Inferno* 18.86ss): *Ello passò per l'isola di Lenno… Ivi con segni e con parole ornate/ Isifile ingannò… tal colpa a tal martiro lui condanna;/e anche di Medea si fa vendetta*. [T11].

Sempre dedito ad assecondare un'indomabile passione per l'altro sesso è il *Giasone* o *Giasone effeminato*, protagonista del dramma per musica su libretto di Giacinto Andrea Cicognini e musiche di Francesco Cavalli, rappresentato per la prima volta al Teatro San

[18] Tra le riscritture del mito classico sarà utile ricordare la *Medea* di Osidio Geta (III d.C.), una tragedia ottenuta dall'oculata combinazione di esametri virgiliani, secondo la tecnica del centone (G. Salanitro, *Osidio Geta. Medea*, Roma, 1981). Nell'opera Giasone ricalca le orme dell'omonimo euripideo, sprezzante e ipocrita. Ben più tardi si colloca invece una riscrittura condensata delle *Argonautiche* di Apollonio Rodio: *Le Argonautiche di Orfeo*, o *Argonautiche orfiche* (IV-V sec.), un poema scritto in greco, in cui il mitico cantore Orfeo, ormai vecchio, racconta l'impresa della conquista del vello d'oro. Il testo, di autore ignoto, tende a conferire un ruolo di primo piano ad Orfeo, membro dell'equipaggio della nave Argo (F. Vian, *Les Argonautiques Orphiques*, Paris, 1987).

Cassiano di Venezia il 5 gennaio del 1649. Nell'opera, in cui si sviluppano con molta libertà spunti tratti da una confusa mescolanza di fonti classiche (W. Schubert, 2006; F. Antonucci, L. Bianconi, 2013), Giasone, completamente disinteressato alla gloria militare, appare invece diviso tra i trastulli erotici con l'amante (qui Medea) e i lamentosi rimproveri della moglie, nel melodramma impersonata da Isifile, alla quale pentito, fa ritorno: *Figli, moglie, cor mio, tra le colpe avvilito, dalla tua man difeso, chieder pietà non oso, padre inumano e traditor marito* (atto terzo, scena 21).

Il Novecento è stato un secolo fecondo di riscritture del mito di Medea, in Italia e in Europa. Particolarmente significativo è l'unico lungo atto della *Médée* di Jean Anouilh (1946), in cui l'eroina, rivisitata in chiave moderna, reagisce al tradimento uccidendo i figli e se stessa sotto gli occhi del marito. Alla fine della tragedia, Giasone, che vive quel momento come la definitiva separazione da un mondo a lui estraneo, ordina ai suoi uomini: *Che uno di voi sorvegli il fuoco fin tanto che non vi siano più se non ceneri, fin tanto che l'ultimo osso di Medea sia bruciato. Venite, voialtri. Torniamo al palazzo. Bisogna vivere, ora, assicurare l'ordine, dare leggi a Corinto e ricostruire senza illusioni un mondo a nostra misura per attendervi la morte* (G. C. Castello, 1949, 288).

Nella *Lunga notte di Medea* di Corrado Alvaro (1949), pur indebolita rispetto all'eroina del mito classico e simbolo di un'umanità oppressa e perseguitata (G. Ieranò, 2000, 178s.), Medea esercita nei confronti del suo Giasone una forza centrifuga che lo scaglia prepotentemente nella storia. Emblematiche le parole dell'eroe nella sesta scena del secondo tempo: *Non tutti possono passare umili nella vita. La potenza è come il male. Compiuto il primo atto, altri devono seguire. Ti spingono in alto, per forza. Per forza devi salire, fino alla vertigine. Bisogna fuggire in avanti. E non sai bene dove ti crocifiggeranno. Ho paura Medea, ma non di te. Ho paura di questa forza che mi spinge, contro me stesso. Esito. Ma vado avanti. Ho paura. Ma salgo… E ora il tempo delle grandi imprese è terminato. E Giasone è costretto a piegarsi alla miserabile politica… Ma regnerò. Sarò potente. Non sarò più il ricordo di un eroe. Ma un re* (C. Alvaro, 1966).

L'intellettuale che ha saputo rendere appieno la tensione di Giasone verso il *logos* è Pier Paolo Pasolini nel film *Medea* (1969). L'Esonide è un personaggio dinamico che attraversa la fase 'mitica', l'infanzia presso il centauro Chirone, immerso in un mondo sacro, in cui la natura è permeata di divino e trascende la materialità, per approdare in età adulta alla dimensione

razionale, consapevole e pragmatica. Questo graduale rifiuto della primitiva sacralità, della «sana barbarie» (J. Duflot, 1983), è scandito dalla trasformazione dell'aspetto del centauro da "sacro" a "sconsacrato": da simbolo androgino, sintesi di forza paterna a centauro-padre, ormai completamente antropomorfo (G. Ieranò,187ss.).

Concludiamo questa breve rassegna ricordando tre opere che si concentrano sul solo Giasone, immaginato vecchio e disincantato, vicino alla fine: *Die Nacht der Argo* del 1943 (e un successivo radiodramma, *Jason letzte Nacht*) di Marie Luise Kaschnitz; *Das Argonautenschiff*, di Anna Seghers (1949) e *Gli Argonauti* di Cesare Pavese, tratto dai *Dialoghi con Leucò* (1946) (M.S. Mirto, 2020). I racconti delle scrittrici tedesche dialogano a distanza con le fonti classiche e presuppongono la maledizione di Medea che augura a Giasone di morire colpito al capo da un frammento della nave Argo (Euripide, *Medea*, 1386-1388)[19]. In essi la nave diventa una materna interlocutrice che stimola in Giasone un rigenerante processo di riflessione retrospettiva che fa guardare con indulgenza anche al rapporto con Medea. In Pavese invece Iasone, ormai vecchio, dialoga con Mèlita, giovane sacerdotessa del tempio di Afrodite Urania a Corinto. La ragazza, che descrive da una finestra la vita del porto, è per Iasone l'unico collegamento col mondo circostante ma, al tempo stesso, motore della memoria di un passato eroico con cui la consapevolezza dei propri limiti ha fatto recidere per sempre ogni legame: *Resta tu alla finestra, Mélita. Io ti guardo mentre guardi la nave. È come se vi vedessi prendere il vento insieme. Io tremerei nella mattina. Sono vecchio. Vedrei troppe cose se guardassi laggiù…Ho imparato a Corinto, a non essere un dio.*

In questi racconti il filo della memoria delle vicende passate si intreccia a un presente in cui del mito (il mare, la nave, Medea) non rimangono che le macerie. Tra queste macerie il vecchio Giasone abdica con rassegnata saggezza al ruolo dell'eroe e accetta finalmente, con serenità, la morte che lo aspetta, scoprendo nella profonda essenza di uomo il suo vero riscatto.

[19] In base alle informazioni ricavate dall' *argumentum* della tragedia e dagli scolii al passo, Giasone morì colpito alla testa dall' *akrostolion* dell'Argo che si staccò dal muro del tempio di Hera a cui era stato consacrato o che, staccatosi dalla poppa, lo colpisce mentre dorme all'ombra della nave ormeggiata e ormai marcita (D. J. Mastronarde, *Euripides' Medea*, Cambridge, 2002, 55).



Testimonianze iconografiche e letterarie

3. Bibliografia

Adamietz J., *Zur Komposition der Argonautica des Valerius Flaccus*, Munich, 1976

Adriani E., *Medea. Fortuna e metamorfosi di un archetipo*, Padova, 2006

Alvaro C., *Lunga notte di Medea*, Milano, 1966

Antonucci F., Bianconi L., *Plotting the Myth of Giasone*, in Rosand E. (ed.), *Readying Cavalli's Operas for the Stage: Manuscript, Edition, Production*, London, 2013, 201-227

Borgogno A. (a cura di), Apollonio Rodio, *Argonautiche*, Milano, 2003

Beye C.R., *Jason as Love-Hero in Apollonios'* Argonautica, in *GRBS*, n.10 /1969, 31-55

Biondi G.G., *Introduzione* a Lucio Anneo Seneca, *Medea, Fedra*, Milano, 1989, 11-84

B.K. Braswell, *A Commentary on the Fourth Pythian Ode of Pindar*, Berlin/ New York, 1988

Braund D., *Writing a Roma*n Argonautica. *The Historical Dynamic*, in *Hermathena*, n.154/ 1993, 11–17

Caiazza A., *Medea: fortuna di un mito*, in *Dioniso*, n. 59/1989, 9-84; n.60/ 1990, 82-118; n. 63/1993,121- 141; n.64/ 1994, 155-166

Castelletti C., *A Hero with a Sandal and a Buskin: the Figure of Jason in Valerius Flaccus'* Argonautica, in Heerink M., Manuwald G. (eds.), *Brill's companion to Valerius Flaccus*, Leiden- Boston, 2014,173-191

Castello G. C. (a cura di), *Teatro di Anouilh. La selvaggia, Euridice, Antigone, Medea*. Milano 1949

Caviglia F., *Similitudini in Valerio Flacco: sotto il segno di Medea*, in *Aevum ant.*, n .2/ 2002, 3-34

Caviglia F. (a cura di), Valerio Flacco. *Le Argonautiche*, Milano,1999

Cecchin S. A., *Giasone alla conquista del vello d'oro: personaggio e intreccio nelle Argonautiche di Valerio Flacco*, in *Orpheus*, n. 5/ 1984, 271–318

Clauss J. J., *The Best of the Argonauts. The Redefinition of the Epic Hero in Book 1 of Apollonius'* Argonautica, Berkeley- Los Angeles, 1993

Colavito J., *Jason and the Argonauts through the Ages*, Jefferson, NC, 2014

Cozzo A., Kerdos. *Semantica, ideologia e società nella Grecia antica*, Roma, 1988

Drachmann A.B. (ed.), *Scholia vetera in Pindari carmina. Scholia in Pythionicas*, II, Stutgardiae et Lipsiae, 1910

Duflot J., *Il sogno del centauro*, Roma, 1983

Falcone M.J., *Medea sulla scena tragica repubblicana. Commento a Ennio*, Medea exul; *Pacuvio*, Medus; *Accio*, Medea sive Argonautae, Tübingen, 2016

Fucecchi M., *Giasone* e le *similitudini:ambiguità e ossessione dei modelli eroici*, in *Aevum ant.*, n.2/2002, 45–61

Galli D., 2007, *Valerii Flacci Argonautica I, Commento*, Berlin, 2007

Gentili B. (a cura di), *Pindaro. Le Pitiche*. Introduzione, testo critico e traduzione. Commento a cura di Bernardini P.A., Cingano E., Gentili B., Giannini P., Milano, 1995

Giannini P., *Interpretazione della* Pitica *4 di Pindaro*, in *QUCC*, n. 31 /1979, 35-63

Gualandri I., «Sit Medea ferox invictaque, flebilis Ino». *Spunti di teorizzazione sul personaggio nella letteratura latina*, in *Acme* n. 62/ 2009, 7-19

Gutzwiller K., *The Herdsman in Greek Thought*, in Fantuzzi M., Papanghelis T., (eds.), *Brill's Companion to Greek and Latin Pastoral*, Leiden-Boston 2006, 1-23

Heerink M., *Echoing Hylas. A Study in Hellenistic and Roman Metapoetics*, Madison, WI, 2015

Hershkowitz D., *Valerius Flaccus' Argonautica. Abbreviated Voyages in Silver Latin Epic*, Oxford, 1998

Hull K. W. D., *The Hero-Concept in Valerius Flaccus'* Argonautica, in C. Deroux (ed.), *Studies in Latin Literature and Roman History*, I, Brussels, 1979, 379–409

Hunter R. L., *Short on heroics': Jason in the* Argonautica, in *CQ*, n.38/1988, 436-453

Ieranò G., *Tre Medee del Novecento: Alvaro, Pasolini, Wolf*, in Gentili B., Perusino F. (a cura di), *Medea nella letteratura e nell'arte*, Venezia, 2000, pp. 177-197

Jackson S., *Apollonius' Jason: Human Being in an Epic Scenario*, in *G&R*, 39 (2) /1992, 155–162

Kaufmann H., *Dracontius Romul. 10 (Medea). Einleitung, Text, Ubersetzung und Kommentar*, Heidelberg, 2006

Klein T. M., *Apollonius ' Jason: Hero and Scoundrel*, in *QUCC*, n. 13/1983, 115-26

Lawall G., *Apollonius'* Argonautica*: Jason as Anti-Hero*, in *YCS*, n.19/1966, 121-69

Lefèvre E., *Die Opfer-Szene im ersten Buch (1,184–254) und das Iason-Bild in Valerius Flaccus'* Argonautica, in Korn M. and Tschiedel H. J. (hrsg.), Ratis omnia vincet. *Untersuchungen zu den* Argonautica *des Valerius Flaccus*, Hildesheim, 1991, 173–80

Lewis B. E., *Valerius Flaccus' Portrait of Jason: Evidence from the Similes*, in *AClass*, n. 27/ 1984, 91–100

Lexicon Iconographicum Mythologiae Classicae (*LIMC*), V, Zürich, München, Düsseldorf, 1990

Livrea E., *Pindaro enigmatico. Trittico sulla Quarta Pitica*, in *MD*, n. 56/ 2006, 9-27

Lovatt H., *In Search of the Argonauts. The Remarkable History of Jason and the Golden Fleece*, London, 2021

Lüthje E., *Gehalt und Aufriß der* Argonautica *des Valerius Flaccus*, Diss., Kiel, 1971

Mackie C.J., *The Earliest Jason. What's in a Name*, in *G&R*, n. 48/ 2001, 1-17

Manuello P., *La Trattazione del Mito Argonautico nella Pitica IV di Pindaro e in Apollonio Rodio*, in *Digressus*, n.11/2011, 74-152

Masselli G. M., Pro foedifrago. *Le ragioni dell'eroe fuggitivo. Da Giasone a Enea*, in De Martino F. (a cura di), *Medea: teatro e comunicazione*, Bari, 2006, 353-386

Mastronarde D.J., *Euripides' Medea*, Cambridge, 2002

Mirto M. S. (a cura di), *Dalla parte di Giasone. Kaschnitz, Seghers, Pavese e la riscrittura del mito* (traduzioni di Federica Tedeschi), Pisa, 2020

Musso O. (a cura di), *Medea*, in *Tragedie di Euripide*, I, Torino, 1980

Németi A. (a cura di), *Lucio Anneo Seneca*, Medea. *Introduzione, traduzione e commento*, Pisa 2003

Pellucchi T., *Commento al libro VIII delle Argonautiche di Valerio Flacco*, Hildesheim, Zurich and New York, 2012

Petrone G., Nomen/omen*: poetica e funzione dei nomi (Plauto, Seneca, Petronio)*, in *MD* n. 20-21/ 1988, 33-70

Pontrandolfo A., Mugione E., *La saga degli Argonauti nella ceramica attica e protoitaliota. Uso e rifunzionalizzazione di un mito*, in Massa Pairault F.H. (ed.), *Le mythe grec dans l'Italie antique. Fonction et image*, Rome, 1999, 329-352

Ripoll F., *La morale héroïque dans les épopées latines d'époque flavienne: tradition et innovation*, Louvain, 1998

Ripoll F., *Jason au chant VIII des* Argonautiques *de Valérius Flaccus: Héros ou anti-héros*, in *Pallas, n.* 77/ 2008,173–184

Salanitro G., *Osidio Geta. Medea*, Roma, 1981

Schubert W., Oh bell'imbroglio! *Medea und Hypsipyle als Rivalinnen in Ovids Heroides und Francesco Cavallis/Giacinto Cicogninis Oper Giasone*, in Santini C., Zurli L., Cardinali L. (a cura di), Concentus ex dissonis. *Scritti in onore di Aldo Setaioli*, Napoli, 2006, 659-680

Segal C., *Pindar's Mythmaking. The Fourth Pythian Ode*, Princeton, 1986

F. Spaltenstein, *Commentaire des Argonautica de Valérius Flaccus (livres 1–2*), Brussels, 2002

Tedeschi G., *Commento alla Medea di Euripide*, Trieste, 2010

Traina A., *Due note a Seneca tragico*, in *Maia*, n. 31/1979, 273-275

Untersteiner M., *La fisiologia del mito*, Torino, 1991

Usener H., *Götternamen*, Frankfurt am Main, 1948

Vidal- Naquet P., *Le chasseur noir. Formes de pensée et formes de société dans le monde grec*, Paris, 1981

Vian F., *Les Argonautiques Orphiques*, Paris, 1987

Wacht M., *Zur Motivierung der Handlung im Epos des Valerius*, in Korn M. and Tschiedel H. J. (hrsg.), Ratis omnia vincet. *Untersuchungen zu den* Argonautica *des Valerius Flaccus*, Hildesheim, 1991, 101- 120

Wendel K. (ed.), *Scholia in Apollonium Rhodium vetera*, Berlin, 1935 (repr. 1974)

Williams M. F., *Stoicism and the Character of Jason in the* Argonautica *of Apollonius Rhodius*, in *Scholia*, n.5/ 1996, 17–42.

Feliciana Lorella Pennisi

SENECA, *AGAMENNONE*. VOCI DI DONNE

1. La tragedia greca e la 'versione' senecana. Il Coro e la sua funzione. – 2. Il Coro, voci di donne.

1. *La tragedia greca e la 'versione' senecana. Il Coro e la sua funzione.*

In *La nascita della tragedia* (1872) Nietzsche riprende il concetto emerso a Basilea nel 1870, nella conferenza *Il dramma musicale greco*, in cui si affermava che in origine la tragedia «non era altro se non un grande canto del Coro»: il Coro tragico, in origine composto da satiri, era, secondo il filosofo tedesco, il vero e proprio dramma originario, da cui si sviluppò la tragedia, e in cui la musica aveva un ruolo centrale.

Nella sua evoluzione, il Coro delle tragedie classiche greche, acquista un valore a sé, diviene personaggio collettivo e 'agisce', coopera all'azione tragica, nei rapporti con gli attori, diviene anch'esso attore sulla scena (in Aristotele, *Poetica*, 1456a, 25-32 si legge: «Anche il Coro deve essere considerato uno degli attori, e bisogna che sia una parte del tutto, e che partecipi all'azione, non come in Euripide, ma come in Sofocle»).

In ambito latino, l'imitazione/emulazione della tragedia greca classica comincia nell'età repubblicana: Varrone (*ling.* 6, 94) fa capire che alcune parti, nei testi tragici latini arcaici, fossero recitate dai Cori, così come dall'esame di alcuni frammenti delle tragedie di Pacuvio, F. Leo (1910, 17 s.) deduce la presenza di un Coro. In Ennio inoltre, dai frammenti della *Medea exul*, sembra ricostruibile il mantenimento del Coro originario della tragedia euripidea e della sua funzione, e lo stesso nell'*Ifigenia*. Cicerone (*de orat.*, III, 27) manifestava grande stima per Ennio, Pacuvio ed Accio (che, tra l'altro, aveva scritto una *Agamemnoidae* di cui restano circa venti versi), paragonandoli, rispettivamente, ad Eschilo, Sofocle ed Euripide. Anche Orazio (*ep.*, 2,1, 55 ss.) cita Pacuvio ed Accio tra i maggiori poeti tragici arcaici. Quintiliano (*inst.*, 10, 1, 97) li definisce *clarissimi gravitate* e menziona, dell'età augustea, il *Tieste* di Vario, degno *cuilibet graecarum comparari* e la

Medea di Ovidio che *videtur mihi ostendere quantum ille vir praestare potuerit*, entrambe perdute.

Seneca apre l'età neroniana ad una 'tragedia nuova' (A. Martina, 2008) di sapore 'postclassico', i cui aspetti si evidenziano nella sospensione dell'azione scenica (di cui in ambito comico romano, Plauto era maestro), nell'uso di monologhi in ingresso, negli 'a parte'. Argomento assai discusso, in quanto ritenuto ciò che maggiormente 'allontana' Seneca dai modelli greci classici, è la funzione del Coro. Si è spesso voluto sottolineare infatti (D. Hill, 2000, 565) che la sua presenza non risponda ai canoni aristotelici di partecipazione 'attiva' all'azione drammatica, ma gli interventi corali – in particolare nell'*Agamemnon* senecana e nelle *Troades* (G. Aricò, 2006)[1] – tra le scene o gli atti, sia digressivi ma anche dialogici con i personaggi, come vedremo, non sono affatto 'scollegati' (G. Mazzoli, 1986)[2] con l'azione drammatica.

La 'versione' senecana, a prima vista, dal punto di vista contenutistico, o meglio, 'proppianamente' parlando, delle «funzioni narrative» e dei personaggi, rispecchia fedelmente l'originale Eschileo, ma con inversioni di ordine di apparizione e, soprattutto, con sostanziali differenze nella caratterizzazione dei personaggi. Un'opera latina con la sua 'gemella' greca, ma in cui sono stati intravisti per di più richiami alla *Clutemestra* di Accio, o all'*Aegisthus*, seppur nei brevi frammenti, di Livio Andronico[3]. Ma restano ancora solo supposizioni, dovute soprattutto alle differenze più evidenti tra i due testi, in cui a volte, può sembrare che Seneca «potrebbe benissimo aver composto la sua opera senza tener presente quella di Eschilo» (A.

[1] G. Aricò (2006, 67 s.) riferendosi in particolare al primo canto delle *Troades* di Seneca e al terzo dell'*Agamemnon*, sottolinea che «la 'simpateticità' e la 'compresenza' che caratterizzano questi cori nei confronti dei personaggi e delle vicende con cui sono presentati in rapporto, inducono a iscriverli nell'ambito di una ristretta campionatura, non significativa ai fini della definizione delle 'regole di funzionamento' dei cori senecani, ma estremamente rilevante per l'identificazione del rilievo che Seneca intende attribuire a questo *actor* nell'ambito della sua drammaturgia».

[2] G. Mazzoli (1986, 99) in *Funzioni e strategie dei cori in Seneca tragico*, a proposito della *vexata quaestio* sullo 'scollamento' dei cori dall'azione cita, tra gli altri, il lavoro di O. Zwierlein (1966), *Die Rezitationsdramen Senecas, mit einem kritisch-exegetischen Anhang*.

[3] L. Degiovanni (2022,167-179), da un'analisi degli esigui frammenti dell'*Aegisthus* di Livio Andronico, oltre a menzionare le ipotesi di Ribbeck (1875, 28 ss.) e Aricò (1979, 3-6) riguardo la somiglianza tra la morte di Egisto (fr.2 Schauer) e la morte di Agamennone nella tragedia senecana, nota altre corrispondenze anche nei versi successivi, che confermerebbero ancora di più (ma pur sempre di ipotesi si tratta) la presenza liviana nell'*Agamemnon* di Seneca. La studiosa propone nel suo lavoro altre corrispondenze con i frammenti della *Clutemestra* di Accio (fr. X.41 Ribbeck), riguardanti il diverbio tra Clitennestra ed Elettra, diverbio assente nell'*Agamennone* di Eschilo, ma presente in Seneca.

Perutelli, 2020, 5)[4]. L'argomento chiave, per entrambe le 'versioni', com'è noto, è l'attesa per il ritorno ad Argo di Agamennone, v. 39:

rex ille regum, ductor Agamemnon ducum[5].

«Quel re dei re, Agamennone, comandante (capo) dei condottieri».

I personaggi sono: Cassandra, l'amante infelice, in Seneca e nel modello greco; l'araldo, anonimo nell'originale eschileo, dove occupa pochi versi, mentre in Seneca è Euribate, personaggio iliadico messaggero di Agamennone, la cui presenza si articola per quasi duecento versi (392a-588), in cui dà l'annuncio dell'arrivo del re vincitore e racconta della tempesta subita dalle navi nel ritorno in patria[6]; Clitennestra, moglie tradita ma a sua volta infedele in entrambe le tragedie, vendicatrice del sacrificio della figlia Ifigenia, con il suo amante e cugino Egisto, vendicatore del padre Tieste. Novità senecane, personaggi 'aggiunti', ma con parti attive nell'azione drammatica: la nutrice, con i suoi dialoghi 'moderatori' con Clitennestra; Elettra, e Strofio (di cui solo un brevissimo accenno in Eschilo), personaggi 'di passaggio'. Personaggi 'silenziosi', Oreste, Pilade, figlio di Strofio, cugini nel mito, amici inseparabili. Agamennone, che dà il nome alla tragedia, è il personaggio che appare di meno sulla scena (vv.782-807). È Clitennestra la vera protagonista, quasi che il titolo della tragedia dovesse essere dedicato a lei. Tuttavia, la figura del re argivo domina l'intero dramma. Novità rilevante, la presenza, in posizione proemiale, di un'ombra/fantasma, elemento narrativo già presente in ambito tragico (e non solo ovviamente, ma non è questa la sede per discuterne), sia greco (Sofocle, Euripide), che latino (Accio), che qui recita il Prologo. È una «firma senecana»: qui l'ombra di Tieste, l'ombra di Tantalo nel *Thyestes*, Achille nelle *Troades*[7]: è l'antenato della stirpe che incita alla vendetta, a perpetrare il male

[4] R.J. Tarrant (1978), si dichiara convinto che dell'Agamennone senecano non fosse Eschilo il vero 'antecedente', ma G. Aricò (2001, 101) obietta che «le differenze sul piano della costruzione ideologica e drammaturgica sono un 'passo obbligato' dovute alla narrazione della storia mitica nella versione Eschilea».

[5] Per il testo di Seneca si utilizzano: G. Giardina-R., Cuccioli Melloni (1987); G. Viansino (1993); A Perutelli, (2020). Le traduzioni sono mie.

[6] Il motivo della tempesta è presente in tutta la letteratura antica non solo, come spesso ricordato in ambito latino, in Virgilio e in Ovidio, ma già in Omero, in Eschilo, in Sofocle, ed altri (G. Viansino, 1993, 157).

[7] G. Petrone (2010, 92) definisce il *topos* 'fantasma di lungo corso letterario', «riscritto secondo un nuovo profilo, quello dei padri malvagi che da morti impongono i loro voleri e danno ordini malefici ai figli»: così Tieste/Egisto, Tantalo/Atreo, Achille /Pirro.

come «delitto ricorrente» (A.Perutelli, 2020), circolare, coinvolgendo nell'attuarlo i discendenti, i figli, i familiari. L'ombra di Tieste si presenta ai vv. 1ss.:

Opaca linquens Ditis inferni loca,
adsum profundo Tartari emissus specu,
incertus utras oderim sedes magis:
fugio Thyestes inferos, superos fugo.

«Lasciando i luoghi tenebrosi di Dite infernale eccomi qui, dalla profonda spelonca del Tartaro, incerto quale delle due sedi debba odiare di più: io, Tieste, fuggo gli Inferi, i Superi li metto in fuga».

E in un lungo monologo, tra i ricordi dei delitti e degli orrori del passato, e le visioni profetiche dei delitti del futuro, Tieste, il cui nome significa «sempre in fuga» – aveva ingoiato i figli e ingravidato la figlia: Egisto, era stato generato per la vendetta – accusa la Fortuna, responsabile delle sue azioni scellerate, vv. 25ss.:

Vincam Thyestes sceleribus cunctos meis
…
Nec hactenus Fortuna maculavit patrem,
sed maius aliud ausa commisso scelus
gnatae nefandos petere concubitus iubet.

«Io, Tieste, supererò tutti con i miei delitti…né la Fortuna solo fino a questo punto ha macchiato di colpa un padre, ma osando un delitto più grande di quello commesso, mi ha spinto a cercare l'amplesso nefando con mia figlia».

E con parole, espressione dell'intensa drammaticità senecana, ma anche di un lirismo in cui è sintesi indissolubile di suono e di immagini, Tieste esce di scena, cedendo il passo al Coro,

ridiscende nella profonda spelonca del Tartaro, da dove era salito, e non rientrerà più nella tragedia, vv. 53ss.:

Sed cur repente noctis aestivae vices
hiberna longa spatia producunt mora ,
aut quid cadentes detinet stellas polo?
Phoebum moramur: redde iam mundo diem.

«Ma perché all'improvviso l'alternarsi della notte estiva si allunga nelle notti invernali, cosa trattiene nel cielo le stelle declinanti? Sono io a ritardare l'arrivo di Febo. Restituisci ormai al mondo la luce del giorno».

2. Il Coro, voci di donne

La novità più rilevante, in Seneca tragico in generale, come già accennato, e in particolare nella 'versione' senecana dell'*Agamemnon,* dove rimarca maggiori differenze rispetto alla 'versione' eschilea, è il nuovo 'aspetto' e 'funzione' del Coro (G. Mazzoli, 1986). In questa tragedia infatti (ma così anche nelle *Troades*, nella *Fedra*, nell'*Hercules Oeteus*), sono Cori di donne, voci di donne: è la voce del filosofo, aggiungerei io. Seneca ha sostituito ai 24 Coreuti che rappresentano i Vecchi Argivi, un doppio Coro: di donne di Micene e di donne d'Ilio. Seneca il filosofo, forse, non ha visto nella figura collettiva del Coro di anziani l'immagine del 'vecchio saggio', e ha voluto sostituirli con una nuova identità femminile, che 'veste' e completa la tragedia, e spazia, in alcuni momenti di raccordo, con digressioni filosofiche.

Già le *Troades* avevano suscitato notevole attrattiva tra gli studiosi oltre che per il contenuto, in alcuni punti, spiccatamente filosofico, il 'dubbio' sul destino dell'anima dopo la morte: è il Coro delle prigioniere troiane che risponde al quesito posto 'dietro le quinte' forse da Seneca stesso con queste parole, di contenuto lucreziano[8], *Tr.*, 397: *post mortem nihil est ipsaque mors nihil* (dopo la morte non c'è nulla e anche la morte è un nulla) e v. 408: *quaeris quo iaceas post obitum loco? quo non nata iacent* (tu domandi dove giacerai dopo

[8] R. Marino (1996, 57ss.); G. Petrone (2010, 83); G. Mazzoli (2011, 359).

la morte? dove giace ciò che non è mai nato), anche per la presenza di un unico Coro, femminile (G. Mazzoli, 1996, G. Aricò, 2006, G. Petrone, 2010). Una *turba captivarum* – al v. 63 così le chiama Ecuba – che si muove e agisce all'unisono, ha un dialogo 'simpatetico' con la regina, interpreta lo stato d'animo comune delle donne prigioniere, il dolore condiviso, che è il nucleo narrativo della tragedia: è smentita dunque in questo caso – e non solo – la 'impersonalità', o addirittura l''indefinitezza' dei Cori senecani o la non partecipazione all'azione drammatica, anzi, si conferma l'assioma aristotelico che assegnava al Coro un'unica collettiva parte attoriale sulla scena[9] .

Nell'*Agamemnon* senecano la presenza femminile, oltre al Coro, è imponente: Clitennestra, la nutrice, Elettra, Cassandra. E il Coro di donne non solo si sdoppia, nel contrasto tra lo stato d'animo delle donne di Micene e le donne di Troia, ma, per di più, occupa, in quattro canti/segmenti, più di un terzo della tragedia.

Al v. 57 fa il suo ingresso il primo Coro, delle donne di Micene[10] e procede con un lungo *canticum*, di carattere gnomico, fino al v.107. Il Coro, senza soluzione di continuità col «discorso drammatico», iniziato nel prologo dall'ombra di Tieste, riprende, in termini filosofici, e sviluppa il motivo della 'fortuna ingannatrice', incostante, che è non solo tema caratterizzante dello stoicismo senecano, ma è presente in tutto il *corpus* tragico del filosofo-poeta e che qui, in particolare, si rivela istigatrice di infamie, v. 28: *maculavit patrem*, (ha macchiato il padre). Il Coro ha qui, secondo G. Mazzoli (1986) una funzione 'reagente'[11]: in un linguaggio descrittivo/drammatico/filosofico (A. Traina, 1995), il Coro di donne fa da

[9]Anche Orazio, (*ars* 193 s.) richiama il Coro ad una funzione partecipe dell'azione drammatica: *actoris partis chorus officiumque virile/defendat, neu quid medios intercinat actus/quod non proposito conducat et haereat apte* («il Coro rivendichi la parte di attore e un suo ruolo peculiare, e non canti nel mezzo degli atti qualcosa che non sia strettamente collegato e inerente all'argomento»).

[10] Seguo l'identificazione del Coro, anche quando non è annunciato o non si autoannuncia nelle quattro apparizioni all'interno della tragedia, di G. Giardina (1987) e G. Viansino (1993).

[11] G. Mazzoli (1986, 100-101): «mentre il Coro greco, col suo carattere simpatetico e omologico nei confronti dell'azione, si dimostra un eccellente catalizzatore della *fabula*, il Coro senecano si rivela piuttosto un 'reagente' che, immesso nell'impianto ordinato e monodirezionale della *fabula* stessa, contribuisce a scomporlo, alterarlo e riorganizzarlo nelle linee ben altrimenti implicate e orientate dell'intreccio». E ancora, G. Mazzoli (1996, 9): «I canti corali di Seneca […] entrano in reazione coll'immediato contesto drammatico, che fa loro spazio ma – assunti , tragedia per tragedia, nel proprio insieme – organizzano un superiore e sottostante sistema semantico che, attraverso le connotazioni, gli scarti, le dislocazioni, si 'oppone'– nel senso strutturale del termine – a quello della *fabula i*nvestendo di ideologia i miti consunti della secolare tradizione tragica: un 'controcanto', insomma, dotato d'una sua sostanziale complessiva autonomia di 'suono' […] ma che non può essere ascoltato […] se non integrato alla intrinseca 'spettacolarità' verbale dell'azione che accompagna […] ».

«controcanto» al tema introdotto nel prologo ma 'spezza' e 'modera' l'atmosfera feroce e tetra creata da Tieste. La Fortuna si abbatterà su Agamennone, l'ombra di Tieste ne ha preannunciato la morte, e il Coro così ad essa si rivolge direttamente, vv. 57ss:

O regnorum magnis fallax
Fortuna bonis,
in praecipiti dubioque locas
excelsa nimis.
Numquam placidam sceptra quietem
certumve sui tenuere diem:
alia ex aliis cura fatigat
vexatque animos nova tempestas….

«O Fortuna, ingannevole verso i grandi beni dei regni, metti su un precipizio e in pericolo chi sta troppo in alto; mai i re godono di una placida quiete o di un giorno sicuro; una preoccupazione dopo l'altra li affatica e una nuova tempesta tormenta gli animi».

Una tempesta aveva distrutto le navi greche, Euribate ne farà un lungo resoconto ai vv. 421-578. Le donne del Coro, in una sottintesa relazione 'simpatetica', qui con Agamennone, altrove con altri protagonisti del dramma, ne descrivono il clima, ma la 'tempesta' di cui parlano, è quella degli animi. È l'umana voce del Filosofo Seneca. La profezia del destino di Agamennone, già annunciata dall'ombra di Tieste, si 'allarga' a tutti coloro che godono di grandi beni. La Fortuna vv. 71-73 «fa ruotare a precipizio le vicende dei re. Essere temuti, loro lo desiderano, di essere temuti, hanno però paura»: ad essi non è concessa quella 'tranquillità negli animi' a cui il Filosofo dedica uno dei suoi dialoghi più amati, hanno il cuore in tempesta, vv. 63ss.:

Non sic Lybicis Syrtibus aequor
furit alternos volvere fluctus
…

ut praecipites regum casus
Fortuna rotat.

«Non infuria tanto il mare presso le Sirti Libiche rovesciando i flutti con ritmo alterno … quanto la Fortuna rovescia a precipizio le vicende dei re».

In una lunga digressione/parallelismo naturalistico-descrittiva, e con un lessico «ad incastro» (R. Giomini, 1900, 52) il Coro mette a confronto l'alternarsi dei *flutti* violenti del mare e il furore dei fulmini e dei venti che colpiscono tutto ciò che in natura sta in alto, con il violento accanirsi della Fortuna contro i potenti: ad Agamennone, 'eroe', tocca la sorte di tutti i tiranni, è salito troppo in alto, mentre, v. 102:

Modicis rebus longius aevum est.

«Per chi vive in una condizione mediana, la vita è più lunga».

Con questa esortazione di oraziana memoria, *modicis rebus*, il primo Coro esce di scena. Le donne di Micene hanno svolto il loro ruolo,'moderatore', e hanno mantenuto, come già detto, un *continuum* con la narrazione del Prologo/ombra. Ma non solo. Al v. 65 il termine *fluctus*, o meglio l'espressione *alternos volvere fluctus* – riferito al mare che, 'infuriato' dalla tempesta, sconvolge i flutti alternandone il ritmo – anticipa il motivo-chiave del I atto, i *fluctus animi*, il «fluttuare dell'animo», i contrasti, i dubbi, la 'tempesta interiore' di cui è preda Clitennestra, che con queste parole, dando inizio a un lungo monologo con se stessa e dialogo con il suo animo «passionale, pieno di realismo drammatico» (G. Viansino, 1993, 151), entra in scena, vv. 108s.:

Quid, segnis anime, tuta consilia expetis?
Quid fluctuaris? Clausa iam melior via est.

«Perché, animo pigro, cerchi progetti sicuri, perché ondeggi? ti è ormai preclusa la via del bene».

Clitennestra interroga il suo animo. Seneca (*ir.*, 3, 36, 1), riferendosi all'animo (A. Traina 1995, 11), diceva che questo «ogni giorno dev'essere chiamato a rendere i conti: faceva così Sestio, cioè, alla fine della giornata, ritiratosi per il riposo notturno, interrogava l'animo suo»[12]. Il verbo *fluctuo*, nell'espressione anaforica *quid fluctuaris*, (che in ugual posizione e con lo stesso significato ricorre in *Tr.*, 657, per bocca di Andromaca, sempre rivolta a se stessa), delinea perfettamente l'animo di Clitennestra: Eschilo aveva caratterizzato, nel suo *Agamennone*, una Clitennestra superba, altera, ma anche dimessa, umile di fronte al marito, quasi servile, figura forse anch'essa fluttuante, dubbiosa, ma ipocrita. Qui Seneca, «directeur d'âmes» (A. Guillemin, 1952-54) ancora una volta da filosofo vede l'uomo, nei suoi difetti e nelle sue inclinazioni, e ne descrive i suoi 'moti' affettivi, il contrasto di sentimenti. Ecco che Clitennestra è messa a nudo nella sua figura di donna, di moglie, di madre, forse, con un termine moderno, oserei dire 'irrisolta'. È pronta a compiere il delitto Clitennestra, ma è afflitta dai dubbi. È moglie tradita, ma anch'essa traditrice, è madre tradita, delusa e irata nel finale della tragedia affronta la figlia, Elettra.

Il lessema *fluctus* ricorre dieci volte nell' *Agamemnon* senecano con riferimento, in otto casi, di cui uno, come già visto al v. 65, ai flutti, (oltre a 143; 214; 490; 502; 541; 561; 681) all'ondeggiare del mare, ma acquista la connotazione metaforica di 'dubbio', 'incertezza', nella sua forma verbale *fluctuo* e ritorna, come sostantivo, *fluctus*, in entrambi i significati, in apertura e chiusa di sei versi che dipingono perfettamente lo stato d'animo della regina, vv. 138ss.:

…fluctibus variis agor,
ut, cum hinc profundum ventus, hinc aestus rapit,
incerta dubitat unda cui cedat malo.
Proinde omisi regimen e manibus meis:

[12] *Ir.*, 3, 36,1 *omnes sensus perducendi sunt ad firmitatem; natura patientes sunt, si animus illos desit corrumpere, qui cotidie ad rationem reddendam vocandus est. Faciebat hoc Sextius, ut consummato die, cum se ad nocturnam quietem receposset, interrogaret animum suum.*

quocumque me ira, quo dolor, quo spes feret,
hoc ire pergam; fluctibus dedimus ratem….

«… flutti contrastanti mi trascinano, come quando da una parte il vento, dall'altra le maree agitano il [mare] profondo, l'onda incerta dubita a quale male cedere. Così ho lasciato cadere dalle mie mani il controllo [della ragione]: ovunque mi conduca l'ira, il dolore, la speranza, là mi precipiterò: ormai ho consegnato la [mia] nave ai flutti».

Il tema della fluttuazione/incertezza dell'anima, com'è noto, ricorre spesso nell'opera filosofica di Seneca (*ir.*, 3, 10, 2), «non è in grado quest'animo di contenere una fedele tranquillità: è scosso necessariamente ed è in balia dei flutti…»[13]. Studi recenti affermano che «quello della fluttuazione sia un problema di carattere sostanzialmente identitario» (E. Calabrese, 2010, 120). È il concetto del *suum esse*, il 'possesso di sé', il *se habere*, a cui Seneca stoico, nelle *Epistulae morales*, 1,1, incita Lucilio, con queste parole: *Ita fac, mi Lucili, vindica te tibi*, («fai così, Lucilio mio, renditi veramente padrone di te») dove il verbo *vindico*, che appartiene all'ambito giuridico, e vuol dire «rivendicare il possesso di qualcosa», un oggetto, è, in questo caso, utilizzato con riferimento alla persona, «rivendicare il possesso di se stessi» (A. Traina 1995, 12). E con questo concetto si scontra l'animo di Clitennestra, che è *segnis*, 'debole' e a cui le 'fluttuazioni', impediscono proprio questo possesso di sé. Al v. 125 interviene la nutrice, personaggio 'nuovo', moderatore nella versione senecana, 'satellite' (A. Martina, 1987)[14]. In un dialogo 'a botta e risposta','sentenzioso', con la regina, cercherà di farla recedere dall' 'impeto' delittuoso, ed aiutarla nel mettere a fuoco e a freno il contrasto di sentimenti che la agitano, descritto sapientemente dal Poeta-Filosofo con il linguaggio dell'interiorità (A. Traina 1995, 11), di cui è maestro. Nel dialogo successivo con Egisto, le 'fluttuazioni' dell'animo della regina si concentrano sul valore del matrimonio, sul dubbio sulla sua inscindibilità e sul valore nella tradizione di esso, ma cedono e si sciolgono di fronte alla 'spinta' dell'amante nel compiere il delitto.

[13] A.L. Motto- J. Clark (1987), e G. Mader (1988) tra gli altri, si sono interessati al tema delle fluttuazioni nell'*Agamemnon* senecano.
[14] A. Martina (1986-87, 113-129).

La seconda apparizione del Coro, al v. 310, apre la seconda parte della tragedia. Sono ancora le donne di Micene, identità confermata al vv. 341s:

…regia Iuno:
tua te colimus turba Mycenae.

«…Regale Giunone, te veneriamo noi, tua folla di Micene».

Non sembra, in questo caso, che l'intervento di questo Coro abbia un preciso rapporto di continuità con l'azione scenica precedente appena conclusa. Tuttavia, la relazione con l'impianto drammatico c'è, e risiede, e non solo, nel contrasto con il contenuto del secondo atto, il racconto del messo. È un inno alla pace, che diffonde un'«atmosfera di letizia ingannatrice» (G. Viansino, 1993, 156) perché invocata attraverso Dei 'nemici' di Agamennone, scelta, secondo i critici, pervasa da «ironia tragica» (A. Perutelli, 2020, 12). In questa processione, di oraziana memoria, (mi riferisco al *Carmen saeculare*) le donne di Micene, nell'attesa dell'arrivo di Agamennone, incitano al canto la *pubes inclita*, la gioventù gloriosa, e a celebrare, in ordine, Apollo, a cui Cassandra ha preferito Agamennone, ed ha 'ordinato' il concepimento di Egisto vendicatore, Giunone, dea della donna e del matrimonio, Atena e Diana, tutte divinità che, come accennato, sono 'nemiche', hanno un motivo di odio per Agamennone e, se da un lato sono invocate per accoglierlo, dall'altro ne anticipano la fine. Per ultimo, a capovolgere la scelta delle divinità precedenti, è invocato Zeus, capostipite dei Tantalidi, affinchè, vv. 385ss:

Generis nostri, Iuppiter, auctor,
… tuam non degenerem
respice prolem.

«Iniziatore della nostra stirpe … sulla tua prole non degenere posa il tuo sguardo».

La *turba Mycenae*, la folla di donne di Micene rivolge dunque per ultima l'invocazione a Zeus, perché vegli e accolga la sua 'progenie non degenere', Agamennone. Con funzione celebrativo/informativa, queste voci femminili 'moderano' il motivo del primo Coro e allentano la tensione creata dall'intervento di Egisto, nel dialogo con la sua amante.

La terza apparizione del Coro segue il racconto del messo, Euribate. È un Coro di prigioniere, sono donne di Ilio, è il Coro di Cassandra, e in un rapporto 'simpatetico', dialoga con la sacerdotessa. Il suo arrivo è annunciato da Clitennestra, già al vv. 586ss. :

Sed ecce, turba tristis incomptae comas
Iliades adsunt, quas super celso gradu
effrena Phoebas entheas laurus quatit.

«Ma ecco, giungono le donne d'Ilio, triste folla con le chiome scomposte e, su di loro, emerge con passo superbo, sfrenata, la profetessa di Febo, scuote l'alloro».

Le donne d'Ilio, vedove, dolenti e sconfitte, rievocando all'unisono, come un unico personaggio drammatico, la caduta della loro città, 'agganciate' al racconto del messo e all'azione drammatica, invocano, in forma di inno-lamento, l'"elogio' senecano della morte, vv. 589ss:

Heu quam dulce malum mortalibus additum
vitae dirus amor, cum pateat malis
effugium et miseros libera mors vocet,
portus aeterna placidus quiete.
nullus hunc terror nec impotentis
procella Fortunae movet aut iniqui
flamma Tonantis.

«Ah, che dolce male è stato assegnato ai mortali: un tremendo amore per la vita, mentre si apre una via di fuga dai mali, e una libera morte, placido porto di eterna quiete, chiama gli

infelici. Là nessun terrore ci agita né la tempesta della sfrenata Fortuna o la fiamma di Tonante iniquo».

È il tema della 'Consolatio ad Marciam', del valore liberatorio della morte: «La morte è la liberazione da tutti i dolori, il termine oltre il quale i nostri mali non possono andare; essa ci riporta alla tranquillità, in cui eravamo prima di nascere» (*Marc.* 19, 5). Concetto senecano, che si differenzia dall'espressione, di contenuto lucreziano, citata sopra al v. 397 delle *Troades*: *post mortem nihil est ipsaque mors nihil*, (dopo la morte non c'è nulla e anche la morte è un nulla); ma una nuova eco epicurea è nei vv. 605-606: «spezzerà ogni schiavitù colui che non tiene conto degli dei incostanti…». Al v. 594 il richiamo alla 'tempesta' (ma che qui è chiamata *procella*) della Fortuna ci riporta al tema del primo Coro. Sono donne prigioniere, sconfitte, addolorate, raccontano il loro dolore, piangono il loro padre, Priamo, uniscono «lacrime a lacrime», incitano anche Cassandra, (v. 664) *lacrimas lacrimis miscere*, perché (vv. 666 s.), *iuvat in medium/deflere suos* (giova piangere in mezzo [agli altri] i propri cari). Cassandra entra in *trance*. Il Coro ne descrive, nel sorgere, i sintomi. Nel vedere sdoppiate le immagini del sole, dei giorni, risuona forse Catullo, 51, 11(…*sonitu suopte tintinant aures, gemina teguntur/lumina nocte* – di un suono proprio tintinnano le orecchie, gli occhi sono coperti da una duplice notte); vv. 728s:

sed ecce gemino sole praefulget dies
geminumque duplices Argos attollit domus.

«Ma ecco che il giorno risplende di un duplice sole, e una duplice Argo innalza una doppia casa».

Le donne prigioniere d'Ilio annunciano l'arrivo di Agamennone, che apparirà, in un dialogo/contrasto con Cassandra, solo una volta nella scena (vv. 782ss). Al v. 808 entra in scena l'ultimo Coro, secondo Perutelli (2020, 119), «pressoché del tutto svincolato

dall'azione drammatica». Sono ancora le donne di Micene[15], che intonano un inno in onore di Argo ed Ercole. Il *canticum* ha la stessa fisionomia del secondo coro, nuovo un canto festivo ma ambiguo, ingannevole (A. Mazzoli, 1987, 103, sottolinea «l'effetto di straniamento prodotto da festosi canti celebrativi di dei o eroi … inseriti *ex abrupto* in contesti saturi di tensione tragica», qui per Ercole, dal secondo coro per Agamennone), che precede l'omicidio di Agamennone. Le donne del coro celebrano Ercole, il mito, le imprese. Due elementi collegano i due illustri «figli di Argo» (G. Viansino, 2007, 162): la mano coniugale omicida: Deianira, moglie tradita, aveva ucciso Ercole; Clitennestra sta per compiere l'assassinio di Agamennone. Ma, anche, sono messi a confronto i dieci giorni della conquista di Troia da parte di Ercole (contro Laomedonte)[16] con i dieci anni impiegati da Agamennone, vv. 865s.:

Te duce concidit totidem diebus
Troia quot annis.

«Sotto la tua guida cadde Troia, in tanti giorni quanti anni furono necessari [ad Agamennone]».

Cassandra si collega alle parole con cui il Coro, rivolto ad Ercole, ha chiuso il suo intervento, e 'segna' il confronto: dieci lunghi anni di guerra sono pari all'immensità del delitto che sta per compiersi, v. 867:

Res agitur intus magna, par annis decem.

«Una cosa grande si sta compiendo là dentro, pari ai dieci anni della guerra».

[15] Qui il coro non è annunciato, o autoconfermato, come nei precedenti ingressi. Secondo A. Perutelli (2020, 119), dagli elogi di Argo e del suo eroe, Ercole, si può dedurre che probabilmente sia costituito da donne argive. La scelta nel testo è sovrapponibile, poiché i due eroi, com'è noto, Agamennone ed Ercole, sono l'uno il re, l'altro l'eroe di Argo, ma pur di ascendenza micenea – Alcmena e Atreo.
[16] L'episodio è in Hom., *Il.*, 5, 640.

L'assassinio di Agamennone è la vendetta dei Troiani. Cassandra, la veggente, ne descrive 'in diretta' l'esecuzione. Nella versione eschilea era stato il Coro. Ai vv. 868s., com'è nello stile senecano, la profetessa si rivolge al suo animo:

…anime, consurge et cape
pretium furoris: vicimus victi Phryges.

«animo mio, sollevati e ricevi il premio della tua follia: noi, Frigi vinti, abbiamo vinto».

Così come farà l'ultimo personaggio femminile ad entrare in scena, Elettra, v. 915:

quid, anime demens, refugis? externos times?

«Perché, animo [mio] pazzo, ti sottrai? temi gli stranieri?»

Forse qui, oserei dire, è la 'chiave' della scelta di Seneca, nella sua versione della tragedia eschilea, di una presenza femminile così imponente: la capacità di interrogarsi, ma anche di vivere una molteplicità di sentimenti e di metterli a nudo, a volte contrastanti, ma forti, di cui è capace l'animo femminile: Clitennestra, Cassandra, Elettra, le donne del duplice Coro. Al v. 128, la nutrice, personaggio 'aggiunto', rispetto ad Eschilo, rivolta a Clitennestra, aveva visto che in lei *totus in vultu est dolor*, (il dolore è tutto in viso). E la regina, in 14 versi (131-144) 'elenca' i sentimenti 'fluttuanti' da cui è pervasa: *timor*, *invidia*, *cupido turpis*, *pudor*, *ira*, *spes*. Così Cassandra, che *celso gradu* (con passo superbo), 'sovrasta' le sue compagne, le prigioniere troiane del Coro Iliadico, le sovrasta nel suo 'sentire' il dolore, *aerumnae meae socium recusant* (le mie sventure rifiutano un compagno) e, nell'invasamento, invoca i propri morti, nel desiderio di rivederli, per lei la morte è 'liberazione' *mihi mors est securitas*. Ma passa ad un sentimento di gioia al pensiero della imminente vendetta di Troia sconfitta che sta per compiersi con l'assassinio di Agamennone.

Sul finire del dramma, Elettra, *furibunda virgo*, si scontra con la madre. Ha sottratto il fratello, Oreste, il futuro vendicatore del padre, consegnandolo a Strofio. Clitennestra, *parens…irata* (madre…irata), incita Egisto a tagliarle la gola. È pronta a morire Elettra, *concede mortem* (concedimi la morte) chiede ad Egisto, pronta ad affrontare la morte con la stessa coscienza con cui sta per farlo Cassandra. Nella sua 'versione', Seneca lascia 'sospesa' questa azione, Elettra è un personaggio 'aggiunto', rispetto ad Eschilo, forse di proposito da Seneca, anticipa il finale dell'uccisione di Cassandra. Ma le due giovani donne sono accomunate da uno stato d'animo di accettazione della morte: è il concetto senecano che fa da sottofondo all'intera tragedia. L'ultima voce, l'ultima voce di donna, è la voce di Cassandra: Agamennone sta per essere ucciso: per mano di una moglie tradita, Troia è vendicata. Muore anche Cassandra, 'strumento' di vendetta, ultima vittima del furore vendicativo di Clitennestra. Morente, con queste parole contro i suoi assassini, annuncia, nel futuro, il nuovo delitto, profezia della vendetta di Oreste, v. 1012:

Veniet et vobis furor.

«Anche su di voi verrà il furore (la follia assassina?)».

3. Bibliografia

Aricò G., *Lacrimas lacrimis miscere iuvat*: *il Chorus Iliadum nell'*Agamemnon *di Seneca*, in Castagna L. (a cura di), *Nove studi sui cori tragici di Seneca*, Milano, 1996, 131-145

Aricò G., *La tragedia romana arcaica*, in *Lexis*, n. 15/1997, 59-78

Aricò G., *Non indociles lugere sumus. Un aspetto della tipologia dei cori senecani,* in Amoroso F., (a cura di), *Teatralità dei Cori senecani*, Palermo, 2006, 59-77

Calabrese E., *Modalità linguistiche e relazionali di costruzione dell'identità nell'*Agamennone *di Seneca*, in *Dionysus ex machina* , n. 1/2010, 119-151

Calabrese E., *Aspetti dell'identità relazionale nelle tragedie di Seneca*, Bologna, 2017

Casamento A., *Est miser nemo nisi comparatus* (Sen. *Tr*., 1023), *o come essere (in)felici senza esserlo* , in *Lucius Annaeus Seneca*, n. 1/2021, 195-214

Cassan M., *Animus. Studio sulla psicologia di Seneca,* in *Lexis,* suppl., n.9/ 2022, 105 ss.

Degiovanni L., *Il finale dell'*Agamennone *di Seneca: i modelli post-eschilei,* in *Lexis,* suppl., n.10/2022, 167-179

Garbarino G., *Coerenza drammatica e tragedia retorica: le scene iniziali dell'*Agamennone *di Seneca*, in *CivCC*, n.3/1982, 301-335

Giardina G., Melloni Cuccioli R., *Lucio Anneo Seneca. Tragedie*, Torino, 1987

Giomini R., *L. Annaei Senecae Agamemnon. Ed. et comment. instr. Remus Giomini*, Roma, 1956

Guillemin A. M., *'Sénèque directeur d'âmes'*, in *REL*, n.30/1952, 202-219; n. 31/1953, 214-234; n.32/1954, 250-274

Herrmann L., *Le théatre de Sénèque*, Paris, 1924

Hill D.E., *Seneca's choruses*, in *Mnemosyne*, n. 53, 5/2000, 561-587

Larson M.S., *A critical concordance to Seneca's* Agamemnon. Thesis of Degree of Master of Arts, University of Illinois, 1914

Leo F., *De Tragoedia Romana observationes criticas*, Gottingae, 1910

Leo F., *Die Komposition der Chorlieder Senecas*, in *RM*, n. 52/1897, 509-518

Lotito G., *Suum esse. Forme dell'interiorità senecana*, Bologna, 2001

Mader G., Fluctibus variis agor*: an aspect of Seneca's Clytemestra portrait*, in *Act. class.*, n. 31/1988, 51-70

Marchese R.R., *Veniet et vobis furor. Seneca tragico e la perennità del male*, in *Dionysus ex machina*, n. 4/2013, 146-167

Marino R., *Il secondo coro delle* Troades *e il destino dell'anima dopo la morte* in Castagna L. (a cura di), *Nove studi sui cori tragici di Seneca*, Milano, 1996, 57 ss.

Marino R., *Osservazioni sul coro in Seneca tragico: Il* Thyestes, in *QCTC*, n. 10/1992, 217-233

Martina A., *La nutrice e il Satelles nella struttura del secondo atto dell'*Agamennone *e del* Tieste, in *QCTC*, n 4-5, 1986-87, 113-129

Martina A., *La* tragoedia nova *di Seneca*, in *RCCM*, n. 50, 2/2008, 309-345

Mazzoli G., *Funzioni e strategie dei cori in Seneca tragico*, in Aricò G. (a cura di), *Atti del I seminario di studi sulla tragedia romana*, Palermo, 1987, 99-109

Mazzoli G., *Tipologia e strutture dei cori senecani*, in Castagna L. (a cura di), *Nove studi sui cori tragici di Seneca*, Milano, 1996, 3 ss.

Mazzoli G., *Cassandra fra tre mondi: l'*Agamemnon *di Seneca come teorema tragico*, in *QCTC,* n.11/1993, 193 ss.

Mazzoli G., *Il tragico in Seneca*, in *Lexis,* n. 15/1997, 79 ss.

Motto A.L., Clark J.R., *Seneca's* Agamemnon*: Tragedy without a hero*, in *Athenaeum*, n. 63/1985, 136-144

Motto A.L., Clark J.R., Fluctus varii: *Imagery in the Senecan* Agamemnon, in *Class.Bull.*, n. 63/1987, 113-118

Nietzsche F., *Die Geburt der Tragödie aus dem geiste der musik*, Leipzig, 1872

Paratore E., *Lucio Anneo Seneca, Tragedie*, Roma, 1987

Perutelli A., *Il delitto ricorrente,* in Paduano G., Russo A. (a cura di), *Studi sul teatro latino*, Pisa, 2011, 151 ss.

Perutelli A. (a cura di), *Seneca, Agamennone*, trad. di Paduano G., Milano, 2020.

Petrone G., *Troia senza futuro. Il ruolo del secondo coro nelle* Troades *di Seneca*, in Gasti F. (a cura di), *Seneca e la Letteratura greca e latina*, Pavia, 2010, 83 ss.

Propp V., *Morfologia della Fiaba*, Torino, 1966

Ribbeck O., *Scaenicae Romanorum poesis fragmenta. I. Tragicorum Romanorum fragmenta*, Leipzig, 18712

Ribbeck O., *Römische Tragödie im Zeitalter der Republick*, Leipzig, 1875

Tarrant, R. J., *Seneca's Agamemnon*, Cambridge, 1976

Tarrant R. J., *Senecan Drama and Its antecedents*, *HSCPh.*, n. 82/1978, 216-263

Traina A., *Lo stile drammatico del filosofo Seneca*, Bologna, 1995

Viansino G. (a cura di), *Seneca, Teatro*, II, Milano, 1993

Zimmermann B., *Seneca e la Tragedia Romana di età Imperiale*, in *PAN,* n. 5/2016, 19-28

Zwierlein O., *Die Rezitationsdramen Senecas*, Meisenheim, 1966

Zwierlein O., *L. Annaei Senecae Tragoediae*, Oxford, 1986

Antonella Cinzia Marra

I Ciclopi di Sicilia tra Mito e Storia Naturale

1. Introduzione. – 2. Mitografia dei Ciclopi – 3. Storia naturale degli elefanti di Sicilia. – 4. Mito e scienza si incontrano. – 5. È nato prima Polifemo o l'Elefante? – 6. Conclusioni. – 7. Bibliografia.

1. Introduzione

I fossili, *lapides figuratae*, ovvero rocce di forma particolare, che riproducono morfologie e fattezze diverse. I fossili, resti di organismi vissuti nel passato e giunti fino a noi custoditi nelle rocce attraverso lunghi processi chimici e fisici.

Nel suo percorso istitutivo di disciplina scientifica, la paleontologia ha spesso dovuto confrontarsi con un immaginario leggendario e mitologico dei fossili, legato proprio alla forza evocativa di alcuni fossili. Le morfologie dei fossili creano suggestioni, poiché non sempre sono intuitivamente riconducibili agli organismi di cui hanno fatto parte, potendo trattarsi di una porzione di un guscio o di uno scheletro, a volte frammentaria. Le parti mineralizzate di un organismo sono quelle che più comunemente vanno incontro a fossilizzazione, perché meno aggredibili da parte di altri viventi e più resistenti ad agenti distruttivi, come quelli atmosferici o marini. Conchiglie ed elementi scheletrici possono conservarsi nelle rocce in diverse condizioni, nei casi più fortunati si preservano in perfetta connessione anatomica, in altri casi – più frequenti – le diverse parti vengono disarticolate e reciprocamente allontanate. Inoltre, le rocce fossilifere si possono trovare in ambienti diversi da quelli in cui si sono formate, ad esempio colline e rilievi montuosi possono contenere fossili di ambiente marino.

Ecco allora che, ormai intrinseci alle rocce, i fossili possono stimolare una pareidolia che nella storia umana ha favorito la loro attribuzione a eventi magici o mitologico-religiosi. Un esempio particolarmente calzante è rappresentato dall'attribuzione dei fossili di ammoniti ad un miracolo di Santa Ilda. Le ammoniti sono fossili di molluschi cefalopodi vissuti nel Mesozoico, quando il nostro pianeta era popolato dai Dinosauri. La loro conchiglia è avvolta

a spirale e può presentare ornamentazioni a rilievo. La presenza di questi fossili nelle vicinanze del monastero di Whitby, in cui aveva vissuto e operato come badessa Santa Ilda (614-680), ha alimentato la credenza che si trattasse di serpenti che erano stati pietrificati dalla santa a seguito di un'infestazione. In molti casi, gli artigiani del luogo scolpivano una testa di serpente nella conchiglia a spirale delle ammoniti, in particolare su quelle del genere *Dactylioceras*, che ben ricordavano la forma di un serpente. In onore di questa leggenda è stato istituito il genere *Hildoceras*.

Fossili di ben più grandi dimensioni e somiglianti alle ossa dello scheletro umano, hanno richiamato leggende di giganti e di esseri mostruosi (Mayor, 2000). Gli scheletri dei mammiferi si somigliano tra loro, pertanto la possibilità che fossili di elefanti possano essere identificati come resti di giganti non è poi così remota.

Enormi crani con un grande foro appena sotto la fronte possono sembrare le spoglie di un Ciclope, gigante dalla forza bruta della mitologia greca. La presenza di siffatti crani e ossa di grandi dimensioni nelle grotte della Sicilia viene spesso legata al mito di Polifemo narrato nell'Odissea. La Scienza ci dice che quelle ossa sono fossili e sono appartenuti ad elefanti che hanno popolato la Sicilia prima dell'Uomo. L'identificazione potrebbe essere perfetta, si potrebbe ritenere che proprio da quei ritrovamenti sia nato il mito di Polifemo, che i primi coloni della Sicilia avrebbero potuto attribuire quelle ossa a giganti, dotati di un occhio solo, a giudicare da quel grande foro ubicato nel centro della faccia (figura 1). Eppure, questa matassa creata da eventi disseminati in epoche diverse, va dipanata.



Figura 1: Statua di Polifemo e cranio di *Palaeoloxodon falconeri* a confronto; fonte immagini: wikicommon, licenza Creative Commons.

2. Mitografia dei Ciclopi

Nell'immaginario collettivo, un Ciclope è un gigante antropomorfo monocolo, presente nell'antica mitologia greca. I greci consideravano i Ciclopi entità primitive e brutali, spesso legate alle attività vulcaniche. La forza oscura dei Ciclopi poteva essere vinta soltanto da Apollo, dio del sole.

Nella cosmogonia greca i Ciclopi, generati da Gaia e Urano, erano fabbri al servizio di Zeus ed Efesto, dediti a forgiare folgori per gli dèi. Altri Ciclopi erano stati generati dal dio Poseidone e dalla ninfa Thoosa. Questi ultimi erano giganti mostruosi dotati di una forza prodigiosa. Abitavano in tetre caverne, da cui uscivano solo per cacciare. Nella mitologia greca del Periodo Classico, i Ciclopi hanno avuto un ruolo nel Mito Olimpico della Creazione (Esiodo, Teogonia, versi 139-145): Gaia, la Terra, emerse dal Chaos e generò Urano. Urano creò la pioggia e Gaia creò l'erba, gli alberi, i fiori e gli animali. La pioggia, scorrendo, formò fiumi e mari. Gaia generò prima tre giganti con cento braccia (Ecatonchiri) e più tardi generò tre feroci giganti con un solo occhio, i Ciclopi. I Ciclopi erano fabbri e costruttori di mura, prima abitavano in Tracia e successivamente a Creta e in Licia.

Secondo R. Graves (1955), In realtà i Ciclopi non erano creature mitologiche ma uomini realmente vissuti. Nelle società elladiche primordiali, erano probabilmente membri di una corporazione di fabbri. Il nome Ciclopi tradotto letteralmente significa "che hanno un occhio tondo" e pare che questi fabbri usassero tatuarsi cerchi concentrici sulla fronte per devozione al sole che forniva loro il fuoco per le fornaci. Inoltre, i cerchi erano importanti nel loro lavoro, perché la forgiatura di coppe, maschere e elmetti partiva da cerchi opportunamente tracciati su piastre di metallo. Inoltre, il fatto che gli venisse attribuito un solo occhio poteva essere dovuto all'abitudine di proteggere un occhio con una benda durante il lavoro. In questa ricostruzione di R. Graves (1955), il ricordo di questa corporazione è stato rielaborato nel tempo e i mitografi li hanno riproposti come fabbri giganti che vivevano nelle viscere dell'Etna, per spiegare il fumo e il fuoco prodotti dal vulcano. R. Graves (1955) rileva che i Ciclopi, intesi come corporazione di fabbri, operavano probabilmente in Tracia, Creta e Licia, tre città legate da forti connessioni culturali, mentre successivamente la cultura elladica arrivò in Sicilia. Questi luoghi coincidono con quelli in cui si riteneva vivessero i Ciclopi, intesi come giganti.

In epoca più tarda, la mitologia indicò i Ciclopi come giganti monocoli nati da Gaia, chiamati Bronte (tuono), Sterope (lampo) e Arge (luce) (R. Graves, 1955). In molti racconti si narra che Zeus uccise Asclepio, figlio di Apollo, perché aveva osato resuscitare un morto. Apollo, per vendicarsi, uccise i Ciclopi, che avevano fabbricato i fulmini, e le loro anime rimasero a vagare nelle grotte dell'Etna (*Hygini Fabulae*, 66).

Nell'Odissea, Omero (IX-VIII sec. A. C.; M. Valgimilgli, 2005) descrive i Ciclopi come giganti monocoli feroci, dediti ad una vita primitiva e pastorale su di un'isola boscosa, senza leggi né civiltà (Odissea, IX libro). Erano i discendenti dei fabbri degli dei e abitavano in grotte che ospitavano anche le loro greggi. Ulisse e 12 dei suoi uomini, sbarcati sull'isola, si intrufolano in una grotta dove scorgono un fuoco acceso e uccidono e mangiano due capretti, ignorando che l'antro fosse l'abitazione del Ciclope Polifemo, figlio del dio Poseidone e della ninfa Toosa. Al suo rientro, il ciclope cattura gli uomini, con poche discussioni. Il fine eloquio di Ulisse non basta a sottrarre alla morte alcuni dei suoi uomini, che finiscono con l'essere mangiati dal gigante. Pertanto, Ulisse gioca d'astuzia e, in assenza del ciclope, prepara un tronco appuntito. Al ritorno, Polifemo si lascia irretire fino ad ubriacarsi. Il ciclope chiede il nome del suo prigioniero e Ulisse sfodera la sua proverbiale furbizia. In greco il suo nome è Odisseo (*Ὀδυσσεύς*), ma lui lo storpia in Oudeis (*Οὐδείς*), ovvero nessuno. Polifemo, annebbiato dall'alcool, si addormenta e Ulisse ed i suoi ne approfittano per accecarlo utilizzando il tronco appuntito. Il ciclope è dolorante ed arrabbiato, ma deve fare uscire il gregge, quindi per verificare che escano solo le pecore le accarezza una ad una sul dorso, non immaginando che Ulisse ed i suoi compagni sono aggrappati al ventre. Quando Polifemo si accorge che in qualche modo i suoi prigonieri sono scappati, chiede aiuto agli altri Ciclopi, urlando che nessuno lo aveva ferito e non ricevendo pertanto alcun aiuto. Ulisse, in salvo sulla nave con i suoi, schernisce il ciclope, urlandogli di tenere bene a mente che non Nessuno, ma Ulisse lo aveva ferito! Polifemo invoca il padre Poseidone affinché lo vendichi ed in questo modo il viaggio di Ulisse diventa lungo e pieno di pericoli.

Le avventure di Ulisse, raccontate nell'Odissea, segnano anche un percorso umano, ovvero le difficoltà incontrate da chi ha sete di conoscenze (M. Valgimilgli, 2005). Infatti, l'eroe è la personificazione della Grecia classica, colta e raffinata, che si oppone alla Grecia rurale e selvaggia degli albori, raffigurata da Polifemo.

Il racconto di Ulisse e Polifemo viene successivamente ripreso da Euripide nel dramma satiresco "Il Ciclope" (V secolo a. C.), unico esempio di questo genere teatrale parodistico giunto fino ai nostri giorni (O. Pozzoli, 2004). la scena si svolge in Sicilia, ai piedi del vulcano Etna. Sileno e i Satiri suoi figli, servi di Polifemo, incontrano Ulisse che propone loro del vino per avere in cambio formaggio e capre. Intanto arriva Polifemo, adirato. Invano Ulisse cerca di rabbonirlo, la furia non si placa e il gigante mangia alcuni dei navigatori. È invece il vino offerto da Ulisse a dare una tregua: Polifemo gradisce, beve e cade in un sonno profondo. Ulisse lo acceca e scappa con i suoi uomini, Sileno e i Satiri. Nonostante i fatti siano quelli dell'Odissea, vengono raccontati don tono comico, non epico, I personaggi di Ulisse e Polifemo vengono esagerati e la parodia viene resa ancora più efficace dal ruolo comico ricoperto dal vecchio Sileno e dai giovani Satiri (O. Pozzoli, 2004; A. Setti, 2005). Polifemo non è il feroce gigante descritto da Omero, ma è piuttosto un raffinato buongustaio che apprezza la carne umana (F. Codino, 2005; O. Pozzoli, 2004). Il tono prevalentemente comico è smorzato da alcune riflessioni morali sul ruolo delle leggi della Grecia classica che prevalgono su uno stile di vita primitivo (O. Pozzoli, 2004).

Dal ruolo epico, Polifemo copre altri ruoli fino a quello di innamorato rifiutato nella Grecia Ellenistica. Il ciclope si innamora della ninfa Galatea, che lo rifiuta. Probabilmente, questa nuova situazione prende origine da nuovi racconti popolari (F. Codino, 2005). Nel III secolo a. C., Teocrito scrive un idillio sull'amore di Polifemo rifiutato, nel quale il ciclope si chiede perché Galatea non lo ami e perché non apprezzi i vantaggi della vita pastorale. Il componimento è un dialogo di Polifemo con sé stesso, in cui egli riconosce la sua mostruosità e cerca di vedere la realtà per quella che è, cercando un nuovo amore. Il Polifemo di Teocrito risulta così una sorta di mostro romantico, perso nell'amore per una ninfa bellissima. Altri poeti aggiungono un tragico epilogo, in cui Polifemo uccide il rivale in amore Aci scagliandoli contro un grosso masso (F. Codino, 2005).

Nella letteratura latina, la storia di Polifemo entra nella narrativa della tradizione bucolica, ricevendo talvolta nuovi elementi popolari (F. Codino, 2005).

Polifemo giunge anche nei racconti popolari europei del Caucaso, dove è un orco monocolo, figlio di una strega (R. Graves, 1955).

In senso più ampio, le creature con un solo occhio hanno un antico significato simbolico piuttosto chiaro, in quanto evocano il potere degli Dei e degli elementi naturali, un potere violento, quasi una forza indistinta, senza alcuna mediazione da parte dell'anima e della mente (J. Chevalier e A. Gheerbrant, 1969). Anche il diavolo ha un solo occhio nella tradizione cristiana, perché è una forza oscura dominata da passione e istinto (J. Chevalier e A. Gheerbrant, 1969).

Creature assimilabili ai Ciclopi sono presenti anche nella mitologia celtica. Non sono esattamente ciclopi, ma creature delle tenebre che simboleggiano l'oscurità dell'inferno e che hanno dei tratti anormali, come un solo occhio, un solo braccio, una sola gamba o gigantismo. Pur avendo contatti con le divinità più pure, rappresentano il lato oscuro della creazione (J. Chevalier e A. Gheerbrant, 1969; N. Julien, 1989).

3. Storia naturale degli elefanti di Sicilia

La Sicilia ha un consistente patrimonio paleontologico. I depositi continentali quaternari (da 2,5 milioni di anni fa ad oggi) sono ben distribuiti nell'isola, soprattutto in grotte e fessure carsiche, dove si rinvengono fossili di mammiferi, tra cui elefanti. I resti scheletrici si accumulano in cavità naturali perché trasportate da acque correnti o da predatori o per semplice caduta gravitativa.

I resti fossili di elefanti nani sono riportati in Sicilia sin dal XIX secolo (E. Burgio, 1997). In particolare, l'abate Scinà indaga diversi siti paleontologici (D. Scinà, 1831; E. Burgio, 1997). Le prime pubblicazioni sulla fauna quaternaria della Sicilia sono della prima metà del XX secolo (A. De Gregorio, 1925; R. Fabiani, 1928; R. Vaufrey, 1929) e gli studi sono proseguiti fino ad oggi (T. Kotsakis, 1979; L. Bonfiglio e E. Burgio, 1992; L. Bonfiglio et al., 2002; A.C. Marra 2005, 2009, 2013). Il risultato principale è che la Sicilia ha ospitato diverse faune negli ultimi 2,5 milioni di anni (Pleistocene) con specie endemiche evolutesi in ambiente insulare (A. C. Marra, 2005; 2009; 2013).

Le isole hanno spesso una fauna di vertebrati endemica, ovvero con caratteri adattativi esclusivi, che si evolve da animali pionieri che si diffondono dalla terraferma. Sull'isola, i pionieri sopravvissuti si riproducono e subiscono generazione dopo generazione processi evolutivi, che danno origine a nuove specie o sottospecie, con caratteristiche endemiche esclusive di quell'isola. Seguendo la Regola di Forster, i grandi mammiferi tendono al

nanismo, mentre i piccoli mammiferi tendono al gigantismo (J. B.Forster, 1964). La variazione della dimensione corporea può essere accompagnata da allometria, cioè una crescita o riduzione relativa di una parte in relazione all'intero organismo, una sorta di sproporzione. Non tutti gli animali possono raggiungere le isole, ma solo quelli che hanno una buona capacità di nuoto (come elefanti, ippopotami, cervi), che possono sopravvivere aggrappati a zattere naturali in caso di alluvioni e tempeste (come piccoli mammiferi, rettili), e quelli che possono volare, come uccelli e pipistrelli (D. Quammen, 1996). La possibilità di raggiungere un'isola è ovviamente da mettere in relazione alla distanza tra l'isola e del continente e/o all'esistenza di collegamenti via terra.

Per tutti questi fattori di influenza, rispetto alle faune della terraferma, quelle insulari hanno una bassa biodiversità e particolari relazioni ecologiche, di solito impoverite. Il numero di specie sull'isola è più piccolo rispetto a quelli della terraferma, perché non tutti i vertebrati presenti sul continente hanno caratteristiche atte ad attraversare il mare. La diversità ecologica è bassa, perché gli ambienti sono ristretti, non hanno la stessa ampiezza e diversità di quelli della terraferma. Inoltre, spesso mancano i predatori di grande taglia, sia perché non raggiungono l'isola sia perché sull'isola non ci sono popolazioni di prede abbastanza ampie da nutrirli.

Dalla più antica alla più recente, le faune di mammiferi della Sicilia sono caratterizzate da una crescente biodiversità e da un decrescente grado di endemismo. Avvicinandosi a tempi più recenti, le associazioni faunistiche diventano ecologicamente più equilibrate e simili a quelli della terraferma, mostrando diversi tassi evolutivi e diversi apporti di nuovi pionieri dalla terraferma (F. Masini et al., 2002; A. C. Marra, 2005, 2009, 2013). Questa progressiva continentalizzazione" della Sicilia è legata ai mutamenti nella sua geografia nel corso del tempo geologico, ovvero dalla sua paleogeografia, cha influenzato la vicinanza ed i collegamenti con la penisola italiana.

Dal Pleistocene inferiore all'inizio Pleistocene medio (da 2,5 e 0,8 milioni di anni fa), la Sicilia era costituita da piccole isole (erano emerse aree corrispondenti agli attuali Nebrodi-Madonie e Iblei) e formava un arcipelago insieme alla Calabria meridionale, separata dalla penisola italiana a livello di Catanzaro, e Malta. Successivamente, nel corso del Pleistocene medio (tra 800.00 e 126.000 anni fa) la Sicilia ha raggiunto quasi la sua forma attuale, con la

progressiva emersione di fondali marini che oggi sono le piane di Catania, Gela e Castelvetrano, oltre alla formazione del vulcano Etna (V. Agnesi et al., 1997; A. C. Marra, 2005, 2009, 2013). Sia precedentemente che durante il Pleistocene Superiore (da 126.00 a 10.000 anni fa) le coste della Sicilia hanno subito forti variazioni in estensione e morfologia, legate all'abbassarsi e all'alzarsi e del livello del mare in coincidenza - rispettivamente - delle fasi glaciali e interglaciali. Tra 20.000 e 18.000 anni fa, durante il picco della glaciazione würmiana, la Sicilia è stata probabilmente unita alla penisola italiana a livello di una porzione dello Stretto di Messina (K. Lambeck et al., 2004; F. Antonioli et al., 2016).

In conseguenza di queste condizioni, tra il Pleistocene Inferiore e Medio, l'arcipelago di Sicilia ospita ben pochi mammiferi, con caratteri marcatamente endemici: l'elefante nano di Falconer (*Palaeoloxodon falconeri*, figura 2), alto tra 90 e 110 cm, il ghiro gigante (*Leithia melitensis*), *Maltamys gollcheri* delle dimensioni di un gatto, e la lontra endemica (*Lutra trinacrie*), piccoli mammiferi e pipistrelli (A. C. Marra, 2005, 2009, 2013).

Parte di questi mammiferi, tra cui il piccolo elefante, si estingue nel tardo Pleistocene medio, per essere rimpiazzata da una fauna più diversificata e meno endemica, comprendente erbivori (cervo, daino, uro, ippopotamo, elefante), onnivori (cinghiale, orso) e carnivori (volpe, lupo, iena, leone; A. C. Marra, 2005, 2009, 2013). È presente l'elefante di Mnaidria (*Palaeoloxodon mnaidriensis*, figura 2), la cui presenza è attribuibile ad un ripopolamento da parte di elefanti dalla penisola italiana, che hanno subito un endemismo più moderato rispetto al precedente, riducendo l'altezza dai circa quattro metri e mezzo del precursore (*Palaeoloxodon antiquus*, figura 2) ai quasi due metri del derivato endemico, con una riduzione di taglia pari al 30-40% (M. R. Palombo e M. P. Ferretti, 2005). Gli scambi con l'Italia peninsulare sono più frequenti e tanto la paleogeografia quanto la composizione faunistica individuano una grande isola, con abbondanti risorse e una rete ecologica ben sviluppata (A. C. Marra, 2005, 2009, 2013).

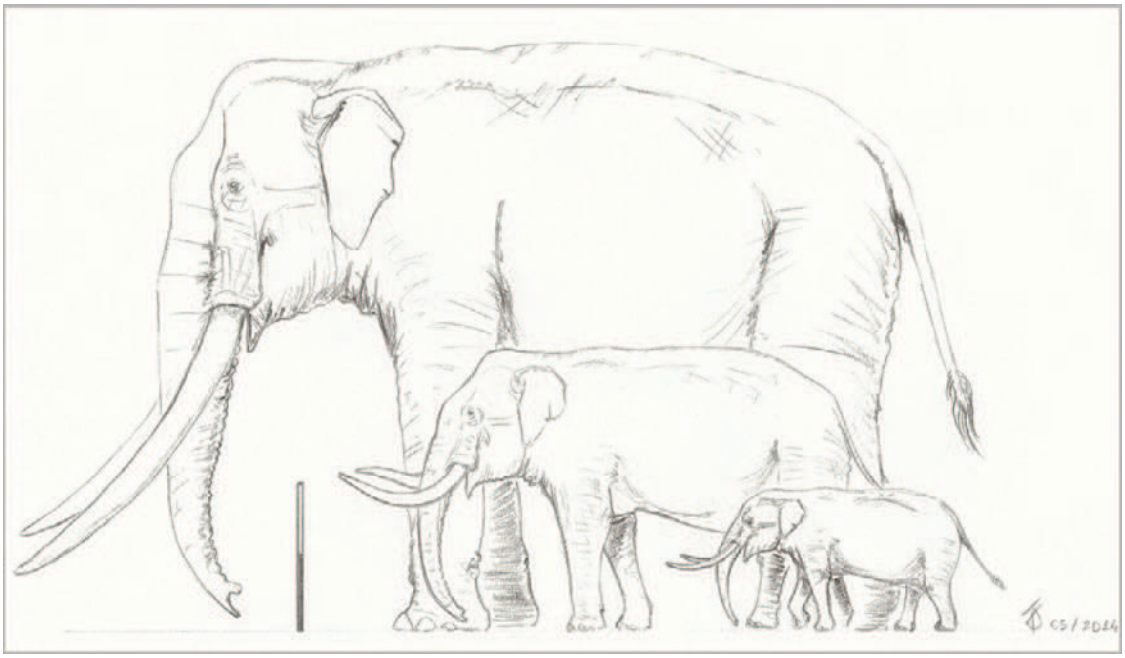


Figura 2. Ricostruzione in vita di elefanti a confronto, da sinistra verso destra*:* ***Palaeoloxodon antiquus***, ***Palaeoloxodon mnaidreinsis***, ***Palaeoloxodon falconeri***; scala: 1 metro; da T. De Francesco e A. C. Marra, 2021)

Il forte abbassamento del livello del mare durante l'ultima fase glaciale ha aumentato l'estensione delle zone costiere e ha probabilmente collegato l'isola alla Calabria attraverso lo stretto di Messina, di conseguenza la fauna è diventato simile a quella continentale, senza evolvere caratteri endemici (F. Antonioli et al., 2016; A. C. Marra, 2005, 2009, 2013; T. De Francesco e A. C. Marra, 2021).

I due elefanti endemici sembrano derivare da due diverse migrazioni della stessa specie, a lungo diffusa in Europa, *Palaeoloxodon antiquus* (figura 2). Sono stati trovati anche fossili di elefante di taglia normale, più recenti di dell'Elefante di Mnaidria, forse riferibili a nuove dispersioni dalla Calabria verso la Sicilia.

4. Mito e scienza si incontrano

Alcune grotte siciliane sono molto ricche di ossa di mammiferi, spesso di grandi dimensioni, tra cui quelle di elefante. Ossa portate da inondazioni o passate attraverso fessure

dall'altopiano soprastante o, ancora, trasportate da carnivori. Probabilmente era inevitabile che venissero attribuite a giganti vissuti nel passato.

A tale proposito, vi sono illustri testimonianze. Intorno al 1371 Giovanni Boccaccio assiste al recupero di un enorme scheletro da una grotta siciliana. La parte principale dei resti si va in frantumi dopo il recupero, ad eccezione di parti del cranio, tre denti e un femore. Boccaccio riconosce in quelle ossa i resti di Polifemo (A. Mayor, 2000). Nel 1742, Mongitore riporta molti ritrovamenti di ossa e afferma che i giganti vivevano veramente nel passato e abitavano la Sicilia (E. Burgio, 1989). In tempi più recenti, le ossa vengono attribuite ai resti degli animali di Annibale. Si ritiene inoltre che le ossa siano fresche e, agli albori dell'industrializzazione, vengono intensamente scavate e inviate a Marsiglia, per l'uso in zuccherifici, rivelatosi poi inefficace (E. Burgio, 1989).

Bisogna attendere fino al 1830 affinché gli studi di A. Bivona Bernardi, G. Cuvier e D. Scinà confermino che le ossa sono in realtà fossili (E. Burgio, 1989; D. Scinà, 1981).

Prima dell'attento studio di A. Mayor (2000) le prime identificazioni di ossa fossili come ossa di ciclopi sono state fatte risalire a V secolo a. C. Molti paleontologi hanno riportato che Empedocle per primo riferisce di ossa di ciclopi in Sicilia, notizia che in seguito sarebbe stata riportata anche da Boccaccio. Queste attribuzioni sono in realtà il frutto di citazioni di asserzioni di O. Abel (1914) che per primo riferisce di grandi ossa rinvenute in grotte della Sicilia e ritenute da Empedocle la prova dell'esistenza dei giganti. Segue poi W. Ley (1948) che, a sua volta, riferisce che Boccaccio riporta tali asserzioni di Empedocle. A. Mayor verifica le fonti, senza trovare alcuna fonte attribuita ad Empedocle che riferisca delle ossa, né il riferimento di tale fonte attribuito a Boccaccio.

Di citazione in citazione, gli scritti di O. Abel (1914) e W. Ley (1948) hanno contribuito a creare un mito contemporaneo, nel quale i primi coloni greci recuperano ossa fossili, le osservano, appaiono loro enormi eppure molto simili a quelle umane. I teschi li impressionano, grandi e con un gran buco in fronte, non possono sapere che si tratta di crani di elefante e che quel forame è per la proboscide, mentre le orbite oculari sono poste più in basso e lateralmente. Tra le ossa più grandi, poi, trovano ossa più piccole. Queste evidenze concordano con l'episodio di Polifemo narrato da Omero, ma le antiche fonti letterarie non forniscono prove che ciò sia davvero avvenuto. Gli antichi Greci e Romani avevano una percezione delle ossa

fossili e spesso le attribuivano ad esseri umani giganti, le cui gesta erano raccontate nella mitologia (Mayor, 2000). Secondo Mayor (2000), c'è una buona concordanza tra la posizione degli eventi mitologici e la posizione di siti ricchi di ossa fossili e questo potrebbe aver dato origine ai miti.

Rimane però aperta la questione geografica: la terra dei Ciclopi secondo gli antichi è la Sicilia? L'isola non è espressamente nominata nell'Odissea. Sembra che lo storico Tucidide (V secolo a.C.) in un primo momento abbia localizzato i Ciclopi in Sicilia, insieme ai giganti Lestrigoni. Nello stesso periodo, Euripide (V secolo a.C.) colloca la sua opera "Ciclopi" ai piedi del vulcano Etna, in Sicilia. I Minoici e i Greci hanno avuto intensi contatti con l'Italia e la Sicilia fin dal II millennio a.C., mentre le colonie vere e proprie sono presenti nell'VIII secolo a.C. (G. Pugliese Carratelli, 1996). L'intera geografia dell'Odissea è ancora una discussione aperta, così come l'origine del poema stesso. Sembra plausibile che l'Odissea sia un poema basato su una lunga tradizione orale (F. Graf, 1985).

Alcuni studiosi considerano Omero un collettore di racconti tradizionali orali che ha dato un'organizzazione organica e poetica a numerosi racconti tradizionali di diversa origine. Nell'Odissea, Omero scrive una storia usando sia racconti mitologici che epici, dando un'organizzazione razionalista ed evitando gli eventi magici (F. Graf, 1985). Sebbene sia un mostro, Polifemo si adatta bene al razionalismo dell'Odissea perché, essendo un mostro senza legge, agricoltura e commercio, è usato per rappresentare l'esatto opposto del mondo organizzato della Grecia classica (F. Graf, 1985).

5. È nato prima Polifemo o l'Elefante?

Le fonti non chiariscono perfettamente se il mito di Polifemo possa essere nato dai ritrovamenti di fossili, per di più in Sicilia (A. C. Marra, 2007). L'evidenza scientifica ci dice che nelle grotte siciliane non è così difficile imbattersi in ossa fossili di grandi mammiferi, in particolare elefanti (A. C. Marra, 2007).

A questo punto è utile chiarire che cosa significa mito per noi e che cosa significava per gli antichi. La risposta più ovvia è che un mito è un racconto tradizionale (F. Graf, 1985). Questa definizione si adatta bene all'etimologia della parola greca muθoς (mythos): parola, racconto. Nell'antico mondo greco, il mito era una storia che a volte raccontava eventi veri, a volte

episodi educativi. L'ipotesi che il mito sia un racconto infondato è tardiva nell'antica cultura greca.

Sono gli storici a sentire per primi la necessità di prendere le distanze dal mito. Erodoto (V secolo a.C.) per primo intende il mito come un racconto infondato, opposto alla storia reale. Tucidide (V secolo a.C.) separa il suo lavoro, basato sull'evidenza, dal racconto. I platonici definitivamente distinguono tra miti *to muθωdeς* [*to mythodes*]. intesi come come racconti infondati e i λογοι [lògoi] come affermazioni dimostrabili (F. Graf, 1985).

Questa digressione non è puramente speculativa, perché è funzionale ad entrare nel cuore della questione se il mito di Polifemo sia nato a seguito dei ritrovamenti di ossa gigantesche oppure no. Il mito è il soggetto della storia, non la forma poetica usata per raccontarlo, e vi perviene attraverso la tradizione orale. Il mito cambia se la società cambia, proprio perché il suo ruolo è quello di spiegare il mondo e di educare le persone (F. Graf, 1985). Oltre alla sua definizione, l'origine di un mito è ancora oggetto di dibattito tra gli studiosi. Potrebbe essere stato originato da eventi reali, esagerati e resi più magici e potenti da canzoni tradizionali orali; o potrebbe essere stato originato da storie usate per il controllo politico o religioso sulle persone. Inoltre, i miti si generano, vivono e muoiono assecondando i cambiamenti della società, come avviene anche in tempi a noi contemporanei.

In questa sede, bisogna indagare sia nel tempo storico che nel profondo tempo geologico per capire il ruolo che gli elefanti fossili hanno giocato nell'origine del mito di Polifemo.

È utile evidenziare, da una parte, che il patrimonio paleontologico della Sicilia rivela una grande ricchezza di giacimenti contenenti elefanti fossili e altri mammiferi e che alcuni di questi depositi si trovano in grotte e fessure carsiche. Dall'altra parte, il mito di Polifemo non è profondamente legato al mito dei Ciclopi così come narrati nella cosmogonia delle divinità greche, quanto piuttosto agli eventi narrati nel IX libro dell'Odissea, dove non vi è alcun riferimento alla Sicilia come terra dei Ciclopi. Nell'Odissea (IX - VIII secolo a.C.), i Ciclopi sono intesi come il contrario della civiltà greca, infatti conducono una vita pastorale, in qualche modo considerata "arretrata". La collocazione dell'azione di Ulisse e Polifemo è localizzata in Sicilia da Euripide nel suo "Ciclope" (V secolo a.C.). Più tardi, nel III secolo a.C., Teocrito caratterizza Polifemo come un amante respinto che soffre. In epoca ancora più

tarda, il ciclope assume una connotazione comica, dove Polifemo incarna il mostro che si innamora di una ninfa troppo bella per lui, che lo respinge.

Esaminando le segnalazioni più antiche di fossili, si può affermare che gli antichi Greci e Romani entrano in contatto con ossa fossili di mammiferi e spesso le attribuiscono a eroi o giganti. In molti casi i luoghi di ambientazione dei miti contengono ossa fossili.

A questo punto si può argomentare che il mito di Polifemo abbia potuto avere un'origine composita. Il gigante con un occhio solo è la personificazione delle forze istintuali, senza alcun controllo da parte della mente e dell'anima. Questo personaggio è presente nella cosmogonia greca, dove i Ciclopi figli di Urano appaiono in un mondo caratterizzato da feroci divinità e natura selvaggia, in seguito domato da Zeus. Questa connotazione selvaggia dei ciclopi si conserva nell'Odissea, dove si dice espressamente che Polifemo vive senza civiltà. Per Omero, Polifemo è un "cavernicolo", mentre Ulisse è moderno ed intraprendente, mentre in epoche successive, lo stile di vita arretrato e la mostruosità del Ciclope giocano un ruolo ridicolo.

Si può inoltre argomentare che la composizione dell'Odissea è ricompresa tra IX e VIII secolo a.C., con una narrazione probabilmente derivata una raccolta di antiche tradizioni orali ed eventi collocati in una geografia per nulla chiara. Le colonie greche sono presenti in Sicilia durante l'VIII secolo a. C., mentre la collocazione di Polifemo in Sicilia da parte di Euripide è di almeno tre secoli più tarda rispetto all'Odissea. Si può presumere che i ritrovamenti di ossa fossili fossero comunemente attribuiti dagli antichi a esseri soprannaturali.

A questo punto, si può supporre che il mito di Polifemo, preesistente, potrebbe essere stato arricchito da racconti provenienti dalle colonie, in particolare dalla Sicilia, dove le ossa giganti si trovavano comunemente in grotta, e successivamente rielaborato.

6. Conclusioni

Considerati tutti i dati, si può sostenere che le ossa delle grotte siciliane non abbiano originato il mito dei Ciclopi, ma che invece siano state considerate dagli antichi la prova dell'esistenza di Ciclopi, la cui mitologia era una somma di diversi contributi culturali radicati nella cultura greca.

Creature con un solo occhio appaiono in tempi, culture e luoghi diversi nel corso della storia umana come simboli della forza cieca dell'istinto (J. Chevalier e A. Gheerbrant, 1969). Gli

antichi Greci avrebbero potuto fare la stessa scoperta che Boccaccio fa quasi due millenni dopo, giungendo alla stessa conclusione: ossa di Ciclope. Allo stesso modo, dopo la diffusione della religione cristiana, numerosi reperti di grandi ossa sono stati attribuiti a Santi (M. D. Dermitzakis e E. Papadopoulou, 1989) o draghi.

Questo non significa che, in diverse epoche, i popoli abbiano creato Santi in conseguenza del recupero di ossa fossili, ma che al contrario, abbiano in quelle ossa riconosciuto la prova della loro esistenza. In passato, le divinità, gli eroi e gli esseri umani primitivi erano comunemente considerati giganti (I. Asimov, 1981; A. Mayor, 2000). Le vite dei santi sono spesso composte da fatti reali e inventati. I credenti non hanno dubbi sull'esistenza di San Paolo, ma pochi pensano che abbia davvero trasformato i serpenti in pietra a Malta. Ciononostante, la credenza che i denti fossili di squalo fossero lingue di serpente pietrificate da San Paolo ha avuto una buona fortuna.

Una simile contaminazione tra credenze religiose e popolari potrebbe essere accaduta anche in passato. I ciclopi sono presenti nelle antiche formulazioni della cosmogonia greca. Più tardi, compaiono in una nuova generazione di dei, come figli di Poseidone. Il mito riceve numerose elaborazioni, principalmente raccolte nell'Odissea e successivamente riprese nella letteratura in un arco di tempo di più di quattro secoli. È improbabile che un mito complesso come quello dei Ciclopi possa essere scaturito da ritrovamenti di ossa fossili. Al contrario, è probabile che alcuni racconti popolari abbiano avuto origine dalle esplorazioni nelle grotte siciliane, contribuendo a localizzare in Sicilia la terra dei Ciclopi in una continua rielaborazione del racconto mitologico.

7. Bibliografia

Abel O., *Die Tierre der Vorwelt*, Berlin: Teubner, 1914.

Agnesi V., Macaluso T., Masini F., *L'ambiente e il clima della Sicilia nell'ultimo milione di anni*, In: Tusa, S. (Ed.), *Prima Sicilia, alle origini della società siciliana*, Ediprint, Palermo, 1997, 31-53.

Antonioli F., Lo Presti V., Gasparo Morticelli M., Bonfiglio L., Mannino M. A., Palombo M. R., Sannino G., Ferranti L., Furlani S., Lambeck K., Canese S., Catalano R., Latino Chiocci F., Mangano G., Scicchitano G., Tonielli R., *Timing of the emergence of the Europe–*

Sicily bridge (40–17 cal ka BP) and its implications for the spread of modern humans, in *Geological Society, London, Special Publications*, 2016, 411(1), 111-144.

Asimov I., *In the beginning*. Crown Publishers Inc., New York. Italian edition: *In principio. Il Libro della Genesi interpretato alla luce della scienza*. Mondadori, Milano, 1-273,1981.

Bada J.L., Belluomini G., Bonfiglio L., Branca M., Burgio E., Delitala L., *Isoleucine epimerization ages of Quaternary Mammals of Sicily*, in *Il Quaternario*, 1991, 4, (1a), 5-11.

Bonfiglio L., Burgio E., *Significato paleoambientale e cronologico delle mammalofaune Pleistoceniche*

della Sicilia in relazione all'evoluzione paleogeografica, in *Il Quaternario*, 1992, 5 (2), 223-234.

Bonfiglio L., Mangano G., Marra A.C., Masini F., Pavia M., Petruso D., *Pleistocene Calabrian and Sicilian bioprovinces*, in *Geobios Special Memoires*, 2002, 24, 29-39.

Burgio E., *I Mammiferi del Pleistocene della Sicilia: leggende e realtà*, in *Ippopotami di Sicilia. Paleontologia ed Archeologia del territorio di Acquedolci*. EDAS Messina, 1989, 71-76.

Burgio E., *Le attuali conoscenze sui mammiferi terrestri della Sicilia*, in *Prima Sicilia, alle origini della società siciliana*, Ediprint Palermo, 1997, 55-75.

Chevalier J., Gheerbrant A., *Cyclops*, in *Dictionnaire des Symbols*, Edition Robert Laffont S.A. & Edition Jupiter Paris, 1969,. Edizione italiana: *Dizionario dei Simboli*, BUR Dizionari Rizzoli, 1997, 261.

Codino F., *Polifemo*, in *Dizionario Bompiani delle Opere e dei Personaggi di tutti i tempi e di tutte le letterature*. Bompiani, Milano, 2005, 11, 840-841.

De Francesco T. e Marra A. C., *Paleoart as a teaching tool: life restorations of Quaternary Mammals of Sicily (Italy)*, in *AAPP - Physical, Mathematical & Natural Sciences/Atti della Accademia Peloritana dei Pericolanti-Classe di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, Vol. 99, No. S1, A42 (2021), DOI: 10.1478/AAPP.99S1A9

De Gregorio A., *Mammiferi quaternari di Sicilia, Parte III: Sul genere Cervus*, in *Annales de Géologie et de Paléontologie*, 1925, 40, 1-17.

Dermitzakis M.D., Papadopoulou E., *Giants, Saints and Geological Phenomena*, in *Bullettin Geological Society Greece*, 1989, XXIII/2, 75-100.

Fabiani R., Cenni sulle raccolte di Mammiferi quaternari del Museo Geologico dell'Università di Palermo e sui risultati di nuovi saggi esplorativi, in *Bollettino Associazione Mineralogica Siciliana*, 1928, 4, 25-34.

Forster J. B., *Evolution of Mammals on Islands*, in *Nature*, 1964, 202, 234-235

Graf F., *Griechische Mythologie*. 1985, Artemis Verlag, München-Zürich, edizione italiana: *Il mito in Grecia*. Economica Laterza, 1-103.

Graves R., *Greek myths*, 1955, edizione italiana Italian edition: *I miti greci*, Longanesi & Co., Milano.

Julien N., *Le Dictionaire Marabout des Symboles*, 1989,Marabout, Belgique, edizione italiana: *Il linguaggio dei simboli*, 1997, Oscar Mondadori Saggi, 1-382.

Kotsakis T., *Sulle mammalofaune quaternarie siciliane*, in *Bollettino del Servizio Geologico Italiano*, 1979, 99, 263-276.

Lambeck K., Antonioli F., Purcell A., Silenzi S., *Sea level change along the Italian coast for the past 10,000yr*, in *Quaternary Science Reviews*, 2004, 23 (14-15), 1567-1598.

Ley W., *The Lungfish, the Dodo, and the Unicorn: An Excursion into Romantic Zoology*, 1948, Viking, New York.

Mayor A., *The First Fossil Hunters: Palaeontology in Greek and Roman Times*, 2000, Princeton University Press, USA, 1-361.

Marra A.C., *Pleistocene mammals of Mediterranean islands*, in *Quaternary International*, 2005, 129, 5-14.

Marra A. C., *Cyclopes and Elephants: a Palaeontological Myth*, in *Proceedings of the Giornate di Paleontologia 2005, Grzybowski Foundation Special Publication*, 2007, No. 12, 51-59.

Marra A.C., *Pleistocene mammal faunas from Calabria (Southern Italy): biochronology and palaeobiogeography*, in *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 48 (2), 2009, 113-122.

Marra A. C., *Evolution of endemic species, ecological interactions and geographical changes in insular environment: a case study of Quaternary mammals of Sicily (Italy, EU)*, in *Geosciences*, 2013, *3*, 114-139; doi:10.3390/geosciences3010114

Masini F., Bonfiglio L., Abbazzi, L., Delfino M., Fanfani F., Ferretti M., Kotsakis T., Petruso D., Marra A.C., Torre D., *Vertebrate assemblages of Central Mediterranean Islands during the Pliocene and Quaternary: Reflecting on Extinction Events*, in *World Islands in*

Prehistory, International Insular Investigations, V Deia International Conference of Prehistory, BAR International Series 1095, 2002, 437-444.

Palombo M.R., Ferretti M., *Elephant fossil record from Italy: knowledge, problems, and perspectives*, in *Quaternary International*, 2005, 126-128, 107-136.

Pozzoli O., *Il dramma satiresco*, in *Eschilo Sofocle Euripide. I drammi satireschi*. BUR, Milano, 2004, 17-130.

Pugliese Carratelli, G. 1996. Profilo della storia politica dei Greci in Occidente. In: Pugliese Carratelli, G. (Ed.),

I Greci in Occidente. Bompiani, 141-176.

Quammen, D. 1996. *The Song of the Dodo. Island biogeography*

in an Age of Extinctions. Pimlico, London, 1-702.

Scinà D., *Rapporto sulle ossa fossili di Mardolce e degli altri contorni di Palermo*, Palermo, 1831,1-64.

Setti A., *Il Ciclope di Euripide*, in *Dizionario Bompiani delle Opere e dei Personaggi di tutti i tempi e di tutte le letterature*. Bompiani, Milano, 2005, 2, 1546-1547.

Valgimigli M., *Odissea*, in *Dizionario Bompiani delle Opere e dei Personaggi di tutti i tempi e di tutte le letterature*. Bompiani, Milano, 2005, 6, 6251-6254.

Vaufrey, R., *Les éléphants nains des iles mediterranèennes et la question des isthmes pléistocènes*, in *Archives de l' Institute de Paléontologie Humaine*, 1929, 6, 1-220.

Identità in dialogo, tra religione, arte, spettacolo e spazi urbani

Mariangela Monaca

Saper parlare di Dio, si può?
La comunicazione storico-religiosa come strumento di pace e di dialogo tra i popoli

1. Quattro regole per saper parlare di Dio. – 2. Per un dialogo possibile. – 3. Bibliografia.

1. Quattro regole per saper parlare di Dio

«Incapaci di esprimerci con un linguaggio adeguato, parliamo di Dio secondo la nostra umana debolezza, balbettando in qualche modo, come bambini», così Gregorio Magno definiva il parlare di Dio[1].

Lui, il «servo dei servi di Dio» (590-604), credeva tanto profondamente nell'efficacia della comunicazione per la cura delle anime da proporre ai suoi pastori il modo per essere comunicatori persuasivi: quasi un master in comunicazione per i novelli curati. Nascono così le quattro regole da rispettare, una sorta di «deontologia» *ante litteram* della comunicazione su dio[2].

Come cura al balbettio intimo di chi non trova un linguaggio adeguato per narrare il divino ma lo ricerca in ogni modo oltre l'umana fragilità, desideroso di raggiungere il suo ascoltatore e di spiegare *cosa è Dio* (o forse *chi è Dio*), Papa Gregorio I immagina alcune "regole"[3] da proporre al pastore-bravo comunicatore, affinché la sua parola sia non solo efficace nell'espressione ma soprattutto edificante nei contenuti.

[1] Gregorio Magno, *Moralia in Job*, V, 36, 66. Per un quadro generale V. Paronetto, *Gregorio Magno. Un maestro alle origini cristiane d'Europa*, Roma, 1985.
[2] E. Cattaneo, *L'arte della comunicazione secondo san Gregorio Magno*, in La Civiltà Cattolica, Quaderno 4119.1, 2022.
[3] Papa Gregorio I compone la sua *Regola Pastorale* per proporre i caratteri di una corretta missione evangelizzatrice in una società complessa quale era quella del VI secolo, *infra*. In essa il pontefice delinea la figura del "pastore" ideale e analizza i compiti impliciti nella *cura animarum*, dando consigli preziosi e illuminanti riguardo ai criteri di comportamento e tra questi della corretta comunicazione. Si veda l'edizione di G. Gremascoli, (cur.), *Gregorio Magno. Regola pastorale*, in *Opera Omnia di Gregorio Magno,* Roma, 2008.

Esse sono, in certa misura, la risposta a quei quattro modi della comunicazione che egli sintetizza così:

Omne enim quod dicitur quadripertita potest qualitate distingui si aut mala male, aut bona bene, aut mala bene, aut bona male, dicantur[4].

- *aut mala male: ovvero il comunicare "cose cattive" (mala) facendole apparire come bona,* e questa è certamente una pessima comunicazione perché produce gravi danni (*male)*. Essa è posta in essere da un comunicatore impreparato, «povero di idee e di parole», che narra cose false o erronee, come un medico che conosce solo qualche cenno di medicina e produce danno con la sua ignoranza[5]. È la tattica dei falsi comunicatori che, usando la categoria del verosimile, mescolano notizie vere e false, «così che si creda più facilmente alla loro menzogna per il fatto che si riconosce in essa qualcosa di vero»[6]… eccoci innanzi all'antenato delle *fake news*! Sta tuttavia, avverte Gregorio, al buon ascoltatore la capacità di discernere e ricercare la verità, smascherando l'ipocrisia e disprezzando il falso comunicatore.
- *aut bona bene: comunicare cose in sé buone (bona) facendole apparire come bona,* e questa è certamente una buona comunicazione (*bene*). Questa comunicazione – che deve tenere conto della condizione dell'ascoltatore (ne esistono ben settantadue tipi, divisi in coppie, avverte il Papa) perché «chi insegna deve stare bene attento a non predicare più di quanto può capire chi ascolta» – produrrà beneficio non solo al ricettore ma anche al comunicatore, perché chi «annuncia pubblicamente il bene con la predicazione riceve un aumento di interiore ricchezza»[7]. Consapevole della sua umana fragilità – di quel balbettio di cui si diceva in *incipit* – il buon predicatore «teme molto per sé ciò che con la parola si manifesta; e osservando che per molti è più sicuro il silenzio, se gli fosse consentito vorrebbe tacere», ma «accetta il compito della predicazione per necessità, perché la forza della carità lo costringe a parlare».

[4] Gregorio Magno, *Moralia in Job* V, 23, 5 in P. Siniscalco, 1997, 283. Si rimanda alle riflessioni di E. Cattaneo, *L'arte della comunicazione*, cit., che propone una dettagliata analisi delle quattro tipologie di comunicazione formulate dal papa. Sul *Commento morale a Giobbe* si vedano i volumi a cura di P. Siniscalco, *Gregorio Magno, Commento morale a Giobbe*, 4 voll., in *Opera Omnia di Gregorio Magno*, Roma, 1992-2001.

[5] Gregorio Magno, *RegPast 1, 1-2*.

[6] *Gregorio Magno, Moralia in Job V*, 23, 27-28; 26, 16.

[7] *Gregorio Magno, RegPast* 2, 25. Cfr. *Moralia in Job* V, 17, 38; 20,4.

Perché è consapevole che, per essere efficace, la comunicazione deve «incendiare i cuori» e farli «ardere di desiderio»[8].

- *aut mala bene: c*omunicare cose in sé cattive (*mala*) *facendole apparire come esse sono, ovvero mala*, e questa è certamente una buona comunicazione (*bene*). Il buon comunicatore non rifugge dal trattare temi controversi o scottanti che riguardino Dio o i suoi precetti – aderente al vissuto di chi ascolta, toccando l'etica, la morale, la sessualità, la violenza – ma li usa per formare nel suo ascoltatore una retta coscienza[9].
- *aut bona male: c*omunicare cose in sé buone (*bona*) facendole apparire come *mala*, comunicandole in maniera impropria o inefficace, e questa è certamente una pessima comunicazione (*male)*. La buona comunicazione, infatti, deve essere praticata in maniera prudente ed al momento opportuno, perché «le medicine somministrate al momento sbagliato perdono senza dubbio la loro efficacia»[10]. Allo stesso tempo, se un discorso pronunciato al momento non opportuno può indurre chi ascolta in errore, anche «un silenzio colpevole può lasciare nell'errore quelli che dovevano essere ammaestrati»[11]. Per questo occorre dire bene le *bona,* al momento opportuno e nel modo opportuno. Infatti, all'efficacia del parlare deve corrispondere una sapienza profonda, altrimenti si verificherà una delle due ipotesi altrettanto dannose: avremo un comunicatore «efficace nel parlare che non ha profondità di pensiero» oppure un comunicatore con «un pensiero profondo che non sa dire due parole»[12]. In entrambi casi il rischio è che le cose buone appaiano come *mala* perché comunicate *male.*

Sono quattro, dunque, i modi di comunicare il divino e i precetti ad esso connessi, contraddistinti ciascuno da regole tecniche che garantiscono una comunicazione efficace, la cui utilità varia a seconda dello scopo, della sapienza, dell'abilità del comunicatore. Regole che hanno l'obiettivo di insegnare a comunicare *bona bene,* ed anche *mala bene*: perché saper comunicare bene il divino è «l'arte delle arti»[13] che va appresa ed esercitata da chi non si improvvisa curatore d'anime!

[8] *Gregorio Magno, Moralia in Job* V, 23, 8; cfr. *OmEz* I, 3, 5.
[9] *Gregorio Magno, RegPast* 3, 28
[10] *Gregorio Magno, RegPast* 2, 10.
[11] *Gregorio Magno, RegPast* 2, 4.
[12] *Gregorio Magno, Moralia in Job* V, 8, 58.
[13]*Gregorio Magno, RegPast* 1, 1

Certamente Papa Gregorio I ha davanti agli occhi i suoi «curati» e la sua Chiesa, una Chiesa che nel VI sec. si trova al centro di un gorgo di confessioni e credi, con i barbari che stanno alle porte, ciascuno portatore di una sua identità culturale e dunque di una sua idea di Dio: come se per le strade dell'impero uno chiedesse all'altro «di che dio sei?»[14].

Gregorio è il papa del passaggio, l'ultimo dell'età romana e primo del medioevo, uomo che darà la speranza ai suoi contemporanei e prefigurerà la nascita dell'Europa. La sua Roma è una città surreale, in cui un popolo disorientato, minacciato dalla minaccia longobarda e da una peste "pandemica", si aggira tra templi ormai in rovina e nuove basiliche alla ricerca di una sempre valida strategia di salvezza[15]. Un mondo fatto di periferie – dai Visigoti ai Longobardi, dai Britanni ai Franchi - da mettere in relazione nel rispetto delle singole storie, delle tradizioni e delle identità (culturali e dunque religiose) e soprattutto dei giusti principi sociali.

Ed in questo mondo variegato – che di certo ricorderà al lettore quello in cui viviamo – il papa si ferma a riflettere sull'importanza del comunicare il divino, del *saper parlare* di Dio *bene*.

Ma a cosa serve "saper parlare bene di Dio"? Nell'ottica del papa certamente ad evangelizzare e diffondere la teologia cristiana, nell'ottica dell'uomo nobile e impegnato nel progresso della sua società[16] (da *praefectus* a monaco, poi apocrisario a Costantinopoli e infine papa evergete) probabilmente a far dialogare menti diverse, popoli diversi, fedi diverse in un mondo in trasformazione che ricerca una sua nuova dimensione.

[14] Sul tema del pluralismo religioso, tra passato e presente, si vedano i volumi collettanei a cura di S. Botta, M. Ferrara, A. Saggioro, *La Storia delle religioni e la sfida dei pluralismi*, Quaderni di SMSR 18, Brescia, 2017 e di A. Saggioro, *Definire il pluralismo religioso*, Quaderni di SMSR 26, Brescia, 2021. Per l'espressione *di che dio sei?* e le implicazioni ad essa connesse si rimanda al volume di G. Filoramo, F. Payer, *Di che Dio sei? Tante religioni un solo mondo*, Torino 2011.

[15] Sul tema G. Sfameni Gasparro, *Problemi di religione greca ed ellenistica*, Cosenza, 2009, 141-165 e 165-203, due contributi dai titoli parlanti: *Globalizzazione e localizzazione della religione dall'Ellenismo al Tardo antico*, e *Strategie di salvezza nel mondo ellenistico-romano* che offrono una rilettura del tema in prospettiva storico-religiosa, attraverso l'uso del metodo storico e comparativo, e la definizione di alcune categorie quali utili strumenti di lavoro (cfr. Ead, 2011).

[16] Si legga sul tema G. Attanasio, *Una strada nella tempesta: Attualità dell'esperienza di Gregorio Magno*, Siena, 2021.

E come sul *TARDIS* del Dottor Who[17] immaginiamoci ora in una navigazione tra mondi e religioni, con i loro linguaggi e i loro credi, che ci conduca al mondo di oggi. Un mondo in cui la domanda *di che dio sei?* risuona in una pluralità di risposte. Tutte allo stesso modo "vere", tutte degne di essere comunicate *aut bona bene, aut mala bene*.

Può, dunque, un uomo del passato amante della comunicazione efficace dirci qualcosa di utile e significativo sul nostro parlare di Dio nel presente, in un oggi egualmente affastellato, globalizzato e post-pandemico?

Come amava fare Piero Angela, cui questo volume è dedicato, non certo uomo di fede, ma comunicatore attento e rispettoso anche per chi ha «trovato una fede»: «Ho conosciuto molti scienziati credenti in grado di viaggiare su due binari paralleli, capaci di distinguere le traversine scientifiche da quelle del credo religioso»[18]. Con parole semplici, ma dense e vere, si è reso cantore della bellezza dell'universo, come un libro meraviglioso da sfogliare e risfogliare ogni giorno, in ogni trasmissione.

Come il curatore d'anime istruito da Gregorio, così il divulgatore proposto da Piero dissemina *bene* sapere e ricerca, coinvolge quanti si lasciano incantare dal suo racconto con parole a misura di ascoltatore, e li conduce alla scoperta di un universo la cui bellezza in certa misura unisce ricerca di fede e ricerca scientifica, convinto che chi bene dissemina «riceve un aumento di interiore ricchezza»[19].

2. Per un dialogo possibile

Da Gregorio a Piero, risuona ancora la stessa domanda: "come parlare di Dio oggi?"

Ad essa se ne aggiungono inscindibilmente due altre: "dove parlare di Dio oggi?", "a chi parlare di Dio oggi?" [20]. Domande che interpellano quanti si apprestano ad una

[17] Si allude qui ad una nota serie televisiva britannica andata in onda per ventisei stagioni dal 1963 al 1989 sulla BBC. Dal 2003 una nuova serie di episodi ha riportato nelle case. Dottor Who è un Signore del Tempo (*Time Lord*), ultimo superstite del suo pianeta, con due cuori e facoltà mentali sovrumane. Egli compie viaggi spazio-temporali a bordo del TARDIS (un veicolo "senziente" che ha le sembianze di una cabina telefonica blu degli anni sessanta), spinto dalla sete di conoscenza e curiosità nei confronti del vasto universo: in essi vari mondi, con le loro culture, le loro identità, e finanche i loro molti credi, specchio di questa umanità.

[18] Cfr. https://www.catt.ch/newsi/piero-angela-ha-portato-la-scienza-nelle-case-con-grande-rispetto-per-le-religioni/; https://www.avvenire.it/agora/pagine/angela-scienza-cultura.

[19] *Gregorio Magno, RegPast* 2, 25, *supra*.

[20] Interessanti le pagine sul tema di F. Hadjadj, *Come parlare di Dio oggi? Anti-manuale di evangelizzazione,* Padova, 2013. Filosofo francese nato a Nanterre da genitori ebrei di origini tunisine e convinzioni maoiste, Hadjadj si definisce «un ebreo di nome arabo e di confessione cattolica». In una interessante conversazione

comunicazione che abbia per oggetto la *religio*, ogni religione: nei salotti televisivi, sulle testate dei giornali, nelle aule delle scuole, nelle università e nelle molte associazioni culturali e nei *club service* disseminati sul territorio. A volte quelle che si odono sono parole urlate, in cui il suffisso *-ismo* viene tramutato in etichetta categorizzante: e allora siamo messi di fronte a parole contrapposte che alludono a mondi religiosi che chi parla vuole porre in contrasto … islamismo *vs christianismos*, monoteismo *vs* fondamentalismo, individualismo *vs* esclusivismo, *vs*… e l'elenco potrebbe a lungo continuare.

E se invece di contrapporre il comunicatore sapesse mettere in dialogo? Sì, perché i mondi religiosi si incontrano tra le pagine della storia, e si confrontano (vedendosi ciascuno costretto a definire o ri-definire la propria identità nell'impegno a commisurarsi con gli altri contesti religiosi) e solo qualche volta si scontrano: e da questo confronto ripartono per rimodularsi a vicenda, assorbirsi a vicenda, dando vita a fenomeni altri che – per usare una espressione cara agli storici delle religioni italiani – sono *genomena*, fenomeni in movimento, con il loro situarsi ed evolversi nel tempo e nella storia[21].

Viviamo in un contesto globale[22], tra un Mediterraneo affastellato di rotte di popoli (che sono rotte di idee e di credi) e un'Europa crogiuolo di etnie, ciascuna portatrice di una identità culturale, e dunque religiosa, punto di coagulo tra Asia e Africa, Russie e Americhe. Viviamo in uno spazio dai confini così dilatati da sembrare *orizzonti* (per citare Frida Kahlo), in cui uomini diversi per origine e pensiero si trovano a coabitare, a condividere spazi geografici e luoghi virtuali, non più stretti in un vincolo religioso – dogmatico e comportamentale – che li descrive come membri di una tradizione, ma ora protagonisti di una scelta religiosa del tutto personale che li descrive come individui[23].

riflette su come evangelizzare oggi. Alcune riflessioni di carattere introduttivo possono essere utili al lettore di queste righe.

[21] Cfr. M. Monaca, *Ugo Bianchi e la Storia delle religioni*, Roma 2012.

[22] Cfr. G. Sfameni Gasparro, *Problemi di religione*, cit., 141-165, *supra*.

[23] Cfr. P.L. Berger, *I molti altari della modernità. Le religioni al tempo del pluralismo*, Verona, 2017. Secondo il sociologo l'età contemporanea può essere definita come quella del pluralismo. Le fedi sono compresenti a livello planetario, afferma: gli Hare Krishna ballano davanti alle cattedrali gotiche d'Europa, il cristianesimo si diffonde nella Cina confuciana, l'America Latina (un tempo uniformemente cattolica) vive un'esplosione di presenza protestante, la regina Elisabetta si proclama «difensore di tutte le fedi nel Regno Unito». Un'età in cui «persone diverse per appartenenza etnica, visione del mondo e sistemi di valore etici convivono pacificamente e interagiscono reciprocamente in modo amichevole». Per questo, annota Berger «il pluralismo è la sfida di gran lunga maggiore per tutte le tradizioni e le comunità religiose del nostro tempo».

In un mondo così disegnato al plurale, che valore può avere proporre un discorso sul divino che, abbandonate le prospettive teologiche identitarie e ricusati gli stereotipi cataloganti dei *media*, pensi alla religione come ad un "fatto" da studiare con gli strumenti obiettivi della ricerca storica? Non potrebbe forse questo discorso essere percepito come strumento di pace, facilitando un dialogo tra i popoli?

Partendo dalla consapevolezza che un dialogo per essere fruttuoso deve implicare una autentica reciprocità, nel rispetto del vissuto di ciascuno come "uomo" ma anche delle diverse, e insieme molteplici e uniche, esperienze religiose, la ricerca storico-religiosa può rivelare la sua utilità nel rintracciare (con la validità oggettiva e obiettiva propria dell'indagine storica) ottiche comuni, mostrare analogie e caratteri condivisi, sottolineare le specificità di un mondo religioso, considerandole come strumento di arricchimento, rileggendole nell'ottica dell'incontro tra identità diverse, che non è solo confronto né tantomeno scontro.

Questo a nostro avviso l'obiettivo da perseguire, attraverso una corretta comunicazione dei "fatti religiosi" che sappia dire *bona aut mala bene*, ovvero sappia parlare *bene* delle *religiones* con strumenti comprensibili all'ascoltatore contemporaneo: il "buon comunicatore" dovrà descrivere la religione come un fenomeno e dovrà farlo dopo essersi informato bene sulla sua storia, le sue fonti, i contesti, gli spazi e le cause, non allo scopo di dimostrare la verità dei contenuti, ma di delinearne la varietà degli aspetti.

Egli dovrà avere come compagno di strada e come suggeritore lo storico delle religioni, così da poter dire *bona bene*, offrire cioè una lettura «sapiente» e onesta dei fatti, in un tempo in cui il dibattito sui concetti di tolleranza religiosa, dialogo e pluralismo religioso è particolarmente acceso e assume a volte prospettive di bandiera, tese a mostrare supremazie piuttosto che analogie[24].

Lo storico delle religioni è chiamato, infatti, ad indagare con metodo storico e induttivo qualsiasi fenomeno culturale che possa essere definito come *religione* per il suo rimandare a un piano della realtà diverso da quello empiricamente esperibile dall'uomo stesso: in esso si postula la possibilità di istaurare rapporti con un *altrove*, con un livello *altro*, considerato allo

[24] Cfr. A. Saggioro (cur.), *Definire il pluralismo religioso*, Quaderni di SMSR 26, Brescia, 2021, in cui si offre una rilettura del pluralismo religioso come fenomeno che oggi diviene sempre più animatamente emergenza politica e culturale, assumendo dimensioni diverse e complesse a seconda dei contesti istituzionali chiamati a gestirne l'articolazione.

stesso tempo un *supra*, ossia realtà che sovrasta l'uomo per potenza, ed un *prius*, ossia realtà che precede l'uomo e il mondo in cui si muove. Qualsiasi fenomeno o fatto che presenti tali *qualitates* sarà da inserire a pieno titolo e a pari titoli in quell'*universale storico e concreto* (per dirla con U. Bianchi) che sono le religioni, e non la religione. Lo storico rintraccerà allora tra tutti questi mondi (chiamati religiosi) quelle caratteristiche, le *analogie*, che gli permetteranno di accomunare alcuni mondi ad altri in virtù dei loro caratteri comuni, ed insieme sottolineerà quelle precipue differenze che li caratterizzano ciascuno nella loro unicità e identità[25]. Una comparazione così fatta, su base storica e dunque obiettiva, situerà ogni fatto religioso nel suo tempo e nel suo spazio, all'interno della cultura che lo ha prodotto, e si rivelerà esente da ogni giudizio di valore, da ogni principio veritativo, proprio piuttosto delle diverse teologie religiose.

Solo partendo da questi presupposti, che rendono l'indagine obiettiva, lo storico delle religioni (e con lui il comunicatore di fatti religiosi) potrà *saper parlare bene di dio*, dire *bona aut mala* dei singoli fatti in maniera appropriata apportando beneficio a chi ascolta.

Una corretta e consapevole divulgazione storico-religiosa, attenta ai caratteri precipui delle diverse correnti religiose che convivono nell'Europa di oggi, esente da prospettive teologiche o veritative, o da finalità politiche e partitiche, il cui obiettivo sia quello di far conoscere al pubblico i testi, le fonti, i presupposti dogmatici e i precetti sociali dei diversi mondi religiosi, senza strenue difese o sterili accuse, ma fedele e attenta al "fatto" religioso, letto nel suo divenire storico, sarà utile ad aprire le porte a forme di accoglienza e di integrazione sociale del diverso da sé.

Se essa fornirà al fruitore gli strumenti per l'interpretazione dei fatti, e non l'interpretazione stessa, potrà allora essere la modalità da perseguire per favorire un dialogo pacifico tra le diverse componenti religiose, che trovi nelle comuni istanze etiche e umane (e nelle individuate *analogie*) un luogo di incontro e di confronto, esente da pregiudizi e luoghi comuni che generano ostilità e conflitti. Ancor di più, la comparazione storicamente fondata tra differenti situazioni di pluralità religiosa, costituirà di certo un'occasione per proporre modelli differenti di convivenza religiosa, fondati su altri modelli esistiti nel passato colti nella loro struttura, nella loro genesi, nei loro presupposti, sottolineando al contempo gli elementi

[25] Cfr. G. Sfameni Gasparro, *Introduzione alla storia delle religioni*, Roma-Bari, 2011, 7-17.

di continuità. Le religioni possono essere fattori tanto di conflitto quanto di integrazione e di convivenza: se la convivenza è davvero un valore, e un valore irrinunciabile, occorre pensare non solo a specifiche strategie a essa orientate, ma anche a sviluppare una vera e propria cultura della convivenza, da cui quelle strategie possono trarre ispirazione[26]. E il buon comunicatore partecipa allo sviluppo di queste strategie.

E per rispettare il diritto alla convivenza e alla diversità, avvisa Berger, ci sono due pericolosi estremi parimenti da evitare: da un lato il relativismo che «indebolisce il consenso morale senza il quale nessuna società può sopravvivere», dall'altro il fondamentalismo, inteso come «sforzo per ristabilire la certezza minacciata». La strada da percorre è quella del *convictus* ovvero quella del mantenere e legittimare «il terreno intermedio tra i due estremi». Per ottenere questo è fondamentale garantire la libertà religiosa: «Ci sono buone ragioni empiriche per essere favorevoli alla libertà religiosa nel contesto di uno stato religiosamente neutrale. La condizione umana è una situazione avvolta nel mistero. Pascal l'ha descritta come a metà strada tra "il nulla e l'infinito". La libertà di coltivare il senso di meraviglia è un diritto umano fondamentale».

E per coltivare questo senso di meraviglia, tanto caro al nostro Piero Angela, occorrerà offrire ad ogni uditore una comunicazione corretta ed efficace che lo renda libero di scegliere e di chiedersi *di che dio sei?*

Parlare bene di dio diventa così uno strumento di crescita individuale e di integrazione sociale. Saper parlare di Dio, saper disseminare le conoscenze storico-religiose, senza alimentare conflitti ma alla ricerca di un dialogo possibile tra popoli e culture: questa una strada da percorrere per l'integrazione pacifica popoli, di residenti e migranti, monoteisti e animisti, laici e atei.

Ciascuno portatore di una idea di Dio, ciascuno desideroso di conoscere il Dio dell'altro, o l'altro Dio. Tutti desiderosi di vivere insieme, in pace.

[26] Cfr. G. Filoramo, F. Remotti, *Pluralismo religioso e modelli di convivenza*, Biblioteca di studi storico-religiosi, Alessandria, 2009.

3. Bibliografia

Attanasio G., *Una strada nella tempesta: Attualità dell'esperienza di Gregorio Magno*, Siena 2021

Berger P.L., *I molti altari della modernità. Le religioni al tempo del pluralismo*, Verona, 2017

Botta S., Ferrara M., Saggioro A. (curr.), *La Storia delle religioni e la sfida dei pluralismi,* Quaderni di SMSR 18, Brescia, 2017

Cattaneo E., *L'arte della comunicazione secondo san Gregorio Magno*, in La Civiltà Cattolica, Quaderno 4119.1, 2022, pp. 229-238

Filoramo G., PayeR F., *Di che Dio sei? Tante religioni un solo mondo,* Torino 2011

Filoramo G., Remotti F., *Pluralismo religioso e modelli di convivenza*, Biblioteca di studi storico-religiosi, Alessandria 2009

Gremascoli G. (cur.), *Gregorio Magno. Regola pastorale,* in *Opera Omnia di Gregorio Magno,* Roma, 2008.

Hadjadj F., *Come parlare di Dio oggi? Anti-manuale di evangelizzazione,* Padova, 2013

Monaca M., *Ugo Bianchi e la Storia delle religioni,* Roma 2012

Paronetto V., *Gregorio Magno. Un maestro alle origini cristiane d'Europa*, Roma, 1985

Saggioro A. (cur.), *Definire il pluralismo religioso*, Quaderni di SMSR 26, Brescia, 2021

Sfameni Gasparro G., *Introduzione alla storia delle religioni*, Roma-Bari, 2011

Sfameni Gasparro G., *Problemi di religione greca ed ellenistica,* Cosenza, 2009

Siniscalco P. (cur.), *Gregorio Magno, Commento morale a Giobbe,* 4 voll., in *Opera Omnia di Gregorio Magno,* Roma, 1992-2001

Siniscalco P. (cur.), *Gregorio Magno, Commento morale a Giobbe*, in *Opera Omnia di Gregorio Magno,* vol.3, Roma, 1997

Daniela Potenza - Fulvia Sarnelli

Riflettendo sull'identità araba americana con Yussef El Guindi e Mohja Kahf

1. Questioni identitarie. – 2. Il teatro consapevole di Yussef El Guindi. – 3. La poesia demistificatoria di Mohja Kahf. – 4. Bibliografia.

1. Questioni identitarie

Paese di immigrazione per definizione, come è noto, gli Stati Uniti hanno una popolazione composta da numerosi gruppi etnici e identitari che insieme formano il carattere eterogeneo e caleidoscopico della società americana. Sebbene l'idea del pluralismo di popoli e culture appartenga al continente nord-americano prima ancora della costituzione degli Stati Uniti in nazione indipendente nel 1776, il tentativo di definire cosa vuol dire "essere americano" in termini di identità nazionale prende forma moderna con le ricerche antropologiche del periodo della Seconda guerra mondiale. Nel nuovo contesto ideologico internazionale che contrappone gli Stati Uniti dapprima al nazismo tedesco e all'imperialismo giapponese e poi al comunismo sovietico, gli Stati Uniti assumono l'identità della potenza democratica che rispetta e garantisce tutte le differenze. Il discorso della valorizzazione delle diverse etnie che la nazione accoglie diventa parte del paradigma della modernizzazione, ovvero una teoria della modernità basata sul supposto desiderio dei vari gruppi etnici di assimilarsi alla cultura americana dominante che si offre come tecnologica, democratica, liberale. In questa ottica di progresso, l'assimilazione etnica viene a significare la promessa di uguaglianza e di successo economico per tutti (R. Lee, 2010). In realtà, a partire dalla seconda metà del Novecento diverse comunità hanno sentito la necessità di rispondere e opporsi al modello assimilazionista che prevede la "fusione" delle specificità di ciascuna comunità nella monocultura americana *mainstream*, proponendo modelli di convivenza sociale che preservino le differenti identità. Diverse comunità si sono così impegnate ad offrire auto-definizioni che scardinassero gli stereotipi basati sulla sovrapposizione dei concetti di nazionalità, religione, razza ed etnia.

Questo contributo si concentra sulla comunità araba americana, che ha ricevuto grande attenzione nel panorama nazionale e internazionale dopo gli attacchi terroristici alle Torri Gemelle di New York City l'11 settembre 2001.[1] Gli eventi dell'11 settembre hanno infatti da subito aperto una rottura nel discorso dell'assimilazione etnica in favore del cosiddetto "clash of civilizations" ovvero lo scontro tra civiltà considerate radicalmente opposte e pertanto inconciliabili. La retorica della "Guerra al terrore" usata dalla presidenza di George W. Bush identifica la missione occidentale guidata dalle forze militari americane e appoggiata dai paesi NATO; essa si pone l'obiettivo della lotta globale a ogni organizzazione terroristica nel mondo e a tutti gli stati accusati di sostenere il terrorismo internazionale (particolarmente Al Qaida, il governo talebano in Afghanistan e quello baathista in Iraq), nonché al terrorismo degli estremisti arabi musulmani che minacciano gli Stati Uniti dall'interno della nazione. Sebbene la Guerra al terrore non sia ufficialmente un discorso identitario-culturale, essa è animata dalla retorica contro un presunto Islam monolitico, retrogrado, irrazionale, sessista, violento, che costituirebbe una barbara minaccia per l'Occidente. Di conseguenza, in un momento delicato della storia americana, la sovrapposizione degli aspetti identitari di "arabo", "musulmano" e "*brown*" (moro), nonché una serie di altre generalizzazioni, ha dato luogo a stereotipi e pregiudizi su base razziale, che hanno fortemente colpito le comunità arabe e musulmane presenti negli Stati Uniti, ormai, vale la pena ricordarlo, cittadini e cittadine americani/e.

Spesso confuse tra loro, le due categorie — arabo e musulmano — possono sovrapporsi ma non sono coincidenti. Arabi, infatti, sono tutti gli individui di lingua araba, mentre musulmani sono le persone che seguono la religione islamica. La storia della migrazione araba nel continente nord-americano ha radici molto antiche quanto poco definite che si intrecciano con il trasporto di schiavi dall'Africa al nuovo continente (G. Orfalea, 2006). Per la stessa ragione, quando parliamo di popolazione musulmana negli Stati Uniti, gli afroamericani costituiscono il gruppo più numeroso tradizionalmente associato all'Islam (P. Wood, 1974), seguito dalle comunità provenienti dall'Asia meridionale e solo in terza posizione da quelle

[1] Per un ottimo contributo in italiano si veda il numero 14 della rivista *Ácoma* "Arabi e musulmani d'America. Culture, poetiche e politiche della (nuova) minoranza", curato da Andrea Carosso e Cinzia Schiavini (2018) https://www.acoma.it/it/content/arabi-e-musulmani-damerica-culture-poetiche-e-politiche-della-nuova-minoranza.

immigrate dai paesi del mondo arabo. L'origine della migrazione araba verso gli Stati Uniti viene invece individuata nell'ondata migratoria che a partire dal 1875 portò varie popolazioni di quella che era la provincia ottomana della Grande Siria e che comprendeva gli attuali stati di Siria, Giordania, Libano, Palestina e Israele a emigrare nel nuovo mondo. La maggior parte di coloro che emigrarono nelle città degli Stati Uniti dal mondo arabo alla fine del Diciannovesimo secolo erano quindi cristiani o non-musulmani, che stabilirono comunità per lo più di commercianti a ridosso di quartieri abitati da altri gruppi etnici. La Little Syria di New York City sorse nel lower-east side di Manhattan, a pochi passi dal World Trade Center.

L'identità araba e quella musulmana non sono dunque sovrapponibili, essendo l'una un discorso linguistico-culturale (e, in misura minore, nazionale) e l'altra una questione religiosa. La loro fusione nell'immaginario americano, e occidentale in genere, così come la loro caratterizzazione in senso razziale è piuttosto il risultato di un processo ideologico e culturale legato alla geopolitica degli anni Settanta e Ottanta, quando le comunità arabe e musulmane prendono posizione contro Israele nel conflitto in Palestina (1967) e l'essere musulmano inizia a diventare sinonimo di terrorista. «È in questo contesto», scrive Andrea Carosso, «che va compresa la reazione anti-araba e musulmana dell'America dopo l'11 settembre 2001, momento in cui i discorsi predominanti su razza ed etnicità hanno consolidato una razzializzazione della categoria – generica e altamente imprecisa – dell''arabo/mediorientale/musulmano' quale sinonimo di 'Altro' non bianco» (2018, 9). L'islamofobia prospera sugli stereotipi ampiamente presenti negli archivi occidentali di studi orientali che raffigurano il mondo musulmano e quello arabo come un unico blocco "moro", indistintamente dispotico, mistico, irrazionale e violento. Oggi, tali cliché e pregiudizi marcano l'Islam come una minaccia per l'Occidente sempre più aggressiva e senza limiti. È in questo senso che, citando l'antologia *Food for Our Grandmothers: Writings by Arab-American and Arab-Canadian Feminists* a cura di Joanna Kadi, Moustafa Bayoumi sostiene che le comunità arabe e quelle musulmane negli Stati Uniti sono passate dall'essere «the Most Invisible of the Invisibles» (2010, 9) prima dell'11 settembre all'essere il "nuovo problema" socio-razziale della nazione all'indomani degli attacchi alle Twin Towers.

Nelle pagine seguenti si proverà ad approfondire la questione dell'identità araba americana dando spazio alle espressioni artistiche e culturali, spesso ironiche, presenti nel teatro di

Yussef El Guindi e nella poesia di Mohja Kahf. Le contronarrazioni da loro proposte contribuiscono a smontare i pregiudizi sull'identità araba americana che sono entrati con forza nell'immaginario americano. Scardinando la visione monolitica delle loro culture, l'arte di El Guindi e Kahf offre una pluralità di voci, temi e generi che rappresenta uno dei campi più vitali e innovativi della letteratura americana dell'ultimo ventennio.

2. Il teatro consapevole di Yussef El Guindi

Il teatro arabo americano è sicuramente un punto di partenza ottimale per spiegare l'identità araba americana. Infatti, dopo l'attacco alle Torri Gemelle, questo teatro si è sviluppato a tal punto che alcuni critici hanno affermato che è nato all'indomani dell'11 settembre (C. Schiavini, 2018, 111). In realtà, sebbene fosse poco diffuso, il teatro arabo americano esisteva già dall'inizio del Ventesimo secolo, come parte dell'*adab al-mahjar* (letteratura d'emigrazione), quella letteratura sorta a New York a seguito delle ondate migratorie dalla regione siro-libanese verso le Americhe, soprattutto verso gli Stati Uniti e il Brasile, iniziate nella seconda metà del Diciannovesimo secolo e continuate nel Ventesimo. I poeti del *Mahjar* fondarono una nuova scuola "romantica" che esercitò una grande influenza sulla poesia araba moderna nel suo complesso. Molte delle poesie scritte nel *Mahjar*, infatti, venivano pubblicate nelle principali riviste letterarie arabe in Medio Oriente. Per la verità, il primo grande circolo letterario del *Mahjar* fu fondato in Sud America nel 1900; tuttavia, New York ospitava il circolo del *Mahjar* più significativo - al-Rābita al-qalamiyya (l'Associazione della penna), fondato ufficialmente nell'aprile 1920. Accomunati dai loro interessi per il misticismo, la filosofia e la spiritualità, i membri di al-Rābita aspiravano a ripensare la forma e l'essenza della letteratura e della lingua arabe. Sin dalla nascita dell'*adab al-mahjar*, gli scrittori arabi americani avevano il proposito di favorire la modernizzazione della letteratura araba e promuovere l'incontro tra la cultura araba e quella occidentale. Tra gli autori del *Mahjar*, ricordiamo Khalil Gibran (Bsharre, Libano 1883 – New York, 1931), l'autore del romanzo *The Prophet* (Il profeta, 1923), scritto da Gibran in inglese e tradotto oggi in più di cento lingue.

Negli ultimi anni, dopo gli attacchi alle Torri Gemelle, la letteratura araba americana ha conosciuto una nuova ondata di espressione artistica fruttuosa, che spesso si pone in risposta

diretta all'11 settembre e al suo impatto sulla comunità araba americana. In particolare, il teatro, che parla principalmente in inglese per il pubblico arabo americano e americano, ha introdotto l'esperienza araba americana nel panorama teatrale americano, inclusa la ricerca di identità e la lotta contro gli stereotipi. In questo modo tenta di condividere con il pubblico americano i problemi e le ambizioni che la comunità araba vive negli Stati Uniti (R. Ali, 2017, 12).

Nel 2002, Jamil Khoury e Malik Jillani hanno fondato l'organizzazione Silk Road Rising come «risposta intenzionale e creativa agli attacchi terroristici dell'11 settembre 2001». Silk Road Rising si autodefinisce come «un'organizzazione artistica-comunitaria radicata nelle esperienze panasiatiche, nordafricane e musulmane», che mira «attraverso la narrazione, i media digitali e l'educazione artistica, a sfidare la disinformazione, coltivare nuove narrazioni e promuovere una cultura dell'apprendimento continuo» (https://www.silkroadrising.org/our-company). Il principio alla base del teatro promosso da Silk Road Rising è di «consentire a un pubblico di ogni estrazione di ritrovarsi in viaggi complessi, tridimensionali e pieni di sorprese. Dopotutto, una bella storia ben raccontata scatena la curiosità e invita alla scoperta» (Theatre | Silk Road Rising — Silk Road Rising). Tra le prime produzioni sostenute da Silk Road Rising ci sono quelle di Yussef El Guindi, il rappresentante più noto e l'autore più prolifico del teatro arabo americano.

Figlio di genitori egiziani emigrati in Inghilterra nel 1963, quando lui stesso aveva soltanto quattro anni, Yussef El Guindi è tornato da adulto in Egitto, dove si è laureato all'Università Americana del Cairo, per poi trasferirsi negli Stati Uniti, dove ha completato gli studi e ha iniziato la sua carriera di drammaturgo (N. Morsi, 2021). Ora residente a Seattle, con il suo lavoro, Yussef El Guindi esamina spesso la collisione di etnie, culture e politiche che investe il corpo degli arabi americani e dei musulmani americani. El Guindi ha ricevuto numerosi riconoscimenti, tra cui lo Steinberg/ATCA New Play Award e il Middle East America Distinguished Playwright Award nel 2010.

Una delle sue opere di maggior successo è *Back of the Throat* (In fondo alla gola, 2006). *Back of the Throat* inscena la visita di due agenti federali a casa di Khaled, uno scrittore musulmano egiziano nato in America, indagato perché sospettato di aver partecipato ai recenti attentati. Gli indizi non provati, ma sufficienti agli agenti per dedurne la colpevolezza, lo rendono prima

indagato e poi vittima del clima di paranoia generale dopo gli attacchi alle Torri Gemelle. Tra i temi affrontati dall'opera figurano infatti l'alterità e la relatività dell'innocenza e della colpa. Significativa in questo senso l'affermazione di uno degli agenti, che si rivolge a Khaled, dicendo:

> in nessun momento dovresti pensare che questa sia una questione etnica. La tua etnia non ha nulla a che fare con questo [arresto], a parte il fatto che il posto da cui provieni sembra essere quello da cui arriva la maggior parte di questo schifo. Quindi, naturalmente, l'attenzione sarà su di te. Non è *profiling*, è una deduzione (Y. El Guindi, 2006, 19).

L'agente si contraddice, provando a smentire il fatto che l'accusa derivi semplicemente dall'etnia di Khaled, ma il suo ragionamento conferma questa ipotesi. Il "profiling" a cui si riferisce l'agente è l'attività della polizia di raccolta di informazioni e materiale con l'obiettivo di schedare le persone (i presunti criminali) per poi poterli localizzare; si parla di *profilazione razziale* quando questa stessa attività di sorveglianza viene svolta in maniera preventiva sulla base della razza o dell'etnia e non di un crimine commesso. Prima dell'11 settembre, essa era una pratica illegale; dopo gli attacchi alle Torri Gemelle, è invece stato creato all'interno del Dipartimento di Polizia di New York un corpo di polizia speciale con il compito di spiare i musulmani americani residenti a New York.

In questa, e nelle altre sue opere, El Guindi dà voce alla natura ibrida dei tempi e delle vite degli arabi americani. Come tanti americani "ibridi" del Ventunesimo secolo, El Guindi incarna lo spirito di provenire sia da "qui" che da "là", di appartenere sia a "noi" che a "loro". Secondo le parole del critico Jamil Khoury, El Guindi «definisce chi, cosa e dove, e non aderisce né a binari antiquati, né a confini, né ai dettami di un *melting pot*» (J. Khoury, 2019, 16). Khoury aggiunge che il teatro di El Guindi non è conforme ai «binari dello schieramento», ma intende «interrompere l'autocompiacimento», e che la sua "narrazione" ci aiuta tutti a scoprire noi stessi (Ibid.).[2]

L'opera più recente di El Guindi, *Hotter Than Egypt*, è stata acclamata come una delle opere preferite dal pubblico al Colorado New Play Summit del 2020. *Hotter Than Egypt* è

[2] Tutte le traduzioni sono a cura delle autrici.

l'avvincente racconto delle rivoluzioni personali di una coppia americana emerse durante un viaggio di lavoro/piacere in Egitto. Mentre i due turisti tentano di connettersi con la cultura egiziana in modo autentico, sono travolti da questioni coniugali rimaste a lungo sopite. Attingendo alle realtà politiche, culturali e religiose della vita in Egitto, questa commedia drammatica contrappone la lealtà all'attrazione, mentre i suoi personaggi sono alle prese con la battaglia personale per rimanere fedeli l'uno all'altra. El Guindi si focalizza qui sul dislocamento culturale e geografico, sulle coppie alienate, le promesse e le frustrazioni dell'immigrazione, e sui modi in cui le persone si destreggiano tra l'estraneità e l'appartenenza.

In principio, l'opera doveva parlare della Rivoluzione egiziana del 2011.[3] El Guindi, infatti, aveva cominciato a scrivere *Hotter Than Egypt* proprio durante lo scoppio della Rivoluzione, nell'entusiasmo rivoluzionario. Nel 2013 però in mancanza di un epilogo nella storia reale, lo scrittore aveva realizzato che al centro della sua opera non c'era tanto quello che stava succedendo in Egitto, quanto, piuttosto la storia della coppia americana. A questo punto, aveva deciso di concentrarsi sulle vicende dei due personaggi, escludendo un'analisi aperta della questione della Rivoluzione. Dopotutto, il personale è sempre politico, come lui stesso afferma:

Cos'è una lotta politica? Quando ti senti di non avere il controllo, combatti per migliorare la tua vita. E questa è una delle cose per cui lottiamo anche nella nostra vita personale. Quando sei sposato, vuoi essere rispettato, vuoi sentirti sicuro, vuoi sentire che c'è una certa uguaglianza. Vuoi sentirti visto. Ma a volte nei matrimoni smettiamo di sentirci visti. Ciò è particolarmente vero per la moglie americana, Jean. Ad un certo punto, Jean afferma di sentirsi come un fantasma nel suo stesso matrimonio. E a volte, come cittadini, smettiamo anche di sentirci visti. Penso che quelle persone reali che stavano combattendo per la loro libertà politica ed economica durante la rivoluzione egiziana

[3] Iniziata il 25 gennaio 2011 con imponenti movimenti di protesta che hanno visto l'uccisione di oltre 800 egiziani, la Rivoluzione ha costretto il presidente Hosni Mubarak alle dimissioni l'11 febbraio 2011, dopo un trentennio di presidenza continuamente reiterata grazie a modifiche costituzionali ad hoc. Le speranze rivoluzionarie, nutrite dal desiderio di democrazia, si sono poi spente quasi definitivamente il 3 luglio 2013, con il colpo di Stato militare del generale 'Abdel Fattah al-Sisi, che diventa presidente del paese. La presidenza di al-Sisi è caratterizzata dall'autoritarismo e segna un profondo deterioramento della situazione dei diritti umani in Egitto.

facciano eco a ciò che sta accadendo nella vita privata di questa coppia sposata nella mia commedia. (Y. El Guindi, J. Moore, 2020)

Fare chiarezza sull'identità araba e sui conflitti culturali che possono sorgere tra arabi e americani in un paese arabo è un modo, per El Guindi, di definire l'identità araba, colmando le lacune lasciate dai media *mainstream*. D'altro canto, mettere in luce alcuni aspetti dell'identità araba serve anche a far leva su valori universali che corrispondono, ad esempio, alla sua idea di lotta politica. Il parallelismo tra la coppia americana, con la lotta di Jean per il rispetto dei suoi diritti all'interno del matrimonio, e la rivoluzione egiziana, con i cittadini egiziani che combattono per la loro libertà politica ed economica non è soltanto un modo per avvicinare le vicende private a quelle pubbliche, ma serve anche a dimostrare che la lotta politica riguarda l'essere umano, a prescindere dalla sua etnia. Le battaglie nella vita sono tutte umane e dunque (anche) politiche, al di là dei confini geografici e delle ideologie. Il messaggio di consapevolezza politica che El Guindi rivolge al pubblico è portato dalla metafora sociale della coppia nel matrimonio: uniti e divisi, lottiamo tutti per qualcosa.

Il coinvolgimento emotivo del pubblico, infatti, è essenziale per il teatro che porta in scena El Guindi:

Come drammaturgo, il mio obiettivo principale è sempre che il pubblico se ne vada completamente divertito. La mia regola n. 1 nella scrittura teatrale è che non puoi annoiare il tuo pubblico. La mia preoccupazione è che il pubblico si diverta e che ciò che accade sul palco lo coinvolga emotivamente e intellettualmente. Se ho fatto il mio lavoro, il pubblico sarà coinvolto nelle vite di questi personaggi e alla fine si interesserà a loro. (Y. El Guindi, J. Moore, 2020)

El Guindi è pienamente consapevole delle potenzialità del suo teatro. Innanzitutto, riconosce il fondamentale ruolo svolto dall'11 settembre nel teatro arabo americano, che ha destato un interesse da parte del pubblico americano sulle questioni riguardanti la comunità araba americana (Esch-Van Kan, 2008, § 22). In un saggio dal titolo "Rosencrantz and Guildenstern Meet Abdallah and Ahmed: Musings about Arabs and Muslims in American Theatre", El Guindi allude alla tragicommedia *Rosencrantz e Guildenstern sono morti* (Rosencrantz and Guildenstern are dead, 1966) in cui l'inglese Tom Stoppard riprende i due

personaggi minori della tragedia *Amleto* di William Shakespeare che vengono convocati alla corte del re di Danimarca con il compito presunto di aiutare Amleto, ma che in realtà hanno lo scopo di capire (e riferire) se egli sia diventato pazzo o se stia fingendo. Secondo El Guindi, «in questo contrasto con la figura anglo/occidentale, gli arabi e i musulmani in questi drammi sono al massimo come Rosencrantz e Guildenstern nell'Amleto dell'Occidente: gravati da un'agenda, politicizzati, antipatici, persino sinistri e schierati in modi che sfuggono al loro controllo» (Y. El Guindi, 2019, 717-8). El Guindi ha una visione molto lucida anche della sua cultura d'origine, quella egiziana. In parole molto semplici, durante un'intervista, sottolinea come l'Egitto sia un paese africano, mentre si è soliti pensarlo come un paese a sé. Dice:

> L'Egitto, oltre ad essere un paese mediorientale, è anche un paese africano. Penso che questo concetto a volte sia eluso o tralasciato poiché l'Egitto è più spesso menzionato nelle sue relazioni politiche con altri paesi del Medio Oriente. Penso che l'Egitto, insieme ai paesi a sud di esso, sia decisamente un figlio del Nilo. Sento che c'è più affinità di quella riconosciuta o incoraggiata tra i paesi di quella regione. Ho voluto sottolinearlo in *Pilgrims*. (Y. El Guindi, S. Zohdi, 2020)

Quest'idea è quindi alla base della sua opera *Pilgrims. Musa and Sheri in the New World* (I pellegrini. Musa e Sheri nel Nuovo Mondo, prima versione 2011), dove, attraverso il parallelismo con il pellegrinaggio alla Mecca che ogni musulmano dovrebbe compiere almeno una volta nella vita se ha le possibilità fisiche ed economiche per farlo, El Guindi mette in luce le differenze tra i valori americani ed egiziani, dimostrando ancora una volta di avere una spiccata sensibilità nei confronti delle tematiche identitarie e una piena consapevolezza della loro complessità. Tale complessità viene mostrata attraverso singoli casi che mettono in luce la molteplicità delle identità arabe americane piuttosto che appiattirne il senso, come fanno solitamente i media *mainstream* e le narrazioni ufficiali. Nelle opere di El Guindi, ironia e complessità sono gli strumenti che forniscono contronarrazioni.

3. La poesia demistificatoria di Mohja Kahf

Un approccio artistico che mira a complicare il binarismo tra l'identità e la cultura araba e l'identità e la cultura statunitense è quello della poetessa siriana americana Mohja Kahf. Nata a Damasco, in Siria, nel 1967 e immigrata con i genitori negli Stati Uniti nel 1971, Mohja

Kahf è cresciuta in una famiglia musulmana. Dal 1995 insegna alla University of Arkansas, dove ha co-fondato il King Fahd Center per gli Sudi Islamici e sul Medio Oriente. Nel 1999 ha pubblicato un volume di non-fiction intitolato *Western Representations of the Muslim Woman from Termagant to Odalisque*, che indaga come l'immagine delle donne musulmane sia cambiata nella letteratura occidentale dal Medioevo all'epoca romantica. Ha poi pubblicato due raccolte di poesie, *E-mails from Scheherazad* (2003), che nel 2004 è stata finalista per il Paterson Poetry Prize, e *Hagar Poems* (2016), e il romanzo *The Girl in the Tangerine Scarf* (2006), che narra la crescita di una ragazza musulmana in Indiana.
Le raccolte di poesia di Mohja Kahf esplorano le rappresentazioni delle donne musulmane e smantellano i pregiudizi occidentali nei loro confronti. La discriminante religiosa costituisce quindi spesso il fulcro delle sue riflessioni. In un articolo pubblicato sul Washington Post nel 2008 dall'eloquente titolo "Spare Me the Sermon On Muslim Women" (Risparmiatemi il sermone sulle donne musulmane), Mohja Kahf cambia la prospettiva solitamente adottata dai media occidentali sull'hijab (il velo usato dalle donne musulmane per coprirsi il capo), che ne fanno un simbolo di oppressione, fornendo il proprio punto di vista:

> Le benedizioni abbondano per me in quanto donna musulmana: la freschezza dell'abluzione è mia e lo è la zona di meditazione quotidiana di cinque preghiere che coinvolgono movimenti aggraziati, simili allo yoga, eseguiti in abbigliamento da preghiera. Le sciarpe da preghiera sono un capitolo a sé, fresche e confortanti come lenzuola. Quando non sono in uso, giacciono ripiegate sul tappeto da preghiera di velluto: due leggeri pezzi di mussola, il lungo copricapo drappeggiato e l'ampia gonna arricciata. Apro il pezzo superiore e si gonfia come bucato estivo, un prato bordato di pizzo. Mi infilo nel pezzo inferiore per coprirmi le gambe per il tempo della preghiera perché oggi indosso pantaloncini in giro per casa.
>
> Queste [sciarpe] creano una tenda di tranquillità. Lo spirito sereno inviato da Dio è chiamato con un nome femminile, "sakinah", nel Corano, e capisco perché ad alcune donne musulmane piace indossare i loro abiti da preghiera per qualcosa di più della preghiera, per portare quella sakinah nel mondo con loro. Anch'io indosso una versione (più piccola) del velo quando esco. Che perdita sarebbe per me non avere nella mia vita questa struttura alternata, di coprire all'esterno e scoprire all'interno. Mi diverto a preparare un set pulito e piegato per un'ospite, nel modo in cui gli esperti di decorazioni

per la casa dispongono eleganti asciugamani morbidi in bagno per dargli un'atmosfera rilassante (M. Kahf, 2008).

Metafore e paragoni abbondano in questo brano così come in tutto il lungo saggio. Le immagini evocate danno un senso di leggerezza e di tranquillità. Fresca è l'abluzione, il lavaggio rituale di mani, bocca, volto, nuca, tempie, orecchie, avambracci e piedi che i musulmani e le musulmane compiono prima della preghiera. Anche le sciarpe per la preghiera sono fresche, tanto che, una volta aperte, si gonfiano come il bucato estivo e fungono anche da tenda, simbolo di rifugio. I parallelismi associano la pratica della preghiera e del velarsi alle attuali pratiche di rilassamento impiegate nell'Occidente "modernizzato": le genuflessioni della preghiera sono paragonate allo yoga e il set di veli per gli ospiti ha la stessa funzione accogliente del set di asciugamani che si prepara per gli ospiti nelle case occidentali. Inoltre, il tessuto serve a creare l'atmosfera dell'ambiente. L'autrice ribalta i preconcetti e, in quanto donna araba americana che indossa i pantaloncini, fa della propria religione un motivo di vanto, alludendo anche ad un possibile femminismo della stessa: la *sakinah* è una «parte di mondo» che le donne musulmane possono portare con sé ovunque.

Il suo volume di poesie *E-mails from Scheherazad* (2003) esplora i temi della diversità culturale, dell'identità musulmana, dell'esperienza araba negli Stati Uniti e delle politiche femministe in maniera complessa. In una serie di poesie sparpagliate nella raccolta ma concatenate attraverso il titolo "Hijab Scene #" (Scena col o del velo nº) seguito da un numero progressivo, Kahf espone e decostruisce la visione occidentale della diversità musulmana mettendo in ridicolo i pregiudizi rispetto alle apparenze. Per esempio "Hijab Scene #1" recita:

> "Ti vesti in maniera strana" disse un liceale con i capelli blu acceso
> alla nuova compagna di classe musulmana con il velo
> il piercing alla lingua che fa vibrare il suono "tr" in "strana".[4]

[4] "You dress strange," said a tenth-grade boy with bright blue hair/to the new Muslim girl with the headscarf in homeroom,/ his tongue-rings clicking on the "tr" in "strange" (M. Kahf, *E-mails from Scheherazad*, Gainesville, 2003, 86).

Questa brevissima poesia è molto divertente nel suo modo di presentare l'assurdità della percezione dell'alterità. La stranezza del velo è messa in parallelo con quella dei capelli blu, cosicché da una parte il giudizio del ragazzo diventa di strette vedute, generando un effetto comico, e dall'altra parte le due figure sono ravvicinate sia visivamente nel colore indossato sul capo, sia sonoramente dal momento che la pronuncia della parola «strange» con il suono «tr» marcato contro i denti che nello stereotipo viene collegata ai parlanti mediorientali qui appartiene al ragazzino americano.

Tuttavia, le poesie di Mohja Kahf non si limitano alla descrizione di un aspetto comune dell'identità araba americana (l'Islam), né a smontare i preconcetti connessi alle rappresentazioni etniche. La sua poesia è un amalgama di influenze provenienti dal Corano, dalla Siria e dai sobborghi americani; Lisa Suhair Majaj commenta in *ArteEast* che la scrittura di Kahf «attinge dalle espressioni colloquiali americane e dalle sure del Corano; è caratterizzata non solo dal verso libero americano […] ma anche da una vigorosa energia che viene dal cuore della tradizione orale araba e dalla poesia araba» (L. S. Majaj, 2006). Il caso più esplicito è la riscrittura di Shahrazad,[5] la mitica eroina delle *Mille e una notte* che, aiutata dalla sorella Dunyazad, ogni notte racconta una storia diversa al re Shahryar per aver salva la vita. Nella celebre raccolta di racconti, per vendicarsi dell'infedeltà della prima moglie, il re Shahryar decide di sposare ogni sera una vergine con cui giacere per poi farla decapitare la mattina seguente; Shahrazad si offre come volontaria moglie del re per metter fine ai suoi omicidi. La ragazza ha un piano astuto: ogni notte ammalia il re raccontandogli una storia che prosegue la sera successiva e si lega ad un'altra storia, che a sua volta lascia in sospeso al sorgere del sole. I racconti durano anni, finché Shahryar si innamora di Shahrazad e si affeziona ai tre figli che intanto lei gli ha dato, per cui alla fine le risparmia la vita e la rende sua regina.

Shahrazad è una figura controversa, al contempo un'eroina che evade il potere maschile grazie alle sue potenti doti di narratrice e una figura femminile tradizionale che conferma alcuni vecchi stereotipi sulle donne, orientali e non solo, essendo presentata come una seduttrice e una manipolatrice che, in ultima istanza, rimane una vittima sacrificale. Il

[5] "Shahrazad" è la grafia corrente in italiano.

personaggio di Shahrazad, dunque, resiste agli stereotipi sulle donne e insieme li ricalca.[6] Eppure nella versione poetica di Kahf, Shahrazad diventa una femminista autoconsapevole che abita nel New Jersey del Ventunesimo secolo. Nella poesia di Kahf, con pari furbizia e arguzia, la narratrice riesce ad intrattenere il pubblico con storie sempre nuove, che vengono dall'universo arabo americano. La prima impressione è che le sue e-mail siano uno strumento femminista che resiste alla rappresentazione delle donne arabe americane come stereotipi delle oppresse. L'arte narrativa della Shahrazad di Kahf si pone come un atto di resistenza, quando scrive «Ricorda: da dove vengo io, le parole sono la morte tua»,[7] ma in questa versione Shahrazad e suo marito divorziano quando scoprono che vogliono cose differenti: lui cerca una moglie laddove lei vuole essere un'artista. Kahf non si ferma a celebrare la resilienza della sua protagonista, ma adatta il significato delle *Mille e una notte*, trasformando il racconto orale che salva le vittime in una scrittura potente che la sua Shahrazad aspira a pubblicare. Costei è una donna che non ha paura di dire «I want» e ciò che *vuole* per se stessa è il successo come scrittrice, cosa che peraltro ottiene dal momento che dice: «sono al mio settimo romanzo e tour promozionale». Per quanto complicata, la relazione col marito è qui paritaria, nessuno dei due si sacrifica nel matrimonio; al contrario, dopo il divorzio condividono la custodia della figlia e si aiutano, la narratrice ammette, a trovare ciascuno la propria voce poetica. La resistenza di questa moderna Shahrazad araba americana non si ferma alla sopravvivenza della donna all'interno del sistema patriarcale, ma rivendica le aspirazioni delle donne moderne, per esempio una carriera, se è ciò che vogliono. Come Shahrazad, le altre donne che abitano le poesie della raccolta sono indipendenti e hanno ruoli importanti nelle loro famiglie e comunità: esse sono regine, leader, attiviste, donne in carriera, e immigrate comuni.

[6] Per un'analisi della figura di Shahrazad, si veda Susan Muaddi Darraj, *Sheherazade's Legacy: Arab and Arab-American Women on Writing*, Westport: Praeger, 2004.

[7] Hi, babe. It's Scheherazad. I'm back/For the millennium and living in Hackensack,/New Jersey. I tell storiesfor a living./You ask if there is a living in that./You must remember: Where I come from,/Words are to die for. I saved the virgins/From beheading by the king, who was killing/Them to still the beast of doubt in him./I told a story. He began to listen and I found/That story led to story. Powers unleashed, I wound/The thread around the pirn of night. A thousand days/Later, we got divorced. He'd settled down/& wanted a wife & not so much an artist./I wanted publication. It was hardest,/Strangely, on my sister, Dunyazad. She/Was the one who nightly used to start it./She and my ex do workshops now in schools/On art & conflict resolution. Narrative rules!/I teach creative writing at Montclair State,/And I'm on my seventh novel and book tour./Shahrayar and I share custody of our little girl./We split up amicably. I taught him to heal/His violent streak through stories, after all,/And he helped me uncover my true call. (M. Kahf, *E-mails*, 2003, cit. 90).

Attraverso l'uso di tante voci differenti e le loro vivide allusioni, le protagoniste non solo rivendicano le proprie identità di donne arabe americane, ma problematizzano le immagini distorte che entrambe le culture — araba e americana — hanno di loro quando le cristallizzano nelle due rappresentazioni alternative di oggetto sessuale esotico (danzatrici del ventre, intrattenitrici negli harem) o di vittime oppresse di uomini arabi retrogradi (donne coperte dal velo).

Sicuramente, si nota anche un'accentuazione delle agonie dell'esilio e della situazione diasporica; eppure, nella maggior parte delle poesie della raccolta, le identità arabe americane sono celebrate per la loro capacità di autoaffermarsi (Abdul-Jabbar 2014, 242). Sebbene alcune delle poesie della raccolta possano essere viste come un inno alla resistenza, la maggior parte dei componimenti può essere letto come una dichiarazione di estraneità che non è necessariamente inquadrata nel discorso della resistenza o della differenza. Questa estraneità è autocelebrativa e si compiace della propria assoluta unicità. In altre parole, leggere queste poesie con obiettivi politici o autobiografici significa presumere che la maggior parte di esse sia stata scritta per conciliare la sensazione dell'essere intrappolati tra due mondi. Al contrario, la maggior parte delle protagoniste e dei protagonisti di queste poesie non accetta l'estraneità che viene proiettata dagli occhi di chi guarda, ma celebra l'unicità del proprio punto di vista. Ne risultano poemi che esprimono una sorta di trionfo, che non è né apologetico, né autoprotettivo. In sintesi, le poesie vogliono scoprire e definire l'estraneità piuttosto che difendere la differenza e definirsi per contrasto (Ibid., 244).

4. Bibliografia

Abdul-Jabbar W. Kh., *The Question of Foreignness in Mohja Kahf's E-Mails from Scheherazad*, in *Arab Studies Quarterly*, n. 3/2014, pp. 242–59.

Ali R., *The Arab-American Theatre: Still a Struggle for Visibility*, *Al Jadid*, n. 72/2017, pp. 12-13.

Ali R., *Subversive Immigrant Narratives in the In/visible Margin: Performing Interculturalism on Online Stages*, in Lei, D. e McIvor, C. (a cura di), *Methuen Drama Handbook of Interculturalism and Performance London*, [e-book version], 2020.

Bayoumi M., *How Does it Feel To Be a Problem? Being Young and Arab in America*, New York, 2009.

Bayoumi M., *The Race Is On. Muslims and Arabs in the American Imagination*, in *MERIP*, 2010 https://merip.org/2010/03/the-race-is-on/

Carosso A., *L'altro razzializzato. Arabi e musulmani negli Stati Uniti prima e dopo l'11 settembre*, in *Ácoma*, n. 14/2018, pp. 7-19.

El Guindi Y., *Back of the Throat*. Opera inedita fornita gentilmente dall'autore, 2006.

El Guindi Y., *The Selected Works of Yussef El Guindi* a cura di Najjar M. M., London, 2019.

El Guindi Y., Zohdi S., *Interview*, *Mosaic Theater Company*. 2020 https://mosaictheater.org/blog/interview-with-yussef-el-guindi

El Guindi Y., Moore J., *New Play Summit. Summit Spotlight: Yussef El Guindi, Hotter Than Egypt* in *Theatre Company*, 2020. Summit Spotlight: Yussef El Guindi, Hotter Than Egypt - Denver Center for the Performing Arts

El Guindi Y., *Rosencrantz and Guildenstern Meet Abdallah and Ahmed: Musings about Arabs and Muslims in American Theatre*, in Najjar M. M. (a cura di), *The Selected Works of Yussef El Guindi*, London, 2019. https://www.denvercenter.org/news-center/summit-spotlight-yussef-el-guindi-hotter-than-egypt/

Esch-Van Kan A., *Amazing Acrobatics of Language. The Theatre of Yussef El Guindi*, in *American Studies Journal*, n. 52/2008. URL: http://www.asjournal.org/52-2008/the-theatre-of-yussef-el-guindi/?msclkid=54ff2264cfd611ec9970ac05da08eb05.

Kahf M., *E-mails from Scheherazad*, Gainesville, 2003.

Kahf M., *Spare Me The Sermon On Muslim Women*, in *The Washington Post*, 2008.

Khoury J., *Introduction* in Najjar M. M. (a cura di), *The Selected Works of Yussef El Guindi*, London, 2019.

Lee R., G., *The Cold War Origins of the Model Minority Myth*, in Yu-wen Shen Wu J., Chen T. C. (a cura di), *Asian American Studies Now: A Critical Reader*, 2010, pp. 256–271

Majaj L. S., '*Supplies of Grace': The Poetry of Mohja Kahf*, in *ArteEast*, 2006. *http://www.arteeast.org/index.html*

Morsi N., *Yussef El Guindi: From Acting to Playwriting, an Egyptian, British and American Life*, in *Egyptian Streets*, 2021.

Orfalea G., *The Arab Americans: A History*, Northampton, 2006.

Schiavini C., *Lively Scenes of Love and Combat*: *il teatro Arab e Muslim-American nel ventunesimo secolo*, in *Ácoma*, n. 14/2018, pp. 111-127.

Wood, P., *Black Majority: Negroes in Colonial South Carolina from 1670 Through the Stono Rebellion*, New York, 1974.

Alessandro Arangio

Spazio urbano e potere:
identità confliggenti nell'esperienze berlinese

1. Introduzione. – 2. I nove volti di Berlino. – 3. Il muro: metafora del mondo. – 4. Conclusioni. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

Berlino non è solo una città, è un simbolo, è un'icona geografica del XX secolo e delle generazioni che lo hanno attraversato. Non c'è un luogo in Europa e nel mondo che possa rappresentare il Novecento in maniera più profonda, ma anche più sintetica di Berlino. Dal 1989 una parte di questa città è scomparsa. Da allora – come sempre – tutto è cambiato, eppure, come elementi spettrali, i luoghi del passato riaffiorano continuamente sovrapponendosi al presente, sia nella memoria collettiva dei berlinesi, sia nell'immaginazione dei visitatori, che entusiasti sognano di approcciarli.

Berlino, quanti ricordi e quante storie riemergono dalle strade di questa città! Storie di un passato recente, tremendo quanto affascinante, storie di uomini, di regimi, di ideologie, di speranze. Una città distrutta e ripensata svariate volte: la capitale del Reich e la città voluta da Walter Ulbricht non sono che due diversi momenti della travagliata storia di Berlino, luogo emblematico del "secolo breve" (E. Hobsbawm, 1995). Osservando il territorio berlinese, questo travaglio emerge con chiarezza, come pure ascoltando i racconti dei suoi abitanti più anziani. Né le 70 mila tonnellate di bombe sganciate dagli alleati durante la Seconda Guerra Mondiale, né le ruspe della Repubblica Federale Tedesca, operosissime negli anni Novanta del Novecento, hanno potuto rimuovere – neppure parzialmente – le diverse immagini, spesso confliggenti, di una città che è stata un centro nevralgico nella storia recente d'Europa e dell'intero pianeta.

Ancora oggi, su questo territorio, sono riscontrabili molteplici luoghi, tanti quanti sono stati i progetti che hanno ridisegnato questa città. Cionondimeno, secondo alcuni autorevoli

studiosi Berlino rappresenta un paradosso. A dispetto, infatti, della sua centralità geopolitica odierna e passata, a dispetto delle immagini che evoca e delle emozioni che suscita, del fermento culturale che la agita, non presenta una complessità storica, paragonabile a quella di altre capitali europee come Roma o Parigi. Benché nasca nel Medioevo, è solo dal XVIII secolo che comincia ad acquisire una certa importanza, sempre più preponderante dagli ultimi decenni dell'Ottocento. La sua ascesa è stata, quindi, repentina e, in quanto tale, la città avrebbe finito per acquisire un'identità "debole", non sedimentata nel tempo. E questa debolezza la renderebbe particolarmente avvezza ai cambiamenti, che qui finiscono sempre per acquisire proporzioni enormi, se non, addirittura, estreme. Così, «più di qualsiasi altra città, ha fatto proprie le forze del Ventesimo secolo: prima la monarchia, la guerra mondiale e la rivoluzione, poi il fascismo, lo stalinismo e la Guerra Fredda e infine la risoluzione della contrapposizione Est-Ovest. […] Ed è proprio questa la peculiarità di Berlino. Berlino è una città estrema, una città che non conosce mezze misure. La sua crescita discontinua oscilla tra ritmi frenetici e interruzioni paralizzanti» (P. Oswalt, 2006, 37). Una sorta di "berlinitudine", per dirla con Leonardo Sciascia, che avrebbe forgiato, non tanto l'animo dei berlinesi, quanto piuttosto la forma (o l'amorfismo) della città.

2. I nove volti di Berlino

«L'architettura ha a che fare con il potere – scrive Deyan Sudjic – […] perché costruire è l'attività precipua dei potenti». Tutti i leader politici, di qualunque credo e di ogni estrazione (dai totalitarismi alle democrazie), utilizzano l'architettura per sedurre, suscitare ammirazione, timore (D. Sudjic, 2011, 4). E poiché le capitali – *sensu lato* – tra le loro funzioni hanno anche quella di rappresentare il sistema di potere (sia esso nella sua espressione territoriale una nazione, un impero o di qualunque altra forma), ne costituiscono la vetrina, il palcoscenico ideale della raffigurazione dei miti e delle identità.

La prima "grande Berlino" è la vecchia capitale prussiana, una città che desiderava emulare le grandi capitali europee, una città che si voleva occidentalizzare ad ogni costo, una città che s'ispirava alle antichità greche, che riteneva l'architettura barocca italiana un'esperienza da emulare, che prendeva come modello la reggia di Versailles per costruire il castello di Charlottenburg. A questa fase risalgono pure il palazzo della Biblioteca di Stato e

il Teatro dell'Opera nella Unter den Linden. Karl Friedrich Schinkel, con la sua scuola, fu probabilmente il principale artefice di questa Berlino. Suoi progetti furono la Neue Wache, lo Schauspielhaus e l'Altes Museum (A. Venturi, 2004, 27).

La seconda Berlino è quella tardo ottocentesca (1870-1900), la capitale di un impero che era la più grande potenza dell'Europa continentale. Una potenza che, con un terrificante apparato militare, dopo aver sconfitto nell'estate del 1866, in poco più di due mesi, gli austriaci, aveva inflitto una cocente débâcle, tra il 1970 e il 1971, alla Francia del Secondo Impero, segnando l'inizio della *Belle Époque*. In questo periodo, si imponeva nell'architettura il mito della grande Germania, motivo dominante nel palazzo del Reichstag. La Porta di Brandeburgo, simbolo della città e della nazione, è un prodotto del neoclassicismo tedesco. Infatti, le antichità greche e romano-imperiali costituiscono ancora il principale modello di emulazione per l'architettura berlinese.

Negli anni Venti del Novecento, si tentò di realizzare, invece, una Berlino moderna e originale, non più emulatrice e non più nazionalista. È la Berlino del Bauhaus e dell'architettura sociale, la capitale mondiale dell'arte d'avanguardia, che avrà anche un'influenza notevole sull'urbanistica russa coeva (A. Kopp, 1972, 27 ss). Ma Berlino era anche la capitale di un paese umiliato dal *diktat* prodotto dalla Conferenza di pace di Parigi e, dunque, desideroso di un riscatto. Ma soprattutto, come scrive Eric Weitz, Berlino era lo spirito di Weimar e Weimar era l'anima di Berlino, una metropoli di oltre quattro milioni di abitanti, vivace e creativa, che attirava giovani, artisti, affaristi ambiziosi da tutta l'Europa. Potsdamer Platz, con i suoi caffè, con i suoi strilloni, le biciclette, con il suo assordante andirivieni di gente che affollava le fermate del tram, era il crocevia più trafficato di tutto il Vecchio continente (D. Weitz, 2008, 49 ss).

Poi, gli anni del nazionalsocialismo cambiarono radicalmente il volto della città. Eppure, fino agli anni Trenta, Berlino poteva considerarsi ancora una città "rossa", ma Hitler ne fece la città che più di qualunque altra esprimeva la potenza visibile e invisibile del nazismo. Emilio Gentile scrive che lo stato totalitario è il regno della parola, «una fabbrica del vuoto nel campo delle idee», un vuoto riempito, però, con «altisonanti espressioni verbali». E queste parole, poiché raccontano miti reinterpretati, si traducono sempre in pietra: in opere architettoniche imponenti e scenografiche (E. Gentile, 2007, VI). L'aeroporto di Tempelhof e

i giganteschi palazzi adiacenti sono frutto dell'architettura nazista, come anche il palazzo del Ministero dell'Aviazione – oggi Palazzo del Ministero delle Finanze –, fortemente voluto da Hermann Göring e sopravvissuto alla guerra, e i palazzi delle ambasciate di Italia e Giappone, distrutti durante il conflitto e successivamente ricostruiti. Il primo architetto del Reich fu Albert Speer. A lui il Führer commissionò i più importanti progetti del regime. Tra questi la nuova cancelleria ultimata nel 1937, con la sua lunghissima facciata in stile razionalista. Suo è anche il progetto dello stadio Olimpico e a lui Hitler affidò l'incarico per la realizzazione della nuova Berlino, una città monumentale mai realizzata che sarebbe dovuta diventare realtà nel 1950 (A. Venturi, 2004, 117 ss).

La quinta a Berlino, indelebile nella memoria dei più anziani, è la Berlino delle ultime fasi della Seconda Guerra Mondiale: il più grande cumulo di macerie mai visto sulla faccia della terra. Una città pesantemente sfigurata dai bombardamenti alleati: circa il 40% delle abitazioni era stato raso al suolo e i quartieri del centro erano, ovviamente, quelli maggiormente interessati dalla distruzione. Ma Berlino era anche l'immagine del catastrofico epilogo del Nazismo. Era un monito per l'intera umanità, il prodotto finale di una scellerata costruzione romantica dello Stato, di una visione razzista del mondo e di una geopolitica evoluzionista e aggressiva. Pertanto, era anche una durissima lezione, che le future generazioni di tedeschi avrebbero imparato, scolpendola a forza nelle proprie coscienze: l'insostenibile peso del *Vergangenheitsbewältigung*, il dover "fare i conti con il proprio passato" (V. Vannuccini, F. Predazzi, 2004, 60 ss).

Ed ecco la Berlino del dopoguerra, forse quella più ricercata dai turisti, il simbolo della Guerra Fredda. Ovviamente, sarebbe più esatto parlare di due città. Anzi, inizialmente erano persino quattro, visto la parte occidentale era divisa in tre settori: quello statunitense, quello britannico e quello francese. Ma poi questi si fusero in un'unica realtà e, quindi, due città: la prima è Berlino Ovest, multiculturale, alternativa, sicuramente poco tedesca, non più capitale del potere ma della cultura, una città moderna e funzionale; l'altra è Berlino Est, la gelida città del comunismo voluta da Walter Ulbricht che esprimeva l'ambizione di costruire una città nuova per una società nuova che divenne, però, ben presto la capitale del «più perfezionato stato di sorveglianza di tutti i tempi» (A. Funder, 2005, 55). Antagoniste e agguerrite, l'una contro l'altra, fecero dell'urbanistica e dell'architettura il loro principale

campo di battaglia. Diradata la prima e compatta la seconda, esprimevano due diverse concezioni della spazialità urbana. Le esperienze sovietiche dei decenni precedenti si erano, infatti, sviluppate sul principio della città compatta, con tutti gli aspetti positivi e negativi che questo modello comporta (E. Goldzamt, 1977, 251). Entrambe le Berlino dovevano rimettere in piedi quell'enorme accumulo di rovine che era diventata la città durante le ultime drammatiche fasi della guerra e, ovviamente, ognuna lo fece con gli strumenti culturali che possedeva. La città dell'ovest era più estesa e popolata, ma i luoghi più centrali e maggiormente rappresentativi si trovavano, soprattutto, nella parte est. I sovietici, che per primi erano giunti in città, si erano, infatti, affrettati a presidiarne i luoghi più importanti e rappresentativi.

Irrispettosi del passato, gli alti funzionari della RDT ordinarono ai loro operai di distruggere e ricostruire con frenesia. Risultato di questa politica fu il monumentale asse viario che da Frankfurter Tor arriva fino alla centralissima Alexanderplatz, dove svetta la torre della televisione, costruita nella seconda metà degli anni Sessanta. Tutta questa arteria, lunga quasi due chilometri, dal 1961 si chiama Karl-Marx-Allee, ma in origine il primo tratto che da Frankfurter Tor porta a Strausberger Platz prendeva il nome di Stalinallee. L'apertura dei cantieri venne inaugurata nel 1952. Suggestivo e affascinante, questo viale a sei corsie, con i suoi immensi palazzi, è espressione di due diversi momenti dell'architettura socialista. La parte più antica segue i dettami del classicismo sovietico, consacrato nel 1932 con la condanna delle avanguardie artistiche e particolarmente apprezzato da Iosif Stalin (P.P. Penzo, 2009, 70 ss). Uno stile monumentale che avrebbe ispirato, tra le altre opere, le famose *stalinskie vysotki* – le cosiddette sette sorelle – dello *skyline* moscovita, erette nel corso degli anni Cinquanta (M. Marchi, 2009, 21 ss). Il secondo tronco stradale risente fortemente della destalinizzazione, viene realizzato tra il 1958 e il 1965 ed è espressione dell'architettura funzionale voluta da Nikita Chruščëv, che aveva prodotto soprattutto a Mosca, ma pure in altre città sovietiche le famose *khrusciovkj*, alloggi in serie per la classe operaia che dovevano rispondere a una ben precisa emergenza sociale: quella abitativa (F. Fratini, 2007, 62 ss). Al classicismo socialista si ispira anche il memoriale di Treptower Park, dedicato ai caduti dell'Armata Rossa, con l'irriverente statua raffigurante la madre Russia che piange i propri figli morti in guerra in territorio tedesco. Espressione del modernismo socialista fu, invece, il

Palast der Republik, che, inaugurato nel 1976, sorgeva fino al 2008 sull'isola della Sprea, nel medesimo luogo dove fino al 1950 era situato il Castello di Berlino, demolito senza alcun riguardo poiché simbolo della casa reale degli Hohenzollern, che la DDR proletaria voleva escludere dalla storia e condannare a una *damnatio memoriae*. Nel corso degli anni 2000, a seguito di una decisione del Bundestag della Germania unificata, fu il Palast der Republik a subire il medesimo trattamento. L'edifico fu demolito e al suo posto venne ripristinato il vecchio castello con un nuovo nome, Humboldt Forum, e una nuova funzione: quella di ospitare le collezioni del museo etnologico e del museo di arte asiatica, nonché alcuni locali dell'Humboldt-Universität.

Fino agli inizi degli anni Ottanta, questa città era sotto il controllo dei numerosissimi militari russi: un contingente di 13 mila uomini, i quali, in seguito, tornati a casa, lasciarono Berlino Est ricca di luoghi inutilizzati, veri e propri luoghi fantasma nella città. Negli anni Novanta, alcuni di questi luoghi sono ritornati a vivere grazie alle minoranze etniche. Molti turchi e molti curdi, circa 60 mila a Berlino, approfittando dei prezzi più bassi, si sono trasferiti nella parte est della città. Altri luoghi, quelli che costituivano il cuore della vecchia Berlino, sono stati completamente ricostruiti, investiti da una nuova furia di azzeramento. Questa volta a farne le spese è stata la città socialista. Questa è la Berlino di Renzo Piano, di Rafael Moneo, Richard Rogers, Dominique Perrault, Arata Isozaki, Oswald Mathias Ungers, Aldo Rossi, Jean Nouvel e di ancora altri talentuosi architetti contemporanei che hanno ricostruito gli spazi storici della città: soprattutto Potsdamer Platz. In questa piazza solo due edifici erano rimasti in piedi alla fine del secondo conflitto mondiale e negli anni della Guerra Fredda era diventata una periferia estrema, una *no man's land* militarizzata e inospitale, dove – dal 1961 – l'unico elemento architettonico degno di nota era il muro. Negli anni Novanta tutto cambia: Daimler compra un'area di 61 mila metri quadrati e trasforma radicalmente il volto di Berlino. Quello che un tempo era stato il crocevia più trafficato del Vecchio continente diventa il «cantiere show» della nuova Europa, dove multinazionali e grandi gruppi economici fanno a gara per acquistare il proprio spazio (P. Schneider, 2019, 14 ss). La nuova Berlino post '89 è stata da molti definita la metropoli della modernità, la città del futuro, ma secondo altri, più probabilmente, è stata solo un enorme laboratorio di architettura. Certamente, vi è una differenza rilevante tra la Berlino degli anni Novanta e

quella del XXI secolo. La prima era una città che con ingenti investimenti voleva meravigliare il mondo. Il Palazzo del Reichstag, con la sua cupola di vetro dal diametro di 40 metri è una delle meraviglie di questa Berlino, una città che architetti del calibro di Vittorio Gregotti e Daniel Libeskind avevano, però, descritto come un'accozzaglia di architetture prive di un'anima. La Berlino del XXI secolo è, invece, una città molto più sobria e di grande tendenza. Una delle mete più ambite dagli Erasmus, più che la capitale tedesca è un centro gravitazionale dell'Unione Europea. È una città aperta all'arte e ai giovani, ricca di spazi espositivi, generosa nell'assecondare i progetti dei ricercatori e degli artisti più meritevoli. È una «metropoli multipla» dove il futuro rappresenta una speranza, sicuramente per molti (S. Bucci, 2014, 181 ss).

Quel che conta, comunque, è che il centro di Berlino è ritornato pulsare come un tempo, come agli inizi del XX secolo – prima della sciagurata avventura nazista – e pullula di uffici, negozi e centri commerciali, librerie, teatri e gallerie. Con tre università e tantissimi musei, questa città oggi è riuscita faticosamente a riallacciare attorno a sé non solo le trame di un territorio finalmente riunito, che ha sofferto a lungo i dolori della transizione, ma anche di un enorme spazio postnazionale, che da Dublino lambisce le coste del mar Nero. Questa Berlino non è più paragonabile né alla vecchia Berlino Est, che rivestiva il ruolo di capitale politica, né alla spregiudicata Berlino Ovest, da molti ritenuta una sorta di capitale morale e un centro di grande vivacità culturale. Berlino è, invece, una metropoli che ha oggi riposizionato il proprio muro ben oltre i limiti del proprio orizzonte nazionale.

3. Il muro: metafora del mondo

Infine, come non parlare del muro, simbolo della Guerra Fredda, spazzato via, senza alcun rispetto, nel novembre del 1989. Da quel giorno – tutti erano d'accordo – il mondo sarebbe cambiato. «Non cancellate la storia», recita un murales su un ultimo scorcio di muro rimasto in piedi, situato proprio a due passi da ciò che resta della sede della Gestapo. Due muri di tre metri, del tutto simili a quelli che recintano le nostre caserme, ideati da Nikita Chruščëv nell'agosto del 1961, correvano paralleli conficcandosi nel cuore di Berlino. Dei suoi 43 chilometri, pochissimi i tratti risparmiati dalle ruspe impietose della Bundesrepublik. Dissacrati e declassati ad attrazione turistica sopravvivono malinconici nel *Gedenkstätte*

Berliner Mauer e, lungo la Sprea, nella *East Side Gallery* (1.316 m) (A. Arangio, 2021, 353). «Volevano farne patrimonio dell'umanità» contestavano, ironicamente, i berlinesi. Quella profonda cicatrice che aveva cercato di annientare la loro coscienza, di privarli della speranza della libertà, era stata buttata giù a colpi di piccone, segnando una delle più grandi rivincite dell'uomo sulla ragion di stato, sciogliendo il freddo bipolarismo che da quel momento sarebbe scomparso dalle carte geopolitiche d'Europa, generando speranze e nuove delusioni. Anche se non esiste più, il suo ricordo è indelebile nella memoria di tutti i berlinesi over 40. Ne rammentano perfettamente il tragitto, le strade che attraversava, i palazzi con i quali confinava. Il muro ha lasciato posto a dei segni incancellabili sul territorio, veri e propri luoghi della memoria.

Eppure oggi il muro, a quasi 35 anni dal suo abbattimento, non è più solo il ricordo sbiadito della DDR, è molto di più: è il prodotto di un campo di distruzione di una guerra ideologica che ha avuto in questa città il suo epicentro. Il muro è lo spettro della Stasi, della Gestapo, dell'Olocausto. Ma è anche la pallida ombra di un sogno, la sua caduta rappresenta pure l'immagine di una speranza morente, dato che dal 1989 sono ovunque nati nuovi muri e nuovi confini. Per questo è una metafora del mondo.

È in questa prospettiva che Berlino ha riqualificato i suoi spazi centrali prospicienti il muro. Ne sono un esempio il museo ebraico di Libeskind e il Memoriale dell'Olocausto. Il primo fu aperto dopo la riunificazione, anche se era da anni un progetto che l'amministrazione comunale di Berlino Ovest intendeva realizzare. Nei primi mesi, dopo la sua apertura, registrò un importante numero di visite, nonostante il fatto che fosse, paradossalmente, ancora vuoto. Si presentava, infatti, come un angosciante percorso della memoria. Una rappresentazione del vuoto opprimente che la Shoah aveva lasciato dietro di sé. I suoi spazi vuoti, le sue architetture riproducevano fedelmente quel silenzio assordante dell'assenza, un silenzio figlio del terrore e della morte (V. Vannuccini, F. Predazzi, 2004, 66 ss).

Accanto alla porta di Brandeburgo, nel luogo dove un tempo si trovava la residenza di Joseph Goebbels, c'è l'*Holocaust-Mahnmal*, il Memoriale dell'Olocausto, un cimitero di calcestruzzo che si estende per 19 mila metri quadrati. Oggi rappresenta uno dei luoghi più cult di Berlino e accoglie annualmente più di 500 mila visitatori, una sorta di pellegrinaggio del dolore che, come Auschwitz, va ben oltre i confini di ogni credo e di ogni ideologia.

4. Conclusioni

Come avranno vissuto i berlinesi questo continuo mutamento, i repentini rifacimenti, la distruzione creatrice che a più riprese ha investito gran parte della loro città? Non avranno finito per sentirsi essi stessi degli estranei? In effetti, sono in molti a ritenere che Berlino – soprattutto quella post '89 – abbia perduto la bussola. In realtà, credo che questo sia assolutamente vero per chi vi si reca saltuariamente: i turisti che ritornano a Berlino dopo 4 o 5 anni avvertono una forte sensazione di straniamento. Osservano con stupore le nuove strade, i nuovi palazzi e ricompongono con l'immaginazione i vecchi luoghi che materialmente non esistono più. Del resto, si va a Berlino anche per cercare ciò che può essere trovato solo con l'immaginazione, per interrogarne le ombre. Per i berlinesi, ovviamente, non è così. Essi hanno ormai imparato a convivere coi repentini cambiamenti, ma non hanno rimosso i loro ricordi, per cui la loro città si compone di ciò che c'è e di ciò che c'era e i luoghi che non ci sono più continuano spesso a essere dei punti di riferimento. Se un visitatore sprovveduto ormai difficilmente può discernere le due città, per loro la divisione tra l'est e l'ovest rimarrà sempre indelebile. Un'anziana signora ricorda i racconti della madre che aveva visto sfilare le truppe con l'elmo chiodato davanti al Kaiser nella Unter den Linden, la propaganda nazista e i discorsi del Führer, e poi lei stessa era stata testimone della distruzione e della segregazione forzata in una città armata sempre fredda e grigia, che portava però con sé l'illusione di un mondo migliore. Un collega della Technische Universität mi raccontò di quando, per gioco, da bambino, lanciava col fratello dei sassi al di là del muro, poiché si diceva che i russi avessero interrato delle mine e loro speravano di farne esplodere qualcuna. Le esperienze di queste donne e di questi uomini, le storie che ci raccontano sono tragiche ed affascinanti, sono le storie di un territorio che è stato a un tempo il cuore dell'Europa e la linea di trincea tra due mondi nemici e che con l'allargamento a Est dell'Unione Europea ha riacquistato, oggi, la propria centralità. Un territorio fortemente sensibile al mutamento, che del mutamento stesso ha fatto una questione di identità. È per questa ragione che ritengo non sia appropriato affermare che l'identità di Berlino sia un'identità debole, tale da renderla priva di forma. Al contrario, in quanto teatro ed epicentro dei grandi drammi del XX secolo, la sua identità è necessariamente plurale e i caratteri che la compongono sono terribilmente forti. Le apparenti contraddizioni architettoniche che la caratterizzano sono espressione della sua complessità e

l'essenza stessa della sua forma. È proprio nella dimensione storica, nella sottile linea che lega le sofferte tappe percorse da questa città, che i berlinesi hanno imparato ad osservare, giudicare e vivere Berlino. Del resto, anche loro cambiano come la propria città: nella qualità della vita, nelle abitudini, nei valori. Ricordano con dolore, nostalgia, paura o speranza, ognuno con le proprie idee, le proprie esperienze, le proprie memorie, il proprio bagaglio di vita. Anche loro sono stati sempre capaci e pronti a ricominciare da zero, ma almeno qui, a Berlino, il dialogo con il passato non si è mai interrotto.

5. Bibliografia

Arangio A., *Geografie di muri e confini*, in Calabrò V., Novarese D. (a cura di), *The Wall. Storie di muri tra passato e presente*, Napoli, 2021, 353 ss.

Bucci S., *Metropoli multipla, il laboratorio della nuova Berlino*, in AaVv, *1989. Il crollo del muro di Berlino e la nascita della nuova Europa*, Milano, 2014, 179 ss.

Fratini F., *Arcipelago Mosca. Dal Palazzo dei Soviet a IKEA*, Firenze, 2007.

Funder A., *C'era una volta la DDR*, Milano, 2005.

Gentile E., *Fascismo di pietra*, Roma-Bari, 2007.

Goldzamt E., *L'urbanistica dei paesi socialisti. Città, territorio e struttura sociale*, Milano, 1977.

Hobsbawm E., *Il secolo breve*, Milano, 1995.

Kopp A., *Città e rivoluzione. Architettura e urbanistica sovietiche degli anni Venti*, Milano, 1972.

Marchi M., *Forme e trasformazioni della città in Europa centro-orientale dopo il 1945*, in Marchi M., Tonini C. (a cura di), *Da Berlino a Samarcanda. Città in trasformazione*, Roma, 2009, 17 ss.

Oswalt P., *Berlino_città denza forma*, Roma, 2006.

Penzo P.P., *Rappresentazione del potere e urbanistica: la Stalinallee e la Karl Marx Allee a Berlino Est (1945-65)*, in Marchi M., Tonini C. (a cura di), *Da Berlino a Samarcanda. Città in trasformazione*, Roma, 2009, 57 ss.

Schneider P., *Il cantiere show di Potsdamer Platz*, in AaVv, *Berlino*, Milano, 2019, 13 ss.

Sudjic D., *Architettura e potere. Come i ricchi e i potenti hanno dato forma al mondo*, Roma-Bari, 2011.

Vannuccini F., Predazzi F., *Piccolo viaggio nell'anima tedesca*, Milano, 2004.

Venturi A., *Il Novecento visto da Berlino. Il futuro è passato di qui*, Milano, 2004.

Weitz D., *La Germania di Weimar. Utopia e tragedia*, Torino, 2019.

Angela Fiore

«Una bellezza oscurata»: musica e divulgazione attraverso Piero Angela

1. Introduzione. – 2. Piero Angela, la musica, il jazz. – 3. Superquark e la musica. – 3.1. Le rubriche di Superquark. – 3.2. Gli Speciali. – 4. Conoscere e comunicare. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

«Il giudizio sulla bellezza è molto influenzato dalle esperienze e dalle conoscenze individuali. Per esempio, per alcuni una sinfonia di Beethoven è un piacere dello spirito, per altri invece una noia mortale, perché chi non ha mai frequentato una sala da concerto e ha passato la sua vita con un auricolare che trasmette musica rock ha più difficoltà ad apprezzare un brano di musica classica, così come invece lo apprezza un intenditore. Mentre tutti possono ammirare un bel volto, per accedere alla bellezza della musica bisogna aver ascoltato e aver frequentato molto i grandi classici. Come dire, in questo caso, la bellezza va 'imparata'. Questo vale anche per autori come Bach o Duke Ellington. La musica classica e il jazz, infatti, proprio perché richiedono una frequentazione lunga, sono apprezzati solo da un pubblico ristretto ed è per questo che hanno poco spazio nei programmi televisivi, i quali richiedono invece oggi grandi audience per attrarre investimenti pubblicitari. È una bellezza oscurata per così dire. Al di là di questo c'è comunque una cosa che accomuna tutti gli esseri umani, perché nel loro cervello c'è una predisposizione di base ad essere attratti dalla musica. Perché qualunque tipo di musica ha una sua geometria segreta, una sua bellezza matematica, che la rende irresistibilmente attraente».[1]

Con queste poche ed efficaci parole, pronunciate in uno dei documentari della serie *Viaggio nella Scienza*, Piero Angela sintetizzava alcuni concetti rilevanti: l'ascolto e la conoscenza

[1] *Viaggio nella scienza*, Rai Trade-RCS (2009).

della musica permettono di godere appieno della sua bellezza. È indubbio che la musica d'arte richieda dedizione e concentrazione per essere compresa. Ma, che si tratti dell'espressione sonora dei grandi movimenti culturali, di jazz, di linguaggi musicali contemporanei o di nuove avanguardie, la musica è sempre in grado di offrire esperienze d'ascolto soddisfacenti e intense, se ci si ferma ad ascoltare. Si tratta infatti di una bellezza che va appresa, conosciuta, fatta propria. Nella sua esperienza, il noto giornalista, pur non essendo specificamente un divulgatore musicale, ha provato a «fare la sua parte», a decodificare il linguaggio a volte complesso, o forse, semplicemente ignorato, dell'arte dei suoni.

2. Piero Angela, la musica, il jazz

L'interesse per la musica di Piero Angela non è casuale. Da bambino, nel periodo delle scuole elementari, si avvicinò allo studio del pianoforte sentendo suonare il suo migliore amico, Ludovico Lessona.[2] Molto presto, però, l'insegnamento canonico dello strumento si rivelò «noioso e punitivo» al punto da rifugiarsi in bagno pur di sottrarsi all'insegnante, come lo stesso Angela ha più volte raccontato (P. Angela, 2017, 34). Tuttavia, nonostante l'iniziale reticenza, la curiosità per la musica lo spinse ad andare oltre:

«Il pianoforte ormai era stato comperato. E ripresi a suonarlo da solo. A modo mio. E cominciai a divertirmi. Mi impratichii suonando ad orecchio, senza spartiti, musiche di vario genere che sentivo alla radio» (P. Angela, 2017, 34).

Fu proprio la radio a fargli scoprire un nuovo genere: il jazz. In pieno dopoguerra, grazie ad una stazione radio americana che trasmetteva ogni sera un'ora di jazz, ebbe la possibilità di ascoltare solisti ed ensemble dell'epoca e di appassionarsi. Se la musica di Bach lo faceva sentire soltanto un interprete 'ingabbiato' nella forma e in architetture troppo rigide, l'estemporaneità tipica del jazz, rappresentava invece un canovaccio su cui creare e sentirsi liberi. Per poter 'creare' era però necessario raggiungere una tecnica pianistica adeguata alle abilità richieste dal jazz. Ormai alle soglie della laurea in ingegneria al Politecnico di Torino,

[2] Lodovico Lessona (1928-1972) è stato un talentuoso pianista torinese allievo di Arturo Benedetti Michelangeli, considerato il vincitore della prima edizione del celebre concorso pianistico internazionale 'Ferruccio Busoni' nel 1949. Lessona si classificò secondo, ma il primo premio non venne assegnato. Nel 1968 fondò l'ensemble 'Solisti di Torino'. Lessona morì assieme ai colleghi del suo ensemble in un incidente aereo in Bulgaria nel novembre del 1972.

Angela decise quindi di tornare a studiare in conservatorio, arrivando ad ottenere il diploma di compimento inferiore. Invaghito di questa forma di musica colta e libera, il giovane Piero iniziò ad acquistare dischi per corrispondenza in un negozio specializzato di Parigi che si rivelarono fonte di studio e di emulazione. Parallelamente, cercava occasioni per ascoltare dal vivo esecuzioni di alto livello. Nel 1948 si procurò un visto di fortuna grazie a un professore del conservatorio per andare a Nizza ad ascoltare Louis Armstrong:

«Mi feci fare dal professor Quaranta del Conservatorio di Torino un certificato nel quale si diceva che 'lo studente Piero Angela deve recarsi a Nizza per ragioni di studio'. Ottenni il visto per tre giorni, e vissi un sogno a banane e datteri, viste le poche lire che avevo in tasca, frutto dei miei risparmi. Furono tre giorni fantastici, con l'emozione di vedere dal vivo non solo Louis Armstrong e Sidney Bechet, ma i solisti della famosa formazione "All Stars", in particolare il pianista Earl Hines» (P. Angela, 2017, 34).[3]

Inoltre, prendeva parte come musicista amatore a delle *jam sessions* con jazzisti professionisti come Gianni Basso, Franco Cerri, Dino Piana e finanche Rex Stewart, noto per essere stato il cornettista di Duke Ellington. Iniziò così a farsi conoscere in molti jazz club di Torino, con il nome d'arte di Peter Angela. Nei primi anni Cinquanta formò un trio jazz assieme al batterista Franco Mondini e a vari contrabbassisti. Grazie all'impresario Sergio Bernardini, venne ingaggiato per esibirsi in locali come la Capannina di Viareggio, ma la parentesi musicale ebbe termine poco dopo, nel 1952, con l'assunzione in RAI.

Pur essendosi in seguito dedicato pienamente all'attività giornalistica, Piero Angela non ha mai smesso di occuparsi di musica e di suonare. Il jazz soprattutto è stato un fido compagno di vita. Così, raccontava in un'intervista risalente al 1978 trasmessa nel programma *Di jazz in jazz*: «Il jazz è un modo di fare musica che permette a tutti di esprimersi a vari livelli. È un modo di fare musica non solo per eseguirla, ma per esserne autori».[4] Non solo l'ascolto, ma anche la pratica musicale è stata fondamentale nel suo percorso professionale e umano. Piero

[3] Gli *All Stars* furono un gruppo jazz fondato da Louis Armstrong nel 1947 e formato da sei elementi. Si esibirono in numerose tournées di successo dal 1947 al 1971.

[4] La trasmissione *Di Jazz in jazz* era condotta da Sabina Ciuffini, prevedeva interviste ed esibizioni di ospiti illustri italiani e stranieri e di giovani promesse del jazz. Vi era inoltre la partecipazione dell'Orchestra Big Band della Rai diretta da Giampiero Boneschi e Franco Cerri. Sul canale internet RaiPlay è possibile oggi vedere l'intera intervista: https://www.raiplay.it/video/2018/05/Piero-Angela-Di-jazz-in-jazz-5adf8f7b-4d2a-465b-9133-bc79d550b6a1.html

Angela ha infatti spesso esortato le nuove generazioni a suonare, dicendo «fate musica, di qualsiasi tipo ma fatela», poiché, oltre ad essere un mezzo di socializzazione, l'educazione alla musica permette un'educazione all'ascolto in generale e alla cura degli altri. Auspicava poi che le scuole, come progetto formativo, mettessero a disposizione degli studenti spazi appositamente dedicati a performance amatoriali, sostenendo che «suonare insieme è divertente e anche educativo perché, specialmente nel jazz, si impara ad essere al tempo stesso solisti e parte di un gruppo, conciliando individualismo e socialità» (P. Angela, 2017, 35).

Nonostante la malattia, nell'ultimo periodo della sua vita, Piero Angela ha portato a compimento un progetto discografico. Intitolato *Concerto jazz*, il disco si compone di dodici tracce: alcune interpretazioni con celebri protagonisti della scena jazzistica internazionale tratte da programmi televisivi che vanno dal 1953 al 2010 e tre brani incisi ex-novo nel luglio 2022, poche settimane prima della morte.[5] Si tratta di arrangiamenti di tre grandi classici jazz redatti dal trombettista e compositore Franco Piana: le celebri *Summertime* di George Gershwin e *Put the blame on mame* di Doris Fisher e Allan Roberts in cui Piero Angela si esibisce al pianoforte, accompagnato da Giorgio Rosciglione al contrabbasso ed Emanuele Zappia alla batteria, e, in chiusura, un'intensa interpretazione solistica al piano della nostalgica *As time goes by* di Herman Hupfeld.[6]

3. Superquark e la musica

Conscio della scarsa attenzione dei mass media italiani all'arte dei suoni e mosso dalla necessità di promuovere una cultura musicale di base, Piero Angela ha spesso riservato un posto alla musica nei suoi programmi. Così, infatti, si esprimeva a tal proposito:

«Jazz e musica classica hanno comunque una cosa in comune: sono praticamente esclusi dai programmi televisivi. Gli amatori sono pochi, e la legge dell'audience chiude loro la porta» (P. Angela, 2017, 36).

[5] Hanno affiancato Piero Angela il trombonista Dino Piana, il chitarrista Franco Cerri, il sassofonista Gianni Basso, il trombettista Paolo Fresu, il percussionista Andrea Dulbecco e il contrabbassista Enzo Pietropaoli. Il disco sottoforma di playlist è oggi disponibile su Rai Play Sound: https://www.raiplaysound.it/programmi/pieroangelaconcertojazz

[6] *As time goes by* è una canzone scritta da Herman Hupfeld nel 1931, la cui fama si è accresciuta nel 1942 quando fu cantata dal personaggio di Sam (Dooley Wilson) nel film *Casablanca*. Nel tempo è diventato un brano eseguito di frequente da molti artisti jazz.

Che la musica avrebbe trovato spazio nei suoi programmi era intuibile già dalla storica sigla di *Super Quark*, una reinterpretazione del secondo movimento della suite orchestrale n. 3 in Re maggiore di Johann Sebastian Bach, universalmente nota con il nome di *Aria sulla quarta corda*.[7] La versione jazz, datata 1963, era realizzata da *The Swingle Singers*, un ensemble vocale specializzato nell'esecuzione a cappella di brani musicali di varie epoche e generi, come spiega lo stesso Angela durante una puntata di *Superquark* del luglio 2008:[8]

«La cosa cominciò nel 1967 a Bruxelles quando vidi un concerto degli *Swingle Singers*, un gruppo vocale che cantava musica barocca, allora comperai il loro disco ed era così bello che lo usai per un programma sullo Spazio del 1969 e da allora è diventato il marchio musicale di *Quark*» (P. Angela, 2017, 36).

Sintesi originale del brano bachiano in cui ben si mescolano tradizione e innovazione, misura e invenzione, la colonna sonora scelta da Piero Angela, sembra contenere in sé gli elementi identitari del suo approccio alla divulgazione scientifica: semplicità, chiarezza, forma e contaminazione.[9]

3.1. Le rubriche di Superquark

Numerose le rubriche di *Superquark* dedicate alla musica: brevi pillole di approfondimento su temi sempre differenti presentate in maniera sintetica ed efficace.

[7] La denominazione *Aria sulla quarta corda* deriva da una trasposizione ad opera del violinista tedesco August Wilhelmj (1845-1908) del secondo movimento della Suite orchestrale n. 3 in re maggiore, BWV 1068 composta nel 1731 da Johann Sebastian Bach. Wilhelmj aveva trasposto la tonalità originaria della composizione, portandola da re maggiore a do maggiore, in modo da poter suonare l'intera linea melodica sulla corda più bassa del violino, corrispondente alla 'quarta corda' ovvero il *sol*.

[8] *The Swingle Singers* (originariamente *Les Swingle Singers*) sono un gruppo musicale fondato in Francia nel 1962 dal e cantante jazz Ward Lamar Swingle (1927-2015). Sciolto nel 1972 e ricostituitosi in Inghilterra nel corso degli anni Settanta con il titolo definitivo di *The Swingle Singers*, il gruppo ebbe un successo internazionale, grazie ai numerosi concerti ed incisioni discografiche. L'ensemble è attualmente in attività, pur essendo variati i componenti nel corso degli anni.

[9] Intervistato dal Corriere della Sera nel 2017 a riguardo della scelta della sigla, Angela diceva: «Bach è il mio musicista preferito, l'intreccio delle note è straordinario. Poi gli *Swingle Singers* seppero dargli un ritmo jazz senza toccare una nota, e questo prova che Bach era un jazzista. Infine, le sigle allora erano tutte trionfanti mentre io volevo dire: "calma, distendetevi"». Inizialmente l'arrangiamento utilizzato era tratto dall'album *Guerrieri Eccellenti* prodotto nel 1981 dal compositore Franco Talò. Successivamente si utilizzò il brano *Aria from Suite No 3 in D* tratto dall'album *Bach's Greatest Hits* degli *Swinglers Singer*s pubblicato nel 1963 e ripubblicato nel 2000 nella raccolta *Jazz Sebastian Back*.

Alcune hanno affrontato le funzioni assolte dalla musica; altre, hanno rivelato aneddoti e curiosità del mestiere del musicista; altre ancora hanno presentato struttura ed evoluzione di forme e generi. In una puntata degli anni 2000, Angela spiegava al grande pubblico una delle forme più complesse del linguaggio musicale occidentale: la fuga. Il conduttore ne chiariva la struttura attraverso l'esecuzione di un contrappunto a tre voci tratto dall' *Arte della fuga* di Bach eseguito da tre giovani musicisti – un violino, una viola e un violoncello. Diffusasi a partire dalla metà del XVII secolo, la fuga è una forma basata sull'elaborazione di un tema melodico attraverso il principio dell'imitazione.[10] La condotta polifonica delle varie voci di cui fuga si compone, veniva quindi esemplificata attraverso l'esecuzione del tema principale affidato di volta in volta ai tre strumenti, illustrandone il progressivo intreccio. Contemporaneamente all'esecuzione strumentale, una grafica al computer permetteva di rendere più evidente la sovrapposizione tra le parti.

Superquark si è spesso soffermato sul contributo dato dall'ascolto e dallo studio di uno strumento alla mente umana, mostrando quanto l'esperienza musicale chiami in causa la totalità dei processi di pensiero, coinvolgendo percezione, memoria, emozione. Inoltre, il programma si è occupato del dialogo tra musica e nuove tecnologie. Nel 2006 ad esempio, Piero Angela presentava il progetto ALMA-*Algorithms for the Modelling of Acoustic interactions*, dedicato alle nuove tecnologie per l'acustica musicale e nato da una collaborazione tra alcune istituzioni europee, tra cui il Politecnico di Milano e il Conservatorio 'Giuseppe Verdi' di Como. Il progetto si basava sulla produzione di suoni generati da strumenti musicali virtuali, e i ricercatori coinvolti nel progetto spiegavano a *Superquark* come nuove sonorità potessero essere create attraverso modelli matematici di strumenti acustici creati da computer. [11]

Anche i percorsi formativi e di apprendimento della musica sono stati spesso oggetto di indagine per le rubriche di *Superquark*. Nel 2006 un reportage è stato dedicato al 'Metodo

[10] La fuga è una forma musicale contrappuntistica in voga soprattutto nel periodo barocco, composta generalmente per un numero di voci da due a cinque. La complessa struttura di questa forma si è consolidata tra il XV e il XVII secolo. Tra XVII e XVIII secolo la fuga diventò la forma maggiormente utilizzata per composizioni dedicate a strumenti a tastiera, ad opera soprattutto di compositori come Bach, Buxtehude, Händel.

[11] Il progetto prevedeva la partecipazione anche dell'Università di Erlangen-Norinberga e dell'Università Tecnologica di Helsinki, Generalmusic.

Suzuki', celebre approccio didattico opera del violinista e didatta giapponese Shinichi Suzuki. L'interessante documento presentava le caratteristiche fondanti di un metodo basato sul naturale istinto imitativo attraverso il quale i bambini possono imparare a suonare il violino allo stesso modo in cui apprendono la lingua madre.[12] Se la musica classica ha storicamente avuto metodi, didattica e istituti di formazione, l'istituzionalizzazione del jazz è arrivata in Italia molto più tardi. Sin dalle sue origini, nel primo decennio del Novecento, l'apprendimento del jazz avveniva sostanzialmente tramite l'ascolto e l'emulazione di altri musicisti.[13] L'educazione al jazz, inoltre, è stata per lungo tempo ostacolata dall'idea che l'improvvisazione e la creatività del linguaggio jazzistico potessero entrare in conflitto con un approccio didattico standardizzato. Nel 2006 Piero Angela affrontò l'argomento discutendo con jazzisti tra cui Franco Cerri ed Enrico Intra, dei primi tentativi di formalizzazione del linguaggio jazz, dall'istituzione di corsi civici fino alle discipline jazz offerte nei conservatori italiani.[14]

Oltre a divulgare il sapere musicale, attraverso questi brevi inserti, Piero Angela ha nel tempo reso un servizio a chi con la musica lavora ogni giorno, mostrando che essa è ovviamente arte, scienza e disciplina, ma anche oggetto di ricerca, sperimentazione e possibilità lavorativa.

3.2. Gli Speciali

Piero Angela ha prodotto documentari sulle biografie dei grandi nomi della storia musicale inseriti nelle puntate tematiche di *Speciale Superquark*.[15]

[12] Secondo il metodo Suzuki, come si apprende la lingua ascoltando e ripetendo le parole dei genitori, allo stesso modo è possibile imparare a suonare, ascoltando e ripetendo un frammento musicale, un ritmo, una melodia. Sul metodo Suzuki si veda: D. Cutrì, *Crescere suonando. L'educazione musicale nel Metodo Suzuki*, *Musica practica e Didattica Attiva*, Torino 2014.

[13] Sull'istituzionalizzazione del jazz e le modalità di insegnamento odierne si veda M. Herzig, *The ABCs of Jazz Education. Rethinking Jazz Pedagogy*, in Pfleiderer, M. Zaddach (a cura di) *Jazzforschung heute. Themen, Methoden, Perspektiven*, Berlino, 2019.

[14] Il breve reportage mostrava alcuni tra i conservatori italiani che per primi hanno fatto spazio alla didattica jazz come il Conservatorio 'Girolamo Frescobaldi' di Ferrara e il Conservatorio 'Giuseppe Verdi' di Milano. Oggi il jazz in conservatorio è una realtà consolidata, sono tuttora presenti corsi quali canto jazz, pianoforte jazz e composizione jazz nella maggior parte dei conservatori italiani.

[15] Spin-off della trasmissione *Superquark*, prevedeva una serie di puntate monotematiche dedicate soprattutto alle biografie di personaggi celebri. Trasmesso su Rai 1dal 1997 al 2015 *Speciale Superquark* andava in onda soprattutto durante il periodo invernale, in coincidenza delle festività natalizie.

Nel dicembre del 2000 andava in onda il documentario intitolato *La straordinaria storia di Giuseppe Verdi*.[16] Avvalendosi dello sceneggiato dedicato alla figura di Giuseppe Verdi realizzato nel 1982 dal regista Renato Castellani,[17] Piero Angela conduceva il pubblico in un racconto divulgativo sulla complessa storia del 'cigno di Busseto', attraverso la visita dei luoghi di Verdi, quali la casa natale a Roncole e Villa Sant'Agata, storica dimora del compositore in provincia di Piacenza. Grazie all'utilizzo di scenografie e ricostruzioni virtuali, Angela mostrava gli spazi del Teatro alla Scala dell'epoca, mentre l'intervento del figlio Alberto svelava le tecnologie del più prestigioso teatro europeo. Articolando un discorso comprensibile ad un pubblico diversificato e interessante da più punti di vista, il documentario si soffermava inoltre sulle vicende personali del compositore e sui retroscena di alcune delle opere di Verdi come *Aida*, rappresentata nel dicembre del 1871 al Cairo per festeggiare l'apertura del canale di Suez. Le interviste a Carla Fracci e Luciano Pavarotti hanno infine permesso al conduttore di riportare l'esperienza di celebri artisti nell'interpretare la musica di Verdi tramite la danza e il canto.

Nel 2003 è la volta dello speciale *Mozart. Il grande compositore*, documentario sul genio di Salisburgo.[18] Anche in questo caso Piero Angela ha tratteggiato la biografia di Wolfgang Amadeus Mozart utilizzando estratti di uno sceneggiato realizzato nel 1982 da Marcel Bluwal.[19] Il racconto biografico si soffermava non solo sull'importanza e la genialità dell'artista, ma soprattutto, metteva in luce il lato umano e le difficoltà incontrate da Mozart nel suo percorso artistico. Il documentario ha consentito allo spettatore di visitare le dimore salisburghesi di Mozart come la *Geburtshaus*, casa natale, la *Wohnhaus* dimora principale della famiglia e i luoghi frequentati dal compositore nella Vienna di fine Settecento. Presenti anche approfondimenti dedicati al contesto storico: il mestiere musicista nel XVIII secolo, la vita della società di corte, le condizioni economiche e i disagi del tempo. Infine, l'intervento del

[16] La puntata è andata in onda il 13 dicembre del 2000.
[17] Lo sceneggiato intitolato *Verdi* articolato in nove puntate ricostruiva la vita del compositore interpretato da Ronald Pickup con la partecipazione di Carla Fracci nel ruolo di Giuseppina Strepponi. Il regista Renato Castellani aveva studiato a lungo la figura e la vita di Giuseppe Verdi, avvalendosi della consulenza musicale del musicologo Roman Vlad.
[18] Lo speciale è andato in onda il 30 dicembre del 2003.
[19] Si tratta di uno sceneggiato televisivo in sei puntate prodotta nel 1982 intitolato *Mozart*. Il compositore era interpretato da Christoph Bantzer.

musicologo Guido Zaccagnini ha aiutato il pubblico a comprendere la genialità e capacità improvvisativa di Mozart.[20]

Nel 2018, è finalmente la volta di un intero spazio televisivo dedicato alla divulgazione musicale intitolato *Superquark musica*.[21] Articolato in cinque puntate, il programma raccontava la storia, le particolarità tecniche e l'evoluzione degli strumenti musicali, con filmati tratti da passate edizioni di *Superquark* assieme a nuovi inserti.[22] Ad interloquire e accompagnare Piero Angela, due critici musicali: per il jazz Adriano Mazzoletti e Giovanni Bietti per la classica.[23] Ognuna delle puntate prevedeva infatti un continuo confronto tra il mondo della classica e quello jazzistico, con l'intento di far conoscere le diverse possibilità degli strumenti musicali e il loro impiego in ambiti differenti. La puntata di esordio, intitolata *Il pianoforte e dintorni* è stata incentrata sulle caratteristiche costruttive e sulla versatilità del pianoforte. Oltre a spiegare la complessità dello strumento e a raccontare il talento dei principali interpreti, Piero Angela si è cimentato con ironia in un singolare duetto con il clavicembalista Enrico Baiano per far intendere la differenza sonora tra pianoforte e clavicembalo, attraverso l'esecuzione di una sonata di Domenico Scarlatti. La seconda puntata ha visto protagonisti gli strumenti ad arco. Le differenze costruttive e le caratteristiche tecniche di violino, viola, violoncello e contrabbasso, sono state affidate ad interventi di celebri interpreti come il violinista Uto Ughi e il violoncellista Mario Brunello. Ma Angela ha saputo dare spazio anche all'utilizzo del violino in ambito jazzistico, mostrando un raro filmato di Joe Venuti, uno dei primi violinisti jazz.[24] Due serate sono state dedicate agli strumenti a fiato. Nella puntata *I miti degli ottoni, da Armstrong a Miles Davis* Piero

[20] Guido Zaccagnini (1952 – 2022), pianista, musicologo, critico musicale ha contribuito attraverso le sue molteplici competenze, a divulgare il sapere musicale in svariate forme. Docente di Storia della musica presso il Conservatorio di Santa Cecilia a Roma, è stato autore e conduttore per Rai Radio 3, Rai News 24 e Rai 5.
[21] Il programma è andato in onda su Rai 1 in seconda serata dal 4 luglio al 1° agosto 2018.
[22] È notare che curiosamente in *Superquark musica* la storica sigla è stata sostituita da un'altra rielaborazione di un celebre corale di Bach *Wachet auf, ruft uns die Stimme* BWV 645.
[23] Giovanni Bietti è uno dei più apprezzati divulgatori italiani ed uno dei conduttori delle Lezioni di Musica su Rai-RadioTre. Bietti è inoltre compositore, pianista e musicologo, collaboratore esterno dell'Accademia Nazionale di Santa Cecilia di Roma. Ha insegnato composizione presso il Conservatorio 'Vincenzo Bellini' di Catania ed Etnomusicologia presso l'Università degli Studi di Urbino. Adriano Emilio Mazzoletti (1935 – 2023) è stato un giornalista, scrittore, conduttore radiofonico e produttore discografico italiano. Viene considerato uno dei padri della diffusione della musica jazz in Italia.
[24] Joe Venuti (1903 – 1978), il cui nome in origine era Giuseppe Venuti, è stato un violinista statunitense, di origine messinese, considerato uno degli strumentisti più interessanti del panorama jazzistico del primo Novecento.

Angela ha accompagnato al pianoforte artisti come Paolo Fresu alla tromba e Dino Piana al trombone e ha spiegato quanto la tromba con la sua sonorità sia stata impiegata nel tempo in contesti differenti, dalla caccia, alla guerra, a cerimonie solenni. Nella puntata seguente intitolata *L'ancia, la sottile lamella che crea le note* si è invece dato spazio agli strumenti a fiato che per l'appunto utilizzano l'ancia quali clarinetti, sassofoni, oboi, fagotti.[25] Oltre a trasmettere filmati di grandi solisti come Sidney Bechet e Benny Goodman, Piero Angela ha duettato al pianoforte con il flautista Andrea Griminelli e con il sassofonista Francesco Cafiso. Il programma ha avuto termine con *Le corde* puntata sul mondo degli strumenti a corde pizzicate quali chitarra, liuto e arpa, intrattenendosi con famosi solisti, come il chitarrista jazz Franco Cerri, l'arpista Elena Zamboni, il chitarrista classico Emanuele Segre.

Il linguaggio semplice, il palese entusiasmo per la materia trattata, la capacità di un conduttore che ad 89 anni ha continuamente dato prova di destreggiarsi su più fronti, passando dalle sapienti narrazioni alle disinvolte esecuzioni al pianoforte, sono stati probabilmente gli elementi che hanno consentito al programma di ottenere un buon successo di pubblico, nonostante la messa in onda in seconda serata.

4. Conoscere e comunicare

Attraverso la diversità e la molteplicità dei suoi interventi Piero Angela ha chiarito quanto la musica sia non solo un'arte, ma una componente della cultura globale da rendere accessibile a tutti. Tuttavia, nella cultura di massa il posto occupato dalla musica cosiddetta 'colta' è stato ed è tuttora decisamente marginale. Dal punto di vista istituzionale l'Italia ha riservato in genere poco spazio alla musica e l'educazione musicale ha finito per essere aliena alla cultura del nostro tempo. Purtroppo, questa situazione generale è in forte contrasto con la storia musicale italiana. È infatti un grande paradosso pensare che nonostante il nostro Paese abbia dato i natali ad alcuni tra i più grandi compositori della storia musicale occidentale e abbia definito generi come il melodramma, non senta la necessità di alfabetizzare il suo popolo alla

[25] L'ancia è una sottile lama derivata dal fusto di canna comune che consente di far vibrare il suono in alcuni strumenti a fiato.

musica al pari di letteratura e arti visive, e di renderlo consapevole della propria identità sonora.[26]

La musica d'arte, come Piero Angela ha spesso evidenziato, viene erroneamente giudicata come un genere rivolto ad un pubblico di nicchia, considerata spesso inaccessibile per il livello di attenzione richiesto. Anche i luoghi deputati ad ospitare concerti classici e opere liriche vengono spesso percepiti come ambienti eccessivamente formali e costosi. Difatti oggi, diversi teatri, associazioni concertistiche, fondazioni liriche, hanno intrapreso azioni volte ad attrarre nuovo pubblico, soprattutto di età giovane: dall'utilizzo di social network per modernizzare le strategie di marketing, all'iconizzazione di alcuni artisti, fino all'introduzione delle più moderne tecnologie nelle esperienze di fruizione degli spettatori (O. Arenella-G. Segre, 2019, 8). Bisogna inoltre considerare che mass media come radio, televisione e internet hanno un forte impatto sui metodi di fruizione della musica, sulla formazione del gusto e le aspettative del pubblico. Le espressioni musicali odierne, spesso commerciali, sono decisamente più immediate, con sonorità che il nostro orecchio recepisce senza troppa attenzione, e non da ultimo, cariche di attraenti significati extramusicali (O. Arenella-G. Segre, 2019, 4). Se nei primi trent'anni di attività, la divulgazione musicale in RAI ha visto sia la messa in onda di eventi concertistici sia la realizzazione di programmi pedagogico-educativi, la proposta odierna è ben diversa (A. Scalfaro, 2020, 27).[27] La progressiva riduzione di programmi specifici o di contenuti culturali legati alla musica classica, ha di certo contribuito alla mancanza di informazione e ad allontanare gli spettatori, soprattutto i più giovani, da una comprensione dell'ascolto e da una grammatica musicale minima.

Tuttavia, il problema principale che la musica colta incontra risiede non solo nell'approccio, ma soprattutto nella mancanza di conoscenza. Un pubblico senza una cultura

[26] Sulla storia dell'educazione musicale nella scuola italiana si veda: N.Badolato-A.Scalfaro, *L'educazione musicale nella scuola italiana dall'Unità a oggi*, in *Mus. Doc.*, 3(1)/2013. Si veda inoltre quanto scrive nel sintetico ed efficace intervento Giuseppina La Face Bianconi: https://www.ilfattoquotidiano.it/2023/05/07/perche-a-scuola-non-si-fa-storia-della-musica-la-politica-ora-ci-riprova-o-almeno-cosi-dice/7151687/

[27] Negli anni Sessanta, la RAI ha prodotto negli anni alcuni programmi affidati a noti musicologi, tra i più celebri *Specchio sonoro* in cui Roman Vlad illustrava vita e opere di grandi compositori del Novecento inquadrandoli nel contesto storico-culturale e illustrandone lo stile mediante esemplificazioni al pianoforte. Sulla divulgazione musicale in RAI si rimanda a: A. Scalfaro, *Musica in programma. Quarant'anni di divulgazione musicale in Rai-tv (1954-94)*, Udine, 2020; R. Giuliani, *La musica nella televisione italiana dal Nazionale a Raitre. Storie di albe, crepuscoli ed eclissi*, in *La musica nel cinema e nella televisione*, Milano, 2011, 221-265. La RAI propone attualmente concerti di musica classica e opere liriche attraverso il canale Rai5. Ancora pochi gli spazi di divulgazione musicale rivolti ad un pubblico più generalista.

musicale di base può sentirsi in qualche modo estraneo e disorientato di fronte alla ricchezza del linguaggio musicale classico. In questo senso, la divulgazione può giocare un ruolo importante, perché può aiutare a prendere confidenza con il significato e il godimento estetico che la musica vuole proporre.

Parlare di musica ad un pubblico ampio può essere però cosa complessa: occorrono modalità espositive dedicate e la capacità di articolare un discorso chiaro, attrattivo e sapiente allo stesso tempo, in grado di smuovere pregiudizi e soprattutto di vincere il timore che ispira la terminologia musicale (A. Caroccia, 2020, 9). Il compito del divulgatore - come Angela ha spesso evidenziato - è quello di «tradurre» l'italiano della scienza - così come il linguaggio delle arti e della cultura - e renderlo accessibile ad un pubblico diversificato. La chiarezza nella narrazione e un linguaggio comprensibile a tutti, in grado di suscitare curiosità e voglia di conoscere, sono però requisiti indispensabili. In questo risiede la difficoltà di essere davvero alla portata di chiunque (G. Giovannetti, 2015, 222).

In conclusione, l'intelligenza, il garbo e la profonda cultura hanno permesso al più noto tra i divulgatori scientifici italiani di proporre validi contributi dedicati al mondo musicale, senza improvvisare. Nonostante Piero Angela avesse già una solida formazione musicale, non ha avuto remore ad avvalersi nelle sue trasmissioni di figure con una specifica esperienza come musicisti, musicologi, critici musicali, proponendo contenuti accurati, affidabili e mai approssimativi.

L'esperienza di Piero Angela ci aiuta quindi a dimostrare che l'arte musicale oggi ha ancora molto da dire, e nei nuovi linguaggi e nuovi media, può forse trovare la giusta modalità per raccontare la propria storia, consentendo a future generazioni di riappropriarsi del senso della bellezza.

5. Bibliografia

P. Angela, *Il mio lungo viaggio. 90 anni di storie vissute*, Milano, 2017.

O. Arenella, G. Segre, *Il pubblico della musica classica: innovare l'offerta per ampliare il consumo dei giovani*, in *Quad. IRCrES*, 4(2)/2019, pp. 3-18.

N. Badolato, A. Scalfaro, *L'educazione musicale nella scuola italiana dall'Unità a oggi*, in *Mus. Doc.*, 3(1)/2013, pp. 87–99.

A. Caroccia, *La critica e la divulgazione musicale in Italia: atti della giornata di studi, Milano, Teatro alla Scala, 25 settembre 2018*, Firenze, 2020.

D. Cutrì, *Crescere suonando. L'educazione musicale nel Metodo Suzuki, Musica practica e Didattica Attiva*, Torino 2014.

G. Giovannetti, *Piero Angela: il difficile è essere facili*, in *Nuov, ant.* 1/2015, pp. 219-226.

R. Giuliani, *La musica nella televisione italiana dal Nazionale a Raitre. Storie di albe, crepuscoli ed eclissi*, in *La musica nel cinema e nella televisione*, Milano, 2011, pp. 221-265.

M. Herzig, *The ABCs of Jazz Education. Rethinking Jazz Pedagogy*, in Pfleiderer, M. Zaddach (a cura di) *Jazzforschung heute. Themen, Methoden, Perspektiven*, Berlino, 2019, pp. 182-197.

A.Scalfaro, *Musica in programma. Quarant'anni di divulgazione musicale in Rai-tv (1954-94)*, Udine, 2020.

A. Scalfaro, *La divulgazione musicale in Rai-tv fra gli anni Sessanta e Ottanta. 'Specchio sonoro' di Roman Vlad (1964) e 'Tutto è musica' di Vittorio Gelmetti (1980)*, in *Gli Spazi della Musica*, 9, 2021, pp. 27-45.

Le nuove frontiere della tutela
e promozione del patrimonio culturale

Elena Di Blasi

La valorizzazione nel paesaggio urbano della Sicilia orientale attraverso i giacimenti culturali: l'Art Nouveau

1. La cultura come elemento essenziale del "capitale territoriale" siciliano. – 2. Un modello culturale dirompente. – 3. Un possibile modello di attrazione per lo sviluppo del turismo culturale nella Sicilia orientale: l'Art Nouveau.

1. La cultura come elemento essenziale del "capitale territoriale" siciliano

Dall'inizio degli anni 2000, il concetto di "capitale territoriale", basato sulle specificità locali, diverse da luogo a luogo, risulta fondamentale per l'attuazione di politiche condivise, volte allo sviluppo *place-based*, poiché individua nel milieu locale il punto di forza dei territori, che diventano contenitori attivi dei saperi, stratificatisi nel tempo. Questo concetto fa riferimento, infatti, ai beni localizzati e immobili nello spazio, che nel contempo si trasformano in beni economici e rappresentano uno degli aspetti delle attuali politiche di sviluppo. Il capitale territoriale, quindi, è costituito dalla somma dei beni culturali, ambientali e paesaggistici, dai saperi, ma anche dai beni immateriali, dalle infrastrutture e dagli impianti (capitale fisso) e dalle capacità istituzionali dei rispettivi luoghi, varia da luogo a luogo, diviene competitivo e rappresenta il presupposto fondamentale per il rafforzamento dell'identità locale e, quindi, volano per lo sviluppo dei luoghi.

Questo concetto si è evoluto dapprima con il programma europeo LEADER (2001), per lo sviluppo delle aree rurali, ed è stato ripreso anche dall'OECD nel rapporto *Territorial Outlook*, per sottolineare le potenzialità delle risorse, ubicate nei differenti territori, capaci di innescare processi di sviluppo endogeno, e rappresenta, secondo la Commissione Europea, un elemento di rilievo nelle politiche di coesione. È entrato, infatti, di diritto nell'Agenda Territoriale 2020, si è imposto come rafforzativo dell'identità territoriale e ha assunto un ruolo essenziale per le finalità proposte dalla Strategia Europa 2020 (E. Di Blasi, 2016, 42; M. Prezioso, 2018). A livello nazionale il nuovo paradigma place-based proposto da Barca, anche se non fa

riferimento a questo concetto in maniera diretta, «si incentra, ugualmente sul riconoscimento delle specificità dei luoghi e sull'esigenza di indirizzare l'azione pubblica verso interventi mirati, volti a generare e a sostenere i vantaggi competitivi regionali e ad accrescere il benessere e la qualità di vita della popolazione» (T. Amodio et al., 2018, 148).

Partendo da questi presupposti la ricerca vuole indagare una componente del vasto patrimonio artistico diffuso nella Sicilia sud-orientale: l'Art Nouveau o meglio il Liberty, che rappresenta uno degli aspetti del capitale territoriale dell'Isola, poco studiato dai geografi nelle prospettive di valorizzazione del territorio, ma facilmente individuabile, presentandosi nelle variegate opere creative, negli elementi decorativi del notevole complesso dei beni monumentali siciliani; un elemento identitario da riscoprire e presupposto per la realizzazione di un percorso turistico-culturale all'interno della vasta offerta del capitale territoriale siciliano.

2. Un modello culturale dirompente

Con i termini Art Nouveau, Jugendstil, Liberty si vuole indicare un capitolo dell'arte europea, e in parte americana, che viene definita "Architettura Moderna o Modernismo", deputata a influenzare le tecniche decorative e plastiche, l'arredamento e le nuove tendenze nel periodo compreso tra la fine dell'Ottocento e la prima metà del Novecento. Il nuovo paradigma, ideato da W. Morris, ispirò un movimento artistico in Inghilterra, dove da oltre un secolo era stata avviata la rivoluzione industriale, che diede vita a una nuova classe operaia e professionale, che sentiva l'esigenza di esprimere il proprio lavoro attraverso la creatività, realizzando beni fissi e mobili che il tempo ha sempre più impreziosito (C. Ashby, 2021, 33 ss).

L'Art Nouveau si diffuse rapidamente in Francia, Belgio, Germania, Austria e Spagna, favorita dalla mentalità progressista e dal forte potere economico delle rispettive classi dirigenti, particolarmente sensibili al nuovo stile, grazie anche al lavoro di alcuni architetti, che in breve tempo acquisirono notorietà in tutto il mondo.

Dalla fine dell'Ottocento le numerose esposizioni nazionali e internazionali rappresentarono l'elemento caratterizzante delle emergenti società industriali, simbolo dello status sociale e culturale raggiunto, divenendo luogo di confronto e di scambio dell'esperienza,

tecniche, ormai mature, ma anche luoghi di verifica del livello artistico conseguito e di diffusione delle mode e dei gusti.

L'Art Nouveau si tradusse, quindi, in forme espressive tipiche di uno stile che voleva far riscoprire e valorizzare le tradizioni locali e imporre una rottura con gli schemi artistici precedenti, ritenuti ormai superati. Un'arte decorativa che riprendeva gli schemi classici e gotici, interpretandoli in chiave moderna, aggiungendo elementi innovatori, come immagini fitomorfe, simbolo di libertà e di bellezze naturali, divenendo modello elitario e nel contempo popolare, stratificandosi nei paesaggi culturali urbani.

Questo modello culturale considerato nuovo "genio creativo", simbolo identitario della emergente classe borghese, strettamente connessa allo sviluppo industriale e in netta contrapposizione con gli schemi aristocratici, trovò terreno fertile anche nelle aree a chiara matrice artigianale, dotate di un substrato culturale, capace di adattarsi alle mutate esigenze artistiche e volta a valorizzare le tecniche artigianali, che riflettevano meglio l'ambiente locale.

Tracce della nuova arte, infatti, sono individuabili in tutte le opere di edilizia privata, nelle grandi città e nei centri minori, nei quali sono ben visibili gli elementi decorativi delle forme ondulate, ispirati a elementi naturali, come fiori, rampicanti e motivi fitomorfi.

In Italia la nuova arte, nota come liberty, si diffuse rapidamente nel Settentrione, soprattutto nei poli industriali di Torino e Milano, dai quali raggiunse la Sicilia e in particolare Palermo, dove le motivazioni erano collegate alla localizzazione di industrie moderne e alla presenza del famoso architetto Ernesto Basile.

3. Un possibile modello di attrazione per lo sviluppo del turismo culturale nella Sicilia orientale: l'Art Nouveau

Nel periodo compreso tra l'Unità di'Italia e il primo conflitto mondiale, il modernismo si diffonde anche nella cultura siciliana. Questo accade in un preciso momento storico, quando i nuovi valori dettati dall'Unità nazionale, da un lato, e la necessità di trovare un'identità siciliana, dall'altro, si traducono in opere volte a dare una nuova fisionomia alle realtà urbane dell'isola, grazie anche al genio creativo di artisti, che sanno coniugare tradizione e innovazione.

In Sicilia, come negli altri Paesi, il trend di diffusione del liberty si sviluppò dai poli principali ai centri minori, ma la distribuzione nei vari centri dell'Isola fu collegata anche alle differenti realtà economiche e al diverso milieu locale. Palermo, infatti, può essere considerata la capitale del liberty, grazie alla presenza di una classe borghese, particolarmente attratta dal nuovo stile artistico.

Nel periodo compreso tra la fine del'Ottocento e gli inizi del Novecento, infatti, l'economia siciliana era caratterizzata dalla contrapposizione tra le aree costiere, particolarmente dinamiche, e le aree interne, con ritardo di sviluppo, soprattutto nella Sicilia occidentale. Qui, le ragioni erano connesse alla scarsa produttività dei terreni, all'assenteismo dei proprietari e all'arretratezza culturale ed economica, ancorata agli schemi tradizionali. È solo agli inizi del Novecento che, in quest'area, si affermano imprenditori locali di rilievo, come i Florio, che realizzarono la "via del vino", la costruzione dei porti, che consentivano il commercio dei prodotti agricoli e degli agrumi. Inoltre le rimesse degli emigrati, che venivano destinate all'acquisto dei terreni, contribuirono alla ripresa dell'economia locale, rimasta statica per molto tempo (C. Cirelli, E. Di Blasi, 1996, 480).

Uno scenario economico diverso, invece, caratterizzava, la Sicilia orientale, dove la fertilità dei suoli, la presenza di pianure estese e la crisi del feudalesimo avevano indotto la nobiltà a incentivare la produzione dei terreni attraverso l'enfiteusi[1]. La nuova organizzazione degli spazi agricoli determinò una notevole trasformazione delle campagne, accentuando ancor di più le differenze con la Sicilia occidentale. Differenze che ebbero ricadute diverse anche nella diffusione della nuova arte liberty, meno presente nelle aree più interne, a causa dell'inaccessibilità dei luoghi, dovuta alla carenza dei collegamenti, costituiti da mulattiere e da una rete ferroviaria, che permetteva l'interazione solo tra i poli costieri più importanti, che condannavano i centri più periferici alla marginalità, rendendoli, quindi, inaccessibili anche alla diffusione delle mode.

Un'arte che si adattava ai momenti storici e che manifestò una chiara matrice tedesca dopo la prima guerra mondiale, proponendosi sotto varie forme, da quella importante del Palermitano a quella eclettica del Catanese e della Sicilia Orientale, al cosiddetto "liberty

[1] Con questo diritto i titolari ricevevano i fondi con l'obbligo di apportare migliorie e di corrispondere al proprietario un canone in natura o in danaro.

minore", nelle sue diverse declinazioni: "liberty popolare" e "liberty degli emigrati". Quest'ultimo si diffuse, soprattutto, nei centri minori, grazie all'opera delle maestranze, che si erano formate negli stati europei, e si esprimeva in decorazioni povere, senza influenzare la struttura degli edifici.

Questa diversità nelle due parti dell'Isola si tradusse in differenti orientamenti stilistici, ispirati a forme artistiche differenti, sotto la guida di importanti architetti, Ernesto Basile e G.B.F. Basile, padri del liberty palermitano, che richiamavano elementi dell'arte siciliana del periodo arabo-normanno, oltre ad alcuni riferimenti all'islam.

Aspetti completamente diversi, invece, riscontriamo nella Sicilia orientale, oggetto specifico della ricerca, dove il liberty non raggiunse l'espressione più elevata, come nel capoluogo, mettendo in evidenza le differenze connesse al diverso tessuto economico-sociale, alla cultura locale e a due eventi calamitosi devastanti, entrati nella memoria storica siciliana e non solo: il terremoto del 1693, noto come sisma del Val di Noto e quello di Messina del 1908. Il primo relativo alla storia più antica e l'altro alla storia recente, ma che rappresentarono l'inizio di svolte epocali nel tessuto storico, economico e sociale dei luoghi interessati.

Il primo rase al suolo i centri della Sicilia orientale e parte di quella centrale. Le più potenti casate nobiliari e in particolare il Duca di Camastra, con i più alti prelati avviarono una grandiosa opera di ricostruzione, consegnando ai siciliani un laboratorio di autentica arte barocca, nato sulle rovine del sisma, che impegnarono tre generazioni di architetti e di maestranze locali, lasciando un'impronta, destinata a influenzare tutta l'architettura degli anni successivi, compresa quella liberty (E. Di Blasi, 2000).

Il terremoto di Messina, invece, responsabile, insieme al maremoto, del 90% della distruzione del centro urbano, sconvolse gli equilibri economici di una città, che sino a quel momento, basava la sua economia sul commercio, sull'industria e su un porto ritenuto tra i più importanti, dal quale salpavano le navi dirette sulle rotte statunitensi ed europee. Il grave bilancio degli effetti del sisma non permise di valutare il liberty presente ex ante, ciò nonostante tracce di un modernismo, colto e raffinato, maturato a fine '800, apparivano ancora tra i resti di una città devastata.

In tutta l'area sud-orientale della Sicilia, dal Catanese al Val di Noto, la nuova arte, pur identificandosi con le tendenze del fenomeno modernista europeo, mostrò alcuni aspetti

alquanto originali. Il "liberty del Catanese", dalle forme completamente diverse da quello palermitano, fu battezzato con il nome di "liberty neo-barocco", di chiara matrice barocca, ispirato dall'architetto Francesco Fichera, le cui opere, rappresentano la rivisitazione dei decori settecenteschi.

Uno stile che raggiunse la massima espressione nel primo modernismo e interpretazioni minori nel tardo modernismo, sconfinando nell'eclettismo, per il richiamo ai diversi stilemi espressivi, ma pur sempre con un unico comune denominatore, ovvero la volontà di attuare un'arte scevra dai canoni stilistici ufficiali, che si identificava con le nuove classi sociali, ora alto-borghesi, ora industriali, ora operaie (R. Bossaglia, 1997). In realtà l'Art Nouveau della Sicilia orientale si innestava sui diversi tessuti culturali delle singole realtà locali, da Catania a Caltagirone, ai centri del Siracusano, traducendosi in forme differenti.

Catania, sicuramente, rappresentò la città guida del liberty della Sicilia orientale, dalla quale si diffuse il modernismo negli altri centri. Trampolino di lancio dell'affermarsi della nuova arte fu l'"Esposizione Agricola" del 1907. L'evento coinvolse i maggiori esponenti della classe borghese, della cultura, della politica, dell'arte del tempo, scrivendo un nuovo capitolo della storia moderna locale, grazie ad un Comitato d'Onore, sotto il patrocinio del Re Vittorio Emanuele III, che inaugurò la mostra personalmente. Per l'occasione l'ingegnere L. Franco progettò una struttura quadrangolare con un giardino centrale, in cui vennero allestiti i padiglioni, nel quale fu inserito un elemento saraceno: l'arco con una curva, chiaro esempio di Art Nouveau, che riprendeva le forme arabe (L.V. Bertarelli, 1919). Da quel momento storico, la piazza, nonostante sia stata intitolata successivamente a Giovanni Verga, continua ad essere identificata come piazza Esposizione, poiché vuole tramandare ai catanesi la storia di un evento, che divenne il simbolo della nuova classe politica, segnando il passaggio a una nuova fase storico-economica.

Il successo di quella manifestazione diede una nuova fisionomia a Catania, città protesa al futuro e volta al progresso industriale, detentrice di valori condivisi, nonostante le ombre gettate dalle correnti migratorie dell'inizio del Novecento (R. Bossaglia, 1981, 2 ss.).

Tra gli avvenimenti culturali di quel periodo, particolarmente significativo per una valutazione complessiva del capoluogo etneo e delle sue tendenze innovatrici, fu l'intervento della marchesa Tarlarini, che esternò il suo punto di vista su una tematica progressista a quel

tempo, come la condizione della donna e l'opportunità rappresentata dal divorzio (A. Rocca, 1991).

Non a caso, infatti, l'accoppiamento "donna-fiore", presente nello stile liberty, si ispirò alla lotta per l'emancipazione femminile, protagonista dell'avviata rivoluzione sociale. Una donna spesso avvolta in veli o inserita in un contesto floreale che la fece idealizzare, rendendola più sognata che reale.

In questo clima di fermenti culturali, dal quale emergeva una forte apertura mentale e materiale della città, il liberty ne rappresentò l'espressione artistica più evidente, grazie ai suoi esponenti più noti: Luciano Franco, Tommaso Malerba, Alessandro Abate, Francesco Fichera, Paolo Lanzerotti, Ernesto Basile.

Al celebre Basile, la Villa Manganelli; a Fichera, la Villa Miranda, il Villino Simili, la Clinica Vagliasindi, la Palazzina per la Società Elettrica, la Villa Majorana, il cinema Olimpia; a Lanzerotti, i villini Citelli e Del Grado, la villa Farnè, il Cinema Hall; a Malerba, il Palazzo Marano, il Palazzo in piazza Duca di Camastra, il Palazzo Abate, dove in ogni edificio si riscontra l'evoluzione della formazione artistica degli architetti, che realizzarono questi manufatti.

Un posto di rilievo nell'Art Nouveau fu rappresentato anche dai teatri, che divennero il perno di una moderna concezione urbana e ulteriore elemento identificativo della nuova classe borghese. Nelle città principali e nei centri minori della Sicilia furono costruiti, infatti, numerosi "templi della musica", attualmente sono circa sessanta, alcuni hanno mantenuto la stessa fisionomia, altri, invece, dovrebbero essere recuperati non solo come elemento identificativo di un preciso momento storico, ma anche come simbolo di "un 'organizzazione civile della società" (Mazzamuto, 2000) per la loro funzione di cultura e di coesione. Fra questi il Teatro Sangiorgi di Catania, realizzato dall'imprenditore omonimo, era costituito da un complesso teatro-caffè-albergo-ristorante in via Sangiuliano, dando ospitalità ai più illustri personaggi del tempo. Dopo un periodo di decadenza, oggi al teatro, è stata restituita l'antica funzione.

Ma sicuramente degno di rilievo, soprattutto, nell'ambito della lirica è il Teatro Massimo Bellini di Catania, realizzato in tempi diversi da numerosi architetti, nel quale confluirono le funzioni del teatro lirico e quelle del teatro politeama. Un complesso architettonico esaltato

dal sistema di illuminazione circolare, che ben si inserisce nel contesto della piazza antistante (E. Rizzo, M.C. Sirchia, 1986).

Nel Catanese sono molti i centri in cui sono ben individuabili i richiami al liberty: da Viagrande a Trecastagni e Belpasso. Un'arte che assume connotazioni diverse fino a sparire a mano a mano che si procede verso i centri dell'interno: da Paternò a Santa Maria di Licodia e ad Adrano.

Ma la più elevata espressione del liberty si rileva nei centri di Acireale, sebbene influenzato da forme barocche, e, in parte, di Giarre e Riposto, un tempo, con una solida economia, basata sui proventi dello sfruttamento minerario, sull'agricoltura, sull'artigianato e sulla commercializzazione del vino, che veniva imbarcato a Riposto ed esportato. In questi centri non solo i palazzi, ma anche le fabbriche si arricchirono di decorazioni liberty di notevole rilievo (V. Di Maggio, 1988).

Il liberty è presente in modo consistente anche a Scordia e Militello in val di Catania, due centri costruiti nel Seicento, in cui il modernismo ha assunto forme barocche. Ma l'esempio più significativo è rappresentato da Caltagirone, dove le motivazioni della diffusione dello stile modernista sono da ricercare nella presenza di una consistente classe borghese, dalle idee politiche emergenti, che vide in prima fila, don Luigi Sturzo. Questi avviò una grande opera di ristrutturazione urbanistica, che prevedeva interventi nel centro storico, l'ampliamento della città verso valle, a cui partecipò l'architetto Fragapane al quale si legarono grandi nomi come G.B. Nicastro e G.B.F. Basile. Quest'opera fu attuata grazie al favorevole contesto economico che traeva origine dalle cospicue rendite fondiarie del comune e dall'ampio disegno politico-economico ideato da Don Sturzo.

L'obiettivo, infatti, era quello di innescare un processo di sviluppo dell'occupazione attraverso forme cooperativistiche, legate al substrato economico locale e alla presenza di maestranze artigianali. Tra queste un particolare rilievo assumeva l'artigianato della ceramica, peraltro di antica tradizione, che ricevette un ulteriore impulso dall'apertura delle scuole d'arte, atte a promuovere professionalità (E. Di Blasi, 1999). Il cotto e la ceramica smaltata, elementi architettonici tipici di Caltagirone, furono richiamati e rivisitati nel nuovo repertorio liberty, riscontrabili soprattutto nel cimitero, che costituì un modello esemplare in tutta la Sicilia. Ma non meno importanti sono le stupende residenze di campagna ubicate

lungo il piano Santa Maria di Gesù, caratterizzate da raffinato gusto architettonico e sommerse da giardini lussureggianti, corredati di laghetti, vasche e tempietti. Tra queste, la villa Crescimanno, definita "nido d'amore e di pace…", villa Cusmano, villa Gravina, villino Favitta, villa Patti (C. Cirelli, 1987; L. Fodererà, 2000; D. Amoroso, 1994). Questi manufatti hanno travalicato i confini amministrativi del Catanese per diffondersi in Val di Noto dove, accanto alla magnifica architettura barocca, si riscontrano tracce di liberty, che ben si integrano con la tradizione, segno della versatilità radicata e dell'estro creativo delle maestranze locali che favorirono lo scambio di idee e delle nuove tendenze decorative, come per Vizzini, influenzato dal modernismo calatino.

Agli inizi del Novecento il Siracusano presentava un tessuto economico-sociale in continua evoluzione e condizioni di vita e di lavoro migliori che in altre parti dell'isola, grazie ad un settore agricolo florido e ad un artigianato sempre più raffinato (V. Ruggiero, L. Scrofani, 1996). Non fu difficile, quindi, recepire il messaggio dell'Art Nouveau, favorito dall'apertura della Scuola d'Arte Applicata diretta da Giovanni Fusero. La metodologia d'insegnamento consisteva nel portare gli allievi a contatto con la natura e utilizzare la loro percezione per esaltarne la fantasia creativa. A Siracusa resta un intero quartiere in stile liberty in un'area periferica, nel resto della città prevalse l'eclettico, espressione della emergente classe borghese.

Augusta sicuramente fu tra i centri del Siracusano più recettivi del liberty catanese, infatti, le facciate liberty si snodano senza soluzione di continuità in via Principe Umberto, accanto ad altri edifici in cui si sommano motivi classicheggianti come il neo-gotico, il neo-rinascimento, il neo-moresco e il neo-romantico. Questa città offre esempi originali nell'organizzazione degli spazi cittadini influenzati da un liberty imperante, che riprende i modelli rinascimentali, grazie alle rimesse degli emigrati, che dettero impulso all'edilizia piccolo-borghese. Il volto artistico della città traeva le sue peculiarità nella ripresa dei modelli stilistici del catanese, piuttosto che in quelli del siracusano, soprattutto per l'influenza dei grandi architetti catanesi, chiamati ad Augusta per le sistemazioni urbanistiche, architettoniche e dell'asse viario della città (Distretto scolastico di Augusta, 1994).

Avola, invece, rimase legata alla scuola d'arte siracusana, che incentivò la diffusione di manufatti liberty a partire dal 1910, grazie all'opera dell'Ing. Giuseppe Piccione e ad altri costruttori, oltre che a scultori ed ebanisti (C. Apolloni, 1995).

L'Art Nouveau trova terreno fertile in questi centri, soprattutto, per la presenza di condizioni economiche che permettono anche alla classe operaia di edificare case decorose. Procedendo verso l'interno del Siracusano, invece, gli esempi di liberty sono meno appariscenti; li riscontriamo soprattutto nel comune di Buccheri, dove il nuovo stile si diffonde, grazie alla loro ubicazione lungo un percorso ideale, che congiungeva Siracusa a Caltanissetta, passando da Caltagirone.

Un discorso a parte merita Palazzolo Acreide, ricco di edifici in stile liberty, un 'arte che qui, più che altrove, nonostante l'influsso della scuola calatina, assume caratteri originali, frutto del genio creativo locale, che presenta elementi di rara eleganza, come le inferriate dei balconi. Questo centro, pur essendo risorto sulle rovine del sisma del 1693, ha conservato un'impronta urbanistica di stampo medievale, con diversi edifici liberty, sparsi lungo le strade del centro cittadino. Un elemento caratterizzante il modernismo palazzolese è la pietra bianca del siracusano, abilmente lavorata sin dal III sec. a.C., dalla quale gli artigiani locali del '900 trassero le stupende immagini floreali che risaltano nei manufatti del centro urbano, come negli altri centri della Sicilia sud-orientale, da Avola a Canicattini Bagni, sino al Ragusano.

Ovviamente la diffusione di questo stile assunse forme meno rilevanti nei centri più piccoli, dove si espresse per lo più in modeste forme decorative, che rispecchiavano la povertà del tessuto economico, esempio significativo è quello costituito da Canicattini Bagni.

La Sicilia orientale rappresenta, quindi, un'area nella quale il volto barocco della prima ricostruzione settecentesca ha fatto da sottofondo ad un liberty raffinato e colto, maturato nel fermento del clima culturale dei primi Novecento, che ha saputo essere innovativo, pur rifacendosi alla tradizione. Non solo ha rappresentato, infatti, il risultato di una nuova concezione dell'arte, intesa come espressione di una emergente classe sociale collegata all'avvento dell'industria, ma anche di un'identità locale, nella quale confluivano capacità, conoscenze e ispirazioni delle maestranze dei diversi comparti dell'artigianato.

Un percorso, quindi, quello liberty siciliano, da riscoprire con il suo fascino e del quale molto resta ancora da conoscere, soprattutto in relazione ai rapporti con il predominante barocco, che ci propone manufatti originali, che si differenziano a mano a mano che si procede dai poli principali ai centri minori, dall'edilizia pubblica alle case padronali, dalle fabbriche alle stazioni ferroviarie.

Un elemento di identità locale, quindi, che può essere trasformato in capitale territoriale, poiché rappresenta una risorsa economica per gli abitanti del luogo e fa parte del "capitale simbolico" (Belletti e Berri, 2012; T. Amodio et al., 2018, 154.), percepito come tale non solo dai suoi abitanti, ma anche dai fruitori, poiché ritenuto in grado di generare vantaggi competitivi e innescare processi di trasformazione dei luoghi, che diventano incubatori di crescita e catalizzatori del "genius loci", che richiedono azioni e politiche pubbliche, che devono basarsi sulla conoscenza, la catalogazione e l'interesse ad esaltarne la memoria, dove reale attore per lo sviluppo del territorio diventa la comunità di appartenenza.

4. Bibliografia

Amodio T., Iovino G., Siniscalchi S., Bencardino M., *Approfondimenti concettuali tematici: Background diversi e convergenza di vedute*, in Prezioso M. (a cura di), *Quale Territorial Impact Assessment della coesione territoriale nelle regioni italiane*, Bologna, 2018, 145 ss.

Amoroso D., Le ville del paradiso, in *Kalòs*, 1/1994, 34 ss.

Apolloni C., *Avola liberty*, Avola, 1985.

Ashby C., *Art nouveau: art, architecture and design in transformation*, London, 2021.

Bertarelli L.V., *Guida d'Italia del Touring Club Italiano: Sicilia*, Milano 1919.

Bossaglia R., *Il liberty siciliano*, in AaVv, *Storia della Sicilia*, Vol. X, Palermo, 1981, 149 ss.

Bossaglia R., *La celebrazione della bellezza*, in *Kalòs*, 9/1997, 2 ss.

Cirelli C., *Ville e residenze di campagna nel catanese*, in AaVv, *Atti del Convegno "Ville suburbane, residenze di campagna e territorio"*, Palermo, 1987, pp. 253 ss.

Cirelli C, Di Blasi E., *Il movimento migratorio siciliano verso le Americhe dall'Unità nazionale sino ai nostri giorni*, in Cerreti C. (a cura di), *Atti del XXVI Congresso Geografico Italiano*, Roma, 1996, 479 ss.

Di Blasi E., *La dimensione locale dello sviluppo sostenibile. Un percorso per la realizzazione di agenda XXI nella regione etnea*, Roma, 2016.

Di Blasi E., *Politiche di prevenzione e organizzazione territoriale della Protezione Civile nella Regione Etnea*, Catania, 2000.

Di Blasi E., *L'artigianato della ceramica in Sicilia: evoluzione di un sub-sistema locale*, in *Rivista del dottorato di Geografia Politica*, Trieste, 3/1999.

Di Maggio V., *Il liberty a Giarre e Riposto: architettura, pittura, scultura, artigianato*, Catania, 1988.

Distretto Scolastico di Augusta, *Augusta nell'età contemporanea*, Catania, 1994.

Fodererà L., *Il recupero della Villa Patti*, in *Kalòs*, 2/2000, 20 ss.

Prezioso M., *Quale Territorial Impact Assessment della coesione territoriale nelle regioni italiane*, Bologna, 2018.

Rizzo E., Sirchia M.C., *Sicilia Liberty*, Palermo, 1986.

Rocca A., *Il liberty a Catania*, Catania, 1991.

Ruggiero V., Scrofani L., *Il paesaggio culturale della Sicilia sud-orientale tra processi di degradazione e di omologazione*, in *Rivista Geografica Italiana*, 103/1996, 373 ss.

Marta Tigano

Il patrimonio culturale religioso. Musei ecclesiastici e nuove tecnologie digitali[1]

1. La Costituzione apostolica *Pastor bonus* del 1988… – 2. … e la Lettera circolare su *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici* del 2001. – 3. La costituzione e la fruizione dei musei ecclesiastici. – 4. I musei ecclesiastici quali segni tangibili della *Traditio Ecclesiae*. – 5. Il futuro dei musei ecclesiastici: digitalizzazione ed accessibilità. – 6. Le Linee guida della CEI per i progetti di digitalizzazione del patrimonio archivistico e librario della Chiesa. – 6.1. «Criteri di scelta» e «Parametri di acquisizione delle immagini digitali». – 6.2. Il «ciclo di vita» di un'immagine digitale e i «Metadati». – 6.3. «Accessibilità delle immagini digitali sul Web» e «Conservazione» delle stesse a cura della CEI. – 7. I musei ecclesiastici tra spiritualità, *virtual tour e morphing*. – 8. Bibliografia.

1. La Costituzione apostolica *Pastor bonus* del 1988…

Fin dall'antichità, la Chiesa ha custodito i propri tesori presso le cattedrali e i luoghi di culto, invitando a percepire nella bellezza artistica il valore sacro[2].

[1] Il presente contributo costituisce, in alcune sue parti, la rielaborazione e l'approfondimento di riflessioni già sviluppate da parte dell'autrice e contenute all'interno di saggi in precedenza pubblicati in riviste, opere collettanee o monografie.

[2] Nel corso dei secoli, i Pontefici hanno affidato alle opere di pittura e scultura il compito di comunicare e diffondere il messaggio cristiano, così che tali opere, mentre abbellivano gli edifici sacri, al tempo stesso istruivano ed educavano. Tuttavia, con il trascorrere del tempo, ed in seguito ai cambiamenti liturgici e pastorali che hanno contrassegnato le diverse fasi storiche della Chiesa, alcuni manufatti sono divenuti inutilizzabili per il culto e, non a caso, la nascita dei primi musei diocesani tra la fine dell'Ottocento e i primi del Novecento si deve all'esigenza di salvare dalla dispersione e dal degrado i materiali preziosi provenienti dalle diverse chiese della diocesi, concentrandoli in un'unica sede: il museo. Solo più tardi i musei ecclesiastici verranno concepiti come le strutture più adatte a fornire una rappresentazione, attraverso l'arte, dell'eredità spirituale del territorio; prospettiva che verrà consacrata con l'intesa tra il Ministero dei beni culturali e la Conferenza Episcopale Italiana del 26 gennaio 2005. Per una lettura dei primi commenti ai contenuti dell'Intesa del 2005, si rinvia a A. G. Chizzoniti, *L'intesa del 26 gennaio 2005 tra Ministero per i beni e le attività culturali e la Conferenza episcopale italiana. La tutela dei beni culturali di interesse religioso appartenenti a enti e istituzioni ecclesiastiche tra continuità e innovazione*, in *Quad. dir. pol. eccl.*, Bologna, 2005, 2, pp. 392 ss.; A. Roccella, *La nuova Intesa con la Conferenza episcopale italiana sui beni culturali d'interesse religioso,* in *Aedon, Rivista di arte e diritto online*, n. 1, 2006. Infine, con riferimento alla funzione pastorale degli archivi e delle biblioteche, fondamentale rimane il

Si deve alla Costituzione apostolica *Pastor bonus* del 28 giugno 1988[3] - con la quale viene istituita la Pontificia Commissione per i Beni culturali della Chiesa, in sostituzione della Pontificia Commissione Centrale per l'Arte sacra in Italia – l'intuizione che le opere d'arte sacra abbiano, oltre ad un indiscutibile valore storico, artistico ed economico, anche una specifica funzione, ricollegabile alla *missio Ecclesiae*, ed il (conseguente) riconoscimento del museo ecclesiastico quale «istituzione culturale e pastorale» al tempo stesso.[4]

Invero, nell'affidare al museo il compito di «riflettere la vita ecclesiale tramite un approccio complessivo al patrimonio artistico», essa afferma: «Un museo ecclesiastico si radica nel territorio, è direttamente collegato all'azione della Chiesa ed è il riscontro visibile della memoria storica. Non si riduce alla semplice raccolta di antichità e curiosità (..) ma conserva, per valorizzarle, opere d'arte e oggetti di carattere religioso».[5]

Tra i diversi musei ecclesiastici, a quelli diocesani, in particolare, è specificamente assegnato il compito di diventare centri di animazione culturale orientati alla pastorale; pertanto, essi devono essere inseriti nel progetto pastorale diocesano.

In termini analoghi, si era espresso pochi anni prima Giovanni Paolo II in un messaggio[6] nel quale ricordava che i musei ecclesiastici «non sono depositi di reperti inanimati, ma perenni vivai, nei quali si tramandano nel tempo il genio e la spiritualità dei credenti».

«Come luoghi di conoscenza, godimento, catechesi, spiritualità, essi rendono visibile l'azione pastorale della Chiesa in un territorio. Sono tutti importanti, siano essi parrocchiali, diocesani, regionali, come importanti sono le opere letterarie, musicali, teatrali o culturali in

contributo di S. Berlingò. *Le biblioteche e gli archivi ecclesiastici*, in *Beni culturali e interessi religiosi*, Atti del Convegno (Napoli, 26-28 novembre 1981), Napoli, 1983.

[3] Giovanni Paolo II, Costituzione Apostolica *Pastor Bonus* sulla Curia Romana, 28 giugno 1988, più facilmente consultabile all'indirizzo *www.vaticanva.va*.

[4] Invero, agli inizi del XX secolo muta l'atteggiamento della Chiesa nei confronti degli istituti museali, degli archivi, delle biblioteche e, in genere, di tutta l'arte sacra, proprio perché il bene culturale comincia ad acquistare valore ed interesse anche dal punto di vista pastorale. Cfr. O. Fumagalli Carulli, *Il Magistero pastorale della memoria e della bellezza: i musei ecclesiastici in Lombardia*, in O. Fumagalli Carulli, A. G. Chizzoniti (a cura di), *I musei ecclesiastici: organizzazione, gestione, marketing*, Vita e pensiero, Milano, 2008, p. 3 ss.

[5] «Un museo ecclesiastico è l'edificio nel quale si custodisce il patrimonio storico-artistico della Chiesa». Come dispone l'art 100 della *Pastor bonus,* tutte le opere facenti parte del patrimonio storico-artistico della Chiesa «il cui uso specifico sia venuto meno, siano convenientemente esposte in visione nei musei della Chiesa o in altri luoghi»; mentre, l'art. 101 afferma che la Commissione coopera con le chiese particolari e gli organismi episcopali «per la costituzione di musei, archivi e biblioteche», affinché «siano ben realizzate la raccolta e la custodia dell'intero patrimonio storico ed artistico per essere a disposizione di tutti coloro che ne hanno interesse».

[6] Giovanni Paolo II, *Messaggio ai partecipanti all'Assemblea Plenaria della Pontificia Commissione per i beni culturali della Chiesa*, 25 settembre 1997, n. 4, disponibile all'indirizzo *www.press.catholica.va*.

genere, di ispirazione religiosa». «Gli uni e le altre» - afferma il Pontefice – «sono lo strumento per dare un volto concreto e fruibile alla memoria storica del cristianesimo».

Nel medesimo messaggio, Giovanni Paolo II, ricordando che la Chiesa, maestra di vita, assume il ministero di aiutare l'uomo contemporaneo, sottolinea che essa collabora «a ritrovare lo stupore religioso davanti al fascino della bellezza e della sapienza che si sprigiona da quanto ci ha consegnato la storia»; ed aggiunge che «tale compito esige un lavoro diuturno ed assiduo di orientamento, di incoraggiamento e di interscambio». La Chiesa deve rivolgersi *ad intra*, e perciò alla *communitas Christifidelium*, e *ad extra*, cioè al mondo di chi non è fedele di Cristo.

Il museo ecclesiastico, dal canto suo, deve presentare una struttura dinamica, consentendo la migliore interazione, da un lato, con le istituzioni ecclesiastiche e, dall'altro lato, con le istituzioni civili che, ciascuna per le proprie competenze, hanno il governo temporale dei beni culturali (Stato, Regioni, autonomie locali).

Lo studio, la fruizione e l'utilizzazione dei beni museali implicano un coordinamento giuridico, pastorale, liturgico e civile e passano per il tramite di iniziative di promozione ed animazione culturale.

2. …e la Lettera circolare su *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici* del 2001

Fino a poco tempo addietro, il tema dei musei ecclesiastici è stato poco approfondito dalla dottrina[7], sia a causa della carenza di riferimenti normativi espressi, sia a motivo della convinzione che tali musei non rientrassero nel novero dei beni culturali di interesse religioso in senso stretto[8].

Tale visione riduttiva ha impedito per lungo tempo di riconoscere ai musei un ruolo propulsivo autonomo e, con specifico riferimento a quelli ecclesiastici, la configurazione di «strumento pastorale».[9]

[7] Cfr A. G. Chizzoniti, *I musei ecclesiastici: profili normativi*, in *I musei ecclesiastici*, cit., p.47 ss.
[8] Cfr. A. Denuzzo, *L'ingresso dei musei ecclesiastici nel novero dei beni culturali: alcune riflessioni nella prospettiva del diritto costituzionale*, in *Stato, Chiese e pluralismo confessionale*, Rivista telematica, www.statoechiese.it, 18 luglio 2013, in special modo p. 4 ss.
[9] Cfr. C. Azzimonti, *I beni culturali ecclesiali nell'ordinamento canonico e in quello concordatario italiano*, Bologna, 2001.

Il definitivo cambiamento di prospettiva - con conseguente riconoscimento dello *status* che gli è proprio - è stato reso possibile grazie alla Lettera circolare su *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici* del 2001[10], che coglie a pieno il senso ed il ruolo svolto da tali musei per la tutela, la valorizzazione e la promozione dei beni culturali ecclesiali.[11]

La Lettera esordisce affermando che: «La Pontificia Commissione per i Beni Culturali della Chiesa dopo aver ribadito la necessità e l'urgenza della inventariazione e della catalogazione del patrimonio storico-artistico (mobile e immobile), rivolge ora la sua attenzione ai musei ecclesiastici, al fine di conservare materialmente, tutelare giuridicamente, valorizzare pastoralmente l'importante patrimonio storico-artistico non più in uso abituale».[12]

La Lettera circolare ha il dichiarato intento di stimolare una riflessione sull'importanza e sul ruolo dei musei ecclesiastici nella vita sociale ed ecclesiale e, a questo fine, afferma che: «Tali musei sono, nella *mens cristiana*, posti al servizio della Chiesa ed hanno come compito la valorizzazione dei beni culturali"; pertanto, "necessitano di un'organizzazione che consenta loro di comunicare il sacro, il bello, l'antico ed il nuovo».

Essi rientrano a pieno titolo tra le strutture ordinate alla valorizzazione dei beni culturali «posti al servizio della missione della Chiesa»; sono, dunque, parte integrante delle manifestazioni culturali e dell'azione pastorale della stessa[13].

La Lettera non solo definisce dettagliatamente funzione, tipologia ed operatività dei musei ecclesiastici, ma ne individua caratteristiche e significato.

[10] Pontificia Commissione per i Beni Culturali della Chiesa, *Lettera ai Vescovi diocesani*, *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici*, Città del Vaticano, 15 agosto 2001, in *Enchiridion dei beni culturali della Chiesa. Documenti ufficiali della Pontificia Commissione per i Beni Culturali della Chiesa*, Edizioni Dehoniane, Bologna, 2002, pp. 464 ss.

[11] Come è stato osservato, la Lettera su *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici* appare importante punto di arrivo di un percorso storico di progressiva puntualizzazione del ruolo rivestito dal patrimonio artistico-religioso e delle funzioni dei musei ecclesiastici; al tempo stesso, essa è punto di partenza per un rilancio di tutta l'attività museale in chiave ecclesiale ed anche culturale ed economica. Pe tali ragioni, può essere legittimamente considerata un vero e proprio "manifesto" della Chiesa universale contemporanea, rispetto al quale valutare la bontà delle singole concrete iniziative. Così O. Fumagalli Carulli, *Il magistero pastorale*, cit., p. 8.

[12] Con questo nuovo documento, «la Pontificia Commissione per i Beni Culturali intende offrire un ulteriore contributo per rafforzare l'azione della Chiesa attraverso i beni culturali, al fine di favorire un nuovo umanesimo in vista della nuova evangelizzazione. La Pontificia Commissione, infatti, ha il compito precipuo di adoperarsi affinché tutto il popolo di Dio, e, soprattutto, gli operatori (laici ed ecclesiastici) valorizzino in ambito pastorale l'ingente patrimonio storico-artistico della Chiesa». Sulla partecipazione e corresponsabilità di tutti i componenti del Popolo di Dio nella vita e nella missione della Chiesa, già S. Berlingò, *I consigli pastorali*, in *Il Dir. eccl.*, Pisa-Roma, 1991, pp. 111 ss.

[13] Sull'argomento, si consenta il rinvio al lavoro monografico di M. Tigano, *Tra economie dello Stato ed "economia" della Chiesa: i beni culturali di interesse religioso*, Napoli, 2012.

In essa può leggersi, infatti, che: «Il museo ecclesiastico, con tutte le manifestazioni che vi si connettono, è intimamente legato al vissuto ecclesiale, poiché documenta visibilmente il percorso fatto lungo i secoli dalla Chiesa nel culto, nella catechesi, nella cultura e nella carità». «Un museo ecclesiastico è dunque il luogo che documenta l'evolversi della vita culturale e religiosa, oltreché il genio dell'uomo, al fine di garantire il presente».

Di conseguenza, non può essere inteso in senso "assoluto", cioè sciolto dall'insieme delle attività pastorali nel cui ambito, anzi, va inserito «con il compito di riflettere la vita ecclesiale tramite un approccio complessivo al patrimonio storico-artistico», «ma va pensato in relazione con la totalità della vita ecclesiale e in riferimento al patrimonio storico-artistico di ogni nazione e cultura».

Per questi motivi, «l'organizzazione dei musei ecclesiastici necessita di un fondamento ecclesiologico, di prospettive teologiche, di dimensione spirituale».[14]

In una cultura diffusamente secolarizzata e talvolta disgregata, si è chiamati ad iniziative volte a far riscoprire ciò che culturalmente e spiritualmente appartiene alla collettività, non nel senso strettamente "turistico", ma in quello propriamente "umanistico". Solo in tal modo, infatti, è possibile riscoprire le finalità del patrimonio storico artistico, così da fruirlo come bene culturale.

«Secondo quest'impostazione, dunque, il museo ecclesiastico può diventare il punto di riferimento principale attorno a cui si anima il progetto di rivisitazione del passato e di scoperta del presente negli aspetti migliori e talvolta sconosciuti».

«Inoltre, si configura come sede per il coordinamento delle attività conservative, della formazione umana e dell'evangelizzazione cristiana in un determinato territorio. La sua organizzazione deve pertanto recepire dinamiche sociali, politiche, culturali e piani pastorali concertati per il territorio di cui è parte».[15]

[14] Il patrimonio storico-artistico non più in uso abituale, dismesso, incustodibile, può trovare nei musei ecclesiastici adeguata custodia e opportuna fruibilità. Pertanto, occorre adoperarsi – esorta la Lettera - perché i beni usabili e quelli in disuso, interagiscano tra loro al fine di garantire una visione retrospettiva, una funzionalità attuale, ulteriori prospettive a vantaggio del territorio, così da coordinare musei, monumenti, arredi, sacre rappresentazioni, devozioni popolari, archivi, biblioteche, raccolte e ogni altra consuetudine locale.
[15] La Lettera prosegue affermando che, per quanto importanti siano le istituzioni museali in seno alla Chiesa, «la salvaguardia dei beni culturali è però affidata soprattutto alla comunità cristiana. Essa deve comprendere l'importanza del proprio passato, maturare il senso di appartenenza al territorio in cui vive, percepire la peculiarità pastorale del patrimonio artistico. Si tratta dunque di creare una coscienza critica al fine di valorizzare il patrimonio storico-artistico prodotto dalle diverse civiltà che si sono avvicendate nel tempo, grazie

Il fine del museo ecclesiastico è collegato al *sensus Ecclesiae*, che vede nella storia della Chiesa il progressivo realizzarsi del Popolo di Dio; perciò il museo ecclesiastico assume finalità specifiche nell'ambito della pastorale della Chiesa locale.

Esso entra nell'ambito del complesso rapporto tra i *christifideles* e i beni culturali, con particolare riferimento agli oggetti di culto, che diventano «segni della grazia» ed assumono un ruolo «sacramentale».

3. La costituzione e la fruizione dei musei ecclesiastici

Per quanto riguarda, poi, la costituzione e la fruizione dei musei ecclesiastici, la Lettera ricorda che, in base a quanto dispone il Codice di diritto canonico al can 381, par. 1, sulle prerogative del Vescovo, «Il compito di istituire il museo diocesano e gli altri musei ecclesiastici dipendenti dalla diocesi spetta al vescovo diocesano, coadiuvato dalla Commissione diocesana e dall'Ufficio per l'arte sacra e i beni culturali».[16]

Sede del museo deve essere un edificio «possibilmente di proprietà ecclesiastica»; gli spazi devono essere organizzati secondo criteri ben definiti ed allestiti da un architetto competente, coadiuvato da specialisti, «esperti, sia da un punto di vista tecnico, che di quello delle discipline teologiche e storico-artistiche».

E poiché la sede del museo ecclesiastico va opportunamente articolata in modo da essere *fruibile*, la Lettera si premura di offrire precise indicazioni relativamente all'ingresso del museo, all'impostazione strutturale, alla collocazione delle sale, alle vetrine, alla biblioteca che va dotata di videoteca o altri supporti multimediali, all'archivio corrente (che deve contenere i registri delle acquisti e dei prestiti, gli atti giuridici ed amministrativi) e all'archivio storico (contenente documenti utili a ricostruire le vicende delle singole opere esistenti nel museo); nonché indicazioni relativamente alla collocazione dell'uscita, ai luoghi di ristoro, agli uffici del personale, alle sale dedicate a deposito ed al laboratorio di restauro.

anche alla presenza della Chiesa, sia come committente illuminata sia come custode attenta delle vestigia antiche».

[16] «Il museo deve essere eretto con decreto vescovile e va possibilmente dotato di uno statuto e di un regolamento».

Inoltre, dopo avere espressamente definito il museo «luogo di pubblica fruizione», la Lettera si sofferma sulle molteplici declinazioni del concetto di fruibilità:

- *fruibilità nella* mens *ecclesiale*: al fine di rendere fruibili i musei ecclesiastici, occorre mettere in evidenza l'intima connessione dell'elemento estetico con quello religioso. Tali musei sono chiamati a rappresentare un sistema esistenziale che trova nel *sensus fidei* la prima ragione di vita, di esperienza, di speranza. Il museo ecclesiastico assume pertanto un ruolo formativo nella didattica della catechesi e della cultura: in esso i visitatori possono «ritrovare le vie per poter crescere e maturare nel cammino di fede»; «i non credenti poi, visitando i musei ecclesiastici, possono intuire quanta importanza è stata data dalla comunità cristiana all'annuncio della fede, al culto divino, alle opere di carità e ad una cultura cristianamente ispirata».[17]

- *fruibilità nel contesto ecclesiale*: poiché il museo ecclesiastico assolve all'importante compito di animare le generazioni contemporanee presentando le memorie del passato, esso evidenzia la prospettiva storica della comunità cristiana. Per mezzo di iniziative che fanno capo alla didattica museale, si può ricostruire sul territorio la microstoria delle singole realtà.[18]

- *fruibilità nel vissuto ecclesiale*: la peculiarità del museo ecclesiastico è quella di conservare e mettere in evidenza, per il tramite delle molteplici espressioni artistiche, le memorie storiche del vissuto ecclesiale di un determinato territorio. Per far ciò, non è sufficiente «l'intelligente ideazione di percorsi espositivi ben strutturati», ma occorre una «corretta coesistenza delle due funzioni primarie della struttura museale ecclesiastica: conservazione ed esposizione».[19] Il senso del museo ecclesiastico consiste, infatti, nell'insegnare ai visitatori a guardarsi intorno per riflettere e collegare eventi, oggetti, storia, persone che in quel territorio sono stati e rimangono l'anima viva e presente.

[17] Le istituzioni museali offrono al pubblico opere stimolanti per la (ri)evangelizzazione dell'uomo contemporaneo. Per il tramite di visite guidate, conferenze, seminari, pubblicazioni, cataloghi e *depliants* illustrativi, i visitatori hanno modo di percepire i fondamentali elementi del cristianesimo e dell'iniziazione cristiana.

[18] Favorendo la riscoperta dei valori essenziali del cristianesimo in un determinato territorio, per il tramite di giornate di studio, itinerari guidati e mostre temporanee si possono conoscere le forme della pietà e della devozione popolare che hanno lasciato un considerevole repertorio storico-artistico.

[19] I criteri espositivi, afferma la Lettera, devono contribuire a rendere evidente il nesso tra l'opera e la comunità di appartenenza; la didattica museale, invece, deve dare vita ad un circuito comunicativo e formativo al fine di animare i visitatori all'attuale vissuto ecclesiale.

Il museo ecclesiastico viene così ad unire passato e presente nel vissuto ecclesiale di una determinata comunità cristiana.

- *fruibilità nel complesso del territorio*: per sua natura, il museo ecclesiastico è in stretta connessione con il territorio nel quale svolge la sua missione pastorale, in quanto "raccoglie" ciò che da esso proviene per "offrirlo" ai fedeli, nel duplice itinerario della memoria storica e della fruizione estetica. Dunque, oltre ad essere luogo "ecclesiale", il museo ecclesiastico è anche luogo "territoriale" poiché la fede si incultura nei diversi ambienti; nei materiali adoperati per la produzione dei manufatti che provengono da precisi contesti naturali; nei gusti degli artisti e dei committenti inevitabilmente legati alla tradizione di uno specifico luogo; negli stessi contenuti delle opere che si ispirano alle necessità dell'*habitat* nel quale si è sviluppata la comunità cristiana di riferimento.

4. I musei ecclesiastici quali segni tangibili della *Traditio Ecclesiae*

Risulta pertanto evidente che, quale luogo di animazione dei fedeli e di valorizzazione del patrimonio storico-artistico, il museo ecclesiastico «riunisce e sintetizza il valore della memoria con quello della profezia, salvaguardando i segni tangibili della *Traditio Ecclesiae*»[20].

Il museo, dunque, si collega alla funzione magisteriale svolta dalla Chiesa lungo i secoli, al fine di «riprendere i germi di verità seminati dalle singole generazioni, di lasciarsi illuminare dai bagliori della bellezza incarnata nelle opere sensibili, di riconoscere le tracce del *transitus Domini* nella storia degli uomini».

Tale primato pastorale trova conferma nella tipologia di beni culturali abitualmente conservati nelle istituzioni museali ecclesiastiche: essi, invero, pur nella loro varietà e diversità, fanno riferimento ad un unico «sistema culturale» e aiutano a ricostruire il senso teologico, liturgico e devozionale della comunità.[21]

[20] Sull'argomento si consenta il rinvio a M. Tigano, *I musei ecclesiastici tra salvaguardia della memoria e funzione pastorale*, in *Il Dir. eccl.*, cit., 1-2/2021, pp. 49 ss.

[21] Come può leggersi nella Lettera, «Pertanto, le cose utilizzate per il culto divino, la formazione dei fedeli e le opere di carità non diventano simpliciter "cosa morta" allorquando sono obsolete. Infatti sopravvivono in esse altre componenti, quali gli aspetti culturali, teologici, liturgici, storici e, soprattutto, le forme artistiche, così che continuano ad assolvere una funzione pastorale».

Per cogliere a pieno la funzione pastorale dei musei ecclesiastici, occorre sottolineare la circostanza che la fruizione dei beni culturali della Chiesa avviene primariamente e fondamentalmente nel contesto culturale cristiano.[22]

Il museo ecclesiastico è quindi da leggersi in stretta connessione con il territorio, urbano o rurale di riferimento, sintetizza altri luoghi ecclesiali e va posto in relazione con le altre istituzioni esistenti in ciascuna Chiesa particolare.[23]

Già nella sua organizzazione, dunque, non va pensato come struttura a sé stante, ma "relazionale", ossia come parte integrata ed interagente che si collega alle altre istituzioni e si diffonde nel territorio, in modo tale da rendere visibile l'unità, la continuità e l'inscindibilità dell'intero patrimonio storico e del vissuto ecclesiale.

Nella *mens* della Chiesa, la memoria cronologica porta ad una rilettura spirituale degli eventi: tale memoria – così come il "genio" dell'artista - si "incarna" nei manufatti creati dall'uomo che ha modellato l'ambiente circostante rispondendo alle esigenze spirituali di un dato momento storico e tracciato nei secoli «l'itinerario *viatorum*». I musei ecclesiastici, pertanto, entrano a pieno titolo nella missione della Chiesa nel tempo e nel presente, proprio perché testimoniano l'azione della Chiesa riflessa nelle opere d'arte ordinate alla catechesi, al culto e alla carità; sono segno del divenire storico e della continuità della fede; sono «testimonianze materiali» del vissuto ecclesiale; sono opera di «inculturazione della fede»; esprimono la bellezza dei processi creativi umani intesi a glorificare Dio.

In questa prospettiva, come sottolinea la Lettera, l'accesso al museo ecclesiastico richiede una sorta di "predisposizione" interiore da parte del "visitatore", poiché in esso non si vedono solo "cose belle", ma nel bello si è invitati a percepire il sacro.[24]

[22] Essendo un museo ecclesiastico innanzitutto una entità che nasce con la funzione di conservare, tutelare e valorizzare il patrimonio di arte sacra legato alla Chiesa, nonché oggetti liturgici di particolare valore non più in uso, è importante che ogni bene sia esposto nel luogo in cui è nato: ogni opera d'arte e ogni oggetto dovrebbe continuare a vivere nel proprio contesto storico o liturgico, così come le modalità di esposizione dovrebbero essere "pedagogiche".

[23] Esso si caratterizza proprio con riferimento al territorio in cui sorge, e ne evidenzia il tessuto storico, culturale, sociale e religioso. Ad esso, pertanto, si connette la tutela e la valorizzazione dell'intero patrimonio storico-artistico locale al fine di sviluppare nei singoli e nella comunità la coscienza del valore della storia umana e cristiana.

[24] La visita al museo ecclesiastico non può essere intesa esclusivamente come proposta turistico-culturale, poiché molte opere in esso contenute sono il frutto della fede dei suoi autori. Esse rimandano quindi al *sensus fidei* della comunità e, pertanto, vanno lette, comprese, fruite nella loro complessità e globalità, onde coglierne a pieno l'autentico, originario e «ultimo» significato.

5. Il futuro dei musei ecclesiastici: digitalizzazione ed accessibilità

Da quest'ultima affermazione è possibile far discendere alcune prime considerazioni sia in ordine al ruolo che i musei ecclesiastici possono rivestire nella società contemporanea; sia con riferimento alle nuove sfide che si prospettano nel prossimo futuro.

Se, infatti, in origine, fine principale del museo ecclesiastico era stato quello di salvare dalla distruzione, dispersione o alienazione opere d'arte sacra e altri reperti caduti in disuso o non più rispondenti alle mutate esigenze liturgico-pastorali, raccogliendoli e custodendoli al proprio interno; oggi, intorno al museo si anima un progetto di conoscenza del passato e di riscoperta del vissuto della comunità cristiana che lo trasforma in un punto di aggregazione ecclesiale, culturale e sociale.[25]

Affinché, tuttavia, il museo possa svolgere a pieno quel ruolo culturale e pastorale che gli è proprio, occorre «procedere ad un'opera di formazione del clero, degli artisti, degli operatori museali, delle guide, dei custodi e dei visitatori stessi, facendo comprendere la natura specifica dei beni culturali della Chiesa con rinnovata professionalità, profonda umiltà, dialogo attento, apertura disponibile e rispetto delle tradizioni locali».[26]

Per tale motivo, la Lettera circolare su *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici* sottolinea l'importanza anche della formazione degli operatori impiegati nei musei ecclesiastici, ritenendo tale aspetto decisivo per una corretta opera di salvaguardia e valorizzazione dei beni culturali.[27]

[25] Una riflessione sui musei ecclesiastici, dunque, dovrebbe andare "oltre" la categoria museale ordinaria, poiché deve tenere conto – oltre che delle altre finalità di natura culturale in senso ampio – della finalità pastorale che è al centro dell'azione della Chiesa. Ne deriva, come è stato affermato, che l'organizzazione di un museo ecclesiastico dovrebbe entrare, a pieno titolo, nel cuore stesso dei programmi e delle istituzioni pastorali della diocesi, avendo alla base un progetto concreto di animazione e di formazione della comunità ecclesiale. Così M. Piacenza, Saluto in apertura del Convegno "*Il futuro dei musei ecclesiastici italiani*", Bologna, 28 ottobre 2005, disponibile all'indirizzo *www.vaticanva.va*.

[26] Occorre superare, come sottolinea la stessa Lettera, il disinteresse ecclesiastico della conservazione e valorizzazione dei beni culturali; l'impreparazione nel settore giuridico ed amministrativo e la mancanza di una committenza adeguatamente preparata.

[27] A tal fine, sarebbe opportuno dotare i musei ecclesiastici di figure professionali adeguate che, oltre alla competenza richiesta per ogni genere di museo, abbiano una specifica preparazione teologica, liturgica e pastorale. Inoltre, occorrerebbe educare i singoli operatori alla corresponsabilità, allo spirito di iniziativa, all'utilizzazione di diverse strumentazioni didattiche anche di carattere multimediale, per agevolare l'approccio dei fruitori ai beni culturali della Chiesa.

Fondamentale rimane, comunque sia, non soltanto una adeguata formazione del clero, dei candidati al sacerdozio e di tutti coloro che hanno «anche la responsabilità di custodire la *fabrica ecclesiae* nella sua realtà architettonica e in tutti i manufatti che concretamente la costituiscono»[28]; ma anche la corresponsabilizzazione dei volontari laici[29] che vanno opportunamente preparati sugli aspetti organizzativi di un museo poiché, non di rado, i musei ecclesiastici, soprattutto quelli di piccole dimensioni, sono gestiti da fedeli laici che prestano la loro attività a titolo gratuito e volontario, con spirito di servizio e di testimonianza.

Quel che è certo è che i musei ecclesiastici non sono "soltanto" «testimoni» e «custodi» del passato; «depositari» della storia della comunità cristiana nelle molteplici forme di pietà; «contenitori» di opere d'arte; «eredi» del lungo percorso fatto nei secoli dalla Chiesa; né *sic et simpliciter* strumenti idonei a far scoprire e rivivere la testimonianza di fede delle precedenti generazioni, ma possono costituire un appello a costruire un futuro nuovo e diverso.[30]

Come è stato osservato[31], infatti, da una attenta riflessione sui principi ispiratori della Lettera può scaturire un rinnovato ruolo dei musei ecclesiastici e delle loro prassi pastorali,

[28] «Un'adeguata formazione del clero prepara alla tutela dei beni culturali e favorisce il rapporto tra ecclesiastici e laici al fine di concertare un progetto culturale in grado di valorizzare l'intero patrimonio storico-artistico in una logica ecclesiale e civile».

[29] Sul ruolo del volontariato nella promozione, valorizzazione, fruizione cultuale e turistica, nonché come strumento per garantire il servizio di accoglienza, si rinvia a F. Franceschi, *L'accesso alle chiese aperte al culto; fruizione cultuale, fruizione turistica, questione del ticket*, in *Stato, Chiese e pluralismo confessionale*, cit., n. 33 del 27 ottobre 2014, in special modo pp. 46 ss.

[30] «I musei devono sempre di più essere luoghi nei quali si coltiva e si sviluppa la "cultura dell'incontro" che, come ricorda Papa Francesco, è prima di tutto incontro tra persone e gruppi portatori di valori, tradizioni, lingue, visioni religiose e stili di vita plurali». «I musei ecclesiastici offrono un contributo decisivo alla scoperta dell'identità e un patrimonio con cui confrontarsi senza sentirsene ingabbiati ma da esso sospinti sempre oltre». «Solo una cultura viva, allo stesso tempo fedele alle proprie origini e in stato di creatività è capace di sopportare l'incontro con altre culture, e anche di dare un senso a quell'incontro». Così afferma mons. Nunzio Galantino nel saluto in apertura del Convegno organizzato dall'Associazione Musei ecclesiastici italiani, in collaborazione con la Pontificia Università Gregoriana e con il patrocinio dell'Ufficio nazionale per i beni culturali ecclesiastici e l'edilizia di culto, in occasione della Giornata internazionale dei musei del 18 maggio 2017. «A questo contribuiscono i musei, anche quelli piccoli e presenti in realtà periferiche. Essi infatti», aggiunge, «non custodiscono soltanto delle 'cose', ma la storia di persone e la testimonianza di fede; il presente di un passato importante e fecondo, ma soprattutto il futuro di una comunità che ancora genera e crea, di una comunità che aiuta a riconoscere e sa esprimere – anche attraverso l'arte – i bisogni, la vita, ma soprattutto i sogni, gli ideali e la necessità di Dio».

[31] «E' sempre più necessario un museo capace di leggere i segni dei tempi, facendo dell'arte un luogo di dialogo, di sperimentazione e di inclusione. La società è cambiata e con essa anche i musei». Così G. Gardini, *I musei ecclesiastici alla prova del futuro*, in *Avvenire.it* del 19 settembre 2021.

soprattutto se si punta l'attenzione sulle nuove tecnologie, sul linguaggio multimediale, sull'arte contemporanea[32] e sul significato inclusivo delle collezioni etnografiche.

Del resto, la recente esperienza dell'emergenza sanitaria da Covid-19, con le numerose restrizioni che ne sono discese, se, da un lato, ha colpito duramente tutte le istituzioni culturali, comprese quelle museali, costrette, in qualche caso, a "reinventarsi" in modalità digitale; dall'altro lato, ha accresciuto nella collettività il "bisogno" di cultura ed il valore della memoria.

Un'autentica "ripartenza", pertanto, non può che prendere le mosse dall'idea di accessibilità, intesa come partecipazione, apertura ed inclusione.[33]

In questo senso, non sembra azzardato affermare che - a distanza di vent'anni dalla sua emanazione - la Lettera su *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici* dimostri, oggi più che mai, tutta la "modernità" dei contenuti: se è vero che «ragionare e riflettere sulla funzione pastorale significa porsi anche nuove prospettive»,[34] ciò significa che la sua sempre viva attualità sta proprio in questa tensione che spinge di continuo verso "nuove frontiere".

6. Le Linee guida della CEI per i progetti di digitalizzazione del patrimonio archivistico e librario della Chiesa

A proposito delle nuove sfide che dovranno affrontare a breve (anche) i musei ecclesiastici, è opportuno accennare alle *Linee guida per i progetti di digitalizzazione del patrimonio*

[32] Essi, infatti, sono luoghi "laboratoriali" e di "sperimentazione"; l'arte contemporanea, ad esempio, può rappresentare una grande opportunità di dialogo e di incontro per avviare "cantieri" di riflessione. Integrare nuove forme espressive significa mantenere i musei vivi, in grado di rispondere alle sfide del mondo attuale e proiettati verso il futuro. Oltre a quella delle nuove tecnologie, dunque, la sfida principale che attende i musei ecclesiastici consiste nella capacità di dialogo con la complessità della società contemporanea e con la molteplicità delle sue espressioni. Una sfida ineludibile in quanto se non si riesce ad entrare nel linguaggio e nella "grammatica" dell'arte contemporanea, non si può neppure entrare in dialogo con il mondo. L'arte di solito anticipa l'espressione del sentire della comunità. Gli artisti contemporanei "svelano" i «segni dei tempi» ai quali la Chiesa, al di là del discorso museale, deve prestare attenzione, pronta ad accogliere linguaggi innovativi che preannunciano «tempi nuovi».

[33] Peraltro, a ben riflettere, i beni culturali religiosi, in qualità di testimonianze identitarie di una determinata cultura, non possono non rispecchiarne i caratteri: pertanto, come il diritto canonico si connota tipicamente per la sua "apertura", nel senso di "accoglienza" verso tutti gli uomini; così, i beni culturali religiosi – in ragione del fondamentale messaggio di cui sono latori *erga omnes* – hanno compiti universali, trascendenti l'ambito di appartenenza e la sfera di sovranità dei singoli di Stati. Anzi, ben si può affermare che proprio a questa tipologia di beni ben si attaglia la definizione di *universitates rerum*, se questa viene interpretata non come "pluralità di cose", ma piuttosto come "insieme di beni universali", vale a dire *potenzialmente* destinati a tutti i possibili "fruitori".

[34] V. G. Gardini, *I musei ecclesiastici*, cit.

archivistico e librario della Chiesa, elaborate dall'Ufficio Nazionale per i beni culturali ecclesiastici e l'edilizia di culto della Conferenza Episcopale Italiana (Ufficio Nazionale BCE).[35]

Invero, com'è noto, la digitalizzazione di documenti è un'attività in corso da molti anni: ne esistono moltissime esperienze e diversi *standards* regionali, nazionali ed europei. Lo scopo che si prefiggono le Linee guida citate è quello di organizzare e sistematizzare le esperienze pregresse e gli *standards* esistenti per fornire un quadro d'insieme dello stato dell'arte e consentire, a chi ne è preposto, di prendere le decisioni più opportune - e con la maggiore consapevolezza possibile - per l'Istituto del quale è responsabile, all'interno di un percorso uniforme tra gli istituti culturali ecclesiastici. A tal fine, le *Linee guida per i progetti di digitalizzazione del patrimonio archivistico e librario* sono organizzate in modo da offrire, in prima battuta, le informazioni utili di base: un quadro della normativa in vigore e la definizione di tutti i termini tecnici (risoluzione, DPI, RGB, ecc.) che spesso risultano poco chiari o poco conosciuti.

La parte centrale del documento, invece, è dedicata alle scelte principali che dovranno essere effettuate con riferimento ai progetti di digitalizzazione. In particolare, si tratta di partire dalla definizione degli obiettivi che il progetto si propone e, una volta definiti questi, procedendo a ritroso, si identificherà quale metodo di lavoro, quali competenze, quali strumenti e quale *budget* servono per raggiungerli. Ecco perché, come si legge nelle premesse, le Linee guida supportano l'impostazione del progetto, suggeriscono alcuni accorgimenti tecnici, ma non possono sostituire in alcun modo il progetto dell'Istituto proprietario dei beni.[36]

[35] Il testo è stato elaborato con la direzione scientifica dell'Ufficio Nazionale per i beni culturali ecclesiastici e l'edilizia di culto che ha raccolto la richiesta – avanzata da tempo dai diversi operatori impegnati nei beni culturali - di condividere indicazioni e orientamenti per gli interventi di digitalizzazione del patrimonio ecclesiastico. L'ultimo aggiornamento è del novembre 2021.

[36] «La prima attenzione che un Istituto culturale deve avere è la stesura di un approfondito e articolato progetto che parta dall'analisi e dalla conoscenza dei fondi e delle collezioni, formuli gli obiettivi da raggiungere e individui le criticità da superare. Il progetto deve prendere in considerazione tutti gli aspetti dell'intervento, determinare le specifiche e le tempistiche, individuare le risorse, gli operatori coinvolti, le soluzioni tecnologiche più opportune da adottare, identificare le soluzioni conservative e tracciare le prospettive di consultazione e valorizzazione successive».

Gli interventi di digitalizzazione vanno programmati esclusivamente quando si dispone della descrizione informatizzata dell'intero patrimonio in oggetto, in modo da servirsi di inventari e cataloghi per la corretta impostazione degli interventi e valutazione delle priorità e fin dalla predisposizione del progetto, devono essere individuati gli utilizzi del materiale digitalizzato.

La riproduzione digitale consente di escludere dalla consultazione diretta, salvo eccezioni, gli originali, permettendo, in tal modo, di meglio preservarli. Consente inoltre la messa a disposizione delle immagini digitali attraverso sistemi di consultazione *online* che abbattono le distanze fisiche e superano il vincolo degli orari di accesso, aspetti normalmente legati alla consultazione dei materiali nelle sale studio.

Per poter digitalizzare il patrimonio archivistico o librario, occorre l'autorizzazione della relativa Soprintendenza, ai sensi dell'art. 21, § 4 del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio. Inoltre, nel caso di spostamento della documentazione, è necessario avvalersi esclusivamente di ditte specializzate e di una polizza assicurativa.

La riproduzione digitale può essere finalizzata alla sola lettura del documento o del volume, oppure essere finalizzata alla ristampa, se curata in maniera estremamente fedele. La scelta può dipendere da diversi fattori così come medesime considerazioni si devono fare su cosa, come e in quale misura rendere disponibile il materiale digitalizzato sul *web*: ogni istituto dovrebbe agire coerentemente con le finalità prefissate.

Come può leggersi nel n. 4 delle Linee guida: «Un progetto ben pensato e organizzato parte dall'individuazione degli obiettivi che si pone». Generalmente si possono individuare due motivazioni che portano all'avvio, o alla prosecuzione, di un progetto di digitalizzazione: a) la tutela degli originali; b) la fruizione dei contenuti.

Spesso le due motivazioni convivono nel medesimo progetto. La tutela nasce dall'esigenza di voler «proteggere e custodire documentazione antica il cui stato di conservazione è compromesso, oppure si tratta di documentazione consultata con una certa frequenza». La fruizione può nascere dalla «volontà di ampliare l'accesso ai documenti ed ai loro contenuti, abbattere le distanze e gli orari di accesso attraverso la pubblicazione *online* delle risorse, ottenendo al contempo la riduzione della consultazione degli originali». È altrettanto

importante avere un quadro complessivo del progetto di digitalizzazione che si vorrebbe realizzare, definire un costo di massima dello stesso e confrontarlo con il *budget* a disposizione.

6.1. «Criteri di scelta» e «Parametri di acquisizione delle immagini digitali»

Per quanto riguarda, poi, i criteri di scelta su cosa digitalizzare, le Linee guida offrono alcuni suggerimenti: a) stato di conservazione; b) frequenza di consultazione; c) unicità e/o rarità dei documenti; d) interesse storico e culturale; e) accessibilità ai documenti.

«Una volta definiti i documenti o volumi di interesse e dopo averli ordinati in base ad una scala di priorità e raggruppati per ogni Fondo, Serie, Collana o Raccolta, è necessario procedere ad una definizione della quantità di pagine (o carte) da digitalizzare, distinte per dimensione e stato di conservazione. Questi dati saranno indispensabili per la stima dei tempi e dei costi per la realizzazione del progetto».

A sua volta, «il processo di acquisizione delle immagini digitali del documento produce un *file* che può essere memorizzato in vari formati». La scelta del formato è generalmente diversa per l'immagine Master (o di conservazione) e per le immagini derivate. «La compressione può essere regolata al momento del salvataggio del *file*: maggiore sarà il grado di compressione e minore risulterà la qualità finale dell'immagine digitale».[37]

La scelta della risoluzione da utilizzare per l'acquisizione digitale dei documenti, poi, come può leggersi nelle Linee guida, è uno dei passaggi più importanti, «poiché incide sia sulla qualità finale dell'immagine digitale che sulla possibilità di ingrandimento dell'immagine e sulla dimensione (peso) del file». «La risoluzione, in sintesi, corrisponde al livello di dettaglio di un'immagine, ossia al numero di punti (*dots*) o di *pixel* che la costituiscono: a parità di dimensione dell'originale di partenza, ad un numero maggiore di punti corrisponde il raggiungimento di un livello maggiore di precisione e dettaglio». D'altra parte, «la scelta dei parametri di digitalizzazione dovrà essere adeguata a raggiungere lo scopo del progetto prefissato». È chiaro che non può esservi una risoluzione valida per ogni tipologia di originale, per cui «la scelta dovrà essere effettuata di volta in volta». La risoluzione ottimale per un

[37] Un maggior grado di compressione comporterà anche un minore peso del *file*. In caso di fascicoli o volumi rilegati può essere opportuno creare, a partire dai *files* prodotti per le singole pagine/fogli, un unico *file* per la consultazione. In questo caso, il formato consigliato è il PDF (*Portable Document Format*), formato che consente di rappresentare documenti in modo indipendente dal *software* e dall'*hardware* utilizzati.

documento cartaceo sarà diversa da quella per una fotografia, così come differirà nel caso in cui la dimensione degli originali sia molto diversa.

Il risultato della digitalizzazione è la creazione di: *files* master, destinati alla lunga conservazione, e *files* derivati, frutto di elaborazioni successive, destinati alla fruizione.[38]

Le Linee guida offrono anche preziose indicazioni sia con riferimento al riconoscimento ottico dei caratteri del testo (OCR), che va realizzato da programmi specializzati nel riconoscimento dei caratteri contenuti in un *file* digitale e al loro trasferimento in un *file* di testo digitale leggibile; sia con riferimento all'applicazione di una filigrana digitale, ossia all'inclusione di un simbolo, di un logo o di un testo all'interno di un'immagine digitale che possono essere successivamente rilevati o estratti per trarre informazioni sulla sua origine e provenienza.

6.2. Il «ciclo di vita» di un'immagine digitale e i «Metadati»

Ancora, secondo le Linee guida è opportuno prevedere una serie di controlli di qualità durante l'esecuzione del progetto, sia che venga realizzato internamente, sia che venga affidato all'esterno.[39]

«La digitalizzazione in *outsourcing* può essere eseguita nei locali dell'archivio o della biblioteca, oppure presso la sede della ditta incaricata. Se la digitalizzazione viene eseguita

[38] Il *file* master ("master di conservazione", "master di archiviazione") è il *file* che rappresenta la miglior copia prodotta da una digitalizzazione, dove con "migliore" si intende il risultato che più si avvicina agli obiettivi di un particolare progetto. Questi obiettivi possono variare a seconda della tipologia dei documenti. I criteri da utilizzare nella creazione del *file* master devono garantire la riproduzione fedele del documento in vista della sua conservazione digitale a lungo termine o della necessità di una stampa di alta qualità, assicurando di non dover ripetere la digitalizzazione in futuro. I *files* derivati sono prodotti a partire dal *file* master e ottimizzati per differenti fruizioni da parte dell'utente. Sono normalmente ridimensionati e compressi, anche con perdita di informazione (ad esempio immagini in formato JPEG), per la più comoda fruizione ottenibile senza un'eccessiva perdita di qualità.

[39] La documentazione oggetto di digitalizzazione deve essere accompagnata da un elenco puntuale. I volumi rilegati devono essere elencati in ordine, con il titolo e un codice univoco che li identifichi: ogni volume deve riportare il numero di pagine (o di carte) ed eventuali note importanti per la riproduzione digitale (eventuali parti mancanti, la presenza di fogli mobili all'interno con le indicazioni se e come debbano essere digitalizzati). L'elenco deve sempre riportare le indicazioni per la corretta denominazione dei *files*.
Prima della digitalizzazione, la documentazione deve essere cartulata (o numerata). In caso di fogli sciolti, l'assenza della cartulazione rende impossibile verificare che l'operatore abbia correttamente digitalizzato tutti i documenti e che abbia mantenuto l'ordine dei documenti come li ha ricevuti. Inoltre, in caso di realizzazione affidata all'esterno, in mancanza di cartulazione diventa impossibile verificare che tutti i documenti siano stati correttamente restituiti.

esternamente, lo spostamento dei documenti deve essere autorizzato dalla Soprintendenza di competenza. L'eventuale trasporto deve essere effettuato a regola d'arte e coperto da polizza assicurativa specifica. Anche l'intero periodo di conservazione presso la sede della ditta esterna deve essere coperto da adeguata polizza assicurativa. Il rientro dei documenti deve essere comunicato alla Soprintendenza».

La tipologia e la natura della documentazione da digitalizzare può orientare la scelta. Invero, se si tratta di documentazione molto facile da digitalizzare, è più semplice organizzare il lavoro all'interno dei locali; ma se, diversamente, si tratta di documentazione molto difficile da riprodurre (si pensi, ad esempio, alle pergamene arrotolate con sigillo), «la manipolazione richiede molta attenzione e la competenza dell'operatore addetto alla digitalizzazione deve essere certamente maggiore». In questo secondo caso, è spesso più semplice trovare tale competenza presso ditte specializzate esterne. Come può leggersi nelle Linee guida, «la quantità di pagine da digitalizzare è un criterio dirimente, poiché i costi per l'avvio del progetto di digitalizzazione (*scanner*, *pc*, formazione del personale) possono essere significativi, risultando convenienti solo a fronte di un progetto di grandi dimensioni».

In ogni caso, «la produzione dell'immagine digitale non esaurisce il progetto di digitalizzazione». L'immagine viene generalmente prodotta nel suo formato Master (tipicamente in formato TIFF). Al termine della giornata - oppure completato un blocco di lavoro - è necessario effettuare i controlli di qualità, superati i quali l'immagine può essere sottoposta ad attività di post-produzione.

Per quanto riguarda, infine, i «Metadati», questi, nei progetti di digitalizzazione e nelle attività di gestione degli archivi di oggetti digitali, certamente rivestono una notevole importanza, «al punto da essere considerati parte integrante dell'Oggetto Digitale». La realizzazione di una collezione digitale richiede quindi un'attenta preparazione e compilazione dei progetti di digitalizzazione che - correttamente predisposti e realizzati – devono tenere conto dell'esigenza, assumendone la relativa responsabilità, di certificare l'integrità dei contenuti informativi, di conservarli e di mantenere inalterata nel lungo periodo la loro accessibilità da parte di una determinata comunità di utenti. Sia che siano prevalentemente orientati alla conservazione permanente dei contenuti informativi, sia che privilegino l'accessibilità, i progetti che prevedono un uso coerente dei metadati sono in grado, in una

parola, di garantire la qualità dell'informazione digitale e di porsi in una posizione più favorevole nel sollecitare i finanziamenti necessari a sostenere nel lungo periodo il proprio funzionamento. Esiste infatti un nesso molto forte fra qualità complessiva dei contenuti e sostenibilità dei progetti.

6.3. «Accessibilità delle immagini digitali sul Web» e «Conservazione» delle stesse a cura della CEI

Il «naturale completamento» di un progetto di digitalizzazione e di catalogazione risiede nella pubblicazione della banca dati e delle relative immagini su internet. «La fruizione delle banche dati e delle immagini deve essere effettuata con l'uso di strumenti appropriati al fine di evitare accessi e/o usi non autorizzati». «La qualità delle immagini deve essere sufficiente a consentire la fruizione a fini di studio ma non di riproduzione; è pertanto necessario operare una riduzione di qualità rispetto al formato Master di acquisizione e conservazione».

Nelle Linee guida può leggersi, a questo proposito, che «l'archivio o la biblioteca potranno disporre di un sito internet dedicato, oppure di uno spazio all'interno del sito dell'Istituzione a cui appartengono». «L'accesso alla banca dati delle riproduzioni digitali deve essere gratuito», sebbene possa rivelarsi opportuno prevedere la registrazione degli utenti che vi accedono per raccogliere informazioni e creare una "comunità" con cui avviare e promuovere un dialogo. «Il portale di riferimento per tutte le iniziative ecclesiastiche è BeWeB – Beni ecclesiastici in web (www.chiesacattolica.it/beweb), in cui convergono i progetti di catalogazione, inventariazione e digitalizzazione dell'intero patrimonio ecclesiastico italiano».

Può leggersi, infine, che: «gli istituti culturali sono tenuti a costituire un «archivio locale» con le immagini digitali originali in formato non compresso e devono predisporre 1 *server storage* interno ed un Hard Disk da inviare alla CEI, contenente tutte le immagini originali. La CEI, a sua volta, garantirà l'archiviazione sui propri sistemi di una doppia copia dei *files* contenuti nell'HD, inviato dalla diocesi, custodite in due siti fisicamente distinti dell'HD ricevuto».[40]

[40] Si avranno così tre copie delle immagini in tre siti distinti: una copia in diocesi su *server storage*, due copie sui sistemi CEI. Una volta copiatone il contenuto, l'HD inviato alla CEI verrà restituito alla diocesi che potrà riutilizzarlo per eventuali altri invii o altri servizi.

7. I musei ecclesiastici tra spiritualità, *virtual tour* e *morphing*

Non v'è dubbio che i profondi cambiamenti del mondo contemporaneo; il progresso in campo scientifico e tecnologico; la rivoluzione digitale; la diffusione di nuovi mezzi di comunicazione; di social *networks* e di linguaggi multimediali nonché la possibilità di accedere alle informazioni in rete in una società sempre interconnessa, oltre ad influire su diversi aspetti della vita quotidiana, si stanno ripercuotendo pure sulle istituzioni museali, costrette, in qualche caso, a "ridisegnare" le proprie strutture modificando anche il modo di comunicare[41].

La comunicazione, invero, è considerata ormai non soltanto un mezzo per il raggiungimento degli obiettivi di valorizzazione e divulgazione dei beni culturali, ma è essa stessa "ragione d'essere" di un museo che intenda farsi conoscere dal grande pubblico, entrare sempre più in relazione col mondo esterno e proporsi come accessibile, aperto ed inclusivo[42].

Forse non è un caso se, nel discorso rivolto agli operatori e alle operatrici che prestano servizio, anche volontario, nei musei ecclesiastici in Italia, Papa Francesco[43] - dopo avere definito questi ultimi come realtà accomunate da una medesima missione, ossia documentare visibilmente il percorso fatto lungo i secoli dalla Chiesa nel culto, nella catechesi, nella cultura e nella carità - ricorda che, così come il patrimonio naturale, anche il patrimonio storico, artistico e culturale è «parte dell'identità comune di un luogo e base per costruire una città abitabile»[44].

Questo, tuttavia, oggi risulta minacciato; è necessario, pertanto, «integrare la storia, la cultura, l'architettura di un determinato luogo e rendere tutto questo accessibile a tutti».

Papa Francesco si sofferma, in particolare, sul contributo che i musei possono offrire per migliorare la qualità della vita delle persone, creando spazi di relazione e occasioni per fare

[41] Sull'argomento si consenta il rinvio a M. Tigano, *Digitalizzazione e accessibilità: il futuro dei musei ecclesiastici*, in *Il patrimonio culturale e le sue immagini. Diritto, gestione e nuove tecnologie*. Atti del I Convegno della "Società italiana per l'ingegneria culturale" su "*L'utilizzazione economica delle immagini del patrimonio culturale*", Roma, 2022.

[42] Non a caso, il 24 agosto scorso, nell'ambito dell'Assemblea generale straordinaria dell'*International Council of Museums* (ICOM) tenutasi a Praga, è stata approvata la nuova definizione di museo che, rispetto alla precedente, aggiunge quanto segue: «Aperti al pubblico, accessibili e inclusivi, i musei promuovono la diversità e la sostenibilità. Operano e comunicano eticamente e professionalmente e con la partecipazione delle comunità, offrendo esperienze diversificate per l'educazione, il piacere, la riflessione e la condivisione delle conoscenze».

[43] Francesco, *Discorso agli operatori e alle operatrici dei musei ecclesiastici*, del 24 maggio 2019, consultabile in *www.vatican.va*.

[44] Il richiamo è a Francesco, *Lettera enciclica* Laudato sì *sulla cura della casa comune* del 24 maggio 2015 in *www.vatican.va*.

comunità: «Nei grandi centri come nelle piccole città, il museo sostiene la consapevolezza di una identità che "fa sentire a casa". Sempre e per tutti aiuta ad alzare lo sguardo sul bello».

Chiosa a questo proposito il Pontefice: «I musei in cui operate rappresentano il volto della Chiesa, la sua fecondità artistica e artigianale, la sua vocazione a comunicare un messaggio che è Buona Notizia. Un messaggio non per pochi eletti, ma per tutti. Tutti hanno diritto alla cultura bella, specie i più poveri e gli ultimi, che ne debbono godere come dono di Dio».

Nella prospettiva di apertura, inclusione e accessibilità, auspicata a Papa Francesco, meritano speciale sottolineatura tutte quelle iniziative - intraprese da musei ecclesiastici sia di piccole che di medie dimensioni - finalizzate a rendere fruibile il proprio patrimonio storico e artistico per il tramite delle nuove tecnologie digitali.

Si può citare, a tale proposito, la recente esperienza dei Musei Ecclesiastici Umbri (MEU) che, grazie al progetto «IncontrArti oltre l'immagine», realizzato con il contributo della Regione Umbria, hanno organizzato una serie di iniziative online per fare conoscere la storia del proprio patrimonio storico e artistico. Si tratta, in particolare, di nove *virtual tour* immersivi resi possibili con l'uso delle tecnologie più avanzate e di prodotti altamente innovativi che consentono al "turista" di ammirare, anche a distanza, la storia e le opere custodite all'interno dei nove musei aderenti all'iniziativa[45]. Un metodo del tutto nuovo per visitare i musei e un grande salto in avanti per la divulgazione e la fruizione museale attraverso uno strumento che, peraltro, si prefigge di abbattere le barriere architettoniche per i disabili.

Ancora nella Regione Umbria, un altro progetto che merita certamente di essere menzionato è quello del Museo dell'Opera del Duomo di Orvieto (MODO) che, grazie alla nuova esperienza multimediale della realtà aumentata, è capace di catturare l'attenzione dei visitatori e fare conoscere in modo inedito le opere del pittore italiano Luca Signorelli, considerato tra i maggiori interpreti della pittura rinascimentale[46].

[45] Con l'aiuto di Skylab Studios, il MEU (Musei Ecclesiastici Umbri) ha potuto realizzare nove *tour* virtuali, uno per ciascun museo aderente all'iniziativa, per permettere a tutti di ammirare, anche da casa, la bellezza dei musei ecclesiastici umbri. Grazie al *tour* virtuale, è possibile "passeggiare" nei corridoi del museo, osservare le opere da vicino e conoscerne la loro storia grazie ad appositi pulsanti informativi. Per rendere l'esperienza ancora più immersiva, sarà sufficiente indossare un Visore VR o un *cardboard* ed essere trasportati dalla tecnologia nel luogo che si desidera visitare.

[46] Skylab Studios ha realizzato un percorso interattivo dedicato alle opere di Signorelli all'interno del MODO. Si tratta, in particolare, del doppio ritratto dipinto su una tegola romana in laterizio che raffigura l'artista insieme

Per il tramite dell'uso della realtà aumentata, invero, il visitatore riceverà notizie e approfondimenti sulle opere d'arte contenute nel museo, e, nel caso specifico dell'autoritratto di Luca Signorelli, sarà proprio l'artista a "prendere vita" raccontando la propria storia grazie ad una tecnica di *morphing* facciale che consente all'opera di "animarsi" e interagire con il pubblico.

8. Bibliografia

Azzimonti C., *I beni culturali ecclesiali nell'ordinamento canonico e in quello concordatario italiano*, Bologna, 2001.

Berlingò S., *Le biblioteche e gli archivi ecclesiastici*, in *Beni culturali e interessi religiosi*, Atti del Convegno (Napoli, 26-28 novembre 1981), Napoli, 1983.

Berlingò S., *I consigli pastorali*, in *Il Dir. eccl.*, Pisa-Roma, 1991, 111 ss.

Chizzoniti, A.G., *L'intesa del 26 gennaio 2005 tra Ministero per i beni e le attività culturali e la Conferenza episcopale italiana. La tutela dei beni culturali di interesse religioso appartenenti a enti e istituzioni ecclesiastiche tra continuità e innovazione,* in *Quad. dir. pol. eccl.*, 2005, 2, 392 ss.

Chizzoniti A.G., *I musei ecclesiastici: profili normativi*, in Fumagalli Carulli O., Chizzoniti A.G. (a cura di), *I musei ecclesiastici: organizzazione, gestione, marketing*, Milano, 2008, 47 ss.

Denuzzo A., *L'ingresso dei musei ecclesiastici nel novero dei beni culturali: alcune riflessioni nella prospettiva del diritto costituzionale*, in *Stato, Chiese e pluralismo confessionale*, Rivista telematica, 18 luglio 2013.

Fumagalli Carulli O., *Il Magistero pastorale della memoria e della bellezza: i musei ecclesiastici in Lombardia*, in Fumagalli Carulli O., Chizzoniti A.G. (a cura di), *I musei ecclesiastici: organizzazione, gestione, marketing*, Milano, 2008, 3 ss.

Franceschi F., *L'accesso alle chiese aperte al culto; fruizione cultuale, fruizione turistica, questione del ticket,* in *Stato, Chiese e pluralismo confessionale*, Rivista telematica, 27 ottobre 2014, 46 ss.

al camerlengo Niccolò d'Agnolo Franchi e la grande tavola della bellissima Santa Maria Maddalena che diventano "speciali" e interattive. Accanto alle due opere, infatti, si trova una placca interattiva dotata di *Qr Code* che consente al proprio smartphone di scaricare Linkar, l'app creata per la realtà aumentata e virtuale. Linkar riconosce l'opera d'arte che si sta inquadrando rendendola interattiva con il pubblico.

Francesco, *Discorso agli operatori e alle operatrici dei musei ecclesiastici*, del 24 maggio 2019, consultabile in *www.vatican.va*.

Francesco, *Lettera enciclica* Laudato sì *sulla cura della casa comune* del 24 maggio 2015 in *www.vatican.va*.

Gardini G., *I musei ecclesiastici alla prova del futuro*, in *Avvenire.it* del 19 settembre 2021.

Giovanni Paolo II, Costituzione Apostolica *Pastor Bonus* sulla Curia Romana, 28 giugno 1988, in *www.vaticanva.va*

Giovanni Paolo II, *Messaggio ai partecipanti all'Assemblea Plenaria della Pontificia Commissione per i beni culturali della Chiesa*, 25 settembre 1997, n. 4, in *www.press.catholica.va*.

Piacenza M., Saluto in apertura del Convegno "*Il futuro dei musei ecclesiastici italiani*", Bologna, 28 ottobre 2005, in *www.vaticanva.va*.

Pontificia Commissione per i Beni Culturali della Chiesa, *Lettera ai Vescovi diocesani*, *La funzione pastorale dei musei ecclesiastici*, Città del Vaticano, 15 agosto 2001, in *Enchiridion dei beni culturali della Chiesa. Documenti ufficiali della Pontificia Commissione per i Beni Culturali della Chiesa*, Bologna, 2002, 464 ss.

Roccella A., *La nuova Intesa con la Conferenza episcopale italiana sui beni culturali d'interesse religioso,* in *Aedon*, *Rivista di arte e diritto online*, n. 1, 2006.

Tigano M., *I musei ecclesiastici tra salvaguardia della memoria e funzione pastorale*, in *Il Dir. eccl.*, Pisa-Roma, 1-2/2021, 49 ss.

Tigano M., *Tra economie dello Stato ed "economia" della Chiesa: i beni culturali di interesse religioso*, Napoli, 2012.

Tigano M., *Digitalizzazione e accessibilità: il futuro dei musei ecclesiastici*, in *Il patrimonio culturale e le sue immagini. Diritto, gestione e nuove tecnologie*. Atti del I Convegno della "Società italiana per l'ingegneria culturale" su "*L'utilizzazione economica delle immagini del patrimonio culturale*", Roma, 2022.

Trasformazioni sociali e relazioni familiari tra autonomia (patrimoniale) e istanze solidariste

Chiara Capomolla

I RAPPORTI INTERPERSONALI TRA IMMANENZA STORICA E TRADIZIONE GIURIDICA

1. Prospettiva diacronica ed assiologica. – 2. La tendenziale cristallizzazione dei principi e le riforme attuate. – 3. La penetrazione nel sistema di strumenti di origine anglosassone. – 4. I nuovi strumenti di tutela degli incapaci: la l. n. 112/2016.

1. Prospettiva diacronica ed assiologica

La cristallizzazione di principi ed istituti giuridici spesso confligge con i mutamenti socio-economici.

Il concetto d'interesse[1] è il «*trait d'union tra l'uomo e il diritto*»[2] e dunque tutti i campi giuridici sono caratterizzati da un'inevitabile simbiosi tra le esigenze del gruppo organizzato e gli strumenti giuridici che le interpretano[3].

L'ambito familiare ed il successorio (al primo strettamente correlato) evidenziano la fluidità delle norme in relazione al continuo divenire degli interessi della comunità sociale[4]; di ogni altro settore palesano prepotentemente la necessità di adeguamento di fronte alla trasformazione della ricchezza e alla ricerca di differenti modi (e ragioni) per la sua trasmissione, alla complessità dei legami interpersonali anche generazionali, all'incremento di elementi di transnazionalità nei rapporti e, certamente non ultima, all'esigenza della tutela solidaristica del soggetto.

Conoscere il passato può servire a capire il presente, posto che la prospettiva diacronica si lega sempre indissolubilmente a quella assiologica. Affermare che tra la famiglia, il diritto di

[1] A. Falzea, *Introduzione alle scienze giuridiche. Il concetto del diritto*, 6ª ed. ampl., Milano 2008, 500, 380, 498; V. Scalisi, *Dalla Scuola di Messina un contributo per l'Europa* in *Rivista di diritto civile*, 1/2012.
[2] V. Scalisi, *Conclusioni -Angelo Falzea: per un diritto al servizio dell'uomo,* in Rivista di diritto civile 4/2017, 1081
[3] S. Favaro, *Salvatore Pugliatti giurista: per un diritto tra sistema e storia*, Trieste, EUT Edizioni Università di Trieste, 2013, si sofferma sugli studi del Prof. Pugliatti ed in specie sul dualismo "astratto-concreto" e sui nessi tra le costruzioni sistematiche del diritto e la storia nel suo divenire.
[4] G. Cassano (Cur.), *La famiglia dopo le riforme*, 2015.

proprietà[5] e le successioni sussistono evidenti connessioni non è sufficiente, occorre prima comprendere in che termini la famiglia abbia costituito il fondamento dell'assetto socio-politico di una data epoca storica[6] e solo dopo si coglieranno le funzioni che, in relazione a tale ruolo, le norme miravano a realizzare nel tempo. Tali connessioni si colgono in modo immediato osservando la famiglia romana delle origini. È noto che essa è indubbiamente «*un organismo sociale di natura politica* [in cui] *i poteri del "pater familias … non possono concepirsi se non come funzioni sociali*»[7]; la trasmissione ereditaria assolve al ruolo di non disperdere non solo e non tanto il patrimonio, quanto la tendenziale perpetuità della *gens*[8].

Nel tempo i rapporti cognatizi s'impongono su quelli agnatizi ed i rapporti successori assumono uno scopo più prettamente (ma meramente) patrimonialistico[9]. Sino all'entrata in vigore della Costituzione, lo Stato si rispecchierà in un'idea di famiglia chiusa e sessista[10], protesa alla formazione e tutela della ricchezza (fondamentalmente immobiliare) da trasmettere più integra possibile per assicurare ora la potenza della famiglia ora la sua stabilità e capacità d'investimento. Il formante legislativo mirerà a «*…istituzionalizzare i doveri personali e patrimoniali verso il coniuge e verso i figli*»[11] ed il formante giudiziale acquisirà rilievo fondamentale sul presupposto che il procedimento giurisdizionale sia garanzia di realizzazione delle tutele previste dalla regolamentazione dei rapporti familiari[12].

[5] S. Ciccarello, *Persona e successione ereditaria*, Napoli, 1994, 169 ss.

[6] F. Lamberti, *La famiglia romana e i suoi volti: pagine scelte su diritto e persone in Roma antica*, Giappichelli, 2014,13 ss.

[7] P. Bonfante, *Scritti giuridici varii*, I, Aracne, 2007, 33; per A. Burdese, *Manuale di diritto privato romano*, IV ed. UTET giur., 2015, 225 la "*familia*" romana delle origini è intesa come un complesso di beni, di culti, di tradizioni ed anche di persone, *"un'entità trascendente i suoi membri"* la cui unità è affidata al *pater* i cui poteri sono funzionali a garantire ai membri della compagine autosufficienza e soddisfazione dei bisogni.

[8] In questo momento storico l'espressione "*heredes necessarii"* ha un significato completamente diverso da quello attuale: oggi significa che chi si accinge a disporre per dopo la sua morte deve tener conto delle riserve previste dalla legge, allora significava non potersi sottrarre al ruolo di continuatore della casa, il compito era irrinunciabile (cfr. S. Puliatti, *De cuius hereditate agitur. Il regime romano delle successioni*, Torino, 2016, 9: «La loro è una *continuatio dominii* più che una *hereditas* vera e propria»)

[9] Significativamente solo il "*droit intermédiaire*" affermerà istanze di uguaglianza, sopprimendo la pratica del maggiorasco e le sostituzioni fedecommissarie e limitando anche fortemente la possibilità di fare testamento dato che la successione legittima affermava la parità tra figli maschi e femmine e tra legittimi e naturali (cfr. L. Luzi, *Riflessioni su matrimonio civile e divorzio all'epoca della rivoluzione francese*, in www.storiamediterranea.it, 28 agosto 2011, 310-311)

[10] G. Cassano, *Il diritto di famiglia nei nuovi orientamenti giurisprudenziali*, MI, 2006, 7 ss.

[11] C.M. Bianca, *Diritto civile*, vol. II, Mi, 1989, 33

[12] Per un'interessante riflessione sui formanti nel settore in esame cfr. U. Salanitro, *Ordinante e società. Appunti sui formanti del diritto di famiglia (a proposito di una riflessione di Alberto Benedetti*), 2021, Ius civile.

Solo con l'entrata in vigore della Carta Costituzionale (ed in specie attraverso un'adeguata interpretazione dell'art.2) si «*…recupererà la dimensione privatistica della dialettica individuo-gruppo*»[13]. In quest'ottica, il portato profondamente innovativo dei principi fondamentali della Costituzione avrebbe dovuto rimettere al centro l'individuo e i suoi bisogni ed avere un impatto dirompente sia sulle norme relative alla famiglia, sia su quelle successorie. Non si vuole qui stigmatizzare solo la tardività di alcune riforme, quanto piuttosto la difficoltà, tuttora riscontrabile, di passare dal concetto di «*famiglia degli affetti*» a quello, veramente innovativo, di «*affettività solidale*»[14]; l'impianto costituzionale imporrebbe la riforma delle tradizionali categorie giuridiche del soggetto, dell'oggetto e del rapporto tra soggetto e bene per dare spazio alla concreta valutazione delle qualità del soggetto e accordargli una tutela rafforzata in presenza di posizioni sociali o bisogni personali particolarmente meritevoli di considerazione[15].

2. La tendenziale cristallizzazione dei principi e le riforme attuate

I cambiamenti, tuttavia, sono sovente accompagnati da accesi dibattiti perché non è facile l'individuazione dei valori immanenti e il livello di condivisione, tanto che, spesso, i provvedimenti adottati sono frutto di evidenti compromessi. Le riforme realizzate sono importantissime: basti pensare, in ambito familiare alla L. n. 151/1975, alla L. n. 219/2012, al d.lgs n.154/2013, alla L. n.76/2016 che hanno avuto un impatto notevole anche in ambito successorio, tuttavia traducendosi, sovente, in un mero allargamento dei successibili. Più significative la L.n.80/2005 (che introduce una possibile differenziazione della destinazione dei beni in considerazione della loro natura) e la L. n.112/2016 (che rappresenta un primo tentativo di differenziazione soggettiva a tutela di soggetti deboli). Tuttavia, rimangono insolute molte problematiche[16], la permanente e consistente compressione dell'autonomia

[13] M. C. Andrini, *Convenzioni matrimoniali, accordi di separazione e di divorzio*, p 1, Atti del convegno "Un nuovo diritto di famiglia in Europa" 31.05.2005, https://www.cortedicassazione.it/, 1.
[14] C. Mazzù, *Il diritto civile all'alba del terzo millennio*, Vol. I, Torino, 2011, 24 s.
[15] C. Mazzù, *Proprietà e società pluralista*, Milano, 1983,167 s.
[16] A mero titolo di esempio, possono citarsi, in ambito familiare, gli accesi dibattiti sulla procreazione assistita, sul concetto di genitorialità, sulle adozioni, sull'autonomia contrattuale dei coniugi; in ambito successorio, A. Falzea, *Relazione introduttiva*, in Tradizione e modernità nel diritto successorio. Dagli istituti classici al patto di famiglia, a cura di S. Delle Monache, Padova, 2007, 5 individua, tra i temi rimasti senza adeguate risposte, l'assenza di un'articolazione delle norme successorie che tenga conto dell'età e delle condizioni di salute del legittimario, nonché dei suoi rapporti con il *de cuius* e correlativamente una regolamentazione dei concorsi non

contrattuale e testamentaria limita in modo pregnante la possibilità di valutare adeguatamente, in campo familiare e successorio[17], le qualità ed i bisogni dei soggetti protagonisti.

3. La penetrazione nel sistema di strumenti di origine anglosassone

Il punto è come realizzare le nuove istanze solidaristiche: ritenere che l'autonomia privata debba acquistare maggiore importanza[18] in un bilanciamento assiologico con gli altri valori, conduce alla penetrazione nel sistema di strumenti di origine anglosassone che consentono - sia in ambito familiare, sia al momento della trasmissione *post mortem* della ricchezza - di meglio modellare gli atti dispositivi alle concrete necessità dei soggetti deboli.

È dunque sempre più frequente il ricorso a trust familiari e trust in funzione successoria[19] nonostante la difficile compatibilità di tale strumento con vari istituti della nostra tradizione giuridica[20].

sempre appropriata nonchè la mancanza di aggiornamento legislativo in relazione alla capacità successoria dell'embrione anche alla luce delle nuove tecniche di fecondazione assistita.

[17] M. Palazzo, *L' autonomia in materia patrimoniale nella vicenda successoria*, in Giustizia Civile, fasc. 3, 1 marzo 2019, 524 il quale sottolinea che, al di là di qualche rara eccezione, all'interno del diritto successorio non si è realizzata una "*ri-lettura*" costituzionalmente orientata. F. Gazzoni, *Competitività e dannosità della successione necessaria (a proposito dei novellati art. 561 e 563 c.c.)*, in Giust. Civ., fasc. 1, 2006, 3 «L'Italia,…è rimasta, con qualche lieve deroga in sede di riforma del diritto di famiglia, all'epoca tribale, quando la trasmissione della ricchezza avveniva per stirpi e con indisponibilità assoluta della vicenda successoria.»

[18] A. Spadafora, *La crisi familiare nel limbo della separazione: essere o non essere?*, Diritto di Famiglia e delle Persone (Il), fasc.1, 1 marzo 2021, 180 «L'ordinamento si riserva la descrizione della cornice assiologica di riferimento, nel perimetro della quale la privata autonomia rivendica un ambito operativo affatto nuovo, a tal punto esteso da consentire un'effettiva "personalizzazione" del rapporto, in virtù di una nomopoiesi tutta interna, che permetta di assecondare la visione condivisa della vicenda familiare.»

[19] F. Di Ciommo, *I trusts familiari* in Trattato di diritto di famiglia diretto da G. Bonilini V.II, 2016, 5; S. Clericò, *Il trust (autodichiarato) ed il fondo patrimoniale: due istituti sovrapponibili?*, In Riv. Not., 2007, 228; F. Patti, *I trusts: utilizzo nei rapporti di famiglia*, in Vita not., 2003, 4 ss.; G. Oberto, *Trust e autonomia negoziale nella famiglia (parte prima)*, in Fam. dir., 2004, 201 ss.-310

[20] In particolare il trust presenta elementi d'incompatibilità: con i diritti reali (P. Spolaore, *Azione revocatoria di atto istitutivo di trust tra "disposizione", "separazione" e "protezione"*, in Banca Borsa Titoli di Credito, fasc.1, 2021, 87 ss.); con il sistema successorio in specie per il divieto di fedecommesso e di patti successori e per le possibili lesioni della quota di legittima, (C. Romano, *Gli effetti del trust oltre la morte del disponente: dal trust in funzione successoria al trust testamentario*, in Notariato n. 6/2014, 599); con la nozione di soggettività (C. Mazzù, *La soggettività contingente*, VII Congresso giuridico Forense per l'aggiornamento professionale, Roma, 2012, in www.comparazionedirittocivile.it); con l'art. 2740 (il trust produce l'effetto di non aggredibilità del *trust found* da parte dei creditori)

Non s'intende qui soffermarsi sulla descrizione della fattispecie (che, peraltro, si articola in svariate tipologie tanto da indurre gli studiosi del settore[21]a sostenere che sia più corretto parlare di trusts al plurale), bensì evidenziarne l'attitudine a realizzare esigenze meritevoli di tutela nei rapporti interpersonali, ad essere strumento perequativo in presenza di differenze concrete tra i soggetti e di diversi bisogni.[22]

La prassi ci mostra che in ambito familiare sono istituiti trust sia per la gestione del patrimonio familiare[23], sia in occasione della crisi coniugale[24], confermando, dunque, che «*il passaggio dalla «concezione istituzionale» alla «concezione costituzionale» della famiglia", ha comportato la possibilità del ricorso ad accordi di natura negoziale*"[25].»

In merito, occorre ricordare che le Sezioni Unite, affrontando la questione relativa all'ammissibilità di accordi di separazione o di divorzio contenenti il trasferimento di beni immobili, hanno emesso la sentenza n. 21761/2021 nella quale hanno sposato la tesi che gli accordi possano presentare non solo il contenuto "necessario"[26] ma anche una parte negoziale avente ad oggetto trasferimenti di proprietà su immobili o altri diritti reali. In quest'ottica, il trust potrebbe offrire peculiari vantaggi per la composizione delle tensioni endofamiliari: il conferimento dei beni impedisce che possano essere oggetto di ulteriori atti di disposizione e sottratti allo scopo, rende i beni non aggredibili dai creditori del disponente, rappresenta una forma molto garantita di esecuzione degli obblighi di mantenimento. Occorre, tuttavia, considerare che, dal momento che la struttura costitutiva del trust si articola in un atto istitutivo con portata programmatica e negli atti di disposizione con cui il trustee è investito

[21] M. Lupoi, *Trusts*, Milano, II ed.,2005, 855; C. Romano, *Gli effetti del trust oltre la morte del disponente: dal trust in funzione successoria al trust testamentario,* in Notariato n. 6/2014, 598 parla di «*estrema versatilità strutturale e funzionale*». In merito, si segnala, altresì, C. Mazzù, 2011, 143 s.: «…. stiamo assistendo ad una pluralizzazione delle funzioni dello schema del *trust*, che diventa uno strumento multifunzionale (….)dal *trust* ai *trusts*, come dalla proprietà alle proprietà.»

[22] S. Delle Monache, *Abolizione della successione necessaria?*, in Riv. Notariato fasc. 4, 2007, 815 ss.

[23] MG. Monegat, *La protezione del patrimonio del minore è assicurata da un trust*, in Trusts e attività fiduciarie, 2013, 488

[24] Trib. Siracusa, decreto 17 aprile 2013

[25] G. Oberto, *I contratti della crisi coniugale*, I, Milano, 1999, 116 ss.

[26] La sentenza citata riferisce l'opposta tesi più restrittiva per la quale «…gli accordi tra i coniugi in sede di divorzio congiunto o di separazione consensuale non potrebbero avere un contenuto diverso da quello necessario, che si riferisce nel dettato delle norme che disciplinano le due diverse fattispecie all'affidamento dei figli minori ed al loro mantenimento, all'esercizio della responsabilità genitoriale, all'assegnazione della casa coniugale, all'eventuale mantenimento del coniuge, e comunque alla disciplina di tutte quelle situazioni che avrebbero potuto costituire oggetto della statuizione del giudice.»

della titolarità dei beni, se il settlor non procede ai programmati trasferimenti si potrebbe porre un problema di esecuzione dell'accordo, con scarsa tutela dei beneficiari; analoga situazione si potrebbe verificare nel caso di esperimento vittorioso da parte dei creditori dell'azione revocatoria o di nullità (il trust, infatti, grazie all'effetto segregativo consente di opporre il vincolo ai creditori del disponente, ma questi -qualora ne ricorrano i presupposti- potranno agire con le menzionate azioni[27]).

Anche in campo successorio la legge pone rigidi limiti all'autonomia patrimoniale sulla base di scelte valoriali apprezzabili ma, oggi, sicuramente non adeguate alla "fluidità" e complessità dei rapporti[28]. Il "minisistema" successorio, nonostante i sopra citati interventi legislativi, resta fondamentalmente ancorato al principio di unità delle successioni. Anche il ricorso allo strumento donativo è altamente insufficiente alla realizzazione della volontà del donante perché il donatario rimane esposto al rischio dell'esercizio vittorioso dell'azione di riduzione da parte del riservatario pretermesso o leso, con la conseguenza ulteriore di rappresentare un vulnus alla certezza e alla stabilità della circolazione della ricchezza, vulnus non risolto dalla recente riforma artt. 561 e 563 c.c.[29].

4. I nuovi strumenti di tutela degli incapaci: la l. n. 112/2016

L'impossibilità di differenziare il trattamento successorio mostra i suoi limiti specialmente qualora si debbano considerare le speciali esigenze dei soggetti fragili. I tradizionali strumenti di tutela degli incapaci[30] previsti dal nostro codice civile (interdizione, inabilitazione e

[27] Oberto G., *I contratti*, cit., 634 ss.-709 ss. chiarisce che ai fini dell'esperibilità dell'*actio pauliana* è necessaria una corretta qualificazione dell'atto quale atto a titolo gratuito, a titolo oneroso ovvero atto dovuto. Sul punto cfr. Cass. Civ., n. 25423/2019; Cass. Civ., ord. n. 9320/2019

[28] Non può disconoscersi che, in un diritto privato costituzionalmente orientato, la visione pluralista, da tempo ormai riferita all'istituto giuridico della proprietà (S. Pugliatti, *La proprietà e le proprietà*, in *La proprietà nel nuovo diritto*, Milano, 1964, 145) dovrebbe investire anche la famiglia: V. Scalisi, *La "famiglia" e le "famiglie"*, in Categorie e istituti del diritto civile dalla transazione al postmoderno, Milano, 2005, 211 ss.; E. Quadri, *Matrimonio, unione civile, convivenze*, in NGCC n. 1/2020, 138 ss.; P. Rescigno, *La famiglia tra autonomia e regole giuridiche* in Studi in onore di Marco Comporti Vol. III, 2008, 2295; P. Rescigno, *Le famiglie ricomposte: nuove prospettive giuridiche*, in Familia, 2002, 1 ss.

[29] La nuova disciplina degli artt. 561 e 563 c.c. è stata introdotta dal d.l. n. 35/2005, convertito nella l. n. 80/2005 (cfr. S. Delle Monache, *Tutela dei legittimari e limiti nuovi all'opponibilità della riduzione nei confronti degli aventi causa dal donatario*, in Riv. notar., 2006, I, 305 ss.)

[30] A. C. Di Landro, *La destinazione patrimoniale a tutela dei soggetti deboli. Riflessioni sulla legge 112/2016 in favore delle persone con disabilità grave*, in Le nuove leggi civili commentate, n. 1/2017, 47 ss.

amministrazione di sostegno) non sono validi per predisporre un adeguato programma di assistenza per i peculiari bisogni futuri.

Nell'encomiabile tentativo di dare ingresso a strumenti nuovi di tutela degli incapaci rispetto a quelli tradizionali, nel 2006 (legge n. 51/2006) viene inserito, nel codice civile, l'art. 2645 *ter*[31]. Ma la novità più incisiva è rappresentata dalla successiva legge 112/2016, significativamente nota come legge sul "Dopo di noi" che - a favore dei "disabili gravi" ex art.3, comma 3 L. 104/1992 -menziona espressamente (art. 6) figure negoziali sinora controverse, quali il trust[32] e il contratto di affidamento fiduciario[33].

Il trust è sempre più diffuso come strumento alternativo al testamento[34]. Il settlor infatti, non solo indica il beneficiario ed individua i beni, ma ha l'opportunità di configurare un programma di assistenza da lui predisposto e non già da altri: nel caso di testamento[35], invece, gli incapaci ottengono, alla morte dei genitori, una titolarità meramente formale dei beni, ma la gestione affidata al tutore o al curatore o all'amministratore di sostegno ed assoggettata al sistema di autorizzazioni giudiziali è scarsamente flessibile e, soprattutto, comporta eterodeterminazione nelle scelte future di cura.

Nella legge "Dopo di noi", tuttavia, mancano norme di coordinamento con l'attuale sistema successorio[36] e, dunque, le varie tipologie in cui può articolarsi il trust devono tutte,

[31] M. A. Astone, *Destinazione di beni allo Scopo. Fattispecie ed effetti*, Milano, 2010; A. Di Sapio, *Patrimoni segregati ed evoluzione normativa: dal fondo patrimoniale all'atto di destinazione ex art. 2645*-ter, in *Dir. fam. pers.*, 2007, 1257 ss.; A. C. Di Landro, *L'art. 2645*-ter *c.c. e il trust. Spunti per una comparazione*, in *Riv. notar.*, 2009, I, 583 ss.; G. Perlingieri, *Il controllo di «meritevolezza» degli atti di destinazione* ex *art. 2645* ter *c.c.*, in *Notariato*, 2014, 11 ss.

[32] D. Muritano, *La Legge n. 112/2016 sul "Dopo di noi": impressioni, proposte", Studio n. 3-2017/C,* in Studi e Materiali 1-2/2017, Consiglio Nazionale del Notariato, Wolters Kluwer, 126: «Il trust cui si riferisce l'art. 1, dovrebbe essere (recte: non può che essere), l' istituto di cui parla l' art. 2, comma 1, della Convenzione dell' Aja dell' 1 luglio 1985, ratificata con Legge 16 ottobre 1989, n. 364. Se ciò è vero, il dibattito, dottrinale e giurisprudenziale, relativo all'ammissibilità o meno della figura negoziale nota come trust interno, a seguito dell'entrata in vigore della Legge n. 112/2016 dovrebbe considerarsi definitivamente concluso»

[33] L. Salvatore, *Il trust nella legge del "Dopo di noi" e la tutela dei legittimari*, in Trusts e attività fiduciarie, Gennaio 2019, 15, rileva che il «…contratto di affidamento fiduciario [è] figura di "creazione dottrinale" non tipizzata dal legislatore ma presupposta dalla legge del "Dopo di noi"»; M. Lupoi, *Il contratto di affidamento fiduciario*, Rivista del Notariato- LXVI 2012, 517-523

[34] D. Muritano, C. Romano, *Il trust in funzione successoria tra divieto dei patti successori e tutela dei legittimari,* Consiglio Nazionale del Notariato Studio n. 219-2019/C, 6-7

[35] B. Franceschini, *L'interesse prevalente e la tutela dei legittimari*, relazione al Convegno "Trust in favore dei soggetti deboli" Lecco 26 marzo 2009, 1

[36] A. C. Di Landro, *La destinazione patrimoniale*, cit., 19: «Non è stato previsto, peraltro, alcun coordinamento con le misure a tutela dei soggetti deboli, né alcuna norma relativa ai profili successori, nonostante da più parti

comunque, soggiacere ad un esame di compatibilità con le attuali norme interne[37]. Dovendo restringere il campo d'indagine, è opportuno accennare solo ad una fondamentale distinzione: il trust con funzione successoria può essere costituito per atto tra vivi, oppure può assumere la forma testamentaria[38]. Nel primo caso, l'istituto si confronta con il divieto dei patti successori e, qualora vi si rinvenga una donazione indiretta, con la tutela dei legittimari. Il secondo caso presenta profili ancora più complessi.

Il trust in funzione successoria è costituito per atto *inter vivos* ma destinato ad avere effetti dopo la morte del disponente. Un tale schema negoziale sembra violare il divieto di patti successori ex art. 458 cod.civ., ma esso riesce a superare il necessario vaglio ove si consideri l'attualità dell'insorgenza delle posizioni giuridiche[39]. Resta, tuttavia, l'altro problema: se il trust viene qualificato come donazione indiretta, potrebbe essere lesivo dei diritti dei

fosse richiesta una esplicita presa di posizione sulla impermeabilità dei trasferimenti indicati rispetto alla disciplina successoria e un conseguente rafforzamento del regime agevolativo.»

[37] F.L. Risso, D. Muritano, *Il trust: diritto interno e Convenzione de L'Aja. Ruolo e responsabilità del notaio,* in E. Q. Bassi – F. Tassinari, *I trust interni e le loro clausole* (a cura di), Roma, Consiglio Nazionale del Notariato, 2007,15*: «*Giova ricordare in proposito l'articolo 15, comma 1 della Convenzione, il quale contiene una clausola generale di salvaguardia delle norme imperative della legge cui rinviano le regole di conflitto del foro, e una lista a carattere esemplificativo di disposizioni la cui violazione conduce al non riconoscimento del trust. Nella traduzione non ufficiale, la norma recita:
"La Convenzione non ostacolerà l'applicazione delle disposizioni di legge previste dalle regole di conflitto del foro, allorché non si possa derogare a dette disposizioni mediante una manifestazione della volontà, in particolare nelle seguenti materie:
a) la protezione di minori e di incapaci;
b) gli effetti personali e patrimoniali del matrimonio;
c) i testamenti e la devoluzione dei beni successori, in particolare la legittima;
d) il trasferimento di proprietà e le garanzie reali;
e) la protezione di creditori in casi di insolvibilità;
f) la protezione, per altri motivi, dei terzi che agiscono in buona fede"»

[38] D. Zanchi, *Trust testamentario*, in Petrelli (cur.), *Formulario notarile commentato*, diretto da G. Bonilini, VII, I, Milano, 2011, 56 ss.

[39] D. Muritano e C. Romano, *Il trust in funzione successoria*, cit., 11 s. : «…non si ha atto *mortis causa*, ma atto *post mortem* quando la morte non penetri nella giustificazione causale dell'attribuzione, ma costituisca soltanto termine o condizione, e dunque modalità della stessa….. può dirsi che detto sforzo ricostruttivo conduce ad escludere che il trust realizzi una devoluzione *mortis causa* di sostanze del disponente. Militano, invero, in tal senso diverse considerazioni. Osservando la vicenda effettuale che trae origine dal trust, viene in considerazione in primo luogo l'immediato passaggio dei beni nella sfera giuridica del trustee, realizzandosi così il dato dell'attualità dello spoglio da parte del settlor, che perde la titolarità dei beni e la disponibilità di essi quando è ancora in vita. A fronte del trasferimento dei beni al trustee, sorge un diritto soggettivo (di natura obbligatoria) dei beneficiari, di reddito o di capitale, ben diverso dalla "aspettativa di fatto" che, prima dell'apertura della successione, può essere vantata da chi ritiene di poter maturare diritti successori.»

legittimari. Le donazioni, sia dirette che indirette, sono soggette a riunione fittizia, collazione, eventuali riduzioni e revocazioni[40].

Il trust può poi essere in forma testamentaria, cioè l'istituzione è racchiusa in una scheda testamentaria. In questo caso le problematiche si pongono in relazione al divieto di sostituzione fedecommissaria, alla qualificazione dei soggetti del programma negoziale ed, ancora, alla tutela dei legittimari.

Per quanto concerne il divieto di sostituzione fedecommissaria, non vi è una doppia chiamata da parte del *de cuius* in quanto il beneficiario riceverà i beni dal trustee in virtù di un atto *inter vivos solutionis causa* (è opportuno notare che egli potrebbe addirittura ricevere, a seguito della gestione e dell'impiego da parte del trustee, beni diversi rispetti a quelli costituiti in trust).

Più complessa è senza dubbio la qualificazione del ruolo dei soggetti ed in particolare su chi possa essere ritenuto erede. Se si considera erede il trustee (sebbene gravato dall'onere di adempiere alle obbligazioni nei confronti del beneficiario), egli dovrebbe accettare l'eredità, mentre sappiamo che il trustee, anche nel trust testamentario, assume il ruolo in virtù dell'accettazione dell'incarico[41]; lo stesso diritto del beneficiario dipende dalla concreta assunzione dell'incarico da parte del trustee e, quindi, neanche il beneficiario può considerarsi erede. Il trust testamentario stride, dunque, con gli ordinari schemi di istituzione di erede o

[40] G. Iervolino, *La donazione effettuata esclusivamente mediante operazione bancaria è nulla - Riflessioni sulla Sentenza della Corte di Cassazione a Sezioni Unite n. 18725 del 27 luglio 2017*, in Iurisprudentia.it Anno IV maggio 2019.

[41] V. Barba, M. Tatarano, *Trust e affidamento fiduciario testamentario*, Studio del CNN n. 107/2021, 435 ss. gli Autori sottolineano poi altri aspetti problematici derivanti dalla qualificazione del trustee come erede o legatario: «…qualora il *trustee* fosse da considerarsi erede (o legatario), nell'ipotesi in cui costui non volesse o non potesse accettare l'eredità (o conseguire o mantenere il legato), in mancanza di sostituzione (artt. 688 ss.,c.c.), ricorrendone i rispettivi presupposti di legge, dovrebbero ritenersi operanti le consuete regole della rappresentazione (artt.467 ss., c.c.) e dell'accrescimento (artt. 674 ss., cm.c.), in mancanza delle quali, <<la porzione dell'erede mancante si [devolverebbe] agli eredi legittimi, e la porzione del legatario mancante [andrebbe] a profitto dell'onerato (677 c.c.), il che, in considerazione della natura fiduciaria, e quindi del relativo <<carattere personale>> delle obbligazioni del *trustee*, potrebbe portare all'estinzione delle stesse(cfr. artt 676,comma 2 , e 677,comma 2,c.c.).Con la conseguenza che i beni destinati a costituire il *trust fund* finirebbero col diventare di piena contitolarità degli eredi legittimi o dell'onerato (dell'ipotetico legato di *trust* e quindi, ancora una volta, degli eredi), che in non pochi casi potrebbero coincidere con i beneficiari del *trust*, ossia proprio con quei soggetti che il testatore aveva voluto evitare di rendere immediatamente pieni intestatari del *relictum*, insomma in ogni caso potendosi configurare una grave frustrazione della *voluntas testantis*.»

legatario, piuttosto sembra che esso rappresenti un *tertium genus* di disposizione testamentaria[42]

Quanto alle possibili lesioni della quota di legittima, occorre innanzitutto chiedersi se il trust previsto dalla legge "Dopo di noi" possa rappresentare una disposizione lesiva[43], una liberalità o piuttosto sia una forma di adempimento di un'obbligazione di assistenza[44] a favore del disabile nel quadro della solidarietà (patrimoniale) familiare[45].

Mancando lo spirito di liberalità, contro il trust istituito sulla base della legge del "Dopo di noi" non sarebbe esperibile l'azione di riduzione[46]. Per parte della dottrina sarebbe possibile però aggredire il trust con l'azione di nullità[47]. La giurisprudenza propende per l'esperibilità dell'azione di riduzione[48] nonostante le indubbie perplessità anche inerenti la legittimazione passiva.

È evidente, dunque che una ricezione pedissequa di uno strumento nuovo senza una riforma che restituisca coerenza al sistema è irta di insidie e rischia di vanificare gli obiettivi

[42] D. Davico, F. Bruno di Clarafond, *Trust inter vivos in funzione succcessoria e trust istituito a mezzo di testamento-in* https://www.dirittobancario.it/ 18 Maggio 2021; S. Bartoli, *La natura dell'attribuzione mortis causa al trustee di un trust testamentario. I Parte*, in *Trust e attività fiduciarie*, 2004, 583 ss.

[43] G. Errani, *Il trust come liberalità indiretta "anomala" e il suo rapporto con le norme a tutela dei legittimari,* in Trusts e attività fiduciarie - Luglio 2019, 382; G. Errani, *La riduzione della liberalità indiretta attuata a mezzo di trust e le possibili conseguenze sulla successiva circolazione dei beni conferiti* in Contratto e impresa 2/2020, 956 ss.

[44] F. Di Ciommo, *I trusts familiari*, cit., 1828. Per M. Lupoi, *Istituzioni del diritto dei trust negli ordinamenti di origine e in Italia*, Wolters Kluewer, 2016, 310: «Il genitore, provvedendo al figlio debole per mezzo del trust, adempie una propria obbligazione verso di lui. La tesi proposta si fonda su una lettura costituzionalmente adeguata (con riferimento agli articoli 2, 3, II co. e 30, I co. della Costituzione) degli artt. 433 e 438 cod. civ. Il genitore adempie la propria obbligazione verso il figlio debole nell'unico modo realmente efficace: siamo al di fuori delle liberalità, e quindi del presupposto sostanziale dell'azione di riduzione.»

[45] A. Di Sapio, *Trust a causa familiare e di solidarietà*, in Vita Notarile Esperienze Giuridiche n. 2/2019, maggio-agosto, Palermo, 714 ss. non rinviene una liberalità ma parla di "solidarietà orizzontale", che si sostanzia quando si passa dalla solidarietà metaindividuale alla solidarietà dei privati e resta fuori dallo schema della liberalità.

[46] In relazione all'eventuale legittimazione passiva cfr. B. Franceschini, 2009, 3; L. Salvatore, *Il trust nella legge del "Dopo di noi" e la tutela dei legittimari*, in Trusts e attività fiduciarie, Gennaio 2019,17 C. Romano, *Gli effetti del trust*, cit., 613

[47] M. Lupoi, 1998, 3391 relativa alla sentenza del Trib. Lucca, sent. 23/09/1997. Contra: G. De Nova, 2002, 2 ss. ritiene che il rimedio della nullità sia eccessivo per la sua imprescrittibilità (a fronte della prescrittibilità decennale dell'azione di riduzione), la rilevabilità da chiunque vi abbia interesse, nonché la considerazione che, a seguito della nullità, si apre la successione legittima su tutti i beni nel patrimonio del *de cuius* (e non solo su quanto necessario per integrare la legittima). C. Romano, *Gli effetti del trust*, cit., 610 rinviene una nullità ex art. 549 cod. civ nel caso in cui il legittimario leso sia lo stesso beneficiario (il diritto reale alla legittima subirebbe una conversione in diritto di credito non consentita), mentre, se la lesione riguarda altri soggetti il rimedio adeguato sarebbe l'azione di riduzione.

[48] Trib. Lucca, sent. 23/09/1997 (confermata dalla Corte d'Appello di Firenze 9 agosto 2001), M. Lupoi, 1998, 3391, - Cfr. altresì la conforme decisione del Tribunale di Venezia, 4 gennaio 2005

che s'intendeva perseguire[49]. Lo sforzo di armonizzazione è necessario e solo se il legislatore compirà questo lavoro costruttivo di rinnovamento riuscirà a conciliare «*il continuo concreto mobile con l'astratto della legge*»[50].

5. Bibliografia

Andrini M.C., *Convenzioni matrimoniali, accordi di separazione e di divorzio*, p 1, Atti del convegno "Un nuovo diritto di famiglia in Europa" 31.05.2005, https://www.cortedicassazione.it/

Astone M.A., Destinazione di beni allo Scopo. Fattispecie ed effetti, Milano, 2010

Barba V., Tatarano M., *Trust e affidamento fiduciario testamentario*, Studio del CNN n. 107/2021, 435 ss.

Bartoli S., *La natura dell'attribuzione mortis causa al trustee di un trust testamentario. I Parte*, in *Trust e attività fiduciarie*, 2004, 583 ss.

Bessone M., *La famiglia nella Costituzione*, in Comm. della Cost. a cura di Branca, Bologna 1977

Bianca C.M., *Diritto civile*, vol. II, Mi, 1989, 33

Bonfante P., *Scritti giuridici varii*, I, Aracne, 2007, 33

Burdese A., *Manuale di diritto privato romano*, IV ed. UTET giur., 2015, 225

[49] C. Mazzù, *Il diritto civile all'alba del terzo millennio*, Vol. I, Torino, 2011, 143 «Il trust, deve necessariamente inserirsi nel nostro sistema per essere riportato a sistema … lo sforzo che dobbiamo fare è proprio questo, di cercare non di razionalizzare un istituto straniero, ma di coglierne sia le valenze sistematiche ed i collegamenti con gli istituti preesistenti; sia la sua capacità di incidere sull'esistente trasformandolo ed innovandolo.»

[50] S. Pugliatti, *Continuo e discontinuo nel diritto* (1954), in Grammatica e diritto, Giuffrè, Milano, 1978, 77 ss.; S. Favaro, *La teoria della complessità sociale e il postmoderno nel diritto. Un esempio paradigmatico: la teoria della rappresentanza di Salvatore Pugliatti*, Tigor: rivista di scienze della comunicazione - A. III (2011) n.2 (luglio-dicembre), 7 s. così sintetizza il pensiero dell'illustre giurista: «Sempre attratto, e reso costantemente inquieto, dalla rilevanza della mai del tutto sopita questione metodologica inerente, nell'ambito dell'esperienza giuridica, le possibili modalità di raggiungimento di una chiarificatrice composizione del dualismo sincronico-diacronico sussistente tra la fissità, storicamente data ma in realtà staticamente a-storica in quanto sottratta al suo fluire, delle forme giuridiche del sistema elaborato dalla scienza giuridica, e la dinamicità magmatica della sostanza concretamente storica dell'esperienza giuridica, che è vita nelle sue molteplici sfaccettature, articolazioni, ed anche anomalie , Pugliatti in effetti, nelle righe dei rilevantissimi saggi rispettivamente intitolati Continuo e discontinuo nel diritto e Nota su continuo e discontinuo, i quali, sebbene distanziati di molti anni, devono essere letti unitariamente, effettua un abile tentativo di individuare l'elemento in grado di combinare – dialetticamente – l'astrattezza degli schemi logici della scienza giuridica con la concretezza apparentemente irriducibile a fissità e sistema della storia da cui essa nasce e alla soluzione dei cui problemi pratici essa è funzionale».

Candian A. –Gambaro A. – Pozzo B., *Property-Propriété-Eigentium*. Corso di diritto comparato, Quaderni di diritto comparato, Cedam, 1992

Capogrossi Colognesi L., *La famiglia romana, la sua storia e la sua storiografia*, in Le quotidien istitutionnel des citès municipales https://journals.openedition.org/mefra/

Cassano G. (Curatore) *La famiglia dopo le riforme*, 2015

Cassano G., *Il diritto di famiglia nei nuovi orientamenti giurisprudenziali*, 2006, MI, 7 ss.

Ciccarello S., *Persona e successione ereditaria*, Napoli, 1994, 169 ss.

Clerico' S., *Il trust (autodichiarato) ed il fondo patrimoniale: due istituti sovrapponibili?*, In Riv. Not., 2007

Davico D., Bruno Di Clarafond F., *Trust inter vivos in funzione succcessoria e trust istituito a mezzo di testamento- in* https://www.dirittobancario.it/ 18 Maggio 2021

Delle Monache S., *Abolizione della successione necessaria?*, in Riv. Notariato fasc. 4, 2007, 815 ss.

Delle Monache S., *Tutela dei legittimari e limiti nuovi all'opponibilità della riduzione nei confronti degli aventi causa dal donatario*, in Riv. notar., 2006, I, 305 ss.

Di Ciommo F., *I trusts familiari* in Trattato di diritto di famiglia diretto da G. Bonilini V.II, 2016

Di Landro A.C., *L'art. 2645*-ter *c.c. e il trust. Spunti per una comparazione*, in *Riv. notar.*, 2009, I, 583 ss.

Di Landro A.C., La destinazione patrimoniale a tutela dei soggetti deboli. Riflessioni sulla legge 112/2016 in favore delle persone con disabilità grave in Le nuove leggi civili commentate n. 1/2017

Di Sapio A., *Patrimoni segregati ed evoluzione normativa: dal fondo patrimoniale all'atto di destinazione ex art. 2645*-ter, in *Dir. fam. pers.*, 2007, 1257 ss.

Di Sapio A., Trust a causa familiare e di solidarietà, in Vita Notarile Esperienze Giuridiche n. 2/2019, maggio- agosto, Palermo

Dogliotti M., Figone A., Giuliani S., *Famiglia e patrimonio*, Giappichelli, 2022

Errani G., *Il trust come liberalità indiretta "anomala" e il suo rapporto con le norme a tutela dei legittimari,* in Trusts e attività fiduciarie - Luglio 2019, 382

Errani G., *La riduzione della liberalità indiretta attuata a mezzo di trust e le possibili conseguenze sulla successiva circolazione dei beni conferiti* in Contratto e impresa 2/2020, 956 ss.

Falzea A., *Introduzione alle scienze giuridiche. Il concetto del diritto*, 6ª ed. ampl., Milano 2008, 500

Falzea A., *Relazione introduttiva*, in Tradizione e modernità nel diritto successorio. Dagli istituti classici al patto di famiglia, a cura di S. Delle Monache, Padova, 2007, 5

Favaro S., *La teoria della complessità sociale e il postmoderno nel diritto. Un esempio paradigmatico: la teoria della rappresentanza di Salvatore Pugliatti*, Tigor: rivista di scienze della comunicazione - A. III (2011) n.2 (luglio-dicembre), 7 s.

Favaro S., *Salvatore Pugliatti giurista: per un diritto tra sistema e storia*, Trieste, EUT Edizioni Università di Trieste, 2013

Franceschini B., *L'interesse prevalente e la tutela dei legittimari*, relazione al Convegno "Trust in favore dei soggetti deboli" Lecco 26 marzo 2009,1

Gazzoni F., *Competitività e dannosità della successione necessaria (a proposito dei novellati art. 561 e 563 c.c.)*, in Giust. Civ., fasc. 1, 2006, 3

Iervolino G., *La donazione effettuata esclusivamente mediante operazione bancaria è nulla - Riflessioni sulla Sentenza della Corte di Cassazione a Sezioni Unite n. 18725 del 27 luglio 2017*, in Iurisprudentia.it Anno IV maggio 2019.

Lamberti F., *La famiglia romana e i suoi volti: pagine scelte su diritto e persone in Roma antica*, Giappichelli, 2014, 13 ss.

Lupoi M., *Il contratto di affidamento fiduciario,* Rivista del Notariato- LXVI 2012, 517-523

Lupoi M., *Istituzioni del diritto dei trust negli ordinamenti di origine e in Italia*, Wolters Kluewer, 2016, 310

Lupoi M., *Trusts*, Milano, II ed.,2005, 855

Luzi L., *Riflessioni su matrimonio civile e divorzio all'epoca della rivoluzione francese*, in www.storiamediterranea.it, 28 agosto 2011, 310 s.

Mazzu' C., *Il diritto civile all'alba del terzo millennio*, Vol. I, Torino, 2011, 24s.-143 s.

Mazzu' C., *La soggettività contingente*, VII Congresso giuridico Forense per l'aggiornamento professionale, Roma, 2012, in www.comparazionedirittocivile.it

Mazzu' C., *Proprietà e società pluralista*, Milano, 1983, 167 s.

Monegat Mg., *La protezione del patrimonio del minore è assicurata da un trust*, in Trusts e attività fiduciarie, 2013, 488

Muritano D- Romano C., *Il trust in funzione successoria tra divieto dei patti successori e tutela dei legittimari,* Consiglio Nazionale del Notariato Studio n. 219-2019/C

Muritano D., *La Legge n. 112/2016 sul "Dopo di noi": impressioni, proposte", Studio n. 3-2017/C,* in Studi e Materiali 1-2/2017, Consiglio Nazionale del Notariato, Wolters Kluwer, 126

Nonne L., *Separazione patrimoniale e modelli familiari: il ruolo del trust*, in Fam. Pers. E succ., 2007

Oberto G, *I contratti della crisi coniugale*, I, Milano, 1999

Oberto G., *I trasferimenti patrimoniali in occasione della separazione e del divorzio*, Testo della relazione presentata al convegno dal titolo «La circolazione della proprietà in famiglia. Donazioni e trasferimenti nella prassi e nella giurisprudenza», organizzato dall'Osservatorio Nazionale sul Diritto di Famiglia, con il patrocinio del Consiglio Nazionale Forense. Il convegno si è tenuto a Roma il 9 e 10 dicembre 2005, in https://www.giacomooberto.com/trasferimenti/relazione_roma.htm

Oberto G., Trust e autonomia negoziale nella famiglia (parte prima), in Fam. dir., 2004, 201 ss.- 310

Oberto G., *I contratti della crisi coniugale*, I, Milano, 1999, 634 ss.- 709

Palazzo M., *L' autonomia in materia patrimoniale nella vicenda successoria,* in Giustizia Civile, fasc. 3, 1 marzo 2019, 524

Patti F., *I trusts: utilizzo nei rapporti di famiglia*, in Vita not., 2003, 4 ss.

Perlingieri G., *Il controllo di «meritevolezza» degli atti di destinazione* ex *art. 2645* ter *c.c.*, in *Notariato*, 2014, 11 ss.

Pugliatti S., *Continuo e discontinuo nel diritto* (1954), in Grammatica e diritto, Giuffrè, Milano, 1978, 79

Pugliatti S., *La proprietà e le proprietà*, in *La proprietà nel nuovo diritto*, Milano, 1964, 145

Puliatti S., *De cuius hereditate agitur. Il regime romano delle successioni*, Torino, 2016, 9

Quadri E., *Matrimonio, unione civile, convivenze,* in NGCC n. 1/2020, 138 ss.

Rescigno P., *La famiglia tra autonomia e regole giuridiche* in Studi in onore di Marco Comporti Vol. III, 2008, 2295

Rescigno P., *Le famiglie ricomposte: nuove prospettive giuridiche*, in Familia, 2002, 1 ss.

Risso F.L., Muritano D., *Il trust: diritto interno e Convenzione de L'Aja. Ruolo e responsabilità del notaio*, in E. Q. Bassi – F. Tassinari, *I trust interni e le loro clausole* (a cura di), Roma, Consiglio Nazionale del Notariato, 2007, 15

Romano C., *Gli effetti del trust oltre la morte del disponente: dal trust in funzione successoria al trust testamentario*, in Notariato n. 6/2014, 598 s.

Salanitro U., *Ordinante e società. Appunti sui formanti del diritto di famiglia (a proposito di una riflessione di Alberto Benedetti*), 2021, Ius civile

Salvatore L., *Il trust nella legge del "Dopo di noi" e la tutela dei legittimari*, in Trusts e attività fiduciarie, Gennaio 2019, 15

Scalisi V., *Conclusioni -Angelo Falzea: per un diritto al servizio dell'uomo*, in Rivista di diritto civile 4/2017, 1081

Scalisi V., *Dalla Scuola di Messina un contributo per l'Europa* in Rivista di diritto civile 1/2012

Scalisi V., *La "famiglia" e le "famiglie"*, in Categorie e istituti del diritto civile dalla transazione al postmoderno, Milano, 2005, 211 ss.

Spadafora A., *La crisi familiare nel limbo della separazione: essere o non essere?*, Diritto di Famiglia e delle Persone (Il), fasc.1, 1 marzo 2021, 180

Spolaore P., *Azione revocatoria di atto istitutivo di trust tra "disposizione", "separazione" e "protezione"*, in Banca Borsa Titoli di Credito, fasc.1, 2021, 87 ss.

Zanchi D., *Trust testamentario*, in Petrelli (cur.), *Formulario notarile commentato*, diretto da G. Bonilini, VII, I, Milano, 2011, 56 ss.

QUINTA SEZIONE
SALUTE E STILE DI VITA

Cibo e salute

Rosalia Cavalieri

Dimmi cosa mangi e ti dirò che animale sei

L'esperienza del gustare tra natura e cultura[1]

1. Premessa. – 2. Il gusto nella filosofia. – 3. Gusto ergo cogito. – 4. L'evoluzione del gusto. – 5. Dalla natura alla cottura. – 6. La produzione e l'elaborazione del cibo. – 7. Il gusto diventa arte e scienza. – 8. La scienza gastronomica e la cucina modernista.

[1] Alcune parti di questo saggio compaiono in forma sparsa in altri articoli e in alcuni libri già pubblicati dell'autrice e qui di seguito indicati:
Volumi:
Gusto. L'intelligenza del palato, Laterza, Roma-Bari, 2011.
E l'uomo inventò i sapori. Storia naturale del gusto, il Mulino, Bologna, 2014.
La passione del gusto. Quando il cibo diventa piacere, il Mulino, Bologna, 2016.
Gastronomia consapevole. Istruzioni per l'uso, Il Mulino, Bologna, 2020.
Saggi:
Il palato dei filosofi. Breve storia di un senso misconosciuto, "Dialegesthai", Rivista telematica di filosofia, luglio 2011 (http://mondodomani.org/dialegesthai/).
Gusto *ergo cogito*, in F. Bochicchio, a cura di, *Educare al (buon) gusto. Tra sapore, piacere e sapere*, Guida, Napoli, 2013, pp. 95-110.
Sapere (cosa) mangiare. Il senso del gusto e la sua evoluzione, "Nuova informazione bibliografica", rivista de Il Mulino, Bologna, n. 2, aprile-giugno 2014, pp. 331-350.
La scimmia che cucina. Gusto, evoluzione, linguaggio, in A. Falzone, S. Nucera, F. Parisi, a cura di, *Le ragioni della natura. La sfida teorica delle scienze della vita*, Edas Ed., Messina, 2014, pp. 49-65.
Come si è evoluta l'arte dei sapori. Dalla cucina del cotto alle avanguardie culinarie, in "Olio Officina Almanacco", annuario, n. 4, 2016, pp. 11-23.
Dal palato alla mente. Quando il cibo diventa un'esperienza estetica, in *Origini, immaginari, etiche*, Convegno Codisco 2015, Corisco Edizioni, Roma-Messina, 2016, pp. 312-318.
La cultura alimentare degli animali non-umani, in G. Marrone, a cura di, *Zoosemiotica 2.0. Forme e politiche dell'animalità*, Palermo, Edizioni Museo Pasqualino, 2017, pp. 385-394. ISBN 978-88-97035-26-8
Mangiare e parlare tra natura e cottura, in "Illuminazioni", n. 43, 2018, pp. 27-46.
Educazione al gusto e gastromanie perverse: qualche riflessione, in *Politiche della cucina. Discorsi, conflitti, culture*, vol. monografico a cura di A. Giannitrabani, I. Ventura Bordenca, in "E/C" (Rivista on-line dell'AISS), vol. 27, 2019, pp. 1-6.
La cultura alimentare e del gusto, in "Buonappetito. The Italian Food Magazine", Pillola del gusto n. 1, febbraio 2023 (https://magazine.buonappetito.it/storie/la-cultura-alimentare-e-del-gusto/).
L'esperienza del gustare tra mente e corpo, soggettività e oggettività, in G. Costanzo, a cura di, *Sul cibo e sul mangiare: aspetti etici, spirituali, medici, interreligiosi*, in "Critical Hermeneutics", n. speciale 7(2), 2023.
L'evoluzione della cucina: dal crudo al cotto e oltre (1ª parte), in "Buonappetito. The Italian Food Magazine", Pillola del gusto n. 3, 2023 (https://magazine.buonappetito.it/storie/levoluzione-della-cucina-dal-crudo-al-cotto-parte-prima/).
L'evoluzione della cucina: dal crudo al cotto e oltre (2ª parte), in "Buonappetito. The Italian Food Magazine", Pillola del gusto n. 4, 2023 (https://magazine.buonappetito.it/storie/levoluzione-della-cucina-dal-crudo-al-cotto-seconda-parte/).

1. Premessa

«Dimmi ciò che mangi e ti dirò chi sei» recita uno dei più celebri aforismi dell'intellettuale *gourmet* Jean Anthelme Brillat-Savarin – autore della *Physiologie du goût* (1825, 5), il saggio che segna la nascita della scienza gastronomica – lasciando intendere quanto ciò che mangiamo, il modo in cui lo prepariamo e poi lo consumiamo caratterizzi la nostra umanità. E un altro celebre aforisma dello stesso Brillat-Savarin afferma così: «gli animali si sfamano, l'uomo mangia, solo l'uomo d'ingegno sa mangiare» (1825, 5). Traendo spunto da queste due massime, questo saggio vuole essere una riflessione sull'esperienza del gustare specificamente umana, sui molteplici significati culturali, cognitivi ed emotivi e sulle molteplici implicazioni del gesto quotidiano di mangiare. Un gesto naturale e istintivo che gli animali umani nel corso della loro lunga storia evolutiva hanno trasformato in un'attività culturale e intellettuale, applicando una conoscenza e un sapere pratico per concepire, immaginare ed elaborare nuovi oggetti alimentari e per sperimentare complesse sensazioni per il palato (i sapori) e nuove possibilità d'interazione sociale (convivialità).

Sebbene mangiare e bere ci accomunino con il mondo animale, siamo i soli esseri ad aver trasformato un bisogno fisiologico in un piacere edotto e in un'esperienza culturale carica di significati. Che cosa differenzia, dunque, l'atto di mangiare dal "gustare" specifico degli animali umani? E in che modo nel corso della nostra lunga evoluzione biologica e culturale siamo diventate le uniche scimmie abili a cucinare il cibo, a produrlo in maniera sistematica, a sceglierlo tra una vasta gamma di alimenti sulla base di criteri diversi, ad attribuirgli un valore simbolico, a gustarlo convivialmente e a celebrarlo attraverso il linguaggio?

Partendo da una breve premessa per inquadrare il ruolo del gusto – un senso misconosciuto – nella storia della filosofia, l'intento di questo saggio è provare a mostrare perché l'atto di mangiare solo per noi umani rappresenta il perfetto connubio tra bisogno, piacere e sapere, tra natura e cultura, caratterizzando il nostro "essere" umani.

2. Il gusto nella filosofia

Nella tradizione culturale occidentale che ci riporta almeno a duemilacinquecento anni fa, e che ha fortemente condizionato il nostro modo di percepire, di organizzare e di rappresentare la realtà, il gusto, e tutte le attività a esso connesse (mangiare, bere, degustare, cucinare), è

considerato, al pari dell'olfatto, il senso più carnale, più intimo e più soggettivo: il senso più materiale, il più legato alla sfera del piacere e delle emozioni, e perciò il meno adatto a veicolare sapere e conoscenza, e a produrre scienza. La marginalizzazione del gusto è una conseguenza del razionalismo che ha in larga parte dominato in questa tradizione di studi, ma è da imputare anche a uno dei luoghi comuni alimentati dalla stessa tradizione: quella gerarchia dei sensi riconducibile ad Aristotele, che in genere classifica la vista e l'udito tra i sensi cognitivi o superiori e il gusto, l'olfatto e il tatto tra i sensi carnali, inferiori o minori (*Metafisica* 980a; *Del senso e dei sensibili*, 436b-437a, 441a, 442a; *Dell'anima*, 421a-b). Del resto i filosofi (fatte salve le eccezioni), troppo impegnati a pensare e a esaltare le abilità intellettuali, non hanno mai dissimulato un certo snobismo nei confronti della corporeità e di tutto ciò che a essa è correlato, inclusi i piaceri derivati dai sensi.

> Quando mai un filosofo speculativo ha pensato a questo? – affermava Ludwig Feuerbach (1850, 138) riferendosi al tema dell'alimentazione e del cibo. Non hanno forse tutti spiegato il pensiero partendo dal pensiero stesso e non hanno forse fatto dello spirito un'entità indipendente, incorporea, separata da ogni materia? Non hanno trasformato il loro non saper nulla dei fondamenti materiali dello spirito in un non-essere degli stessi?

Sebbene in questo panorama non siano mancati i paladini della conoscenza sensibile, a partire da Protagora, lo stesso Aristotele, Epicuro, Lucrezio, Tommaso d'Aquino, fino ai materialisti, ai sensisti e agli empiristi del Seicento, del Settecento e dell'Ottocento, la speculazione filosofica ha mantenuto un prevalente atteggiamento di "cecità cognitiva" nei confronti della conoscenza sensibile e in particolare nei confronti dei sensi più compromessi con l'esperienza corporea, con il desiderio e con i bisogni primari legati alla sopravvivenza, sottovalutandone il ruolo nella conoscenza del mondo circostante.

La svalutazione del gusto ha inizio almeno con Platone, il quale riteneva che il vero filosofo dovesse disprezzare i piaceri relativi al mangiare e al bere (*Fedone*, 24-27) e non esitava a disconoscere il valore gnoseologico della culinaria considerandola, al pari della retorica, solo una pratica empirica finalizzata al piacere e al diletto (*Gorgia*, 462d, 522a). Il Cristianesimo ha ulteriormente concorso alla denigrazione del gusto e della gola, attraverso la condanna di tutti i piaceri carnali e di tutto ciò che esalta il corpo e accende le passioni. Agostino d'Ippona,

per esempio, riteneva che il piacere di mangiare non dovesse essere domato mangiando bensì astenendosi dal cibo (*Contra Iulianum*, 14, 67, cit. in I. Prosperi, 2007, 67). I. Kant, che come molti filosofi predicava bene e razzolava male, pur essendo un buongustaio, un accorto mangiatore e bevitore, e un estimatore della convivialità, riconosceva nel gusto un senso dedito più al piacere che alla conoscenza, non ritenendolo possibile oggetto di una teoria critica (1798, 575-580). F. Nietzsche invece si era interrogato sull'esistenza di una filosofia del nutrimento, costatando tuttavia che «non esiste ancora una tale filosofia!» (1882, 59).

Benché sia stato escluso dall'indagine teoretica e dal dibattito epistemologico sulla percezione sensoriale anche per la sua eccessiva compromissione con il corpo e con l'affettività, il gusto, il senso ospitato dalla bocca e preposto alla scelta degli alimenti, al riconoscimento e alla valutazione dei sapori dei cibi e delle bevande, è a ben guardare il senso che proprio in virtù del suo carattere prossimale (a differenza della vista e dell'udito, che agendo a distanza dall'oggetto percepito sono ritenuti fonti di conoscenza più affidabili) ci restituisce una conoscenza più precisa e più partecipata: il nostro rapporto più intimo con la realtà esterna si realizza del resto quando gustiamo un cibo. Espressione di un atto "estremo" di conoscenza incarnata, il gusto è dopotutto l'unico senso in cui l'infrazione della barriera tra soggetto e oggetto si spinge al punto da esigere l'introduzione di frammenti di mondo dentro di noi, un'esperienza in cui il soggetto assimila totalmente l'oggetto esterno (la cosa gustata) fino a farlo diventare parte di sé. Ma gustare è anche l'unica modalità percettiva in cui sia il soggetto gustante sia l'oggetto gustato risultano trasformati.

Malgrado dunque la marginalizzazione e la svalutazione cognitiva del gusto, della cucina e più in generale delle tematiche connesse all'alimentazione, l'atto di mangiare per noi umani rappresenta, come spiegherò più avanti, il perfetto connubio tra bisogno, piacere e conoscenza, tra natura e cultura.

3. Gusto *ergo cogito*

Partiamo da un bisogno naturale e istintivo, quello di mangiare per prolungare l'esistenza, e proviamo a capire come abbiamo oltrepassato i confini della natura, inventandoci sapori sempre nuovi (a differenza dei gusti di base – dolce, salato, acido, amaro e più di recente umami – il numero dei sapori è infatti infinito), trasformando la necessità del cibo e il piacere

che ne consegue in un sapere materiale, fino a farne quello che il filosofo G. Agamben ha definito: «un sapere che gode e un piacere che conosce» (1979).

Se mangiare è una necessità naturale che ci accomuna con tutto il mondo vivente, è altrettanto vero che la ricerca di gratificazioni del palato alternative a quelle offerte dalla natura e l'esigenza di rendere più godibile l'atto alimentare ci hanno spinti a tramutarlo in un gesto creativo e in una complessa esperienza culturale: multisensoriale, estetica, edonistica, cognitiva e persino linguistica. L'uomo non mangia solo per vivere e la funzione edonistica del cibo per noi umani non si limita soltanto al soddisfacimento di un fabbisogno energetico e al mantenimento di un equilibrio metabolico ma assume una valenza intellettuale, culturale e sociale. Gustare, e maggiormente degustare (analizzare e valutare attentamente le qualità organolettiche di cibi e bevande), è infatti una prerogativa dell'animale umano, l'unico in grado di assaporare e di apprezzare i cibi e le bevande, di individuarne le singole componenti, di riconoscerne il valore e di farne oggetto di conversazioni, accedendo così a un piacere più alto proprio perché accompagnato da consapevolezza.

Tutti, del resto, sappiamo per esperienza quanto l'esercizio della parola e l'arte della conversazione trovino nella tavola uno dei loro luoghi d'elezione: mangiando si disquisisce anzitutto sul cibo, sul suo sapore, su tutto ciò che vi è connesso a vario titolo e sugli argomenti più disparati. E nei palati esperti degli estimatori della buona tavola – quelli dei *gourmet*, per intenderci, o dei critici gastronomici – la lingua e la parola diventano inseparabili, complice il piacere di racchiudere i sapori che rallegrano il palato, e il tenore delle emozioni che essi suscitano, nel virtuosismo definitorio delle parole. Perciò, nonostante la sua natura soggettiva e "privata", il gusto (insieme all'udito ma per ragioni differenti) è forse il più linguistico dei sensi, quello che, attraverso le pratiche della convivialità, maggiormente e più naturalmente coinvolge e sollecita la parola, il dialogo, lo scambio d'idee e di emozioni (sulla linguisticità del gusto cfr. R. Cavalieri 2012; 2016).

La consapevolezza del valore del cibo dal momento in cui lo scegliamo tra una vastissima gamma di alimenti – sulla base di criteri nutrizionali, qualitativi ed economici ma anche di preferenze culturali e individuali cariche di significati –, al momento in cui lo elaboriamo attraverso la cucina, e infine lo assaporiamo e lo apprezziamo, condividendolo con gli altri commensali attraverso la parola, ne accresce il piacere. Anzi è proprio il piacere consapevole

a distinguerci dagli altri animali nell'atto di trasformare il bisogno di sfamarci in un "saper mangiare". Il "saper mangiare", specifico degli animali umani, include anche la nostra capacità di concepire, di produrre e di elaborare il cibo, di raccontare il sapore e l'aroma di una pietanza e le sensazioni che essi generano, e l'essere consapevoli che l'avventura gustativa coinvolge tutti i sensi, configurandosi come un'esperienza olistica complessa del corpo e della mente. Per usare le parole di R. Barthes, abbiamo trasformato il desiderio naturale del cibo in «appetito di lusso» (1975, XI) e in quell'arte di nutrirsi (la culinaria) con cui abbiamo elaborato la natura tramutandola in cultura: cucinare il cibo, assaporarlo e degustarlo sono, infatti, gesti culturali. Se la fame è un bisogno naturale, la scelta del cibo con cui soddisfarla e il modo di prepararlo sono espressioni culturali.

Il desiderio di prolungare i piaceri del gusto ci permette anche di mangiare senza aver fame e di bere senza aver sete e di accedere alle delizie della tavola: un altro lusso, puramente estetico, concesso solo agli animali umani. Questo spiega peraltro la passione tutta umana per bevande per nulla naturali come il vino, la birra, i distillati o il caffè, create non già per dissetare ma per il puro piacere che sanno dare e prodotto di conoscenze e di tecnologie complesse riconducibili all'ordine del cotto e quindi della cultura (della cultura materiale in particolare).

Nel corso della nostra storia evolutiva alcune pratiche culturali, alle quali accennerò via via, hanno permesso di tramutare l'atto di mangiare in una delle espressioni più ricche e originali del predominio dell'evoluzione culturale su quella biologica raggiunto solo da *homo sapiens*.

4. L'evoluzione del gusto

Rispetto all'atto di mangiare, siamo davvero così lontani dal mondo animale o c'è una qualche forma di continuità almeno con le specie a noi più vicine? Detto altrimenti: cosa ci accomuna e cosa ci distingue dalle scimmie antropomorfe? Il divario esistente tra noi e le altre specie animali appare per certi versi meno netto quando andiamo a esaminare le abitudini alimentari dei nostri cugini più prossimi tra i primati. Noi peraltro apparteniamo al gruppo delle scimmie frugivore-onnivore, specie in cui la preferenza spiccata per la frutta in particolare e per i vegetali (foglie, radici, semi, germogli, bacche, cortecce ecc.) non ha

impedito la progressiva inclusione di alimenti carnei, sebbene in misura modesta e maggiormente nelle stagioni in cui scarseggiano la frutta e i cibi vegetali. Le ricerche condotte dai primatologi da almeno una quarantina d'anni sul regime alimentare delle scimmie attestano la loro sensibilità a una grande varietà di alimenti vegetali (oltre 150 specie vegetali diverse negli scimpanzé; discorso analogo per i macachi giapponesi allo stato selvaggio e anche per i babbuini, molto aperti alla sperimentazione di nuove varietà di alimenti quando nella stagione secca il cibo scarseggia), che richiedono peraltro lunghi tempi di masticazione (le scimmie, infatti, e quelle più vegetariane in particolare, trascorrono gran parte del giorno masticando vegetali).

Gli scimpanzé sono le scimmie più onnivore (e quelle con il più alto grado di carnivorismo): oltre a disporre di un menu ricco e vario, includente anche piccole prede catturate, carcasse di animali, uccelli, uova, miele, sono molto abili a spaccare le noci, ricche di proteine vegetali, e a catturare termiti e formiche con la tecnica del bastoncino, o con espedienti affini (una pratica culturale acquisita). Come tutte le altre specie di scimmie, gli scimpanzé restano tuttavia tipiche raccoglitrici di frutta: questo spiega anche perché, pur essendo poco uditive e poco olfattive (a differenza dei carnivori specializzati), hanno sviluppato la visione tricromatica, fondamentale per la ricerca del cibo e la discriminazione del colore dei frutti, e una buona capacità di vedere i particolari statici, necessaria per individuare il loro cibo immobile (questo chiarisce altresì perché ci siamo evoluti come creature prevalentemente visive).

Riguardo alla gamma dei gusti di base, la sensibilità delle scimmie non è molto diversa dalla nostra: per esempio, tutte le specie di giovani primati mostrano, come i neonati umani, una spiccata preferenza per il gusto dolce, fonte di energia, e un'avversione per le sostanze amare e astringenti (alcaloidi e tannini), espresse attraverso il riflesso gusto-facciale, un riflesso geneticamente determinato: un'avversione che si riduce negli adulti in funzione dell'ambiente e della tipologia di apparato digerente. Nel repertorio dei gusti di base dei primati rientrano anche il gusto acido e quello salato (sali minerali), la cui sensibilità, variabile da una specie all'altra, è comunque finalizzata a evitare squilibri alimentari. Malgrado queste affinità, la discontinuità rispetto alle attitudini gastronomiche degli umani è innegabile: basti pensare all'eccezionale flessibilità dei comportamenti alimentari e dei gusti esibita dalle

diverse società umane, unitamente agli innumerevoli modi di preparare i cibi, variabili anche in funzione delle influenze socio-culturali, e poi ancora alle modalità di consumo, di procacciamento e di elaborazione del cibo, tutti fattori determinanti per distinguerci anche dai primati a noi più simili.

Sicché, senza indulgere a facili antropocentrismi, possiamo affermare di essere la sola specie ad aver trasformato l'atto alimentare in una vera e propria pratica intellettuale: siamo, infatti, le uniche scimmie che producono e cucinano il cibo, amano gustarlo in compagnia, gli attribuiscono un valore simbolico e, non ultimo, celebrano le emozioni conviviali del palato attraverso il linguaggio verbale (cfr. R. Cavalieri, 2014 e la letteratura scientifica ivi citata, in particolare gli studi di C.M. Hladik 1998, 2002, 2006 e di C.M. Hladik *et al*. 2001, 2004, 2010).

5. Dalla natura alla cottura

Ma vediamo quali avvenimenti hanno segnato il passaggio dagli animali che si sfamano all'uomo che mangia e "sa mangiare", e perciò la fusione della natura con la cultura. Nel corso dell'evoluzione delle diverse specie di ominidi siamo passati da un regime alimentare vegetariano a un onnivorismo sempre più completo e a una dieta qualitativamente migliore, fino ai nostri primi antenati sapienti comparsi all'incirca 200.000 anni fa, incrementando via via il consumo di proteine animali e di carne e divenendo dei cacciatori sempre più abili. I mutamenti del nostro regime alimentare e di vita hanno avuto ripercussioni sulla nostra struttura morfologica, a livello dell'apparato masticatorio e di quello digerente, e specialmente sulla complessità strutturale e sull'aumento volumetrico del nostro cervello e quindi sulle nostre abilità cognitive e sociali. Il processo di ominizzazione, coincidente in parte con quello di umanizzazione del gusto, è stato segnato da due momenti chiave decisivi per l'espansione del nostro cervello: l'incremento del consumo di carne (realizzatosi nel passaggio dagli australopitechi, prevalentemente vegetariani, a *homo habilis*, il primo esemplare del genere *homo* comparso poco più di 2 milioni di anni fa, e anche il primo cacciatore dilettante) e il passaggio dal crudo al cotto, realizzatosi all'incirca 1,5 milioni di anni fa con *homo ergaster/erectus*, il primo esemplare di "cuoco" nella storia degli ominidi (in grado di mantenere il fuoco, se non di produrlo). E le conferme, ancora più che dall'archeologia (nonostante il

recente rinvenimento in Sudafrica di focolari risalenti a 1 milione di anni fa – cfr. F. Berna *et al.*, 2012), ci vengono proprio dalla biologia, che fornisce prove indirette dei mutamenti del nostro regime alimentare: in particolare, la riduzione dell'apparato masticatorio e del tessuto intestinale.

Praticata stabilmente, e in maniera più efficace, dalle successive specie di ominidi, anche grazie al progresso delle tecniche di cottura, l'attitudine a cuocere i cibi ha reso gli alimenti più sicuri, più digeribili, più calorici e più appetibili, modificandone la consistenza, il suono e il colore, e ampliando il ventaglio degli aromi, dei sapori e dei cibi commestibili. Senza contare poi che il cibo cotto e per di più caldo (consumato alla giusta temperatura) è in genere più saporito, più profumato e perciò più appetibile di quello crudo. Stando alla *cooking-hypothesis* di R. Wrangham (cfr. 1999; 2009), il consumo di cibi cotti ha avuto effetti anche sull'intelligenza e sulla socialità: ha favorito l'accrescimento del cervello, che è peraltro "l'organo più goloso" (in condizioni di riposo consuma infatti il 20-25% del nostro metabolismo), attraverso la riduzione dei costi digestivi e dei tempi di masticazione (ciò vuol dire che il lusso di possederne uno più grosso lo abbiamo pagato al prezzo della riduzione del tessuto intestinale e di una dieta qualitativamente migliore), ha socializzato il gusto, trasformando il pasto in un'occasione di incontro, di relazione, di circolazione delle idee e di condivisione. Così, la cottura ha modificato l'intera organizzazione delle società umane e stimolato la comunicazione. Insomma, cuocere il cibo ci avrebbe reso più intelligenti e avrebbe socializzato la preparazione e il consumo del pasto, trasformando l'impulso a sfamarsi nell'atto di gustare: un'esperienza conviviale e linguistica tipicamente umana.

È ragionevole supporre, pertanto, che prima dell'invenzione della cottura, la forma primitiva di cucina, la pratica di consumare i pasti insieme fosse poco diffusa: il «fuoco di cucina, doppiamente 'addomesticato'» (C. Lévy-Strauss 1964, 387) diventa necessariamente un fattore di aggregazione, dando origine alla convivialità e al piacere della condivisione del gusto. Siamo infatti i soli animali ad aver tramutato un gesto intimo e privato come il consumo del cibo in un'esperienza sociale e in particolare in un'esperienza linguistica (da qui la stretta connessione tra gustare e parlare, due attività che condividono peraltro gli stessi origani), con qualche eccezione per gli scimpanzé e per i macachi: riunirsi attorno al fuoco per

preparare e poi consumare il pasto avrebbe stimolato lo sviluppo delle capacità comunicative prima e successivamente di quelle linguistiche.

6. La produzione e l'elaborazione del cibo

Un altro passo in direzione del processo di umanizzazione del gusto lo abbiamo compiuto con il passaggio dall'economia di predazione all'economia di produzione verificatosi nel Neolitico, all'incirca 10.000 anni fa, trasformandoci da cacciatori-raccoglitori in produttori del cibo: una "rivoluzione" economica, culturale e gastronomica. Con la produzione diretta dei cibi abbiamo assunto il pieno controllo della natura selvaggia, distinguendoci ancora una volta dal resto del mondo animale: siamo infatti i soli animali inclini a "fabbricare" sistematicamente il cibo e a inventare sapori sempre nuovi.

Creando il nostro cibo, insieme al vantaggio di disporre di una fonte alimentare costante e certa (sebbene costituita prevalentemente da cereali e da un modesto apporto di carne, meno calorica rispetto alla selvaggina, più ricca di acidi grassi polinsaturi, omega3 e omega6), abbiamo arricchito i nostri pranzi di una vasta gamma di nuovi sapori: dai cereali, ai legumi, a una grande varietà di ortaggi, al latte animale e ai suoi derivati caseari e ai primi alimenti preparati a partire da questi ingredienti (pani, gallette, focacce, polente, farinate, biscotti, zuppe, ma anche nuove bevande come il vino e la birra ottenute rispettivamente dalla fermentazione dell'uva e dei cereali), per la delizia dei nostri palati sempre più esigenti. Non a caso a tutt'oggi la stragrande maggioranza della popolazione mondiale (sia dei Paesi industrializzati, sia di quelli in via di sviluppo) si affida all'agricoltura e all'allevamento per la produzione del cibo (fanno eccezione solo alcune decine di popolazioni di cacciatori-raccoglitori disseminate in tutto il mondo: per esempio, i Pigmei della foresta tropicale africana, gli Andamanesi, gli Eschimesi).

Al Neolitico risale peraltro un'innovazione che, oltre a rendere commestibili legumi e cereali, sì da farne a tutt'oggi alimenti basilari dell'alimentazione della specie umana, ha permesso un cambiamento senza il quale non avremmo potuto passare dalla cottura alla cucina: ovvero l'uso consolidato dell'argilla per costruire i primi recipienti resistenti alla fiamma. Ciò vuol dire che l'evoluzione del gusto è legata anche alla creazione di alcuni manufatti, e quindi all'innovazione tecnologica. Senza l'invenzione della pentola, e di altri

utensili da cucina e poi da tavola, e senza la scoperta graduale dei segreti del fuoco e della cucinatura, non si sarebbe verificata quella rivoluzione culinaria che ha aperto la strada all'elaborazione del cibo e agli innumerevoli modi di prepararlo, sottraendolo al suo "destino naturale" per inglobarlo in un sistema elaborato e tale da assumere in ogni società umana una precisa impronta socioculturale. Così facendo abbiamo ulteriormente arricchito l'esperienza gustativa, prolungando i piaceri del gusto (cfr. R. Cavalieri, 2014; E. Medagliani, C.G.Valli, 2004).

7. Il gusto diventa arte e scienza

Ma la cultura del gusto si è evoluta fino a diventare arte con la culinaria (nel senso di *téchne*, di "saper fare" proprio della tecnica e dell'artigianato), e poi anche scienza con la gastronomia, un processo che ha fornito la spinta propulsiva allo sviluppo del sapere gastronomico: l'espressione più sofisticata della cultura del gusto e del saper mangiare. Ma com'è avvenuto questo passaggio? L'invenzione della pentola ha aperto la strada allo sviluppo della cucina come "arte di mangiare", consentendo l'elaborazione del cibo e la trasformazione della materia prima attraverso le modificazioni fisico-chimiche indotte dal calore e dalla cottura, dal trattamento e dalla combinazione degli ingredienti, dal loro equilibrio, dall'uso di condimenti (sale, olii, grassi, salse, zuccheri, aceti, brodi) di spezie e di erbe aromatiche, e dall'impiego di un'ampia gamma di strumenti, di metodi e di tecniche di cottura diversi e di tecnologie via via più raffinate. La cucina, in quanto elaborazione consapevole di ciò che si mangia, insieme alla gastronomia è una delle massime espressioni della cultura del gusto, perché sottraendo gli alimenti al loro destino naturale li modifica per restituirci un cibo lavorato e per certi versi "innaturale". Trasformando la materia prima in pietanze saporite e gradevoli che procurano piacere a tutti i sensi, con l'arte culinaria il gusto diventa un'esperienza estetica e sinestetica oltre che culturale.

Certo è difficile stabilire il momento preciso in cui abbiamo cominciato a "fare cucina". Tuttavia, nella "cucina in senso lato" rientrano tutti quei processi di elaborazione anche minima del cibo atti a modificarne la forma e le caratteristiche naturali, per esempio: l'essiccazione, la salagione, l'affumicatura di carni e pesci, il lavaggio prolungato, tutte le forme di fermentazione controllata con cui si ottengono prodotti a lunga conservazione (aceto,

birra, vino ecc.), ma anche la *steak tartare* (un classico della cucina occidentale a base di carne cruda), il sashimi (un piatto prelibato della cucina giapponese a base di pesce crudo molto apprezzato anche dagli occidentali, dove la scelta della materia prima, la maestria artigianale dei sushi master nello sfilettarlo, nel tagliarlo e nel presentarlo, l'uso di un coltello adatto allo scopo e di una particolare affilatura, sono espressione di questa elaborazione) o il semplice gesto di spremere del succo di limone su un'ostrica, modificandone il sapore e la consistenza, o gesti simili come lavare, asciugare, tagliare e condire un'insalata. Tutti quei cibi, insomma, che malgrado non implichino la cottura richiedono comunque una preparazione che li distanzia mille miglia dai cibi crudi divorati in fretta dagli altri animali.

Anche il mondo animale ci offre tuttavia qualche esempio emblematico di proto-cucina, cioè di abbozzo primordiale di elaborazione del cibo anteriore persino all'ominizzazione. Il più noto è quello dei macachi giapponesi dell'isola di Koshima (che è anche il primo chiaro esempio di cultura nel mondo animale), che in modo del tutto casuale hanno imparato a immergere nell'acqua di mare i tuberi di cui si cibano per insaporirli, un comportamento trasmesso poi alle generazioni successive (cfr. J. Kawai 1965) . Ma il caso più verosimile di preparazione del cibo è offerto, a mio avviso, dalle api quando producono il *miele*, di cui si nutrono nel periodo invernale, trasformando il cibo fresco estivo (il nettare) in un alimento a lunga conservazione, immagazzinato nei favi e sigillato poi con tappi di cera come veri e propri barattolini di conserve. Un processo elaborato reso possibile dalla coesione della "brigata". Nonostante la natura ci offre alcuni esempi di continuità con il mondo animale, l'arte di modificare e di reinventare i sapori in cucina resta un "saper fare" proprio dell'uomo.

Le origini della "cucina in senso stretto", almeno nella sua forma primitiva, si fanno risalire in genere all'uso del fuoco e ancora di più, come dicevo prima, all'invenzione della pentola, un oggetto culturale destinato a contenere gli alimenti e a permetterne la cottura evitando il contatto diretto con la fiamma: un'invenzione innovativa (che ha avuto comunque i suoi antenati naturali: valve di molluschi, carapaci di tartarughe, canne di bambù, manufatti realizzati con fibre vegetali intrecciate, pelli di animali, interiora di animali utilizzate come bollitori) che ha fatto progredire l'arte di preparare gli alimenti e gettato le fondamenta della cucina moderna. Questi e altri fattori nel corso di questo lungo e complesso processo evolutivo

in tempi più recenti hanno determinato la spinta propulsiva allo sviluppo del sapere gastronomico: l'espressione più sofisticata della cultura del gusto.

8. La scienza gastronomica e la cucina modernista

La scienza gastronomica come complesso di saperi e di conoscenze relativi a «ciò che nutre gli uomini» (J.A. Brillat-Savarin 1825, 40-41), al "saper mangiare", al modo di preparare il cibo, di degustarlo, di giudicarlo – espressione del sapere al servizio del gusto e del mangiar bene e della ricerca della qualità – nasce in Francia nella prima metà dell'Ottocento con A.B. Grimod de la Reynière, inventore della critica gastronomica, e specialmente con J.A. Brillat-Savarin, due intellettuali grazie ai quali la pratica culinaria del mangiar bene si evolve diventando teoria e assumendo una forma scritta: nasce così anche la letteratura gastronomica. Cogliendone le molteplici implicazioni, Brillat-Savarin aveva già definito la "scienza del gusto" una disciplina trasversale che – mobilitando l'insieme delle conoscenze relative al cibo e a tutto ciò che vi ruota intorno, sia come fatto materiale, sia come fatto culturale, promuoveva un sapere molto più complesso della semplice arte della "buona tavola": dalla fisiologia, alla storia, alla cucina, dalla dietologia, all'antropologia, alla sociologia, all'economia, alla filosofia ecc. (cfr. 1925, 40-43). Non a caso oggi l'espressione "scienze gastronomiche", conosciute anche come *food studies* (cfr. C.R. Anderson, J. Brady, C.Z. Levkoe 2016), ne denota il carattere multidisciplinare includendo scienze "dure" e scienze "morbide", un ampio campo d'indagine trasversalmente interessato al "sistema" cibo in ogni sua possibile declinazione, come prodotto materiale e culturale insieme: le scienze sensoriali, alimentari e nutrizionali, la chimica e la fisica degli alimenti, la tecnologia alimentare, il marketing delle imprese agroalimentari, ma anche la storia della cultura gastronomica, l'antropologia alimentare, la semiotica dell'alimentazione ecc., cioè tutti quei saperi diversi connessi alla cultura alimentare e del gusto.

Il processo di lavorazione e di denaturalizzazione del cibo, parallelo in un certo senso all'evoluzione del gusto, nella contemporaneità ha raggiunto il massimo livello di elaborazione razionale con la nascita della gastronomia molecolare (cfr. H. This 2007). Considerata come l'ultima frontiera della "scienza nel piatto", quest'insolita disciplina è una razionalizzazione estrema del sapere utilizzabile in cucina con l'intento di perfezionarla, spesso però confusa con

la sua applicazione, cioè con la cucina molecolare, modernista o d'avanguardia. La prima viene praticata da scienziati, fisico-chimici in particolare, per comprendere quei meccanismi molecolari sottostanti a fenomeni noti ai cuochi da millenni (e a gesti abituali in cucina come mescolare, filtrare, portare a ebollizione, mettere in frigo), ma mai effettivamente compresi, per esempio perché il carapace dell'aragosta bollendo diventa rossa o la meringa si gonfia, e per introdurre sapori mai sperimentati prima attraverso la modificazione molecolare degli ingredienti. La seconda, nota anche come cucina d'avanguardia o modernista (perché capace di realizzare forme di espressione inedite) è invece una sua applicazione culinaria a opera di chef "emozionali", capaci di creare leccornie tali da sorprendere persino i palati più esigenti, utilizzando appunto la scienza per raggiungere traguardi estetici e edonistici in cucina, sorretti da un'inesauribile creatività e voglia di sperimentare.

Guardata inizialmente con diffidenza e con timore, e da alcuni additata pregiudizialmente come "cucina non salutare", anche per la sua distanza da quella di tutti i giorni, la cucina d'avanguardia più che cambiare gli ingredienti ne ha introdotti di nuovi, ha modificato le loro tecniche di utilizzo, i metodi di cottura, le consistenze e gli abbinamenti dei cibi. Costruendo nuove sensazioni per il palato, questa cucina intellettuale, attraverso il ricorso a una strumentazione tecnologica ultramoderna (sonde a ultrasuoni, disidratatori, Rotavapor, sifoni, Roner, Pacojet), a tecniche e a processi innovativi (sferificazione, disidratazione, gelificazione, polverizzazione, frittura nello zucchero senza grassi), a cotture meno invasive e ad abbinamenti inconsueti, destruttura i piatti tradizionali per poi ricostruirli e interpretarli secondo nuovi schemi, forme curiose come le sfere o i cubi (di verza, di salmone, di manzo piuttosto che di mandarino), e consistenze inedite come le spume e le arie (cibi fragili ed evanescenti realizzati in numerose varianti salate e dolci: spuma di ostriche o aria di caffè) anche con l'aggiunta di ingredienti insoliti come l'azoto liquido, la lecitina di soia, l'agar agar, la carragenina, o l'alginato di sodio (un sale naturale gelificante estratto da alghe brune) usato per trasformare una preparazione liquida in sfere gelificate di dimensioni diverse che esplodono letteralmente in bocca.

In certi casi si basa sulla decostruzione di piatti tradizionali ricreati con forme curiose e consistenze impensabili ma ricercate, conservandone il sapore originario, qualche esempio: la spuma di parmigiano o l'aria di prezzemolo, la granita salata di pomodoro con

biancomangiare, il bollito non bollito di Massimo Bottura, le olive verdi sferificate e il caviale di melone di Ferran Adrià, o piatti vegetali interrati in un terriccio commestibile. In altri casi crea pietanze che nulla hanno a che vedere con la tradizione, che non somigliano a nulla di già visto, cambiando il nostro modo di mangiare, qualche esempio: lo yogurt di ostrica, il cespuglietto di licheni in tempura, la *tartare* di castoro, le cozze da mangiare con tutta la valva ricreata per metà con nero di seppia, acqua e farina e mimetizzate in un piatto di autentiche cozze, o la maionese con le uova di coccodrillo, piatti del danese Renè Redzepi, l'inventore della "nuova cucina nordica". Piatti che narrano una storia, come si evince anche dal loro nome: per esempio, *Immagina una mucca al pascolo* di Bottura (una cagliata di reggiano su una clorofilla di verdure di stagione: asparagi selvatici, pisellini e fave: una vera esplosione della primavera nella bocca), o che stupiscono già alla vista perché dal nome ti saresti aspettato altro, come il *Raviolo a mano* di Pietro Leemann, dove "a mano" assume decisamente un'altra accezione: un raviolo verde aperto a forma di mano sotto il quale si nasconde un ripieno vegetale che cambia a ogni stagione.

L'obiettivo è comunque di emozionare, provocare e stupire il commensale stimolandone tutti i dispositivi sensoriali forse ancora più del palato, offrire insomma un'esperienza complessa: multisensoriale, intellettuale ed estetica. Se apprezzare le bizzarre preparazioni delle avanguardie culinarie, delle gastronomie di chi fa ricerca e sperimentazione, non è proprio un'arte popolare ma una passione impegnativa, intellettualmente ed economicamente, destinata a un *élite* di *gourmet* disposti a lasciarsi coinvolgere in una nuova avventura senza precedenti, è vero altresì che l'arte dei sapori (come abilità tecnica di produrre o riprodurre qualcosa secondo certe regole) trova la piena realizzazione anche quando viene per così dire del basso: una buona cucina casalinga può essere sensualmente appagante e indimenticabile, pur senza essere un'arte rivoluzionaria, emozionando il nostro palato di scimmie *gourmet*, e prima ancora di scimmie che cucinano, quanto un menu di alta cucina innovativa, seppure in modo diverso. E come ogni forma di arte, in qualunque accezione si intenda, anche la cucina quotidiana, una cucina che realizza, almeno in parte, il desiderio di creare artefatti da offrire agli altri suggellando relazioni affettive, ha degli artefici e ha un pubblico di affezionati. Peccato che oggi sia sempre meno praticata e sempre più spettacolarizzata in TV e nel Web.

9. Bibliografia

Agamben G. (1979), *Gusto*, Enciclopedia Einaudi, vol. VI, Einaudi, Torino, pp. 1019-1038.

Anderson C. R., Brady J., Levkoe C.Z., eds. (2016), *Conversations in food studies*, University of Manitoba Press, Winnipeg, Manitoba.

Aristotele, *Del senso e dei sensibili*, trad. it. in *Opere*, vol. 4, Laterza, Roma-Bari, 1998, pp. 195-236.

Aristotele, *Dell'anima*, trad. it. in *Opere*, vol. 4, Laterza, Roma-Bari, 1983, pp. 97-191.

Aristotele, *Metafisica*, trad. it. Laterza, Bari, 1928.

Barthes R. (1975), *Lettura di Brillat-Savarin*, in *Lettura di Brillat-Savarin di Roland Barthes*, trad. it. Sellerio, Palermo, 1978, pp. IX-XL.

Berna F., Goldberg P., Kolska Horwitz L., Brink J., Holt S., Bamfor M. , Chazan M. (2012), *Microstratigraphic evidence of in situ fire in the Acheulean strata of Wonderwerk Cave, Northern Cape province, South Africa*, in *PNAS*. 10.1073/pnas.1117620109.

Brillat-Savarin J.A. (1825), *Fisiologia del gusto*, trad. it. in *Lettura di Brillat-Savarin di Roland Barthes*, trad. it. Sellerio, Palermo, (ed. fr. 1975) 1978, pp. 1-273.

Cavalieri R. (2012), *Gustare e parlare*, in *Rivista italiana di filosofia del linguaggio*, n. speciale su *Un conto aperto. Il neoculturalismo dopo la svolta cognitiva*, 2012, pp. 65-73.

Cavalieri R. (2014), *E l'uomo inventò i sapori. Storia naturale del gusto*, il Mulino, Bologna, 2014.

Cavalieri R. (2016), *La linguisticitè du goût et la saveur dans les mots,* in A. Parizot, K. Stengel (a cura di), *Écrits et discours culinaires. Quand les mots se mettent à table,* L'Harmattand, Paris, 2016, pp. 373-384.

Feuerbach L. (1850), *Una recensione a Maleschott* (al saggio *La dottrina dell'alimentazione per il popolo*) trad. it. in Pacchi A. (a cura di), *Materialisti dell'Ottocento*, il Mulino, Bologna, 1978, pp. 129-145.

Kant I. (1798), *Antropologia dal punto di vista pragmatico*, trad. it. in *Scritti morali*, UTET, Torino, 1970, pp. 535-757.

Kawai J. (1965), *Newly acquired precultural behaviour of the natural troop of japanese monkeys of Koshima islet*, in *Primates*, 6, pp. 1-30.

Lévy-Strauss C. (1964), *Il crudo e il cotto*, trad. it. Il Saggiatore, Milano (1966), 2008.

Medagliani E., Valli C.G. (2004), *Storia della pentola. Il fuoco, i segni e le forme del calore*, Bibliotheca Culinaria, Lodi.

Nietzsche F. (1882), *La gaia scienza* e *Idilli di Messina*, trad. it. Adelphi, Milano, 2008.

Platone, *Fedone*, trad. it. Laterza, Roma-Bari, 2010.

Platone, *Gorgia*, trad it. in *Opere complete*, vol. 5, Laterza, Bari, 1971.

Prosperi I. (2007), *Gnoseologia e fisiologia del gusto nella tradizione neoplatonica-agostiniana e in quella aristotelica-tomista*, tesi di dottorato in Storia medievale, Università di Bologna (www.dpm.unibo.it/DPM/).

This H. (2007), *La scienza in cucina. Piccolo trattato di gastronomia molecolare*, trad. it., Gambero Rosso, Roma.

Wrangham R.W. (2009), *L'intelligenza del fuoco. L'invenzione della cottura e l'evoluzione dell'uomo*, trad. it. Bollati Boringhieri, Torino, 2011.

Wrangham R.W., Jones J.H., Laden G., Pilbeam D., Conklin-Brittain N.L. (1999), *The raw and the stolen: cooking and the ecology of human origins*, in *Current Anthropology*, 40, pp. 567-594, 1999.

Natasha Irrera - Giuseppe Spadaro - Angelica Giacopello - Alessandra Bitto

NUTRIGENOMICA: IMPLICAZIONI DIETETICHE E FARMACOLOGICHE

1. Introduzione: la dieta e il genoma. – 2. Nutrigenomica e sport. – 3. Nutrigenomica associata alle patologie. – 3.1. Diabete. – 3.2. Celiachia. – 3.3. La nutrizione nelle donne in gravidanza: l'importanza dell'acido folico. – 3.4. Obesità e rischio cardiometabolico – 3.5. 3.5. Effetto anti-tumorale dei fitonutrienti. – 4. Ruolo della dieta mediterranea nella nutrigenomica: l'olio evo. – 5. Conclusioni.

1. Introduzione: la dieta e il genoma

Sin dalla nascita, la nostra salute è influenzata da ciò che mangiamo e beviamo e l'espressione di determinati geni può influenzare il metabolismo delle sostanze che introduciamo nel nostro organismo, anche dei più comuni alimenti.

La Nutrigenomica è una scienza multidisciplinare che studia il rapporto tra le sostanze che introduciamo con la dieta e il genoma; tiene conto, quindi, della variabilità genetica di ogni individuo con lo scopo di orientare verso l'assunzione di determinate sostanze nutritive, anche al fine della prevenzione e/o della terapia.

La nutrigenomica è un campo di ricerca sviluppatosi circa 15 anni fa, dopo il completamento del sequenziamento del genoma umano. Le sostanze che introduciamo con la dieta possono anche essere molecole biologicamente attive, e alcune svolgono un effetto diretto sull'espressione genica; infatti, sono in grado di modulare fattori di trascrizione o possono stimolare vie di trasduzione del segnale che culminano nella regolazione di fattori di trascrizione. La nutrigenomica mira pertanto a descrivere, caratterizzare ed integrare le interazioni tra composti dietetici e genoma. La convergenza delle scienze nutrizionali e genomiche (nutrigenomica) è un campo di ricerca emergente ed è una scienza ibrida che, per decifrare l'influenza delle sostanze nutritive sull'espressione dei geni, integra una vasta gamma di discipline, tra cui la biologia molecolare, la biochimica, le scienze della nutrizione, la genetica e la genomica, l'epidemiologia, la bioinformatica e la medicina molecolare. La nutrigenomica mira anche alla scoperta di quali alimenti, sia in termini di qualità che di

quantità, possano avere un impatto sulla salute di un individuo, la relazione tra genotipo e ambiente/nutrienti, e gli effetti sulla modulazione dell'espressione genica, che potrebbero essere sfruttati anche al fine di prevenire o trattare alcune patologie.

In questo capitolo verranno evidenziate le applicazioni della nutrigenomica in differenti ambiti sia della vita quotidiana che della medicina.

2. Nutrigenomica e sport

Le prestazioni sportive e fisiche sono significativamente influenzate dallo stile di vita e dalla nutrizione, sebbene gli individui rispondano in maniera differente alle sostanze introdotte con la dieta e agli integratori alimentari, anche a seconda dell'età, delle etnie e delle prestazioni da raggiungere.

In questo contesto, anche la genetica gioca un ruolo fondamentale e la risposta del nostro organismo agli alimenti e alle sostanze nutritive può dipendere da fattori genetici; per tale ragione negli ultimi anni è cresciuto l'interesse per lo studio delle possibili interazioni tra geni e alimenti.

Tali interazioni non sono necessariamente associate ad un aumento delle prestazioni sportive in maniera diretta, ma possono anche indurre il rilascio di vitamine, tra cui la vitamina D, favorendo in maniera indiretta le prestazioni atletiche e il recupero muscolare, riducendo il rischio di lesioni.

Ad esempio, è noto che le basse riserve di ferro influenzino la produzione di emoglobina, che a sua volta riduce la capacità di trasporto dell'ossigeno nel sangue, con la conseguente riduzione di ossigeno a livello muscolare. I marcatori genetici possono influenzare le riserve di ferro in risposta all'assunzione degli alimenti sia direttamente che indirettamente: ad esempio, i geni TMPRSS6 (rs4820268), TFR2 (rs7385804), TF (rs3811647), regolano l'ormone peptidico epcidina, che controlla l'assorbimento del ferro.

La caffeina è tra le sostanze comuni più studiate: differenti studi hanno valutato gli effetti della caffeina, introdotta come supplemento, sulle prestazioni fisiche. I dati ottenuti rivelerebbero risposte differenti a causa della variabilità interindividuale, correlate ad alterazioni genetiche a carico delle isoforme enzimatiche del citocromo P450 (ad es. CYP1A2), coinvolte nel metabolismo della caffeina, e che potrebbero avere un effetto sull'esercizio

aerobico o di resistenza muscolare. La caffeina è in grado di inibire alcuni enzimi e lega il recettore adenosinico, ampiamente espresso nel nostro organismo. Tale recettore è codificato dal gene ADORA2A, che regola anche la richiesta di ossigeno nel miocardio, favorendo la circolazione coronarica e la vasodilatazione. La caffeina è comunemente assunta per mantenere uno stato di veglia e questo effetto è correlato al blocco degli effetti dell'adenosina che, legandosi ai recettori adenosinici, promuoverebbe il sonno. Anche il sonno è essenziale per il recupero fisiologico e psicologico, cosi come per la preparazione atletica, ed è stato osservato che il genotipo ADORA2A (rs5751876) è coinvolto anche nel controllo della qualità del sonno dopo l'assunzione di caffeina. La carenza di alcuni micronutrienti, che possono essere assunti dall'esterno con la dieta, come le vitamine, può ridurre le difese immunitarie, e aumentare conseguentemente la suscettibilità alle infezioni, anche negli atleti.

La vitamina A è una vitamina liposolubile, con un elevato potere anti-ossidante, che stimola il sistema immunitario, soprattutto nelle sue forme biologicamente attive (acido retinico e retinoico), e sembrerebbe anche svolgere un ruolo protettivo a livello oculare. Le abilità visive sono fondamentali anche per gli atleti che devono presentare sensibilità al contrasto, acuità dinamica e stereo-acuità, necessarie per compiere azioni intercettive (ad esempio la coordinazione occhio-mano) e per la risoluzione dei dettagli spaziali fini, richiesta da differenti attività sportive. La variante rs11645428 nel gene BCMO1 può influenzare i livelli plasmatici dei carotenoidi: l'enzima codificato da questo gene converte la pro-vitamina A (ad es. il beta-carotene), nella sua forma attiva (retinolo).

Anche la corretta assunzione di vitamina B12 è essenziale, poiché ridotti livelli di tale vitamina potrebbero essere responsabili dell'iper-omocisteinemia, che concorre al malfunzionamento del muscolo scheletrico, con conseguente debolezza muscolare e alterazioni della rigenerazione muscolare. Le variazioni del gene FUT2 (rs6022662) influenzano i livelli sierici di vitamina B12: i pazienti con il genotipo GG e GA mostrano un elevato rischio di riduzione dei livelli circolanti di vitamine, soprattutto quando l'apporto è ridotto con la dieta.

La vitamina C è un antiossidante idrosolubile che riduce i livelli di radicali liberi dell'ossigeno (specie reattive dell'ossigeno, ROS) rilasciati in seguito all'esercizio fisico. Infatti, la produzione di ROS è significativamente aumentata negli atleti a causa dei massicci aumenti (fino a 200 volte nel muscolo scheletrico) del consumo di ossigeno durante un esercizio

fisico intenso. Tuttavia, un'integrazione di vitamina C in eccesso durante l'allenamento di resistenza può attenuare gli adattamenti fisiologici indotti dall'esercizio fisico, come la capacità ossidativa muscolare e la biogenesi mitocondriale e può effettivamente diminuire le prestazioni; pertanto, l'apporto di vitamina C, fino a 250 mg al giorno assunti da frutta e verdura, è probabilmente sufficiente per ridurre lo stress ossidativo, non influenzando (negativamente) le prestazioni. Inoltre, la vitamina C è un componente essenziale per la sintesi di collagene, fondamentale per l'organizzazione del tessuto connettivo, dei tendini e dei legamenti, pertanto la vitamina C potrebbe svolgere un ruolo importante anche nella crescita e nella riparazione muscolare. La relazione tra la vitamina C introdotta con la dieta e i livelli circolanti di acido ascorbico dipende dal genotipo GSTT1 di un individuo. Il gene GSTT1 codifica per enzimi coinvolti nel riciclo e nell'assorbimento della vitamina C introdotta con la dieta, aumenta quindi i livelli di acido ascorbico circolanti e riduce la produzione di ROS, indotta dall'esercizio fisico. Per tale ragione alcuni test genetici potrebbero permettere di identificare gli atleti che presentano un rischio maggiore di presentare ridotti livelli di vitamina C (acido ascorbico) circolanti in seguito alla sua assunzione. Tale riduzione potrebbe non soltanto influenzare negativamente le prestazioni ma anche aumentare i livelli di ROS, con un conseguente impatto negativo sui processi di riparazione del muscolo e/o del tessuto connettivo.

3. Nutrigenomica associata alle patologie.

3.1. Diabete.

Il diabete mellito (DM) è una patologia multifattoriale, in cui si riscontra un significativo aumento dei livelli di glucosio nel sangue (iperglicemia) e di disfunzioni del metabolismo delle proteine e dei lipidi. Di tutti i pazienti affetti da diabete, circa il 90% presenta un diabete mellito di tipo 2 (DMT2), che si verifica quando l'organismo non utilizza o non produce correttamente l'insulina, e che conseguentemente non è in grado di controllare la glicemia entro i limiti fisiologici. Una varietà di scorrette abitudini di vita, associate a fattori ambientali, inclusa la dieta, possono influenzare l'espressione di geni coinvolti nel DMT2. Ad esempio, i polifenoli contenuti in alcuni alimenti tra cui resveratrolo, quercetina, genisteina e curcumina, oltre al loro potenziale anti-ossidante ed anti-infiammatorio, sono in grado di

interagire anche con alcuni geni. L'iperglicemia attiva i processi di stress ossidativo e favorisce la progressione del DM e la comparsa delle complicanze ad esso associate. Lo stress ossidativo è caratterizzato dallo squilibrio tra la produzione di radicali liberi e l'attivazione dei sistemi antiossidanti, con conseguente danno alle membrane cellulari, al DNA, alle proteine e ai lipidi. Alcuni geni, ad esempio il gene NFE2 e il gene NFE2L2, regolano l'espressione delle proteine antiossidanti in diversi tessuti dell'organismo (cardiaco, muscolare, epatico) e la loro modulazione potrebbe essere efficace per la prevenzione e per il trattamento del diabete.

Il gene PRKAA2 codifica per una subunità catalitica della protein chinasi attivata da AMP (AMPK). In risposta a stress metabolici cellulari, l'AMPK viene attivata, e fosforila e inattiva l'acetil-CoA carbossilasi (ACC) e la beta-idrossi beta-metilglutaril-CoA reduttasi (HMGCR), enzimi chiave coinvolti nella regolazione della biosintesi *de novo* degli acidi grassi e del colesterolo. L'AMPK controlla inoltre la sensibilità all'insulina e la produzione di glucosio, colesterolo e trigliceridi.

Il gene SIRT1 è responsabile dei processi di deacetilazione e modulazione di molti altri geni; controlla inoltre la produzione di glucosio e di insulina cosi come il metabolismo lipidico. Può, ad esempio, regolare l'attività del coattivatore 1 del proliferatore gamma del perossisoma (PGC-1), che regola la biogenesi mitocondriale. Infine, è in grado di ridurre la produzione di glucosio epatico mediante deacetilazione e attivazione della proteina chinasi attivata dall'adenosina monofosfato.

La dieta mediterranea, caratterizzata dall'assunzione di frutta, verdura, pesce, cereali e grassi polinsaturi, favorisce l'apporto di polifenoli e altri nutrienti che possiedono significative proprietà antiossidanti e sono in grado di prevenire diversi disturbi metabolici, incluse le patologie cardiovascolari e il DMT2.

Infatti, i polifenoli sono in grado di interagire con gli acidi nucleici e/o con le proteine; generalmente i meccanismi epigenetici, come la metilazione/ demetilazione del DNA e le modificazioni degli istoni, ad esempio per processi di fosforilazione e acetilazione, possono essere innescati dall'interazione tra nutrienti e geni: tali interazioni potrebbero essere sfruttate per la prevenzione del DMT2. I risultati di alcuni studi hanno infatti dimostrato che alcune sostanze contenute negli alimenti, come il resveratrolo, la quercetina, la genisteina, le catechine, la curcumina e le antocianine, interagiscono con il DNA e mostrano effetti

protettivi in relazione al DMT2. Infatti, tali sostanze sono in grado di interagire con i geni coinvolti nel controllo della secrezione dell'insulina, del metabolismo del glucosio e dei lipidi, dello stress ossidativo, dei processi infiammatori e dell'apoptosi. Pertanto, i composti bioattivi contenuti negli alimenti potrebbero svolgere un ruolo importante nella prevenzione e nel trattamento del DMT2 e delle sue complicanze.

3.2. Celiachia

La celiachia è una comune condizione infiammatoria cronica dell'intestino tenue a carattere ereditario causata da un'intolleranza permanente al glutine/gliadina (prolamina). Anche la celiachia è caratterizzata da una complessa interazione tra fattori genetici e ambientali. Come precedentemente accennato, diversi nutrienti sono in grado di esercitare effetti antiossidanti e di influenzare l'espressione genica, pertanto, anche in questa condizione, il loro apporto potrebbe rappresentare un utile approccio per la gestione dei soggetti celiaci. Tra questi, i polifenoli vegetali, i carotenoidi e gli acidi grassi, contenuti in té verde, agrumi, olio d'oliva, carote, zucche, albicocche, pomodori e pesce azzurro, possiedono effetti anti-infiammatori che possono essere sfruttati per il management delle condizioni infiammatorie croniche intestinali, anche nei soggetti celiaci. Queste sostanze, infatti, sono in grado di ridurre la produzione di mediatori dell'infiammazione, anche con effetti sull'espressione genica, riducendo la produzione di sostanze ossidanti e proteggendo la barriera intestinale, in favore di una risposta anti-infiammatoria. Un precedente studio di associazione *genome-wide* della celiachia (GWAS) ha dimostrato varianti di rischio nella regione dell'antigene leucocitario umano (HLA). Gli alleli di rischio HLA-DQ2 e HLA-DQ8 sono necessari per lo sviluppo della malattia celiaca. I geni HLA - DQ2, DQ8 e DR4 sono, infatti, i principali determinanti della suscettibilità genetica della celiachia. Più del 90% delle persone con celiachia presentano uno di questi genotipi, DQ2 o DQ8, contro il 25% nella popolazione generale.

3.3. La nutrizione nelle donne in gravidanza: l'importanza dell'acido folico

Un corretto apporto nutrizionale delle donne in gravidanza è essenziale per lo sviluppo del feto. In particolare, il folato già assunto prima della gravidanza, non soltanto previene i

difetti del tubo neurale, ma la sua integrazione può anche influenzare lo sviluppo neurocognitivo nei primi anni di vita. Il periodo dal primo trimestre di gravidanza (fino a 2 anni dalla nascita) è critico per la rapida crescita e per lo sviluppo di alcune regioni cerebrali, come la materia grigia corticale e sottocorticale: è caratterizzato da rapidi cambiamenti, tra cui metilazione del DNA, suscettibilità a fattori ambientali e a fattori epigenetici che possono avere effetti sulla salute del nascituro a causa di uno scorretto apporto nutrizionale. L'integrazione con acido folico oltre il primo trimestre (dopo il periodo raccomandato per la prevenzione dei difetti del tubo neurale) regola la concentrazione dei folati per lo sviluppo cerebrale prenatale, al contrario, il ridotto apporto di folato influenza negativamente lo sviluppo cerebrale. Studi osservazionali hanno riportato che l'uso di integratori di acido folico nelle donne durante la gravidanza è stato associato a cambiamenti nella metilazione del DNA dei geni del cordone ombelicale, con una riduzione della metilazione di *LINE-1* e *PEG3* e aumento della metilazione dell'*IGF2* nel sangue del cordone ombelicale e della prole. Lo studio Folic Acid Supplementation in the Second and Third Trimester (FASST) è finora l'unico studio randomizzato che ha valutato gli effetti dell'integrazione di acido folico in gravidanza sulla metilazione del DNA, sull'omocisteina e sul neonato. In particolare, sono state osservate modificazioni nella metilazione del DNA di *LINE-1* e di geni correlati allo sviluppo cerebrale, come *IGF2* e *BDNF*, nei neonati nati da madri che sono ricorse al supplemento di acido folico in gravidanza.

3.4. Obesità e rischio cardiometabolico

L' obesità rappresenta un importante problema di salute pubblica mondiale, e lo stile di vita sedentario, cosi come le cattive abitudini alimentari, rappresentano importanti fattori di rischio. Prove crescenti hanno dimostrato i potenziali effetti delle interazioni gene-ambiente sull'obesità; tali interazioni possono rappresentare una con-causa della comparsa di una determinata patologia. Studi epidemiologici hanno dimostrato che particolari diete e stili di vita accentuano il rischio di obesità tra gli adulti geneticamente ad alto rischio. Ad esempio, le bevande zuccherate e gli alimenti fritti potrebbero interagire con varianti genetiche, aumentando la predisposizione all'obesità. In particolare, l'obesità infantile rappresenta un fattore di rischio importante per la comparsa di alterazioni metaboliche in età adulta. Negli

adulti, infatti, è stato dimostrato che il genotipo FTO rs9939609 è associato all'obesità infantile e suggerisce anche un'associazione tra varianti FTO e assunzione di alcuni alimenti con la dieta. Negli individui in sovrappeso e nei soggetti obesi, le varianti genetiche possono modificare gli effetti delle diete dimagranti a basso contenuto di grassi, ad alto contenuto di carboidrati e ad alto contenuto proteico. Le varianti IRS1 rs1522813, rs2943641, FTO rs1558902 possono influenzare l'insulino-resistenza; le APOA5 rs964184, LIPC rs2070895, CETP rs3764261 alterano l'assetto lipidico; mentre la variante genetica NPY rs16147 influenza la pressione sanguigna.

Un intervento dietetico a basso contenuto di grassi è stato associato ad una maggiore perdita di peso tra gli individui in sovrappeso e i soggetti obesi che presentavano un genotipo IRS1 rs2943641 CC. Un altro studio ha indicato che gli individui in sovrappeso e i soggetti obesi portatori dell'allele T di PPM1K rs1440581 vanno incontro ad una perdita di peso superiore rispetto alla media, se sottoposti ad una dieta a basso contenuto di carboidrati.

Inoltre, gli individui obesi sono ad alto rischio di progressione verso il diabete di tipo 2 e i GWAS precedenti hanno rivelato loci di suscettibilità per il diabete di tipo 2.

I dati ottenuti dagli studi sull'intervento dietetico basato su diete ipocolariche suggeriscono che i cambiamenti nella distribuzione del grasso e nella risposta metabolica potrebbero essere significativamente modificati da varianti genetiche, in particolare quelle legate all'obesità, al diabete di tipo 2 e al metabolismo. I risultati tendono a supportare l'utilizzo di interventi dietetici di precisione anche in base alla predisposizione genetica e alla presenza di varianti genetiche, che potrebbero interagire con gli alimenti o con i metaboliti.

3.5. Effetto anti-tumorale dei fitonutrienti

I fitonutrienti sono composti organici bioattivi ottenuti da fonti vegetali; più di 5000 sostanze fitochimiche sono state isolate da varie fonti vegetali, tra cui frutta, verdura, cereali ed erbe tradizionali. Si tratta di composti che possono anche svolgere un ruolo importante nella prevenzione di patologie, quali il cancro, il diabete, le malattie cardiache, le patologie della cute e l'alterata guarigione delle ferite. Di particolare interesse è il ruolo che possono svolgere tali composti nella prevenzione e nella gestione di alcuni tipi di tumore, ad esempio quello della mammella, grazie agli effetti anti-tumorali che si traducono nella riduzione della

proliferazione cellulare, attivazione dei processi di morte cellulare, come l'apoptosi, e soppressione della formazione di nuovi vasi (neoangiogenesi), riducendo anche il rischio di metastatizzazione. Tali effetti sono il risultato della modulazione di differenti molecole e dell'espressione dei geni coinvolti nella tumorigenesi. In particolare, alcune sostanze introdotte con la dieta inducono l'espressione dei geni oncosoppressori (che possono ridurre il rischio di formazioni tumorali) e riducono l'espressione degli oncogeni (che possono indurre la formazione tumorale). Tali sostanze possono causare anche modificazioni epigenetiche, agendo sui processi di metilazione del DNA e acetilazione degli istoni; talvolta possiedono anche proprietà anti-emetiche e pertanto potrebbero essere utilizzate come integratori per la terapia adiuvante, anche allo scopo di ridurre gli effetti collaterali correlati alla somministrazione dei chemioterapici. In particolare, i polifenoli sono un ampio gruppo di composti organici, che inibiscono il trasduttore del segnale e l'attivatore della trascrizione 3 (STAT3), riducendo così la trascrizione dei geni bersaglio coinvolti nell'immunosoppressione, nella proliferazione cellulare, nella sopravvivenza cellulare e nella formazione di nuovi vasi; includono vari metaboliti vegetali bioattivi come gli acidi fenolici, i flavonoidi, gli stilbeni e i lignani. Tra i flavonoidi, l'epigallocatechina gallato (Egcg) è un estratto del tè verde (*Cameillia sinensis*) ampiamente studiato per le sue potenziali proprietà anti-tumorali e per i suoi effetti antiossidanti, antinfiammatori, antiproliferativi, antiangiogenici, antimetastatici, antigenotossici, apoptotici ed epigenetici. L'attività antitumorale dell'Egcg è dovuta alla sua capacità di interferire con i principali pathways di trasduzione del segnale coinvolti nel processo di carcinogenesi. L'Egcg è in grado di modulare l'espressione dei principali geni coinvolti nelle fasi di inizio, sviluppo e progressione del tumore. In un primo momento, l'epigallocatechina gallato, attiva i geni oncosoppressori, tra cui p53, il "guardiano del genoma"; questo fattore di trascrizione ha il compito di impedire lo sviluppo di tumori riparando eventuali danni al DNA. Contemporaneamente, l' Egcg inibisce la fosforilazione del recettore del fattore di crescita dell'epidermide (EGFR), che, inattivo (non fosforilato), non è in grado di legare il proprio ligando (EGF) e, quindi, di attivare la cascata di eventi coinvolti nella carcinogenesi, ad esempio l'incontrollata proliferazione cellulare. Un altro flavonoide, oggetto di numerosi studi e di particolare interesse, è la genisteina che possiede proprietà fitoestrogeniche; è contenuta principalmente nei semi di soia (*Glycine max*) e sono

stati ampiamente dimostrati dalla comunità scientifica i suoi effetti antiproliferativi, antinfiammatori, antimetastatici e citotossici; è in grado di regolare il ciclo cellulare, la vitalità cellulare e migliora la radiosensibilità. Tra i flavonoidi che possiedono effetti anti-tumorali si annoverano anche la quercetina con proprietà antiproliferative, antimetastatiche, antiangiogeniche e chemiosensibilizzanti; l'apigenina, un triidrossiflavone contenuto in un'ampia varietà di frutta e verdura (tra cui pompelmo, camomilla, prezzemolo, sedano) che possiede proprietà anticancerogene, antinfiammatorie e antiossidanti; la luteolina, contenuta nel sedano, nel prezzemolo, nel timo e nella camomilla; l'isoliquiritigenina, un calcone bioattivo isolato dalle radici della liquirizia.

Gli stilbeni possono promuovere la via fosfatidilinositolo-3 chinasi/proteina chinasi B (PI3K/Akt), che a sua volta attiva il fattore nucleare eritroide 2 correlato al fattore 2 (Nrf2). Il fattore di trascrizione Nrf2 si lega agli elementi di risposta antiossidante (ARE), aumentando così la trascrizione dei geni coinvolti nei meccanismi antiossidanti; possono anche inibire la chinasi IkB (IKK) e, quindi, la via del fattore nucleare kappa B (NF-κB) coinvolta nella trascrizione di geni pro-infiammatori e coinvolti nei meccanismi di proliferazione cellulare e di sopravvivenza. Il Resveratrolo è uno stilbene e un fitoestrogeno contenuto nell'uva, nei frutti di bosco e nelle arachidi ed è noto per le sue proprietà antitumorali. È un metabolita vegetale prodotto in risposta allo stress ed è in grado di modulare differenti vie del segnale coinvolte nella proliferazione cellulare, nei processi di morte cellulare e di metastasi, nelle modificazioni epigenetiche e nella chemiosensibilizzazione. Il resveratrolo regola l'espressione di BRCA1, p53 e p21, del recettore degli estrogeni α (ERα), della catepsina D, delle proteine di segnalazione Wnt e della telomerasi, inibendo i meccanismi di proliferazione cellulare; è inoltre in grado di prevenire le metastasi, downregolando il fattore di crescita insulino-simile (IGF), il fattore di crescita epidermico (EGF), la proteina chinasi attivata dal mitogeno (MAPK), Akt e PI3K. I fitosteroli derivano principalmente dagli alimenti e dalle piante ricche di lipidi, e rappresentano un'importante fonte antiossidante. I più abbondanti fitosteroli introdotti con la dieta sono il β-sitosterolo, gli steroli di campo, gli ergosteroli e gli steroli dello stigma. Alcuni fitosteroli (incluso il β-sitosterolo) contribuiscono alla soppressione dei tumori e alla prevenzione degli stessi, attivando ad esempio l'AMPK e inibendo la traslocazione del fattore

di trascrizione NF-κB nel nucleo, prevenendo così l'espressione di geni pro-infiammatori. Anche la curcumina (diferuloilmetano) è una sostanza che può essere introdotta con la dieta e con importanti effetti anti-proliferativi; si tratta di un polifenolo naturale ottenuto dal rizoma della curcuma (*Curcuma longa*, famiglia Zingiberaceae), responsabile del caratteristico colore giallo della curcuma. Numerosi studi hanno confermato gli effetti antitumorali, antiproliferativi, antiossidanti, antinfiammatori, antiangiogenici, radioprotettivi e chemiosensibilizzanti della curcumina, che lo rendono un integratore ideale che potrebbe essere utilizzato in futuro come supporto della terapia adiuvante.

4. Ruolo della dieta mediterranea nella nutrigenomica: l'olio evo

L'olio extravergine di oliva (EVOO) è un alimento essenziale della dieta mediterranea e Spagna, Italia e Grecia sono i produttori più importanti a livello mondiale. La dieta mediterranea è caratterizzata da un modello nutrizionale costituito principalmente da un elevato consumo di EVOO, verdure, frutta, cereali, noci, legumi, da un moderato apporto di proteine della carne, di pesce e latticini. Come documentato da numerosi studi pubblicati negli ultimi decenni, molti effetti benefici della dieta mediterranea sulla salute possono essere attribuiti all'olio EVO. Infatti, l'assunzione di olio d'oliva è in grado di ridurre l'ossidazione lipidica e del DNA, di migliorare il profilo lipidico e l'insulino-resistenza, la disfunzione endoteliale, l'infiammazione e di ridurre la pressione sanguigna nei pazienti ipertesi. Tali effetti possono essere considerati protettivi sia al fine di prevenire le patologie cardiovascolari che i disturbi metabolici. Tradizionalmente, gli effetti protettivi dell'olio EVO sono stati attribuiti all'elevato contenuto di acidi grassi monoinsaturi (MUFA), che rappresentano fino all'80% della sua composizione lipidica totale. Tuttavia, recentemente è stato dimostrato che altre sostanze, tra cui i composti fenolici, tocoferoli e carotenoidi possono contribuire agli effetti protettivi dell'EVOO, grazie alle loro proprietà antiossidanti.

L'olio d'oliva contiene diverse classi di composti fenolici come l'alcol fenileetilico (idrossitirosolo e tirosolo), cinnamico (acido caffeico e p-cumarici) e benzoico (acido vanillico), flavoni (apigenina e luteolina) e secoiridoidi (derivati dell'oleuropeina e dei ligtrosidi). Il principale polifenolo presente nell'olio EVOO, l'idrossitirosolo, è uno scavenger dei ROS e riduce l'aggregazione di LDL e delle piastrine ossidate. L'oleuropeina e l'oleocantale sono

molecole con proprietà anti-infiammatorie, e la prima promuove la produzione di ossido nitrico nei macrofagi.

La metodica di estrazione dell'olio è il processo che influenza maggiormente la concentrazione dei composti fenolici; l'EVOO è ottenuto dalla frantumazione manuale e dalla peculiare lavorazione delle olive, preservando così il contenuto di componenti minori che vengono irreversibilmente persi nell'olio d'oliva raffinato, estratto con procedimenti sia chimici che fisici.

L'olio EVOO ricco in polifenoli è in grado di modulare i microRNA (miRNA), una classe emergente di RNA non codificanti in grado di regolare l'espressione genica in differenti tessuti e sia nel contesto di condizioni fisiologiche che patologiche come la sindrome metabolica, le patologie cardiovascolari e il cancro. Infatti, si ritiene che i miRNA circolanti potrebbero essere considerati come potenziali biomarcatori da utilizzare a scopo diagnostico. Alcuni studi hanno dimostrato che l'olio EVOO è in grado di i) down-regolare i miRNA coinvolti nell'infiammazione (miR-146b-5p, miR-181b-5p e miR-192-5p), nel cancro (miR-19-3p, miR-181b-5p e miR-769-5p) e nei disturbi legati al metabolismo del glucosio (miR-107), e di ii) up-regolare due miRNA coinvolti nella risposta anti-infiammatoria e di soppressione tumorale, miR-23b-3p e miR-519b-3p, rispettivamente.

5. Conclusioni

La nutrigenomica è una scienza fondamentale che aiuta a comprendere meglio l'interazione degli alimenti con il nostro genoma, allo scopo di utilizzare le sostanze nutritive per prevenire alcune patologie, tra cui le patologie cardiovascolari, metaboliche e il cancro. Ulteriori studi sono necessari per supportare tali ipotesi, tuttavia un equilibrato apporto nutrizionale e un corretto stile di vita migliorano la qualità di vita e la salute degli individui.

Giovanni Ficarra - Rita Lauro - Federica Mannino - Natasha Irrera
Laura De Maria - Teresa Gervasi - Nicola Cicero - Alessandra Bitto

ULVA LACTUCA: UNA FONTE DI NUOVI SUPPLEMENTI NUTRIZIONALI DAL LAGO DI GANZIRRI

1. Introduzione. – 2. Metodologia e risultati ottenuti. – 3. Conclusioni e prospettive. – 4. Bibliografia.

1. Introduzione

Il lago di Ganzirri è una laguna dell'area messinese, in Sicilia. Attualmente completamente circondato da una zona densamente urbanizzata, mantiene comunque un ruolo fondamentale, oltre che per la notevole suggestione estetica, per le sue particolari qualità biologiche: la flora e la fauna del lago sono estremamente variegate, contribuendo alla formazione di un ecosistema ricco e dinamico. La presenza di canali che collegano il lago di Ganzirri ad altre zone circostanti, come il lago di Faro, il Mar Tirreno e il Mar Ionio, facilita uno scambio continuo di acqua marina, che servono a mantenere l'ossigenazione e prevenire l'eutrofizzazione, un processo dannoso causato dall'eccessiva presenza di sostanze nutritive. Questa configurazione geografica, oltre a garantire una continua circolazione dell'acqua marina, ha agevolato la formazione di un micro-ecosistema unico, offrendo un habitat esclusivo per specifiche specie vegetali e animali (Crescenti N., Baviera C., Zaccone D. 2010, 299–311; Coppari M, Gori A, Viladrich N, Saponari L, 2016, 57–68). Infatti, è presente una ricca vegetazione, anche spontanea, di molte specie di piante e di alghe.

Tra le alghe più presenti, troviamo l'Ulva Lactuca. Nota anche come "insalata di mare", per la forma ed il colore delle sue foglie, è largamente diffusa nel Mar Mediterraneo, dove si nutre dei fosfati di cui sono ricche le acque salmastre, come quelle del Lago. Riveste un ruolo essenziale in diversi settori, come quello alimentare, agricolo, farmacologico e medico, grazie alla sua ricchezza in termini di:

- Vitamina B12, che mantiene un corretto funzionamento del sistema nervoso, supporta la formazione dei globuli rossi e contribuisce il metabolismo energetico, vitamina A, B1, e vitamina C;
- Amminoacidi essenziali e non essenziali, a livelli comparabili di quelli che si trovano in alimenti come uova e legumi;
- Sodio, potassio, iodio, alluminio, manganese, nichel, azoto solubile e fosforo, ma soprattutto calcio (3g/100g) e magnesio (2,8g/100g);
- Proteine, fibre, zucchero e amido;
- Carotenoidi, clorofilla (Lordan S., Ross R.P., Stanton C., 2011, 1056–1100);

La presenza di tutte queste molecole bioattive fa sì che l'Ulva Lactuca sia sempre più richiesta per applicazioni farmaceutiche e alimentari, e c'è un crescente interesse nella ricerca relativa all'estrazione, alla purificazione, alla caratterizzazione e all'applicazione alimentare e biomedica dei componenti dell'Ulva Lactuca.

Per esempio, i suoi polisaccaridi sono in grado di idratate e dare elasticità ai tessuti, tanto da promuovere la ricerca di formulazioni di idrogel a base di Ulva Lactuca per il trattamento delle ustioni (Cesário M.T., da Fonseca M.M.R., Marques M.M., de Almeida M.C.M.D., 2018, 798–817) o per la rigenerazione tissutale (Alves, A.; Sousa, R.A.; Reis, R.L., 2013, 998–1006). Le caratteristiche antiossidanti (Massironi, A.; Morelli, A.; Grassi, L., 2019, 203, 310–321), antibatteriche (Kosanić, M.; Ranković, B.; Stanojković, T., 2015, 390–397; Boisvert, C.; Beaulieu, L.; Bonnet, 2015, 377–387) e antinfiammatorie (Sathivel, A., Raghavendran, H.R.B., Srinivasan, P., Devaki, T., 2008, 46, 3262–3267; Hussein, U.K.; Mahmoud, H.M.; Farrag, A.G.; Bishayee, A., 2015, 525–545; Liu, X.Y.; Liu, D.; Lin, G.P., 2019, 342–351) si intrecciano in un profilo complesso di benefici per la salute e, negli ultimi anni, emergono interessanti indagini su possibili proprietà vantaggiose sul sistema osseo. Una delle ipotesi attuale suggerisce che quest'alga possa giocare un ruolo preventivo nell'osteoporosi.

Nello specifico, l'osteoporosi è una malattia scheletrica caratterizzata da una riduzione della densità minerale ossea e una compromissione della microarchitettura dell'osso, che rendono le ossa fragili e suscettibili a fratture, anche a seguito di lievi traumi o senza apparente motivo. Gestire l'osteoporosi non è semplice: infatti, ci si basa su una combinazione

di cambiamenti nello stile di vita, regolazione della dieta, integrazione di calcio e vitamina D, esercizio fisico e farmaci.

Pertanto, per valutare l'efficacia dell'Ulva Lactucanel sostenere e incentivare un'adeguata fisiologia ossa, abbiamo effettuato un esperimento in vitro utilizzando una linea cellulare di osteoblasti, cellule specializzate nella produzione di matrice organica ossea; gli osteoblasti sono, quindi, stati trattati con diverse concentrazioni dell'estratto di Ulva Lactuca.

Tuttavia, per ottenere l'Ulva come materia prima, sono necessarie diverse procedure per l'estrazione e la caratterizzazione fisico-chimica.

2. Metodologia

I campioni di Ulva Lactuca sono stati prelevati dal Lago di Ganzirri e conservati a -40°C, per poi essere liofilizzati per circa 72h, fino alla completa disidratazione.

Il ciclo di liofilizzazione è consistito di quattro fasi distinte:

- 1. Congelamento del campione su scaffali refrigerati;
- 2. Essiccazione primaria e condensamento del vapore acqueo;
- 3. Essiccazione secondaria dell'acqua non congelata;
- 4. Riscaldamento del condensatore per sciogliere e rimuovere il ghiaccio raccolto.







Attraverso questo procedimento, sono stati ottenuti 99.694 grammi di liofilizzato, di cui circa 1 grammo è stato trattato con 20 mL di una miscela di Metanolo e Acqua (70:30 v/v) e posto in un bagnetto ad ultrasuoni (50° C, 90 min., 40 kHz), infine filtrato e portato a secco con il rotavapor. Questo processo, noto come "estrazione metanolica", è un processo utilizzato per estrarre composti o principi attivi da sostanze naturali, utilizzando il metanolo come solvente estrattivo. L'estratto, contenente i composti desiderati, è stato sottoposto a ulteriori processi di purificazione per ottenere un estratto concentrato e purificato. L'estratto ottenuto ha avuto una resa del 22.8 %.

A questo punto, l'estratto ottenuto è stato determinato chimicamente:

Sostanza secca. La sostanza secca è stata accertata secondo le indicazioni dell'Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990).

Contenuto proteico. Le proteine totali sono state determinate con il metodo Kjeldahl. Le proteine sono state calcolate utilizzando un fattore di conversione dell'azoto di 6,25 (Ortiz et al., 2006). I dati sono stati espressi come percentuale del peso secco.

Contenuto di grassi. I lipidi sono stati estratti utilizzando il protocollo descritto nella norma NF V 03-713 (AFNOR, 1984). 8 g di campioni di polvere di alghe sono stati idrolizzati con una miscela di etanolo, acido formico e acido cloridrico al 70% per 20 minuti a 75°C, seguiti dall'estrazione oleosa utilizzando il cloroformio come solvente. Il campione è stato raffreddato sotto agitazione, sono stati aggiunti 16 mL di etanolo e 50 mL di cloroformio e la miscela è stata agitata per 20 minuti. La procedura di estrazione è stata ripetuta due volte e asciugata con un evaporatore rotante a 50°C (BUCHI R-210, Merck KGaA, Darmstadt, Ger-many). Il risultato è stato espresso come percentuale di lipidi nella sostanza secca dell'alga in polvere.

Zuccheri solubili. Gli zuccheri sono stati estratti con etanolo (960 mL/L) a 50°C per 30 minuti. Dopo la centrifugazione, il surnatante è stato raccolto e il contenuto di zuccheri è stato analizzato con il reagente fenolo/acido solforico.

Fibra alimentare. Le fibre alimentari insolubili e solubili sono state determinate secondo il metodo enzimatico-gravimetrico AOAC di Prosky (1988). I campioni sono stati gelatinizzati con una α-amilasi stabile al calore (A-3306, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) per 30 minuti in un bagno di acqua bollente. Quindi, sono stati digeriti enzimaticamente con proteasi (P-5380, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO) (60°C, pH 7,5, 30 min) per solubilizzare le

proteine, seguite dall'incubazione con amiloglucosidasi (A-9268, Sigma Chemical Co., Poole, Dorset, UK) (60°C, pH 4,5, 30 min) per rimuovere l'amido. Successivamente, sono stati filtrati, lavati (con acqua, etanolo al 95% e acetone), essiccati e pesati per determinare la fibra insolubile. Al filtrato e ai lavaggi con acqua sono stati aggiunti quattro volumi di etanolo assoluto. Quindi, i precipitati sono stati filtrati e lavati due volte con etanolo all'80% e acetone. Successivamente, i residui (fibra solubile) sono stati essiccati e pesati. I valori ottenuti sono stati corretti per ceneri e proteine. La fibra alimentare totale è stata determinata sommando la fibra alimentare insolubile e quella solubile.

Fibre detergenti neutre e acide (NDF, ADF) e lignina detergente acida (ADL). Le fibre detergenti neutre e acide (NDF, ADF) e la lignina detergente acida (ADL) sono state determinate secondo Van Soest, Robertson e Lewis (1991).

Elementi minerali. Le analisi degli elementi minerali sono state eseguite mediante digestione acida iniziale con mineralizzatore a microonde, seguita da spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS).

Profilo degli acidi grassi. Il profilo degli acidi grassi è stato ottenuto mediante estrazione iniziale con apparato Soxhlet e successiva analisi con gascromatografo (GC) dotato di iniettore split/ splitless e rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID).

Pigmenti fotosintetici. Il profilo dei pigmenti fotosintetici di Ulva lactuca è stato determinato mediante uno spettrometro di massa per cromatografo liquido a triplo quadrupolo LCMS-8040 (Shimadzu, Kyoto, Giappone), dotato di autocampionatore SIL-20AXR, sorgente di ionizzazione electrospray (ESI) e colonna Agilent Zorbax SB-C18 (5 microm 4,6 x 250 mm). La modalità di monitoraggio di reazioni multiple (MRM) ha permesso di effettuare analisi quantitative e qualitative.

In conclusione, il campione, raccolto dal Lago di Ganzirri conteneva:

- sostanza secca (85.05 g/100g);
- proteine totali (8.46 g/100g);
- grassi (7.87 g/100g) tra i quali gli acidi grassi più abbondanti oleico (15.93 g/100g) e palmitico (59.40 g/100g);
- fibre totali (54.9 g/100g);
- elementi minerali (magnesio, calcio e potassio);

- pigmenti fotosintetici (clorofilla a e b, e α e β carotene);

Componenti	Risultati (% peso/peso su sostanza secca)[a]
Sostanza secca	85.05 ± 0.15
Proteine	8.46 ± 0.01
Contenuto di grassi	7.87 ± 0.10
Zuccheri solubili	0.64 ± 0.03
Fibre insolubili	34.37 ± 0.67
Fibre solubili	20.53 ± 0.28
Fibre alimentari totali	54.90 ± 0.95

[a] Tutti i valori indicati rappresentano la media di tre determinazioni; SD: deviazione standard.

Fibre alimentari insolubili	
Componenti	**Risultati (% peso/peso su sostanza secca)[a]**
Fibre insolubili (NDF)	31.29 ± 0.18
Emicellulosa	20.60 ± 0.06
Cellulosa	9.13 ± 0.04
Lignina (ADL)	1.56 ± 0.08

FDN, fibra detergente neutra; LDA, lignina detergente acida.

[a] Tutti i valori indicati rappresentano la media di tre determinazioni; SD: deviazione standard.

Elementi minerali	
Components	**Componenti (mg/100 g sostanza secca)[a]**
Magnesio	3679.53 ± 27.30
Calcio	2198.05 ± 78.96
Potassio	561.19 ± 8.13
Sodio	311.72 ± 27.78
Fosforo	91.00 ± 4.56
Ferro	31.76 ± 0.49
Zinco	6.85 ± 0.14
Manganese	0.99 ± 0.10
Piombo	1.15 ± 0.01
Rame	0.63 ± 0.01
Cadmio	0.10 ± 0.00

Profilo HPLC di pigmenti fotosintetici (%)	
Violaxantina	4.87
Anteraxantina	1.30
Astazanteina	4.12
Luteina	0.51
Cryptoxantina	0.16
Zeaxantina	0.16
Clorofilla b	14.89
Clorofilla a	30.90
a-carotene	11.47
Carotene-isomers	5.62
All transb-carotene	6.16
9-cis b-carotene	14.47

Composti totali identificati 94,63 92,51 Sconosciuto 5,36 7,49

Composizione di acidi grassi	
Componenti	**Componenti (g/100 g di acidi grassi totali)[a]**
Miristico C14:0	2.40 ± 0.10
Palmitico C16:0	59.40 ± 0.56
Palmitoleico C16:1	6.87 ± 0.23
Stearico C18:0	1.87 ± 0.11
Oleico C18:1	15.93 ± 0.50
Linoleico C18:2	2.43 ± 0.05
a-Linolenico C18:3	3.20 ± 0.17
Arachico C20:0	1.13 ± 0.10
Eicosenoico C20:1	1.52 ± 0.05
Beenico C22:0	4.17 ± 0.05
Docosaesaenoico C22:6	1.10 ± 0.05
SAFA	68.97 ± 0.86
MUFA	24.32 ± 0.78
PUFA	6.73 ± 0.27

SAFA, acidi grassi saturi; MUFA, acidi grassi monoinsaturi; PUFA, acidi grassi polinsaturi.

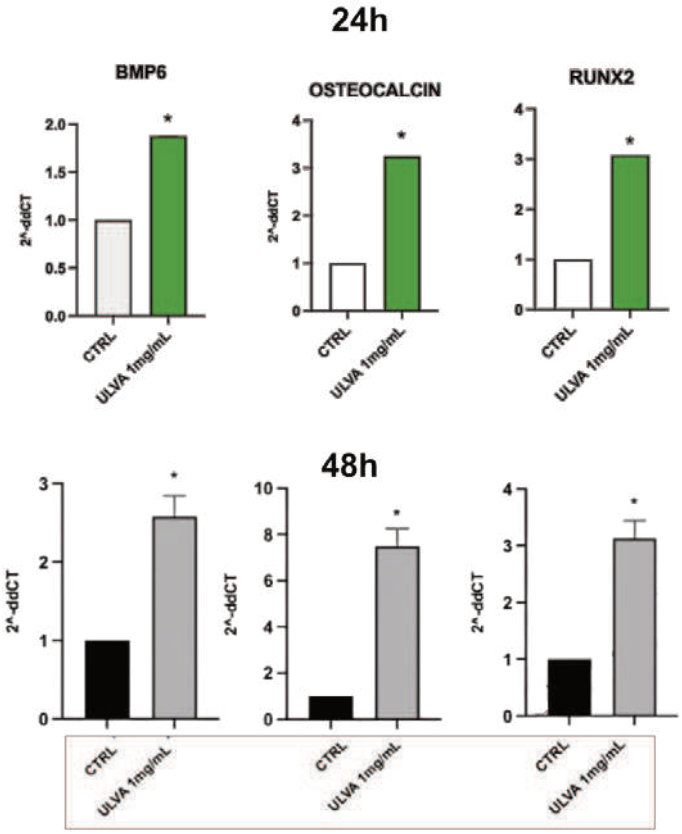
[a] Tutti i valori indicati rappresentano la media di tre determinazioni; SD: deviazione standard.

Trattamento delle cellule osteoblastiche. A questo punto, 1mg/mL dell'estratto è stata scelta come dose con cui trattare le cellule di osteoblasti. Infatti, cellule osteoblastiche sono state trattate *in vitro* con l'estratto per un totale di 24h e 48h, per valutare le capacità anti-osteoporotiche dell'Ulva Lactuca. Al termine delle 24h e 48h, le cellule sono state prelevate ed è stato estratto l'RNA. L'estrazione dell'RNA è un processo importante per le ricerche molecolari, perché l'RNA (acido ribonucleico) è una molecola che svolge un ruolo fondamentale nella sintesi proteica e nella regolazione dell'espressione genica all'interno delle cellule.

Infatti, è l'RNA che media quali proteine vengono prodotte, e sono le proteine che decidono per il "ruolo" delle cellule. Gli osteoblasti, per esempio, poiché sono coinvolti nella formazione di nuovo tessuto osseo, durante la loro attività esprimono una serie di geni che sono essenziali per la sintesi e la deposizione della matrice extracellulare dell'osso, per esempio:

a) BMP6 (*Bone Morphogenic Protein 6*, Proteina Morfogenetica Ossea 6) che codifica per una proteina che funziona come "fattore di crescita" essenziale per la formazione dell'osso, per la sua riparazione e rigenerazione; b) RUNX2 (*Runt-related transcription factor 2*, Fattore di trascrizione relativo a Runt 2, che induce la formazione di una proteina indispensabile per la differenziazione degli osteoblasti, per la sintesi di collagene, per la deposizione di minerali e per la formazione di una matrice ossea organizzata; e c) BGLAP (Osteocalcina), che promuove la sintesi di una proteina prodotta coinvolta nella mineralizzazione dell'osso esprimono geni permette per valutare l'espressione dei geni che si chiamano BMP-6, RUNX2 e Osteocalcina, i quali sono coinvolti nella prevenzione della osteoporosi.

Analisi dell'espressione genica. Estraendo l'RNA, è stato valutato se i livelli di espressione di questi geni fossero aumentati o diminuiti: un loro aumento avrebbe significato un aumento dell'attività degli osteoblasti e, possibilmente, della loro sintesi, quindi, un risultato auspicabile per una patologia caratterizzata da un disequilibrio della loro attività. Attraverso un processo noto come Real Time-PCR (q-PCR), è stata valutata l'espressione di questi geni, ottenendo i seguenti risultati:



Nelle cellule trattate con l'estratto di Ulva Lactuca, i loro livelli sono aumentati rispetto a cellule non trattate, ed i risultati sono stati confermati anche ad una tempistica più prolungata. Dal momento che questi geni sono coinvolti nella proliferazione degli osteoblasti, questo potrebbe, almeno preliminarmente, provare il potenziale antiosteoporotico dell'Ulva Lactuca ed il potenziale sfruttamento per la produzione di nuovi prodotti farmaceutici.

3. Conclusioni e prospettive

Gli esperimenti condotti, che sono uno studio ancora preliminare sui potenziali benefici dell'Ulva Lactuca, hanno finora dimostrato dei potenziali benefici dell'Ulva Lactuca, Potenzialmente, caratterizzando tutte le molecole bioattive contenute nell'alga, potrebbe essere possibile studiare quali di questi componenti siano maggiormente responsabili delle azioni benefiche. Proprio per questo, altri studi sono in corso per poter utilizzare questa risorsa del Mediterraneo come fonte di principi attivi.

Tuttavia, nonostante i suoi numerosi benefici, è importante sottolineare l'importanza della sostenibilità e della conservazione dell'Ulva Lactuca. La raccolta e l'utilizzo di questa alga dovrebbero avvenire in modo responsabile, evitando il sovrasfruttamento delle popolazioni naturali per garantire la rigenerazione dell'Ulva Lactuca e la conservazione degli ecosistemi marini.

Una ricerca scientifica continua su quest'alga è essenziale per approfondire la comprensione delle sue proprietà, dei suoi benefici e delle sue potenziali applicazioni. Studi sulle sue proprietà medicinali, sui suoi composti bioattivi e sulle sue interazioni con l'ambiente circostante potrebbero aprire nuove opportunità per il suo utilizzo sostenibile e per lo sviluppo di prodotti derivati.

4. Bibliografia

Crescenti N, Baviera C, Zaccone D., *Asterocheres faroensis, a new species (Copepoda, Siphonostomatoida, Asterocheridae) associated with hymeniacidon perlevis (Montagu, 1812) (Porifera) from lake Faro,* 2010, Mediterranean Sea. Crustaceana. 83:299–311

Coppari M, Gori A, Viladrich N, Saponari L, Canepa A, Grinyó J, Olariaga A, Rossi S, *The role of Mediterranean sponges in benthic–pelagic coupling processes: Aplysina aerophoba and Axinella polypoides case studies*, 2016, J Exp Mar Biol Ecol. 477:57–68.

Lordan S., Ross R.P., Stanton C., *Marine bioactives as functional food ingredients: Potential to reduce the incidence of chronic diseases.*, Mar. Drugs. 2011;9: 1056–1100.

Cesário M.T., da Fonseca M.M.R., Marques M.M., de Almeida M.C.M.D., *Marine algal carbohydrates as carbon sources for the production of biochemicals and biomaterials*, Biotechnol. Adv. 2018;36:798–817.

Alves, A.; Sousa, R.A.; Reis, R.L., *Processing of degradable ulvan 3D porous structures for biomedical application,*. J. Biomed. Mater. Res. Part A 2013, 101, 998–1006.

Massironi, A.; Morelli, A.; Grassi, L.; Puppi, D.; Braccini, S.; Maisetta, G.; Esin, S.; Batoni, G.; Della Pina, C.; Chiellini, F., *Ulvan as novel reducing and stabilizing agent from renewable algal biomass: Application to green synthesis of silver nanoparticles,* Carbohydr. Polym. 2019, 203, 310–321.

Kosanić, M.; Ranković, B.; Stanojković, T., *Biological activities of two macroalgae from Adriatic coast of Montenegro*, Saudi J. Biol. Sci. 2015, 22, 390–397.

Boisvert, C.; Beaulieu, L.; Bonnet, C.; Pelletier, É., *Assessment of the antioxidant and antibacterial activities of three species of edible seaweeds*, J. Food Biochem. 2015, 39, 377–387.

Sathivel, A.; Raghavendran, H.R.B.; Srinivasan, P.; Devaki, T., *Anti-peroxidative and anti-hyperlipidemic nature of Ulva lactuca crude polysaccharide on d-Galactosamine induced hepatitis in rats.* Food Chem. Toxicol. 2008, 46, 3262–3267.

Hussein, U.K., Mahmoud, H.M., Farrag, A.G., Bishayee, A., *Chemoprevention of Diethylnitrosamine-Initiated and Phenobarbital-Promoted Hepatocarcinogenesis in Rats by Sulfated Polysaccharides and Aqueous Extract of Ulva lactuca,* Integr. Cancer Ther. 2015, 14, 525–545.

Liu, X.Y., Liu, D., Lin, G.P., Wu, Y.J., Gao, L.Y., Ai, C.; Huang, Y.-F., Wang, M.F., El-Seedi, H.R., Chen, X.H, *Anti-ageing and antioxidant effects of sulfate oligosaccharides from green algae Ulva lactuca and Enteromorpha prolifera in SAMP8 mice.* Int. J. Biol. Macromol. 2019, 139, 342–351.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. *Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J Dairy, Sci.*; 1991; 3583-97.

Marina Russo

L'olio extravergine d'oliva: il perfetto equilibrio tra nutrizione e salute

1. Introduzione. – 2. L'olio extra-vergine d'oliva. – 3. Le molecole ad elevato valore biologico nell'olio extra-vergine d'oliva. – 4. Il progetto Violin. – 5. Bibliografia.

1. Introduzione

Dagli anni '90, i ricercatori nell'ambito della chimica degli alimenti hanno aperto un nuovo capitolo riguardante le indagini su alimenti e piante. A supporto di precedenti studi sulla composizione dei macronutrienti, i ricercatori hanno posto la loro attenzione verso i metaboliti secondari e i microcostituenti di interesse nutraceutico presenti negli alimenti. Dalle numerose indagini effettuate e da autorevoli pareri scientifici, si è giunti alla conclusione che gli alimenti non devono essere visti esclusivamente da un punto di vista "calorico". La presenza di molecole ad elevato valore biologico negli alimenti sia di origine vegetale che animale porta ad avere effetti positivi sulla salute umana.

Grazie a queste evidenze scientifiche le abitudini alimentari degli esseri umani si sono notevolmente evolute, si sono modificate. Da un eccessivo utilizzo di alimenti di origine animale, si è arrivati nell'ultimo decennio ad un'inversione di tendenza, il consumatore adesso sceglie quotidianamente gli alimenti con più consapevolezza, privilegiando cibi ricchi di molecole ad elevato valore biologico affianco ad uno stile di vita sano ed equilibrato.

Una corretta informazione alimentare porta i consumatori verso scelte alimentari che si rifanno all'utilizzo della piramide alimentare o ancora verso l'utilizzo del "*choose my plate*" come suggerito dal dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti d'America, o ancora scelgono di alimentarsi seguendo lo stile di vita proposto dalla dieta Mediterranea. Come conseguenza i consumatori si orientano verso l'utilizzo di cibi poco trasformati o ancora cibi stagionali, ma in modo principale alimenti che siano bilanciati nel loro contenuto di macro e micro nutrienti e caratterizzati dalla presenza di molecole ad elevato valore biologico, ovvero

molecole dalle spiccate capacità antiossidanti. Questi cibi conosciuti come alimenti funzionali, hanno preso recentemente la definizione di "*Super Foods*". Un variegato profilo quali-quantitativo di molecole dalle spiccate proprietà benefiche rende alimenti di nuova introduzione nel mercato Italiano dei "*Super Foods*", come ad esempio: avogado, semi di chia, e bacche di goji. Ad avvalersi di questo nuovo appellativo vi sono anche alimenti tipici della nostra penisola e che sono cardine della dieta Mediterranea, tra cui ritroviamo l'olio extra-vergine d'oliva.

Si può certamente affermare che, una dieta ottimale per un individuo oltre a provvedere all'energia necessaria alle sue attività, è in grado di fornire molecole utili al suo benessere psicofisico e ridurre il rischio di alcune patologie. L'olio extra-vergine di oliva rientra tra quegli alimenti da cui non ci si aspetta un semplice apporto di nutrienti, ma è dotato di molecole ad azione benefica per la salute.

2. L'olio extra-vergine d'oliva

L'olio extra-vergine d'oliva è il prodotto della spremitura meccanica di frutti appartenenti a numerose varietà della specie *Olea europea*, le olive. Questi frutti vengono principalmente coltivati nel bacino del Mediterraneo, per questa ragione i paesi maggiori produttori di olio extra-vergine d'oliva sono l'Italia, la Spagna, la Grecia e il Portogallo.

All'interno della dieta svolge principalmente un'azione energizzante, dato il suo alto contenuto in grassi, inoltre è veicolo nel trasporto di vitamine liposolubili. Da un punto di vista organolettico rende i cibi più appetibili, e rappresenta uno dei liquidi di cottura più utilizzati dalla popolazione mediterranea. Si può certamente affermare che è un alimento altamente digeribile, questa caratteristica gli viene attribuita grazie alla presenza del suo principale costituente: l'acido oleico. A questo acido grasso sono associate inoltre numerose proprietà benefiche, tra cui la prevenzione verso i fenomeni di ossidazione dei grassi. Gli effetti benefici si traducono in una minore incidenza di malattie aterosclerotiche e cardiovascolari tra le popolazioni del bacino del Mediterraneo.

Gli oli extravergine di oliva presenti attualmente sul mercato italiano sono innumerevoli, alcuni di più alta qualità se paragonati ad altri. Uno dei processi tecnologici che rendono un olio di oliva di alta qualità è sicuramente la tecnica di estrazione a freddo. In questa categoria

di oli rientrano senza dubbio oli extra-vergine di oliva italiani etichettati con marchio DOP (Denominazione d'Origine Protetta), IGP (Indicazione Geografica Protetta) e quelli di agricoltura biologica.

A rendere questo alimento il giusto connubio tra nutrizione e salute è sicuramente la sua composizione chimica. Questa è influenzata da innumerevoli fattori: condizioni pedoclimatiche, cultivar dell'olivo, grado di maturazione del frutto al momento della spremitura, e non ultimo la tecnologia di produzione. Ciascuna delle operazioni che vengono effettuate sull'oliva ne influenza il contenuto di macro e micronutrienti. Il processo tecnologico che viene effettuato per la trasformazione dell'oliva in olio prevede i seguenti passaggi: la raccolta dei frutti, il trasporto all'oleificio, pulitura delle olive, estrazione, centrifugazione e filtrazione. Per tutti questi processi sono di grande importanza le tempistiche, la temperatura a cui vengono pressate le olive e la quantità di acqua che viene volontariamente aggiunta durante il processo produttivo. Per un olio extra-vergine d'oliva di alta qualità sarebbe consigliabile non superare i 40-45° C durante il processo di molitura (estrazione a freddo) e aggiungere un quantitativo di acqua fredda non oltre il 50%. La lavorazione a temperature superiori porta a rese più alte di estrazione dell'olio ma ciò va a discapito del contenuto di molecole ad elevato valore biologico e quindi dell'attività antiossidante dell'olio stesso.

I componenti principali dell'olio extra-vergine d'oliva sono i trigliceridi (98-99%), i componenti minoritari sono invece gli steroli (fitosteroli), gli idrocarburi, la vitamina E, i polifenoli e i pigmenti (caroteni e clorofilla). I trigliceridi sono caratterizzati dalla presenza di tre acidi grassi: oleico, linoleico e palmitico. Un olio d'oliva di buona qualità dovrebbe contenere una quantità di acido oleico non inferiore al 73%. Ma è grazie alla presenza delle molecole nutraceutiche, tra cui la vitamina E ed i fenoli, che l'olio extravergine di oliva viene considerato come un alimento funzionale.

3. Le molecole ad elevato valore biologico nell'olio extra-vergine d'oliva

All'interno di questo "*Super Foods*" esistono due categorie di molecole antiossidanti caratterizzate da diverse proprietà chimiche. Le prime sono i tocoferoli, altrimenti conosciuti come Vitamina E, sono molecole antiossidanti caratterizzate dalla liposolubilità. Di contro

invece la presenza di molecole idrosolubili, quali i polifenoli, conferisce a questo alimento anche delle caratteristiche organolettiche. La presenza di queste molecole così chimicamente differenti garantisce all'individuo che le assume con l'alimentazione una protezione contro i radicali liberi, contro l'invecchiamento cellulare, e all'alimento conferisce una maggiore conservabilità nel tempo aumentando quindi la *shelf-life* e garantendo che l'alimento mantenga inalterata la sua composizione chimica nel tempo.

La presenza di queste molecole all'interno dell'olio extra-vergine d'oliva è influenzata da tantissimi fattori. Sicuramente le condizioni pedoclimatiche alle quali le olive vengono coltivate, la cultivar di appartenenza, il grado di maturazione della drupa, ma influenzare la presenza e la quantità di queste molecole all'interno del prodotto finiti è il processo di lavorazione delle olive ovvero la metodologia di produzione. Parte dalla tipologia di raccolta attuata, la metodologia di trasporto e conservazione, e il processo tecnologico in se di produzione dell'olio.

Le molecole ad elevato valore biologico contenute nell'olio extra-vergine d'oliva sono: gli acidi oleico e linoleico, le vitamine A ed E, e i fenoli. I fenoli contenuti nell'olio extravergine di oliva sono stati oggetto di studio da parte di numerosi ricercatori grazie alle loro importanti proprietà benefiche. Queste molecole sono rappresentate principalmente da idrossitirosolo e oleuropeina, poiché sono i principali costituenti della frazione fenolica. Grazie alle loro proprietà organolettiche conferiscono un sapore amaro/pungente all'alimento, e parallelamente ricoprono un ruolo fondamentale svolgendo un'azione protettiva nei confronti delle ossidazioni.

Idrossitirosolo, tirosolo, oleuropeina, oleocantale e oleacina rappresentano i fenoli contenuti nell'olio extravergine di oliva con la più spiccata attività biologica. Ad avvalorare questa tesi è un'opinione del 2011 dell'EFSA (*European Food Safety Authority*), in cui si afferma che il consumo giornaliero di 2-15 mg di idrossitirosolo e/o complessi dell'oleuropeina presenti in oli extravergine di oliva porti a comprovati benefici sulla salute dell'uomo.

Gli oli extravergine di oliva italiani di alta qualità rappresentano un'ottima fonte di fenoli, e la tecnica estrattiva a freddo garantisce di preservare il contenuto di queste molecole

evitando che vadano perse nei prodotti di scarto della lavorazione delle olive (sansa e acque di vegetazione).

La vitamina E è una vitamina liposolubile con un grande potere antiossidante, che consiste nel contrastare la formazione dei radicali liberi e proteggere quindi l'alimento dall'ossidazione. Questa caratteristica fa si che gli oli che la contengono abbiano una *shelf-life* più lunga e in cottura siano meno soggetti all'ossidazione. La vitamina E è costituita da un gruppo di 8 isomeri, di cui l'alfa-tocoferolo è quello con la più alta attività biologica. Il potere antiossidante di questa vitamina viene esercitato anche su quegli individui che l'assumono mediante l'alimentazione. Per questa ragione l'EFSA (*European Food Safety Authority*), in un'opinione del 2015, ha suggerito che un adulto ne dovrebbe consumare 11-13 mg al giorno per garantire con la dieta un apporto adeguato. Tra gli alimenti che la contengono l'olio extravergine d'oliva è sicuramente uno dei più ricchi.

4. Il progetto Violin

Al fine di sensibilizzare i consumatori verso la sicurezza alimentare e di promuovere la cultura dell'olio di oliva italiano di qualità, è nato un progetto Violin (*Valorization of Italian OLive products through INnovative analytical tools*) finanziato da Ager (Fondazione in Rete per la Ricerca Agroalimentare). Questo progetto, della durata di tre anni, ha preso piede nel 2017 e si è concluso nel 2021. Ha coinvolto diverse personalità scientifiche appartenenti a tre diversi Atenei Italiani: l'Università degli Studi di Messina, l'Università degli Studi di Napoli Federico II e l'Università degli Studi di Bari. L'unione delle competenze di numerosi ricercatori nei diversi settori scientifici ha fatto si che si potesse tracciare un'impronta digitale di oli extravergine d'oliva Italiani di alta qualità. A tale scopo tutti gli Atenei partner hanno analizzato più di 400 oli extravergine di oliva italiani di alta qualità, appartenenti a tre diverse stagioni di produzione (2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020). Gli oli oggetto di studio provenivano da tutte le regioni Italiane (eccetto Valle d'Aosta e Piemonte), con la maggioranza dei campioni provenienti dalla Toscana. Le olive utilizzate per la produzione dell'olio facevano parte di 57 varietà di olivo. Tra gli oli analizzati, erano presenti svariati campioni etichettati con marchio DOP, provenienti da molte regioni italiane, ed anche etichette IGP e quelli da agricoltura biologica.

Il campionamento degli oli extra-vergine d'oliva è stato effettuato tenendo conto di differenti canali di vendita. Gli oli sono stati acquistati direttamente dai produttori locali (sia oleifici, che aziende a conduzione familiare), oppure utilizzando i comuni canali della grande distribuzione organizzata, ed infine mediante gli *e*-commerce di alcune aziende che producono oli Italiani di alta qualità. Al fine di indagare ulteriormente su questo alimento dai grandi benefeci, sono stati campionati oli di alta qualità provenienti dal bacino del Mediterraneo, tra cui oli spagnoli, portoghesi e greci. Ed ancora sono stati tenuti in considerazione oli reperibili presso la grande distribuzione organizzata che riportavano in etichetta le seguenti diciture: oli ottenuti da olive Siciliane, oli ottenuti con olive della comunità Europea, oli ottenuti da olive Italiane, oli ottenuti con olive della comunità Europea miscelate con olive Italiane. Di grande tendenza in questo periodo sono i condimenti di alta qualità tra cui rientrano gli oli extra-vergine d'oliva aromatizzati con ingredienti più o meno pregiati. Questi condimenti si possono ottenere lasciando in infusione l'ingrediente aromatizzante nell'olio per un tempo circoscritto stabilito dal produttore. O ancora si possono ottenere per molitura delle olive assieme all'ingrediente d'interesse. Sono stati così campionati oli extra-vergine d'oliva aromatizzati con i seguenti ingredienti: tartufo, rosa, peperoncino, mostarda, limone, bergamotto, mandarino, peperoncino, funghi, basilico, aglio, cardamomo, zenzero, salvia, e origano.

Ognuno di questi oli è stato analizzato da ciascun partner del progetto Violin secondo le proprie competenze. I laboratori del settore Analitico-Alimentare dell'Università degli Studi di Messina, tra i vari parametri di genuinità, si sono dedicati all'indagine di molecole ad elevato vale biologico (fenoli e vitamina E) in ciascuno degli oli campionati durante i tre anni del progetto. Le analisi sono state condotte in concomitanza all'imbottigliamento e ripetute dopo qualche mese, al fine di verificare la persistenza nel tempo delle molecole antiossidanti. La strumentazione impiegata a tale scopo è di tipo cromatografico, specificatamente si tratta di cromatografi liquidi ad alte prestazioni accoppiati a rivelatori di massa. Questi strumenti analitici di ultima generazione consentono in tempi rapidi e con un ridotto impiego di reagenti di ottenere risultati affidabili.

Dalle analisi effettuate sul contenuto di fenoli di tutti gli oli extra-vergine di oliva si evidenzia come le molecole caratteristiche per tutti gli oli analizzati

siano: oleacina, oleocantale, e i complessi dell'oleuropeina e del ligstroside. Quindi a prescindere dalla provenienza, dall'annata di produzione, dal canale di vendita e dal valore commerciale dell'alimento il profilo qualitativo è identico per ogni olio analizzato. Le stesse considerazioni possono essere effettuate per quanto riguarda il profilo qualitativo degli isomeri della vitamina E. Tutti gli oli extra-vergine d'oliva hanno mostrato la presenza di: alfa-tocoferolo, alfa-tocotrienolo, beta-tocoferolo e delta-tocoferolo.

Gli oli analizzati differiscono da un punto di vista quantitativo. Gli oli extra-vergine di oliva di alta qualità hanno mostrato un contenuto più alto sia di fenoli che di vitamina E rispetto agli oli aromatizzati e agli oli acquistati presso la grande distribuzione organizzata. Inoltre differenze quantitative sono state riscontrate tra oli provenienti da regioni diverse. Oli toscani e pugliesi sono quelli dal contenuto più elevato di fenoli. Mentre gli oli siciliani e liguri sono quelli con il contenuto più alto di vitamina E. Per tutti gli oli extra-vergine d'oliva analizzati l'isomero più abbondante della vitamina E, è stato l'alfa-tocoferolo, rappresentando il 93% sul contenuto totale di vitamina. Tra tutti i campioni analizzati, i più poveri nel contenuto in molecole dall'elevato valore biologico sono stati gli oli d'oliva aromatizzati. In ogni caso queste differenze nel contenuto sia di fenoli che di vitamina E, non sono così marcate e significative a testimonianza del fatto che la tecnologia di estrazione a freddo mantiene inalterato il contenuto di molecole antiossidanti all'interno dell'alimento.

Un dato interessante riguarda il confronto nel profilo sia qualitativo che quantitativo tra oli provenienti da olive della stessa cultivar, coltivate nella stessa area geografica ma in anni diversi. Dai risultati ottenuti si evince come la componente biologicamente attiva rimane uguale nel tempo. Questo risultato rassicura il consumatore, poiché gli garantisce un prodotto di alta qualità immutato nel tempo. Un altro aspetto riguarda gli oli reperiti presso le piccole aziende locali a gestione familiare. Oli extra-vergine di oliva provenienti da questo canale di vendita sono quelli che hanno mostrato il contenuto più alto di alfa-tocoferolo, idrossitirosolo e complessi dell'oleuropeina. Ad influenzare il tenore di molecole antiossidanti è sicuramente la metodologia di produzione dell'olio. Le piccole aziende a gestione familiare tendono a utilizzare il loro patrimonio culturale tramandando tecniche tradizionali che preservano al meglio la struttura originale dell'alimento. Questa metodologia che produce un olio di più alto valore nutrizionale non è certamente applicabile su larga scala.

La totalità dei risultati ottenuti è stata utilizzata per compiere un'indagine di tipo statistico con lo scopo di creare un modello in grado di discriminare le differenti tipologie di oli analizzati. Nonostante sembrasse che effettivamente ci fossero delle differenze quantitative discriminanti tra oli provenienti da regioni diverse o acquistati con i canali della grande distribuzione organizzata, applicando il modello statistico è stato possibile discriminare con certezza esclusivamente gli oli di oliva Italiani da quelli della comunità Europea.

Dai dati emersi si può senz'altro affermare che il consumo quotidiano di 20-30 g di olio extravergine di oliva Italiano garantisce un apporto giornaliero di 8-16 mg di idrossitirosolo e complessi dell'oleuropeina e il 30-45% di apporto giornaliero di vitamina E, dato raccomandato dall'EFSA.

Concludendo si può certamente asserire che l'indagine sul contenuto di molecole ad elevato valore biologico mediante l'utilizzo di strumentazione analitica si dimostra un valido aiuto per delineare un profilo quali-quantitativo di molecole con comprovati effetti benefici sull'organismo umano. Dai risultati ottenuti si evince che tutti gli oli analizzati sono caratterizzati dallo stesso numero di molecole ad elevato valere biologico, ciò che differisce è il contenuto di ciascuna di esse. Tutti gli oli presentano come molecola predominante l'oleuropeina e i suoi derivati, all'interno della componente in polifenoli, e l'alfa-tocoferolo come molecola più abbondante tra gli isomeri della vitamina E, ovvero quella con la capacità antiossidante più elevata.

Oli provenienti da regioni diverse mostrano contenuti variabili di molecole ad elevato valore biologico, infatti i dati mostrano come gli oli pugliesi e toscani siano molto ricchi in fenoli, a differenza degli oli siciliani e liguri che invece sembrano essere i più poveri. Ma a prescindere da queste differenze in quantitativo totale di molecole ad elevato valore biologico, un consumo giornaliero di ciascuno di questi oli (30 g) permette al consumatore di ingerire il quantitativo di molecole raccomandato dall'EFSA (Vitamina E 11-13 mg/giorno; oleuropeina e derivati 2-15 mg/giorno). Le stesse considerazioni possono essere fatte per i campioni spagnoli, greci e portoghesi di alta qualità. Oli siciliani acquistati presso la grande distribuzione organizzata mostrano un quantitativo di fenoli e vitamina E paragonabile a quelli siciliani di alta qualità (leggermente più basso, ma comunque garantiscono il corretto

apporto di antiossidanti per un consumo giornaliero di 30 g di olio). Gli altri oli acquistati presso la grande distribuzione organizzata presentano una concentrazione più bassa sia di fenoli che di vitamina E, ma che comunque garantiscono il corretto apporto di antiossidanti per un consumo giornaliero di 30 g di olio. Considerazioni differenti possono essere fatte invece per gli oli aromatizzati. Il contenuto di vitamina E risulta assolutamente paragonabile agli oli extra-vergine d'oliva quelli di alta qualità, mentre il contenuto di fenoli notevolmente più basso. Questo dato non deve allarmare il consumatore. La conservabilità dell'alimento è garantita dall'ottimo contenuto di vitamina E. Valutando invece l'aspetto nutrizionale, è presumibile ipotizzare che questa tipologia di condimento venga utilizzata sporadicamente nelle preparazioni alimentari. Questi oli extra-vergine di oliva non rappresentano quindi l'unica fonte alimentare di oleuropeina e sui derivati, ne consegue che affiancare quotidianamente un olio di alta qualità garantisce il giusto apporto di fenoli.

È evidente quindi che esistono notevoli differenze da un punto di vista quantitativo tra oli con provenienza diversa, ma che comunque con un consumo giornaliero di 30 g di olio extra-vergine d'oliva (qualsiasi sia la sua provenienza) viene garantito il giusto apporto di antiossidanti.

Dai risultati prodotti nell'ambito del progetto Violin è stato possibile rimarcare come un prodotto tipico della Dieta Mediterranea sia fonte di molecole ad elevato valore biologico, ma soprattutto come gli oli extravergine d'oliva di alta qualità possano essere dei validi alleati nel mantenimento di benessere e salute. Ancora una volta quindi il made in Italy si afferma come eccellenza nel panorama internazionale.

5. Bibliografia

Dugo L., Russo M., Cacciola F., Mandolfino F., Salafia F., Vilmercati A., Fanali C., Casale M., De Gara L., Dugo P., Mondello L., Rigano F. (2020). Determination of the phenol and tocopherol content in Italian high quality extra virgin olive oils by using LC-MS and multivariate data analysis. Food Analytical Methods, *doi: 10.1007/s12161-020-01721-7*.

EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA); Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to polyphenols in olive and protection of LDL particles from oxidative damage (ID 1333, 1638, 1639, 1696, 2865), maintenance of normal

blood HDL-cholesterol concentrations (ID 1639), maintenance of normal blood pressure (ID 3781), “anti-inflammatory properties” (ID 1882), “contributes to the upper respiratory tract health” (ID 3468), “can help to maintain a normal function of gastrointestinal tract” (3779), and “contributes to body defences against external agents” (ID 3467) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. EFSA Journal 2011; 9(4):2033, 25 pp. *doi:10.2903/j.efsa.2011.2033*. Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal.

EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies), 2015. Scientific Opinion on Dietary Reference Values for vitamin E as α-tocopherol. EFSA Journal 2015; 13(7):4149, 72 pp. *doi:10.2903/j.efsa.2015.4149*. Available online: www.efsa.europa.eu/efsajournal.

Rózanska A., Russo, M., Cacciola F., Salafia F., Polkowska Z., Dugo P., and Mondello, L. (2020) Concentration of Potentially Bioactive Compounds in Italian Extra Virgin Olive Oils from Various Sources by Using LC-MS and Multivariate Data Analysis. Foods, 16, https://doi.org/10.3390/foods9081120

Giuseppa Di Bella - Vincenzo Nava - Angela Giorgia Potortì
Vincenzo Lo Turco - Ambrogina Albergamo

Il miele e l'apicoltura dell'areale del Mediterraneo

1. La storia millenaria dell'apicoltura Mediterranea. – 2. Il significato delle api per l'uomo e l'ambiente – 3. L'apicoltura Mediterranea al tempo della crisi climatica ed ambientale. – 4. Il miele Mediterraneo. – 4.1. La flora apistica Mediterranea. – 4.2. Il profilo nutrizionale e nutraceutico del miele. – 4.3. Il miele al servizio della scienza: la frazione degli elementi inorganici. – 5. Conclusioni e prospettive future. – 6. Bibliografia.

1. La storia millenaria dell'apicoltura Mediterranea

Al fine di esaltare l'influenza che l'apicoltura ha avuto sulla cultura Mediterranea, è *in primis* indispensabile individuare dove questa attività fosse praticata e in quale misura. La specie di interesse, poiché l'unica sfruttata per la produzione del miele nell'areale Mediterraneo, è l'*Apis mellifera* (Linneo, 1758), nativa dell'Asia centro-meridionale o dell'Africa nord-orientale (F. Han, A. Wallberg, & M.T. Webster, 2012, 1949-1951), e diffusasi naturalmente a tutta l'Africa, il Vicino e Medio Oriente e l'Europa, ancor prima della sua introduzione avvenuta per mano dell'uomo nel Nuovo Mondo (C.W. Whitfield, S.K. Behura, S.H. Berlocher, et al., 2006, 642-645), Sud America, Australia, Nuova Zelanda ed Asia orientale (M. Winston, J. Dropkin, O. Taylor, 1981, 407–413).

L'apicoltura è intrinsecamente legata agli aspetti pedo-climatici-floristici del territorio; pertanto, è possibile individuare le principali zone di produzione del miele incrociando i dati ambientali con le informazioni fornite dalle fonti storiche e dal quadro attuale delle aree ad alto potenziale mellifero. Le aree citate dalle fonti bibliografiche come principali zone produttrici di miele ad opera dell'ape domestica lo sono infatti tutt'ora (R. Bortolin, 2008, 39), anche se, come si discuterà, i cambiamenti climatici, hanno significativamente rarefatto le popolazioni Mediterranee di pronubi selvatici e domestici a causa di un generale deterioramento della qualità ambientale e della biodiversità.

Attraverso le fonti letterarie, epigrafiche e toponomastiche è possibile distinguere otto macroaree di produzione nel Mediterraneo. In Egitto, Grecia ed Isole dell'Egeo, Spagna, e Sicilia, in particolare, la tecnica apistica raggiunse livelli più alti che in ogni altro posto (R. Bortolin, 2008, 40-48).

Gli antichi egizi sono stati i primi a praticare l'apicoltura organizzata (R. Bortolin 2008, 82-86) ed i testi evidenziano la grande di tale attività negli ambiti economico, medico e cultuale già a partire dal 2400 a.C. (M. Bormetti, 2014, 9). Secondo le antiche credenze, l'ape era considerato un animale sacro, che contribuiva all'economia e al benessere della società egizia, ed aveva un significato teologico importante. Il miele, d'altro canto, aveva proprietà magiche, ma anche terapeutiche. Il papiro Ebers ed il papiro Smith descrivono il miele come un importante agente antisettico e cicatrizzante, in grado di curare malattie all'intestino agli occhi ed ai reni. Il miele era anche abitualmente usato in unguenti, profumi, creme di bellezza, saponi, e diventò protagonista dei leggendari bagni di Cleopatra per le sue preziose proprietà emollienti (L. Manniche, 1999, 198 s.). Nell'alimentazione, prima della scoperta della canna da zucchero, il miele era il dolcificante per eccellenza ed era impiegato per la preparazione di piatti raffinati. Sembra che solo le classi sociali più elevate e i membri della corte reale avessero il privilegio di gustarne il sapore. La classe sacerdotale aveva una sorta di monopolio, e lo utilizzava finanche come moneta di scambio.

Rinomata per qualità e quantità di miele prodotto è anche la Grecia, ed in particolare l'Attica con il suo pregiatissimo miele di timo dell'Imetto, del quale si ha una straordinaria quantità di citazioni nella letteratura greca e latina (Strabone, *Geografia* VI,2,2,C267; Columella, *De re rustica* IX,14,19; Ovidio, *Ars amatoria* II, 517 ss.; Petronio, *Satyricon*, 38,3; Marziale, *Epigrammata* V,39,1 ss.).

Dal levante spagnolo, provengono le prime pitture rupestri della raccolta del miele selvatico, ovvero la "predazione" degli alveari presenti in natura, che precede ovviamente l'apicoltura. La prima attestazione ad essere individuata, nonché la più famosa, è situata nella "Cueva de la Araña" presso Bicorp (Valencia) e risale a 7000 anni prima di Cristo, periodo mesolitico (E. Crane, 2001, 19 s.). Molto più avanti, Strabone avrebbe riferito che il miele ispanico di buona qualità, e in particolare quello della Turdetania, era una delle principali materie prime esportate anche verso l'Italia (Strabone, *Geografia*, VI,2).

La Sicilia ha un rapporto antichissimo con la produzione del miele. Diversi scrittori Romani hanno lasciato ampia testimonianza di come nella città distrutta di Megara Iblea continuava a perdurare il nome di Ibla per la bontà del miele di timo che gli Iblei producevano, un miele paragonabile al miele dell'Imetto per qualità e pregio (Strabone, *Geografia*, VI,2,2; Varrone, *De re rustica,* III,16,13 s.; Plinio il Vecchio, *Historia Naturalis* XI,13,32; Marziale, *Epigrammata*, XIII,105). Il miele ibleo raggiunse un apice di notorietà tale che venne impiegato anche per imbalsamare personaggi del calibro di Alessandro Magno (Publio Papinio Stazio, *Silvae*, III, 11,118).

Da questo breve *excursus* emergono due considerazioni. In primo luogo, il Mediterraneo gode di un contesto geo-pedo-climatico ideale per l'apicoltura. Autori quali Strabone, Varrone, Plinio, e Columella descrivono concordemente di luoghi ampi, asciutti e ventilati, ma riparati da pioggia, con abbondanti piante bottinabili e disponibilità d'acqua nelle immediate vicinanze. Il paesaggio favorirebbe insomma una tradizione apistica uniforme nello spazio —per un'area estesa come quella del Mediterraneo— e nel tempo —per un arco cronologico immenso, che va dalle sue remote origini all'età contemporanea. In secondo luogo, è possibile ravvisare nello stesso contesto spaziale e temporale un'imponente presenza dell'ape e del miele nella quotidianità a causa delle molteplici connotazioni culturali. Tale influenza culturale proviene sia dall'immagine dell'alveare —quale archetipo e simbolo dell'organizzazione sociale— che dal valore assunto dall'ape —le cui peculiarità etologiche e biologiche non fanno che accrescerne la ricchezza semantica— e dal miele —inteso non solo come alimento, ma anche come sostanza dalle preziose proprietà farmacologiche, e vettore di significati simbolici e metaforici.

2. Il significato delle api per l'uomo e l'ambiente

Le api sono da sempre maestre del rispetto ambientale ed hanno oggi più che mai un'enorme importanza nella creazione di un modello sostenibile di agricoltura e produzione alimentare. Nata diversi millenni fa come mero rapporto di "sfruttamento" da parte dell'uomo a scapito delle api, l'apicoltura è divenuta sempre più consapevole del ruolo fondamentale delle api per l'uomo e per l'ambiente, e si è evoluta fino ai giorni nostri in una sorta di simbiosi

ecologica, economica e sociale. Potremmo definire l'apicoltura un fenomeno di mutualismo con obbiettivo di tutela ambientale e sostenibilità.

In natura, le api selvatiche come anche quelle domestiche sono responsabili di circa l'80% dell'impollinazione della flora esistente sul pianeta, e garantiscono fino al 35% della produzione di colture ad interesse alimentare, principalmente piante da frutto ed orticole. Inoltre, attraverso l'impollinazione, le api contribuiscono a mantenere viva la biodiversità, ovvero la varietà delle specie -anche vegetali- in un territorio (S. Aryal, S. Ghosh, C. Jung, 2020, 119-128). La regione Mediterranea è considerata come uno dei posti più ricchi di biodiversità al mondo. Benché non tutti i gruppi di organismi viventi siano ancora completamente conosciuti, gli studi condotti sull'areale Mediterraneo sottolineano il numero elevato di specie endemiche viventi al suo interno, numero che può raggiungere il 40% in alcuni gruppi di organismi, e superare tale valore nel caso delle piante (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, 2001, 11 s.).

L' ape mellifera produce il miele in maniera altamente sostenibile e con un bassissimo impatto ambientale. Si tratta infatti di uno dei pochi alimenti prodotto e trasformato naturalmente, senza aggiunta di conservanti e/o coloranti, e che richiede tecnologie industriali minime per il consumo finale, quali estrazione, filtrazione, decantazione e confezionamento (M. D' Eusanio, M. Serreli, A. Zamagni et al., 2018, 503-517; I. Arzoumanidis, A. Raggi, L. Petti, 2019, 1-13). Inoltre, il miele destinato al consumo umano rappresenta solo quell' eccesso di prodotto non utilizzato dalle api per il sostentamento della colonia e dell'impollinazione, funzioni che dunque sono sempre preservate.

L' ape, assieme al miele, ha poi un altro ruolo importante: sono efficaci indicatori dello stato di salute dell'ambiente. Le api sono degli ottimi indicatori biologici, poiché segnalano il danno chimico dell'ambiente in cui vivono, attraverso il tasso di mortalità —che indica generalmente una significativa presenza di pesticidi nell'area di interessa— ed i tenori di contaminati organici e inorganici –che si possono riscontrare nelle larve come nei tessuti degli organismi adulti (M.M. Cunningham, L. Tran, C.G. McKee et al., 2022,1-10). Similmente, il miele dell'alveare accumula al suo interno e riflette affidabilmente i livelli di inquinanti ambientali che, traslocando attraverso il suolo, l'acqua e l'aria, caratterizzano quella data zona di produzione.

Dunque, tutelare l'ape da miele e valorizzare le sue molteplici funzioni diviene imperativo per scongiurare drammatiche conseguenze: dalla diminuzione della disponibilità di cibo, l'ingente danno economico, la perdita di diversità biologica —che è già di per sé un fattore di stabilità ambientale— fino al deterioramento dell'habitat naturale, con impatti anche di tipo geologico (alluvioni e frane) (S. Aryal, S. Ghosh, C. Jung, 2020, 119-128; S. Lautenbach, R. Seppelt, J. Liebscher et al., 2012, 1-16; N. Hanley, T.D. Breeze, C. Ellis et al., 2016, 124-132).

3. L'apicoltura Mediterranea al tempo della crisi climatica ed ambientale

L'area del Mediterraneo è considerata tra le più vulnerabili ai cambiamenti climatici poiché soggetta a numerosi impatti, ad esempio: scarsità di risorse idriche, inquinamento ambientale, salinizzazione dei suoli, diminuzione della capacità di immagazzinamento dell'anidride carbonica, e spostamento di specie animali e vegetali verso latitudini maggiori. Le proiezioni del Centro EuroMediterraneo per i Cambiamenti Climatici (CMCC) indicano come l'effetto dell'aumento dei gas serra potrà esprimersi in una diminuzione del 20-25% delle precipitazioni invernali sul Mediterraneo, e in un aumento sostanziale delle temperature estive (C. Schär, P.L. Vidale, D. Lüthi et al., 2004, 332-336).

Una delle spie degli effetti negativi del cambiamento climatico è la drammatica diminuzione delle popolazioni di api selvatiche come domestiche.

In molti paesi Mediterranei, il cambiamento climatico ed altre concause (per esempio, il cambio di destinazione d'uso dei suoli, le pratiche agricole intensive, lo sfruttamento dei pascoli, e l'impiego indiscriminato dei fitofarmaci) hanno progressivamente portato alla trasformazione —o meglio degradazione— di quegli habitat naturali ricchi di siti di nidificazione e fonti di cibo per gli insetti e, conseguentemente, alla rarefazione di diversi pronubi selvatici che popolavano tali habitat (S.A. Corbet, I.H. Williams, J.L. Osborne, 1991, 47-59). Avendo esiti nefasti sull'integrità ambientale, sulla biodiversità e sulla disponibilità delle produzioni alimentari, la progressiva diminuzione delle popolazioni di api selvatiche ha al contempo generato una richiesta sempre più pressante di colonie di api domestiche per soddisfare le esigenze d'impollinazione di moltissime colture agrarie.

Dal canto suo, tuttavia, il settore dell'apicoltura accusa da quasi un ventennio la "sindrome del collasso della colonia" (in inglese, Colony Collapse Disorder o CCD). Tale

termine fu usato per la prima volta nel 2006 per definire la significativa, sebbene graduale, perdita di api operaie in una colonia di api osservata in Pennsylvania (USA). Di lì a breve, si verificarono numerosi altri casi a danno di molti apicoltori che praticavano nomadismo, alcuni dei quali persero anche il 50-90% dei propri alveari e, nel 2007, si cominciarono a registrare casi di CCD anche tra apicoltori stanziali di diversi paesi del Mediterraneo, tra cui Portogallo, Italia, Spagna, Grecia, e Francia.

La CCD è caratterizzata da *i*) una progressiva perdita delle api operaie, che risultano morte all'interno o nei paraggi dell'alveare, *ii*) un'abbondante nidiata di larve e poche api appena diventate adulte, e *iii*) presenza della regina (D. Van Engelsdorp, J.D. Evans, C. Saegerman et al., 2010, 1-17). Diverse ricerche hanno anche indicato che negli alveari colpiti si trovano spesso larve imbozzolate (pupe rinchiuse in celle da api adulte per isolarle durante il periodo di non alimentazione) e riserve di cibo (sia miele che polline), per cui il motivo del collasso non è immediatamente evidente (B. Dainat, D. Vanengelsdorp, P. Neumann, 2012, 123 ss.; A.B., Barron, 2015, 45-50).

Anche la CCD è da ricondurre al cambiamento climatico che, causando lo spostamento delle stagioni, l'aumento delle temperature e l'incremento degli eventi estremi, influisce negativamente sulla disponibilità nettarifera delle piante, riducendo le giornate favorevoli alla bottinatura. Il cambiamento climatico non è comunque l'unica minaccia, poiché di recente sono stati individuati diversi possibili fattori con un'incidenza negativa sulla salute e sulla sopravvivenza delle colonie di api da miele, quali il degrado e la frammentazione degli habitat, l'inquinamento ambientale, la morte delle api per via della ridotta disponibilità o qualità delle risorse florali, gli attacchi di agenti patogeni e parassiti, il cambiamento culturale e commerciale delle pratiche di apicoltura e, non ultima per importanza, l'esposizione ai pesticidi usati in agricoltura, ed a tutti quei prodotti chimici impiegati negli alveari per combattere i parassiti e i patogeni delle colonie (A.B. Barron, 2015, 45-50). Una serie corposa di studi scientifici ha dimostrato che tali determinanti sono sovente intrinsecamente intrecciati, ed è improbabile che un singolo determinante possa rappresentare da solo la causa di perdita delle colonie (G. Sperandio, A. Simonetto, E. Carnesecchi, et al., 2019, 1-12; P. Hristov, R. Shumkova, N. Palova et al., 2020, 1-17).

A pagare le conseguenze del cambiamento climatico e dei fattori di pressione ad esso riconducibili non sono solo le colonie di api, ma anche i prodotti dell'alveare, *in primis* il miele, la cui produzione negli ultimi anni ha subito un drastico calo. In Italia, ad esempio, la produzione di miele nel 2022 si è attestata su circa 13000 tonnellate, il 40% in meno rispetto alla produzione nazionale potenziale di oltre 32000 tonnellate, con punte anche dell'80% relativamente alla regione presa in considerazione. Si è passati infatti da una produzione attesa di circa 50 kg di miele per alveare ad un media che variava dai 5 ai 30 kg, in base al tipo di miele ed alla regione considerata (Osservatorio Nazionale Miele, 2022, 1-96). Non solo la quantità, ma anche la qualità del miele è intaccata da una gran varietà di inquinanti ambientali, tra cui metalli tossici, policlorobifenili, idrocarburi policiclici aromatici e pesticidi (M.M. Cunningham, L. Tran, C.G. McKee et al., 2022,1-10; O. Lambert, B. Veyrand, S. Durand et al., 2012, 98-104; S. Girotti, S. Ghini, E. Ferri et al., 2020, 1-16). Questi contaminanti hanno più volte dimostrato di avere gradienti di concentrazione spaziali perfettamente allineati con la presenza di attività antropogeniche e con la densità di popolazione dell'area da cui il miele proviene (M.M. Cunningham, L. Tran, C.G. McKee et al., 2022,1-10; K.E. Smith, D. Weis, S.R. Scott, 2021, 1-14). I gradienti di concentrazione sembrano variare anche in base alla stagione di produzione, dal momento che il miele prodotto durante periodi di siccità —sempre più frequenti e prolungati a causa del cambiamento climatico— accumulerebbe maggiori livelli di contaminanti rispetto alle produzioni provenienti da periodi umidi e piovosi (M.M. Cunningham, L. Tran, C.G. McKee et al., 2022,1-10; Lambert, O., Piroux, M., Puyo, S., et al., 2012, 254-259).

Data la serietà e l'attualità di tale situazione nel settore dell'apicoltura, lo sviluppo di protocolli efficaci, che monitorino non solo la mortalità delle api, ma anche i livelli di inquinanti ambientali accumulati in questi pronubi come nelle diverse produzioni dell'alveare, potrebbe essere di concreto aiuto nel guidare le pratiche agricole e apistiche verso una maggiore sostenibilità, sviluppare programmi di bonifica per migliorare la qualità ambientale e, non ultimo, ridurre l'esposizione a composti potenzialmente tossici per la salute umana.

4. Il miele Mediterraneo

4.1. La flora apistica Mediterranea

La conoscenza della flora apistica di un dato territorio è di grande importanza poiché il miele deriva dal nettare dei fiori di cui le api si cibano, e le sue caratteristiche organolettiche e nutrizionali sono legate all'origine botanica delle specie bottinate. In base alla specie botanica, infatti, sono ad oggi riconosciuti circa 300 tipi di miele, che si dividono principalmente in mieli monoflorali (per esempio, sulla, agrumi, e acacia) e multiflorali (ad esempio, il millefiori).

Le api sono attratte dalle specie vegetali poiché queste forniscono loro cibo, sotto forma di nettare —necessario per la produzione di miele–, o polline —importante per il sostentamento e la crescita dell'alveare. Oltre ad essere nettarifera e/o pollinifera, la specie vegetale può attrarre le api in relazione al periodo di fioritura.

La formazione vegetale più rappresentativa dell'areale Mediterraneo è la macchia Mediterranea. Tra le specie a portamento arboreo/arbustivo, è di grande importanza il corbezzolo, una specie nettarifera presente sulle coste italiane, portoghesi e spagnole, il cui "miele amaro" si ricava solo nelle annate climaticamente favorevoli a causa di una fioritura tardiva (novembre-dicembre). In primavera, vi è invece la fioritura di un altro comune arbusto Mediterraneo, l'*Erica arborea* L., una specie altamente nettarifera da cui si ricava il "miele d'erica" molto apprezzato. Molto gradito dalle api è il carrubo coltivato soprattutto in Sicilia e nelle coste nord Africane: il suo nettare attrae molto le api e si ottiene un caratteristico miele uniflorale.

Nello strato cespuglioso della flora Mediterranea, troviamo la rosa canina, il biancospino e il rosmarino, tutte specie pollinifere e nettarifere. Dal biancospino e dal rosmarino, in particolare, si possono ottenere preziosi mieli monoflorali.

Numerose sono anche le specie botaniche presenti nello strato erbaceo, anche se quelle di maggiore interesse nettarifero sono solo alcuni esemplari presenti nelle praterie aride e assolate, come la lavanda, il timo, la salvia etc., che possono fornire grandi quantità di miele, anche monoflorale e di ottima qualità. Tra le specie erbacee, vale la pena menzionare la sulla, una specie originaria del bacino Mediterraneo occidentale (Spagna, Italia, Marocco, Algeria e Tunisia), e diffusasi dal mare fino alla bassa montagna, nei prati erbosi incolti, ma anche nei

margini di strade sterrate e fossi (L'apicoltore italiano, 2023). La pianta è visitata dalle api sia per il polline che per il nettare, ed il miele di sulla è sicuramente fra i mieli del Mediterraneo più apprezzati e conosciuti. Fino a diversi anni fa, il miele di sulla era prodotto abbondantemente dall'Appennino romagnolo alla Sicilia. Tuttavia, la produzione oggi è quasi esclusivamente limitata alle zone collinari e montane di Abruzzo, Basilicata, Calabria, Sardegna e Sicilia, ed al di fuori del territorio italiano è nota la produzione del miele solo nel Nord Africa.

Vi sono poi delle specie che pur non essendo originarie del bacino Mediterraneo si sono diffuse a tal punto da essere parte integrante del suo paesaggio. Tra queste piante ritroviamo la robinia o acacia, una specie nettarifera a portamento arbustivo o arboreo nativa del Nord America e diffusasi praticamente in un tutto il Mediterraneo, con un comportamento finanche infestante. In Italia, la robinia è diffusa in tutte le regioni, ma solo le regioni settentrionali producono in modo consistente il miele monoflorale. Tra i diversi tipi di miele, quello di sulla è senza dubbio il più estesamente conosciuto ed apprezzato in Italia (Unione Nazionale Associazione Apicoltori Italiani, 2023). Gli agrumi del genere *Citrus*, originario dell'Asia e successivamente diffuso in tutto il mondo, sono specie nettarifere molto apprezzate e conosciute. Nelle zone a clima mediterraneo, la produzione di miele di agrumi ha luogo soprattutto in Spagna e Italia, dove queste culture assumono carattere intensivo e sono caratterizzate da fioriture definite in un periodo dell'anno. Nel Bel Paese, in particolare, il miele di agrumi è secondo solo all'acacia, per distribuzione e consumo (Unione Nazionale Associazione Apicoltori Italiani, 2023). Tra le altre piante alloctone, vi sono anche l'agave ed il ficodindia, specie originarie del Messico e con un buon potenziale nettarifero, e l'eucalipto, pianta arborea dell'Oceania, molto apprezzata dalle api sia per il polline, da cui si ottengono ingenti produzioni di miele monoflorale, dal sapore e aroma caratteristico.

4.2. Il profilo nutrizionale e nutraceutico del miele

Benché la composizione sia strettamente correlata all'origine botanica e al lavoro delle api, il miele è in linea di massima caratterizzato da un alto contenuto glucidico (ca. 80%) — principalmente monosaccaridi, quali fruttosio e glucosio (ca. 70%), ma anche disaccaridi (ca. 6%) e oligosaccaridi (ca. 5%) — e conseguentemente da un elevato potere calorico (ca. 300

Kcal/100g). In virtù del forte potere dolcificante, è preferibile usare il miele piuttosto che lo zucchero raffinato (saccarosio), poiché il miele contiene il 33% di calorie in meno. Per una persona sana, senza problemi di peso, è raccomandabile integrare una dieta equilibrata e variegata con al massimo due cucchiaini di di miele al giorno (20 grammi di prodotto) (Società italiana per la nutrizione umana, 2014, 13).

Dal momento che fornisce energia di pronto utilizzo per l'organismo, il miele è un alleato degli atleti e, assunto prima dello sforzo fisico, sostiene la loro prestazione fisica. Può essere assunto anche in età adulta e geriatrica poiché risulta facilmente digeribile grazie alla presenza di zuccheri semplici che sono direttamente assorbiti a livello intestinale. Inoltre, la piccola quota di oligosaccaridi ha un ruolo preventivo contro l'obesità, l'insulino-resistenza e il diabete mellito, e supporta la funzione digestiva con un'importante funzione prebiotica. Allo stesso modo, il miele è un alimento ottimo da integrare già nella dieta dei bambini, poiché rallenterebbe la perdita di memoria e il declino cognitivo associati all'invecchiamento (L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao et al., 2017, 1-20; A. Ajibola, J.P. Chamunorwa, K.H Erlwanger, 2012, 1-12).

Oltre gli zuccheri, il miele apporta acqua (ca. 17%) ed un concentrato di nutrienti funzionali alla salute umana quali:

- vitamine: prevalgono acido ascorbico e vitamine del complesso B;
- minerali: il potassio rappresenta un terzo del contenuto mineralico totale, seguito da calcio e fosforo;
- polifenoli: spiccano per le loro proprietà bioattive i flavonoidi quali galangina, quercetina, kaempferolo, e luteolina;
- acidi organici: l'acido gluconico è il più abbondante ed assieme ad altri acidi conferisce al prodotto un pH essenzialmente acido;
- proteine ed enzimi: la prolina è l'amminoacido costituente che prevale, seguito da arginina, e cisteina;

Sebbene presenti in quantità di gran lunga inferiori agli zuccheri (fino al 2%), le proteine e i micronutrienti sopra discussi sono ritenuti responsabili dell'alta valenza nutraceutica del miele una valenza che, per grandi linee, viene esplicata attraverso proprietà antiossidanti, antinfiammatorie ed antimicrobiche. Infatti, grazie a sostanze antiossidanti, quali l'acido

ascorbico, certi elementi inorganici, ed i polifenoli, il miele è in grado di rallentare l'invecchiamento cellulare e contrasta l'insorgere di patologie metaboliche, cardiovascolari, neurologiche e tumorali a forte componente ossidativa. I flavonoidi rilevati nella frazione polifenolica, poi, fanno sì che il miele riesca a modulare il processo infiammatorio attraverso l'inibizione del rilascio di citochine ad azione pro-infiammatoria. Dato il ruolo della neuroinfiammazione nelle malattie neurodegenerative, i flavonoidi del miele potrebbero aiutare nel prevenire patologie quali l'Alzheimer e il Parkinson. Infine, grazie all'elevata osmolarità ed il pH essenzialmente acido, il miele mostra una forte azione antisettica verso diversi batteri Gram-positivi e negativi. A riguardo, l'assunzione del miele è indicata in caso di affezioni delle prime vie respiratorie, come mal di gola e raffreddore, per i quali si rendono utili anche le sue proprietà lenitive ed emollienti esplicate a livello delle mucose (L. Cornara, M. Biagi, J. Xiao et al., 2017, 1-20; A. Ajibola, J.P. Chamunorwa, K.H Erlwanger, 2012, 1-12).

4.3. Il miele al servizio della scienza: la frazione degli elementi inorganici

La qualità nutrizionale ed organolettica del miele è anche determinata dal profilo dei suoi elementi inorganici, il cui contenuto varia dallo 0.05% allo 0.20% in base all'origine botanica e geografica del prodotto preso in considerazione (A. Ajibola, J.P. Chamunorwa, K.H Erlwanger, 2012, 1-12). Gli elementi inorganici contenuti nel miele sono principi nutritivi non energetici che, in base al fabbisogno giornaliero del consumatore umano, sono classificabili in *i*) macroelementi, ad esempio sodio (Na), potassio (K), magnesio (Mg), e calcio (Ca), il cui fabbisogno supera i 100mg/die, e *ii*) elementi in traccia essenziali (o microelementi), ferro (Fe), zinco (Zn), rame (Cu), manganese (Mn), il cui fabbisogno è limitato e non supera i 100mg/die. I macro- e microelementi provengono principalmente dal suolo e sono traslocati alla pianta tramite le radici. Essi si depositano non solo nei tessuti vegetali ma anche nel nettare in maniera variabile e dipendente dalla specie botanica, e vengono inevitabilmente incorporati nel miele prodotto dalle api.

Fanno parte della frazione degli elementi inorganici del miele anche i metalli tossici, tra cui piombo (Pb), cadmio (Cd), e arsenico (As), che potrebbero anche avere funzioni importanti all'interno dell'organismo umano a patto che vengano assunti occasionalmente ed a livelli

molto bassi tramite la dieta. L' esposizione cronica a tali elementi ha infatti un impatto negativo sulla salute dell'uomo e gli effetti nocivi, riscontrabili peraltro solo dopo molti anni dall'esposizione, sono associati ad un maggiore rischio di insorgenza di patologie neurodegenerative e tumorali. Tali elementi sono perlopiù di origine antropica, e provengono principalmente –ma non esclusivamente— dall'emissioni e dagli scarichi degli impianti industriali, da tutti quei processi che avvengono grazie alla combustione di combustibili fossili, e dalle pratiche intensive e scorrette utilizzate in agricoltura, basate anche sull'utilizzo di certi pesticidi e fertilizzanti contenenti tali elementi nelle loro formulazioni.

Le api bottinatrici raccolgono i metalli tossici da acque contaminate, dal particolato atmosferico e dalla vegetazione, in modo tale da immagazzinarli, allo stesso modo di macro- e microelementi, nel miele e negli altri prodotti dell'alveare (M.M. Cunningham, L. Tran, C.G. McKee et al., 2022,1-10).

Alla luce delle considerazioni fatte, appare evidente che lo studio degli elementi inorganici del miele sia contraddistinto da una molteplice e interdisciplinare rilevanza scientifica.

Infatti, la determinazione dei macroelementi e degli elementi essenziali in traccia concorre a definire il valore nutrizionale del miele, anche grazie tramite la stima dell'apporto dei minerali e microelementi che ricava l'uomo dal consumo di tale prodotto; mentre la delucidazione degli elementi tossici è di grande aiuto per valutare la salubrità del miele ed il rischio di esposizione dell'uomo ai contaminanti in esso contenuti. Non solo, la profilazione di questi elementi potrebbe contribuire fattivamente al monitoraggio dell'inquinamento ambientale su scala locale, fornendo indicazioni sul grado e sulla fonte dell'inquinamento, con ampie implicazioni per la protezione della salute umana e dell'ecosistema.

Infine, l'accurata delineazione di macro- microelementi e metalli tossici può anche fornire una sorta di "carta di identità" del miele, e si rivela indispensabile nei cosiddetti studi di tracciabilità. Questi studi mirano a valorizzare le produzioni apistiche autentiche e genuine, proteggendole da potenziali frodi alimentari che si potrebbero verificare in riferimento alla specie botanica e zona geografica di provenienza del miele (P.P. Danieli, F. Lazzari, 2022, 101-119).

In Tabella 1 e 2, sono riassunti i tenori dei principali macro- microelementi e dei metalli tossici dei più comuni tipi di miele dell'areale Mediterraneo ricavati dalla letteratura

scientifica dell'ultimo decennio. È innanzitutto evidente come la maggior parte degli studi abbia preso in considerazione il miele dell'area nordafricana (Marocco, Tunisia e Algeria) e della penisola italiana e come, per un dato elemento, le concentrazioni rilevate siano altamente variabili, non solo in relazione al paese di provenienza ma anche alla specie botanica.

In riferimento ai minerali e gli elementi essenziali in traccia, è assodato che il miele in quanto tale sia una buona fonte di K e Fe, essendo tali nutrienti rispettivamente il macro- ed il microelemento più abbondanti nei numerosi campioni analizzati. Si evince poi come il miele italiano di sulla e di acacia sia eccezionalmente caratterizzato da elevati tenori di Na, i mieli tunisini abbiano più alte concentrazioni di Mg e K, mentre i mieli algerini si contraddistinguono per le più alte quantità di Fe, Mn e Cu (Tabella 1).

Considerazioni strettamente "nutrizionali" possono essere ricavate solo per alcuni tipi di mieli. Per i mieli italiani, ad esempio, G. Di Bella e colleghi (2015, 25-35) hanno stimato che l'assunzione di 20 grammi di miele al giorno da parte del consumatore adulto riesce ad assicurare una quota importante del fabbisogno giornaliero di ogni nutriente inorganico raccomandato in Europa (RDA). Il consumo dei diversi mieli presi in esame, infatti, potrebbe soddisfare le seguenti percentuali delle RDA: 0.2-5.3% per il K, 0.2-1.2% per il Mg, 0.2-1.9% per lo Zn, 0.2-1.0% per il Fe, 0.1-2.0% per il Cu, e 0.1-5.7% per il Mn. In particolare, il miele italiano di eucalipto assicurerebbe le coperture più alte per i diversi fabbisogni. Similmente, G. Di Bella e colleghi (2016, 636-643) hanno valutato che il consumo quotidiano (20 grammi) del miele multiflorale tunisino potrebbe assicurare coperture delle RDA europee ancora più alte di quelle descritte per i mieli italiani: 8.8-29.2% per il K, 3.6-8.0% per il Mg, 0.4-1.2% per lo Zn, 2.0-5.2 per il Fe, 2-8% per il Cu e 1.2-4.8% per il Mn.

Tabella 1. Contenuti dei principali macro- e microelementi rilevati nei più comuni tipi di miele dell'area Mediterranea. I dati sono espressi in termini di mg/kg di miele.

Origine geografica	Origine botanica	Na	Mg	K	Fe	Mn	Zn	Cu	Referenza
Marocco	Giuggiolo	76.84	57.87	753.25	9.50	1.35	2.81	0.27	Massous et al., 2023, 8
	Citrus	35.21	65.46	102.80	6.89	0.58	1.41	0.27	
	Euforbia	60.41	69.54	695.87	14.34	4.00	6.98	0.86	
	Salvia	41.64	19.76	240.57	-	-	-	-	Lyoussi et al., 2022
	Timo	103.29	30.10	1105.58	-	-	-	-	
	Euforbia	117.89	42.36	667.76	-	-	-	-	
	Citrus	71.48-114.74	25.76-28.15	424.24-622.95	-	-	-	-	
	Millefiori	78.16-114.63	28.72-35.13	847.21-947.36	-	-	-	-	
	Carrubo	131.15-233.92	28.07-62.52	806.56-1016.13	-	-	-	-	
	Lavanda	104.77	40.17	588.92	-	-	-	-	
	Giuggiolo	121.30	24.02	616.38	-	-	-	-	
	Citrus	-	21.01	85.36	6.83	0.45	2.67	0.58	Terrab et al., 2003
	Eucalipto	-	25.99	205.30	9.82	5.95	1.91	0.95	

	Euforbia	127-264	13.7-35.0	589-832	3.6-5.5	-	-	-	Bettar et al., 2019, 2055
	Citrus	-	8.09	-	1.98	0.11	-	0.29	Karabagias et al., 2017,447
Italia	Citrus	88	138	961	2.87	0.54	4.92	0.25	Di Bella et al., 2015, 29
	Eucalipto	156	148	2460	2.78	1.57	6.16	0.51	
	Acacia	91	70	719	2.05	1.01	2.03	0.17	
	Sulla	59770	119	272	3.21	0.42	3.27	0.40	
	Millefiori	78400	134	1140	2.52	0.55	5.14	0.33	
	Acacia	-	-	-	1.3	0.61	0.91	0.30	Squadrone et al., 2020, 3
	Millefiori	-	-	-	2.00	2.1	1.5	0.95	
Algeria	Millefiori	690-2030	880-1560	9940-31000	14.35-38.15	1.15-5.31	2.09-5.61	1.14-4.19	Di Bella et al., 2016, 639s.
	Giuggiolo	51.20-165.00	92.80-123.60	510-842	29.50-38.30	4.70-6.15	1.78-3.62	3.59-8.97	Bereksi-Reguig et al., 2022, 8
	Lavanda	21.60	142.00	808.00	59.60	13.30	2.62	3.66	
	Rosmarino	49.20	126.00	460.00	24.59	10.80	5.70	2.30	
	Timo	13.30	159.00	241.00	22.50	12.70	5.29	5.08	
	Eucalipto	23.60	124.00	987.00	21.80	6.55	4.75	7.25	
	Carrubo	15.30	116.00	153.00	24.30	11.50	3.08	2.80	

Tunisia	Eucalipto	560	420	1580	7.10	1.25	2.06	0.80	Di Bella et al., 2021,
	Timo	1400	1200	3190	5.17	0.44	1.74	0.84	
	Rosmarino	840	1010	3110	7.97	1.02	2.81	0.81	
	Giuggiolo	570	490	1320	5.70	1.06	2.35	0.76	
	Millefiori	610	710	2200	3.25	0.31	2.40	0.66	
Grecia	Timo	-	31.40	-	2.00	0.26	1.01	-	Karabagias et al., 2018, 3
	Citrus	-	60.20-80.13	-	1.11-4.19	0.54-2.01	1.37-2.53	-	
	Millefiori	-	25.83-82.72	-	0.75.2.81	1.13-5.54	1.00-3.52	-	
	Citrus	-	13.20	-	2.39	0.57	-	0.21	Karabagias et al., 2017,447
Egitto		-	13.63	-	2.77	0.15	-	0.47	
Spagna		-	10.86	-	0.98	0.29	-	0.45	
Spagna (Isole Canarie)	Agave	102	25.8	633	1.27	0.42	0.87	0.34	Diaz et al., 2019,246
Croazia	Salvia	23.3	33.5	1785	1.67	0.57	1.98	0.73	Bilandzic et al., 2017, 248
	Citrus	41.1	14.6	657	1.29	0.19	1.33	0.14	
	Millefiori	41.1	69.9	2782	5.12	1.21	2.20	0.71	

	Salvia	11-19	7.2-26	704-1300	0.30-1.1	0.17-0.37	0.52-3.6	0.26-0.31	Bilandzic et al., 2017, 5 s.
	Acacia	5.1-25	4.3-46	235-960	0.31-1.1	0.11-0.42	0.30-1.70	0.073-0.49	

Tabella 2. Contenuti dei principali elementi in traccia potenzialmente tossici rilevati nei più comuni tipi di miele dell'area Mediterranea. I dati sono espressi in termini di mg/kg di miele. N.d.= non determinabile.

Origine geografica	Origine botanica	Pb	Cd	As	Referenza
Marocco	Giuggiolo	0.06	n.d	0.06	Massous et al., 2023, 8
	Citrus	0.16	n.d.	0.11	
	Euforbia	0.15	n.d.	0.09	
Italia	Citrus	0.04	-	-	Di Bella et al., 2015, 29
	Eucalipto	0.07	-	-	
	Acacia	0.02	-	-	
	Sulla	0.08	-	-	
	Millefiori	0.05	-	-	
	Acacia	0.07	-	0.001	Squadrone et al., 2020, 3 toxic + trac
	Millefiori	0.06	-	0.02	
Algeria	Millefiori	0.41-1.27	0.02-0.03	0.006-0.012	Di Bella et al., 2016, 639s.
	Giuggiolo	0.021	0.0001-0.001	0.003-0.006	Bereksi-Reguig et al., 2022, 8

	Lavanda	0.072	0.001	0.021	
	Rosmarino	0.003-0.005	0.001	0.012-0.016	
	Timo	0.002-0.004	0.008-0.015	0.010-0.023	
	Eucalipto	0.005	0.01	0.032	
	Carrubo	0.001	0.008	0.011	
Tunisia	Eucalipto	0.25	n.d.	0.019	Di Bella et al., 2021, 7
	Timo	0.19	0.022	0.003	
	Rosmarino	0.27	0.016	0.003	
	Giuggiolo	0.34	0.014	0.003	
	Millefiori	0.24	0.019	0.003	
Spagna (Isole Canarie)	Agave	0.043	n.d.	-	Diaz et al., 2019,246
Croazia	Salvia	0.006	0.007	-	Bilandzic et al., 2017, 248
	Citrus	0.005	0.007	-	
	Millefiori	0.017	0.002	-	
	Salvia	n.d	-	-	Bilandzic et al., 2019, 5 s.
	Acacia	0.005-0.014	-	-	

Con riferimento ai metalli tossici, il Pb è senza dubbio il metallo che "contamina" più frequentemente e con più alti tenori i mieli del Mediterraneo; mentre As e Cd si concentrano a livelli inferiori e tra loro comparabili, risultano peraltro spesso assenti (i.e., non determinabili). Inoltre, stando al Regolamento (UE) n. 2015/1005, che modifica il Regolamento (CE) n. 1881/2006, si può affermare che buona parte dei mieli marocchini e tunisini hanno tenori di Pb che superano il limite normativo fissato per il Pb nel miele pari a 0.1 mg/Kg (Tabella 2).

Nelle ultime decadi, pochi studi hanno valutato la salubrità del miele in presenza degli elementi tossici e, alla luce della crisi ambientale che imperversa, dovrebbe essere sviluppata una maggiore sensibilità scientifica a riguardo. L'esposizione del consumatore ai metalli tossici di un qualsiasi alimento può essere valutata in termine di assunzione giornaliera tollerabile (TDI) —cioè la stima della quantità dell'inquinante nell'alimento che può essere consumata quotidianamente— e di quoziente di rischio (HQ) —cioè la misura della magnitudo di esposizione all'inquinante non cancerogeno rispetto al livello di esposizione standard. Nel caso della contaminazione da metalli tossici, EDI e HQ possono essere calcolati sulla base dei dati esposti in Tabella 2 e considerando un consumo giornaliero di miele pari a ~20 grammi da parte di un consumatore adulto.

A dispetto del superamento dei limiti normativi imposti per il Pb, il miele può ancora definirsi non solo un alimento salutare ma anche salubre. A. Massous e colleghi (2023, 1-21) hanno messo in evidenza come i diversi mieli marocchini potevano essere consumati giornalmente in sicurezza, poiché la potenziale quantità di elementi, quali As e Pb, assunta tramite il miele rientra nelle TDI prestabilite, e, stando agli HQ ottenuti, non mette a rischio la salute del consumatore. Adottando lo stesso approccio, anche G. Di Bella e colleghi (2015, 25-35; 2016, 636-643) hanno raggiunto simili conclusioni in riferimento ai mieli italiani, algerini e tunisini elencati in Tabella 2.

Tuttavia, a onor del vero, la valutazione della sicurezza alimentare e del potere tossicologico del miele Mediterraneo dovrebbe tenere conto non solo dei contaminanti inorganici, ma anche della stragrande varietà di inquinanti organici che rappresentano ad oggi una minaccia per l'ambiente e la salute umana.

5. Conclusioni e prospettive future

L'apicoltura ha un legame primordiale e indissolubile con l'identità culturale dell'areale Mediterraneo, ma mostra anche una evidente vulnerabilità alla crisi climatica e ambientale dei giorni nostri. Lo spopolamento degli alveari, la diffusione di agenti patogeni e parassiti, l'esposizione incontrollata a pesticidi e tanti altri inquinanti ambientali, ed il progressivo deterioramento delle produzioni di miele, che tuttavia sembra ancora non mettere a rischio la salute del consumatore, sono solo alcune delle sfide che si trova ad affrontare il settore apistico.

Tra le possibili strade percorribili, si evidenzia l'esigenza di incrementare il numero di studi scientifici e progetti di ricerca strettamente finalizzati al sostegno e miglioramento della produzione apistica, attraverso il contrasto e la mitigazione del cambiamento climatico, in modo che possano essere introdotti concreti fattori di miglioramento in merito soprattutto a:

- tecniche di lotta e controllo ai patogeni delle api che siano innovative ed al contempo rispettose dell'ambiente e della salubrità del miele;
- selezione e miglioramento del patrimonio genetico dell'ape da miele al fine di incrementare la capacità di adattamento alle sfide climatiche ed ambientali in atto;
- messa a punto di protocolli di monitoraggio ambientale sempre più efficienti.

Auspicabile è inoltre che il mondo scientifico entri in stretta sintonia con le esigenze degli apicoltori, della società e, non ultimo, le politiche ambientali e agricole, al fine di rendere il cambiamento possibile.

6. Bibliografia

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, *La biodiversità nella regione Biogeografica del Mediterraneo.,* in *Rapporto EEA sulla Biodiversità in Europa*, 4/2001, 11 s.

Ajibola, A., Chamunorwa, J. P., & Erlwanger, K.H., *Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth*., *Nutr. Metabol.*, 9/2012, 1-12.

Aryal, S., Ghosh, S., & Jung, C., *Ecosystem services of honeybees; regulating, provisioning and cultural functions*, in *J. Apic.*, 35/2020, 119-128.

Arzoumanidis, I., Raggi, A., & Petti, L. *Life cycle assessment of honey: considering the pollination service,* in *Adm. Sci.*, 9/2019, 1-13.

Barron, A.B., *Death of the beehive: understanding the failure of an insect society*, in *Curr. Opin. Insect*, n. 10/2015, 45-50.

Bereksi-Reguig, D., Bouchentouf, S., Allali, H., Adamczuk, A., Kowalska, G., & Kowalski, R., *Trace elements and heavy metal contents in west Algerian natural honey.*, in *J. Anal. Methods Chem.*, *2022*, 8

Bilandžić, N., Gajger, I. T., Kosanović, M., Čalopek, B., Sedak, M., Kolanović, B. S., & Đokić, M., *Essential and toxic element concentrations in monofloral honeys from southern Croatia.*, in *Food Chem.*, *234*/2017, 248.

Bilandžić, N., Sedak, M., Đokić, M., Bošković, A. G., Florijančić, T., Bošković, I., & Hruškar, M., *Element content in ten Croatian honey types from different geographical regions during three seasons.*, in *J. Food Comp. Anal.*, 84/2019, 5 s.

Bormetti, M., *Api e miele nel Mediterraneo antico*, in *ACME*, n.1/2014, 9.

Bormetti, M., *Api e miele nel Mediterraneo antico*, in *ACME*, n.1/2014, 11.

Bortolin, R., *Archeologia del miele*, Mantova, 2008, 40-48.

Bortolin, R., *Archeologia del miele*, Mantova, 2008, 82-86.

Corbet, S.A., Williams, I.H., & Osborne, J.L., *Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community.*, in *Bee world*, 72/1991, 47-59.

Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B., *Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products.*, in *Front. Pharmacol.*, 8/2017, 1-20.

Crane E., *The Rock Art of Honey Hunters*, Cardiff, 2001, 19 s.

Cunningham, M.M., Tran, L., McKee, C.G., Polo, R.O., Newman, T., Lansing, L., & Guarna, M.M., *Honeybees as biomonitors of environmental contaminants, pathogens, and climate change.*, in *Ecological Indicators*, *134*/2022, 1-10.

D' Eusanio, M., Serreli, M., Zamagni, A., & Petti, L., *Assessment of social dimension of a jar of honey: a methodological outline*, in *J. Clean. Prod.*, *199*/2018, 503-517.

Dainat, B., Vanengelsdorp, D., & Neumann, P., *Colony collapse disorder in Europe*, in *Environ. Microbiol. Rep.*, n. 4/2012, 123 ss.

Danieli, P.P., & Lazzari, F., *Honey traceability and authenticity. review of current methods most used to face this problem.*, in *J. Apic. Sci.*, 66/2022 101-119.

Di Bella, G., Licata, P., Potortì, A.G., Crupi, R., Nava, V., Qada, B.M., Rando, R., Bartolomeo, G., Dugo, G. & LO Turco, V., *Mineral content and physico-chemical parameters of honey from North regions of Algeria*., in *Nat. Prod. Res.*, 36/2022, 636-643.

Di Bella, G., Licata, P., Potortì, A.G., Crupi, R., Nava, V., Qada, B.M., Rando, R., Bartolomeo, G., Dugo, G. & Lo Turco, V., *Mineral content and physico-chemical parameters of honey from North regions of Algeria*., in *Nat. Prod. Res.*, 36/2022, 639 s.

Di Bella, G., Potortì, A. G., Beltifa, A., Ben Mansour, H., Nava, V., & Lo Turco, V., *Discrimination of Tunisian honey by mineral and trace element chemometrics profiling*., in *Foods*, 10/2021, 7.

Di Bella, G., Turco, V. L., Potortì, A. G., Bua, G. D., Fede, M. R., & Dugo, G. *Geographical discrimination of Italian honey by multi-element analysis with a chemometric approach.*, in *J. Food Comp. Anal.*, 44/2015, 25-35.

Di Bella, G., Turco, V. L., Potortì, A. G., Bua, G. D., Fede, M. R., & Dugo, G. *Geographical discrimination of Italian honey by multi-element analysis with a chemometric approach*., in *J. Food Comp. Anal.* 44/2015, 29.

Díaz, S., Paz, S., Rubio, C., Gutiérrez, Á. J., González-Weller, D., Revert, C., & Hardisson, A. *Toxic metals and trace elements in artisanal honeys from the Canary Islands.*, in *Biol. Trace Elem. Res., 190*/2019, 246.

Girotti, S., Ghini, S., Ferri, E., Bolelli, L., Colombo, R., Serra, G., & Sangiorgi, S., *Bioindicators and biomonitoring: honeybees and hive products as pollution impact assessment tools for the Mediterranean area.*, in *Euro-Mediterr.J. Environ. Integr.*, 5/2020, 1-16.

Han, F., Wallberg, A., & Webster, M.T., *From where did the Western honeybee (Apis mellifera) originate?*, in *Ecol. Evol.*, n. 2/2012, 1949-1957.

Hanley N., Breeze T.D., Ellis C., & Goulson D., *Measuring the economic value of pollination services: Principles, evidence and knowledge gaps*, in *Ecosystem Services* 14/2015, 124-132

Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N., & Neov, B. *Factors Associated with Honey Bee Colony Losses: A Mini-Review*, in *Vet. Sci.* 7/2020, 1-17.

Karabagias, I. K., Louppis, A. P., Kontakos, S., Drouza, C., & Papastephanou, C., *Characterization and botanical differentiation of monofloral and multifloral honeys produced in*

Cyprus, Greece, and Egypt using physicochemical parameter analysis and mineral content in conjunction with supervised statistical techniques., in *J. Anal. Methods Chem.* 2018, 3.

Karabagias, I.K., Louppis, A.P., Karabournioti, S., Kontakos, S., Papastephanou, C., & Kontominas, M.G., *Characterization and geographical discrimination of commercial Citrus spp. honeys produced in different Mediterranean countries based on minerals, volatile compounds and physicochemical parameters, using chemometrics*., in *Food Chem*., 217/2017 447.

Kritsky, G., *The tears of re: beekeeping in ancient Egypt*, New York, 2015, 1-5.

L' apicoltore italiano, *La flora apistica- la flora Mediterranea*, disponibile su: *https://www.apicoltoreitaliano.it/index.php/flora-apistica/119-tecniche-apistiche/343-flora-mediterranea.* Accesso: Maggio 2023

Lambert, O., Veyrand, B., Durand, S., Marchand, P., Le Bizec, B., Piroux, M., & Pouliquen, H., *Polycyclic aromatic hydrocarbons: bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants.*, in *Chemosphere*, 86/2012, 98-104.

Società italiana per la nutrizione umana; *Livelli di Assunzione di Riferimento di Nutrienti ed energia (LARN) per la popolazione italiana: standard quantitativi delle porzioni. IV Revisione*, Milano, 2014, 13.

Lautenbach S., Seppelt R., Liebscher J., & Dormann C.F. *Spatial and temporal trends of global pollination benefit*, in *Plos One*, 7/2012, 1-16

Lyoussi, B., Bakour, M., El-Haskoury, R., Imtara, H., & Hano, C., *Characterization of various honey samples from different regions of morocco using physicochemical parameters, minerals content, antioxidant properties, and honey-specific protein pattern*., in *J. Food Qual.*, 2022, 5.

Manniche, L., *Sacred luxuries: fragrance, aromatherapy, and cosmetics in ancient Egypt*, Ithaca, 1999, 198 s.

Massous, A., Ouchbani, T., Lo Turco, V., Litrenta, F., Nava, V., Albergamo, A., A.G. Potortì, & Di Bella, G. *Monitoring Moroccan Honeys: Physicochemical Properties and Contamination Pattern*., in *Foods*, 12/2023, 1-21.

Massous, A., Ouchbani, T., Lo Turco, V., Litrenta, F., Nava, V., Albergamo, A., A.G. Potortì, & Di Bella, G. *Monitoring Moroccan Honeys: Physicochemical Properties and Contamination Pattern*., in *Foods*, 12/2023, 8.

Osservatorio Nazionale Miele, *Miele: andamento produttivo e di mercato per la stagione 2022.*, in *Rivista Multimediale Osservatorio Nazionale Miele*, 2022, 1-96

Osservatorio Nazionale Miele. 2020. *Prime valutazioni della stagione 2020*, disponibile su *http://www.informamiele.it/uscito-report-di-primevalutazioni-della-stagione-2020.html*, 2020.

Schär, C., Vidale, P.L., Lüthi, D., Frei, C., Häberli, C., Liniger, M.A., & Appenzeller, C., *The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves*, in *Nature*, n. 427/2004, 332-336.

Smith, K. E., Weis, D., Scott, S. R., Berg, C. J., Segal, Y., & Claeys, P., *Regional and global perspectives of honey as a record of lead in the environment.*, in *Environ. Res.*, 195/2021, 1-14.

Sperandio, G., Simonetto, A., Carnesecchi, E., Costa, C., Hatjina, F., Tosi, S., & Gilioli, G., *Beekeeping and honeybee colony health: A review and conceptualization of beekeeping management practices implemented in Europe*, in *Sci. Total Environ*, 696/2019, 1-12.

Squadrone, S., Brizio, P., Stella, C., Pederiva, S., Brusa, F., Mogliotti, P., & Abete, M.C., *Trace and rare earth elements in monofloral and multifloral honeys from Northwestern Italy; a first attempt of characterization by a multi-elemental profile.*, *J. Trace Elem. Med. Biol.*, 61/2020, 3.

Terrab, A., Díez, M. J., & Heredia, F. J., *Palynological, physico-chemical and colour characterization of Moroccan honeys: I. River red gum (Eucalyptus camaldulensis Dehnh) honey.*, in *Int. J. Food Sci. Technol.*, 38/2013, 384.

Unione Nazionale Associazione Apicoltori Italiani, *Il miele di agrumi*, disponibile su: *https://unaapi.it/mieli-e-prodotti-delle-api/mieli-italiani/i-mieli-uniflorali-italiani/miele-di-agrumi/*. Accesso: Maggio 2023

Unione Nazionale Associazione Apicoltori Italiani, *Il miele di sulla*, disponibile su: *https://unaapi.it/mieli-e-prodotti-delle-api/mieli-italiani/i-mieli-uniflorali-italiani/miele-di-acacia/*. Accesso: Maggio 2023

Van Engelsdorp, D., Evans, J.D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B.K., Frazier, M., Frazier, J., Cox-Foster, D., Chen, Y., Underwood, R., Tarpy, D.R., & Pettis, J.S., *Colony collapse disorder: a descriptive study*, in *PloS one*, n. 4/2009, 1-17.

Whitfield, C.W., Behura, S.K., Berlocher, S.H., Clark, A.G., Johnston, J.S., Sheppard, W.S., Smith, D.R., Suarez, A.V., Weaver, D. & Tsutsui, N.D., *Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honeybee, Apis mellifera*, in *Science* n. 314/2006, 642-645.

Winston, M.L., Dropkin, J.A., & Taylor, O.R. *Demography and life history characteristics of two honeybee races (Apis mellifera)*, in *Oecologia*, 1981, 407-413.

Federica Spinola - Luca Nalbone - Alessandro Giuffrida
Graziella Ziino - Filippo Giarratana

Intossicazione da istamina: la sindrome sgombroide

1. Che cos'è la sindrome sgombroide? – 2. Specie ittiche maggiormente coinvolte e microbiota – 3. Influenza della filiera di produzione sulla formazione di istamina. – 4. Test analitici. – 5. Conclusioni. – 6. Bibliografia.

1. Che cos'è la sindrome sgombroide?

La sindrome sgombroide, chiamata anche HPF (dall'inglese Histamine Fishing Poisoning) è una particolare forma di intossicazione alimentare causata dal consumo di alcune tipologie di prodotti ittici i quali, pur in assenza di significative alterazioni organolettiche, contengono elevati quantitativi di istamina. L'istamina è una molecola termoresistente naturalmente presente in diverse tipologie di alimenti in concentrazioni più o meno variabili, ma comunque di per sé non rappresentative di potenziale tossicità. Tra le categorie alimentari maggiormente note come fonti di istamina si annoverano ad esempio alcuni latticini, in special modo i formaggi stagionati, ed alcune tipologie di frutta e verdura quali avocado, agrumi, funghi, spinaci, fagioli, fragole, pomodori e banane. È nota, ancora, la presenza di istamina in diverse bevande alcoliche come il vino rosso o la birra e, infine, in diversi altri alimenti fermentati. Nei prodotti della pesca, invece, l'istamina non è naturalmente presente ma è un prodotto dell'azione dell'enzima istidina decarbossilasi di origine batterica sull'istidina libera, aminoacido particolarmente presente nei tessuti muscolari di alcune specie ittiche. L'istamina, insieme a molte altre molecole quali putrescina, spermidina, cadaverina, spermina, triptamina, feniletilamina e tiramina, fa parte di una famiglia di sostanze chiamate "ammine biogene". Con questa espressione si fa riferimento a prodotti azotati derivanti da un processo di decarbossilazione enzimatico su specifici amminoacidi, tale per cui ognuno di questi avrà la sua ammina biogena corrispondente (M. Kanki et al., 2007, 5). La presenza nel tempo di tali sostanze negli alimenti è un fenomeno assolutamente naturale in quanto

derivano dalla progressiva degradazione dei loro componenti, in particolar modo di quelli di natura proteica, durante le fasi di conservazione. Alcune ammine, come putrescina e cadaverina, sono proprio le principali responsabili del caratteristico odore sgradevole che i cibi presentano durante un avanzato stadio di conservazione. Sebbene siano diversi gli effetti dannosi sulla salute descritti per le ammine biogene, la loro presenza non desta particolare preoccupazione in quanto associata, il più delle volte, ad un evidente stato di alterazione organolettica dell'alimento, che, dunque, ne scoraggia il consumo a priori. La pericolosità insorge nel momento in cui la presenza di ammine biogene non risulta associata ad alcuna alterazione organolettica del prodotto come accade, ad esempio, proprio per l'istamina nei prodotti della pesca. Essa, infatti, si forma anche in elevate concentrazione a seguito dell'azione di specifici batteri senza che il prodotto risulti significativamente alterato. Non è un caso che buona parte dei batteri definiti come istidina-decarbossilasi positivi (cioè, in grado di produrre l'enzima che converte l'istidina in istamina) riesca a produrre elevate quantità di istamina a concentrazioni ancora non sufficienti per produrre alterazioni organolettiche nei pesci. Accade quindi che il consumatore ingerisca un prodotto che apparentemente risulta ancora idoneo al consumo ma che in realtà presenti elevati livelli di istamina e quindi potenzialmente in grado di indurre sindrome sgombroide. Oltre alla pericolosità intrinseca dell'istamina stessa, è importante considerare anche l'azione coadiuvante di certe sostanze che hanno la capacità di potenziarne gli effetti. Proprio alcune ammine biogene, come putrescina e cadaverina, hanno la capacità di favorire l'assorbimento dell'istamina a livello intestinale aumentandone di conseguenza gli effetti. A tal proposito, poiché sia l'istamina che le altre ammine possono essere presenti in diversi alimenti, è possibile incorrere in stati di tossicità in seguito all'ingestione di prodotti ittici simultaneamente ad altri a rischio. È stato evidenziato come anche l'alcol possa agire favorendo l'assorbimento di istamina a livello intestinale (L. Lehane et al., 2000, 1–37) così come l'aceto e il succo di limone (C. Feng et al., 2016, 64-69). La tossicità imputabile all'assunzione di istamina nel nostro organismo tramite l'alimentazione è strettamente correlata all'azione fisiologica di questa molecola nel corpo umano. L'istamina è regolarmente sintetizzata nell'organismo umano sovraintendendo a numerosi processi biologici attraverso l'interazione con specifici recettori localizzati in tessuti differenti. L'istamina è infatti coinvolta nel controllo dei meccanismi digestivi, nella

regolazione dei processi cardiocircolatori e nella trasmissione degli impulsi nervosi in specifiche aree cerebrali. Sebbene vi sia una certa quota di istamina libera nei tessuti umani, la maggior parte si trova immagazzinata a livello di cellule chiamate mastociti, le quali sono coinvolte nei complessi processi di difesa immunitaria dell'organismo (I. A. Bulushi et al., 2009, 369-377). In generale, nel momento in cui un individuo subisce una qualsiasi tipologia di insulto esterno, un danno tissutale o entra in contatto con agenti che potenzialmente possono risultare dannosi, l'organismo risponde innescando una cascata di eventi biochimici che hanno lo scopo ultimo di produrre, attivare e liberare nel torrente circolatorio specifici elementi, come ad esempio linfociti e anticorpi, ad azione protettiva e difensiva. Insieme a questi protagonisti, giocano un ruolo di rilievo anche tutte quelle vie biochimiche accessorie che contribuiscono all'efficienza della risposta immunitaria. Tra queste spicca la via indotta appunto dai mastociti i quali, in seguito alla loro degranulazione, ovvero alla loro rottura, liberano l'istamina in essi contenuta all'interno del torrente circolatorio dove svolge una funzione di coadiuvante immunitario, ovvero di permettere alle altre cellule coinvolte nei meccanismi di difesa di raggiungere più facilmente il tessuto leso, attraverso un'azione vasodilatatoria e tramite un aumento della loro permeabilità. L'azione dei mastociti però è soprattutto riconducibile alle reazioni di natura allergica. Infatti, ancorati sulla loro superficie sono presenti particolari anticorpi, noti come IgE, che, una volta entrati in contatto con uno specifico allergene, inducono la degradazione della cellula stessa e la conseguente liberazione di istamina, responsabile dei principali sintomi allergici (G. Coppola et al., 2012, 222-225) Ad esempio, il caratteristico arrossamento e prurito cutaneo è dovuto all'azione vasodilatatrice dell'istamina sui vasi della pelle mentre l'ipotensione dalla sua attività sulla circolazione sanguigna sistemica. Correlato alla diminuzione della pressione arteriosa vi è un fenomeno chiamato tachicardia riflessa, ovvero l'aumento della frequenza cardiaca che l'organismo induce per sopperire alla caduta pressoria. Nonostante questa azione compensativa sia del tutto fisiologica, in soggetti con particolari condizioni cardiache, può risultare molto pericolosa, se non addirittura fatale nei casi più gravi. Inoltre, a quest'attività bisogna anche aggiungere la diretta azione eccitatoria dell'istamina sul muscolo cardiaco (J. Hungerford,2010, 231–243). Negli individui affetti da sindrome sgombroide, sono stati evidenziati, nella maggior parte dei soggetti, orticaria, cefalea, eritema, ipotensione sistemica,

tachicardia e, nei casi più gravi, difficoltà respiratorie, complicanze cardiache e shock anafilattico. Oltre ad una sintomatologia prettamente allergica, tra i sintomi più comuni associati ad un'intossicazione da istamina si riscontrano dolori addominali, nausea e dissenteria, in relazione alla sua capacità di aumentare sia la motilità intestinale che l'acidità gastrica. Raramente sono state riscontrate anche problematiche neurologiche, tra cui alterazioni del gusto e stati ansiosi. La sintomatologia insorge di solito in un arco di tempo che varia da 10 minuti fino ad 1 ora dall'ingestione dell'alimento (J. L. M. Rios et al., 2022, 225-238). Non bisogna però commettere l'errore di confondere la sindrome sgombroide con le allergie alimentari, le cui sintomatologie sono quasi sovrapponibili. Sebbene il quadro clinico delle due condizioni sia molto spesso assimilabile, l'eziopatogenesi, ovvero la causa scatenante la reazione, è abbastanza differente. L'allergia alimentare, infatti, è causata dall'erroneo riconoscimento di alcune sostanze presenti nell'alimento, note comunemente con il nome di allergeni, come elementi potenzialmente pericolosi o dannosi per l'organismo da parte dei propri anticorpi, scatenando una risposta immunitaria anomala come descritto precedentemente. Differentemente, la sindrome sgombroide non è causata da un rilascio endogeno di istamina bensì dall'ingestione di alimenti in cui è presente l'ammina già formata. Di conseguenza, successivamente al suo assorbimento a livello intestinale e immissione nel torrente circolatorio, l'istamina interagendo con i recettori dislocati nell'organismo induce le stesse reazioni di un'allergia (V. Yuri et al, 2023,809). L'entità del quadro clinico, oltre che dipendere dal grado di contaminazione dell'alimento o, eventualmente, dall'assunzione di più cibi contaminati in un arco di tempo ristretto, è correlata ad una forte variabilità individuale, in relazione alla sensibilità o alla predisposizione alle allergie. Fortunatamente, nella maggior parte dei casi, il quadro clinico si rivolve autonomamente, ma nelle condizioni più gravi è necessario ricorrere a trattamenti farmacologici o al ricovero ospedaliero (S. Taylor et al.,2008, 225-240). Nonostante negli ultimi anni sia aumentata l'attenzione verso la prevenzione e il trattamento della sindrome sgombroide, riuscire a diagnosticare in un individuo tale condizione non è sempre facile. Il primo fattore da considerare è innanzitutto la tipologia di alimenti che ha assunto il soggetto, il quale non sempre è in grado di poter fornire dati sufficienti agli esperti, soprattutto nel momento in cui presenti condizioni

patologiche gravi. Inoltre, non bisogna certo tralasciare la possibilità che effettivamente alla base dei sintomi vi possa essere un'allergia alimentare.

2. Specie ittiche maggiormente coinvolte e microbiota

La muscolatura dei pesci di per sé non presenta naturalmente istamina, bensì la sua formazione è imputabile all'azione di batteri decarbossilanti e da tutti quegli elementi che possono influenzarne la proliferazione, il rilascio dell'enzima e la sua attività. Non tutte le specie batteriche sono coinvolte in questo processo; infatti, si fa riferimento a batteri istidina-decarbossilasi positivi, ovvero batteri che presentano nel loro corredo enzimatico la molecola responsabile della conversione dell'amminoacido istidina in istamina (J. Emborg et al., 2006, 2473–2479). In generale, la flora microbica riscontrabile nel pesce fresco è assimilabile a quella dell'ambiente acquatico con cui il soggetto si è relazionato. Per questo motivo, il maggior numero di batteri si riscontra proprio nelle parti anatomiche dei pesci a diretto contatto con l'ambiente esterno, quindi pelle, branchie e apparato gastro-enterico. Tra le principali specie batteriche, ad esempio, possono essere nominate quelle facenti parte del genere *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Vibrio* etc. Tuttavia, solo una piccola percentuale di questi è in grado di produrre elevati quantitativi di istamina (J. Rahmani et al., 2018,2019-2027La maggior parte dei microrganismi forti produttori di istamina, infatti, non costituiscono la flora indigena del pesce ma contaminano i pesci nelle fasi successive alla cattura. Non è tuttavia escluso che acque inquinate possano essere una delle fonti di tali microrganismi sulla superficie dei pesci. Tra questi, ad esempio, possono essere ricordati quelli appartenenti alla famiglia delle *Enterobatteriaceae*. Di spicco sono soprattutto due specie in particolare, ovvero *Morganella morganii e Proteus mirabilis*, descritti come i più forti produttori di istamina tra i batteri. Tra le altre specie di enterobatteri istaminogeni riconosciamo *Enterobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae* e altre specie appartenenti ai generi *Citrobacter* spp. e *Hafnia* spp. (S. Taylor,2008, 225-240) 2479). Affinché questi batteri riescano a produrre l'enzima istidina-decarbossilasi sono necessarie specifiche condizioni ambientali che, curiosamente, non sono quelle più favorevoli alla loro crescita. Un fattore determinante è sicuramente il pH muscolare, che gioca un ruolo chiave tanto nello stimolo della sintesi dell'enzima quanto nella sua attività. La massima produzione dell'enzima si ottiene a pH acidi (massima a 5 e non

aumenta oltre 6,5) quando, invece, la crescita batterica è sostanzialmente inibita rallentata (J. Emborg, 2006, 2473–2479). A tal proposito, si suppone che la produzione dell'enzima sia conseguente ad una rispostata adattativa del batterio ad una condizione ambientale sfavorevole come, appunto, il pH acido del mezzo. Una volta prodotto, è fondamentale che l'enzima trovi le condizioni ottimali per la sua attività. Di fatto, la muscolatura del pesce caratterizzata da un pH intorno al 6,0, risulta un ambiente più che idoneo alla sua attività. Una caratteristica comune della maggior parte dei batteri forti produttori di istamina appartenenti alla famiglia delle Enterobatteriaceae è quella di essere mesofili: riescono a riprodursi in un range di temperatura compreso tra i 20 10°C e i 45 °C con optimum di crescita intorno ai 37 °C (P. Dalgaard et al, 2003,80-89). Risulta quindi chiaro come lo stoccaggio del pesce appena catturato a temperature sia di refrigerazione che di congelamento, affianco all'applicazione costante di buone norme igieniche di produzione, consentano di minimizzare il rischio. Sebbene la presenza di batteri istidina-decarbossilasi positivi nell'alimento sia fondamentale per la produzione di istamina, è altresì vero che è indispensabile la presenza del substrato dell'enzima, ovvero l'istidina. Da ciò nasce la tendenza di alcune famiglie di pesci ad essere maggiormente inclini ad indurre sindrome sgombroide nell'uomo rispetto ad altre. L'elevato contenuto di istidina libera nei tessuti dei pesci della famiglia *Scombridae* è tipico delle specie pelagiche migratorie come gli sgombri e i tonni lo sgombro, il tonno e il tonno pinna gialla. L'etimologia del termine sindrome sgombroide deriva proprio da questa famiglia, la quale tra tutte è quella le cui specie sono maggiormente coinvolte. Tra le altre famiglie ad alto rischio di indurre intossicazione da istamina si annoverano: *Clupeidae* (sardine, aringhe, alaccia, spratto), *Engraulidae* (acciughe), *Coryphaenidae* (lampuga) *Scomberesocidae* (costardella) e *Pomatomidae* (pesce serra) (W. X. Du. et al.,2002,292–301). L'elevata quantità di istidina libera nelle carni di questi pesci è correlata alle grandi distanze che percorrono durante la loro vita. L'istidina, avendo capacità tamponante sul pH, ha la funzione di proteggere i tessuti muscolari dall'aumento improvviso di acido lattico dovuto al movimento continuo. Secondo alcuni studi, il tenore di istidina oscilla tra 1 g/Kg nei pesci più piccoli, come le aringhe, a 15 g/kg in quelli a taglia grande, come il tonno.

3. Influenza della filiera di produzione sulla formazione di istamina

La facilità con cui l'istamina può formarsi in taluni prodotti della pesca e la gravità dei sintomi che può comportare, hanno spinto la Comunità Europea ad adottare stringenti normative a cui i produttori della filiera ittica devono necessariamente sottostare per assicurare elevati standard di qualità e sicurezza degli alimenti che commercializzano. Nella fattispecie, secondo quanto previsto dal Regolamento (CE) 853/04, che stabilisce norme specifiche in materia di igiene per gli alimenti di origine animale, gli operatori del settore alimentare che commercializzano prodotti della pesca all'ingrosso devono effettuare dei controlli obbligatori al fine di valutare il contenuto di istamina nei propri prodotti in modo tale da garantire che essa non superi certi valori limite. Per poter far ciò, gli operatori del settore alimentare conducono controlli in modo sistematico con una frequenza proporzionale al tipo di alimento prodotto e alla probabilità che l'istamina si formi in esso (P. Visciano et al., 2020,1795). Le concentrazioni massime ammissibili nei prodotti della pesca sono state fissate dalla Comunità Europea nel Regolamento (CE) 2073/05, limiti oltre i quali il prodotto è da considerarsi potenzialmente dannoso per chi lo consuma. Infatti, qualora da un controllo ufficiale dovesse risultare che un alimento dato al libero consumo presenti valori di istamina oltre i limiti, il prodotto andrebbe immediatamente sottratto dal commercio e distrutto. In realtà, il controllo dell'istamina non è obbligatorio per tutte le tipologie di prodotti della pesca. Infatti, secondo quanto riportato dal Regolamento (CE) 2073/05 è obbligatorio effettuare analisi per il contenuto di istamina soltanto in prodotti della pesca ottenuti da specie ittiche associate ad un tenore elevato di istidina, in particolare le specie delle famiglie: *Scombridae, Clupeidae, Engraulidae, Coryfenidae, Pomatomidae* e *Scombresosidae*. Per questa categoria di alimenti, analizzando 9 campioni di ciascun lotto, il Regolamento stabilisce che il contenuto medio deve essere inferiore ai 100 mg/Kg e che al massimo due su nove campioni analizzati possano avere un tenore superiore a 100 mg/Kg ma inferiore a 200 mg/Kg e nessuno superiore ai 200 mg/Kg. Tuttavia, qualora i prodotti della pesca associati a queste stesse specie ittiche siano stati ottenuti mediante un trattamento di maturazione enzimatica in salamoia, come, ad esempio, diverse semiconserve e conserve di pesce, i limiti ammissibili raddoppiano arrivando quindi fino ad un massimo di 400 mg/Kg. Queste differenze sono collegate ai processi di maturazione a cui questi alimenti sono sottoposti al fine di conferirgli

le caratteristiche organolettiche tipiche. A tal proposito, da tempi immemori, miscele di olio, sale ed aceto venivano impiegate non solo per conservare più a lungo gli alimenti ma anche per arricchirne il sapore e l'aroma aumentandone anche le caratteristiche nutrizionali (V. Koohdar et al., 2012, 9, 57–62). Alcuni prodotti della pesca, nel corso della loro produzione subiscono un processo di maturazione enzimatica "sotto sale che ne influenza non soltanto le caratteristiche organolettiche ma ha anche delle implicazioni dal punto di vista della sicurezza alimentare. Infatti, detti prodotti a maturazione enzimatica come le semiconserve salate o sott'olio di Engraulidi e Clupeidi, vanno incontro ad un processo di proteolisi enzimatica (i principali enzimi responsabili di tale processo sono quelli di origine gastro-intestinale e muscolare) che incrementa i livelli di istidina libera e, dunque, il mancato controllo del microbiota mediante gli elevati livelli di cloruro di sodio, potrebbe essere responsabile di elevate concentrazioni di istamina nel prodotto finito. Proprio per questo motivo, la normativa vigente ha previsto per questa categoria di prodotti dei valori limite più elevati, non potendo escludere la naturale formazione connessa a questa tecnica produttiva (N. Muhammad et al., 2019, 209-214). Risulta quindi chiaro, per il controllo del rischio istamina nei prodotti della pesca, quanto siano importanti le qualità igieniche della materia prima e la sua accurata gestione sin dalle prime fasi di cattura e manipolazione del pesce appena pescato, oltre che l'attento controllo di tutte le variabili di processo che devono essere adeguatamente caratterizzate e controllate mediante i sistemi di gestione interna della sicurezza alimentare che ogni azienda ha l'obbligo di mettere in atto. A prescindere dalle suddette peculiarità riguardanti alcune semiconserve ittiche, più in generale è noto che il controllo del pericolo istamina inizia ancor prima della raccolta del pesce in mare; in quanto, anche le tecniche di pesca impiegate possono avere una certa influenza sulla qualità della materia prima e di conseguenza sulla possibile formazione di istamina. Ad esempio, le tecniche di pesca che contribuiscono a determinare traumatismi nel pesce durante le fasi di cattura, come lesioni cutanee, contribuiscono ad aumentare il rischio istamina aprendo nuove brecce ai batteri presenti sulla cute che possono così invadere la muscolatura sottostante (F. Leroi et al., 2001, 578–587). Una volta pescato, il pesce può andare incontro a contaminazione da parte di quei batteri forti produttori di istamina, come le *Enterobatteriaceae*, che contamino inevitabilmente il prodotto una volta issato a bordo. Ne consegue che una manipolazione del pescato che

avvenga nel modo più accurato e igienico possibile è un requisito imprescindibile per il controllo del rischio istamina. A tal proposito, la corretta gestione delle fasi post-cattura dipende, oltre che dalle procedure utilizzate e dall'accortezza degli operatori, anche dalla strumentazione di cui l'imbarcazione è equipaggiata, che deve essere sempre perfettamente funzionante e omologata ai parametri imposti dalla normativa vigente (M. A. Alvarez & M. V Moreno-Arribas, 2014, 146-155). Una volta a bordo, sono due le armi più efficaci che mitigano lo sviluppo di istamina nel pesce appena pescato: la rimozione delle fonti primarie di contaminazione batterica nel pesce e un rapido abbattimento delle temperature di mantenimento del prodotto. Qualora possibile, infatti, una pronta rimozione delle branchie e una rapida eviscerazione riducono significativamente l'apporto di batteri in grado di raggiungere da questi distretti i tessuti muscolari del pesce e quindi di produrre istamina. Il freddo invece è probabilmente l'arma più efficace. Infatti, le basse temperatura, in particolar modo il congelamento, non solo diminuiscono la capacità proliferativa dei batteri istaminogeni, ma rendono l'ambiente sfavorevole per l'attività dell'enzima istidina-decarbossilasi eventualmente prodotto (D. Nevado et al., 2023, 100049).

È chiaro quindi come sia di fondamentale importanza il mantenimento della cosiddetta "catena del freddo", lungo tutte le fasi di produzione, dalle fasi post-cattura fino alla trasformazione. Tuttavia, sebbene la maggior parte dei microrganismi istaminogeni non siano capaci di svilupparsi a temperature prossime allo zero, è altresì vero che, nel tempo che intercorre tra la pesca e il consumo, sono numerose le fasi in cui il pesce può andare incontro a degli abusi termici. Poiché l'azione dell'enzima rimane presente anche a temperature di refrigerazione, seppur relativamente ridotta, il ripristino della temperatura ottimale di conservazione dopo un eventuale abuso termico non impedisce che durante lo stoccaggio successivo vi possa essere formazione di istamina, indipendentemente dall'accrescimento o meno dei batteri. A tal proposito, il trasporto del pesce fresco dall'imbarcazione verso gli stabilimenti di trasformazione o presso i punti vendita è sicuramente una delle fasi più critiche per il mantenimento della catena del freddo. Vien da sé che più sono i passaggi necessari al trasferimento del prodotto dalla zona di pesca allo stabilimento di produzione/commercializzazione, maggiore sarà la probabilità che la catena del freddo possa essere interrotta e quindi che possa avvenire sia una contaminazione microbica che una

maggiore produzione di istamina. Il controllo del rischio istamina non avviene soltanto a livello di produzione primaria o nei grandi stabilimenti di trasformazione ma anche nei punti vendita. (W. P. Evangelista et al.,2016, 100-106) Quest'ultimi, oltre a prestare particolare attenzione ad una corretta manipolazione dei prodotti freschi quanto più igienica possibile, devono assicurare che il prodotto sia correttamente stoccato durante le fasi di vendita al dettaglio. In particolare, per quanto riguarda il pesce fresco esposto in pescheria si rende necessario mantenere il prodotto ad una temperatura prossima a quella del ghiaccio fondente (0-2 °C) mediante l'impiego di ghiaccio solitamente in scaglie. Mentre, per quanto riguarda i prodotti congelati o surgelai è indispensabile il mantenimento della catena del freddo fino al momento della vendita ed eventualmente scongelato correttamente, ovvero a basse temperature, preferibilmente in frigorifero (0 °C/ 2 °C), evitando che il prodotto possa venire in contatto con i liquidi di scongelamento. In altri casi, quando sia necessario abbreviare i tempi, è possibile scongelare i prodotti in acqua fredda (per immersione o aspersione con sistemi a doccia) mantenendoli in idonei involucri isolati (R. Rossano, 2006, 161-164). Una volta scongelati è consigliabile consumare gli alimenti entro 24 ore dalla fine dello scongelamento. È raccomandabile seguire queste procedure anche in ambito domestico, quindi prediligendo lo scongelamento dei prodotti a temperatura controllata in frigorifero prima di essere cucinati. Una delle maggiori preoccupazioni in questo campo è data dall'elevata stabilità termica dell'istamina per cui, sebbene in seguito alla cottura si elimini la componente microbica, nell'alimento rimane comunque presente (L. Lehane, 2000, 1–37).

4. Test analitici

Con lo scopo di armonizzare e standardizzare le procedure analitiche impiegate per la rilevazione e la quantificazione dell'istamina in taluni prodotti della pesca, la normativa comunitaria, più specificatamente il Regolamento (CE) 2073/05, raccomanda l'uso della cromatografia liquida ad alta prestazione (HPLC) come strumento d'elezione. Il Regolamento (CE) 2073/05 dispone, inoltre, che le prove di laboratorio debbano essere effettuate secondo quanto previsto dalla norma ISO 19343/17, la quale illustra in ogni più piccolo dettaglio le norme tecniche di esecuzione che l'analista deve rispettare per rilevare e quantificare l'istamina nei prodotti della pesca. In una prima fase, la norma prevede una preliminare

digestione della matrice organica del campione sotto esame mediante omogenizzazione di un'aliquota del prodotto con una soluzione acquosa di acido perclorico. La sospensione così ottenuta viene in seguito centrifugata e filtrata e quindi impiegata per quantificare l'istamina estratta mediante separazione cromatografica in HPLC e rivelazione mediante uno spettrometro UV accoppiato a quest'ultimo (G. García-Tapia et. al, 2013). Sebbene l'impiego di tale strumentazione garantisca un'ottima sensibilità, specificità ed accuratezza d'analisi, il dispendio economico, derivante sia dall'acquisto del macchinario sia dei vari materiali impiegati per l'analisi, in aggiunta anche alla necessità di disporre di personale qualificato al suo utilizzo, fanno sì che, in taluni casi, vengano preferite delle metodiche di quantificazione dell'istamina alternative. Tra le procedure maggiormente impiegate possono essere annoverate quelle di natura immuno-enzimatica, come per esempio il test ELISA o l'impiego di specifici kit, i quali permettono di ottenere un buon grado di rilevazione dell'istamina nel campione, anche se presente a livelli relativamente bassi (M. Muscarella et al., 2013, 211-217). Un altro approccio alternativo, che permette di ottenere risultati con un buon grado di accuratezza in modo abbastanza semplice ed in breve tempo, consiste nella quantificazione dell'istamina mediante l'ausilio di uno spettrofotometro a fluorescenza. Il metodo prevede una preliminare estrazione dell'ammina dal campione mediante opportuni solventi e successiva purificazione con sistemi che, eliminando le sostanze interferenti, permettono di ottenere una soluzione pura di istamina. Affinché possa essere rilevata, l'ammina è convertita in una sostanza fluorescente mediante aggiunta di agenti cosiddetti derivatizzanti, come ad esempio l'orto-ftaldeide. In relazione all'intensità della fluorescenza registrata dallo strumento è possibile, mediante l'impiego di una retta di taratura precedentemente creata, quantificare l'oggetto d'analisi (M. Hashemi et al., 2017, 306-314). Nonostante queste siano tutte delle tecniche più che valide, studi scientifici hanno evidenziato come la tecnica più accurata in termini di sensibilità e precisione preveda l'impiego dello spettrometro di massa, uno strumento molto spesso accoppiato alla cromatografia liquida (HPLC) in cui ne sostituisce il classico sistema di rivelazione. Infatti, al posto del rivelatore UV, precedentemente citato, può essere impiegato lo spettrometro, il quale in virtù del suo principio di funzionamento, permette di ottenere una detenzione ed una quantificazione estremamente precisa non solo dell'istamina ma, contemporaneamente, anche delle altre

ammine presenti. Nonostante le sue notevoli qualità, gli elevati costi di acquisto e di manutenzione ne limitano, purtroppo, l'impiego nelle analisi routinarie (D. Nei et al., 2017, 181-186).

5. Conclusioni

La sindrome sgombroide rappresenta una delle forme di intossicazione alimentari più comuni ma allo stesso tempo una delle più sottovalutate. È necessario, dunque, ai fini di un'ottimale prevenzione, conoscere i rischi e soprattutto le modalità di scelta e consumo dei prodotti ittici. La divulgazione scientifica su larga scala è uno degli strumenti più affidabili e di impatto che possono essere utilizzati al fine di rendere il consumatore più consapevole dei pericoli associati al consumo di taluni alimenti e delle strategie da attuare per evitarli.

6. Bibliografia

Alvarez M. A. & Moreno-Arribas M. V., *The problem of biogenic amines in fermented foods and the use of potential biogenic amine–degrading microorganisms as a solution*, Trends Food Sci. Technol., 2014, 39, 146–155.

Bueno-Solano C. et al., *HPCL determination of histamine, tyramine and amino acids in shrimp by-products*., J. Braz. Chem. Soc., 2012, 23, 96–102.

Bulushi I. A. et al., *Biogenic amines in fish: roles in intoxication, spoilage, and nitrosamine formation—a review*, Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 2009, 49, 369–377.

Coppola G. et al., *Vasospastic angina and scombroid syndrome: a case report*, Acta Clinica Belgica, 2012,67, 3, 222–225.

Dalgaard P. et al., *Identification of lactic acid bacteria from spoilage associations of cooked and brined shrimps stored under modified atmosphere between 8 °C and 258 °C*, J. Appl. Microbiol., 2003, 94, 80–89.

Du W. X. et al., *Development of biogenic amines in yellowfin tuna (Thunnus albacares): effect of storage and correlation with decarboxylase-positive bacterial flora*., J. Food Sci., 2002, 67, 292–301.

Emborg J. et al., *Morganella psychrotolerans sp. nov., a histamineproducing bacterium isolated from various seafoods,* IJSEM, 2006, 56, 2473–2479.

European Food Safety Authority, Panel on Biological Hazards, *Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods*, EFSA J., 2011, 9, 2393.

Evangelista W. P. et al., *Quality assurance of histamine analysis in fresh and canned fish*, Food Chem., 2016, 211, 100–106.

Feng C. et al., *Histamine (scombroid) fish poisoning: a comprehensive review*., Clin Rev Allergy Immunol, 2016, 50, 64–69.

Frattini V. et al., *Histamine and histidine determination in tuna fish samples using high-performance liquid chromatography Derivatization with o-phthalaldehyde and fluorescence detection or UV detection of "free" species.* J. Chromatogr. A, 1998, 809, 241–245.

García-Tapia G. et al., *Influence of physical damage and freezing on histamine concentration and microbiological quality of yellowfin tuna during processing,* Food Sci. Technol., 2013.

HashemI M. et al., *Synthesis of chitosan based magnetic molecularly imprinted polymers for selective separation and spectrophotometric determination of histamine in tuna fish*, Carbohydrate Polymers, 2017, 177, 306-314.

Hungerford J. M., *Scombroid poisoning: A review*, Toxicon, 2010,56, 231–243.

Kanki M. et al., *Histidine Decarboxylases and Their Role in Accumulation of Histamine in Tuna and Dried Saury,* Food Microbiol., 2007, 73, 5.

Koohdar V. et al., *Evaluation of histamin content of yellowfin tuna from Oman Sea*, Food Technol. Nutr., 2012, 9, 57–62.

Leroi F. et al., *Research of quality indices for cold-smoked salmon using a stepwise multiple regression of microbiological counts and physico-chemical parameters*, J. Appl. Microbiol., 2001, 90, 578–587.

Muhammad N. et al., *Determination of histamine in fish without derivatization by indirect reverse phase-HPLC method*, Microchem. J., 2019, 144, 209-214.

Muscarella M. et al., *Survey of histamine levels in fresh fish and fish products collected in Puglia (Italy) by ELISA and HPLC with fluorimetric detection*, Food Control, 2013, 211-217.

Nei D. et al., *A rapid screening of histamine concentration in fish fillet by direct analysis in real time mass spectrometry (DART-MS)*, Food Contr., 2017,75,181-186.

Nevado D. et al., *Detection, Identification, and Inactivation of Histamine-forming Bacteria in Seafood: A Mini-review*, J. Food Prot., 2023, 86(3), 100049.

Rahmani J. et al., *Contamination and prevalence of histamine in canned tuna from Iran: a systematic review, meta-analysis, and health risk assessment*, J. Food Prot., 2018, 81, 2019–2027.

Regolamento (CE) N. 2073/2005 della Commissione, del 15 novembre 2005, sui criteri microbiologici applicabili ai prodotti alimentari.

Regolamento (CE) N. 853/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 29 aprile 2004, che stabilisce norme specifiche in materia di igiene per gli alimenti di origine animale.

Rios J. L. M. et al., *Alergia alimentar não IgE mediada: proctocolite induzida por proteínas alimentares Atualização / Non-IgE mediated food allergy: food protein-induced allergic proctocolitis An update*, Arq. Asma, Alerg. Imunol , 2022, 6(2), 225-238.

Rossano R. et al., *Influence of storage temperature and freezing time on histaminlevel in the European anchovy Engraulis encrasicholus: A study by capillary electrophoresis*, Journal of Chromatogr. B, 2006, 830, 161–164.

Taylor S. L. et al., *Histamine Poisoning (Scombroid Fish Poisoning): An Allergy-Like Intoxication*, J. Toxicol. Clin. Toxicol., 2008, 225-240.

Visciano P. et al., *An Overview of Histamine and Other Biogenic Amines in Fish and Fish Products*, Foods 2020, 9(12), 1795.

Yuri V. et al., *Molecular Mechanisms of Scombroid Food Poisoning*, Int. J. Mol. Sci., 2023, 24(1), 809.

Giorgia Sorrentino - Luca Nalbone - Alessandro Giuffrida
Graziella Ziino - Filippo Giarratana

Batteri persistenti negli alimenti

1. La crescita e i meccanismi di difesa batterici. - 2. Resistenza. – 3. Tolleranza. – 4. Persistenza. – 5. Batteri persistenti negli alimenti e il pericolo Listeria monocytogenes. – 6. Conclusioni. – 7. Bibliografia.

1. La crescita e i meccanismi di difesa batterici

Così come accade per altre forme di vita, i batteri, posti in condizioni ambientali favorevoli, replicano e si accrescano utilizzando come fonte energetica i nutrienti che riescono a ricavare dall'ambiente circostante. Nonostante il gran numero di specie batteriche esistenti, ciascuna con specifiche esigenze per il loro accrescimento, la crescita batterica avviene secondo precise fasi che possono essere descritte tramite una curva, cosiddetta di "crescita", che è comune a tutti i batteri. In particolare, la curva di crescita di una popolazione batterica consta di quattro fasi: i) una fase di latenza (o lag fase), ii) una fase di crescita esponenziale o logaritmica (o log fase), iii) una fase di crescita stazionaria e iv) una fase di morte (K. Francois et al., 2005, 1-3). L'andamento di queste fasi è strettamente correlato al ceppo batterico e alle condizioni ambientali in cui si trova, ossia dalla presenza di nutrienti, dalla temperatura, dal pH e dalla presenza di acqua libera disponibile per il loro metabolismo. La fase di latenza è una fase di adattamento per le cellule di una popolazione batterica, le quali non si riproducono immediatamente ma diventano più grandi, iniziando a sintetizzare tutti quei fattori di crescita indispensabili alla loro sopravvivenza (D. C. Aryani et al., 2015, 130-138). La durata di questa fase è tanto maggiore quanto maggiore sono le differenze tra il mezzo in cui si ritrovano i batteri e le condizioni in cui si ritrovavano prima. Una volta adattatesi, i batteri iniziano a riprodursi in maniera esponenziale/logaritmica, inizia così la fase di crescita esponenziale o logaritmica: da 2 cellule ne originano 4, da 4 cellule ne originano 8, da 8 cellule ne originano

16 e così via. Questa fase termina nel momento in cui i batteri non hanno più a disposizione nutrienti o per un eccessivo accumulo di sostanze tossiche prodotte dagli stessi microrganismi. Questa fase termina con un rallentamento del tasso di crescita e con la morte di alcune cellule (B. R. Levin, D. E. Rozen, 2006, 556-562). Questo momento segna l'inizio della fase stazionaria, durante la quale alcune cellule batteriche continuano a crescere e a dividersi, mentre altre vanno incontro a morte. Quando il numero dei batteri che muore supera quello delle cellule che si replicano ha inizio la fase di morte. Grazie allo studio delle curve di crescita batteriche, negli anni, sono stati messi a punto diversi modelli matematici che consentono di prevedere il comportamento dei batteri negli alimenti in varie condizioni di lavorazione e conservazione. Predire il comportamento di una popolazione microbica ha importanti implicazioni sanitarie nella produzione di alimenti, in quanto consente alle industrie alimentari di poterne assicurare una maggiore sicurezza e qualità (J. Baranyi et al., 1994, 277-294). Quando i batteri si ritrovano in un ambiente sfavorevole, possono innescare delle risposte adattative che hanno lo scopo di renderli più resistenti agli stress esterni (T. Blessington et al., 2013, 341-348). Questo fenomeno di adattamento allo stress ha implicazioni maggiori rispetto alla semplice sopravvivenza del microrganismo. Infatti, l'adattamento allo stress potrebbe alterare le caratteristiche di virulenza dei batteri patogeni aumentando la loro capacità di infettare l'ospite (A. E. Yousef et al., 2003, 1-30). In generale, lo sviluppo di fattori che ne accrescono la resistenza si realizza principalmente quando una popolazione batterica è esposta a stimoli sub-letali piuttosto che letali. I trattamenti blandi durante le fasi di lavorazione stanno diventando sempre più utilizzati dalle industrie di trasformazione a causa della crescente domanda di alimenti poco lavorati. Tali tecniche potrebbero fungere da stress sub-letali per i batteri presenti negli alimenti, inducendo delle risposte adattative tali da renderli più resistenti ai comuni trattamenti di bonifica (come, ad esempio, il calore) indispensabili per rendere gli alimenti sicuri. Diverse strutture cellulari, come proteine, DNA, RNA, parete cellulare e membrana cellulare, possono subire lesioni e danni in seguito all'esposizione a diversi fattori stressanti. Per sopravvivere più a lungo, i batteri adottano numerosi meccanismi di difesa che possono esprimersi sia a livello genotipico con modificazione del DNA ereditabili sia con più semplici modificazioni fenotipiche come, ad esempio, modificazioni nella

composizione della membrana o della parete cellulare o nel loro corredo enzimatico (G. Mancuso et al., 2021, 1310).

Negli anni sono state scoperte diverse modalità di difesa con cui i batteri fronteggiano condizioni ambientali a loro avverse. La resistenza agli antibiotici è una di queste modalità tra le più note e temute dall'uomo; tale fenomeno può essere dovuto alla trasmissione ereditari di geni all'interno di una popolazione batterica (G. L. Hobby et al., 1942, 281-285). Tuttavia, sono stati scoperti metodi di difesa altrettanto efficaci ma non legati alla trasmissione di fattori ereditabili, chiamati fenomeni di "tolleranza" e "persistenza" (N.Q. Balaban et al., 2019, 441-448; J.C. Kester, S. M. Fortune, 2014, 91-101). Il primo a scoprire tali fenomeni fu Bigger che osservò come una piccola percentuale di una popolazione batterica era in grado di sopravvivere più a lungo a trattamenti antibiotici normalmente in grado di inattivarli. Questa sotto-popolazione batterica fu chiamata "persisters" (J. Bigger et al., 1944, 497-500).

2. Resistenza

Quando una popolazione batterica è in grado di moltiplicarsi ad una concentrazione più elevata di un antibiotico a prescindere dal tempo di esposizione, viene definita "resistente". In generale la "resistenza" è solitamente quantificata attraverso un particolare parametro noto come "concentrazione minima inibente" (anche detto "MIC", dall'acronimo inglese di "Minimum Inhibitory Concentration") (J. Blair et al., 2015, 42-51; B. Kowalska-Krochmal, R. Dudek-Wicher, 2021, 165). Una popolazione batterica viene definita più resistente rispetto ad un'altra quando si rendono necessarie concentrazioni maggiori di una data sostanza per ottenere lo stesso effetto battericida. Il fenomeno della resistenza batterica desta, ad oggi, non poche preoccupazioni in quanto l'impiego di antibiotici in modo smisurato e non sempre accurato ha determinato lo sviluppo di batteri sempre più resistenti ai trattamenti antibiotici che risultano oggi sempre meno efficaci (M. Ackermann, 2015,497-508; Nataro et al., 2000, 3-10). Valutare la MIC di un antibiotico o di un qualunque inibente permette di stabilirne la "concentrazione minima" in grado di bloccare la crescita di un determinato microrganismo (J.L. Radzikowski et al., 2017, 98-

105). Tale indicazione è molto importante in ambito clinico come analisi di routine per scegliere la molecola più efficace come trattamento di elezione.

3. Tolleranza

Quando i batteri sono esposti in maniera transitoria ad un antibiotico/inibente, anche a concentrazioni di molto superiori alla MIC, la loro sopravvivenza è dovuta, invece, a specifici meccanismi molecolari, sia ereditabili che non; tale fenomeno è definito "tolleranza" (S. Handwerger, A. Tomasz, 1985, 368-386). In tale condizione i batteri riescono ad adattarsi a condizioni di stress, autolimitando alcuni dei loro processi metabolici di base, senza modificare la loro resistenza all'antibiotico a parità di MIC. La MIC, pertanto, non può essere impiegata per valutare correttamente la tolleranza batterica (A. Brauner et al., 2016, 320-330; S. Handwerger, A. Tomasz, 1985, 368-386).

Esistono due forme di "tolleranza": i) Tolleranza connessa ad un tasso di crescita lento; ii) Tolleranza connessa ad un allungamento della fase di latenza (A. Brauner et al., 2016, 320-330).

Per quanto riguarda la prima forma di tolleranza (connessa ad un tasso di crescita lento), essa si realizza dal momento che le cellule batteriche subiscono l'azione degli antibiotici, ossia quando si trovano nella fase di *crescita logaritmica*; ciò in quanto i recettori su cui agiscono gli antibiotici sono espressi solo in questa fase (J. E. de Steenwinkel et al., 2010, 2582; C. T. Mascio et al., 2007, 4255). I diversi ceppi batterici, indipendentemente dal mezzo in cui si trovano, sono caratterizzati da un metabolismo specifico e differente l'uno dagli altri. In generale, quelli con un metabolismo più lento, sono gli stessi ceppi batterici che si contraddistinguono per una *fase di crescita esponenziale* più lenta. Pertanto, le strutture cellulari su cui dovranno agire gli antibiotici si formeranno più lentamente ritardando quindi l'effetto dell'antibiotico stesso.

La seconda forma di tolleranza (connessa ad un allungamento della fase di latenza) si verifica quando i batteri, esposti a stimoli stressanti sub-letali, vengono trasferiti in un nuovo ambiente che ne consente la crescita. Questa popolazione impiegherà più tempo del solito ad adattarsi al nuovo ambiente, in quanto le cellule dovranno prima riparare i danni subiti a seguito degli stress sub-letali per poi iniziare ad adattarsi e ad accrescersi nel nuovo

mezzo in cui si trovano (A. Brauner et al., 2016, 320-330). Ne consegue che il tempo necessario affinché i batteri possano ricominciare a crescere è direttamente proporzionale ai danni e alle modificazioni della cellula indotte dalla precedente esposizione a fattori stressanti.

La tolleranza non ereditabile, dal momento che non è correlata a specifici processi molecolari, consente ai batteri di fronteggiare un ampio spettro di antibiotici; la resistenza, invece, essendo stata acquisita e trasmessa geneticamente nei riguardi di una specifica molecola è efficace solo verso la stessa o composti strutturalmente molto simili (K. Lewis et al., 2007, 48-56; J. S. Wolfson et al., 1990, 1938-1943).

Come precedentemente riportato, la "resistenza" è un fenomeno ereditabile, mentre la "tolleranza" si basa sia su modificazioni genotipiche ereditabili che su fattori non ereditabili. La "tolleranza ereditabile" comporta inevitabilmente tempi di moltiplicazione cellulari più lunghi rispetto a quella "non ereditabile", in cui la crescita più lenta della popolazione batterica è legata alle condizioni non favorevoli dell'ambiente in cui si trova (D. Madar et al., 2013, 1-13; A. Brauner et al., 2016, 320-330). Un classico esempio è il momento in cui i batteri raggiungono la *fase stazionaria* durante la quale la carenza di nutrienti, la mancanza di spazio per la loro crescita e le stringenti condizioni di pH innescano dei meccanismi di difesa/risposte adattive ai fattori di stress, in grado di far sopravvivere la popolazione batterica, aumentando in modo indiscriminato la loro "resistenza" alle condizioni avverse (L. Rodriguez-Romo et al., 2005, 128-151).

Secondo diversi studi (J.C. Kester, S.M. Fortune, 2014, 91-101; M. Muller et al., 2004, 369-377), la "tolleranza" nei batteri può essere valutata impiegando alcuni dei seguenti parametri:

- Rapporto MBC/MIC: dove MIC= Concentrazione Minima Inibente e MBC= Concentrazione Minima Battericida, ossia la "concentrazione di un antibiotico/agente inibente in grado di uccidere il 99,9% di batteri all'interno di una popolazione, generalmente dopo 24 h di incubazione". Tale rapporto consente una valutazione accurata della seconda forma di tolleranza mentre si è dimostrata poco sensibile per la valutazione della forma ereditabile.

Determinazione dei tempi di morte a concentrazione di antibiotico differente: tale parametro, noto come MDK dall'acronimo inglese Minimum Duration for Killing, consiste nel tempo necessario affinché una molecola antibiotica/inibente sia in grado di uccidere una determinata popolazione batterica. Per determinarlo è necessario esporre i batteri ad una concentrazione della sostanza di molto superiore rispetto alla MIC, dal momento che il tasso di inattivazione (morte cellulare) a queste condizioni è indipendente dalla concentrazione della sostanza stessa (O. Fridman et al., 2014, 418-421).

4. Persistenza

Per "persistenza" si definisce la "capacità di una **sottopopolazione** di sopravvivere a trattamenti antibiotici transitori, anche a concentrazioni elevate, senza variazione della MIC" (O. Gefen, N. Q. Balaban, 2009, 704-717). La sostanziale differenza con gli altri meccanismi di difesa fin qui descritti (resistenza e tolleranza) risiede nel fatto che solo una piccola parte di una popolazione, definita come sottopopolazione persistente, sia in grado di adottare tale strategia di sopravvivenza. Similarmente alla "tolleranza", nella "persistenza" la sopravvivenza dei batteri non è correlata ad alcun aumento del valore della MIC. Tale fenomeno è stato maggiormente investigato in risposta ai trattamenti antibiotici. Diversi studi hanno evidenziato che sottopopolazioni clonali persistenti, all'interno di colture batteriche esposte a trattamenti antibiotici battericidi, riescono a resistere a tempi di trattamento più lunghi dando quindi una risposta eterogenea al trattamento (A. Brauner et al., 2016, 320-330; Y. Kaplan et al., 2021, 290-294). La presenza di una sottopopolazione persistente in una coltura esposta ad un trattamento battericida (antibiotici, trattamento termici, ect..) si evidenzia dal tipico andamento bifasico della curva di inattivazione. Tale andamento deriva dall'inattivazione più lenta delle cellule persistenti rispetto a tutte le altre cellule della popolazione (J. E. Michiels et al., 2016, 76-89). Questa sottopopolazione meno numerosa (tipicamente meno dell'1%) è costituita da cellule che vanno incontro a morte più lentamente rispetto alle cellule suscettibili che, invece, vengono inattivate più rapidamente (A. Brauner et al., 2016, 320-330). Il fenomeno della persistenza, a differenza della tolleranza e della resistenza è tuttavia un fenomeno non ereditabile. Una volta ritrapiantate in un nuovo mezzo che ne consenta

la crescita, le cellule persistenti perdono, infatti, tale proprietà risultando assolutamente identiche al resto della popolazione, ritornando suscettibili al trattamento/molecola verso cui erano persistenti (N. Q. Balaban et al., 2019, 441-448; O. Gefen, N.Q. Balaban, 2009, 704-717).

La persistenza si realizza quando le cellule arrestano momentaneamente la loro crescita (A. Brauner et al., 2016, 320-330) e può innescarsi secondo due meccanismi distinti (I. Levin-Reisman et al., 2016, 75-81):

- Persistenza di tipo I: si verifica a seguito di uno stimolo stressante;
- Persistenza di tipo II: si verifica casualmente (stocasticamente) quando una popolazione è in fase di crescita logaritmica, in assenza di stimoli.

La caratteristica comune ad entrambe le forme di persistenza è l'allungamento della *fase di latenza* una volta ritrapiantate in un ambiente favorevole alla loro crescita (A. Brauner et al., 2016, 320-330). A tal proposito, la presenza di una curva di morte bifasica e l'allungamento della *fase di latenza* rappresentano i due parametri usati per determinare la presenza e il numero di batteri persistenti in una determinata popolazione (Y. Kaplan et al., 2021, 290-294). È importante notare che, a parte i fattori ambientali in grado di innescare la formazione di queste cellule batteriche, tutti i tipi di persistenza possono essere aumentati (o ridotti) da talune mutazioni genetiche. Sebbene all'interno di una popolazione clonale, i batteri persistenti e quelli non persistenti siano identici, sono state identificate mutazioni genetiche in grado di aumentare il livello di persistenza (H. Luidalepp et al., 2011, 3598). Ad esempio, una delle prime mutazioni identificate ad alta persistenza, la mutazione hipA7, aumenta il livello di persistenza in *Escherichia coli* tanto che circa il 20% della popolazione può diventare "persisters" (D. Madar et al., 2013, 1-13).

La persistenza potrebbe essere alla base della recrudescenza di alcune infezioni batteriche nell'uomo (infezioni nosocomiali, batteri multiresistenti, infezioni ricorrenti, ect…) scambiate per fenomeni di resistenza o reinfezioni; pertanto, le tecniche diagnostiche e i conseguenti piani terapeutici non possono non tener conto anche dell'esistenza di tale fenomeno.

Non meno importante, il rischio connesso alla sicurezza alimentare; diversi studi hanno, infatti, dimostrato che i batteri persistenti possano formarsi durante le varie fasi di

produzione degli alimenti sopravvivendo ai più comuni processi di trasformazione (trattamenti termici) o all'uso di sostanze antibatteriche, normalmente in grado di devitalizzarli (M. E. Doyle et al., 2001, 410-429; S. Wu et al., 2018, 25-31).

5. Batteri persistenti negli alimenti e il pericolo *Listeria monocytogenes*

I trattamenti a cui vengono sottoposti gli alimenti per controllare i pericoli microbiologici sono di duplice natura: taluni determinano la completa inattivazione dei microrganismi mentre altri consentono di arrestarne o rallentarne la crescita. Tra le tecnologie di conservazione degli alimenti che mirano ad inattivare le cellule microbiche riconosciamo trattamenti termici al calore, l'irradiazione, il trattamento ad alta pressione e l'uso di forti composti ossidanti. Altre tecnologie, invece, consentono di conservare gli alimenti inibendo la crescita batterica; tra questi i metodi più utilizzati riguardano la conservazione a bassa temperatura (refrigerazione e congelamento), la riduzione del contenuto di umidità (salagione ed essiccazione), il controllo del potenziale ossidoriduttivo (uso di atmosfere controllate e confezionamento sottovuoto) e l'acidificazione (fermentazione e aggiunta di acidi organici) (M. Mueller et al.,2004, 369-377). Non è da escludere che le strategie di difesa sopracitate vengano adottate dai batteri per eludere i trattamenti di bonifica a cui vengono sottoposti gli alimenti in fase di produzione e conservazione (A. Brauner et al., 2016, 320-330). Infatti, nelle industrie alimentari, i microrganismi sono esposti a continui cambiamenti di temperatura, umidità, pH, Aw ed ossigeno, necessari alla trasformazione della materia prima in prodotto finito. Tali trattamenti indurrebbero i batteri presenti negli alimenti a sviluppare dei meccanismi di difesa, come la resistenza, la tolleranza e/o la persistenza, necessari alla loro sopravvivenza (P.A. Hartman, 2001, 3-12). La maggior parte degli studi sulla persistenza riguardano i trattamenti con antibiotici, risulta chiaro però come tali strategie di difese andrebbero valutate anche in relazione ai comuni trattamenti di bonifica/trasformazione degli alimenti (S. Wu et al., 2018, 25-31). In un recente studio, è stato dimostrato come *Listeria monocytogenes* esposta ad una discreta concentrazione di sale (6%), sviluppasse forme di resistenza transitoria (persistenza) aumentandone la tolleranza/resistenza ad un successivo trattamento a 51°C (L. Nalbone et al., 2023, 10880). Il sale, affermano gli autori, agendo

da agente stressante, potrebbe aver indotto una risposta adattativa tale da indurre una protezione crociata nei confronti del successivo trattamento termico. Il risultato è stato la formazione di cellule persistenti in *L. monocytogenes* che hanno resistito più a lungo al trattamento al calore. Tali fenomeni potrebbero essere alla base di differenti tossinfezioni alimentari legate al consumo di prodotti carnei cotti contaminati da *L. monocytogenes*. In tali prodotti il trattamento termico adottato in fase di produzione potrebbe non essere stato abbastanza lungo da inattivare il batterio patogeno, persistendo e potenzialmente moltiplicandosi nell'alimento in corso di conservazione (https://ilfattoalimentare.it/listeria-spagna-carne-maiale.html). Appare quindi estremamente ripagante dal punto di vista della sicurezza alimentare, tenere in considerazione tali fenomeni di sopravvivenza/persistenza nelle comuni tecniche di bonifica degli alimenti, come ad esempio nel trattamento di pastorizzazione. Talune tecniche batteriostatiche di conservazione degli alimenti, come la salagione e la refrigerazione, potrebbero fungere da fattori stressanti in grado di innescare fenomeni di persistenza batterica mettendo a repentaglio la sicurezza degli alimenti. I batteri persistenti potrebbero, pertanto, divenire persistenti in tali fasi di produzione, resistendo ai trattamenti di bonifica/lavorazione normalmente capaci di inattivarli (M. E. Doyle et al., 2001, 410-429; S. Wu et al., 2018, 25-31).

Tali batteri sopravvissuti ai trattamenti battericidi potrebbero crescere successivamente negli alimenti durante le fasi di conservazione anche in ambiente domestico mettendo a repentaglio la salute dei consumatori. Ciò desta particolari preoccupazioni soprattutto per quegli alimenti trasformati pronti al consumo, i cosiddetti ready-to-eat (RTE), i quali, non necessitando di trattamenti di bonifica (cottura) prima del consumo in ambito domestico, risultano particolarmente a rischio. Appartengono a questa categoria i prodotti a base di carne (come gli insaccati cotti o crudi e i salumi stagionati), i prodotti lattiero caseari (come i formaggi freschi e gli stagionati), i prodotti della pesca (come gli affumicati di pesce), nonché alcuni tipi di frutta e verdura fresca tagliata. (T. I. Wirjantoro et al., 2001, 213-219). Gli alimenti RTE sono tra i principali responsabili di tossinfezioni alimentari a livello mondiale associati al consumo di alimenti contaminati da *L. monocytogenes*, che rappresenta uno dei patogeni alimentari più temuti

(M. C. Coelho et al., 2014, 53-59). La *L. monocytogens* è un patogeno capace di crescere a pH acidi, in condizioni di refrigerazione e a concentrazioni saline elevate. Inoltre, è molto resistente ai comuni disinfettanti utilizzati per la pulizia degli impianti di lavorazione a livello industriale in cui tende addirittura a formare biofilm sulle superfici. La formazione di tali biofilm, che rappresentano una protezione per il batterio, è un problema rilevante per le industrie alimentari in quanto sono una delle principali fonti di cross-contaminazione degli alimenti in corso di produzione (P.A. Hartman, 2001, 3-12). Ciò che desta particolare preoccupazione è la sua presenza ubiquitaria nell'ambiente e l'elevato tasso di letalità della tossinfezione alimentare che determina, conosciuta col nome di listeriosi (EFSA, 2018,1-42). La listeriosi, causata dal consumo di alimenti contaminati appunto da *L. monocytogenes*, provoca solitamente in una popolazione sana, una malattia gastrointestinale febbrile autolimitante, che si presenta con nausea, vomito e diarrea entro 24-48 ore dall'esposizione con l'alimento contaminato. Infettato l'ospite attraverso gli alimenti, è in grado di resistere al pH acido dello stomaco giungendo senza grossi problemi a livello enterico dove penetra nelle cellule dell'epitelio per accrescersi e moltiplicarsi. La sua diffusione all'interno dell'ospite avviene grazie alla capacità del batterio di muoversi all'interno dell'organismo e di trasmettersi ed infettare cellule adiacenti riducendo così la sua esposizione ai trattamenti antibiotici e ad anticorpi circolanti. La capacità di *L. monocytogenes* di penetrare all'interno delle cellule è dovuta alla presenza di specifici enzimi superficiali che consentono la lisi della membrana cellullare delle cellule infette. Da studi clinici effettuati è emerso come vi siano diverse forme di listeriosi a seconda che il batterio si diffonda per via ematica, ovvero tramite il torrente circolatorio, oppure che si localizzi a livello di un singolo organo. Nella maggior parte dei casi, i batteri che vengono fagocitati dai macrofagi (cellule di difesa dell'organismo) nell'epitelio intestinale (strato di cellule presenti sulla superficie interna dell'intestino), vengono trasportati al fegato e alla milza causando la diffusione della malattia (B. D. Sauders et al., 2001, 257-259). Invece, attraverso il torrente circolatorio, *L. monocytogenes* potrebbe essere in grado di raggiungere anche il sistema nervoso centrale causando meningiti, meningoencefalite e formazione di ascessi. La meningite è la conseguenza più comune di una infezione da *L. monocytogenes* che giunge sino al sistema nervoso centrale determinando l'insorgenza di sintomi

neurologici con esito anche fatale. *L. monocytogenes* è inoltre in grado di oltrepassare la barriera placentare, determinando nelle donne in gravidanza, specie a termine gestazione quando il calo delle difese immunitarie è maggiore, aborti prematuri, morte neonatale o la diffusione del batterio al feto causando meningite neonatale (B.D. Sauders et al., 2001, 257-259). La listeriosi nei soggetti sani e in salute si presenta molto spesso asintomatica o accompagnata da stati febbrili con nausea, vomito, diarrea e cefalea. Più preoccupante invece, l'evoluzione della listeriosi in alcune specifiche categorie di consumatori nei quali può avere effetti anche letali. Le donne in gravidanza, i neonati, gli anziani e i soggetti immunodepressi sono considerati soggetti a rischio per gli effetti, anche fatali, che può avere la malattia; essi possono essere raggruppati con l'acronimo inglese "YOPI" ossia Young, Old, Pregnant and Immunocompromised. Tali categorie a rischio rappresentano il motivo per cui, sebbene *L. monocytogenes* non sia al primo posto tra le cause di tossinfezioni alimentari in Europa, la normativa in materia di sicurezza alimentare preveda misure di controllo stringenti per ridurre tale pericolo microbiologico negli alimenti (B. Carpentier, O. Cerf, 2011, 1-8).

6. Conclusione

Elevati standard di sicurezza degli alimenti sono un requisito indispensabili per tutelare la salute dei consumatori. Con l'aumento della popolazione mondiale, l'allungamento delle aspettative di vita e la richiesta di cibi sempre più "green", è indispensabile che il settore della sicurezza degli alimenti stia al passo coi tempi e che tenga in considerazioni come eventuali nuovi pericoli, prima sottovalutati, possano mettere a repentaglio la salute dei consumatori. In quest'ottica, la resistenza, la tolleranza e la persistenza rappresentano delle nuove sfide per gli igienisti alimentari, da scoprire e fronteggiare per garantire la qualità e la sicurezza degli alimenti destinati al consumo umano.

7. Bibliografia

Ackermann M., *A functional perspective on phenotypic heterogeneity in microorganisms*. Nat. Rev. Microbiol., 13(8), 497-508, 2015.

Aryani D. C. et al., *Quantifying variability on thermal resistance of Listeria monocytogenes*. Int. J. Food Microbiol., 193, 130-138, 2015.

Asher B. et al., *Distinguishing between resistance, tolerance and persistence to antibiotic treatment,* Nat. Rev. Microbiol, 320-330, 2016.

Balaban N. Q. et al., *Definitions and guidelines for research on antibiotic persistence.* Nat. Rev. Microbiol., 17(7), 441-448, 2019.

Baranyi J. & Roberts T. A., *A dynamic approach to predicting bacterial growth in food*. Int. J. Food Microbiol., 23(3-4), 277-294,1994.

Bigger J., *Treatment of Staphyloeoeeal Infections with Penicillin by Intermittent Sterilisation*. Lancet, 497-500, 1944.

Blair J. et al., *Molecular mechanisms of antibiotic resistance*. Nat. Rev. Microbiol., 13(1), 42-51, 2015.

Blessington T. et al., *Survival of foodborne pathogens on inshell walnuts*. Int. J. Food Microbiol 166:341–348, 2013.

Brauner A. et al., *Distinguishing between resistance, tolerance and persistence to antibiotic treatment*. Nat. Rev. Microbiol., 14(5), 320-330, 2016.

Carpentier B. & Cerf O., *Persistence of Listeria monocytogenes in food industry equipment and premises.* Int. J. Food Microbiol., 145:1–8, 2011.

Coelho M. C. et al., *Control of Listeria monocytogenes in fresh cheese using protective lactic acid bacteria*. Int. J. Food Microbiol., 191, 53–59, 2014.

De Steenwinkel J. E. et al., *Time–kill kinetics of anti-tuberculosis drugs, and emergence of resistance, in relation to metabolic activity of Mycobacterium tuberculosis*. J. Antimicrob. Chemother., 65(12), 2582-2589, 2010.

Doyle M. E. et al., *Heat resistance of Listeria monocytogenes*. J. Food Prot., 64(3), 410-429, 2001.

Efsa Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), *Listeria monocytogenes contamination of ready-to-eat foods and the risk for human health in the EU*. EFSA J., 16(1), e05134, 1-42, 2018.

Francois K. et al., *Modelling the individual cell lag phase: effect of temperature and pH on the individual cell lag distribution of Listeria monocytogenes*. Int. J. Food Microbiol., 100(1-3), 41-53, 2005.

Fridman O. et al., *Optimization of lag time underlies antibiotic tolerance in evolved bacterial populations*. Nature, 513(7518), 418-421, 2014.

Gefen O. & Balaban N. Q., *The importance of being persistent: heterogeneity of bacterial populations under antibiotic stress*. FEMS Microbiol. Rev., 33(4), 704-717, 2009.

Handwerger, S. & Tomasz A., *Antibiotic tolerance among clinical isolates of bacteria*. Rev. Infect. Dis, 368-386,1985.

Hartman P. A., *The evolution of food microbiology*, in Doyle M.P., Beuchat L.R., Montville T.J. (a cura di), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, Washington, DC, 2001, 3–12.

Hobby G. L. et al., *Observations on the Mechanism of Action of Penicillin*. Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 50(2), 281- 285, 1942.

Kaplan Y. et al., *Observation of universal ageing dynamics in antibiotic persistence*. Nature, 600(7888), 290-294, 2021.

Kester J. C. & Fortune S. M., *Persisters and beyond: mechanisms of phenotypic drug resistance and drug tolerance in bacteria*. Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol., 49(2), 91-101, 2014.

Kowalska-Krochmal B. & Dudek-Wicher R., *The minimum inhibitory concentration of antibiotics: Methods, interpretation, clinical relevance*. Pathogens, 10(2), 165, 2021.

Levin B. R. & Rozen D. E., *Non-inherited antibiotic resistance*. Nat. Rev. Microbiol., 4(7), 556-562, 2006.

Levin-Reisman I. & Balaban N. Q., *Quantitative measurements of type I and type II persisters using ScanLag. In Bacterial Persistence*. Humana Press, 75-81, 2016.

Lewis K., *Persister cells, dormancy and infectious disease*. Nat. Rev. Microbiol., 5(1), 48-56, 2007.

Luidalepp H. et al., *Age of inoculum strongly influences persister frequency and can mask effects of mutations implicated in altered persistence*. J. Bacteriol. 193, 3598–3605, 2011.

Madar D. et al., *Promoter activity dynamics in the lag phase of Escherichia coli*. BMC Syst. Biol., 7(1), 1-13, 2013.

Mancuso G. et al., *Bacterial antibiotic resistance: the most critical pathogens*. Pathogens, 10(10), 1310, 2021.

Mascio C. T. et al., *Bactericidal action of daptomycin against stationary-phase and nondividing Staphylococcus aureus cells*. Antimicrob. Agents Chemother., 51(12), 4255-4260, 2007.

Michiels J. E. et al., *Molecular mechanisms and clinical implications of bacterial persistence*. Drug Resistance Updates 29, 76–89, 2016.

Mueller M. et al., *Issues in pharmacokinetics and pharmacodynamics of anti-infective agents: kill curves versus MIC*. Antimicrob. Agents Chemother., 48(2), 369-377, 2004.

Nalbone L. et al., *Effects of osmotic stress on Listeria monocytogenes ATCC 7644: persistent cells and heat resistance*. Ital J Food Saf.;12(1):10880, Mar 8, 2023.

Nataro J. P. et al., *"Persistent bacterial infections: commensalism gone awry or adaptive niche?"*. Wiley Interdiscip. Rev. RNA, 3-10, 2000.

Radzikowski J. L. et al., *Bacterial persistence from a system-level perspective*. Curr. Opin. Biotechnol., 46, 98–105, 2017.

Rodriguez-Romo L. et al., *Crossprotective effects of bacterial stress*. in Griffiths M. (a cura di), *Understanding Pathogen Behaviour*, Crc, 128-151, 2005.

Sauders B. D. et al., *Recurrent Listeria monocytogenes infection: relapse or reinfection with a unique strains con¢rmed by molecular subtyping*. Clin. Infect. Dis. 33, 257-259, 2001.

Wirjantoro T. I. et al., *The Effect of Nisin on the Keeping Quality of Reduced Heat-Treated Milks*. J. Food. Protect, 213-219, 2001.

Wolfson J. S. et al., *Mutants of Escherichia coli K-12 exhibiting reduced killing by both quinolone and beta-lactam antimicrobial agents*. Antimicrob. Agents Chemother., 34(10), 1938-1943,1990.

Wu S. et al., *Transcriptomic study on persistence and survival of Listeria monocytogenes following lethal treatment with nisin*. J. Glob. Antimicrob. Resist., 15, 25-31, 2018.

Yousef A.E. et al., *Basics of stress adaptation and implications in new-generation foods*. in Yousef A.E. & Juneja V. K. *Microbial Stress Adaptation and Food Safety*. Crc, Press, Boca Raton, FL, 1-30, 2003.

Ambiente e salute

Antonio Pugliese

La Morte Nera e le sue sorelle.
Un viaggio fra le pesti nel corso della storia

1. Introduzione. – 2. La peste del XIV secolo a.C. – 3. La peste di Atene. – 4. Peste Antonina. – 5. La peste di Giustiniano. – 6. La peste bubbonica o Morte Nera. – 7. Conclusioni. – 8. Bibliografia.

1. Introduzione

Scivolando nello spazio sconfinato del tempo, vediamo come l'uomo, quale ultimo stadio dell'evoluzione della specie, si sia trovato ciclicamente ad affrontare grandi calamità naturali a carattere nosologico, quali piaghe, epidemie, pandemie e pesti che, in modo inarrestabile, hanno portato non solo diffuse ecatombe di animali, ma anche sterminata mortalità fra gli uomini.

Eventi sanitari, volgarmente denominate pesti, che hanno fatto la loro apparizione, quale espressione di un mutato bilanciamento tra le difese organiche dell'ospite e l'esponenziale potenza di alcuni agenti microbici, quale effetto di un ecosistema adulterato, il cui sintomo principale è da raffigurarsi nello spillover zoonosico.

Epidemie di zoonosi che hanno avuto la loro manifestazione con lo sviluppo del commercio, l'intensificarsi degli scambi economici attraverso i porti che, in concomitanza a fattori secondari come il carente stato di nutrizione e le precarie condizioni igieniche della popolazione, sono state alla base del diffondersi di tutte le zoonosi e, in particolare, delle pesti.

In tale quadro prospettico, esse si sono sviluppate e diffuse, trovando nell'alleanza con guerre e carestie, il pabulum perfetto al loro propagarsi.

Le pestilenze o pesti sono da considerarsi a tutti gli effetti epidemie, ovvero malattie diffusive, la cui origine della loro denominazione è da ricercare nella parola latina pestis, "distruzione", con una probabile origine semantica legata al termine peior, pessimus o, forse, da quella indoeuropea antichissima, ped, pes, "soffiare" è stato indicato per lungo tempo una epidemia o una "malattia peggiore".

Considerata un castigo di Dio o punizione per gli uomini da parte delle divinità nelle diverse religioni, le notizie delle pesti affondano le loro radici in tempi lontani; differenti per eziologia e modalità di trasmissione, sono accomunate tutte dalla grande morbilità e mortalità e dalla comune origine dal mondo animale: l'animale come anello di congiunzione fra il patogeno e l'uomo.

2. La peste del XIV secolo a.C.

Il primo focolaio di peste descritto fu quello che si ebbe in Egitto intorno al 1335 a.C., negli ultimi anni di regno del faraone Akhenaton.

Secondo alcune fonti (P. Norrie, 2016; E. Panagiotakopulu, 2004) si sarebbe trattato di un focolaio di peste bubbonica con provenienza dall'India e dal Medio Oriente che, alla fine, avrebbe raggiunto anche l'Egitto. La stretta coabitazione, di allora, del popolo egiziano con i ratti, che popolavano diffusamente le rive del Nilo, avrebbe favorito la sua diffusione a seguito dell'infestazione di questi ultimi da parte di insetti vettori, come pulci, che ne avrebbero favorito la diffusione all'uomo (P. Norrie, 2016).

Essa portò alla morte delle tre figlie di Akhenaton e Nefertiti e della regina madre Tyie, e venne accettata dal popolo egiziano come punizione degli dèi per la decisione del faraone di abbandonare il tradizionale politeismo egizio a favore di una nuova religione a carattere enoteistico.

3. La peste di Atene

Il mondo greco conobbe più volte la tanta temuta peste; la più famosa fu la peste che colpì Atene nel 430 a.C., subito dopo lo scoppio della guerra del Peloponneso, che vedeva lo scontro delle due grandi potenze dell'età ellenica: da un lato la polis guerriera Sparta e, dall'altro, la polis democratica Atene.

Secondo quanto riportato da Tucidide, considerato "il primo storico scientifico", l'epidemia iniziò in Etiopia, per poi diffondersi nella città di Atene attraverso il Pireo. I primi casi si verificarono al Pireo, ma l'epidemia si estese molto velocemente all'interno della città, già preda del sovraffollamento e della scarsità di cibo e acqua, generata dalla venuta degli abitanti provenienti dalle campagne, che si ritirarono all'interno delle mura di Atene a causa

della guerra. A fare il resto, l'ammassarsi di rifiuti e il moltiplicarsi di topi, mosche, zanzare, pidocchi, principali vettori della malattia.

Sulla tipologia di peste che imperversò su Atene in quel periodo gli storici si dividono; prendendo spunto da quanto riportato da Tucidide, sembrerebbe che si trattasse di febbre emorragica virale, come l'ebola o la febbre emorragica di Marburg, facendo riferimento in particolar modo al sintomo del singhiozzo (λυ΄γξ κενη΄), riportato dallo stesso storico e comune a queste patologie (A.I. Qureshi et al., 2015).

Altri storici sembrerebbero, invece sposare la tesi di un'infezione sostenuta da Salmonella enterica, causa di febbre tifoide (M.J. Papagrigorakis et al., 2008) come riportato da Papagrigorakis et al., 2008 che identificarono sequenze di DNA di Salmonella spp., nei siti di sepoltura esplorati.

Tale risultato si è però rilevato ad oggi controverso, per la presenza di probabili contaminazioni secondarie dei siti di sepoltura da parte di animali (B. Shapiro et al., 2006; M.G. Campana, et al. 2014; E. F. Boyd, D.L. Hartl, 2014).

4. Peste Antonina

Durante l'impero di Marco Aurelio, anche Roma, fu vittima della peste. Fu proprio da Marco Aurelio, il cui patronimico era "Antoninus", che la peste Antonina prese il suo nome (165-180 a.C.). Conosciuta anche come peste di Galeno, dal medico che per primo la descrisse, fu probabilmente una pandemia di vaiolo (H. Haeser,1882) o morbillo (J.F. Gillian, 1961) o meno presumibilmente di tifo, diffusa dai soldati dell'esercito romano al loro rientro dopo la fine dell'offensiva partica.

Ad oggi, non esistono prove paleopatologiche o paleomolecolari a sostegno di un agente eziologico, piuttosto che un altro, nonostante la maggior parte delle fonti propenda per un'epidemia di vaiolo (K. Harper K. 2015). Essa imperversò l'Impero Romano per circa 30 anni (J. Michelet, 2009), portando ai 5-30 milioni di morti (G. Lovelli, 2016).

5. La peste di Giustiniano

Durante l'impero di Bisanzio, la peste fece nuovamente la sua comparsa (541-542 d.C.) in modo feroce, con una mortalità stimata tra 25 e 50 milioni di vittime.

Fu lo stesso Imperatore Giustiniano una delle prime vittime che riuscì incredibilmente a salvarsi.

Essa raggiunse i confini dell'Italia e della Gallia e, in breve tempo, si diffuse in tutto l'Impero.

Si trattava di peste bubbonica, sostenuta verosimilmente da Yersinia pestis, il cui vettore era rappresentato dalle pulci dei ratti. Sembra che la sua origine debba ritrovarsi sulle sponde orientali delle montagne di Tian Shan, al confine fra Kazakistan e Cina; da lì si diffuse ad Occidente coinvolgendo l'allora Impero Bizantino (P.B. Damgaard et al., 2018).

6. La peste bubbonica o Morte Nera

La peste bubbonica, chiamata anche Morte nera, è una malattia infettiva di origine batterica, ad oggi ancora diffusa in molte parti del mondo, causata da un batterio denominato Yersinia pestis, che ha come ospite intermedio le pulci (Xenopsylla cheopis e Pulex irritans), parassiti per lo più di ratti, cani e gatti che, in particolari condizioni igienico sanitarie, possono infettare anche l'uomo.

Il batterio ebbe la sua origine in Cina e primariamente nella provincia cinese del Qinghai (G. Morelli et al. 2010), per poi trovare la sua diffusione in Europa nel 1346 fino al 1353, con una delle più fatali pandemie di sempre, che causò la morte di circa un terzo della popolazione europea. Essa si diffuse letteralmente per tutti i paesi del Mediterraneo, dalla Scandinavia alla Russia nel giro di pochi anni, divenendo epidemica, e tornando più volte nella sua forma endemica con manifestazioni locali, si ricordano i grandi focolai in Italia (1629-1630), Inghilterra (1665-1666) e Vienna (1678-1679).

Il patogeno non sembrerebbe avere una diretta discendenza genetica con il microrganismo che fu causa della peste Giustiniana, ma è possibile considerare che quest'ultimo pose le basi per l'attuazione dei meccanismi di adattamento e di evoluzione, che portarono alla nascita del ceppo batterico, conosciuto come Yersinia Pestis, e, ad oggi, considerato come l'antenato di tutte le pestilenze moderne presenti nel mondo odierno.

Il bacillo penetra attraverso il morso della pulce nel torrente circolatorio dove, raggiungendo facilmente i linfonodi, ne determina l'infiammazione con la formazione di edemi, volgarmente conosciuti come "bubboni", seguiti da altri sintomi come febbre elevata,

nausea, vomito, letargia, ipotensione, cianosi e dispnea (R. Barbieri et al., 2020), che conferiscono al malato un colorito molto scuro, simil violaceo, da cui il nome di morte nera ("Derschwarze Tod"), coniato da Justus Friedrich Karl Hecker nel 1832.

L'epidemia di peste nera nel mese di marzo del 1348, con ogni probabilità, fece le prime vittime a Firenze.

La sua diffusione sembra riferirsi ad un vero e proprio attacco di bioterrorismo da parte dell'esercito mongolo dell'Orda d'Oro di Ganī Bek, durante l'assedio del porto di Caffa, allora situato in Crimea e appartenente all'impero marittimo della Repubblica di Genova, che lasciò in decomposizione presso il porto della città i cadaveri degli appestati. Da qui si diffuse prima a Messina e poi a Genova, Venezia e successivamente a Firenze.

All'epoca della prima epidemia di peste bubbonica, i medici basavano le loro conoscenze mediche su basi filosofiche di stampo ippocratico, secondo cui le malattie nascevano per uno squilibrio fra i quattro umori corporali, ovvero sangue, flemma, bile gialla e bile nera (V. Nutton, 2012).

Pertanto, basandosi sulle scarse conoscenze in loro possesso basarono la diffusione della peste nera alle condizioni climatiche avverse, generatesi nella primavera del 1348, effetto di congiunzione astrali e planetarie o per effetto di maremoti/terremoti o ancora una volta quale castigo divino. Similarmente le terapie messe in atto al fine di arginare la diffusione dell'epidemia erano relative a composti basati sull'utilizzo di miscele di erbe, spezie e pietre, che andavano a contrastare, insieme a salassi e cauteri, l'insorgenza dei sintomi di malattia (O.J. Benedictow, 2004). Rudimentalmente, però, vennero anche messe in atto procedure volte alla riduzione delle occasioni di contagio, come la chiusura dei mercati, il divieto di rivendita degli indumenti degli appestati e l'interdizione allo svolgimento dei funerali, così come l'isolamento dei malati e la quarantena per coloro che arrivavano da luoghi in cui la malattia era endemica (P. Ziegler, 1969). Nella fase di maggiore violenza della Morte Nera, per dare sepoltura alle moltitudini di corpi che si ammassavano per le vie della città e all'interno dei sobborghi, al fine di ridurre le possibilità di contagio, si ricorse all'utilizzo di grandi fosse comuni, dove i cadaveri scaraventati in maniera disordinata, giacevano coperti da leggeri drappi di terra, come ci racconta il Boccaccio nel suo Decameron.

Successivamente a questa prima tragica ondata, la morte nera fece la sua comparsa nuovamente in Italia nel 1630 che si diffuse fino al 1633, interessando diverse regioni del settentrione, il Granducato di Toscana, la Repubblica di Lucca e la Svizzera, raggiungendo la massima diffusione nello stesso anno (P.E.C. Manson–Bahr, D.R. Bell, 1987).

Il Ducato di Milano, compresa la sua capitale, fu uno degli Stati più gravemente colpiti. Si considera che in Italia settentrionale tra il 1630 e il 1631, circa un terzo della popolazione perì a causa della peste.

Nota in Italia come Peste Manzoniana, per l'ampia descrizione che il Manzoni ne fece nel romanzo e saggio storico I Promessi Sposi, all'estero è rievocata come "Peste Italiana."

All'origine della diffusione della malattia, le condizioni di sovraffollamento in cui all'epoca l'Italia settentrionale flagellata dalla Guerra dei Trent'anni versava, le scarse condizioni igieniche urbane, la presenza di carestie ricorrenti e di un gran numero di truppe francesi e tedesche che saccheggiavano quelle terre ormai sfinite, sottraendo cibo alla popolazione e diffondendo il morbo della peste contratto nei territori di provenienza. E come, proprio descritto dal Manzoni, un ruolo fondamentale in questa nuova epidemia fu ricoperto dagli untori che determinarono delle ondate di Morte Nera, caratterizzate da un'incredibile virulenza e che determinò il totale riempimento dei lazzaretti.

Seppur il progresso medico dei secoli intercorsi tra la peste nera e la peste manzoniana non sia stato poi molto significativo, il morbo, quanto meno da un punto di vista terapeutico, era stato approfondito e, seppur l'attuazione di misure profilattiche non trovavano il totale consenso in ambiente medico, i benefici della quarantena erano ben riconosciuti.

La terza ondata di peste che investì l'Italia nel secolo scorso, colpì la città di Messina nel marzo del 1743. Il contagio avvenne ad opera dell'equipaggio di un piccolo veliero proveniente dalla Grecia che, solo dopo pochi giorni dall'arrivo in città, iniziò a manifestare sintomi aspecifici, quali vomito, letargia e debolezza, che non fecero subito pensare al terribile flagello che da lì a poco avrebbe distrutto un'intera città.

L'epidemia fu violentissima e si espanse con velocità fulminea. Circa un terzo della popolazione perì sotto l'influenza della Morte Nera e, a questo, si aggiunsero le morti per l'inedia. Inizialmente l'epidemia non fu riconosciuta come peste, ma come male non contagioso, questo portò ad una significativa sottostima della morbilità della malattia che,

nel mese di giugno, quando venne riconosciuta e ufficialmente comunicata la notizia alla popolazione, aveva già mietuto un gran numero di vittime (C. Giacoppo, 1975).

l lazzaretto, costruito tempo addietro quale misura di isolamento profilattico contro le malattie contagiose, era strapieno, così come la fossa comune risultò ben presto al limite della sua capienza (A. Ioli, 2009).

I carri e i beccamorti risultavano introvabili, così come gli addetti alla comune manovalanza, come nel caso dei forni deputati alla lavorazione del pane. I cadaveri erano sparsi per le vie della città, tutta pervasa di un olezzo nauseabondo.

Vennero inviati soldati a sostegno della città e al fine di limitare i contagi, bruciando tutti i cadaveri e cospargendoli di pece, zolfo, bitume ed altra sostanza per disinfettare e per rendere l'aria più respirabile. Gli stessi soldati si occuparono della macellazione delle carni e delle opere di panificazione, al fine di limitare i danni causati dell'inedia. Divieto assoluto fu posto di contatti tra residenti e forestieri. Vennero istituite severe operazioni di spurgo della città e di disinfezione delle case, nonché l'uccisione di tutti gli animali con pelo, perché ritenuti possibili fonti di contagio (A. Ioli, 2009, Messina). Dopo più di un anno, nel maggio del 1744, la città di Messina o meglio il suo cupo fantasma, era ufficialmente libera dalla peste.

7. Conclusioni

Le pesti, le grandi epidemie e le pandemie sono parte integrante del documento mnemonico dell'umanità, fonte incontrastata di narrazioni e miti, divengono oggetti indispensabili per la piena conoscenza di quegli importanti fenomeni, riguardanti non solo la sicurezza sanitaria delle popolazioni, ma anche lo sviluppo sociale, economico e culturale.

Spavento, angoscia, isolamento e turbamento sono sentimenti che regnano sovrani nell'uomo di ieri e d'oggi e che non mutano di fronte alle infestazioni epidemiche, come non muta la ricerca di soluzioni terapeutiche e profilattiche, che l'uomo cerca in relazione alle condizioni sociali, ma soprattutto cognitive del tempo. Il racconto delle pesti nella storia, come archetipo delle odierne pandemie.

8. Bibliografia

Barbieri R., Signoli M., Chevé D., Costedoat C., Tzortzis S., Aboudharam G., Raoult D., Drancourt M. *Yersinia pestis: the Natural History of Plague*. Clin. Microbiol. Rev. 9, 34(1), e00044-19, 2020.

Benedictow O.J. *The Black Death 1346-1353. The Complete History*; Woodbridge, 2004.

Boyd E.F., Hartl L.D. *Analysis of the Type 1 Pilin Gene Cluster fim in Salmonella: Its Distinct Evolutionary Histories in the 5′ and 3′ Regions*. J. Bacteriol. 181(4), 1301–1308, 1999.

Campana, M.G., Robles García, N., Rühli, F.J., Turros N. *False positives complicate ancient pathogen identifications using high-throughput shotgun sequencing*. BMC Res Notes 7, 111, 2014.

Corradi A. *Annali delle epidemie occorse in Italia dalle prime memorie fino al 1850*, Bologna, 1870.

Damgaard P.B., Marchi N., Rasmussen S., Peyrot M., Renaud G., Korneliussen T., Moreno-Mayar J.V., Pedersen M.W., Goldberg A., Usmanova E., Baimukhanov N., Loman V., Hedeager L., Pedersen A.G., Nielsen K., Afanasiev G., Akmatov K., Aldashev A., Alpaslan A., Baimbetov G., Bazaliiskii V.I., Beisenov A., Boldbaatar B., Boldgiv B., Dorzhu C., Ellingvag S., Erdenebaatar D., Dajani R., Dmitriev E., Evdokimov V., Frei K.M., Gromov A., Goryachev A., Hakonarson H., Hegay T., Khachatryan Z., Khaskhanov R., Kitov E., Kolbina A., Kubatbek T., Kukushkin A., Kukushkin I., Lau N., Margaryan A., Merkyte I., Mertz I.V., Mertz V.K., Mijiddorj E., Moiyesev V., Mukhtarova G., Nurmukhanbetov B., Orozbekova Z., Panyushkina I., Pieta K., Smrčka V., Shevnina I., Logvin A., Sjögren K.G., Štolcová T., Taravella A.M., Tashbaeva K., Tkachev A., Tulegenov T., Voyakin D., Yepiskoposyan L., Undrakhbold S., Varfolomeev V., Weber A., Wilson Sayres M.A., Kradin N., Allentoft M.E., Orlando L., Nielsen R., Sikora M., Heyer E., Kristiansen K., Willerslev E. 137 ancient human genomes from across the Eurasian steppes. Nature, 557(7705), 369-374, 2018.

Giacoppo C. *Cronistoria della peste occorsa in Messina nel 1743*. Riv. Stor. Med., 19(2), 222-230, 1975.

Gillian J.F. *The plaghe under Mercus Airelius*. Am. J. Philolog. 82 (3), 225, 1961.

Haeser H., in Lehrbuch *der Geschichte der Medicin und der* epidemischen *Krankenheiten* III, 24–33, 1882.

Harper K. *Pandemics and Passages to Late Antiquity: Rethinking the Plague of c. 249–270) Described by Cyprian*. J. Rom. Archaeol., 28, 223-260, 2015.

Ioli A., *Il Lazzaretto di Messina, un istituto di sanità scomparso*, Messina, 2009.

Lovelli G. Rerum antiquarum et byzantiarum fragmenta, Tricase, 2016.

Manson–Bahr P.E.C., Bell D.R. Manson'sTropical Diseases, Londra, p. 591, 1987.

Michelet, J. *Storia di Roma*. Santarcangelo di Romagna, 2009.

Morelli G., Song Y., Mazzoni C.J., Eppinger M., Roumagnac, P., WAGNER D.M., Feldkamp M., Kusecek B., Vogler A.J., Li Y., Cui Y, Thomson N.R., Jombart T., Leblois R., Lichtner P., Rahalison L., Petersen J.M, Balloux F., Keim P., Wirth T., Ravel J., Yang R., Carniel E., Achtman M. *Yersinia pestis genome sequencing identifies patterns of global phylogenetic diversity*. Nat. Gen., 42 (12), 1140-1143, 2010.

Norrie P. *A History of Disease in Ancient Times: More Lethal than War*. New York, Panagiotakopulu E. *Pharaonic Egypt and the origins of plague*, J. Biogeogr. 31 (2), 269-275, 2004

Nutton, V. *Ancient Medicine*. Routledge, 2012

Papagrigorakis M.J., Yapi jakis C., and Synodinos P.N. *Thiphoid Fever Epidemic in Ancient Athens, in Rault D., Drancourt M., Past Human Infections*. Berrlin –Heidleberg, 2008

Qureshi A.I., Chughtai M., Bah E.I., Barry M., Béavogui K., Loua T.O., Malik A.A. *High survival rates and associated factors among ebola virus disease patients hospitalized at donka national hospital, conakry, Guinea*. J. Vasc. Interv. Neurol. 8, S4-S11, 2015.

Shapiro B., Rambaut A., Gilbert M.T. *No proof that typhoid caused the Plague of Athens (a reply to Papagrigorakis et al.)*. Int. J. Infect. Dis., 10(4), 334-335, 2006.

Ziegler P. *The Black Death*. New York, 1969.

Paola Di Mauro

Albori della medicina ambientale. Walter Reed di Bertolt Brecht

1. Medicina ambientale. – 2. Il giallo della medicina. – 3. *Eine Privatgeschichte*. – 4. Bibliografia.

1. Medicina ambientale

Il titolo della storia filmica di Bertolt Brecht *Die Fliege* [La zanzara] (1938) fa riferimento alla scoperta scientifica di Walter Reed della zanzara *aedes aegypti* come vettore della epidemia di febbre gialla esplosa durante la costruzione del canale di Panama, ovvero durante il taglio dell'istmo di terra tra Atlantico e Pacifico che fu un'impresa a fine Ottocento inizialmente a conduzione francese, interrotta per via della pandemia, e quindi ripresa dagli USA e ultimata nel 1914.

Il testo, idealmente destinato al cinema, appartiene all'ideale categoria di elaborati che Brecht dedica al mondo della scienza (M. Castellari, 2014), investigando in questo caso, assieme alla medicina epidemiologica, rilevanti aspetti del contesto socio-economico, zoologico ed epistemico del tempo. Per comporre la storia filmica dedicata alla scoperta di Reed, Brecht si serve di fonti storico-documentarie: principalmente di *Microbe Hunters* (1926) del microbiologo Paul de Kruif, utilizzata anche dallo sceneggiatore Sidney Howard per il documentario *Yellow Jack* (1934), che sempre nel 1938 divenne un successo di Hollywood[1]. Ma *Die Fliege* stessa ha valore a sua volta come fonte documentale dell'evento epidemico narrato e testimonia come la rappresentazione letteraria possa arricchire la conoscenza di un

[1] Per ulteriori particolari sulle fonti di Brecht cfr. *Kommentar an die Fliege*, in B. Brecht, 1997, S. 700-704. Il tema epidemiologico fu portato sul grande schermo con il docu-film *Dr Wise on Influenza* (1919) e distribuito dal Local Government Board durante l'influenza spagnola in Gran Bretagna, al fine di divulgare pratiche di contenimento per proteggersi dalla diffusione del virus, tra cui quelle che sarebbero entrate a far parte del *know-how* epidemiologico novecentesco: evitare posti affollati, lavarsi spesso le mani, indossare una mascherina (L. Spinney, *Pale Rider: The Spanish Flu of 1918 and How It Changed the World*, New York, 2017 e P. Di Mauro, *Sichtbare Gespenster Kino-Darstellungen von Toten in der Nachkriegszeit des Ersten Weltkriegs*, in A. Bombitz (hrsg. v.), *Andere Wirklichkeiten. Pararealitäten in der österreichischen Literatur*, Wien, 2023).

tale evento, valendo nell'accezione di «antropologia estensiva» (H. Pfotenhauer, 1987 e J. Clifford, G. E. Marcus, 1986).

Per la affine tematica medico-scientifica, *Die Fliege* venne inquadrata inizialmente nello stesso periodo di un'altra storia filmica di Brecht, *Die seltsame Krankheit des Herrn Henri Dunant* [*La strana malattia del Signor Henri Dunant*] (1942), dedicata al filantropo e fondatore della Croce Rossa, Premio Nobel nel 1901, Henri Dunant. A differenza di questa prima collocazione temporale, nell'ultima edizione critica delle opere brechtiane, *Die Fliege* viene ricollegata ai cosiddetti anni "danesi" del drammaturgo tedesco; e in particolare intorno al 1938, quando Brecht progettava di trasferirsi negli USA, ipotizzando di scrivere sceneggiature cinematografiche come possibile fonte di sussistenza.

In realtà, il tema della malattia, e in particolare il tema epidemico, è ricorrente in Brecht già da metà degli anni Venti, quando si dedica al progetto drammaturgico *Die Geschichte vom gelben Jack* [La storia della febbre gialla], dello stesso periodo sono gli abbozzi drammaturgici *Der Kaufmann* [Il mercante] (1919) e poi *Der Pestkaufmann* [Il mercante di peste] (M. Castellari, 2014). Si tratta d'altra parte di un tema insito nei percorsi biografici dello scrittore, che dal 1918 affiancava agli studi di medicina la frequenza delle lezioni di discipline umanistiche presso l'Università Ludwig Maximilian di Monaco. Anche da questa commistione discende la tipica impronta della scrittura brechtiana che connette sfera estetica e medico-scientifica, e investe la presentazione del rivoluzionario "teatro epico" nel 1935 al pubblico di New York come «teatro dell'età *scientifica*» (A. Kugli, M. Opitz, 2006, 99).

L'incipit della storia filmica *Die Fliege* si colloca nel mezzo dell'impresa francese tentata per la costruzione del Canale, definito uno dei «colli di bottiglia del commercio mondiale» (R. Kagkou, N. Katsikis, 2019, 752), che avrebbe cambiato volto agli scambi commerciali globali, prima del quale il viaggio di andata e ritorno richiedeva «anche per le navi moderne, almeno 20 giorni» (B. Brecht, 1997, 404).

Mentre nel testo Brecht non menziona Ferdinand de Lesseps, già costruttore del Canale di Suez coinvolto di fatto nell'impresa francese, troviamo Gustave Eiffel a concludere l'impresa che si dimostrò «un fiasco completo» a causa dell'incapacità di controllare e limitare l'insorgenza di malattie tropicali, soprattutto la febbre gialla, che causò di più di 20.000 morti

tra tecnici e operai ed enormi perdite finanziarie: «un intero strato della popolazione, la piccola borghesia francese, perse i propri risparmi» (B. Brecht, 1997, 404).

Qui, come usualmente nella produzione brechtiana, l'attenzione narrativa è rivolta alle superfici dure dell'esistenza: in particolare Brecht prende in considerazione le implicazioni produttive della costruzione del Canale e la sua interruzione a causa dell'epidemia, esplicitando l'equazione tra salute ed efficienza lavorativa, ed evidenziando come la necessità di risolvere l'emergenza epidemica servisse innanzitutto per il riavvio del ritmo produttivo.

Ne consegue una percezione della medicina e delle scoperte medico-scientifiche ad essa legate non quali meri atti teorici o di pensiero, ma sempre determinate da attività materiali e, nello specifico, da attività economiche. "Dettagli" come la paga dei medici coinvolti nell'impresa concorrono a determinare i tratti peculiari della scoperta scientifica di Reed e le difficoltà contestuali incontrate per realizzarla: quando infatti «il 25 giugno 1900» una piccola commissione di batteriologi statunitensi raggiunse L'Avana, si apprende dal testo che: «lo stipendio di un medico assistente è molto modesto» (B. Brecht, 1997, 407).

Come si evince dalla scelta del titolo del testo filmico, *die Fliege*, la zanzara, il caso epidemico viene enunciato all'interno di una prospettiva zoonotica, che illustra il paradosso di un evento grande, come la diffusione di un'epidemia, causato dall'infinitesimo piccolo del virus trasmesso da un insetto. Per risolvere il caso Reed: «studia le abitudini della zanzara. Prende di nuovo i microscopi dalle scatole ed esamina dove la zanzara depone le uova. E scopre che li depone in acqua dolce» (B. Brecht, 1997, 406). L'importante scoperta scientifica sarà ereditata dalla cultura scientifica contemporanea, come verificabile in tutti i manuali di storia delle epidemie: «La zanzara preferisce deporre le uova in acqua dolce, sceglie contenitori senza coperchio, all'ombra, ma le sue larve sono state trovate ovunque» (M. Honigsbaum, 2020, 359-360).

Fa così capolino un tema che sarà centrale nella contemporaneità, ovvero l'aumento di malattie zoonotiche conseguente alla crescente pressione antropica sul pianeta, in particolare conseguente a deforestazioni e all'invasione dell'essere umano all'interno di aree tropicali incontaminate, che favoriscono lo *Spillover* (D. Quammen, 2012), il salto di specie causato dall'assottigliamento dello spazio di separazione tra mondo virale e mondo umano, e così il passaggio di agenti infettivi dall'uno all'altro.

Nel descrivere questo importante caso della medicina novecentesca, Brecht lascia così emergere la prospettiva etologica di Reed che introduce l'innovativo paradigma interpretativo *ambientale*, necessario a identificare le caratteristiche epidemiche della febbre gialla legata alla zanzara; laddove prima la malattia mortale era *interpretata* come conseguenza del contagio interpersonale, che aveva generato all'Avana misure di contenimento di questo tipo: «le case dei defunti erano bruciate», «gli amici più vecchi non si stringevano più la mano», «le ragazze masticavano bulbi d'aglio e i loro amanti soffiavano il fumo di enormi sigari in faccia» (B. Brecht, 1997, 405).

Basate sulla supposizione che il contagio potesse avvenire tramite oggetti contaminati, tali misure di contenimento non potevano che essere fallimentari nel debellare la malattia:

> Quando i tre medici arrivarono all'Avana, furono accolti sul molo da un uomo che aveva appena fallito nella medesima impresa che li aveva portati qui, l'igienista americano dottor Gorgas. Era stato impegnato in una campagna contro la febbre gialla, combattendo la *sporcizia*. Aveva lavato le case con il Lysol e prosciugato gli stagni. Ma non aveva scacciato la febbre gialla (B. Brecht, 1997, 405).

Il lisoleum, il disinfettante utilizzato prima dell'arrivo di Reed all'Avana per disinfettare gli ambienti contaminati, è tuttavia l'unica sostanza chimica menzionata nella storia filmica di Brecht. È significativo che nella procedura medica intrapresa da Reed non vengano menzionati farmaci di alcun tipo, là dove la soluzione del caso epidemiologico avviene esclusivamente attraverso una diversa lettura dell'ambiente e una diversa interazione con esso.

Di fronte alla attuale direzione medicalizzante intrapresa dalla medicina, talvolta ridotta a essere un'intermediaria passiva tra paziente e industria farmaceutica, il ritratto brechtiano dell'ermeneusi ambientale di Reed si distingue come attività semiotica basata su una interpretazione del contesto innovativa e indispensabile per la corretta soluzione del caso medico.

2. Il giallo della medicina

Nel ritratto brechtiano di Reed, gli ostacoli che si trovò a gestire il batteriologo statunitense sono assimilabili a quelli di uno scienziato-detective nella soluzione di un caso

investigativo. Il *modo* di affrontarli determina la risoluzione del giallo sulla febbre gialla che Brecht, in qualità di narratore onnisciente, svela già all'inizio della avvincente storia: il governo statunitense completò la costruzione del canale grazie alla scoperta medico-scientifica di Reed (B. Brecht, 1997, 404).

Come si arrivi a questa scoperta è ciò che porta in scena Brecht, affascinato dalla storia del pensiero e del progresso scientifico, come si evince dai poderosi volumi monografici della sua vasta biblioteca, alla base della produzione drammaturgica dedicata a figure di noti scienziati, tra i quali spicca Galileo Galilei (M. Castellari, 2014).

Può essere di una certa utilità accostare *Die Fliege*, dedicata alla figura di Walter Reed, al contemporaneo dramma *Vita di Galileo* (1938-39), opera drammaturgica della quale esistono successive revisioni e versioni e che Brecht dedica alla storia del fisico pisano.

In *Galileo* Brecht tematizzata la correlazione tra *teoresi* e *prassi* delle scoperte scientifiche: rispetto all'approccio deduttivo aristotelico, il metodo induttivo galileiano innesca la direzione metodologica inversa, dal particolare al generale. Ai filosofi aristotelici, che chiedono si argomenti per linee teorico-generali, il Galileo brechtiano, affidandosi al *potere seduttivo della prova*, chiede semplicemente di "guardare" attraverso il suo telescopio. Affidamento vano, come sappiamo dal noto epilogo della vicenda che costrinse Galilei nel 1633 all'abiura e a negare gli insegnamenti di Copernico davanti all'Inquisizione.

Il tema della dimensione teoretica di ogni prova sperimentale acquista centralità nelle successive versioni di *Galileo*: nell'epilogo della prima versione del dramma (1938-39) l'abiura significa sì il sacrificio della sua coerenza teorica; tuttavia grazie a ciò lo scienziato pisano prosegue pressoché indisturbato le proprie ricerche, anche a beneficio della loro successiva diffusione, come per il trattato *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze* (1638), nel dramma affidato ad Andrea Sarti.

Le cose cambiano dalla prospettiva dell'esilio californiano di Brecht. L'autore infatti riscrive il testo assieme all'attore Charles Laughton in seguito all'attacco atomico statunitense, nell'agosto 1945, sulle città di Hiroshima e Nagasaki, generando la più grande catastrofe autoprodotta dall'umanità (U. Beck, 1986). Dopo il catastrofico evento, nella nuova versione del dramma, allestita per le recite del luglio 1947 al Coronet Theatre di Los Angeles, l'abiura galileiana appare ora invece come una sorta di "peccato originale" della

scienza. Come Galileo fu incapace di proteggere la dignità delle proprie scoperte, così i fisici contemporanei a Brecht, nell'individuare la scissione dell'atomo, contribuirono alla sciagura nucleare, incapaci di avere il controllo etico e teoretico della propria scoperta.

In *Galileo* lo scienziato epicureo, amante dei piaceri della vita, scende a patti con il potere, addomestica la propria sete di verità e si *adatta*, come descritto dalla loquace metafora dell'elefante che leggiamo nelle note drammaturgiche di Brecht: «Non c'è reazionario più implacabile dell'innovatore fallito, non c'è nemico degli elefanti selvatici più crudele dell'elefante addomesticato» (B. Brecht, 1963, 124).

Alla luce di questa digressione sulla storia della drammaturgia "galileiana", si comprende come la figura sostanzialmente positiva dello scienziato Walter Reed sia stata concepita da Brecht negli stessi anni del "primo" Galileo, quando, in altre parole, il drammaturgo tedesco poteva ancora coltivare una visione in un certo senso ottimistica del progresso scientifico all'interno della società.

La storia di Reed è a lieto fine, la sua scoperta è risolutiva. Reed è un innovatore che impone un nuovo paradigma; figura meno ciclopica Galileo, eppure in un certo senso più interattivo con l'ambiente che lo circonda. A differenza del fisico pisano, che nella descrizione brechtiana si contraddistingue per uno spiccato individualismo, il percorso della scoperta scientifica raccontata in *Die Fliege* è l'esito di un lavoro collettivo che coinvolge Reed e i medici James Carroll e Jesse William Lazear: «I loro 'mezzi' erano limitati, i loro 'strumenti' erano pochi. Se le prospettive di successo scientifico erano moderate, il "pericolo" per i membri della spedizione era considerevole» (B. Brecht, 1997, 405).

Viene contraddetta qui la narrazione romanzata secondo la quale la scienza progredirebbe per lampi di genio. Viceversa il percorso che porta alla innovazione reediana è un *processo*, risultato di un dialogo tra individualità diverse, anche se orientate al medesimo obiettivo: «Reed riceve una lettera dall'Avana che lo informa che James Carroll, il secondo medico più anziano della commissione, ha già iniziato gli esperimenti, prima su se stesso» (B. Brecht, 1997, 406).

In un certo senso, il procedimento adottato implica una variazione del metodo sperimentale: per scovare il «misterioso agente della peste» il medico statunitense esamina *teorie* considerate sensate e ragionevoli, assiomi e postulati di natura teorica integrati nel

sistema assiologico del tempo. Nondimeno il progresso della scoperta arriva dalla considerazione dell'inaspettato:

> Ce n'è un'altra, la più *insensata* di tutte, la teoria di un vecchio medico di campagna, un certo dottor Finlay, secondo cui la febbre gialla sarebbe stata diffusa da una zanzara. Poiché le teorie *sensate* non hanno portato a nulla, decidono, guardando scetticamente le decine di zanzare che ricoprono le pareti del loro bungalow, di prendere sul serio una *teoria irragionevole* (B. Brecht, 1997, 406).

Dal momento che le procedure sperimentali di routine non risolvono il caso, il batteriologo statunitense decide di dare credito alla teoria del medico cubano Finlay, che aveva ipotizzato la zanzara come vettore della malattia, allora considerata dai più una «teoria ridicola» (B. Brecht, 1997, 407 e 406). Il progresso si attua attraverso il *dubbio*: «Reed è un uomo di scienza. Ovvero, "dubita". È pronto a dubitare di tutto ciò che non ha visto di persona» (B. Brecht, 1997, 406).

In questa costellazione semantica che lega dubbio, irrazionale, intuito e immaginazione ai ragionamenti scientifici di Reed, si sente una vaga eco del dibattito anti-induttivo avviato negli stessi anni della scrittura di *Die Fliege* a partire dalla teoria della falsificabilità (K. Popper, 1934). La forza anticonvenzionale dell'epistemologia reediana può assumere così l'aspetto di una risata demistificante utile a decostruire le certezze epidemiologiche allora in voga: «gli americani *risero* e tirarono fuori i loro microscopi dalle scatole» (B. Brecht, 1997, 405).

Il gruppo dei medici statunitensi allestisce così due gruppi sperimentali in due ambienti di controllo, rispettivamente: un bungalow sporco, idealmente "contaminato" da persone che avevano contratto la febbre gialla, dove tuttavia, si trovavano delle "reticelle" alle finestre che impedivano l'ingresso di zanzare nell'ambiente. Qui prendono parte all'esperimento cinque individui descritti in un primo momento senza tratti peculiari personali, quasi come cavie sperimentali incarnanti tipi universali: «il *soldato* con una gamba sola e la *donna* senza biglietto navale e il *gentiluomo* che un tempo era stato medico e il *locandiere* che doveva vendere il suo bar e l'*uomo* che voleva comprarlo» (B. Brecht, 1997, 410).

Dalla parte opposta del cortile, i medici posizionano il bungalow privo di zanzariere alle finestre, il quale: «brillava di pulizia ed era meravigliosamente disinfettato» (B. Brecht, 1997, 410).

In questo bungalow, due soggetti solamente prendono parte all'esperimento, l'impiegato Moran e il soldato Kissinger; che non pretendono alcun compenso perché «volevano sacrificarsi. Hanno posto solo la condizione che fosse fatto senza pagare. Volevano farlo per amore della scienza» (B. Brecht, 1997, 408).

Come da consuetudine nel teatro *epico* brechtiano, al fine di evitare l'immedesimazione del pubblico nella storia e riattivare lo spirito critico, la narrazione viene interrotta da una ballata, *Kiplings Cholera Camp Ballad*, cantata da Kissinger. Sarà l'interruzione del canto ad annunciare la morte del soldato causata dalla febbre gialla: «una bella mattina questa canzone si interruppe, perché il soldato Kissinger era a letto con la febbre a 40 gradi e dolori insopportabili» (B. Brecht, 1997, 411).

Viceversa, il giorno in cui Reed e Carroll aprirono le porte del bungalow sporco, uscirono sane e salve le cinque persone coinvolte nell'esperimento: «due volte due era diventato quattro» era la prova tanto attesa che i soggetti nell'ambiente *contaminato* non avessero contratto la malattia era la dimostrazione evidente che la «zanzara [...] aveva decimato la popolazione di tante aree del Sud America» (B. Brecht, 1997, 413).

Per porre fine al contagio bisognava dunque eliminare l'insetto nocivo. Così: «entro 90 giorni dalla lotta contro la zanzara, non ci furono più attacchi di febbre all'Avana» (B. Brecht, 1997, 414).

Tra gli ostacoli più ostici da gestire prima di arrivare all'ambìto risultato, in *Die Fliege* sono riportate le azioni intrusive da parte della popolazione locale dell'Avana, che organizza veri e propri atti di sabotaggio al laboratorio di ricerca di Reed:

> Le finestre del laboratorio venivano spesso rotte di notte, e una volta cercarono di far uscire i prigionieri con la forza [...] in città era chiaro che lui [Reed] era il diavolo in persona, un macellaio a sangue freddo. Le scritte in gesso sui muri della baracca lo dicevano, e il dottor Carroll non poteva lavarle via tutte prima che il dottor Reed le vedesse (B. Brecht, 1997, 413).

Sembra che siano i tratti caratteriali di impassibilità di Reed, come «sperimentatore freddo, quasi senza cuore», mosso esclusivamente da una «logica scientifica inconfutabile» (B. Brecht, 1997, 415) a causare la diffidenza della popolazione, e in definitiva il fallimento della sua missione *divulgativa* medico-scientifica a fronte di una superstiziosa popolazione locale.

Si tratta di un tema assai significativo per la contemporaneità: le conseguenze della mancata divulgazione del sapere scientifico racconta infatti – oggi come allora – la crisi di legittimità della scienza nella difficoltà di gestione della comunicazione e della diffusione delle informazioni, in particolare in merito alla loro mancata gerarchizzazione qualitativa, fenomeno descritto oggi come «infodemia» (F. Ceravolo, M. Rostan, 2019, 5-8)[2].

3. *Eine Privatgeschichte*

La seconda parte di *Die Fliege*, *una storia privata*, è stata immaginata da Brecht come un'aggiunta: «se necessario, il film può ancora contenere una trama privata» (B. Brecht, 1997, 414). Si tratta di un romantico lieto fine immaginato tra Walter Reed e l'infermiera Mary Farland, che di primo acchito può apparire come un adattamento della sceneggiatura al canone sentimentale hollywoodiano: «al suo arrivo a New York, dove viene accolto come il conquistatore della febbre gialla, un'infermiera cammina dietro di lui» (B. Brecht, 1997, 416).

A dispetto di tale postura subordinata, Mary Farland non è tuttavia un personaggio secondario, là dove la donna incarna innanzitutto l'etica del lavoro infermieristico inteso come *Beruf*, vocazione professionale, segnalata anche dall'etimologia tedesca della parola *Kranken-Pflegerin*: l'infermiera è innanzitutto colei che si *occupa* dei malati, e non una mera esecutrice di istruzioni mediche che vengono dall'alto, come in qualche modo la professione rischia di essere connotata in maniera esclusiva nella contemporaneità (G. Pizza, 2005, 70-74).

[2] Si tratta di un tema che investe tradizionalmente i paesi di lingua tedesca, dove il prolificare di medicine alternative è alimentato dal mito della "natura" e del "corpo incontaminato". A tal riguardo, una presenza costante della cultura pseudoscientifica di lingua tedesca è lo scetticismo vaccinale presente in senso diacronico: dai contrasti alla legge imperiale tedesca sulle vaccinazioni del 1874, fino alla propaganda dei partiti di estrema destra attuali, come AfD in Germania o FPÖ in Austria (M. Thießen, *Immunisierte Gesellschaft. Impfen in Deutschland im 19. und 20. Jahrhundert*, Göttingen, 2017; M. Baumann, H. Bethke, D. Gerny, *Naturheiler-Boom, „Querdenker" und Flickenteppich-Politik: weshalb die Impfskepsis im deutschen Sprachraum so hoch ist*, in «Neue Zürcher Zeitung», 30/11 (2021) https://www.nzz.ch/international/corona-warum-die-impfskepsis-im-deutschen-sprachraum-gross-ist-ld.1656700?reduced=true –).

In definitiva Farland contribuisce a definire i confini etici degli esperimenti di Reed, svolgendo il ruolo di mediatrice tra ricerca scientifica e diritti umani, incarnando così la chiave di lettura bioetica della storia frutto di un compromesso tra le due succitate dimensioni[3].

La donna mostra tratti di impassibilità analoghi e speculari a quelli dello scienziato «per il quale una vita umana significava poco, se un esperimento faceva capolino» (B. Brecht, 1997, 414), dal momento che le convinzioni etiche di lei, sostanzialmente contrarie alla sperimentazione sugli esseri umani, non vacillano per via delle ragioni sentimentali che la legano a Reed. Farland si schiera infatti, sin dal primo momento, dalla parte dei «volontari» con i quali vengono condotti, a suo vedere, «esperimenti molto pericolosi» (B. Brecht, 1997, 407).

Di più: la donna cerca di dissuadere attivamente le «cinque persone disposte a rischiare la vita per, diciamo, 200 dollari ciascuna. Persone che si trovavano in una posizione tale che la morte aveva perso un po' del suo terrore» (B. Brecht, 1997, 409). L'adesione dei cinque soggetti al progetto sperimentale appare determinata da ragioni di *necessità*, che nella storia emergono in una fattualità del tutto slegata da ogni tipo enfasi in relazione alle sorti del progresso medico-scientifico: «C'era poco da dubitare che, con la grande miseria che regnava nella città dell'Avana, si potessero *prendere a noleggio* tali soggetti» (B. Brecht, 1997, 408).

Tra le cinque persone coinvolte nell'esperimento, inserite poi nel gruppo di controllo del bungalow sporco, Brecht costruisce narrativamente la vicenda di una donna, che Farland conduce nelle infermerie «a mostrarle le terribili condizioni delle persone colpite dalla febbre gialla, per dissuaderla dal mettersi a disposizione del dottor Reed» (B. Brecht, 1997, 415).

Con un focus narrativo su questo singolo personaggio, vengono mostrate alcune foto del passato di questa donna: «l'immagine del padre che sembra severo, della madre che sembra molto tenera, dell'amante che una volta sembrava buono e poi è cambiato così tanto» (B. Brecht, 1997, 415). È probabile che nella realizzazione filmica che aveva Brecht in mente, queste immagini fotografiche sarebbero servite a evidenziare la parte umana e relazionale,

[3] Si tratta della validità etico-scientifica degli esperimenti legata al rapporto rischio-beneficio, che è un percorso storico attuato attraverso normative internazionali dal secondo dopoguerra in poi: cfr. il Codice dei medici di Norimberga (1947), la Dichiarazione di Helsinki (1964), la Convenzione di Oviedo sui diritti umani e la biomedicina (1997) (K. Braun, *Menschenwürde und Biomedizin. Zum philosophischen Diskurs der Bioethik*, Frankfurt a. M./New York, 2000).

impedendo l'identificazione della donna come numero sperimentale impersonale, con il quale – come prima accennato – il gruppo dei cinque soggetti era stato introdotto narrativamente.

Le foto vengono messe via da Reed, convinto «che non accadrà nulla alla donna» (B. Brecht, 1997, 415).

Né d'altra parte l'assunzione di eventuali rischi della pratica sperimentale lascia estraneo il medico. La famigerata imperturbabilità di Reed viene smentita alla fine attraverso l'immagine, anch'essa di potenziale alta resa filmica, di un revolver tenuto nel cassetto della scrivania, che fa luce sul *reale* posizionamento etico-emico del medico statunitense, o almeno come secondo Brecht in questa parte della drammaturgia: Reed infatti «aveva intenzione di uccidersi se l'esperimento fosse andato male» (B. Brecht, 1997, 416).

La fragilità umana del medico è altresì esplicitata dal lieto fine con l'infermiera che se ne prende cura dopo un infarto che lo colpisce: «è così che Mary lo trova: chi ha fatto star bene gli altri ha fatto star male se stesso. Ha bisogno di un'infermiera» (B. Brecht, 1997, 416). Tale conclusione degna dei più melensi epiloghi hollywoodiani non è tuttavia da intendere come mero *happy ending*.

Mary Farland rappresenta le esigenze della cura che non è sorda alle esigenze dell'interlocutore; è la medesima prospettiva di un'antropologia medica, non sempre adeguatamente diffusa nella pratica sanitaria contemporanea, che ricorda la necessità di uno sguardo umanistico all'interno dell'evento epidemiologico, da intendere come ibrido interdisciplinare (B. Latour, 1999) che connetta la medicina a varie altre dimensioni dei saperi, come la zoologia, la decifrazione degli ecosistemi e degli immaginari e la loro diffusione.

È in definitiva la medesima postura interdisciplinare di Brecht, la cui biografia è stata sin dagli esordi caratterizzata da un tentativo di dialogo tra medicina e letteratura, legate da ragioni consustanziali alla sopravvivenza della cura. Come messo evidenziato da Elaine Scarry: la comunicazione in ambito medico con i pazienti riesce perlopiù per approssimazione, tramite una espressione retorico-letteraria che si nutre di paragoni, metafore, similitudini (E. Scarry, 1985) indispensabili a dare forma a un dolore che può essere solo "immaginato", dal momento che per comprenderne l'intensità bisognerebbe *diventare* l'altro (M. Allué, 1999, 119).

È anche per questi motivi che varrebbe la pena la realizzazione cinematografica di *Die Fliege*, come nei progetti iniziali di Brecht e come potrebbe essere significativo anche in vista di una elaborazione collettiva del recente vissuto pandemico. In aggiunta, una tale impresa varrebbe come testimonianza storica, per fare conoscere al grande pubblico l'evento epidemiologico della febbre gialla e le strategie per affrontarlo messe in campo a suo tempo. Ma sarebbe altresì significativa per sottolineare l'urgenza di una visione *ambientale* della medicina, necessaria oggi più che mai al fine di una riflessione ecosistemica utile a comprendere e affrontare le complesse sfide che si pongono all'umanità contemporanea.

4. Bibliografia

Allué M., *La douleur en direct*, in «Anthropologie et Sociétés», 23(2), 1999, pp. 117-136.

Baumann M., Bethke H., Gerny D., *Naturheiler-Boom, „Querdenker"und Flickenteppich-Politik: weshalb die Impfskepsis im deutschen Sprachraum so hoch ist*, in «Neue Zürcher Zeitung», 30/11 (2021) https://www.nzz.ch/international/corona-warum-die-impfskepsis-im-deutschen-sprachraum-gross-ist-ld.1656700?reduced=true – [ultimo accesso il 21 aprile 2023].

Beck U., *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Frankfurt a.M., 1986.

Brainard J.S., Jones N., *Facemasks and similar barriers to prevent respiratory illness such as COVID-19: a rapid systematic review*, in «medRxiv» 2020, https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.01.20049528v1 [ultimo accesso il 27 aprile 2023].

Braun K., *Menschenwürde und Biomedizin. Zum philosophischen Diskurs der Bioethik*, Frankfurt a. M./New York, 2000.

Brecht B., *Vita di Galileo"*, in *I capolavori di Brecht*, Torino, 1963, pp. 3-132.

Brecht B., *Scritti sulla letteratura e sull'arte*, Torino, 1973.

Brecht B., *Die Fliege*, in *Werke. Prosa 4. Geschichte, Filmgeschichte, Drehbücher 1913-1939*, Bd. 19, große kommentierte Berliner und Frankfurter Ausgabe, hrsg. v. W. Hecht, J. Knopf, W. Mittenzwei, K. D. Müller, Frankfurt a.M./Berlin-Weimar, 1997, S. 403-416.

Buzzi E., *Etica della cura medica*, Brescia, 2013.

Canguilhelm G., *Le Normal et le Pathologique*, Paris, 1999.

Castellari M., *Theaterarbeit als Experiment: Bertolt Brecht*, in R. Calzoni, M. Salgaro (hrsg. v.), *„Ein in der Phantasie durchgeführtes Experiment". Literatur und Wissenschaft nach Neunzehnhundert*, Göttingen, 2009, S. 145-157.

Castellari M. (a cura di), *«Sia lodato il dubbio!». Figure di scienziati in Bertolt Brecht*, in Id., *Formula e metafora, Figure di scienziati nelle letterature e culture contemporanee*, Milano, 2014.

Ceravolo F., Rostan M., *Raccontare la scienza: opportunità e rischi nella società dell'informazione*, in «Cambio. Rivista sulle trasformazioni sociali» 9/18 (2019), pp. 5-8.

Clifford J., Marcus G. E. (a cura di), *Writing Culture. The Poetics and Politics of Ethnography*, Berkley, 1986.

Dei F., *James G. Frazer e la cultura del Novecento. Antropologia, psicoanalisi, letteratura*, Roma, 2021.

Di Mauro P., *Sichtbare Gespenster Kino-Darstellungen von Toten in der Nachkriegszeit des Ersten Weltkriegs*, in A. Bombitz (hrsg. v.), *Andere Wirklichkeiten. Pararealitäten in der österreichischen Literatur*, Wien, 2023, S. 107-120.

Drux R., *„Reine" Forschung vs. angewandte Wissenschaft. Bertolt Brechts unlösbares Problem im „Leben des Galilei"*, in «Jahrbuch für internationale Germanistik» 83 (2008), S. 393-398.

Gersch W., *Film bei Brecht. Bertolt Brechts praktische und theoretische Auseinandersetzung mit dem Film*, Berlin, 1975.

Foucault M., *Surveiller et punir. Naissance de la prison*, Paris, 1975.

Honigsbaum M., *The Pandemic Century: A History of Global Contagion from the Spanish Flu to Covid-19*, Cambridge MA, 2020.

Kagkou R., Katsikis N., *Panama, Gibilterra, Suez, Malacca*, in «Domus» 1037 (2019), pp. 752-765.

Knopf J., *Bertolt Brecht und die Naturwissenschaften. Reflexionen über den Zusammenhang von Natur- und Geisteswissenschaften*, «Brecht-Jahrbuch» 8 (1978), S. 13-38.

Kugli A., Opitz M., *Brecht Lexikon*, Stuttgart-Weimar, 2006.

Kuhn T., *The Structure of Scientific Revolutions* (1962), Chicago, 1970.

Latour B., *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*, Paris, 1991.

Pizza G., *Antropologia medica. Saperi, pratiche e politiche del* corpo, Roma, 2005.

Pfotenhauer H., *Literarische Anthropologie. Selbstbiographien und ihre Geschichte am Leitfaden des Leibes*, Stuttgart, 1987.

Popper K., *Logik der Forschung*, Hamburg, 1934.

Quammen D., *Spillover: Animal Infections and the Next Human Pandemic*, New York, 2012.

Spinney L., *Pale Rider: The Spanish Flu of 1918 and How It Changed the World*, New York, 2017.

Scarry E., *The Body in Pain: The Making and Unmaking of the World*, Oxford, 1985.

Thießen M., *Immunisierte Gesellschaft. Impfen in Deutschland im 19. und 20. Jahrhundert*, Göttingen, 2017.

Fabrizio Guarneri

MASQUERADE. MIMETISMO MOLECOLARE: STORIE DI MICROBI, SOSIA E INGANNI DEL SISTEMA IMMUNE

1. Introduzione. – 2. Sosia e mimetismo in natura. – 3. Il mimetismo molecolare *(molecular mimicry*). – 4. *Molecular mimicry* e sistema immunitario. – 5. Bioinformatica e *molecular mimicry*. – 6. Considerazioni e conclusioni. – 7. Bibliografia.

1. Introduzione

Il termine "sosia" nasce nel 206 a.C., anno della pubblicazione e rappresentazione della commedia "Amphitruo" ("Anfitrione") di Tito Maccio Plauto. L'opera è un tipico esempio di quella che sarebbe stata denominata, molto tempo più tardi, la "commedia degli equivoci": Giove, invaghitosi della bella Alcmena, va a trovarla sotto le sembianze del marito Anfitrione, e lascia di guardia alla porta Mercurio, che a sua volta assume l'aspetto di Sosia, servitore di Anfitrione. Il ritorno dei due uomini e l'incontro con i falsi se stessi genera situazioni di ovvia e irresistibile comicità, come dimostra il successo avuto dall'opera sia in tempi remoti che nelle più recenti rappresentazioni dei classici del teatro dell'antichità.

La figura del sosia, del gemello, dell'alter ego, dell'entità uguale nelle sembianze ma diversa –se non addirittura opposta– nello spirito, ha tuttavia, già molto tempo prima di Plauto e, attraverso tutta la storia, fino ai giorni nostri, attirato l'immaginario collettivo e stimolato le menti di scrittori, pensatori, filosofi, scienziati. Le diverse epoche e culture hanno sempre avvertito l'identità d'aspetto di due individui come "anomalia", attribuendovi di volta in volta significato di dono delle divinità o di opera del maligno, di auspicio favorevole o di evento nefasto, di prodigio o di aberrazione dell'ordine della natura.

2. Sosia e mimetismo in natura

La stretta somiglianza di alcuni caratteri di organismi diversi è stata oggetto di attenzione da parte degli studiosi di tutti i tempi, e ritenuta, già nelle opere più antiche di botanica e

zoologia, segno di "vicinanza biologica" fra determinate specie. L'ideazione della nomenclatura binomiale (in cui ogni organismo è identificato con un nome costituito da genere e specie, ad esempio *Homo sapiens*) da parte di Gaspard Bauhin, nel 1596, ed il relativo e poderoso sforzo classificativo attuato, a partire dal 1753, da Carl Nilsson Linnaeus (meglio noto come Linneo), misero ordine nella tassonomia del regno vegetale ed animale, fino ad allora arbitraria e confusa. Se da un lato ciò confermò l'esattezza dell'intuizione avuta già dai più antichi osservatori della natura, dall'altro pose il problema dell'esistenza di caratteri identici o molto simili in specie filogeneticamente distanti, in aperta ed apparentemente illogica contraddizione con la teoria.

Nel 1862, il naturalista inglese Henry Walter Bates pubblicò i risultati dei suoi studi sulla fauna amazzonica, e in particolare su alcune specie di farfalle che, pur appartenendo a distinte famiglie, *Pieridae* e *Nymphalidae*, presentavano inaspettate somiglianze nell'aspetto delle ali (H. W. Bates, 1862). Le *Nymphalidae* non sono commestibili per alcuni predatori, che imparano attraverso l'esperienza a riconoscerne il pattern (modello) di colorazione ed evitarle; le *Pieridae*, che in sé sarebbero commestibili per gli stessi predatori, riescono a incrementare notevolmente le loro possibilità di sopravvivenza grazie alla somiglianza con le *Nymphalidae*, sviluppata nel tempo attraverso processi di selezione naturale. Fu proprio Bates ad usare per primo il termine "mimicry", ossia "mimetismo", per definire tale fenomeno. In onore del suo scopritore, qualsiasi forma di mimetismo in cui una specie assume, a fini difensivi, aspetti caratteristici di un'altra specie, nociva per il predatore, è denominata "mimetismo batesiano".

Lo sviluppo di caratteristiche morfologiche e/o comportamentali simili (sistemi di difesa, termoregolazione, ecc.) da parte di organismi diversi, qualora esposti a specifiche condizioni ambientali, era già stato illustrato precedentemente. La teoria del mimetismo, tuttavia, introdusse una profonda rivoluzione concettuale: mentre fino ad allora si era ritenuto che l'interazione organismo-ambiente fosse solo di tipo fisico e/o biochimico, Bates dimostrò l'esistenza di rapporti fra specie diverse (prede-predatori) basati su un flusso di informazioni trasmesse attraverso un codice visivo, nonché la possibilità di un sistema di adattamento all'ambiente fondato sulla trasmissione di informazioni non veritiere attraverso l'uso "improprio" di tale codice (il termine inglese originariamente usato è "deception", ossia "inganno"). È stato successivamente dimostrato che il codice non è necessariamente visivo:

sono noti casi di mimetismo acustico, olfattivo, comportamentale. Al di là di alcuni dettagli, comunque, la definizione del mimetismo fornita da Bates resta tuttora, a distanza di oltre 160 anni, pienamente valida.

L'approfondimento degli studi portò in seguito Bates a identificare specie non correlate che condividevano lo stesso pattern di colorazione pur avendo identiche caratteristiche di non commestibilità per i predatori: ciò era in contrasto con la teoria precedentemente elaborata, in quanto nessuna delle due specie ricavava dal mimetismo un vantaggio addizionale. La soluzione del cosiddetto "paradosso di Bates" si deve a Fritz Müller (1878), il quale suggerì che il vantaggio consiste in questo caso nella suddivisione, fra più specie, del numero di individui sacrificati durante il processo di apprendimento dei predatori. In altri termini, quando un predatore mangia una preda e impara che non è commestibile, tutte le prede somiglianti ne traggono un vantaggio; inoltre, le vittime del suddetto processo sono equamente suddivise fra tutte le specie simili di prede, mentre in assenza del mimetismo sarebbero tutte a carico di una soltanto (F. Müller, 1878). Anche questa forma di mimetismo prende il nome dal suo scopritore, e viene, quindi, denominata "mimetismo mulleriano".

Un'ulteriore forma di mimetismo è detta "emsleyana" o "mertensiana", aggettivi derivati rispettivamente dai nomi di M.G. Emsley, che per primo la propose, e dell'erpetologo (zoologo specializzato nello studio dei rettili e degli anfibi) tedesco Robert Mertens (gli studi in merito furono però condotti da Wolfgang Wickler, che coniò il termine "mertensiano" in onore dell'illustre connazionale). In tale mimetismo, identificato per la prima volta nel serpente *Micrurus tener*, una preda, in grado di causare la morte del predatore quando ingerita, assume i caratteri di una specie meno nociva. La spiegazione biologica del fenomeno è più complessa: il vantaggio evoluzionistico appare nullo, in quanto la morte del predatore impedisce l'apprendimento del segnale di pericolo. È stata, tuttavia, dimostrata l'esistenza di comportamenti istintivi, geneticamente programmati, di evitamento delle prede caratterizzate da determinati pattern di colore, nonché la possibilità di apprendimento osservazionale (attraverso l'osservazione degli effetti negativi sui propri simili) da parte dei predatori (M. G. Emsley, 1966; W. Wickler, 1968).

Un quarto tipo di mimetismo è quello denominato "aggressive mimicry". In questo caso, è il predatore ad assumere caratteristiche di specie diverse dalla propria, al fine di indurre in

errore la preda e di conseguenza catturarla più facilmente. Ne sono esempi alcune specie di insetti, che riescono a mimetizzarsi fra elementi vegetali (fiori, foglie) di cui riproducono l'aspetto (T. R. Levine, 2014).

Alcuni studiosi riconoscono l'esistenza anche di un quinto tipo, denominato "automimicry" ("automimetismo"), che è in effetti un caso particolare di mimetismo batesiano: si tratta dell'assunzione, da parte di un individuo, di caratteristiche di individui diversi della sua stessa specie (T. O. Svennungsen, Ø. H. Holen, 2007). Un classico esempio si ritrova in molte famiglie di api e vespe, in cui i soggetti maschi, privi di sistemi di difesa, assumono a fini autoprotettivi la colorazione delle femmine della propria specie, evitate dai predatori in quanto dotate di pungiglione.

3. Il mimetismo molecolare (molecular mimicry)

Lo sviluppo delle conoscenze in campo biologico e delle tecnologie di laboratorio ha recentemente consentito di evidenziare l'esistenza di mimetismo anche a livello molecolare: tale fenomeno, definito "molecular mimicry", appare diffuso in natura quanto e forse più del suo corrispettivo "macroscopico", e con esso condivide le regole generali, distinguendosene tuttavia per alcune significative peculiarità.

Limitando per brevità la trattazione semplicemente al campo di interesse medico (K.W. Wucherpfennig, 2001; M.B. Oldstone, 2005), è possibile osservare che l'interazione fra uomo e microrganismi in grado di indurre malattie (patogeni) non è riconducibile a nessuno degli schemi precedentemente illustrati: l'uso del mimetismo da parte del patogeno potrebbe configurarsi come "aggressive mimicry", ma il "modello" imitato si identifica in questo caso con la "preda"; inoltre, la vittima dell'attacco è in grado di mettere in atto efficaci meccanismi di distruzione dell'aggressore, che si difende utilizzando la molecular mimicry secondo modalità di tipo batesiano (nel ruolo di "preda" del sistema immune dell'ospite).

Un'altra peculiarità è rappresentata dal fatto che l'obiettivo del patogeno spesso non è la morte dell'organismo ospite, bensì lo sfruttamento a proprio vantaggio delle risorse di quest'ultimo, per il maggior tempo possibile: ciò è particolarmente vero nel caso dei virus, la cui replicazione (e, quindi, la sopravvivenza) dipende interamente dall'utilizzo delle strutture delle cellule infettate.

Il mimetismo nelle interazioni dei patogeni con il corpo umano è, dunque, un equilibrio complesso e finemente regolato di numerosi e in parte ignoti segnali molecolari, atti a modulare le funzioni delle diverse specie cellulari.

In natura, tuttavia, non esistono caratteristiche che conferiscono un vantaggio "assoluto" ad una specie nei confronti di un'altra (le rare eccezioni a tale regola, che di solito sussistono solo per la concomitanza di repentini mutamenti ambientali, determinano l'estinzione della specie svantaggiata). Ogni meccanismo di adattamento ha un suo livello di efficacia, che risulta dalla sinergia di molteplici variabili. Il mimetismo non costituisce eccezione a tale regola: in una determinata area geografica, il rapporto fra predatori e prede raggiunge un equilibrio che tende a rimanere costante, testimoniando lo sviluppo di meccanismi di contrasto al vantaggio conferito dal mimetismo ad alcune specie. Similmente, l'organismo umano riesce, in maniera ancora non del tutto chiara, a riconoscere e contrastare i patogeni nonostante il mimetismo molecolare da questi messo in atto. Poiché, tuttavia, anche tale meccanismo non ha un'efficacia e precisione assoluta, sia intrinsecamente che per effetto dell'interferenza del patogeno, accade a volte che la reazione immunitaria scatenata dall'organismo verso una molecola estranea ("non self") si rivolga erroneamente verso una molecola propria ("self") simile ad essa, dando luogo ad una malattia cosiddetta "autoimmune".

I meccanismi attraverso i quali la "molecular mimicry" può interferire con le normali funzioni biologiche e divenire parte di processi patogenetici sono classificabili, secondo le attuali conoscenze, in due grandi gruppi:

1. emulazione di molecole regolatorie, con conseguente stimolazione/inibizione impropria di normali meccanismi di funzionamento dell'organismo;
2. induzione di autoimmunità.

Emulazione di molecole regolatorie

Numerosi microrganismi sono in grado di produrre proteine simili a quelle coinvolte, nell'uomo, nella regolazione di processi quali l'apoptosi (morte programmata) e la proliferazione delle cellule, l'induzione, il mantenimento e l'inibizione dell'infiammazione, la risposta immune. In ambito dermatologico, uno degli esempi più studiati è quello

dell'herpesvirus 8 (HHV8), collegato all'insorgenza del tumore denominato "sarcoma di Kaposi". È stato dimostrato che HHV8 sfrutta in maniera estensiva la "molecular mimicry", interferendo con la biologia cellulare a più livelli. In particolare, esso produce sostanze simili a quelle che nell'organismo umano regolano l'apoptosi di cellule mutate/danneggiate e la risposta immunitaria, e riesce in tal modo a impedire la distruzione per apoptosi della cellula infettata e a "deviare" ed evitare l'azione del sistema immune (M. Sturzl et al., 1999; H. Katano, 2018).

Induzione di autoimmunità

La stretta associazione e consequenzialità temporale fra alcune infezioni e l'insorgenza di malattie a sicura o sospetta patogenesi autoimmune è nota da tempo: basti ricordare, a puro titolo esemplificativo, il diabete (N. Principi et al., 2017), le tiroiditi autoimmuni (M. Vaccaro et al., 2002; S. Benvenga, F. Guarneri, 2016), la sclerosi multipla (I. Steiner et al., 2001) e, in campo dermatologico, il lupus eritematoso sistemico (M. Quaglia et al., 2021), la vitiligine (R. C. Shukla, 1996), la sclerodermia (F. Longo et al., 1993; C. M. Magro et al., 2004), il lichen scleroatrofico (M. Vaccaro et al., 2002; K. Eisendle et al., 2008; A. K. Hald, J. Blaakaer, 2018).

La teoria della "molecular mimicry" offre una plausibile spiegazione di tale fenomeno: per via della somiglianza fra alcuni antigeni microbici e specifici antigeni "self", la risposta immune messa in atto dall'organismo a fini difensivi può, in condizioni particolari, rivolgersi anche contro componenti dell'organismo stesso.

Shapiro e collaboratori introdussero per la prima volta il concetto di "molecular mimicry" nel 1976: si ipotizzava, fra le possibili spiegazioni dell'associazione fra il gene HLA-B27 e malattie infiammatorie delle articolazioni, che il prodotto del suddetto gene intervenisse nella patogenesi per via di "molecular mimicry" con sostanze microbiche (R. F. Shapiro et al., 1976). La teoria rimase a lungo impossibile da dimostrare, per via dei limiti tecnici delle metodiche di laboratorio dell'epoca. Il progressivo nascere ed affermarsi di più moderne tecnologie di biologia molecolare portò, negli anni '80, alle prime evidenze sperimentali e ad un deciso incremento dell'interesse degli studiosi, come testimoniano i 90 lavori su "molecular mimicry" pubblicati fra il 1983 e il 1989, fra cui quello che enunciò l'attuale teoria del

mimetismo molecolare come fattore scatenante ("trigger") di malattie autoimmuni (R. S. Fujinami, M. B. Oldstone, 1989).

L'epoca della definitiva maturazione della ricerca in questo settore sono gli anni '90, nei quali a più raffinati sistemi di analisi delle molecole biologiche si affianca lo sviluppo esponenziale delle capacità di calcolo degli elaboratori elettronici e la proporzionale riduzione del loro costo. L'estensione su larga scala delle reti informatiche e la semplificazione del loro uso ha, infine, consentito l'accesso e la partecipazione di un sempre maggiore numero di studiosi alle banche dati bioinformatiche. Sono stati inoltre realizzati software che consentono di predire con buona attendibilità varie caratteristiche delle molecole organiche, nonché, entro certi limiti, il risultato della loro interazione: la ricerca *in silico*, come viene definita, rappresenta ormai un utile supporto alle usuali metodiche *in vivo* e *in vitro*, e consente notevole risparmio di lavoro, tempo e costi, nonché la simulazione di esperimenti difficili o impossibili da attuare con i sistemi tradizionali. L'eloquente risultato della combinazione di tutti i fattori elencati è la realizzazione, dal 1990 ad oggi, di oltre 8700 lavori riguardanti il mimetismo molecolare.

4. Molecular mimicry e sistema immunitario

La base molecolare dell'autoimmunità va ricercata nel meccanismo di riconoscimento e presentazione degli antigeni. Quando una molecola estranea entra nell'organismo, viene intercettata da specifiche cellule del sistema immune, che la inglobano al loro interno e la frammentano. I frammenti vengono poi esposti sulla superficie delle stesse cellule, "incastonati" in una molecola del gruppo denominato "complesso maggiore di istocompatibilità" (in inglese, Major Histocompatibility Complex o MHC). Perché ciò avvenga, è necessario che la molecola MHC e il frammento siano complementari per caratteristiche chimiche, elettrostatiche e di struttura tridimensionale; il gruppo delle molecole MHC comprende numerosi elementi diversi, proprio in funzione della grande varietà di frammenti esistenti in natura.

La cellula che espone sulla sua superficie il complesso formato da MHC e frammento di sostanza estranea ha la funzione di "presentare" l'elemento contro il quale sviluppare una risposta immune specifica, e viene per questo denominata "cellula presentante l'antigene"

("Antigen Presenting Cell" o APC). Nei linfonodi, le APC interagiscono con un particolare tipo di globuli bianchi, chiamati linfociti T, che possiedono sulla loro superficie una molecola denominata TCR (T Cell Receptor). Anche di TCR esistono numerose varianti, ognuna prodotta da un diverso linfocita T. La selezione e l'attivazione di un particolare linfocita T avviene solo quando il suo TCR è complementare (anche in questo caso per caratteristiche chimiche, elettrostatiche e di struttura tridimensionale) al complesso MHC-frammento estraneo presentato dalla APC.

Una volta attivato, il linfocita T specifico va incontro a replicazione e le sue copie si diffondono nei vari distretti corporei, pronte ad agire con tempestività ed elevata efficienza contro la specifica molecola estranea e i microrganismi che la producono (C. A. Janeway et al., 2001).

Poiché il sistema è progettato per non rivolgersi contro molecole "self", ossia dello stesso organismo, l'esistenza delle malattie autoimmuni appare come un paradosso, specie se si considera che l'evoluzione naturale tende ad eliminare ciò che si rivela improduttivo o dannoso per l'organismo, mentre le malattie autoimmuni sono piuttosto frequenti (secondo alcuni autori, colpiscono circa il 5% della popolazione nei Paesi occidentali) e, senza trattamento medico, spesso invalidanti o mortali.

La risposta a queste apparenti contraddizioni va ricercata in alcune considerazioni biomatematiche. Le possibili varianti del sistema di riconoscimento delle molecole estranee nell'organismo umano sono circa 100 milioni, mentre i diversi frammenti di molecola con cui il sistema può trovarsi a interagire sono in numero molto maggiore, da mille miliardi a un milione di miliardi. Un sistema immunitario dotato di specificità assoluta (in cui ogni linfocita T riconosce solo uno specifico frammento) consentirebbe il riconoscimento soltanto di una quota oscillante fra un decimillesimo e un decimilionesimo delle molecole possibili, e risulterebbe quindi altamente inefficace nella sua funzione difensiva. D'altra parte, per estendere la capacità di riconoscimento del sistema fino ad includere tutte le possibilità sarebbe necessario aumentare da diecimila a dieci milioni di volte la porzione di codice genetico dedicata al sistema immune, rendendola di dimensioni superiori a quelle dell'intero DNA umano.

Il sistema è, dunque, dotato di una certa flessibilità nel riconoscimento delle molecole: in effetti, ogni linfocita T è in grado di riconoscere più frammenti, aventi in comune alcune caratteristiche fondamentali e diversi in parti biologicamente meno importanti. Sebbene questo possa rappresentare a prima vista un difetto, risulta in realtà vantaggioso in natura: uno stesso linfocita T, trascurando differenze prive di significato funzionale, potrà agevolmente riconoscere, entro certi limiti, sia diversi membri di una stessa famiglia di microrganismi patogeni, sia varianti mutate di uno stesso microrganismo. Tale fenomeno, noto come "reattività crociata", ha come ogni medaglia il suo rovescio: in caso di somiglianza, anche parziale, fra molecole microbiche e umane, in individui predisposti e in particolari circostanze una reazione immune avviata a scopo difensivo contro una infezione può finire per rivolgersi anche contro l'organismo stesso, dando luogo alle malattie autoimmuni.

La flessibilità nel riconoscimento dei complessi MHC-peptide da parte del TCR è, dunque, una condizione necessaria per consentire un'efficace sorveglianza immune, e la reattività crociata è contemporaneamente un vantaggio per l'organismo ed il "prezzo" biologico da pagare per il vantaggio stesso (D. Mason, 1998; P. S. Ohashi, 2002; M. Sospedra, R. Martin, 2006).

I concetti fin qui espressi costituiscono, ovviamente, la rappresentazione schematica soltanto di una parte del sistema immune e di uno dei fenomeni che avvengono al suo interno; una completa descrizione della complessità delle interazioni fra i vari elementi e dei meccanismi di funzionamento sarebbe al di là degli scopi di questo capitolo, nonché inevitabilmente lacunosa a causa dei limiti di comprensione della scienza attuale. La flessibilità del sistema di riconoscimento delle molecole è sicuramente alla base dell'autoimmunità, ma ad oggi il mimetismo molecolare riesce a spiegare solo una parte dei casi di malattie autoimmuni: queste, infatti, non insorgono né solo a seguito di episodi infettivi, né in tutti coloro che manifestano una certa infezione. Un'ulteriore possibile considerazione sui dati presentati è che, se ogni linfocita T è in grado di riconoscere da 10.000 a 10.000.000 di peptidi diversi, l'incidenza di malattie autoimmuni dovrebbe essere molto superiore a quella evidenziata nelle rilevazioni epidemiologiche. Rimanendo nello spirito di un testo divulgativo, tali dubbi possono essere in qualche modo dissipati descrivendo schematicamente alcuni sistemi di controllo della risposta immune.

L'eliminazione dei linfociti T autoreattivi all'atto della formazione del sistema immune dell'individuo è stata a lungo considerata la principale, se non l'unica, modalità preventiva messa in atto dall'organismo contro l'autoimmunità. È stato poi dimostrato che tale meccanismo riguarda in effetti solo i linfociti più pericolosi, mentre quelli al di sotto di una certa soglia di rischio rimangono nel repertorio disponibile; ciò è dettato, ancora una volta, dalla necessità di bilanciare potenziale utilità di un linfocita nel contrastare infezioni e possibilità di sviluppare malattie autoimmuni (S. M. Anderton, D. C. Wraith, 2002). Ulteriori meccanismi di protezione sono:

- eliminazione di linfociti T autoreattivi nel sangue periferico nel corso di una reazione immune (Z. Grossman, W. E. Paul, 2001; S. M. Anderton et al., 2001; K. R. Ryan et al., 2007);
- attivazione di cellule capaci di indurre l'apoptosi (morte programmata) di specifici linfociti T (Z. Grossman, W. E. Paul, 2001; D. A. Hildeman et al., 2002; K. R. Ryan et al., 2007);
- intervento dei linfociti T regolatori, particolare popolazione di linfociti T in grado di inibire la reazione immunitaria contro una specifica sostanza (il sistema di riconoscimento impiegato da questi linfociti è quello già considerato) (Z. Grossman, W. E. Paul, 2001; S. Sakaguchi, 2005; K. R. Ryan et al., 2007);
- modulazione dei fattori che controllano moltiplicazione e sopravvivenza dei linfociti T attivati, in modo da impedire la formazione di un contingente di linfociti abbastanza numeroso da causare una malattia autoimmune (P. R. Rogers et al., 2001; Z. Grossman, W. E. Paul, 2001; K. R. Ryan et al., 2007);
- induzione di "tolleranza immunologica" nei linfociti T (pur riconoscendo specificamente la molecola estranea, essi non sviluppano la relativa risposta) (C. Tanchot et al., 2001; N. J. Singh, R. H. Schwartz, 2003; C. C. Anderson, W. F. Chan, 2004).

5. Bioinformatica e molecular mimicry

Come accennato, il salto di qualità negli studi sulla molecular mimicry, avvenuto a partire dagli anni '90, è stato possibile grazie al simultaneo sviluppo e all'interazione di biologia molecolare e informatica. La collaborazione fra studiosi delle due discipline ha innescato un

"circolo virtuoso" di reciproco arricchimento scientifico, portando infine alla genesi di un'entità nuova: la bioinformatica.

Se è innegabile che l'organismo vivente, per la molteplicità e multifattorialità degli eventi biochimici che in esso avvengono, non risulta inquadrabile in alcun modello matematico, e, quindi, la prova sperimentale *in vivo* e/o *in vitro* resta cardine imprescindibile di qualsiasi ricerca, ivi compresa quella sulla molecular mimicry, è pur vero che le tecniche informatiche oggi disponibili permettono l'analisi, rapida e a costi contenuti, di un vastissimo numero di antigeni microbici e antigeni "self", restringendo significativamente il numero delle verifiche di laboratorio necessarie: è possibile, infatti, individuare le proteine che con maggiore probabilità daranno luogo a reazioni crociate e, in molti casi, anche le parti di esse su cui è più opportuno concentrare l'attenzione e le risorse disponibili.

Una delle prime tecniche, e ancora oggi fra le più usate, è l'analisi assistita da computer delle omologie di sequenza aminoacidica. Le proteine, elementi strutturali fondamentali e caratteristici di ogni organismo vivente, sono costituite da catene di elementi denominati aminoacidi. Le innumerevoli possibili combinazioni di aminoacidi determinano la molteplicità delle proteine osservabili in natura e le loro proprietà, così come le lettere dell'alfabeto, variamente combinate, formano le parole e i discorsi. Grazie ai progressi della biologia molecolare, le catene aminoacidiche di un gran numero di proteine dei più svariati organismi sono state definite, e i progressi dell'informatica hanno consentito di raccogliere queste informazioni in database accessibili da tutto il mondo via Internet. Sono stati inoltre realizzati alcuni programmi in grado di confrontare le sequenze di proteine diverse, definire la quota di aminoacidi identici e chimicamente simili, e in ultima analisi quantificare in maniera obiettiva il livello di somiglianza fra le proteine stesse (omologia).

Le metodologie statistiche impiegate a tale scopo hanno raggiunto, dopo numerosi tentativi iniziati negli anni '80, una loro completa definizione nel 1997, grazie al lavoro di Stephen F. Altschul e dei suoi collaboratori del National Center for Biotechnology Information statunitense (S. F. Altschul et al., 1997). Il programma BLAST (Basic Local Alignment Search Tool), da loro elaborato, rappresenta attualmente lo standard per il confronto di sequenze aminoacidiche. Il programma era in effetti nato per lo studio della "distanza" evolutiva fra i diversi organismi, attraverso la definizione dell'omologia fra

proteine, ma si è dimostrato, con opportune modifiche di alcuni parametri, estremamente utile e sensibile sia per l'individuazione della funzione di proteine di nuova scoperta (in base alla somiglianza con proteine note) che per l'identificazione di potenziali segmenti cross-reattivi di antigeni differenti. BLAST esegue un confronto fra due sequenze, aminoacido per aminoacido, attribuendo un punteggio relativo al grado di similitudine chimico-strutturale fra gli aminoacidi confrontati e alla frequenza di riscontro di ogni singola omologia, secondo una tabella di valori predeterminata su basi biostatistiche (esistono in effetti diverse matrici, la cui scelta dipende dall'obiettivo della ricerca condotta). Attraverso varie formule, la cui trattazione esula dallo scopo di questo testo, a partire dal punteggio "grezzo" di omologia, risultante dalla somma dei punteggi relativi ai singoli confronti, viene calcolato il parametro E, che indica la significatività del livello di omologia riscontrato, ossia la probabilità che esso sia dovuto ad una corrispondenza puramente casuale (S. Karlin, S. F. Altschul. 1990; S. F. Altschul, W. Gish, 1996; S. F. Altschul et al., 1997). Come si può facilmente intuire, la probabilità di una corrispondenza casuale è più elevata quando si confrontano sequenze brevi e costituite da aminoacidi molto diffusi in natura, mentre diminuisce quando le omologie hanno una maggiore estensione e comprendono anche aminoacidi di riscontro meno frequente. Ne consegue che più è basso il valore di E, più le proteine confrontate sono da considerarsi significativamente simili, e, per quello che riguarda il mimetismo molecolare, hanno una più elevata probabilità di essere cross-reattive.

A titolo puramente indicativo, si ritengono omologie di scarso o nullo significato quelle in cui E è maggiore di 10, di significato dubbio quelle con E fra 1 e 10, rilevanti quelle con E<1.

Meno diffusi, ma dalle notevolissime potenzialità in campo immunologico, sono i software che consentono di ricercare le brevi sequenze aminoacidiche ("motifs") generate dalla frammentazione delle proteine (Guarneri F., Guarneri B., 2010; G. Venkatesh et al., 2020) e dimostratesi sperimentalmente in grado di legarsi a specifiche molecole MHC: la presenza di tali sequenze in una molecola microbica e una molecola umana omologhe rafforza l'ipotesi che la "molecular mimicry" fra esse possa avere un ruolo nella genesi di una malattia autoimmune, e fornisce una possibile, anche se parziale, spiegazione della particolare suscettibilità di alcuni individui allo sviluppo di specifiche malattie autoimmuni, sulla base del possesso di specifiche caratteristiche genetiche. Ogni individuo possiede, infatti, alcune

delle possibili varianti dei geni denominati HLA (Human Leukocyte Antigen), che sono responsabili della sintesi di MHC. Di conseguenza, ogni persona possiede, in base ai propri geni HLA, solo alcuni dei possibili MHC, e presenta un più elevato rischio di sviluppare una determinata malattia autoimmune se i suoi MHC sono in grado di legare i frammenti di proteina coinvolti nella genesi di tale malattia.

L'incremento della potenza di calcolo dei computer ed il perfezionamento degli studi sulle molecole biologiche consentono oggi anche l'analisi e la predizione della struttura tridimensionale delle proteine, sia pure con un livello di precisione ancora non ottimale. Le proteine non sono molecole lineari: i legami chimici fra i diversi aminoacidi e le interazioni con l'ambiente circostante ne determinano la struttura tridimensionale. La conoscenza di tali aspetti risulta fondamentale non solo dal punto di vista dello studio funzionale delle proteine, ma anche, in alcuni casi, dal punto di vista immunologico, poiché parti anche molto distanti nella catena aminoacidica possono trovarsi spazialmente vicine nella molecola, e generare strutture riconoscibili dal sistema immune, ma difficili o impossibili da identificare con la semplice analisi di sequenza. L'identificazione *in silico* di tali strutture rappresenta una delle nuove frontiere in ambito bioinformatico.

6. Considerazioni e conclusioni

La comprensione dei meccanismi alla base dello sviluppo dell'autoimmunità è da sempre un obiettivo fondamentale della ricerca di base e clinica, non solo per il notevole interesse scientifico, ma anche e soprattutto per le sue possibili applicazioni in campo terapeutico. Comprendere e riuscire a controllare i punti chiave del processo di formazione dei linfociti autoreattivi potrebbe, infatti, consentire una terapia realmente "etiologica" delle malattie autoimmuni, ossia mirata alle cause delle stesse, ed inoltre avrebbe importanti ricadute anche sul trattamento dei tumori e delle sindromi da immunodeficienza primitive. I recenti progressi in questo campo, pur non riuscendo ancora a spiegare in maniera completa ed esaustiva la patogenesi delle malattie autoimmuni, hanno tuttavia consentito di mettere in evidenza numerosi elementi di sicuro interesse.

L'induzione dell'autoimmunità è un fenomeno particolarmente complesso, che può verificarsi solo quando l'insieme delle condizioni soggettive e ambientali causa il

malfunzionamento dei numerosi meccanismi di protezione messi in atto dall'organismo a salvaguardia della propria integrità.

La predisposizione genetica allo sviluppo di malattie autoimmuni, da sempre sospettata sulla base degli studi epidemiologici, è stata recentemente dimostrata e spiegata grazie alle nuove metodiche di genetica e biologia molecolare. La scoperta di particolari pattern genetici predisponenti e la successiva identificazione dei geni alterati e dei relativi prodotti hanno consentito di comprendere meglio i dettagli molecolari del funzionamento (e del malfunzionamento) dei meccanismi di protezione su riportati. Come è logico aspettarsi per un processo che è la risultante dell'intervento coordinato di molteplici fattori, i geni collegati ad alterazioni del controllo dell'autoreattività sono numerosi e con funzioni diverse: alcuni sono coinvolti nella regolazione dell'apoptosi linfocitaria, altri nella eliminazione di cellule in apoptosi, altri ancora nella modulazione delle funzioni dei linfociti. È, inoltre, ragionevole ritenere che il progresso della ricerca in questo settore porterà all'identificazione di ulteriori geni e molecole il cui ruolo è oggi ignoto.

I fattori genetici predisponenti sono elemento necessario, ma non sufficiente, per la rottura della tolleranza immunologica verso il "self", ossia verso le molecole del proprio organismo: l'insorgenza della malattia è inscindibilmente legata alla loro interazione con l'ambiente. Influenze neuroendocrine, metaboliche, alimentari, infettive, chimico-fisiche e perfino psicosociali, isolate o combinate fra loro, hanno infatti l'essenziale ruolo di evidenziare il difetto o i difetti genetici, altrimenti silenti.

Da quanto detto risulta ovvio che l'induzione dell'autoimmunità –così come, seppure per vie diverse, dei tumori– è un fenomeno molto complesso, che richiede l'esistenza di più fattori predisponenti e l'interazione, in più tappe precisamente temporizzate, fra essi e l'ambiente: molto di tale processo è ancora ignoto, nonostante gli intensi sforzi della ricerca, e sarebbe sicuramente semplicistico e riduttivo ricondurre tutto alla "molecular mimicry". È noto che le infezioni portano allo sviluppo di malattie autoimmuni in una quota molto ridotta di soggetti, e la presenza di determinati geni HLA non è di per sé sufficiente a spiegare tale fenomeno, se non in termini statistici.

Se pure molto rimane da chiarire sul processo che porta una "somiglianza molecolare" a diventare causa di malattia, è tuttavia importante sottolineare come l'innesco attraverso la "molecular mimicry"

- si colloca nella fase iniziale dello sviluppo di autoimmunità;
- è l'anello iniziale, o uno degli anelli iniziali, della catena degli eventi patogenetici;
- rappresenta probabilmente l'elemento e l'evento chiave che evidenzia i fattori predisponenti – sui quali finora si è maggiormente concentrata la ricerca – rompendo l'equilibrio fino ad allora mantenuto dall'organismo.

L'importanza dell'applicazione delle tecniche bioinformatiche nella ricerca clinico-sperimentale appare, quindi, di una certa evidenza per due ordini di motivi:

- la possibilità di individuare, in maniera relativamente semplice, rapida ed economica, i "bersagli" più probabili su cui prioritariamente –nell'ottica di una ottimizzazione delle risorse– indirizzare la sempre necessaria ricerca *in vitro* ed *in vivo*;
- in prospettiva futura, dare spunto allo sviluppo di strategie terapeutiche e/o preventive realmente "etiologiche" delle malattie autoimmuni.

7. Bibliografia

Bates H. W., *Contributions to an insect fauna of the Amazon valley. Lepidoptera: Heliconidae*, in *Transactions of the Linnean Society*, 1862; 23: 495-566.

Müller F., *Ueber die vortheile der mimicry bei schmetterlingen*, in *Zoologischer Anzeiger*, 1878; 1: 54-55.

Emsley M.G., *The mimetic significance of Erythrolamprus aesculapii ocellatus Peters from Tobago*, in *Evolution*, 1966; 20: 663-664.

Wickler W., *Mimicry in plants and animals*, New York, 1968.

Levine T. R., *Encyclopedia of deception*, Washington, 2014.

Svennungsen T. O., Holen Ø. H., *The evolutionary stability of automimicry*, in *Proc. R. Soc. B.*, 2007; 274: 2055-2063.

Wucherpfennig K.W., *Structural basis of molecular mimicry*, in *J. Autoimmun.*, 2001; 16: 293-302.

Oldstone M.B., *Molecular mimicry, microbial infection, and autoimmune disease: evolution of the concept*, in *Curr. Top. Microbiol. Immunol.*, 2005; 296: 1-17.

Sturzl M., Hohenadl C., Zietz C., Castanos-Velez E., Wunderlich A., Ascherl G., Biberfeld P., Monini P., Browning P. J., Ensoli B., *Expression of K13/v-FLIP gene of human herpesvirus 8 and apoptosis in Kaposi's sarcoma spindle cells*, in *J. Natl. Cancer Inst.*, 1999; 91: 1725-1733.

Katano H., *Pathological features of Kaposi's sarcoma-associated herpesvirus infection*, in *Adv. Exp. Med. Biol.*, 2018; 1045: 357-376.

Principi N., Berioli M. G., Bianchini S., Esposito S., *Type 1 diabetes and viral infections: what is the relationship?*, in *J. Clin. Virol.*, 2017; 96: 26-31.

Vaccaro M., Guarneri F., Borgia F., Cannavò S. P., Benvenga S., *Association of lichen sclerosus and autoimmune thyroiditis: possible role of Borrelia burgdorferi?*, in *Thyroid*, 2002; 12: 1147-1148.

Benvenga S., Guarneri F., *Molecular mimicry and autoimmune thyroid disease*, in *Rev. Endocr. Metab. Disord.*, 2016; 17: 485-498.

Steiner I., Nisipianu P., Wirguin I., *Infection and the etiology and pathogenesis of multiple sclerosis*, in *Curr. Neurol. Neurosci. Rep.*, 2001; 1: 271-276.

Quaglia M., Merlotti G., De Andrea M., Borgogna C., Cantaluppi V., *Viral infections and systemic lupus erythematosus: new players in an old story*, in *Viruses*, 2021; 13: 277.

Shukla R. C., *Evidence for cytomegalovirus infection as the cause of vitiligo*, in *Indian J. Dermatol. Venereol. Leprol.*, 1996; 62: 132-133.

Longo F., Saletta S., Lepore L., Pennesi M., *Localized scleroderma after infection with Epstein-Barr virus*, in *Clin. Exp. Rheumatol.*, 1993; 11: 681-683.

Magro C. M., Nuovo G., Ferri C., Crowson A. N., Giuggioli D., Sebastiani M., *Parvoviral infection of endothelial cells and stromal fibroblasts: a possible pathogenetic role in scleroderma*, in *J. Cutan. Pathol.*, 2004; 31: 43-50.

Eisendle K., Grabner T., Kutzner H., Zelger B., *Possible role of Borrelia burgdorferi sensu lato infection in lichen sclerosus*, in *Arch. Dermatol.*, 2008; 144: 591-598.

Hald A. K., Blaakaer J., *The possible role of human papillomavirus infection in the development of lichen sclerosus*, in *Int. J. Dermatol.*, 2018; 57: 139-146.

Shapiro R. F., Wiesner K. B., Bryan B. L., Utsinger P. D., Resnick D., Castles J. J., *HLA-B27 and modified bone formation*, in *Lancet*, 1976; 1: 230-231.

Fujinami R. S., Oldstone M. B., *Molecular mimicry as a mechanism for virus-induced autoimmunity*, in *Immunol. Res.*, 1989; 8: 3-15.

Janeway C. A., Travers P., Walport M., Shlomchik M. J., *Immunobiology: the immune system in health and disease (5th edition)*, New York, 2001.

Mason D., *A very high level of crossreactivity is an essential feature of the T-cell receptor*, in *Immunol. Today*, 1998; 19: 395.

Ohashi P. S., *T-cell signalling and autoimmunity: molecular mechanisms of disease*, in *Nat. Rev. Immunol.*, 2002; 2: 427-438.

Sospedra M., Martin R., *When T cells recognize a pattern, they might cause trouble*, in *Curr. Opin. Immunol.*, 2006; 18: 697-703.

Anderton S. M., Wraith D. C., *Selection and fine-tuning of the autoimmune T-cell repertoire*, in *Nat. Rev. Immunol.*, 2002; 2: 487-498.

Grossman Z., Paul W. E., *Autoreactivity, dynamic tuning and selectivity*, in *Curr. Opin. Immunol.*, 2001; 13: 687-698.

Anderton S. M., Radu C. G., Lowrey P. A., Ward E. S., Wraith D. C., *Negative selection during the peripheral immune response to antigen*, in *J. Exp. Med.*, 2001; 193: 1-11.

Ryan K. R., Patel S. D., Stephens L. A., Anderton S. M., *Death, adaptation and regulation: the three pillars of immune tolerance restrict the risk of autoimmune disease caused by molecular mimicry*, in *J. Autoimmun.*, 2007; 29: 262-271.

Hildeman D. A., Zhu Y., Mitchell T. C., Kappler J., Marrack P., *Molecular mechanisms of activated T cell death in vivo*, in *Curr. Opin. Immunol.*, 2002; 14: 354-359.

Sakaguchi S., *Naturally arising Foxp3-expressing CD25+ CD4+ regulatory T cells in immunological tolerance to self and non-self*, in *Nat. Immunol.*, 2005; 6: 345-352.

Rogers P. R., Song J., Gramaglia I., Killeen N., Croft M., *OX40 promotes Bcl-xL and Bcl-2 expression and is essential for long-term survival of CD4 T cells*, in *Immunity*, 2001; 15: 445-455.

Tanchot C., Barber D. L., Chiodetti L., Schwartz R. H., *Adaptive tolerance of CD4 (+) T cells in vivo: multiple thresholds in response to a constant level of antigen presentation*, in *J. Immunol.*, 2001; 167: 2030-2039.

Singh N. J., Schwartz R. H., *The strength of persistent antigenic stimulation modulates adaptive tolerance in peripheral CD4+ T cells*, in *J. Exp. Med.*, 2003; 198: 1107-1117.

Anderson C. C., Chan W. F., *Mechanisms and models of peripheral CD4 T cell self-tolerance*, in *Front. Biosci.*, 2004; 9: 2947-2963.

Altschul S. F., Madden T. L., Schäffer A. A., Zhang J., Zhang Z., Miller W., Lipman D. J., *Gapped BLAST and PSI-BLAST: a new generation of protein database search programs*, in *Nucleic Acids Res.*, 1997; 25: 3389-3402.

Karlin S., Altschul S. F., *Methods for assessing the statistical significance of molecular sequence features by using general scoring schemes*, in *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1990; 87: 2264-2268.

Altschul S. F., Gish W., *Local alignment statistics*, in *Meth. Enzymol.*, 1996; 266: 460-480.

Guarneri F., Guarneri B., *Bioinformatic analysis of HLA-linked genetic susceptibility to immunoallergic disease: the MotiFinder software*, in *Ann. Ital. Dermatol. Allergol.*, 2010; 64: 69-75.

Venkatesh G., Grover A., Srinivasaraghavan G., Rao S., *MHCAttnNet: predicting MHC-peptide bindings for MHC alleles classes I and II using an attention-based deep neural model*, in *Bioinformatics*, 2020; 36 (Suppl. 1): i399-i406.

Stefania Isola - Sebastiano Gangemi

Ambiente e salute: le Allergopatie Respiratorie

1. Introduzione. – 2. L'Inquinamento Atmosferico. – 3. Il Cambiamento Climatico. – 4. Le Allergopatie Respiratorie. – 5. Conclusioni e prospettive future. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

Da circa mezzo secolo il binomio ambiente-salute è al centro dello scenario politico e sociale di tutto il Mondo.

"The Lancet", una delle più quotate riviste internazionali, pubblica ogni anno un rapporto intitolato "The Lancet countdown: tracking progress on health and climate change".
L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) definisce Malattie non Trasmissibili (Noncommunicable Diseases – NCDs) quelle patologie croniche che prendono origine dall'interazione di fattori genetici, ambientali e comportamentali. Tra queste si annoverano le malattie cardiovascolari, il cancro, il diabete e le malattie respiratorie croniche.

È noto che la prevalenza delle allergopatie respiratorie, rinite allergica e asma, sia aumentata nel corso del tempo. Altrettanto noto è il legame tra questa "epidemia allergica" e l'ambiente nel quale viviamo. Sicuramente il miglioramento delle condizioni sanitarie e l'"ipotesi igienica" ad esse correlata hanno contribuito a questo fenomeno, ma oggi l'inquinamento atmosferico e il cambiamento climatico in parte ad esso collegato sono i principali attori di uno scenario nel quale gioca un ruolo l'attività umana che in parte ha contribuito all'alterazione dell'equilibrio normalmente esistente tra suolo, acqua e atmosfera.

L'inquinamento atmosferico e il cambiamento climatico sono due problemi importanti che l'Europa deve affrontare per gli evidenti risvolti sulla salute, l'economia e gli ecosistemi.

A partire dal 2000, anno in cui l'olandese Premio Nobel per la chimica Paul Crutzen coniò il termine "Antropocene", siamo entrati in una nuova era geologica, in cui gli effetti della tecnologia e del progresso impattano sull'ambiente.

Nelle sue valutazioni del 2014, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) prevede un declino della qualità dell'aria delle città in futuro a causa dei cambiamenti climatici.

Le principali fonti di emissione di CO2, l'estrazione e la combustione di combustibili fossili, non sono solo fattori chiave del cambiamento climatico, ma anche importanti fonti di inquinanti atmosferici. (IPCC, 2014, 151).

La complessa interazione tra cambiamento climatico e inquinamento atmosferico rappresenta una sfida per la loro previsione e valutazione del rischio totale in futuro. (A.M. Fiore et al., 2015, 645-85).

2. L'Inquinamento atmosferico

L'inquinamento atmosferico è un importante fattore ambientale associato a:

1) Impatti sulla salute umana, che causano ogni anno fino a 7 milioni di morti precoci per malattie cardiovascolari, respiratorie e neoplastiche, con un numero ancora maggiore di ricoveri e giorni di congedo per malattia.
2) Impatti ambientali, che possono influire direttamente sulla vegetazione e sulla fauna, nonché sulla qualità delle acque e del suolo.
3) Impatti sull'ambiente edificato e sul patrimonio culturale, poiché l'inquinamento atmosferico può danneggiare proprietà, materiali, edifici e opere d'arte.
4) Impatti sull'economia.

Per inquinamento atmosferico si intende ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze che alterano le sue caratteristiche naturali.

Tra i principali agenti inquinanti abbiamo l'ozono, la cui eccessiva presenza nell'aria determina sintomi a carico dell'apparato respiratorio e della cute; il particolato (PM10 e PM2,5), la cui esposizione cronica aumenta il rischio di malattie cardiovascolari e respiratorie e di cancro del polmone; il monossido di carbonio, responsabile di danni all'apparato cardiovascolare e al sistema nervoso centrale; il biossido di azoto (NO2), responsabile di gravi patologie respiratorie; il biossido di zolfo (SO2), con danni a carico dell'apparato respiratorio e cardiovascolare; il piombo (Pb), che interferisce con il trasporto di ossigeno e determina

effetti sul sistema nervoso, sul sistema immunitario, sull'apparato respiratorio e sul sistema cardiovascolare.

L'esposizione umana all'ozono rappresenta un importante problema di salute nella patogenesi delle patologie respiratorie croniche. (M. Sokolowska et al., 2019, 2169), (Y. Liu et al., 2019, 24-32). Se consideriamo che la formazione di ozono dipende dalla temperatura, le proiezioni incentrate solo sull'aumento della temperatura generalmente concludono che la mortalità correlata all'ozono potrebbe aumentare con un ulteriore riscaldamento.

Rischi simili per la salute sono associati al particolato, le cui particelle fini (PM 2.5) hanno dimostrato di rappresentare un rischio maggiore per la salute rispetto alle particelle grossolane, poiché le loro piccole dimensioni consentono loro di raggiungere in profondità il polmone e il flusso sanguigno, provocando malattie respiratorie e cardiovascolari acute e croniche. (R.W. Atkinson et al., 2015, 208-14).

Accanto agli inquinanti ambientali esterni, anche l'inquinamento degli ambienti indoor rappresenta un determinante importante per la salute della popolazione generale.

3. Il Cambiamento Climatico

Per cambiamento climatico si intende la variazione delle condizioni meteorologiche di un dato luogo nel corso del tempo. L'interazione tra aria, acqua e terra definiscono il clima di una determinata regione e la variazione registrata per ciascuna componente in quantità e qualità negli ultimi decenni rende ragione del fenomeno del cambiamento climatico di cui oggi tanto si parla. Se è vero che il cambiamento climatico è un evento naturale nel corso del tempo, bisogna però tener presente che le attività umane, prime tra tutte quelle industriali, che comportano emissione di sostanze inquinanti, e in particolare i gas serra, sono oggi le principali imputate all'origine del fenomeno. L'aumento dei gas serra nell'atmosfera (anidride carbonica -CO2, vapore acqueo-H2O, biossido di azoto-N2O e metano-CH4) oltre i limiti naturali, quelli che garantiscono la stabilità termica del Pianeta, ha stravolto l'equilibrio del sistema ed è alla base del cambiamento climatico che oggi registriamo e che ha come conseguenza il surriscaldamento globale del Pianeta (global warming).

L'innalzamento della temperatura che si sta registrando ha come conseguenza il riscaldamento degli Oceani, lo scioglimento dei ghiacciai, la desertificazione di alcune regioni

del Pianeta, con conseguenze immaginabili, tra cui lo spopolamento di vaste aree e l'estinzione di molte specie animali per la scomparsa dei loro habitat naturali.

4. Le Allergopatie Respiratorie

La prima descrizione di patologie respiratorie gravi indotte dall'inquinamento atmosferico risale a Plinio il Giovane. (Plinius the younger, 107).

«Innitens servolis duobus assurexit et statim concidit, ut ego colligo, crassiore caligine spiritu obstructo, clausoque stomacho qui illi natura invalidus, et angustus et frequenter inter aestuans era».

«Sorreggendosi su due schiavi si alzò e subito cadde, come io immagino, essendosi per la caligine troppo pesante bloccato il respiro, e chiusa la gola, che egli aveva per natura debole, stretta e spesso infiammata».

Il malato era Plinio il Vecchio, scienziato e comandante della flotta romana, che si era spostata da Napoli a Pompei per osservare l'eruzione del Vesuvio e aiutava la popolazione di Pompei nell'anno 79 d.C. Plinio il giovane descrive le nubi di polvere nell'atmosfera provenienti dal Vesuvio. Il termine "infiammazione delle vie aeree" è stato usato per la prima volta in questa lettera di Plinio il Giovane, e, definendo le vie aeree di Plinio il Vecchio "di natura debole", l'autore stressa il concetto di predisposizione costituzionale del paziente.

Il cambiamento climatico e l'inquinamento atmosferico hanno un forte impatto negativo sulle patologie respiratorie con meccanismi complessi e interattivi. I fattori di rischio, in linea di massima, includono agenti occupazionali, inquinamento indoor da combustibili da cucina e fumo di tabacco, esposizione ambientale agli inquinanti atmosferici da combustione di combustibili fossili e veicolari, bioparticolato (come gli allergeni).

Circa il 90% dei cittadini europei è esposto a concentrazioni elevate di inquinanti dannosi per la loro salute, soprattutto nelle città, dove si verificano superamenti degli standard di qualità dell'aria per l'ozono, il biossido di azoto e il particolato (Corte dei Conti Europea, 2018).

Inoltre, i cambiamenti climatici colpiscono sia le persone che l'ambiente, poiché hanno il potenziale di alterare la prevalenza e la gravità di eventi meteorologici estremi come tempeste, inondazioni, siccità, caldo e ondate di freddo.

La prevalenza di malattie allergiche respiratorie e cutanee all'interno della popolazione generale in Europa è stata stimata al 40% ed è aumentata drammaticamente negli ultimi decenni (A. Haines et al., 2019, 263-73), con la conseguenza che gli esperti del settore parlano ormai di "epidemia allergica".

Poiché le allergie respiratorie sono dovute a fattori ambientali, il cambiamento dello stile di vita e le molteplici attività antropiche, che hanno causato un'alterazione dell'equilibrio normalmente esistente tra suolo, acqua e atmosfera, dando luogo al fenomeno del cambiamento climatico, incidono notevolmente sulla crescita esponenziale della patologia.

Le allergie respiratorie sono patologie a carico delle alte e basse vie aeree (rinite, rinosinusite, asma bronchiale) che riconoscono la loro etiopatogenesi nella reazione anomala del sistema immunitario all'inalazione di allergeni (pollini di piante erbacee e arboree, acari della polvere domestica, muffe, derivati epidermici di animali) e che si manifestano con sintomi, talora molto gravi, a carico del naso e dei bronchi.

Il ruolo del cambiamento climatico e dell'inquinamento atmosferico sulle patologie respiratorie è oggi a tutti noto, anche alla luce del loro notevole incremento.

Per quanto riguarda il cambiamento climatico, numerosi lavori scientifici hanno dimostrato come le mutate condizioni atmosferiche del Pianeta e gli eventi estremi (temporali, siccità, ondate di caldo e di freddo) che oggi si registrano, hanno modificato, sia quantitativamente che qualitativamente, la presenza di allergeni outdoor (in particolare i pollini delle piante) nell'atmosfera. In conseguenza del cambiamento del clima assistiamo oggi alla fioritura precoce e più duratura di molte specie di piante e alla diffusione di nuove specie ad alta potenzialità allergenica. Lake afferma che l'allergia al polline dell'Ambrosia diventerà un problema di salute comune in tutta Europa entro il 2041-2060, espandendosi. (I.R. Lake et al., 2017, 385-91).

Inoltre, è stato anche dimostrato che eventi climatici estremi, come gli intensi temporali, possono indurre modificazioni strutturali dei pollini delle piante che determinano un aumento della loro potenzialità allergenica (G. D'Amato et al., 2007, 11-6).

L' inquinamento atmosferico, sia degli ambienti outdoor (inquinamento di tipo industriale e veicolare, rappresentato principalmente da anidride carbonica, particolato e ozono), che indoor (primo tra tutti il fumo di tabacco) agisce sulle vi respiratorie attraverso un

meccanismo di stress ossidativo con conseguenti fenomeni infiammatori e danni funzionali, che si traducono in patologie respiratorie croniche che oggi sono tra le patologie più diffuse nella popolazione generale, con notevoli risvolti sociali ed economici.

Inoltre, in relazione alle allergie respiratorie è stato dimostrato che gli inquinanti interagiscono con gli allergeni potenziandone l'effetto sensibilizzante e quindi l'aumento della risposta infiammatoria con conseguente peggioramento delle condizioni cliniche.

Nell'aprile 2014, la Società Italiana di Allergologia, Asma e Immunologia Clinica (SIAAIC) ha istituito una Task Force (TF) su "Inquinamento Atmosferico e Cambiamenti Climatici".

Il progetto è articolato in tre fasi:

1) Costituzione di un gruppo multidisciplinare di esperti, comprendente figure accademiche, istituzionali e associative di alto profilo, che operano nel campo dell'inquinamento atmosferico e dei cambiamenti climatici a livello medico, legale, ambientale e istituzionale.
2) Raccolta di dati nazionali ed europei sull'inquinamento atmosferico e i cambiamenti climatici.
3) Redazione di un documento finale di delucidazione e sensibilizzazione sull'impatto dell'inquinamento atmosferico e dei cambiamenti climatici sulle malattie allergiche e immunologiche.

Uno dei prodotti della TF SIAAIC è l'"Allergy Safe Tree Decalogue", un modello che può essere utilizzato per la prevenzione primaria in ambiente urbano. (V. Patella et al., 2018, 20).

5. Conclusioni e prospettive future

L'impatto del cambiamento climatico e dell'inquinamento atmosferico sulla salute dell'uomo, in particolare per quanto riguarda le patologie respiratorie, è sicuramente un dato accertato. È necessario però essere cauti nell'attribuire unicamente alle attività umane la responsabilità dei danni alla salute. Rinunciare al progresso in nome di una strenua difesa del diritto alla vita è un atteggiamento estremistico dal quale prendere le distanze. Come sempre succede "in medio stat virtus"! Tra coloro che condannano l'uomo per essere responsabile del cambiamento climatico e delle conseguenze sulla salute, e quelli che lo assolvono nella convinzione della ciclicità del fenomeno a cui noi oggi assistiamo e che è sempre esistito, ci

sono gli studiosi che, con atteggiamento critico ma non demolitivo, affrontano le varie problematiche connesse tra cambiamento climatico e salute cercando di tutelare e garantire contemporaneamente il benessere fisico e quello sociale.

Per affrontare tutto ciò sono necessari dati completi sull'esposizione. Per descrivere l'esposizione complessiva ai rischi ambientali dal concepimento in avanti è stato coniato il termine "Esposoma". Utilizzando approcci statistici innovativi, i ricercatori di tutto il mondo stanno provando ad associare le esposizioni ambientali multiple e combinate alla salute. Nel 2020 l'Unione Europea (UE) ha lanciato l'European Human Exposome Network (EHEN) per affrontare i problemi legati ad ambiente e salute. L' Intelligenza Artificiale (AI) e il Machine Learning (ML) rappresentano il futuro del settore della valutazione del rischio e del monitoraggio ambientale, al fine di preservare la biodiversità, la salute dell'uomo e del Pianeta sul quale vive. (L. Berrang-Ford et al., 2021, 514-25), (V. Patella et al., 2020, 938-45)

Il ruolo delle Istituzioni è decisivo per contrastare l'inquinamento atmosferico e il cambiamento climatico e limitarne le conseguenze sulla salute. Altrettanto importante è il grado di consapevolezza dei cittadini e dei professionisti del settore. La complessità del fenomeno e i relativi sforzi di mitigazione e adattamento richiedono risposte complesse da parte di diversi settori della società.

6. Bibliografia

Atkinson R.W., Mills I.C., Walton H.A., Anderson H.R., *Fine particle component and health – a systematic review and meta-analysis of epidemiological time series studies of daily mortality and hospital admissions*, J Expo Sci Environ Epidemiol 2015 Mar-Apr;25(2):208-14

Berrang-Ford L., Sietsma A.J., Callaghan M., Minx J.C., Scheelbeek P.F.D., Haddaway N.R., Haines A., Dangour A.D., *Systematic mapping of global research on climate and health: a machine learning review,* Lancet Planet Health 2021 Aug; 5(8): 514-25

COP 21, 2015, *"The Paris Agreement" of the United Nations Framework on Climate Change Conference (UNFCCC) Of the Parties (COP) 21st meeting.*

D'Amato G., Liccardi G., Frenguelli G., *Thunderstorm-Asthma and Pollen Allergy*, Allergy 2007; 62: 11-6

Fiore A.M., Naik V., Leibensperger E.M., *Air quality and climate connections*, J Air Waste Manag Assoc 2015Jun; 65(6): 645-85

Füssel H.M., Jol A., Marx A., Hildén M., *Climate change, impact and vulnerability in Europe 2016: an indicator-based report*, Report coordination: European Environmental Agency Report 1/2017

Giddens A., *The politic of climate change. National Responses to the Challenge of Global Warming*, Policy Network, London, 2008

Haines A., Ebi K., *The Imperative for Climate Action to protect Health*, N Engl J Med 2019; 380: 263-73

Holz O., Mücke M., Paasch K., Böhme S., Timm P., Richter K., Magnussen H., Jörres R.A., *Repeated ozone exposures enhance bronchial allergen responses in subjects with rhinitis or asthma*, Clin Exp Allergy 2002 May; 32(5): 681-9

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Group I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, RK Pachauri and LA Meyer (eds)], IPCC, Geneva, Switzerland, pp.151.

Lake I.R., Jones N.R., Agnew M., Goodess C.M., Giorgi F., Hamaoui-Laguel L., Semenov M.A., Solmon F., Storkey J., Vautard R., Epstein M.M., *Climate Change and Future Pollen Allergy in Europe*, Environ Health Perspect 2017 Mar; 125(3): 385-91

Liu Y., Pan J., Zhang H., Shi C., Li G., Peng Z., Ma J., Zhou Y., Zhang L., *Short-Term Exposure to Ambient Air Pollution and Asthma Mortality*, Am J Respir Crit Care Med. 2019 Jul 1;200(1):24-32

Patella V., Florio G., Magliacane D., Giuliano A., Crivellaro M.A., Di Bartolomeo D., Genovese A., Palmieri M., Postiglione A., Ridolo E., Scaletti C., Ventura M.T., Zollo A., *Air Pollution and Climate Change Task Force of the Italian Society of Allergology, Asthma and Clinical Immunology (SIAAIC). Urban air pollution and climate change: "The Decalogue: Allergy Safe Tree" for allergic and respiratory diseases care*, Clin Mol Allergy. 2018 Sep 11; 16:20

Patella V., Florio G., Palmieri M., Bousquet J., Tonacci A., Giuliano A., Gangemi S., *Atopic dermatitis severity during exposure to air pollutants and weather changes with an Artificial Neural Network (ANN) analysis*, Pediatr Allergy Immunol. 2020; 31(8): 938-45

Pénard-Morand C., Raherison C., Charpin D., Kopferschmitt C., Lavaud F., Caillaud D., Annesi-Maesano I., *Long-term exposure to close-proximity air pollution and asthma and allergies in urban children*, Eur respir J 2010 Jul; 36(1): 33-40

Platts-Mills T.A., *The role of indoor allergens in chronic allergic diseases*, J Allergy Clin Immunol 2007; 119: 297-302

Plinius the Younger, *Letter to Tacitus* (letter VI.16) 107 d.C., Rome, Italy.

Sokolowska M., Quesniaux V.F.J., Akdis C.A., Chung K.F., Ryffel B., Togbe D., *Acute Respiratory Barrier Disruption by Ozone Exposure in Mice*, Front Immunol 2019 Sep 13; 10: 2169

Wolf J., O'Neill N.R., Rogers C.A., Muilenberg M.L., Ziska L.H., *Elevated atmospheric carbon dioxide concentrations amplify Alternaria alternata sporulation and total antigen production*, Environ Health Perspect 2010 Sep; 118(9): 1223-8

Luisa Ricciardi

Api, Vespe e Calabroni; stop alla paura!

1. Introduzione. – 2. Api, Vespe e Calabroni: il pungiglione. – 3. Consigli pratici per evitare la puntura. – 4. Effetti indotti da puntura di Imenotteri. – 5. Quali sono le componenti del Veleno di Api, Vespe e Calabroni? – 6. Reazioni allergiche a punture di Api, Vespe e Calabroni. – 7. Come indurre tolleranza al veleno di Api, Vespe e Calabroni. – 8. Api, Vespe e Calabroni: stop alla paura!

1.Introduzione

Gli imenotteri sono insetti che comprendono Apidi e Vespidi. I principali Apidi sono l'Apis mellifera o semplicemente ape, la comunemente nota ape da miele produttrice anche della cera, e il Bombus Terrestris o Bombo, mentre i Vespidi sono la Vespula species o Giallone, il Polistes species e la Vespa Crabro o Calabrone.

Il ruolo svolto in natura dagli Apidi è più facilmente comprensibile, dato che le api contribuiscono all'impollinazione dei fiori anche presenti sugli alberi da frutta e i Bombi, essendo degli Apidi meno aggressivi e che non producono il miele, vengono utilizzati nelle serre per favorire l'impollinazione delle piante coltivate in questo tipo di allestimento.

I Vespidi solitamente sono gli insetti pungitori che spesso creano, a dir poco, disagio in chi si vede svolazzare attorno queste bestiole, anche se va sempre ricordato che gli Imenotteri in generale pungono per difesa e quindi la loro puntura potrebbe essere evitata.

Il ruolo primario dei vespidi non è quello di importunare chi si trova in campagna, al mare o al mercato rionale vicino ai rivenditori di carne, pesce, frutta o verdura. Vespe e Calabroni hanno, infatti, un ruolo fondamentale come antiparassitari naturali. A loro volta rientrano nell'equilibrio dell'eco-sistema perché sono vittima di predatori soprattutto volatili contribuendo al loro fabbisogno nutrizionale.

2. Api, Vespe e Calabroni: il pungiglione

Il pungiglione negli insetti pungitori ha delle caratteristiche diverse tra loro.

Nei Vespidi è un aculeo che fa parte dell'apparato riproduttivo e in questo caso il pungiglione è liscio; quindi, i Vespidi, dopo la puntura e l'inoculo del veleno contenuto nei sacchi veleniferi, possono volare via dalla loro preda e magari proseguire a breve distanza di tempo con un'altra puntura. I Vespidi, quindi, risultano più aggressivi degli Apidi pungendo con una frequenza maggiore.

Gli Apidi invece sono dotati di un pungiglione seghettato che è parte integrante dei visceri dell'insetto; quindi, dopo la puntura, che nel caso dei bombi avviene molto raramente e nel caso delle api avviene solo per difesa se l'insetto avverte una reale minaccia per l'alveare. In questo caso poiché il pungiglione è seghettato, rimane infisso nella cute dell'uomo o dell'animale dopo la puntura, e l'ape si eviscera morendo.

3. Consigli pratici per evitare la puntura

Api, Vespe e Calabroni sono, quindi, insetti pungitori; capita spesso in primavera, estate e autunno di essere esposti alle punture di questi insetti. Di solito le reazioni sono lievi, più fastidiose che pericolose con un "rash" pruriginoso che scompare in poco tempo, ma se le reazioni cutanee dopo una puntura di Ape, Vespa o Calabrone perdura per più di 24-48 ore ed è più estesa di 10 cm, potrebbe essere un segnale d'allarme per una possibile sensibilizzazione allergica.

E' possibile evitare di essere punti da questi insetti velenosi mettendo in atto delle semplici misure di buon senso, quali per esempio: evitare di indossare indumenti di colore sgargiante, quali soprattutto giallo, arancione, verde, che potrebbero richiamare i colori presenti in natura nelle piante erbacee e arboree; evitare di indossare profumi o creme cosmetologiche profumate quando ci si trova in mezzo alla natura o anche sulla spiaggia dove i vespidi, che sono carnivori, vengono attratti dai residui di pesci morti trascinati dalle onde del mare sulla battigia; evitare movimenti bruschi che fanno reagire maggiormente gli insetti poiché innescano punture di difesa; mai distruggere i nidi di Apidi e Vespidi che al loro interno contengono un numero elevatissimo di insetti che potrebbero attaccare chi li ha minacciati.



4. Effetti indotti da puntura di Imenotteri

Una reazione allergica in seguito alla puntura di un insetto dotato di pungiglione e quindi in grado di iniettare il veleno fu riportata come presente sull'epitaffio della tomba del Faraone Menes nell'antico Egitto. Qualche decennio addietro però questa interpretazione dell'epitaffio fu smentita. In ogni caso, l'ipotesi più diffusa è che le reazioni alla puntura di Api, Vespe e Calabroni non sia una conseguenza né dell'inquinamento atmosferico né dei cambiamenti climatici ma piuttosto un'arma di difesa di questi piccoli esseri viventi per attaccare animali ad esseri umani di dimensioni notevolmente maggiori rispetto ad essi.

Se malauguratamente si è vittima di una puntura occasionale di Imenottero è prevedibile che si avverta una sensazione di bruciore nel sito della puntura e che localmente la cute si possa arrossare e lievemente gonfiare. Queste reazioni definite come prevedibili e normali sono indotte da alcune sostanze ad effetto irritante contenute nel veleno, quali le amine biogene. Queste sono istamina, dopamina e noradrenalina che hanno una azione vasodilatatrice e di attivazione delle terminazioni nervose. Ma le sostanze contenute nel veleno di Imenotteri che possono sensibilizzare soggetti predisposti geneticamente e indurre la produzione delle immunoglobuline che provocano la sensibilizzazione allergica, cioè le IgE, sono diversi tipi di proteine.

5. Quali sono le componenti del Veleno di Api, Vespe e Calabroni?

Nel veleno delle Api con tecniche di estrazione proteica in immunoelettroforesi si evidenzia la presenza soprattutto di Fosfolipasi A2 o Api m 1, Ialuronidasi o Api m 2, Fosfatasi o Api m 3, Mellitina o Api m 4 , Icarpina o Api m 10.

Nel veleno dei Vespidi le proteine sono simili ma hanno denominazioni diversa a secondo che si tratti di veleno di Vepuls species, Polistes species o Vespa crabro. Nel veleno di Vespula species o Vespula vulgaris si riscontrano Fosfolipasi A1 o Ves v 1, Ialuronidasi o Ves v 2, Antigene 3 o Ves v 3 e l'Antigene 5 o Ves v 5. Altri Vespidi solo il Polistes o Vespa cartonaia, rappresentata in Europa dal Polistes dominulus e gallicus il cui veleno contiene Fosfolipasi A o Pol d 1 simile alla Fosfolipasi A del veleno di Vespula, Dipeptidilpeptidasi o Pol d 3 e l'Antigene 5 o Pol d 5. Il veleno del Calabrone noto anche come Vespa Crabro o Vespa mandarina si riscontrano Fosfolipasi A1 o Vesp c 1, Ialuronidasi o Vesp ma 2, Antigene 5 o Vesp c 5.

Tutte queste proteine ma soprattutto le Fosfolipasi, la Mellitina e l'Antigene 5 possono reagire con il sistema immunitario del soggetto allergico, già precedentemente sensibilizzato da una prima puntura occasionale o da diversi episodi di puntura occasionale, provocando la reazione allergica.

6. Reazioni allergiche a punture di Api, Vespe e Calabroni

Le manifestazioni allergiche possono essere cutanee con interessamento o meno delle mucose, con comparsa di pomfi pruriginosi più o meno confluenti e possibile gonfiore vistoso, la cosiddetta reazione di orticaria-angioedema, interessare l'apparato respiratorio con difficoltà a respirare e l'apparato cardiovascolare con ipotensione, tachicardia e possibile shock anafilattico con perdita di conoscenza.

È questa l'evenienza più temuta che può avvenire in seguito alla puntura di imenottero, ma oggigiorno questa grave reazione allergica può essere evitata grazie alla possibilità di intervenire immediatamente con la somministrazione di adrenalina contenuta in auto-iniettori, facili e intuitivi da utilizzare. L'auto-iniettore si attiva grazie alla pressione di un bottone che permette di veicolare una quantità predosata e stabile a temperatura ambiente di adrenalina, necessaria a superare la reazione allergica e avere la possibilità di recarsi al più

vicino Pronto Soccorso per il monitoraggio dei parametri vitali ed eventuale terapia dell'emergenza. La somministrazione di adrenalina, in seguito alla comparsa dei sintomi di reazione allergica grave o anafilassi, è di fondamentale importanza e deve avvenire non appena il paziente avverte sintomi quali, il venir meno delle forze e dello stato di coscienza, un forte senso di costrizione alla gola, difficoltà ad eseguire gli atti del respiro con sensazione di fame d'aria.

L'adrenalina con la sua azione a livello dei vasi sanguigni provoca vasocostrizione riportando la pressione a livelli normali e a livello dell'apparato respiratorio nei bronchi induce broncodilatazione con risoluzione della difficoltà respiratoria, stabilizzando i segni e sintomi dell'anafilassi e permettendo al soggetto allergico di riprendersi dall'anafilassi, ricevere soccorso dal 118 o recarsi al più vicino presidio di Pronto Soccorso.

Ma la possibilità di intervenire sui meccanismi che inducono la sensibilizzazione allergica e quindi la reazione allergica in seguito a puntura di Api, Vespe, e Calabroni è fornita dalla possibilità di indurre desensibilizzazione e quindi tolleranza nei confronti del veleno di Imenotttero con una terapia che agisce sul sistema immunitario, cioè l'Immunoterapia specifica.

7. Come indurre tolleranza al veleno di Api, Vespe e Calabroni

L'Unità Operativa di Allergologia e Immunologia Clinica della Azienda Ospedaliera Universitaria, Policlinico G.Martino di Messina, diretta dal Prof. Sebastiano Gangemi, è Centro di riferimento nella regione Sicilia per la diagnostica e la cura delle reazioni allergiche da punture di Api, Vespe e Calabroni. Dopo avere verificato l'allergia si avvia il trattamento con Immunoterapia specifica con estratto di Veleno di Imenotteri; questa terapia è considerata salva-vita per la sua elevata efficacia nell'indurre tolleranza alle successive punture di imenottero.

L'estratto di veleno utilizzato per l'immunoterapia specifica è ottenuto dal veleno della specie di Imenottero verso cui il paziente ha sviluppato allergia. Il veleno di imenottero prima di essere utilizzato per produrre l'immunoterapia specifica viene purificato dalle sostanze irritanti quali le amine biogene, e sottoposto a metodiche di immunofissazione proteica in modo che il prodotto finale possa contenere le proteine che esprimono i peptidi immunogeni

in grado di modificare lo stato di iperreattività allergica disattivando i meccanismi di risposta allergizzante e attivando i meccanismi di controllo della risposta immune.

Una novità recente riguardante l'immunoterapia specifica con estratto di veleno di Apis mellifera e di Vespula species è che questo trattamento è stato riconosciuto dall'AIFA, Agenzia Italiana del Farmaco, quale trattamento dispensabile agli allergici alle punture di api e vespe in seguito a prescrizione specialistica da parte di un Allergologo e Immunologo Clinico, dei prodotti che sono stati registrati in fascia H, quindi a somministrazione ospedaliera, senza che il paziente debba pagare il costo del trattamento, come è invece avvenuto nell'ultimo decennio in alcune regioni d'Italia compresa la Siclia. Finalmente, infatti, anche soggetti allergici che per motivi economici avevano dovuto rinunciare a questo trattamento salva-vita, finalmente possono essere seguiti anche presso il nostro centro al Policlinico di Messina presso il quale da circa 30 anni i pazienti che hanno subito una reazione allergica in seguito alla puntura di imenottero possono essere presi in carico per risolvere questa problematica allergologica.

8. Api, Vespe e Calabroni: stop alla paura!

Primavera, estate e autunno sono stagioni caratterizzate da condizioni climatiche temperate in cui può capitare di essere esposti alle punture di questi insetti.

Con questo breve trattato ho voluto fornire delle informazioni generali riguardanti gli insetti pungitori dell'ordine degli Imenotteri, cioè Api, Vespe e Calabroni, insieme ad informazioni su come evitare possibili punture occasionali ed eventualmente in quali casi ricorrere ad una valutazione presso il più vicino Pronto Soccorso in seguito areazioni allergiche. La valutazione nell'emergenza deve sempre essere seguita, però, da una valutazione specialistica da parte di un Allergologo e Immunologo Clinico che potrà eseguire le indagini diagnostiche ed prescrivere eventuali trattamenti necessari quali l'autoiniettore di adrenalina e l'immunoterapia specifica con estratto di veleno.

Il ruolo dell'Allergologo e Immunologo Clinico è inoltre quello di fornire e divulgare le conoscenze relative alle reazioni che possono presentarsi in seguito ad una puntura di Imenottero. Con questa finalità insieme ad alcuni specializzandi della Scuola di Specializzazione in Allergologia e Immunologia Clinica dell'Università di Messina i dottori

Luca Gammeri, Silvia Brunetto e Federica Buta abbiamo partecipato di recente, sotto l'egida di "Mednight" il gruppo che ha partecipato alla Notte Mediterranea delle Ricercatrici '22, all'incontro "Eco Festival Social Green Day" tenutosi a Messina il 23 Maggio u.s. organizzato dal Comune di Messina per informare i bambini, i giovani e gli adulti sugli Imenotteri e su come affrontare i possibili rischi legati alle punture di questi insetti aculeati.



Nella foto al centro la prof.ssa Luisa Ricciardi e a sinistra i dottori Luca Gammeri e Silvia Brunetto e a destra la dott.ssa Federica Buta davanti ad un banchetto informativo allestito per far conoscere a bambini, giovani e adulti gli imenotteri di interesse allergologico.

Elisa Venera Ruello - Francesca Maria Salmeri - Carlo Sansotta

TATUAGGI: RISCHI POCO CONOSCIUTI

1. Introduzione – 2. Che cosa è un tatuaggio? – 3. Gli inchiostri dei tatuaggi – 4. La normativa – 5. Rischi – 6. L'interazione di tipo meccanico per strofinio e le ferite sul tatuaggio – 7. L'esposizione al Sole e ad altre fonti di energia a fini estetici – 8. La diagnostica e gli esami medici in presenza di tatuaggi – 9. La terapia mediante strumentazioni elettromedicali – 10. Come rimuovere un tatuaggio – 11. Si può lavorare avendo un tatuaggio? – 12. Studi epidemiologici – 13. Conclusioni e commenti finali. – 14. Bibliografia.

1. Introduzione

Perché farsi praticare un tatuaggio? Per essere più affascinanti o misteriosi? O più belli? Per deviare l'attenzione sul disegno e distoglierla da altri lati del nostro fisico? Per pubblicizzare la nostra appartenenza ad un gruppo? La risposta che potremmo provare a dare dipende anche dal periodo storico riguardo al quale ci poniamo la domanda. Si comincia dalla preistoria, si continua nell'antico Egitto si passa per gli antichi Romani, i tatuaggi erano praticati a giustificazione della ritualità religiosa o magica, dello status sociale, erano una specie di carta di identità tuttora valida dal momento che i reperti ce ne parlano. Nel passato non lontano invece il tatuaggio poteva essere un numero che i deportati di alcuni campi di prigionia, avevano sul braccio. Tra i marinai erano il simbolo dell'andata e la speranza del ritorno da un lungo viaggio in mare e tra i pirati il teschio con le tibie o le spade incrociate sembra significasse avventura e libertà ma anche nessuna disponibilità ad adattarsi alle leggi ed alle regole della vita civile. La bandiera con il jolly roger avvisava le altre navi che si sarebbero trovate di fronte ad un gravissimo pericolo. Non a caso lo stesso simbolo lo adottiamo ai nostri giorni per indicare ed avvisare di un pericolo letale collegato a fattori chimici o fisici.

E se il simbolo, (o un altro disegno) fosse in realtà pericoloso in sé stesso quando è un tatuaggio in vivo sulla pelle umana? Lasciamo un attimo in sospeso questa domanda e procediamo per gradi anche perché sarebbero troppi gli esempi e le osservazioni in proposito.

2. Che cosa è un tatuaggio?

I tatuaggi sono definiti come una forma invasiva di body-art che implica l'iniezione di misture chimiche, dette inchiostri, negli strati superiori del derma[1]. La popolarità dei tatuaggi è in forte crescita in tutti i ceti della popolazione e soprattutto nelle fasce di età giovanili.

Le pratiche più recenti e utilizzate in occidente vedono l'utilizzo di un dispositivo elettrico, cui sono fissati degli aghi in numero vario a seconda dell'effetto desiderato; il movimento del dispositivo permette l'entrata degli aghi nella pelle, i quali depositano l'inchiostro nel derma. Come risultato si ha un disegno, il tatuaggio, quasi sempre permanente, in tonalità di grigio o di colore.

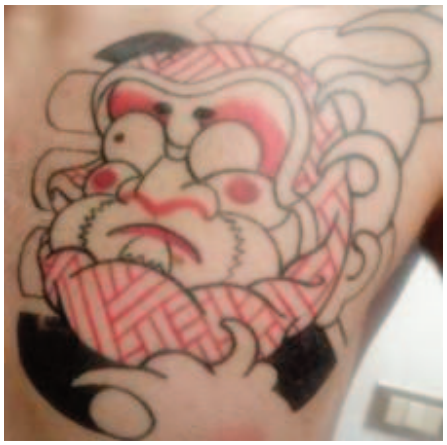


Fig. 1 – Esempio di tatuaggio (Danilo, 20 anni)

Il microblading si usa spesso per il trucco cosmetico semipermanente e consiste in una sorta di graffiatura che consente di iniettare l'inchiostro nella parte più superficiale del derma.

I tatuaggi decorativi, sempre più comuni, e il loro aumento, in numero ma anche in estensione, sulla pelle dell'individuo, deve fare riflettere, non solo sulla compromissione della salute del portatore, ma anche sull'impatto che ciò può avere dal punto di vista medico-sanitario.

3. Gli inchiostri dei tatuaggi

Gli inchiostri sono definiti come preparati costituiti da pigmenti insolubili in acqua composti da particelle nanometriche/micrometriche e sostanze ausiliarie, che includono, ad esempio, emulsionanti, solventi e conservanti che servono a diluire i coloranti in una matrice liquida per rendere più uniforme la loro distribuzione. Gli inchiostri neri, ad esempio, contengono particelle di carbonio (fuliggine), gli inchiostri rossi contengono ossido di ferro (ruggine), o composti del mercurio come il cinabro, altamente tossico. Altri inchiostri possono

[1] Il derma è la parte della cute situata sotto l'epidermide che comprende anche capillari, nervi e bulbi piliferi

contenere metalli come alluminio, titanio, nichel, cromo, cobalto. I pigmenti organici sono i meno pericolosi e riducono la possibilità di interferire con trattamenti terapeutici (fisioterapia, radioterapia oncologica) e diagnostici (Risonanza Magnetica).

Alcuni inchiostri possono contenere idrocarburi policiclici aromatici (PAH) a concentrazioni che vengono considerate cancerogene. Numerosi studi riportano reazioni avverse soprattutto agli inchiostri nero e rosso (fotosensibilità, prurito, eruzioni cutanee, granulomi, pseudolinfomi). Le reazioni allergiche possono manifestarsi anche dopo anni.

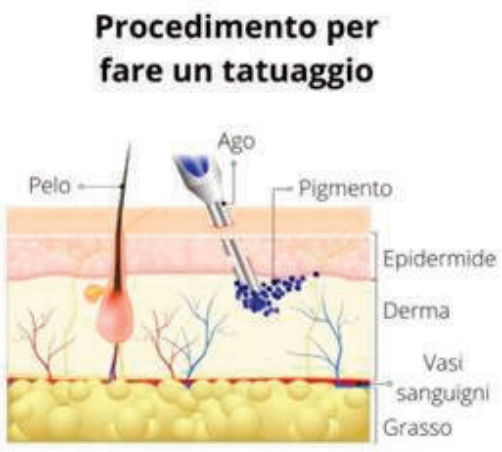


Fig. 2 – Rappresentazione schematica di una sezione del derma con evidenziato l'inserimento dell'inchiostro

I pigmenti colorati sono composti che si disperdono ma non reagiscono con il solvente per dare all'inchiostro un colore specifico. Pertanto, sono più sicuri dei normali coloranti che necessitano di un supporto chimico o fisico per depositarsi sulla pelle e colorarla in modo permanente. Il vettore di colore è un insieme di sostanze che trasportano il pigmento nella pelle. Una sostanza presente nella maggior parte degli inchiostri per tatuaggi, aggiunta come solvente e per renderli sterili è l'isopropanolo, classificato tra le sostanze potenzialmente cancerogene ma vietato dal gennaio 2022.

Ogni inchiostro dovrebbe essere corredato da documentazione che ne specifici gli ingredienti.

Ma che destino hanno queste sostanze iniettate nel derma?

I pigmenti di inchiostro sono troppo grandi per poter essere fagocitati dai globuli bianchi e rimangono all'interno della pelle. Potrebbe però succedere che, a lungo termine, le particelle di inchiostro migrino nel derma reticolare rendendo sfumato il tatuaggio o, peggio, lascino la pelle per essere veicolate nei capillari e trasportate nei linfonodi. Ad una PET-TC[2] i linfonodi

[2] Indagine diagnostica che si avvale di radionuclidi per evidenziare eventuali patologie tumorali.

contenenti inchiostro possono essere considerati, a torto o ragione, coinvolti in patologie tumorali.

4. La normativa

Ormai da alcuni decenni si è accesa l'attenzione sugli inchiostri, che possono rappresentare un rischio per la salute del consumatore, e sulla importante formazione dei tatuatori.

Notevole chiarezza è stata introdotta dalla Risoluzione del Consiglio Europeo sui requisiti e i criteri per la sicurezza dei tatuaggi e del trucco permanente ResAP (2008)1 del 20 febbraio 2008, che fornisce l'elenco delle sostanze vietate, la tipologia dell'etichettatura degli inchiostri e stabilisce che lo specialista in tatuaggi deve fornire al consumatore informazioni complete, affidabili e comprensibili sui rischi dei tatuaggi, i possibili fenomeni di ipersensibilità, sul trattamento successivo all'esecuzione del tatuaggio, sulla reversibilità e rimozione del tatuaggio, e, infine, sulla necessità di consultare un medico in caso di complicazioni.

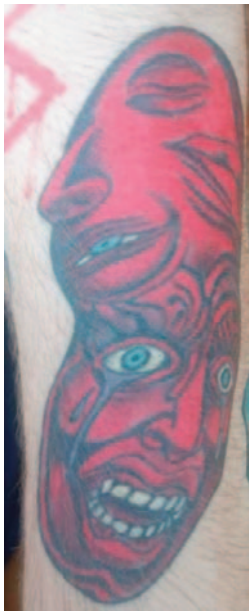


Fig. 3 – Tatuaggio

Dal 4 gennaio 2022, è entrata in applicazione la nuova restrizione[3] che si applica alle miscele di inchiostri per tatuaggio e trucco permanente, a seguito dell'adozione del Regolamento dell'unione europea (CE) No. 2081/2020 che modifica l'Allegato XVII del Regolamento REACH[4].

A partire da questa data non è possibile immettere sul mercato miscele destinate alle pratiche di tatuaggio che non siano conformi alle prescrizioni del suddetto Regolamento. La restrizione REACH riguarda migliaia di sostanze che possiedono una classificazione, armonizzata a livello europeo, di pericolo, riportata dall'Allegato VI del Regolamento 1272/2008 (CLP) e le sostanze che sono elencate negli Allegati II ("Elenco delle sostanze vietate nei prodotti cosmetici") e IV ("Elenco dei coloranti che possono essere contenuti nei prodotti cosmetici") del Regolamento (CE) No. 1223/2009 sui prodotti

[3] (voce N.75) del Regolamento (CE) No. 1907/2006 (REACH)

[4] La sigla REACH deriva dall'inglese e indica «registrazione, valutazione, autorizzazione e restrizione delle sostanze chimiche». Tale regolamento è entrato in vigore in data 1giugno 2007.

Cosmetici, insieme alle sostanze elencate in Appendice 13 del Regolamento REACH. I limiti di concentrazione sono stabiliti sulla base della pericolosità delle sostanze e dalle prescrizioni stabiliti dal Regolamento sui Prodotti Cosmetici. Sono contemplate anche le sostanze cancerogene e mutagene che possono essere presenti anche se a una concentrazione infinitesima.

Tra gli obblighi a carico dei produttori, vi è anche quello riportare sull'imballaggio la dicitura "miscela per tatuaggi o trucco permanente", di indicare l'elenco completo degli ingredienti, la presenza di nichel e cromo, e di conformarsi alle prescrizioni in materia di etichettatura a norma del Regolamento CLP (Classification, Labelling and Packaging of substances and mixtures) che definisce i criteri di classificazione di pericolo delle sostanze e delle miscele, la loro etichettatura e il loro imballaggio.

Non sono più tollerate indicazioni incomplete degli ingredienti o indicazioni errate di uno o più pigmenti. Dal punto di vista del rischio biologico, rimane obbligatoria l'indicazione in etichetta della data di durata minima e della garanzia di sterilità del contenuto.

In tale contesto, i tatuatori dovrebbero fornire alla persona che si sottopone alla pratica le informazioni indicate sull'imballaggio o incluse nelle istruzioni per l'uso. In questo modo il consumatore potrà riconoscere le sostanze che per motivi di salute deve evitare, ad esempio, perché causa di probabili allergie.

La restrizione consente al Ministero della Salute, in qualità di Autorità competente REACH, di attivare i controlli e i monitoraggi sul territorio nazionale attraverso la rete dei laboratori che operano nell'ambito REACH-CLP e di cui il Centro Nazionale Sostanze Chimiche, Prodotti Cosmetici e Protezione dei Consumatori dell'ISS è il laboratorio nazionale di riferimento.

Le normative, dunque, esistono ed è inoltre utile sapere che relativamente all'esecuzione dei tatuaggi, in Italia sono abilitati ad effettuare tale pratica solo coloro che sono in possesso dell'attestato di frequenza di uno specifico corso di formazione regionale e che operino nel rispetto dei requisiti igienico-sanitari previsti dalle linee guida del Ministero della Salute.

Sempre più diffusa la tecnica di trucco permanente, detta Permanent Make-Up (PMU), anch'essa rientrante nelle normative su inchiostri e tatuaggi, tramite la quale si possono

ridisegnare e colorare le labbra, le sopracciglia o le linee intorno agli occhi proprio come con il trucco cosmetico. I pigmenti colorati sono simili a quelli usati per i tatuaggi.

I tatuaggi della pelle possono essere praticati anche per fini medici come circoscrivere l'area per un trattamento di radioterapia oncologica o per disegnare l'areola mammaria dopo una mastectomia. Nel caso della radioterapia o di altri utilizzi medico-chirurgici il tatuaggio può essere però effettuato con un pennarello dermografico che si potrà cancellare.

Esiste la possibilità di creare elettrodi conformabili sotto forma di tatuaggi da applicare sull'avambraccio e sul pollice (e-tattoos) per la diagnostica elettromiografica che possono essere riutilizzabili a distanza di qualche settimana

5. Rischi

a) rischi a breve termine

Intendiamo quelli contemporanei all'esecuzione del tatuaggio o che si possono verificare in un breve periodo di tempo successivo all'esecuzione. Il rischio di infezione, virale o batterica, della zona tatuata, quello di reazione allergica con prurito o rigonfiamento della zona, reazioni infiammatorie non allergiche (granuloma cutaneo e pseudolinfoma) fino ad arrivare allo shock anafilattico. È consigliabile sottoporre all'attenzione del medico la ferita che si verifica nei primi giorni dopo l'esecuzione del tatuaggio. Sbagliato è invece lasciarsi consigliare solo dal tatuatore, La caduta spontanea delle crosticine dovrebbe assicurare l'avvenuta guarigione.

Un recente articolo sulle reazioni agli inchiostri nel corso degli ultimi 25 anni dimostra che non basta sottoporsi ai Patch Test per essere sicuri di non essere sensibili ai componenti degli inchiostri

Questo tipo di Test, realizzati mediante cerotti applicati sulla pelle da tenere per circa 48 ore, con il fine di scatenare reazioni allergiche nel paziente e accertare quindi dermatiti da contatto, non sembra sia così utile così come non lo sono i Prick Test usati in genere per diagnosticare l'allergia agli alimenti

b) rischi a lungo termine

Se superiamo i danni a breve termine possiamo incorrere in effetti indesiderati dopo tempi lunghi. Come già detto gli inchiostri contengono ingredienti e contaminanti, micro e nano particelle che rimangono in permanenza nel derma ma anche ingredienti solubili che possono

migrare anche direttamente nel sangue e produrre reazioni allergiche perfino dopo settimane, mesi o anni. In questi casi è difficile identificare l'ingrediente che ha causato la reazione. L'interazione con sorgenti di energia che possono essere presenti nella vita quotidiana può costituire un problema.

La fototossicità, attivata dall'esposizione del tatuaggio alla luce solare, provoca danni alla pelle che possono sembrare una scottatura solare o un'eruzione cutanea. Ancora poco si conosce sulla biocinetica di molti pigmenti utilizzati, cioè sulla migrazione dei componenti degli inchiostri e la possibile conversione metabolica degli inchiostri stessi in sostanze tossiche. Le complicanze del tatuaggio sono talmente varie e sfaccettate con molte entità e meccanismi patologici che molti scienziati le studiano come una nuova sottospecialità della dermatologia.

6. L'interazione di tipo meccanico per strofinio e le ferite sul tatuaggio.

Che cosa accadrebbe se la zona tatuata fosse interessata da un trauma o da una lesione aperta della cute (come un taglio o un'abrasione)?

Nel caso di piccoli graffi, il processo di guarigione è rapido ma si potrebbe osservare una modesta attenuazione dei colori del tatuaggio. Se la ferita nella zona tatuata è profonda ed estesa, arrivando a danneggiare il derma sottocutaneo che ospita i pigmenti, il processo di guarigione è più lungo e impegnativo, il rischio che possano insorgere infezioni o residuare cicatrici è più elevato e inoltre, l'infiammazione che si sviluppa nella prima fase di guarigione delle ferite promuove la degradazione dei pigmenti che possono rilasciare sostanze allergizzanti, come frammenti dei pigmenti stessi oppure metalli presenti negli inchiostri come additivi. Ciò può indurre dermatiti da contatto che ostacolano ulteriormente il ripristino della cute della zona tatuata nell'immediato e possono causare problemi a lungo termine, i tessuti possono cicatrizzare in modo disordinato o eccessivo, dando luogo a cicatrici ipertrofiche o cheloidi.

Purtroppo, in caso di ferite di una certa importanza non è possibile prevedere a priori l'esito post-guarigione perché molto dipende da elementi individuali, come il tipo di cute e la predisposizione genetica allo sviluppo di cicatrici ipertrofiche, o elementi esterni come l'esposizione prolungata alla luce o la localizzazione del tatuaggio, che influenzano la reazione cutanea e gli effetti finali del processo di riparazione.

Benché i tatuaggi vengano utilizzati anche in ambito medico per migliorare l'aspetto di cicatrici chirurgiche, se un tatuaggio è stato rovinato da una cicatrizzazione eccessiva o imperfetta dopo una ferita, non è il caso di insistere con ulteriori inserimenti di inchiostro nel tentativo di coprirla, perché la cute potrebbe reagire in modo non ottimale e l'esito non essere migliore del danno iniziale.

Quindi una ferita sul tatuaggio, evento probabile, non va mai trascurata!

7. L'esposizione al Sole e ad altre fonti di energia a fini estetici

Il Sole è la fonte principale di energia che giunge sulla Terra filtrata dall'atmosfera.

L'energia è trasportata dai campi elettromagnetici[5] che comprendono tutte le frequenze, dalla luce visibile, alle radiazioni infrarosse a quelle ultraviolette, fino a quelle radiazioni dannose che possono attraversare l'atmosfera danneggiata dalle attività antropiche, ovvero il cosiddetto buco nell'ozono[6].

All'esposizione alla radiazione solare è collegata l'interazione con i tatuaggi e la cosa che ci preoccupa di più è lo sviluppo di tumori della pelle. Un rischio, anche se piccolo, è stato dimostrato per quanto riguarda il carcinoma a cellule basali[7]. Alcuni ricercatori sostengono che lo sviluppo di tale carcinoma all'interno di un tatuaggio sia solo una coincidenza ma altri studiosi sostengono che il trauma associato all'iniezione degli inchiostri o ai pigmenti colorati e/o all'interazione con le radiazioni ultraviolette, abbiano un ruolo cancerogeno per lo sviluppo del carcinoma. Anche se il rischio è piccolo e il processo di cancerogenesi resta da definire, nel dubbio, è meglio non esporre troppo a lungo i nostri tatuaggi alle radiazioni solari.

L'esposizione a fonti di energia per la cura del corpo ai fini estetici è un argomento difficile da affrontare perché coloro che si dedicano solo all'estetica si preoccupano molto del fatto che

[5] I campi elettromagnetici anche detti radiazioni o onde elettromagnetiche sono energie o perturbazioni che viaggiano alla velocità della luce. La luce visibile, così detta perché può essere vista dall'occhio umano, è un'onda elettromagnetica che parte dal Sole e arriva sulla Terra in circa 8 minuti attraversando il vuoto e l'atmosfera. Altre onde elettromagnetiche sono quelle calde dette Infrarossi e quelle responsabili dell'abbronzatura che fanno parte delle Ultraviolette

[6] Il buco nell'ozono è una riduzione dello strato di ozono (molecola formata da 3 atomi di ossigeno) che protegge la Terra dalle radiazioni ultraviolette più dannose. Sembra sia causato dai gas contenuti nelle bombolette spray e dalla produzione del polistirolo espanso.

[7] Il carcinoma a cellule basali o basocellulare (BCC) è causato da danni e successive modifiche del DNA alle cellule basali nello strato più esterno della pelle. L'esposizione alle radiazioni ultraviolette (UV) del sole e dei lettini solari è la principale causa di BCC e della maggior parte dei tumori della pelle.

possa essere danneggiato il favoloso tatuaggio ma non compromessa a loro salute. In genere costoro fanno riferimento solo alle raccomandazioni del tatuatore.

8. La diagnostica e gli esami medici in presenza di tatuaggi

Che ne pensereste se dopo avere aspettato tanto per essere sottoposti ad un esame di Risonanza Magnetica, il radiologo vi dicesse che non può eseguirlo perché avete un tatuaggio? Non è improbabile, perché una delle controindicazioni a questo esame è la presenza di tatuaggi. Nel modulo informativo che il paziente sottoscrive una delle voci riguarda tatuaggi e piercing non removibili.

Il forte campo magnetico nel quale il paziente viene posto agisce su tutto, perfino sui pigmenti degli inchiostri presenti nei tatuaggi che possono contenere metalli sensibili al campo magnetico o alle radiazioni elettromagnetiche usate per l'esame. Le possibili conseguenze: un forte riscaldamento dei tessuti del corpo del paziente, fino alle ustioni di secondo grado, oppure potrebbe essere compromessa la qualità delle immagini con il rischio di influenzarle negativamente e di dubbia interpretazione da parte del medico, il che non va bene quando si tratta di effettuare una diagnosi.

Nessun dubbio sul fatto che gli oggetti metallici non devono essere introdotti in sala magnete per evitare il pericolosissimo effetto proiettile[8]. I tatuaggi e i prodotti di make-up sono comunque un problema non secondario.

Si riporta, nella letteratura scientifica, il caso di un paziente con una tintura per capelli in polvere senza risciacquo che conteneva parecchi componenti metallici e produceva artefatti[9] nelle immagini del cranio

Guardando al futuro, le strumentazioni avranno campi magnetici sempre più intensi per diagnosi sempre più precise, anche per le malattie più nascoste, e ci domanderemo se i rischi aumenteranno o no.

[8] Si intende l'accelerazione impressa dal campo magnetico della macchina all'oggetto metallico che non può essere fermato e che si ferma solo sul macchinario dal quale non può più essere staccato. Un effetto calamita all'estrema potenza.

[9] Gli artefatti in un'immagine sono segnali che pur comparendo nell'immagine non rispecchiano strutture reali nel paziente.

Ancora: consideriamo che oggi è in aumento il numero di adolescenti e adulti con malattie cardiache congenite che hanno tatuaggi o piercing. In primis occorre considerare il fatto che i tatuaggi potrebbero causare infezioni locali e complicanze cardiache come, ad esempio, endocarditi; la loro localizzazione dovrebbe essere considerata attentamente perché potrebbe interferire con la risonanza magnetica cardiovascolare (CMR) che è una parte importante della diagnostica per questi pazienti. Al fine di informare meglio i pazienti i professionisti sanitari devono essere consci dei potenziali rischi che accompagnano l'implementazione dalla body-art.

9. La terapia mediante strumentazioni elettromedicali

Trascuriamo le applicazioni di cerotti, pomate, creme e lozioni a scopo terapeutico, su zone tatuate, perché non sembra siano stati evidenziati pericoli e trascuriamo pure le radioterapie per le patologie tumorali, perché speriamo siano casi estremi in cui non ci si pongono domande se applicarle o meno a causa di un tatuaggio.

Consideriamo invece le terapie fisiche strumentali, ovvero quelle cui le persone ricorrono spesso per disturbi muscolo–scheletrici, muscolari, tendinei, ai legamenti e alle articolazioni. Queste terapie si basano sull'efficacia della dose di energia, elettromagnetica o meccanica, che viene ceduta alla parte malata, dalle strumentazioni.

Come si fa a rimettere in forma uno sportivo che ha problemi muscolari o articolari? Servono massaggi, farmaci, bendaggi, ma soprattutto Magnetoterapia, TECAR-terapia, LASER-terapia e così via con altre terapie che utilizzano fattori fisici come le radiazioni elettromagnetiche. L'applicazione deve essere fatta sulla parte dolente, senza interporre indumenti, ma se la cute fosse tatuata? Sarebbe un'interfaccia indesiderata che potrebbe influire sull'efficacia della terapia o addirittura provocare complicanze?



Fig. 4 - Flittene causato da fototerapia a basso livello (da Ingenito T. Low level light therapy and tattoos: A case report. J Bodyw Mov Ther. 2016 Oct;20(4):748-750)

Allo stato attuale delle conoscenze la fisioterapia deve porsi i maggiori dubbi per potenziali eventi

avversi causati ad esempio dalle applicazioni del LASER[10] e della fototerapia con diodi ad emissione luminosa (LED) su zone di pelle tatuata; tralasciando gli effetti a lungo termine come avviene per l'esposizione al sole, la letteratura scientifica ha riportato alcuni casi in cui si sono verificate piccole ustioni di II grado con flittene[11], non giustificabili se non per la presenza del tatuaggio esposto alle radiazioni e supportati in questo dal fatto che la terapia con LASER o LED non riscalda i tessuti ma agisce sulle cellule stimolando le loro reazioni di vitalità e proliferazione oltre, sembra, la riparazione del DNA danneggiato.

10. Come rimuovere un tatuaggio

Anche la rimozione dei tatuaggi comporta rischi come il pericolo di comparsa di cicatrici e iper o ipopigmentazione della cute trattata. Fondamentalmente possono essere rimossi in due modi: uno meccanico ed uno chirurgico. Fra i metodi meccanici:

- la *salabrasione* che consiste nella cancellazione del pigmento attraverso la causticazione del tessuto utilizzando il cloruro di sodio. Oramai quasi completamente abbandonata perché molto spesso si formano cicatrici discromiche con residui di pigmento ed evidenti alterazioni della texture cutanea.
- la *dermoabrasione* che agisce sullo strato superficiale della cute fino ad arrivare al pigmento contenuto nel derma mediante l'uso di frese rotanti.

Fra i metodi chirurgici:

- la *criochirurgia*, utilizzata con ottimi risultati per la distruzione di verruche, neoformazioni tumorali benigne e maligne; agisce attraverso la necrosi dei tessuti interessati dal tatuaggio tramite applicazione di azoto liquido; attualmente poco praticata perché, oltre ad una guarigione molto lenta, procura una distruzione non selettiva dei tessuti spesso con esiti cicatriziali indesiderati e discromici
- l'*asportazione chirurgica*: impiegata per rimuovere piccoli tatuaggi e presenti in aree del corpo facili da trattare; in caso di reazione allergica l'escissione chirurgica o dermatome

[10] LASER è acronimo della frase Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (Amplificazione della luce mediante emissione stimolata di radiazioni). La radiazione emessa non contiene tutti i colori come quella del Sole ed è concentrata su una zona molto piccola. Con questo nome si indica anche lo strumento che emette la radiazione LASER

[11] La flittene è una lesione della pelle che si presenta rigonfia e contiene un liquido sieroso, dovuta a scottatura o a sfregamento.

shaving viene impiegata poiché nessun residuo di pigmento e/o prodotti di degradazione vengono lasciati nella pelle.

- *sostanze chimiche*: si basano sull'impiego di sostanze e preparati chimici con implicazioni di differente rilevanza sanitaria. Le sostanze utilizzate in passato (nitrato d'argento, acido tannico, fenolo, ecc) causavano, comunque, profonde cicatrici.
- *LASER*: il loro utilizzo è sicuramente il più efficace. I laser emettono l'energia luminosa con lunghezze d'onda variabili[12]; si applica la "foto termolisi selettiva" che consente il *targeting* selettivo dei coloranti del tatuaggio senza distruggere la pelle. Il colorante viene frammentato e quindi eliminato dal sistema immunitario. In genere occorrono da quattro a dieci sedute per eliminare un tatuaggio. In alcuni casi, la rimozione completa non viene mai raggiunta (in particolare per i tatuaggi multicolori), oppure per eliminare completamente un tatuaggio multicolore può occorrere più di un sistema laser. Tatuaggi eseguiti da tatuatori professionisti in genere sono più difficili da rimuovere a causa della profondità di deposizione e della concentrazione dei pigmenti.

11. Si può lavorare avendo un tatuaggio?

A conti fatti, le uniche professioni o mestieri in cui i tatuaggi sono vietati sono quelli inerenti alla Pubblica Sicurezza, quindi: Forze di Polizia e Forze Armate (Polizia, Esercito Italiano, Carabinieri e Guardia di Finanza in particolare). In realtà le cose cambiano anche in questo contesto e si accettano tatuaggi piccoli e in punti nascosti e molti aspiranti si fanno praticare i tatuaggi dopo avere superato le prove di ammissione.

12. Studi epidemiologici

Nel caso della distribuzione dei tatuaggi nelle popolazioni, considerando anche le età e lo sviluppo di patologie, ci sono numerosi studi che legano queste variabili ma la statistica non contribuisce ancora a fare chiara luce su tali legami. Uno degli ultimi in ordine cronologico è uno studio il cui fine è proprio quello di sviluppare e convalidare uno strumento per l'autovalutazione delle caratteristiche del tatuaggio in vari gruppi di persone tatuate. Tale strumento potrà essere utilizzato negli studi epidemiologici per la ricerca medica finalizzata a

[12] Come dire che cambia il colore della radiazione, o luce, che il LASER emette.

valutare l'esposizione all'inchiostro e correlarla alle patologie che potrebbero essersi sviluppate.

13. Conclusioni e commenti finali

Il tatuaggio è una forma di arte corporea la cui popolarità sta crescendo in tutto il mondo ma prevede l'iniezione di miscele chimiche (l'inchiostro del tatuaggio) nello strato superiore del derma. Sebbene gli inchiostri possano contenere ingredienti pericolosi, inclusi alcuni noti per essere cancerogeni per l'uomo, gli effetti a lungo termine dei tatuaggi sulla salute sono scarsamente studiati.

In questo lavoro abbiamo cercato di illustrare i rischi, poco conosciuti, illustrandoli in modo che siano comprensibili anche a coloro che non si occupano di questi argomenti.

Sebbene i "pentiti" del tatuaggio abbiano comunque la possibilità della rimozione del tatuaggio stesso con diverse metodologie essi devono sapere che queste metodiche sono comunque atti medici. Allora sarebbe meglio pensarci prima, oppure, per non rinunciare a una forma di body art, ricorrere ad alcune alternative, che ci fa piacere segnalare:

- ✓ Tatuaggi non permanenti

Se ci si volesse sentire decorati per qualche serata ci sarebbero ottime alternative come la *marmorizzazione* del corpo. Si basa sull'applicazione non invasiva di motivi colorati sulle diverse parti del corpo, veicolati dall'acqua, in cui vengono disciolti i tensioattivi[13], quindi devono essere utilizzati colori acrilici sicuri per la pelle. Di solito non causano allergie o altre irritazioni della pelle e creano un effetto sorprendente. Una caratteristica importante delle vernici per la marmorizzazione del corpo è che sono facili da rimuovere: si possono eliminare con acqua e sapone oppure con del liquido per asportare il trucco.

- ✓ Tatuaggi adesivi

Come quelli dei bambini: durano fino a quando non ci si lava o non vengono asportati meccanicamente

- ✓ Tatuaggi all'hennè

Come quelli eseguiti dalle popolazioni orientali e dell'Africa settentrionale vengono: spesso utilizzati anche dagli occidentali per fini estetici, non saranno di colore nero come il classico

[13] I tensioattivi sono sostanze che si trovano in saponi e detersivi che permettono la formazione di bolle.

inchiostro per tatuaggi, perché una volta caduta la crosta lascerà un disegno marroncino/rossiccio sul corpo, che durerà per alcuni giorni. Potrebbero causare reazioni allergiche, motivo per cui si sconsiglia di sottoporsi a questo tipo di tatuaggi effettuati dai venditori ambulanti sulle spiagge in estate.

- ✓ Tatuaggi semipermanenti

Lo sviluppo delle nuove tecnologie e dei nuovi macchinari ha permesso di poter arrivare al punto del fai da te per generare bellissimi disegni che una volta applicati sulla pelle possono resistere alcuni mesi. Si potrebbe parlare di una decalcomania.

- ✓ Tatuaggi che coinvolgono solo l'epidermide

Vengono usati soprattutto per il make-up e gli inchiostri sono iniettati nell'epidermide e non nel derma.

Che cosa avrebbe potuto dire Piero Angela su questo argomento?

Anzitutto che "non esiste concetto che non possa essere spiegato a un bambino". Noi possiamo invece solo augurarci di averlo spiegato bene e questo significherà che saremo stati abbastanza chiari da interessare o incuriosire anche i non addetti ai lavori.

Non abbiamo trovato, comunque, nessuna fonte che riporti l'opinione di Piero Angela riguardo ai tatuaggi. Tuttavia, egli è stato un grande divulgatore scientifico che ha sempre sostenuto che è necessario "*Separare le cose provate da quelle non provate*" e che *"la scienza non è democratica perché è una e si basa su prove e verifiche"*. Questo è ciò che ci si propone conducendo ricerche e studi epidemiologici sui tatuaggi e sui loro effetti a lungo termine sulla salute. Dal canto nostro stiamo cercando di indagare sulla loro esposizione a LASER a bassa potenza.

In questo contesto, potremmo dire che Piero Angela non avrebbe avuto nulla contro i tatuaggi, ma molto probabilmente non li avrebbe considerati una questione di moda o di cultura. Avrebbe aggiunto che sarebbe stato fondamentale praticarli in modo sicuro e consapevole e che gli studi sarebbero dovuti andare avanti, come in tutti i campi riguardanti la salute, la medicina, la scienza e la cultura in tutti i loro aspetti.

14. Bibliografia

Schubert S., Kluger N., Schreiver I., *Hypersensitivity to permanent tattoos: Literature summary and comprehensive review of patch tested tattoo patients 1997-2022,* Contact Dermatitis 2023 May;88(5):331-350.

Weiß KT, Schreiver I, Siewert K, Luch A, Haslböck B, Berneburg M, Bäumler W., *Tattoos - more than just colored skin? Searching for tattoo allergens,* J Dtsch Dermatol Ges. 2021 May;19(5):657-669.

Laux P, Tralau T, Tentschert J, Blume A, Dahouk SA, Bäumler W, Bernstein E, Bocca B, Alimonti A, Colebrook H, de Cuyper C, Dähne L, Hauri U, Howard PC, Janssen P, Katz L, Klitzman B, Kluger N, Krutak L, Platzek T, Scott-Lang V, Serup J, Teubner W, Schreiver I, Wilkniß E, Luch A., *A medical-toxicological view of* tattooing, Lancet 2016 Jan 23;387(10016):395-402

Serup J., From Technique of Tattooing to Biokinetics and Toxicology of Injected Tattoo Ink Particles and Chemicals. Curr Probl Dermatol. 2017;52:1-17

Cohena P.R., Ericksonc C.P., Uebelhoera N.S., Calame A., Tattoo-Associated Basal Cell Carcinoma: Coincident or Coincidence. Biomed Hub. 2020 Jul 8;5(2):2055-2062

Fraser TR, Ross KE, Alexander U, Lenehan CE., Current knowledge of the degradation products of tattoo pigments by sunlight, laser irradiation and metabolism: a systematic review. J Expo Sci Environ Epidemiol. 2022 May;32(3):343-355.

Krupa K, Bekiesińska-Figatowska M., Artifacts in magnetic resonance imaging. Pol J Radiol. 2015 Feb 23;80:93-106.

Serup J, Alsing KK, Olsen O, Koch CB, Hansen RH., On the mechanism of painful burn sensation in tattoos on magnetic resonance imaging (MRI). Magnetic substances in tattoo inks used for permanent makeup (PMU) identified: Magnetite, goethite, and hematite. Skin Res Technol. 2023 Mar;29(3):e13281.

Chenji S, Wilman AH, Mah D, Seres P, Genge A, Kalra S., Hair product artifact in magnetic resonance imaging. Magn Reson Imaging. 2017 Jan;35:1-3.

Müller N, Breuer J, Adler K, Freudenthal NJ., "Body modification: piercing and tattooing in congenital heart disease patients", decoration or disaster?-a narrative review. Cardiovasc Diagn Ther. 2021 Dec;11(6):1395-1402.

Ingenito T., Low level light therapy and tattoos: A case report. J Bodyw Mov Ther. 2016 Oct;20(4):748-750.

Foerster M, Dufour L, Bäumler W, Schreiver I, Goldberg M, Zins M, Ezzedine K, Schüz J., Development and Validation of the Epidemiological Tattoo Assessment Tool to Assess Ink Exposure and Related Factors in Tattooed Populations for Medical Research: Cross-sectional Validation Study. JMIR Form Res. 2023 Jan 11;7:e42158.

Aguzin A, Dominguez-Alfaro A, Criado-Gonzalez M, Velasco-Bosom S, Picchio ML, Casado N, Mitoudi-Vagourdi E, Minari RJ, Malliaras GG, Mecerreyes D., Direct ink writing of PEDOT eutectogels as substrate-free dry electrodes for electromyography. Mater Horiz. 2023 Apr 17.

Laux P, Tralau T, Tentschert J, Blume A, Dahouk SA, Bäumler W, Bernstein E, Bocca B, Alimonti A, Colebrook H, de Cuyper C, Dähne L, Hauri U, Howard PC, Janssen P, Katz L, Klitzman B, Kluger N, Krutak L, Platzek T, Scott-Lang V, Serup J, Teubner W, Schreiver I, Wilkniß E, Luch A., A medical-toxicological view of tattooing. Lancet. 2016 Jan 23;387(10016):395-402.

Salute e stile di vita tra scienza, autodeterminazione e incriminazione

Letizia Valentina Lo Giudice

Il ruolo della ricerca scientifica nella codificazione degli obblighi internazionali di incriminazione: la disciplina italiana in tema di sostanze stupefacenti

1. Finalità e ambito. – 2. Il predecessore del principio di precauzione. – 3. Le Convenzioni Onu in materia di stupefacenti. – 4. Le proprietà terapeutiche e gli usi più comuni nella scienza psichiatrica. – 5. La coltivazione finalizzata al consumo personale. – 6. Le Sezioni Unite «Carcano» del 2020 in tema di non punibilità della coltivazione finalizzata all'uso personale. – 7. Quale futuro per la coltivazione e il consumo? – 8. Bibliografia.

1. Finalità e ambito.

Obiettivo del presente contributo è quello di fornire un esempio di come il progresso scientifico e tecnologico incida in modo diretto sulla considerazione che la società civile ha di determinati fenomeni, al punto da determinare, in assenza di interventi legislativi di adeguamento, ingiustificabili discrasie e frizioni tra diritto vivente e diritto positivo.

Da questo punto di vista, nell'ordinamento italiano, si assiste ad una singolare ambivalenza, giacchè da un lato il diritto alla ricerca scientifica è apparentemente dotato di specifiche tutele, ma dall'altro, la possibilità per gli studiosi di veder applicare su scala nazionale i risultati che tale ricerca scientifica ha prodotto, rimane un'ipotesi assai più remota.

In tal guisa avviene che il frutto della ricerca e della sperimentazione registratisi in altri paesi del mondo, arrivi a permeare le decisioni assunte in sedi istituzionali internazionali e a indurre delle rivisitazioni degli originali strumenti convenzionali ratificati dagli Stati Parte, cui quest'ultimi si sentono vincolati in modo non recettizio, senza che a ciò corrisponda, tuttavia, un adeguamento all'interno delle legislazioni dei singoli paesi aderenti alle convenzioni.

Questo è indubbiamente il caso delle norme del testo unico stupefacenti in vigore in Italia dal 1990.

2. Il predecessore del principio di precauzione.

La normativa dettata dal D.P.R. 309/90 reca in sé una disciplina particolarmente restrittiva in tema di sostanze stupefacenti tanto rispetto alla concessione delle autorizzazioni per la coltivazione delle piante da cui si ricavano le sostanze dotate di effetto drogante, quanto per le draconiane sanzioni penali cui va incontro chiunque "*coltiva, produce, fabbrica, estrae, raffina, vende, offre o mette in vendita, cede, distribuisce, commercia, trasporta, procura ad altri, invia, passa o spedisce in transito, consegna per qualunque scopo*" le suddette sostanze stupefacenti.

Tale impianto normativo, frutto di molteplici e susseguenti interpolazioni avvenute nel corso dei trent'anni dalla sua vigenza, traeva la propria ratio dagli obblighi derivanti dall'adesione dell'Italia alle convenzioni internazionali adottate in ambito ONU ai fini del contrasto del traffico illecito di stupefacenti e dell'abuso di esse nelle popolazioni degli Stati Parte.

La *ratio* di una disciplina tanto afflittiva traeva origine dalla ferma convinzione diffusasi nel secondo dopoguerra, che tutte le piante dalle quali fosse possibile ricavare sostanze stupefacenti costituissero un pericolo per la salute umana e come tali dovevano essere vietate tanto nel consumo quanto nella coltivazione.

In altre parole, pur nell'assenza di concrete evidenze scientifiche dalle quali ricavare un'effettiva pericolosità delle più comuni piante idonee a produrre sostanze psicoattive (papavero da oppio, foglia di coca, canapa, psilocibina, etc.) e trascurando – quantomeno inizialmente – gli studi che invece ne evidenziavano le proprietà mediche e curative, si è costituito in ambito Onu un apparato di regole e divieti fondato su quello che solo alcuni decenni dopo sarebbe stato codificato come il c.d. principio di precauzione.

Quest'ultimo, cristallizzato per la prima volta al principio n. 15 della Convenzione di Rio sul diritto dell'ambiente può "*essere invocato quando gli effetti potenzialmente pericolosi di un fenomeno, di un prodotto o di un processo sono stati identificati tramite una valutazione scientifica e obiettiva, ma questa valutazione non consente di determinare il rischio con sufficiente certezza*".

3. Le Convenzioni Onu in materia di stupefacenti.

In applicazione di un antesignano di tale principio, nonché di quello di prevenzione, nel 1961 gli Stati Parte dell'Organizzazione per le Nazioni Unite, allo scopo di contrastare il crescente fenomeno dell'abuso di sostanze psicotrope nella popolazione mondiale, nonché allo scopo di contrastare il traffico illecito transazionale delle stesse, sottoscrissero a New York la Convenzione Unica sugli Stupefacenti.

Evocativo è il preambolo di tale strumento allorché esordisce affermando che "*le Parti, preoccupate per la salute fisica e morale dell'umanità, riconoscendo che l'utilizzazione medicinale degli stupefacenti permane indispensabile per alleviare il dolore e che le misure volute devono essere adottate per assicurare che stupefacenti siano disponibili a questo scopo, riconoscendo che la tossicomania rappresenta una grande calamità per l'individuo e costituisce un danno economico e sociale per l'umanità, consapevoli del dovere che loro incombe di prevenire e combattere questa grande calamità…*" a cui segue, poi, la definizione all'art. 1 di tutte le sostanze rientranti nell'ambito applicativo della Convenzione, meglio specificati alle tabelle allegate alla medesima.

Con riferimento a queste ultime, il trattato del 1961 prevede quattro tabelle oggetto di costante aggiornamento che limitano possibilità di produzione, commercio e possesso degli stupefacenti in funzione del loro livello di pericolosità. Queste limitazioni diminuiscono dalla tabella I alla tabella III. La tabella IV costituisce un sottoinsieme della tabella I con uno status speciale di maggiori restrizioni. Le sostanze in essa elencate non sono generalmente commerciabili. Va segnalato sin d'ora che nell'originario impianto della Convenzione, sulla base delle conoscenze scientifiche al tempo esistenti, la pianta di canapa era stata inserita all'interno della tabella IV, tra le sostanze che destavano maggior allarme sociale a fronte di esigui benefici medicinali per la salute umana.

L'organo preposto dalla Convenzione al controllo e all'aggiornamento della c.d. *Yellow List* (lista delle sostanze psicotrope) è l'*International Narcotic Control Board*, più conosciuto con l'acronimo di INCB, il cui panel è composto da esperti di medicina, farmacologia e farmacia selezionati da una lista di persone designate dall'Organizzazione Mondiale della Sanità nonché

membri designati direttamente dall'Onu o dagli Stati Parte che ivi non sono altrimenti rappresentati.

Per ciò che più strettamente attiene all'obiettivo della presente disamina, va sottolineato come – malgrado l'enunciazione di principio del preambolo alla Convenzione di New York – la disciplina dettata dall'articolato di tale strumento internazionale, pur richiedendo alle Parti degli interventi concreti allo scopo di contrastare i fenomeni di abuso e traffico illecito, si caratterizza per la possibilità di graduare le misure attuative tenuto conto delle peculiarità culturali e costituzionali di ciascuno Stato.

In particolar modo, per ciò che concerne la coltivazione, l'art. 22 stabilisce che "*quando la situazione nel Paese o in un territorio di una Parte è tale che la proibizione della coltivazione del papavero da oppio, dell'albero della coca e della pianta di canapa è, a suo avviso, la misura più adatta al fine di proteggere la salute pubblica ed evitare che gli stupefacenti siano deviati verso il traffico illecito, la Parte interessata ne vieta la coltivazione*".

Peraltro, con riferimento alla pianta di canapa, l'art. 28 della Convenzione nella sua versione e interpretazione originaria richiedeva alle Parti esclusivamente di sottoporre la coltivazione a un regime di controlli speciali, analoghi a quelli previsti per il papavero da oppio, ma non vincolava gli Stati all'obbligo di imporne un divieto, limitandosi a richiedere che questi ultimi adottassero misure idonee ad impedirne l'abuso.

Quanto poi alla previsione di obblighi internazionali di incriminazione discendenti sulle Parti, l'art. 36 par. I della Convenzione Unica, precisa che "*compatibilmente con le proprie norme costituzionali, ciascuna Parte adotta le misure necessarie affinché la coltivazione e la produzione, la fabbricazione, l'estrazione, la preparazione, la detenzione, l'offerta, la messa in vendita, la distribuzione, l'acquisto, la vendita, la consegna per qualunque scopo, la mediazione, l'invio, la spedizione in transito, il trasporto, l'importazione e l'esportazione di stupefacenti non conformi alle disposizioni della presente Convenzione o qualunque atto reputato dalla detta Parte contrario alle disposizioni della presente Convenzione, siano considerati infrazioni punibili qualora siano commesse intenzionalmente e sempreché le infrazioni gravi siano passibili di una pena adeguata, in particolare di pene che prevedono la reclusione o altre pene detentive*". Tuttavia, lo stesso art. 36 al paragrafo successivo consente agli Stati di adottare misure diverse dalla sanzione penale ogni qual volta l'autore dell'infrazione sia un soggetto che versa in stato di

abuso. Gli Stati devono infatti elaborare un sistema che consenta la sottoposizione a cura di tutti i cittadini che si trovino in uno stato di dipendenza da sostanze, mediante l'adozione di protocolli di cura, riabilitazione e reinserimento sociale.

Nel 1971 fu sottoscritta a Vienna la Convenzione internazionale sulle Sostanze Psicotrope volta a creare regole comuni per controllare e rendere disponibili solo per la ricerca e produzione di farmaci sostanze stimolanti di tipo anfetaminico, barbiturici, benzodiazepine e sostanze psichedeliche che non erano contemplate dalla Convenzione unica sugli stupefacenti del 1961. Per come si vedrà meglio in seguito, anche le sostanze psichedeliche subiscono nella legislazione italiana lo stigma della criminalizzazione, benché si siano ormai da anni affermate nel mondo innumerevoli evidenze scientifiche che rendono tali sostanze assai indicate nella cura di svariati disturbi psichici.

Successivamente, furono adottati dagli Stati Parte dei Protocolli Addizionali alla Convenzione Unica, rispettivamente mediante il Protocollo di emendamento sottoscritto nel 1972 a Ginevra e la Convenzione di Vienna del 1988.

Nella primavera del 2016 la Seconda Sessione speciale dell'Assemblea Generale delle Nazioni Unite (UNGASS) sui problemi mondiali della droga tenutasi a New York ha emanato una raccomandazione allo scopo di sollecitare gli organi facenti parte del sistema della Convenzione Unica ad una riqualificazione della disciplina della canapa. Il documento finale dell'UNGASS del 2016 recita infatti: "*riconosciamo come esistano sfide persistenti, nuove e in evoluzione che dovrebbero essere affrontate in conformità con le tre convenzioni internazionali sul controllo della droga, che consentono agli Stati membri una flessibilità sufficiente per progettare e attuare politiche nazionali in materia di droga in base alle loro priorità e necessità, coerentemente con il principio di responsabilità comune e condivisa e con il diritto internazionale applicabile*". Questo clima di apertura a interpretazioni flessibili delle convenzioni ha accelerato dunque le attività dell'Expert Committee on Drug Dependence, un gruppo indipendente di esperti che, in seno all'Organizzazione Mondiale della Sanità ("OMS"), da anni aveva raccolto studi per giungere a raccomandare una revisione della collocazione della cannabis all'interno delle tabelle della richiamata Convenzione di New York del 1961. Il 2 dicembre 2020, la Commissione ONU sulle Droghe ha adottato quindi a Vienna la proposta dell'OMS di

cancellare la cannabis dalla IV tabella della prima Convenzione in materia di sostanze narcotiche e psicotrope.

Malgrado tali mutamenti sul piano internazionale, il sistema penale italiano è rimasto inalterato nonostante siano state depositate innumerevoli proposte di legge volte e ridimensionare la disciplina del testo unico stupefacenti e malgrado nel settembre 2021 la società civile abbia avviato un'iniziativa referendaria volta a mitigare le sanzioni detentive contemplate dall'art. 73 commi 1 e 4 del D.P.R. 309/90 alla luce non soltanto del cambiamento avvenuto sulla scena internazionale, ma anche nell'ottica del recepimento della più recente giurisprudenza di legittimità in tema di coltivazione domestica della cannabis. Tuttavia, il referendum volto alla depenalizzazione della condotta di coltivazione e all'eliminazione delle sanzioni detentive relative alle condotte riferite alla cannabis e alla psilocibina, è stato dichiarato inammissibile dalla Corte Costituzionale con sentenza n. 51 del 2022, poiché ritenuto posto in violazione degli obblighi internazionali dettati dalle Convenzioni in ambito Onu.

4. Le proprietà terapeutiche e gli usi più comuni nella scienza psichiatrica.

Prima di proseguire nella disamina della normativa italiana in materia, occorre interrogarsi su quali le principali applicazioni in campo medico degli psichedelici e della cannabis.

Nel ventesimo secolo l'Italia ha detenuto il primato mondiale per aver effettuato il maggior numero di studi clinici su pazienti con disturbi psichici attraverso il ricorso a psilocibina e ammide dell'acido lisergico (LSA). Anche il primato della somministrazione simultanea di LSD con LSA e LSD con psilocibina appartiene ai ricercatori italiani che lo sperimentarono per la prima volta nel mondo[1].

Gli psichedelici vengono principalmente utilizzati per curare almeno quattro tipologie di disturbi: disturbi dell'umore, sindromi da stress post traumatico, dipendenza da sostanze e disturbi da ansia. Quanto ai primi, la psilocibina e l'LSD sono stati studiati come potenziali trattamenti per la depressione resistente ai farmaci. Gli studi preliminari hanno riportato benefici significativi.

[1] Ne danno conto diffusamente A. D'Arienzo – G. Samorini, Italian psychedelic therapies of the past century: An historical overview, 2023, in Drug Science, Policy and Law, Volume 9 p. 1–12.

In relazione alle sindromi da stress post-traumatico (PTSD), gli psichedelici, in particolare la MDMA (anche conosciuta come ecstasy), sono stati studiati come terapia aggiuntiva per il trattamento del disturbo e la ricerca ha evidenziato risultati promettenti nella riduzione dei sintomi.

La psilocibina e l'LSD sono stati studiati per il trattamento delle dipendenze, inclusa la dipendenza da alcol e tabacco. Alcune ricerche hanno suggerito che queste sostanze potrebbero essere utili nel ridurre la dipendenza e promuovere cambiamenti comportamentali positivi.

Nella cura dei disturbi d'ansia, la psilocibina è stata studiata come trattamento per l'ansia associata a disturbi come il disturbo ossessivo-compulsivo (DOC) e l'ansia da fine di vita in pazienti con malattie terminali. Alcuni studi preliminari hanno riportato miglioramenti significativi.

I ricercatori italiani del secolo scorso hanno sperimentato con successo il trattamento degli stati depressivi proprio mediante il ricorso alla somministrazione di dosi di psilocibina per via endovenosa ogni due o tre giorni. Analoghi progressi si sono registrati nella cura delle "nevrosi" mediante la combinazione di LSD e psilocibina.

Le indicazioni terapeutiche più promettenti riguardano i maggiori stati depressivi, disturbo da stress post traumatico, disturbo ossessivo compulsivo, dipendenze patologiche da sostanze di abuso, il trattamento degli stati depressivi e ansiosi in malati in pericolo di vita. Le principali droghe psichedeliche soggette a questi studi sono psilocibina, ketamina, lisergico dietilamide acida (LSD) e ayahuasca.

È singolare osservare come, proprio con riferimento all'ayahuasca, essa – se pur conosciuta da tempo nel novero delle sostanze psichedeliche impiegate per la ricerca scientifica – sia stata solo recentemente oggetto di un intervento legislativo volto a renderne illeciti la detenzione e l'uso. Infatti, come se fosse frutto di una resipiscenza legislativa, con decreto ministeriale del 23 febbraio 2022 questa sostanza è stata inserita nella tabella 1 dell'art. 14 D.P.R. 309/90 che riguarda le sostanze psicotrope ritenute maggiormente pericolose e soggette a un trattamento sanzionatorio assai più aspro, in quanto contemplate dall'art. 73 comma 1 del testo unico stupefacenti che prevede la pena della reclusione da sei a vent'anni.

Quanto alla psilocibina e alla cannabis, esse sono rispettivamente contemplate alle tabelle 2 e 4 dell'art. 14 D.P.R. 309/90 e le relative sanzioni nel caso di realizzazione delle condotte vietate sono previste all'art. 73 comma 4 del testo unico, che prevede delle pene da 2 a 6 anni di reclusione.

A livello terapeutico la pianta di canapa ha molteplici impieghi e viene utilizzata con successo per la cura di una pluralità di disturbi. A titolo esemplificativo e non esaustivo, essa è utilizzata per alleviare il dolore cronico, compreso quello causato da condizioni patologiche come l'artrite, la fibromialgia, il dolore neuropatico e la sclerosi multipla. Viene impiegata nella cura dei pazienti oncologici per alleviare i sintomi di nausea e vomito indotti dalla chemioterapia poiché il suo principio attivo – il THC – si è dimostrato assai efficace nella neutralizzazione di tali effetti collaterali. La cannabis può essere utilizzata anche per alleviare i sintomi della sclerosi multipla, come la spasticità muscolare e il dolore e si è osservato che alcuni composti della pianta, come il cannabidiolo (CBD), possono ridurre la frequenza e l'intensità delle crisi epilettiche in alcune forme di epilessia resistente ai farmaci.

Inoltre, la cannabis può essere impiegata nella cura del glaucoma per la sua capacità di abbassare la pressione intraoculare, sebbene esistano ormai farmaci più specifici che ne hanno ridotto l'incidenza d'uso. Infine, la cannabis è spesso utilizzata per stimolare l'appetito in pazienti con HIV/AIDS o con altre condizioni mediche che causano perdita di peso e cachessia.

Per le ragioni appena evidenziate – ossia per l'evidente utilità della cannabis in ambito medico e terapeutico – la Commissione ONU sulle Droghe riunitasi il 2 dicembre 2020 a Vienna ha adottato la proposta dell'OMS di cancellare la cannabis dalla IV tabella della prima Convenzione in materia di sostanze narcotiche e psicotrope.

Per la prima volta dall'entrata in vigore delle Convenzioni è stata raccomandata l'esclusione di una sostanza dalle suddette liste, ottenuta sulla base di un'ampia revisione e analisi delle migliori evidenze scientifiche a disposizione della comunità internazionale.

Dal 2020 pertanto chi coltiva, produce, commercia, prescrive e riceve cannabis terapeutica non è sottoposto all'ulteriore stretto controllo imposto a livello internazionale alle sostanze con potenziale psicoattivo.

5. La coltivazione finalizzata al consumo personale.

In Italia l'uso terapeutico della cannabis è legale dal 2007, dal 2015 viene coltivata nelle serre dallo Stabilimento farmaceutico militare di Firenze e dal 2017 sono previsti accantonamenti per l'acquisto di prodotti previa gara d'appalto.

Tuttavia, la richiesta di cannabis per finalità terapeutiche è talmente elevata da non riuscire in alcun modo a essere soddisfatta dalle produzioni autorizzate attualmente riconosciute. Conseguentemente, stante l'incapacità di far fronte al fabbisogno dei pazienti su tutto il territorio italiano, si registrano ritardi nell'approvvigionamento delle dosi e aumenti del prezzo di acquisto conseguenti all'eccesso di domanda sull'offerta. Per ovviare a tali inconvenienti – pur andando incontro a esiti di fatto deteriori – molteplici malati in cura con prodotti a base di cannabis, hanno intrapreso la strada della coltivazione domestica.

Purtroppo, l'attuale stato della normativa penale in tema di coltivazione non consente margini di impunità a fronte di condotte che vengono realizzate esclusivamente per scopi terapeutici e in contesti "necessitati" dalla difficoltà di reperimento del farmaco e dagli elevati costi da sostenere per acquistare la dose prescritta.

Il testo unico stupefacenti vieta la coltivazione non autorizzata in tre distinte norme: l'art. 26, l'art. 28 e l'art. 73. In particolar modo, le prime due fattispecie sono collocate nel Titolo III del *corpus* normativo, denominato «*Disposizioni relative alla coltivazione e produzione, alla fabbricazione, all'impiego ed al commercio all'ingrosso delle sostanze stupefacenti o psicotrope*» e disciplinano le modalità di coltivazione massiva e industriale delle piante, subordinandone la realizzazione all'ottenimento dell'autorizzazione ministeriale. L'art. 73, invece, rubricato «*Produzione, traffico e detenzione illeciti di sostanze stupefacenti o psicotrope*» mira a sanzionare penalmente, con pene assai poco proporzionate, le condotte individuali connesse alle sostanze "tabellate".

Mentre il semplice consumo personale costituisce un illecito amministrativo sanzionato dall'art. 75 D.P.R. 309/90, la detenzione di sostanze – per qualunque finalità – di una dose eccedente quella del consumo personale è penalmente sanzionata dal su citato art. 73.

Per questa ragione, diviene molto difficile tracciare un *discrimen* in tutti i casi in cui il paziente venga trovato presso la propria abitazione in possesso – non già di dosi bensì – di

piante, dalle quali non sia astrattamente possibile prevedere *ex ante* quale sarà il quantitativo di principio attivo prodotto e, dunque, se esorbiteranno o meno il limite dell'uso personale.

6. Le Sezioni Unite «Carcano» del 2020 in tema di non punibilità della coltivazione finalizzata all'uso personale.

A seguito di molteplici procedimenti penali e di un orientamento inizialmente oscillante, Suprema Corte di Cassazione è intervenuta a Sezioni Unite chiarendo i limiti della coltivazione personale non punibile: «*il reato di coltivazione di stupefacenti è configurabile indipendentemente dalla quantità di principio attivo ricavabile nell'immediatezza, essendo sufficienti la conformità della pianta al tipo botanico previsto e la sua attitudine, anche per le modalità di coltivazione, a giungere a maturazione e a produrre sostanza stupefacente; devono però ritenersi escluse, in quanto non riconducibili all'ambito di applicazione della norma penale, le attività di coltivazione di minime dimensioni svolte in forma domestica, che per le rudimentali tecniche utilizzate, lo scarso numero di piante, il modestissimo quantitativo di prodotto ricavabile, la mancanza di ulteriori indici di un loro inserimento nell'ambito del mercato degli stupefacenti, appaiono destinate in via esclusiva all'uso personale del coltivatore*» (Cassazione penale, Sezioni Unite, sentenza 16 aprile 2020 n. 12348).

Va incidentalmente sottolineato come le norme penali contenute nel testo unico stupefacenti si contraddistinguono tutte per due aspetti principali: la significativa anticipazione della tutela penale e la significativa dosimetria sanzionatoria.

Orbene, il diritto penale – ispirato al principio di materialità ed *extrema ratio* – consente il ricorso a pene edittali elevate in presenza di condotte che siano idonee *ex se* a porre in pericolo beni giuridici di elevato rilievo. Sebbene non vi sia un'individuazione univoca neppure in dottrina, per ragioni espositive si potrebbe sinteticamente ricondurre a tre i principali beni giuridici sottesi all'impianto degli artt. 73 e 75 D.P.R. 309/90: ordine pubblico, sicurezza pubblica e salute, nella sua duplice declinazione individuale e collettiva.

Indubbiamente i primi due beni individuati - ordine pubblico e sicurezza pubblica - sono quelli la cui volontà di salvaguardia comporta maggiore frizione con il principio di offensività. Sebbene etimologicamente essi sembrino sottendere due orientamenti finalistici differenti, non può tacersi la circostanza che essi siano, invero, l'uno antesignano storico dell'altro.

L'ordine pubblico, costituisce oggetto classico del diritto penale, dal fondamento – anch'esso – incerto e di difficile delimitazione, tanto da essere stato definito dalla dottrina tedesca "ripostiglio di concetti" di impossibile riconduzione ad una categoria unitaria, ma tendenzialmente idoneo ad attrarre nel proprio spettro, qualsiasi condotta delittuosa, sol perché avversa all'ordinamento precostituito.

La medesima incertezza definitoria viene attribuita al bene della sicurezza pubblica, coniato legislativamente solo alla fine del secolo scorso e definito in dottrina come una variante dell'ordine pubblico «del quale fa propri e potenzia i difetti». Si è infatti osservato che la sicurezza «determina effetti espansivi dell'area penale, caratterizzandosi quale fattore ampliativo del fatto tipico e della punibilità», senza che per ciò solo consegua una efficace risoluzione dei fenomeni criminali che la norma incriminatrice mira a prevenire o reprimere.

Con riferimento, poi, alla tutela della salute pubblica e individuale, gli studi condotti in ordine alla lesività della cannabis e dei suoi derivati rispetto alla salute umana – anche sulla base degli indubbi benefici terapeutici di cui si è parlato – collocano questa sostanza al pari, se non al di sotto, di altre sostanze parimenti droganti e maggiormente idonee a generare dipendenza negli assuntori: l'alcol e il tabacco. Parallelamente, è stato dimostrato che – rispetto a tali ultime sostanze, oggetto di monopolio statuale e dunque perfettamente lecite – i possibili effetti negativi derivanti dal consumo di cannabis necessitano di un tempo notevolmente superiore per slatentizzarsi, ma comunque non conducono a esiti infausti - sempre tenendo in considerazione il tasso di malattia e mortalità correlato all'assunzione di alcolici e al protratto uso di sigarette.

In altre parole, con riferimento alla cannabis – ma anche alla psilocibina che subisce il medesimo trattamento sanzionatorio – seppur a fronte di notevoli effetti positivi per la salute umana, permane l'erronea convinzione che essa costituisca un rischio per la salute umana, talmente grave da giustificare un trattamento sanzionatorio assai elevato quale è la pena della reclusione da due a sei anni.

7. Quale futuro per la coltivazione e il consumo?

Tale assetto, al momento apparentemente immutabile, stante l'assenza di qualsivoglia volontà da parte del legislatore di adeguare le norme del D.P.R. 309/90 al mutato approccio

scientifico a tali sostanze e alla concreta offensività delle condotte di cessione e detenzione delle stesse, determina un'inevitabile discrasia tra il dettato normativo, l'applicazione giurisprudenziale e il sentire della società civile.

Anche recentemente la Suprema Corte è tornata sul tema della tutela della salute pubblica affermando che «*in ipotesi di coltivazioni domestiche di poche piante di cannabis la rilevanza penale della condotta va ancorata all'accertato rischio per la salute pubblica e alla contribuzione al mercato illegale degli stupefacenti. Anche se le piante domestiche hanno raggiunto il grado di maturazione che supera la soglia minima di capacità drogante va accertato che vi sia un concreto rischio di immissione sul mercato illegale della droga con conseguente rischio per la salute pubblica. Ma una volta esclusa la finalità di cessione a terzi del poco principio attivo ricavabile da una modesta e rudimentale coltivazione domestica realizzata da chi non vi è autorizzato, non resta che riconoscere l'irrilevanza penale della condotta destinata all'uso personale. Uso personale che, per inciso, la Cassazione ritiene favorevole al decremento delle contrattazioni sul mercato illegale della droga. Escludendo quindi che sia ravvisabile l'offensività della coltivazione domestica per uso personale per assenza di rischi per la salute pubblica*» (Cassazione penale, Sezione terza, sentenza 5 febbraio 2022 n. 20238).

Parallelamente, nell'ottobre 2022 – dopo la declaratoria di inammissibilità del referendum cannabis da parte della Corte Costituzionale - il Comitato Economico e Sociale da cui dipende la Commission on Narcotic Drugs, ha formulato delle raccomandazioni specifiche all'Italia, quale Stato Parte del sistema della Convenzione Unica: «*the Committee is concerned about the punitive approach to addressing drug use and the insufficient availability of harm-reduction programmes (art. 12). The Committee recommends that the State party review its drug policy and legislation to bring them into line with international human rights norms and best practices, and improve the availability, accessibility and quality of harm-reduction programmes*».

Da ultimo anche la Corte Costituzionale ha dato atto della circostanza che le condotte connesse agli stupefacenti non generano più il medesimo allarme sociale che le accompagnava in passato. Il Giudice delle leggi ha infatti preso atto del fatto che le «*condotte di reato inerenti alle sostanze stupefacenti non sarebbero più sintomatiche, ormai, di quel necessario grado di "pressing social need" che rende proporzionata la misura*». Tali valutazioni, offerte dal Consiglio di Stato rimettente la questione di legittimità costituzionale, sono state puntualmente

recepite dalla Consulta che con sentenza n. 88 dell'8 maggio 2023 ha affermato che il reato di cui all'art. 73 comma 5 D.P.R. 309/90 (c.d. spaccio di lieve entità) non costituisce di per sé sintomo di automatica pericolosità sociale.

Malgrado tale significativo mutamento nell'approccio globale a queste sostanze, il legislatore dimostra di voler ignorare l'evoluzione scientifica e le conoscenze acquisite in ordine alle proprietà terapeutiche di queste piante, seguitando nel voler colpire con la sanzione penale anche chi non ponga in essere condotte volte a mettere in pericolo la salute pubblica – tantomeno la sicurezza e l'ordine pubblico –. Da ciò discende che, in assenza di ulteriori proposte di iniziativa popolare, siano essere legislative o referendarie, l'unico baluardo a presidio delle ragioni dei pazienti e dei consumatori che intendano impiegare le sostanze stupefacenti per fini personali senza ricorrere al mercato illegale, sarà rappresentato dagli interventi adeguatori della giurisprudenza, che ha dimostrato di aver ben compreso come la scienza sia un processo in continua e inarrestabile evoluzione che – a differenza della legge – tiene conto del parallelo mutamento delle esigenze della collettività.

8. Bibliografia

Ambrosini G., *La riforma della legge sugli stupefacenti. D.P.R. 9 ottobre 1990, n. 309. Profili penali, processuali e penitenziari*, Torino, 1991;

Angioni F., *Il pericolo concreto come elemento della fattispecie penale. La struttura oggettiva*, Giuffrè, Milano, 1994;

Antolisei F., *Il rapporto di causalità nel diritto penale*, Padova, 1934;

Antolisei F., *Manuale di diritto penale*, parte generale, XVI edizione,Torino, p. 234;

Azzali G., *Osservazioni sui reati di pericolo*, in Dolcini - Paliero (a cura di), Studi in onore di Giorgio Marinucci, Giuffrè, Milano, 2006, p. 1335;

Belsanti R., *Modificazioni neuro-psico-biochimiche indotte dalla dietilamide dell'acido lisergico in schizofrenici e frenastenici*, in Acta Neurologica 7, 1952, pp. 340–349;

Bricola F., *Teoria generale del reato*, in Noviss. Dig. It., vol. XIX, Torino, 1973;

Canestrari S., voce *Reato di pericolo*, in Enc. Giur., Roma, 1991, vol. XXVI, pp. 1 ss.;

Castronuovo D., *Principio di precauzione e diritto penale: paradigmi*

Catenacci M., *I reati di pericolo presunto fra diritto e processo penale*, in Dolcini - Paliero (a cura di), Studi in onore di Giorgio Marinucci, Giuffrè, Milano, 2006;

Cavaliere A., *Riflessioni sul ruolo dell'offensività nella teoria del reato costituzionalmente orientata*, in Costituzione, diritto e processo penale, Giostra e Insolera (a cura di), Giuffrè, Milano, 1998;

Coccia M., *La lotta al doping nello sport e il principio di precauzione*, in Bianchi – Gestri (a cura di), Il principio di precauzione nel diritto internazionale e comunitario, Milano, 2006;

Consorte F., *Spunti e riflessioni sul principio di precauzione e sugli obblighi di tutela penale*, in Dir. pen. XXI sec., 2007, p. 271 ss.;

Consorte F., *Tutela penale e principio di precauzione. Profili attuali, problematicità, possibili sviluppi*, Giappichelli, Torino, 2013;

Corn E., *Il principio di precauzione nel diritto penale. Studio sui limiti all'anticipazione della tutela penale*, Giappichelli, Torino, 2013;

D'Arienzo A. – Samorini G., *Italian psychedelic therapies of the past century: An historical overview*, 2023, in Drug Science, Policy and Law, Volume 9, pp. 1–12;

dell'incertezza nella struttura del reato, Roma, 2012;

Di Giovine O., *Il sindacato di ragionevolezza della Corte Costituzionale in un caso facile*, in *Rivista italiana di diritto e procedura penale*, 2007, p. 100

Donini M., *Il volto attuale dell'illecito penale. La democrazia penale tra differenziazione e sussidiarietà*, Giuffrè, Milano, 2004.

Fiandaca G., *Considerazioni sul principio di offensività e sul ruolo della teoria del bene giuridico tra elaborazione dottrinale e prassi giudiziaria*, in AA.VV., *Le discrasie tra dottrina e giurisprudenza in diritto penale*, a cura di A.M. Stile, Napoli, 1991;

Fiandaca G., *La tipizzazione del pericolo*, in AA.VV., Beni e tecniche della tutela penale, Milano, 1987;

Gallo M., *Riflessioni sui reati di pericolo*, Giuffré, Milano, 1970.

Giunta F., *Il diritto penale e le suggestioni del principio di precauzione*, in Criminalia, 2006, p. 217 ss.

Lo Giudice L.V., *Immigrazione e stupefacenti: dalla Consulta il richiamo a ragionevolezza e proporzionalità*, ADiM Blog, Osservatorio della Giurisprudenza, maggio 2023;

Manes V., *Il principio di offensività nel diritto penale. Canone di politica criminale. Criterio ermeneutico. Parametro di ragionevolezza*, Torino, 2005;

Massaro A., *Principio di precauzione e diritto penale: nihil novi sub sole?*, in www.dirittopenalecontemporaneo.it, 2011.

Pallaro P., *Il principio di precauzione tra mercato interno e commercio internazionale: un'analisi sul ruolo e sul suo contenuto nell'ordinamento comunitario*, in Dir. comm. Intern., 2002, p. 15.

Panucci G., *Il principio di necessaria offensività*, in Temi penali, Trapani -Massaro (a cura di), Giappichelli, Torino, 2013;

Parona L., *L'influenza del diritto europeo sulla disciplina dei procedimenti amministrativi nazionali*, in *Rivista Italiana di Diritto Pubblico Comunitario*, n. 3-4/2021, p. 491;

Pulitanò D., *Il diritto penale fra vincoli di realtà e sapere scientifico*, in Riv. It. Dir. Proc. Pen., 2006;

Ronco M., *Il controllo penale degli stupefacenti. Verso la riforma della l. n. 685/1975*, Napoli, 1990, p. 219;

Savio G., *Spaccio di lieve entità e vendita di prodotti con marchi contraffatti non più ostativi al rinnovo del permesso di soggiorno*, in Jus Giuffrè, 25 maggio 2023;

Sunstein C. R., *Il diritto della paura. Oltre il principio di precauzione*, il Mulino, Bologna, 2010.

Toriello M., *Produzione e traffico di sostanze stupefacenti. Il nuovo assetto del reato e le implicazioni processuali e sostanziali*, Milano, 2015;

Zuffa G. -- Corleone F. (a cura di), *La guerra infinita, le droghe nell'era globale e la svolta punitiva in Italia*, Ortona, 2005; M. Toriello, *Produzione e traffico di sostanze stupefacenti. Il nuovo assetto del reato e le implicazioni processuali e sostanziali*, Milano, 2015.

Salute, benessere psicologico e stile di vita

Mariella Valenzise - Malgorzata Wasniewska

LE PATOLOGIE TIROIDEE AUTOIMMUNI IN ETÀ PEDIATRICA

1. La Tiroidite di Hashimoto (HT). – 2. La malattia di Graves-Basedow (GD). – Conclusioni. – 4. Bibliografia.

1. La Tiroidite di Hashimoto (HT)

La Tiroidite di Hashimoto (HT) rappresenta la più frequente causa di gozzo e di ipotiroidismo acquisito in aree iodio-sufficienti in età pediatrica.

E' una patologia rara prima dei 5 anni ma, nel caso in cui esista una spiccata familiarità per patologie tiroidee autoimmuni, è possibile identificare casi precoci (Valenzise M., 2018) quando i pazienti giungono alla nostra osservazione con una sintomatologia suggestiva.

La prevalenza si attesta intorno all'1-3% ed il picco di incidenza si osserva tra i 10 e i 19 anni, tanto che, in passato, si era ipotizzato che fosse la pubertà, e quindi gli ormoni sessuali, a determinarne l'insorgenza. Esiste una netta preponderanza nel sesso femminile (rapporto F:M=5:1) e vi sono antecedenti familiari di tireopatia nel 30% dei casi.

La crescente frequenza delle patologie autoimmuni della tiroide, se da un lato è da ascrivere al loro effettivo incremento, dall'altro alla maggiore disponibilità di indagini diagnostiche che consentono di formulare tempestivamente la diagnosi.

Esiste una frequente associazione con le cromosomopatie come la sindrome di Down e la sindrome di Turner, condizioni sindromiche che pertanto andranno attenzionate potendo presentare, in una percentuale maggiore, patologie a carico della ghiandola tiroidea con decorso anche più severo nella loro evoluzione rispetto alla popolazione generale (Aversa T., 2018).

Come per tutte le malattie multifattoriali è necessario che vi sia una predisposizione rappresentata da particolari assetti genetici (aplotipo predisponente come l'HLA DR3, gene CTLX4, ecc.) sui quali agisce un fattore scatenante ambientale, rappresentato talvolta da un'infezione virale: i virus possono presentare antigeni simili ad alcuni antigeni self dell'organismo (similarità antigenica altrimenti definita *molecular mimicry*) e questo farà sì

che in caso di attacco autoimmune verranno danneggiati gli antigeni self con sovvertimento dell'architettura della ghiandola tiroidea. L'attacco autoimmune si realizza mediante l'azione di anticorpi che, nello specifico, sono diretti contro la tireoglobulina e contro la tireoperossidasi: nel momento in cui gran parte del parenchima ghiandolare sarò distrutto si realizzerà un quadro di ipotiroidismo conclamato che andrà trattato con l'avvio di una terapia sostitutiva a base di levo-tiroxina.

La sola presenza degli anticorpi non permette di porre diagnosi di HT, ma consente di sospettare una malattia potenziale. Perché si possa formulare la diagnosi di HT è necessaria la presenza di almeno due dei seguenti criteri: 1) aumento di volume della ghiandola tiroidea o gozzo; 2) positività degli anticorpi (Abs anti TPO e anti TG); alterazioni ecografiche della ghiandola tiroidea.

Fino a quando la ghiandola tiroidea non sarà completamente sovvertita nella sua struttura, il paziente presenterà un quadro di eutiroidismo clinico e quindi non necessiterà di trattamento terapeutico.

Nel caso in cui invece il processo autoimmune avrà distrutto il parenchima ghiandolare la HT sarà caratterizzata da un quadro di ipotiroidismo.

Talvolta i pazienti presentano all'esordio un quadro di ipotiroidismo subclinico, ovvero una condizione in cui i livelli di ormoni tiroidei (FT3 ed FT4) sono perfettamente nella norma, mentre i livelli di TSH sono al di sopra dei limiti alti di riferimento (solitamente fra 5 e 10 mIU/L). Nel follow-up questi pazienti non necessariamente presenteranno una evoluzione verso l'ipotiroidismo conclamato, potendo in una percentuale dei casi virare nuovamente verso una condizione di eutiroidismo.

I segni clinici dell'ipotiroidismo sono i seguenti: bradicardia, tendenza all'incremento di peso, stipsi, arresto della crescita, deficit dell'attenzione, per cui molto spesso è l'insegnante a segnalare ai genitori l'esordio di una sintomatologia suggestiva.

In età pediatrica quindi il dosaggio degli esami della funzionalità tiroidea è fondamentale visto il ruolo rivestito dagli ormoni tiroidei che, insieme all'ormone della crescita, rappresentano i principali fattori endogeni condizionanti l'accrescimento corporeo; nei primi due anni di vita inoltre il loro ruolo è indispensabile per l'integrità dello sviluppo psicomotorio del bambino.

Nella fase di esordio la HT può mimare l'altra malattia autoimmune della tiroide che è rappresentata dalla malattia di Graves Basedow ma mentre l'Hashitossicosi, fase ipertiroidea della HT, è legata alla dismissione in circolo di una grossa quota di ormoni tiroidei rilasciati dai tireociti distrutti dal processo autoimmune, l'ipertiroidismo della malattia di Graves Basedow è invece dovuto alla sintesi ex novo di ormoni tiroidei. Il pediatra dovrà attenzionare all'esordio tali patologie tiroidee, al fine di effettuare una corretta diagnosi differenziale.

L'Hashitossicosi è transitoria e di solito si esaurisce nell'arco di sei mesi. Il riscontro di un elevato titolo di anticorpi antirecettore del TSH (TRAB) consentirà agevolmente di suffragare il sospetto diagnostico di malattia di Graves, poiché nella HT tali anticorpi presentano un basso titolo o sono addirittura assenti.

La sintomatologia della fase ipertiroidea della HT può mimare la malattia di GD ed essere dunque caratterizzata da tachicardia, tremori, agitazione, calo ponderale nonostante una adeguata alimentazione, difficoltà di concentrazione.

E' comunque raro che questa fase necessiti di farmaci antitiroidei come il metimazolo ed il propiltiouracile che bloccano la sintesi di ormoni tiroidei e che sono invece necessari nella malattia di Graves-Basedow.

Nell'iter diagnostico dell'HT, oltre alla determinazione dei livelli di FT3 , FT4, TSH e degli anticorpi antitireoperossidasi e antitireoglobulina, è necessario eseguire un esame ecografico della ghiandola tiroidea.

L'ecografia tiroidea nella HT evidenzierà una ipoecogenicità diffusa ed una disomogeneità della ghiandola, espressione del processo infiammatorio e dell'infiltrazione linfocitaria del parenchima, con occasionali centri germinativi (pseudo-noduli).

Dalla valutazione dell'esame ecografico sarà possibile stabilire anche l'evoluzione del quadro tiroideo, poiché in caso di riscontro di una diffusa ipoecogenità è più probabile che ci si trovi difronte ad un ipotiroidismo grave, mentre nei casi con lieve disomogeneità è probabile che il paziente non necessiti di terapia con levo-tiroxina e presenti un eutiroidismo clinico e bioumorale.

Nel caso in cui si evidenzia una fibrosi massiva o un quadro di atrofia della ghiandola tiroidea (variante atrofica) ci sarà indiscutibilmente la necessità di praticare il trattamento sostitutivo per tutta la vita.

Talvolta anche i bambini con HT possono presentare nel loro decorso la comparsa di noduli tiroidei che andranno attenzionati vista la possibile evoluzione in cancro della tiroide. In tal caso andranno osservate le caratteristiche ecografiche del nodulo e nello specifico: a) l'ipoecogenicità dello stesso rispetto al parenchima circostante, 2) la vascolarizzazione intranodulare, 3) i margini irregolari, 4) la presenza di microcalcificazioni, 5) l'assenza di alone periferico e la forma più alta che larga nella scansione trasversale, modificazioni che sono state associate con una più elevata probabilità di malignità (Corrias A, 2010).

Il riscontro di linfoadenopatia e il progressivo aumento del diametro del nodulo in corso di terapia con levo-tiroxina rappresentano i fattori che più frequentemente si associano al rischio di carcinoma tiroideo.

Il trattamento con L-tiroxina nella HT è molto controverso ed è sostanzialmente condizionato dalle seguenti variabili: a) quadro funzionale alla presentazione e sua evoluzione nel tempo; b) presenza o meno di tireomegalia e sua entità; c) associazione o meno con altre malattie autoimmuni e/o con cromosomopatie quali la sindrome di Down e la sindrome di Turner, notoriamente capaci di condizionare negativamente la storia naturale del quadro bioumorale e clinico della funzione ghiandolare.

Sulla base di questi risultati si può dedurre che, almeno in età pediatrica, un trattamento ormonale sostitutivo con L-T4 andrebbe preso in considerazione, fin dalla diagnosi di HT, in tutti i casi che presentano un franco ipotiroidismo ed in quelli con ipotiroidismo subclinico e aumento di volume della ghiandola tiroidea (gozzo), anche in presenza di FT3 ed FT4 nei limiti di normalità. Più discutibile l'avvio del trattamento, fin dall'epoca della diagnosi, nei casi di ipotiroidismo subclinico senza gozzo e senza l'associazione con cromosomopatie. Infine, non sarebbe consigliabile un avvio precoce della terapia nei casi inizialmente eutiroidei e senza gozzo e/o senza una associata patologia cromosomica, eventualmente capace di influenzare negativamente la prognosi a lungo termine.

La terapia con levo-tiroxina non modifica chiaramente i livelli anticorpali, che non andranno monitorati costantemente come invece gli ormoni tiroidei; è chiaro comunque che un livello anticorpale molto alto possa nel tempo associarsi ad una ghiandola completamente sovvertita e quindi bisognosa di terapia sostitutiva.

Le AITDs possono far parte del quadro clinico delle poliendocrinopatie autoimmuni (SPA). La HT può rappresentare una delle manifestazioni autoimmuni della sindrome APECED o SPA di tipo 1, una malattia a trasmissione autosomica recessiva, legata a mutazioni del gene AIRE, in cui la tireopatia si associa alla triade sintomatologica della malattia, ovvero candidiasi mucocutanea cronica, ipoparatiroidismo autoimmune e malattia di Addison. Inoltre la HT è presente nel 100% dei casi di SPA di tipo 3, in associazione a diabete e celiachia.

2. La malattia di Graves-Basedow (GD)

Per molti anni si è creduto che la HT e la GD fossero due distinte patologie a carico della ghiandola tiroidea: gli studi più recenti della letteratura scientifica internazionale hanno invece dimostrato come, nell'ampio spettro delle AITDs, esista un continuum tra HT e GD, potendo le due patologie coesistere nella stessa ghiandola e succedersi nella storia clinica degli stessi pazienti, specie in bambini e adolescenti affetti da cromosomopatie, come la sindrome di Down e la sindrome di Turner.

La GD è responsabile di circa il 95% dei casi di ipertiroidismo in età pediatrica: ha un'incidenza annua di circa 8 casi/1.000.000 di pazienti con età inferiore ai 15 anni, di 1/1.000.000 di bambini con età inferiore ai 4 anni.

La gravità del quadro clinico della GD correla inversamente con l'età del paziente: più piccolo è il bambino più grave sarà l'esordio della patologia, mentre solitamente in epoca adolescenziale il decorso clinico è più benigno.

Le caratteristiche biochimiche ed ecografiche della GD sono spesso sovrapponibili a quelle della HT: positività degli anticorpi anti-TPO e anti-TG, ipoecogenicità ecografica della ghiandola tiroidea.Tuttavia gli anticorpi patognomonici della GD sono rappresentati dagli anticorpi anti-recettore del TSH (TRAB) con attività stimolante, che hanno la capacità di legarsi al TSHR presente sulle cellule tiroidee, determinando iperplasia delle cellule follicolari ed iperproduzione di ormoni tiroidei, in maniera del tutto indipendente dal meccanismo di feedback ipotalamo-ipofisario.

La presentazione clinica della GD in età pediatrica è spesso molto insidiosa poiché i sintomi di esordio possono mimare patologie differenti e, quindi, passare inosservati o ancora essere

etichettati come disturbi neuropsichiatrici. I bambini con GD, infatti, possono mostrare disturbi comportamentali, come difficoltà di concentrazione, deficit di attenzione, labilità emotiva, disturbi del sonno, incubi notturni o, ancora, palpitazioni, tachicardia e perdita di peso nonostante l'aumento dell'appetito. Le manifestazioni extratiroidee che invece sono tipiche dell'età adulta, come l'oftalmopatia e la dermopatia, sono molto più rare in età pediatrica.

Proprio per questi sintomi comuni ad altre patologie tipiche dell'età pediatrica , spesso la diagnosi di GD viene posta molto più tardivamente rispetto all'esordio clinico, con possibili ripercussioni sulla crescita e sulla mineralizzazione ossea; è noto, infatti, come un eccesso di ormoni tiroidei sia responsabile di una notevole accelerazione della maturazione scheletrica con rischio di precoce saldatura delle cartilagini di coniugazione e quindi di compromissione della crescita staturale del bambino.

La diagnosi potrà essere suffragata dal riscontro di elevati valori di ormoni tiroidei (FT3 ed FT4) che determineranno una soppressione del TSH, il quale ultimo apparirà quindi basso o indosabile (<0.3 μUI/L).

Pur presentando la positività per gli anticorpi antiTPO e anti TG, indicatori di una i reazione autoimmune aspecifica nei confronti degli antigeni tissutali tiroidei, i pazienti con GD presentano elevati livelli di anticorpi antirecettori del TSH che sono patognomonici per questa condizione; solitamente tali anticorpi sono più elevati nei bambini al di sotto dei 5 anni di età ed il loro titolo correla con la gravità del quadro clinico e con la severità della prognosi.

L'ecografia della ghiandola tiroidea presenta molte caratteristiche comuni alla HT (ghiandola ingrandita, ipoecogenicità, disomogeneità parenchimale); allo studio doppler emerge, però, una diffusa ipervascolarizzazione (definita "inferno tiroideo").

I pazienti con un quadro clinico e bioumorale compatibile con la diagnosi di GD dovranno avviare la terapia con tionamidi, farmaci tireostatici come il metimazolo MMI o propiltiouracile PTU che bloccano la sintesi degli ormoni tiroidei interferendo con l'ossidazione dello iodio e la successiva iodinazione dei residui di tirosina della tireoglobulina.

La posologia iniziale di MMI raccomandata è di 0.5-1 mg/kg/die. Tale farmaco rappresenta il trattamento di prima scelta dell'ipertiroidismo in età evolutiva e le evidenze della

letteratura suggeriscono di prolungare il trattamento fino a 18-24 mesi per evitare la ripresa di malattia dopo una iniziale remissione (De Luca F, 2018).

Tuttavia la terapia non assicura una remissione a lungo termine e questo dovrà indurre il clinico ad optare per gli altri trattamenti a disposizione in caso di fallimento terapeutico.

Il rischio di grave epatopatia indotta dal PTU, stimato intorno a 1:2000-4000 nella popolazione pediatrica, ha fatto sì che tale farmaco venisse sconsigliato in età pediatrica: è considerato attualmente un farmaco di seconda scelta ad eccezione della gravidanza o in caso di "tempesta tiroidea", poiché blocca la conversione da T4 a T3 attraverso l'inibizione della deiodinasi iodotironina. Molti autori non sono d'accordo sulla possibilità di sostituire il MMI col PTU in pazienti con tempesta tiroidea, poiché non vi sono chiare evidenze che indichino la maggiore efficacia del PTU in questa categoria di pazienti. Dopo l'avvio della terapia con tionamidi la funzionalità tiroidea andrebbe rivalutata ogni 4-6 settimane ed il valore di FT4 dovrebbe rappresentare il parametro di scelta per guidare la terapia. Nel caso di presenza di sintomi di attivazione adrenergica può essere indicato l'avvio della terapia con beta-bloccante (propanololo 2 mg/kg/die per os in due somministrazioni) che consentirà un rapido controllo della sintomatologia nella fase precoce della malattia. Da ricordare tuttavia che i pazienti asmatici, con blocco atrio-ventricolare o con insufficienza cardiaca grave non si possono avvalere di tale trattamento che, peraltro, non è generalmente raccomandato in caso di ipertiroidismo da tiroidite (Hashitossicosi).

Ottenuta la normalizzazione dei livelli di FT4, dopo circa 4 settimane di terapia, la dose di MMI dovrebbe essere ridotta del 30-50%.

La valutazione della funzionalità tiroidea dovrebbe essere effettuata circa ogni 3 mesi dopo aver raggiunto la dose di mantenimento.

L'aggiunta di L-T4, mantenendo elevate le dosi dei farmaci tireostatici, costituisce il cardine del metodo definito "block and replace" che sfrutta l'azione delle alte dosi di tionamidi per bloccare la sintesi degli ormoni tiroidei in combinazione con la Levo-tiroxina per garantire uno stato di eutiroidismo, anche se la ghiandola è a riposo grazie all'inibizione della sintesi ormonale endogena.

Quando la patologia non va in remissione dopo 12-18 mesi dall'avvio dei farmaci antitiroidei bisogna prendere in considerazione altri approcci terapeutici che contemplano la

terapia radiometabolica o quella chirurgica. Solitamente solo il 20-30% dei bambini trattati per 1-2 anni con tireostatici ottiene la remissione clinica.

I pazienti più a rischio di recidiva sono quelli di origine non caucasica, quelli che presentano un gozzo di grosse dimensioni all'esordio, i pazienti con età inferiore ai 12 anni, quelli con elevati titoli di TRAbs e livelli elevati di FT4 al momento della diagnosi.

La Scuola statunitense utilizza la terapia radiometabolica come prima scelta a partire dai 10 anni ed in caso di fallimento della terapia medica anche nei bambini di età compresa fra i 5 e i 10 anni. La Scuola europea non consiglia la terapia radiometabolica al di sotto dei 18 anni e ancor meno nei soggetti in età pre-puberale.

La tiroidectomia è raramente presa in considerazione in età pediatrica, ad eccezione dei casi con importante aumento di volume della ghiandola tiroidea (8 volte il volume originario della ghiandola o peso >80 g) o nei pazienti con noduli sospetti per carcinoma.

Comunque, la scelta del trattamento chirurgico presuppone la disponibilità di un chirurgo con esperienza consolidata di tiroidectomia ed abituato ad eseguire, ogni anno, un elevato numero di interventi di questo tipo, come anche previsto dalle linee-guida specifiche in materia.

3. Conclusioni

La valutazione della funzionalità tiroidea in età pediatrica è obbligatoria in tutti i casi in cui vi sia una condizione di scarsa crescita, specie se in associazione a familiarità per malattie autoimmuni. L'identificazione di una condizione di ipotiroidismo merita prontamente l'avvio di una terapia sostitutiva con levo-tiroxina che dovrà assicurare un eutiroidismo clinico e bioumorale indispensabile per l'espletamento di tutti quei processi che sono svolti dall'ormone tiroideo come la crescita e la regolazione del metabolismo basale. In caso di eccesso di ormoni tiroidei bisognerà prontamente instaurare una terapia che blocchi la loro sintesi avendo sottolineato come l'eccesso di ormoni tiroidei facilita una rapida progressione della maturazione scheletrica con saldatura precoce delle cartilagini di coniugazione e quindi compromissione della crescita staturale. Compito del pediatra sarà proprio quello di diagnosticare tempestivamente una di queste condizioni ed altrettanto tempestivamente avviare il trattamento.

4. Bibliografia

Valenzise M, Porcaro F, Zirilli G, De Luca F, Cinquegrani M, Aversa T. *Hypoceruloplasminemia: an unusual biochemical finding in a girl with Hashimoto's thyroiditis and severe hypothyroidism*. Pediatr Med Chir. 2018;40(2).

Aversa T, Crisafulli G, Zirilli G, De Luca F, Gallizzi R, Valenzise M. *Epidemiological and clinical aspects of autoimmune thyroid diseases in children with Down's syndrome*. Ital J Pediatr., 2018; 44(1):39.

Aversa T, Gallizzi R, Salzano G, Zirilli G, De Luca F, Valenzise M. *Atypical phenotypic aspects of autoimmune thyroid disorders in young patients with Turner syndrome*. Ital J Pediatr. 2018; 17:44(1):12.

Corrias A, Mussa A, Baronio F et al *Diagnostic features of thyroid nodules in pediatrics* Arch Pediatr Adolesc Med 2010; 164(8):714-9

De Luca F, Valenzise M *Controversies in the pharmacological treatment of Graves' disease in children*. Expert Rev Clin Pharmacol. 2018;11(11):1113-1121.

Luigi Donato - Concetta Scimone - Simona Alibrandi - Domenico Morda' - Carmela Rinaldi - Rosalia D'angelo - Antonina Sidoti

NEL LABIRINTO DELLE DISTROFIE RETINICHE EREDITARIE: ALLA SCOPERTA DELLE TERAPIE INNOVATIVE E DELLE VISIONI DEL FUTURO

1. Premessa – 2. Introduzione – 3. Comprendere le distrofie retiniche ereditarie – 4. Sintomi e progressione delle distrofie retiniche ereditarie – 5. Approcci terapeutici attuali – 6. Ricerca e prospettive future – 7. Conclusioni – 8. Bibliografia.

1. Premessa

Il presente lavoro esplora le distrofie retiniche ereditarie, un gruppo eterogeneo di malattie oculari che provocano la degenerazione progressiva delle cellule fotorecettoriali nella retina. Queste malattie possono portare a una compromissione visiva progressiva e, in alcuni casi, alla cecità irreversibile. L'obiettivo di questo studio è fornire informazioni approfondite sulle distrofie retiniche ereditarie, promuovendo la ricerca scientifica e l'accesso a terapie innovative.

Vengono esaminati i sintomi delle distrofie retiniche ereditarie, che possono variare in gravità e presentarsi in modalità differenti da individuo a individuo. Nonostante questa variabilità, esistono caratteristiche comuni che possono facilitare la diagnosi precoce di una distrofia retinica ereditaria.

Un'importante prospettiva terapeutica per i pazienti con distrofie retiniche ereditarie avanzate è rappresentata dalle neuroprotesi retiniche. Questi dispositivi impiantabili, stimolando direttamente le cellule retiniche residue, consentono una forma limitata di ripristino visivo. Pur non garantendo una visione completa, le neuroprotesi retiniche offrono un'opportunità significativa di migliorare la qualità di vita dei pazienti affetti da distrofie retiniche ereditarie avanzate.

Inoltre, sono esplorate le ultime novità nella ricerca oftalmologica per la cura delle distrofie retiniche ereditarie. La medicina rigenerativa, basata sull'utilizzo di cellule staminali

pluripotenti indotte (iPSC), offre la possibilità di sostituire le cellule retiniche danneggiate con cellule sane, aprendo nuove prospettive terapeutiche.

In conclusione, questo studio rappresenta una preziosa risorsa informativa per pazienti, medici e ricercatori che si occupano delle distrofie retiniche ereditarie. Esplorando le cause, i sintomi e le nuove frontiere della ricerca oftalmologica, il presente lavoro mira a promuovere una migliore comprensione e cura di queste malattie rare degli occhi. La collaborazione tra ricercatori, medici, pazienti e associazioni di pazienti svolge un ruolo fondamentale nel progresso scientifico e nell'accesso alle terapie innovative per le distrofie retiniche ereditarie.

2. Introduzione

Le distrofie retiniche ereditarie rappresentano un intrigante e complesso gruppo di malattie oculari rare, le quali colpiscono la retina, uno strato altamente specializzato e sensibile alla luce che ricopre la parte posteriore dell'occhio. Queste affezioni oculari sono caratterizzate da un progressivo deterioramento delle cellule fotorecettoriali, che sono fondamentali per la percezione visiva. Tale degenerazione progressiva compromette la capacità di vedere e porta spesso a una perdita visiva irreversibile, rappresentando una sfida significativa per i pazienti e i professionisti della salute visiva.

In questo saggio, avremo il privilegio di immergerci nel mondo affascinante e complesso delle distrofie retiniche ereditarie, con l'obiettivo di esplorare in modo approfondito le loro cause, i sintomi associati e l'impatto profondo che queste condizioni hanno sulla vita dei pazienti. Comprenderemo inoltre le nuove frontiere e gli sviluppi innovativi nella ricerca oftalmologica, mirati alla diagnosi precoce, al trattamento efficace e alla cura definitiva di queste malattie rare degli occhi.

Uno degli aspetti centrali che affronteremo riguarda la comprensione delle cause delle distrofie retiniche ereditarie. Esploreremo le basi genetiche di queste malattie, poiché molte di esse sono ereditate da uno o entrambi i genitori. Analizzeremo le alterazioni genetiche specifiche che possono svolgere un ruolo chiave nello sviluppo e nella progressione delle distrofie retiniche ereditarie, contribuendo così alla comprensione di come queste condizioni si manifestano e progrediscono.

Inoltre, ci addentreremo nei sintomi associati alle distrofie retiniche ereditarie, riconoscendo la loro varietà e diversità. Sebbene queste malattie abbiano caratteristiche comuni, come la progressiva perdita visiva, è importante sottolineare che i sintomi possono variare significativamente da persona a persona. Esploreremo le diverse modalità di presentazione dei sintomi e le sfide che i pazienti affrontano nella loro quotidianità, fornendo così una prospettiva completa dell'impatto fisico e psicologico delle distrofie retiniche ereditarie sulla vita dei pazienti.

Inoltre, affronteremo con entusiasmo le nuove frontiere della ricerca oftalmologica nella cura delle distrofie retiniche ereditarie. La scienza avanza rapidamente e sta aprendo porte verso terapie innovative e promettenti. Esploreremo gli sviluppi recenti nella terapia genica, dove gli scienziati stanno cercando di correggere le anomalie genetiche responsabili delle distrofie retiniche ereditarie, aprendo così la strada a trattamenti personalizzati e mirati. Inoltre, esamineremo gli approcci emergenti come la medicina rigenerativa, che sfrutta il potenziale delle cellule staminali per ripristinare la funzione retinica danneggiata.

In conclusione, questo saggio mira a fornire una visione approfondita delle distrofie retiniche ereditarie, offrendo una panoramica completa delle loro cause, dei sintomi associati e delle nuove prospettive di ricerca oftalmologica per la cura di queste malattie rare degli occhi. Attraverso una comprensione più approfondita di queste affezioni e degli sviluppi scientifici in corso, speriamo di promuovere politiche sanitarie che favoriscano la ricerca e l'accesso a terapie innovative, in modo da migliorare la qualità di vita dei pazienti affetti da distrofie retiniche ereditarie e portare speranza per un futuro migliore.

3. Comprendere le distrofie retiniche ereditarie

Le distrofie retiniche ereditarie rappresentano un gruppo eterogeneo di malattie genetiche che colpiscono la retina, il tessuto sensibile alla luce all'interno dell'occhio umano. La retina è uno strato intricato di tessuto che riveste la parte posteriore dell'occhio ed è composta da diverse cellule specializzate, tra cui i fotorecettori noti come coni e bastoncelli. I coni sono responsabili della visione diurna e della percezione dei colori, mentre i bastoncelli sono responsabili della visione notturna e della percezione dei dettagli in condizioni di scarsa luminosità (Smith, Sivaprasad, & Chong, 2016).

Le distrofie retiniche ereditarie sono causate da mutazioni genetiche che influiscono sulla funzione e sulla sopravvivenza dei fotorecettori nella retina. Queste mutazioni possono compromettere diversi aspetti del normale funzionamento delle cellule, tra cui la produzione di proteine necessarie per la visione, il trasporto di sostanze nutrienti e il riparo del DNA danneggiato (Olivares-Gonzalez, Velasco, Campillo, & Rodrigo, 2021).

Un esempio comune di distrofia retinica ereditaria è la retinite pigmentosa (RP). Nella RP, si verifica una degenerazione progressiva dei bastoncelli nella retina, i quali sono fondamentali per la visione notturna e periferica. I primi sintomi possono includere difficoltà a vedere in condizioni di scarsa illuminazione, ad esempio durante la guida notturna. Man mano che la malattia progredisce, si verifica una riduzione del campo visivo periferico e una compromissione generale della visione. Spesso, si manifesta una difficoltà ad adattarsi rapidamente ai cambiamenti di luce, come passare da un ambiente luminoso a uno scuro o viceversa (Donato et al., 2020).

Un altro esempio noto di distrofia retinica ereditaria è la distrofia di Stargardt. Questa malattia è causata da mutazioni nel gene *ABCA4*, che porta a un accumulo anomalo di sostanze grasse chiamate lipofuscine nella retina. La lipofuscina si accumula progressivamente nei fotorecettori, causando danni e perdita della visione centrale. La distrofia di Stargardt può manifestarsi già nell'adolescenza e può portare a una compromissione significativa della visione (D'Angelo et al., 2017; Donato et al., 2018).

La comprensione delle basi genetiche specifiche di ciascuna distrofia retinica ereditaria è fondamentale per lo sviluppo di terapie mirate e personalizzate. Negli ultimi anni, sono stati fatti notevoli progressi nella scoperta dei geni associati alle distrofie retiniche ereditarie. Ad esempio, il gene *RPE65* è associato alla retinite pigmentosa (RP). Mutazioni in questo gene influenzano la produzione di una proteina necessaria per la corretta funzione dei fotorecettori. La conoscenza di queste mutazioni genetiche specifiche non solo fornisce una migliore comprensione delle cause sottostanti delle distrofie retiniche ereditarie, ma apre anche la strada a nuove opzioni terapeutiche basate sulla correzione genetica (Maguire, Bennett, Aleman, Leroy, & Aleman, 2021).

Recentemente, sono state sviluppate terapie innovative per alcune forme di distrofie retiniche ereditarie. Ad esempio, la terapia genica ha dimostrato promettenti risultati nel

trattamento di alcune forme di RP. Questa terapia prevede l'introduzione di una copia sana del gene alterato nella retina del paziente, al fine di ripristinare la funzione dei fotorecettori. In alcuni casi, i pazienti sottoposti a questa terapia hanno riportato un miglioramento della visione e una riduzione dei sintomi (Hu et al., 2021).

In conclusione, le distrofie retiniche ereditarie sono malattie genetiche che colpiscono la retina e possono portare a una compromissione della visione. Comprendere le basi genetiche specifiche di queste malattie è fondamentale per lo sviluppo di terapie mirate. I progressi nella ricerca genetica stanno aprendo nuove prospettive per il trattamento delle distrofie retiniche ereditarie, offrendo speranza a coloro che ne sono affetti (Donato et al., 2021; Donato, Alibrandi, et al., 2022; Donato et al., 2020; Donato, Scimone, et al., 2022).

4. Sintomi e progressione delle distrofie retiniche ereditarie

Le distrofie retiniche ereditarie rappresentano un gruppo eterogeneo di malattie oculari che possono manifestarsi con una vasta gamma di sintomi. Questi sintomi possono variare in gravità e presentarsi in modi diversi da persona a persona, ma esistono caratteristiche comuni che possono aiutare a identificare la presenza di una distrofia retinica ereditaria.

Uno dei primi segnali di allarme riportati dai pazienti con distrofie retiniche ereditarie è una diminuzione della visione notturna o una difficoltà nell'adattarsi a cambiamenti improvvisi di luminosità. Immagina di trovarsi in un ambiente buio, come una stanza poco illuminata o una strada di campagna di notte, e di faticare a vedere chiaramente gli oggetti circostanti. Questo sintomo è spesso dovuto alla compromissione dei bastoncelli, i quali sono responsabili della visione in condizioni di scarsa illuminazione. I pazienti possono notare una maggiore sensibilità alla luce intensa o la necessità di una maggiore illuminazione per svolgere attività quotidiane come leggere, scrivere o cucinare.

Un'altra caratteristica comune delle distrofie retiniche ereditarie è la perdita della visione periferica. Immagina di guardare dritto davanti a te e di notare che gli oggetti ai lati del tuo campo visivo sembrano sfocati o addirittura scompaiono. Questo sintomo è dovuto alla compromissione dei bastoncelli, i quali sono responsabili della visione periferica. I pazienti possono avere difficoltà a riconoscere oggetti o persone ai lati del loro campo visivo e possono

sviluppare una tendenza ad allungare il collo o a muovere gli occhi per compensare questa perdita.

Con il progredire della malattia, la vista centrale può essere sempre più compromessa. Immagina di provare difficoltà a leggere un libro, a guardare la televisione o a riconoscere i volti delle persone a distanza ravvicinata. La visione centrale è responsabile della nitidezza dei dettagli e della percezione dei colori. Pertanto, quando la visione centrale è compromessa, l'abilità di svolgere attività quotidiane diventa sempre più difficile. Alcuni pazienti possono sperimentare una percezione alterata dei colori, che può variare da una ridotta sensibilità a colori specifici a una visione in bianco e nero (Verbakel et al., 2018).

Tuttavia, è importante sottolineare che la gravità dei sintomi può variare notevolmente anche tra individui affetti dalla stessa malattia genetica. Fattori come la specifica mutazione genetica, l'età di insorgenza e l'interazione con altri fattori genetici ed ambientali possono influenzare l'espressione e la progressione dei sintomi. Pertanto, è fondamentale sottoporsi a una valutazione oculistica completa per una diagnosi accurata e una gestione adeguata della malattia.

La diagnosi delle distrofie retiniche ereditarie si basa su una combinazione di esame clinico, test genetici e valutazioni della funzione visiva. Durante l'esame oftalmologico, l'oculista può esaminare attentamente la retina alla ricerca di segni caratteristici di degenerazione, come la presenza di pigmentazione anomala o di depositi di sostanze grasse. I test genetici, come il sequenziamento del DNA, possono identificare specifiche mutazioni genetiche associate alla distrofia retinica ereditaria. Questi test sono fondamentali per una diagnosi precisa e possono aiutare a determinare il rischio di sviluppare la malattia per i membri della famiglia. Infine, i test funzionali della vista, come il campo visivo e l'elettroretinografia (ERG), possono valutare l'estensione e il grado di compromissione della funzione retinica, fornendo informazioni preziose per la gestione della malattia e l'elaborazione di un piano di trattamento personalizzato.

È importante ricordare che la diagnosi precoce e una corretta gestione delle distrofie retiniche ereditarie possono contribuire a preservare la vista residua e a migliorare la qualità della vita dei pazienti. La consulenza genetica può essere utile per fornire informazioni sulle

opzioni di trattamento disponibili, nonché per supportare il paziente e la famiglia nel processo decisionale.

5. Approcci terapeutici attuali

Nonostante non esista ancora una cura definitiva per le distrofie retiniche ereditarie, esistono diverse opzioni terapeutiche volte a gestire i sintomi, rallentare la progressione della malattia e migliorare la qualità della vita dei pazienti.

Le lenti a contatto telescopiche rappresentano una soluzione pratica per migliorare la visione dei pazienti con distrofie retiniche ereditarie avanzate. Queste lenti speciali contengono un sistema di ingrandimento che consente di ampliare l'immagine vista dalla retina. Ciò può aiutare i pazienti a svolgere attività quotidiane come leggere, guardare la televisione o riconoscere i volti. Le lenti a contatto telescopiche rappresentano un esempio di come la tecnologia possa fornire soluzioni pratiche e mirate per migliorare la funzionalità visiva nei pazienti affetti da distrofie retiniche ereditarie.

Ma non sono solo le lenti a contatto telescopiche a offrire soluzioni innovative per migliorare la visione dei pazienti con distrofie retiniche ereditarie. Negli ultimi anni, sono stati sviluppati dispositivi elettronici indossabili chiamati "occhiali intelligenti". Questi occhiali utilizzano telecamere e algoritmi avanzati per catturare l'immagine del mondo circostante e la trasmettono direttamente alla retina del paziente attraverso un sistema di display incorporato negli occhiali stessi. In questo modo, i pazienti possono percepire l'ambiente circostante con maggiore chiarezza e migliorare la loro capacità di riconoscere oggetti e persone. Queste innovazioni tecnologiche stanno aprendo nuove prospettive per i pazienti affetti da distrofie retiniche ereditarie, offrendo soluzioni personalizzate e adattabili alle esigenze di ciascun individuo.

Un'altra opzione terapeutica è rappresentata dall'uso di ausili ottici, come occhiali con prismi o filtri colorati, che possono migliorare il contrasto e la visione dei colori. I prismi possono correggere la percezione distorta dell'immagine, aiutando i pazienti a vedere in modo più chiaro. Ad esempio, l'utilizzo di prismi prismatici può aiutare i pazienti con distrofie retiniche ereditarie a correggere la loro percezione distorta dell'immagine e ad avere una visione più nitida e dettagliata. Inoltre, l'utilizzo di filtri colorati può contribuire a migliorare

la percezione dei colori e ridurre l'affaticamento visivo. Questi ausili ottici possono essere personalizzati in base alle esigenze individuali dei pazienti e contribuire a migliorare la loro qualità della visione.

La terapia farmacologica rappresenta un'area di ricerca attiva per le distrofie retiniche ereditarie. Alcuni farmaci, come il 9-cis-retinale, sono stati testati in studi clinici per la loro capacità di stabilizzare i fotorecettori e rallentare la progressione della malattia. Questi farmaci agiscono fornendo alla retina sostanze che possono aiutare a mantenere la funzionalità dei fotorecettori danneggiati. Ad esempio, il 9-cis-retinale è un derivato della vitamina A che può essere somministrato per via orale o tramite iniezioni intraoculari per migliorare la funzione dei fotorecettori. Sebbene i risultati siano promettenti, sono necessari ulteriori studi per valutare l'efficacia e la sicurezza di questi farmaci a lungo termine.

Un altro approccio terapeutico innovativo è rappresentato dalla terapia genica. Come menzionato nel capitolo precedente, la terapia genica mira a correggere le mutazioni genetiche responsabili delle distrofie retiniche ereditarie. Questo può essere realizzato mediante l'introduzione di una copia funzionante del gene difettoso o attraverso l'editing del genoma per correggere direttamente la mutazione. La terapia genica rappresenta una sfida complessa, ma ha dimostrato promettenti risultati in alcuni casi.

Un esempio di successo nella terapia genica è rappresentato dalla forma ereditaria di amaurosi congenita di Leber (LCA), una distrofia retinica che colpisce i bambini sin dalla nascita. In uno studio clinico, i ricercatori hanno utilizzato un vettore virale per consegnare un gene sano (RPE65) alla retina dei pazienti affetti da LCA. Questo approccio ha dimostrato di essere sicuro ed efficace nel ripristinare parzialmente la visione nei pazienti, consentendo loro di acquisire una maggiore indipendenza e una migliore qualità di vita. La terapia genica rappresenta una speranza concreta per i pazienti affetti da distrofie retiniche ereditarie, aprendo la strada a nuove prospettive per la cura di queste malattie.

Tuttavia, è importante sottolineare che la terapia genica è ancora in fase di sviluppo e richiede ulteriori studi clinici per valutarne l'efficacia, la sicurezza e l'accessibilità a lungo termine. Sono necessari sforzi continui per migliorare le tecniche di consegna del gene, affrontare possibili reazioni immunitarie avverse e garantire che la terapia genica sia accessibile a tutti i pazienti che ne potrebbero beneficiare. La ricerca nel campo della terapia

genica è in continua evoluzione e offre promettenti prospettive per il futuro (Georgiou, Fujinami, & Michaelides, 2021).

Nonostante le sfide e le incertezze che accompagnano la ricerca terapeutica per le distrofie retiniche ereditarie, i risultati ottenuti finora hanno suscitato entusiasmo nella comunità scientifica e hanno aperto la strada a nuove prospettive per la cura di queste malattie. L'importanza di una diagnosi precoce, della gestione dei sintomi e della partecipazione attiva alla ricerca clinica non può essere sottolineata abbastanza. La collaborazione tra pazienti, famiglie, medici e ricercatori è fondamentale per fare progressi significativi nella comprensione e nel trattamento delle distrofie retiniche ereditarie.

6. Ricerca e prospettive future

La ricerca sulle distrofie retiniche ereditarie si sta spingendo sempre più avanti, con un'attenzione crescente per scoprire nuove informazioni sulle cause e i meccanismi sottostanti di queste malattie. Gli sforzi dei ricercatori mirano a individuare nuovi bersagli terapeutici e a sviluppare terapie innovative per contrastare la degenerazione retinica.

Uno dei principali focus della ricerca riguarda la comprensione dei meccanismi molecolari che portano alla degenerazione dei fotorecettori nella retina. Gli scienziati stanno studiando le complesse vie di segnalazione coinvolte nella sopravvivenza e nella funzione delle cellule retiniche per identificare punti critici che potrebbero essere preservati o ripristinati mediante interventi terapeutici. Questa comprensione dettagliata delle vie molecolari apre la strada allo sviluppo di farmaci mirati che potrebbero rallentare o addirittura invertire il processo degenerativo.

Un'altra prospettiva promettente è rappresentata dalla medicina rigenerativa. La ricerca sulle cellule staminali pluripotenti indotte (iPSC) ha dimostrato la capacità di generare cellule retiniche funzionali in laboratorio. Questo apre la possibilità di sostituire le cellule danneggiate nella retina con cellule sane, offrendo così la speranza di ripristinare la funzione visiva nei pazienti affetti da distrofie retiniche ereditarie. Sebbene ci siano ancora sfide da affrontare, come l'integrazione delle cellule rigenerate nella retina e la loro funzionalità a lungo termine, questi studi sono promettenti e aprono nuove strade per la cura della malattia.

Un'interessante prospettiva tecnologica è rappresentata dalle neuroprotesi retiniche. Questi dispositivi elettronici impiantati possono stimolare direttamente le cellule retiniche residue che sono ancora funzionanti, bypassando i fotorecettori danneggiati. Nonostante possano ripristinare solo una forma limitata di visione, le neuroprotesi retiniche offrono un'opzione terapeutica per i pazienti con distrofie retiniche ereditarie avanzate, consentendo loro di percepire almeno alcune immagini e migliorare la loro qualità di vita.

Infine, la condivisione delle informazioni genetiche e cliniche è fondamentale per sostenere la ricerca e promuovere l'implementazione di nuove terapie. L'accesso a dati accurati e aggiornati su mutazioni genetiche, fenotipi clinici e risposte ai trattamenti può aiutare i ricercatori a identificare sottotipi di malattia, individuare correlazioni tra genotipo e fenotipo, e migliorare la selezione dei pazienti per gli studi clinici. La collaborazione tra pazienti, associazioni di pazienti, medici e scienziati è cruciale per condividere conoscenze e promuovere la ricerca congiunta, accelerando così il progresso nella comprensione e nel trattamento delle distrofie retiniche ereditarie (Martinez Velazquez & Ballios, 2021).

In conclusione, la ricerca sulle distrofie retiniche ereditarie è in continua evoluzione, spingendosi verso nuovi orizzonti terapeutici. Le scoperte molecolari, la medicina rigenerativa, le neuroprotesi retiniche e la condivisione di informazioni giocano un ruolo fondamentale nello sviluppo di trattamenti innovativi e nella speranza di migliorare la qualità della vita dei pazienti affetti da queste malattie. Nonostante ci sia ancora molto da fare, l'entusiasmo e l'impegno della comunità scientifica promettono un futuro promettente per la cura delle distrofie retiniche ereditarie.

7. Conclusioni

Le distrofie retiniche ereditarie rappresentano una sfida medica complessa, ma la ricerca scientifica e l'impegno dei professionisti sanitari stanno aprendo nuove prospettive per la diagnosi precoce, i trattamenti mirati e la cura definitiva di queste malattie.

La comprensione delle basi genetiche specifiche di ciascuna distrofia retinica ereditaria è fondamentale per lo sviluppo di terapie personalizzate. Ogni distrofia retinica ereditaria è caratterizzata da specifiche mutazioni genetiche che influenzano la funzione dei fotorecettori nella retina. Grazie all'identificazione di queste mutazioni, è possibile sviluppare terapie

mirate che agiscono direttamente sui meccanismi patologici sottostanti. La terapia genica, ad esempio, offre la possibilità di correggere o sostituire i geni difettosi responsabili della malattia, aprendo la strada a un trattamento curativo.

Oltre alle terapie genetiche, esistono approcci terapeutici attuali che possono migliorare la qualità della vita dei pazienti affetti da distrofie retiniche ereditarie. Le lenti a contatto telescopiche, ad esempio, sono un'opzione pratica per ampliare l'immagine vista dalla retina, consentendo ai pazienti di svolgere attività quotidiane come leggere o riconoscere volti. Gli ausili ottici, come occhiali con prismi o filtri colorati, possono migliorare il contrasto e la visione dei colori. Inoltre, una corretta illuminazione degli ambienti può contribuire a migliorare la visibilità.

Tuttavia, il futuro della cura delle distrofie retiniche ereditarie è ancora più promettente. La ricerca scientifica è in continua evoluzione e nuove prospettive si aprono costantemente. La medicina rigenerativa, ad esempio, offre la possibilità di ripristinare la funzione retinica compromessa attraverso l'utilizzo di cellule staminali pluripotenti indotte (iPSC). Queste cellule possono essere differenziate in cellule retiniche sane e trapiantate nella retina per sostituire quelle danneggiate. Inoltre, le neuroprotesi retiniche, dispositivi elettronici impiantati che stimolano direttamente le cellule retiniche rimaste funzionanti, possono ripristinare una forma limitata di visione nei pazienti con distrofie retiniche ereditarie avanzate.

La collaborazione tra ricercatori, medici, pazienti e associazioni di pazienti gioca un ruolo fondamentale nel progresso nella comprensione e nella cura delle distrofie retiniche ereditarie. La condivisione di dati e informazioni tra le parti interessate favorisce la collaborazione e l'innovazione. Inoltre, è essenziale promuovere politiche sanitarie che favoriscano la ricerca scientifica e l'accesso a terapie innovative.

In conclusione, sebbene non esista ancora una cura definitiva per le distrofie retiniche ereditarie, i progressi nella ricerca e negli approcci terapeutici offrono speranza per i pazienti affetti da queste malattie. La comprensione delle cause genetiche, la terapia genica, la medicina rigenerativa e le neuroprotesi retiniche sono solo alcune delle strade che stanno aprendo nuove prospettive per il trattamento e la cura di queste condizioni. L'impegno continuo nella ricerca scientifica e nella collaborazione tra tutte le parti interessate è

fondamentale per migliorare la vita di coloro che vivono con le distrofie retiniche ereditarie e per avvicinarci sempre di più all'obiettivo di una cura definitiva.

8. Bibliografia

D'Angelo, R., Donato, L., Venza, I., Scimone, C., Aragona, P., & Sidoti, A. (2017). *Possible protective role of the ABCA4 gene c.1268A>G missense variant in Stargardt disease and syndromic retinitis pigmentosa in a Sicilian family: Preliminary data*. Int J Mol Med, *39*(4), 1011-1020. doi:10.3892/ijmm.2017.2917

Donato, L., Abdalla, E. M., Scimone, C., Alibrandi, S., Rinaldi, C., Nabil, K. M., . . . Sidoti, A. (2021). *Impairments of Photoreceptor Outer Segments Renewal and Phototransduction Due to a Peripherin Rare Haplotype Variant: Insights from Molecular Modeling*. Int J Mol Sci, *22*(7). doi:10.3390/ijms22073484

Donato, L., Alibrandi, S., Scimone, C., Rinaldi, C., Dascola, A., Calamuneri, A., . . . Sidoti, A. (2022). *The impact of modifier genes on cone-rod dystrophy heterogeneity: An explorative familial pilot study and a hypothesis on neurotransmission impairment*. PLoS One, *17*(12), e0278857. doi:10.1371/journal.pone.0278857

Donato, L., D'angelo, R., Alibrandi, S., Rinaldi, C., Sidoti, A., & Scimone, C. (2020). *Effects of A2E-Induced Oxidative Stress on Retinal Epithelial Cells: New Insights on Differential Gene Response and Retinal Dystrophies*. Antioxidants (Basel), 9(4). doi:10.3390/antiox9040307

Donato, L., Scimone, C., Alibrandi, S., Scalinci, S. Z., Rinaldi, C., D'angelo, R., & Sidoti, A. (2022). *Epitranscriptome Analysis of Oxidative Stressed Retinal Epithelial Cells Depicted a Possible RNA Editing Landscape of Retinal Degeneration*. Antioxidants (Basel), 11(10). doi:10.3390/antiox11101967

Donato, L., Scimone, C., Rinaldi, C., Aragona, P., Briuglia, S., D'ascola, A., . . . Sidoti, A. (2018). *Stargardt Phenotype Associated With Two ELOVL4 Promoter Variants and ELOVL4 Downregulation: New Possible Perspective to Etiopathogenesis?* Invest Ophthalmol Vis Sci, 59(2), 843-857. doi:10.1167/iovs.17-22962

Georgiou, M., Fujinami, K., & Michaelides, M. (2021). *Inherited retinal diseases: Therapeutics, clinical trials and end points-A review*. Clin Exp Ophthalmol, 49(3), 270-288. doi:10.1111/ceo.13917

Hu, M. L., Edwards, T. L., O'hare, F., Hickey, D. G., Wang, J. H., Liu, Z., & Ayton, L. N. (2021). *Gene therapy for inherited retinal diseases: progress and possibilities*. Clin Exp Optom, 104(4), 444-454. doi:10.1080/08164622.2021.1880863

Maguire, A. M., Bennett, J., Aleman, E. M., Leroy, B. P., & Aleman, T. S. (2021). *Clinical Perspective: Treating RPE65-Associated Retinal Dystrophy*. Mol Ther, 29(2), 442-463. doi:10.1016/j.ymthe.2020.11.029

Martinez Velazquez, L. A., & Ballios, B. G. (2021). *The Next Generation of Molecular and Cellular Therapeutics for Inherited Retinal Disease*. Int J Mol Sci, 22(21). doi:10.3390/ijms222111542

Olivares-Gonzalez, L., Velasco, S., Campillo, I., & Rodrigo, R. (2021). *Retinal Inflammation, Cell Death and Inherited Retinal Dystrophies*. Int J Mol Sci, 22(4). doi:10.3390/ijms22042096

Smith, R. L., Sivaprasad, S., & Chong, V. (2016). *Retinal Biochemistry, Physiology and Cell Biology*. Dev Ophthalmol, 55, 18-27. doi:10.1159/000431118

Verbakel, S. K., Van Huet, R. A. C., Boon, C. J. F., Den Hollander, A. I., Collin, R. W. J., Klaver, C. C. W., . . . Klevering, B. J. (2018). *Non-syndromic retinitis pigmentosa*. Prog Retin Eye Res, *66*, 157-186. doi:10.1016/j.preteyeres.2018.03.005

Giuseppe Dattilo - Antonio Micari - Gianluca Di Bella

Scompenso Cardiaco: la sindrome del XXI secolo

1. Definizione e introduzione. – 2. Epidemiologia e classificazioni. – 3. Eziologia. – 4. Patofisiologia. – 4.1. Precarico. – 4.2 Postcarico. – 4.3 Inotropismo. – 4.4. Frequenza. – 5. Diagnosi. – 5.2. Segni. – 5.3 Anamnesi. – 5.4 Esami strumentali. – 6. Terapia. – 7. Prospettive e prognosi. – 8. Bibliografia.

1. Definizione e introduzione

L'Insufficienza Cardiaca (IC) è una condizione clinica dettata da un malfunzionamento della pompa cardiaca, la quale non è più in grado di garantire una circolazione sanguinea adeguata alle esigenze dell'organismo o è in grado di farlo, ma a costo di elevate pressioni all'interno del cuore stesso. Questa condizione può essere presente sempre, oppure solo sotto sforzo, cioè quando al cuore è richiesto un impegno maggiore perché crescono le esigenze metaboliche (e quindi di sangue) dell'intero organismo. Il ruolo centrale del cuore all'interno dell'organismo e la sua stretta connessione funzionale con gli altri organi e apparati rende ragione dell'estrema complessità che caratterizza l'IC, che è aggravata e a sua volta aggrava patologie sottostanti (su tutte l'insufficienza renale, per esempio). Basti pensare che l'87% degli affetti da IC presenta 3 o più comorbilità. (1) Per questa ragione, è chiaro che non si possa considerare l'IC una condizione ad appannaggio esclusivo del sistema cardiovascolare, ma una sindrome che grava a 360° sulla vita del paziente. (1-8) Schematicamente le cause di questa ridotta funzione cardiaca sono ascrivibili ad alterazioni strutturali (per esempio nelle cardiomiopatie o nelle cardiopatie congenite) o, più frequentemente, a problemi di natura "funzionale" (per esempio infarto miocardico, turbe del ritmo/conduzione elettrica o disfunzioni importanti di una valvola cardiaca). (2)

L'IC, quando conclamata, può presentarsi con sintomi tipici di un ridotto flusso sanguineo (perfusione) per incapacità della pompa di sopperire adeguatamente alle richieste dell'organismo o con segni di congestione (accumulo di liquido "a monte" della pompa, che

non è in grado di "smaltire" adeguatamente il sangue che arriva). Alcuni esempi sono mancanza d'aria (dispnea), faticabilità marcata, gonfiore alle caviglie, difficoltà a respirare in posizione supina.

Con l'aumento dell'aspettativa di vita e l'avvento di trattamenti cardiologici salvavita sempre efficaci e innovativi (su tutti l'angioplastica coronarica), il numero di persone affette da IC è in progressivo aumento. E' quindi fondamentale conoscere la patologia, riconoscerne i sintomi e informarsi sulle possibilità terapeutiche anche per chi non è propriamente "addetto ai lavori", soprattutto considerando che la storia naturale dell'IC non trattata comporta un deterioramento progressivo e inesorabile, con estrema limitazione della vita del soggetto affetto, dei familiari e un pesante impatto economico sul sistema sanitario nazionale. Snodo cruciale, per migliorare la prognosi altrimenti infausta, è una corretta e tempestiva diagnosi eziologica, consentendo di intraprendere una terapia mirata.

2. Epidemiologia e classificazioni

Si stima che circa 64 milioni di persone nel mondo siano affette da IC, con una prevalenza tra il 2 e il 5% nella popolazione generale, probabilmente sottostimata per la mancata diagnosi di molti casi, e fino al 12% tra gli over 65. (1-8) Per dare misura delle dimensioni epidemiologiche dell'IC, basti pensare che un soggetto di 30 anni ha un 5% di probabilità di sviluppare IC nell'arco della vita (addirittura quasi 8% se iperteso). Ciò che più preoccupa è la prognosi, decisamente povera e caratterizzata da un'elevata mortalità a lungo termine: si stima che il 27% dei pazienti con IC morirà entro 2 anni e che solo il 57% sopravvive a 5 anni. L'IC impatta in modo oneroso anche sul Sistema sanitario nazionale, costituendo circa il 5% di tutti i ricoveri ospedalieri con un tasso di re-ricovero a 30 giorni fino al 30%. (1-9). Secondo le più recenti line guida della Società Europea di Cardiologia, l'insufficienza cardiaca può essere schematicamente classificata in tre categorie sulla base della frazione d'eiezione (FE). La FE è il rapporto tra il volume di sangue che il ventricolo sinistro riesce a immettere in circolo ad ogni battito sul totale di sangue che lo stesso ventricolo è in grado di ospitare. Si stima all'ecocardiogramma ed è l'indice di funzionalità cardiaca più largamente utilizzato.

In linea di massima, semplicisticamente, si può affermare che un cuore funzioni tanto meglio quanto più sangue riesce ad immettere in circolo rispetto alla quantità che è capace di contenere. Sostanzialmente l'FE misura quanto è in grado di svuotarsi il ventricolo.

La frazione d'eiezione normale, ammettendo una certa variabilità in base al sesso, al grado di attività, e all'età, è compresa tra il 55 e il 70%.

Sulla base dell'FE l'IC si divide (2) in:

- IC a FE ridotta (FE<40%), HFrEF (Heart Failure with Reduced Ejection Fraction)
- IC a FE moderatamente ridotta (FE tra 40-50%), HFmrEF (Heart Failure with midly reduced Ejection Fraction)
- IC a FE preservata (FE >50%), HFpEF (Heart Failure with Preserved Ejection Fraction)

Questa classificazione è indipendente dall'eziologia e dalla fisiopatologia, tuttavia è di fondamentale importanza in quanto contiene importanti implicazioni prognostiche: è infatti stata dimostrata un'associazione tra FE e prognosi, per cui tanto più bassa è l'FE, tanto peggiore sarà la prognosi. Altro aspetto rilevante da considerare è che, proprio in virtù dei differenti profili di prognosi, alle tre diverse categorie corrispondono differenti possibilità terapeutiche.

Per di più, è importante notare come queste classi non siano compartimenti "stagni" e distinti, ma esista un certo dinamismo, infatti, con la corretta terapia, la funzionalità cardiaca può migliorare e di conseguenze migliorerà l'FE; un paziente classificato come FE ridotta, dopo corretta terapia potrebbe passare a moderatamente ridotta o preservata, sottolineando l'importanza dell'intervento medico nel modificare il profilo di rischio e migliorare la prognosi in questi pazienti. (2) D'altro, una IC preservata, negli stadi finali, andrà in contro ad una depressione della FE; ecco che quella che era nata come IC preservata si trasformerà in IC moderatamente ridotta o ridotta. Esistono poi altre classificazioni che permettono di distinguere l'IC sulla base del tipo di cardiopatia, sulla gravità dei sintomi (tra cui le più importanti sono la Classe NYHA e la classe INTERMACS, quest'ultima riservata ai casi più gravi di scompenso avanzato), sul ventricolo interessato (ventricolo sinistro, ventricolo destro, biventricolare), in base al tempo di insorgenza (acuta o cronica). (2) Tutte queste

classificazioni permettono un inquadramento e una definizione sempre più precisi e "su misura" del paziente dell'IC.

3. Eziologia

Nei paesi occidentali la causa più frequente di IC è senza dubbio la cardiopatia ischemica. In Europa fino al 47% dei pazienti con IC ha storia di un pregresso infarto o di pregressi infarti. Altre cause importanti sono l'ipertensione e la cardiopatia dilatativa su base non ischemica (esiti di miocarditi, malattia di Chagas, Cardiopatia alcolica, forme genetiche) e secondaria a valvulopatia (insufficienza mitralica severa o stenosi aortica severa per esempio). (2, 10-13) Identificare il substrato eziologico dell'IC è essenziale per intraprendere una terapia mirata ed efficace.

4. Patofisiologia

Il cuore ha il compito di garantire il circolo sanguineo e quindi l'apporto di ossigeno e nutrienti all'organismo. Per farlo, si comporta come una pompa: preleva il sangue da un condotto a bassa pressione, il circolo venoso, durante la fase di riempimento (o diastole) e lo immette in un circolo ad alta pressione, circolo arterioso, durante la fase di eiezione (sistole). (14, 16)

La capacità di pompa del ventricolo sinistro è funzione sostanzialmente di quattro fattori:

- Precarico
- Postcarico
- Inotropismo
- Frequenza cardiaca

4.1. Precarico

Le cellule muscolari cardiache possiedono una certa elasticità, per cui oltre a contrarsi ed accorciarsi hanno la possibilità, limitata, di distendersi (o allungarsi). (14) La forza che il muscolo è in grado di esercitare è tanto maggiore quanto più il muscolo è allungato, fino ad una lunghezza limite oltre la quale la contrazione perde progressivamente efficacia. (14) Per tanto, sia ventricoli molto piccoli, che non raggiungono una lunghezza adeguata (per esempio

nelle patologie a fenotipo restrittivo come l'amiloidosi cardiaca), sia ventricoli molto dilatati (come nelle forme di dilatazione ventricolare conseguente a infarto) possono presentare insufficienza miocardica perché la lunghezza della fibra muscolare non permette di espletare una forza adeguata. (14)

Il precarico è sostanzialmente la quantità di sangue che il cuore ospita al termine della fase di riempimento e condiziona le dimensioni finali del ventricolo (più sangue ospita, più le fibre muscolari si devono allungare). Si capisce quindi come il precarico influisca sulla lunghezza del sarcomero e di conseguenza sulla forza che il muscolo è in grado di esercitare. (14) Un aumento eccessivo del precarico determina, nel lungo periodo, un sovraccarico di volume sul ventricolo sinistro con dilatazione della camera. (14, 16)

4.2. Postcarico

Il postcarico è la forza che il cuore deve esercitare per generare una pressione al suo interno sufficientemente alta da superare quella del circolo arterioso e consentire che la valvola aortica (o polmonare nel caso del ventricolo destro) si apra e il sangue fluisca dal ventricolo al circolo arterioso. Maggiore è la resistenza a valle del ventricolo (ipertensione arteriosa, stenosi aortica severa), maggiore è il postcarico che il ventricolo deve affrontare e quindi lo sforzo richiesto.

Il cuore, in quanto muscolo, risponde alla sollecitazione (allo stress/esercizio) con l'ipertrofia, diventando cioè più spesso. Uno spessore aumentato si traduce inizialmente in una maggiore capacità di generare forza, ma a discapito di una ridotta capacità di allungamento delle fibre muscolari con conseguente ridotto volume di sangue accolto nel ventricolo. (14)

4.3. Inotropismo

L'inotropismo è la capacità del cuore di modulare la propria capacità contrattile in risposta agli stimoli del sistema nervoso simpatico/parasimpatico. Nell'IC, il cuore esaurisce progressivamente la propria riserva inotropa, diventando progressivamente meno responsivo agli stimoli adrenergici. (14, 16)

4.4. Frequenza.

La frequenza cardiaca, cioè la velocità con cui batte il cuore in un minuto, come gli altri fattori che costituiscono la capacità di pompa del cuore ha un ruolo molto importante. Incremento di frequenza (entro certi limiti) migliora la forza contrattile del ventricolo sinistro secondariamente all'aumento della concentrazione di calcio nelle cellule muscolari. Tuttavia, l'aumento della frequenza determina una riduzione del tempo di rilasciamento del ventricolo, con conseguente minor precarico.

Questi quattro elementi cardine (Precarico - Postcarico - Inotropismo - Frequenza) sono strettamente interconnessi tra loro, al punto che l'alterazione di uno di questi si concretizza in un tentativo di compenso da parte degli altri. (14)

I meccanismi di compenso inizialmente permettono di mantenere una normale funzione del ventricolo sinistro, ma al costo di un elevato consumo energetico, che rende la situazione insostenibile nel lungo periodo, motivo per il quale una situazione "compensata" tende inesorabilmente a degenerare in uno scompenso. Per fare un paragone, si immagini un'utilitaria che, per viaggiare ad una velocità di corsa di 200 km/h, deve mantenere i giri del motore molto alti (6000 giri/minuto). Questo è fattibile per una finestra limitata di tempo, ma se si mantengono i giri troppo alti troppo a lungo, si fonde il motore.

Questa funzione garantisce il flusso di sangue ai diversi organi e tessuti. Il cuore, in quanto pompa, esegue un lavoro e consuma energia, è quindi importante definire l'efficienza della pompa cuore, cioè il rapporto tra il consumo di energia e il lavoro effettuato. Energia e lavoro sono strettamente connessi al volume (quindi alla grandezza) del cuore e alla pressione arteriosa. Tutte le situazioni che determinano un aumento del precarico, del postcarico, della frequenza o uno stato inotropo "aumentato", aumentano anche il consumo di ossigeno del cuore e quindi lo sforzo del muscolo cardiaco. (14)

L'IC, e la bassa portata che ne può conseguire, si ripercuotono su tutto l'organismo, con effetti sulla funzione degli altri organi. Un ridotto apporto di sangue al rene (ipoperfusione renale) è dannoso per il rene stesso portando, nel lungo periodo, ad insufficienza renale con alterazione della capacità di filtro sul sangue. Inoltre, una bassa pressione sistemica (sempre secondaria alla bassa portata cardiaca) attiva il sistema Renina-Angiotensina-Aldosterone (RAAS), un sistema deputato a mantenere valori di pressione arteriosa adeguati (non troppo

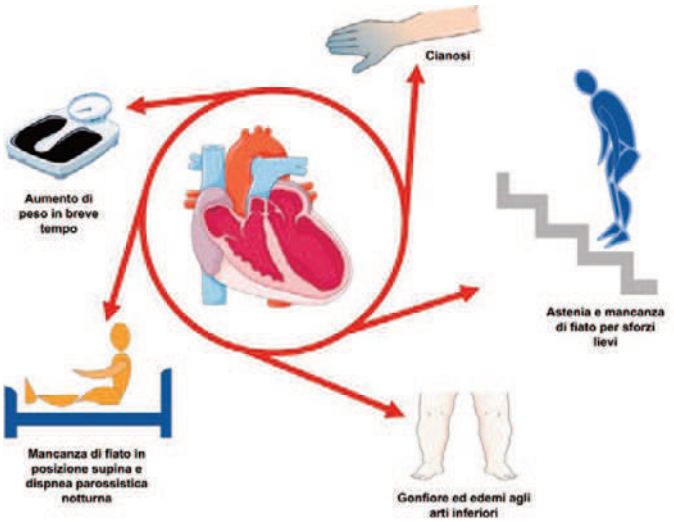
bassi), ma con effetti negativi sul cuore e sui vasi e un aumento del postcarico. Analogamente, una bassa pressione sistemica e l'elevata pressione intracardiaca aumentano di riflesso il tono adrenergico, con rilascio di catecolamine, dannose per il cuore sia per effetto diretto che per aumento della frequenza cardiaca con maggior consumo di ossigeno. Come un cane che si morde la coda, il cuore danneggiato e disfunzionante non garantisce una portata adeguata ed i sistemi di compenso che si attivano comportano ulteriore danno al cuore. Inoltre, un cuore che non esplica correttamente la propria funzione di pompa provoca un accumulo di sangue "a monte" della pompa stessa, con congestione. Questo spiega l'accumulo di liquidi a livello del circolo polmonare (responsabile della dispnea) o a livello degli arti inferiori (gonfiore/edema alle caviglie). Nei casi più gravi, la congestione "a monte" del cuore, sul circolo venoso quindi, crea ristagno di sangue a livello del fegato, con successivo danno e disfunzione epatica.

5. Diagnosi

La diagnosi di IC si basa sulla presenza di sintomi suggestivi o segni tipici, anamnesi ed esami strumentali/ematochimici. (2)

5.1. Sintomi

Il paziente con IC tipicamente accusa mancanza di fiato, soprattutto da sforzo o in posizione supina, astenia, gonfiore agli arti inferiori, inizialmente alle caviglie per poi progredire fino ai polpacci o al ginocchio (2, 14, 15) Fig.1.



L'astenia e la mancanza di fiato (dispnea) possono limitare notevolmente la vita di chi soffre di IC e di conseguenza la vita dei familiari. L'inquadramento della capacità funzionale avviene attraverso la classificazione NYHA, che individua 4 classi a seconda dei sintomi. (2)

- Classe I: Assenza di sintomi
- Classe II: Sintomi per attività moderate (salire le scale, camminare in lieve salita).
- Classe III: Sintomi per attività lievi (vestirsi, prepararsi il caffè)
- Classe IV: Sintomi anche a riposo

La classe funzionale NYHA ha importantissime implicazioni prognostiche, oltre a fornire un indice della qualità di vita.

5.2. Segni

L'esame obiettivo può evidenziare turgore delle giugulari, epatomegalia, cianosi/ipoperfusione distale, mentre auscultazione può rivelare crepitii o rumori umidi polmonari, la presenza di un terzo e quarto tano cardiaci. (15)

5.3 Anamnesi

L'anamnesi può rivelare storia di infarto/diabete/ipertensione o la familiarità per cardiomiopatie (15)

5.4 Esami strumentali

ECG: L'elettrocardiogramma può evidenziare anomalie della conduzione (blocco di branca), oppure aritmie come la fibrillazione atriale o aritmie ventricolari. La presenza di alti voltaggi potrebbe suggerire una cardiomiopatia ipertrofica, mentra la presenza di onde q di necrosi un pregresso infarto. (2, 14)

BNP/NT-proBNP: Il BNP viene rilasciato dall'atrio sinistro quando si dilata secondariamente ad un aumento della pressione al suo interno. Siccome la maggior parte degli stati di IC si presentano con aumento delle pressioni intracardiache, elevati livelli di BNP (e del suo frammento NT-proBNP) suggeriscono uno stato di IC. (2, 14)

RX: la radiografa de torace può mettere in evidenza un cuore ingrandito e dilatato che, nei casi più gravi, assume l'aspetto tipico di uno stivale. La presenza di versamento o edema sono inidicativi di una possibile IC. (2, 14, 15)

Ecocardiogramma: l'esame principe, nella valutazione dell'IC, è sicuramente l'ecocardiogramma transtoracico. Fornisce informazioni preziosissime sulla funzione ventricolare (FE), sulle dimensioni delle camere e gli spessori di parete e sulla presenza di patologie valvolari significative, indirizzando anche verso una definizione eziologica dell'IC e fornendo importantissimo supporto per l'ottimizzazione della terapia (2, 14)

Risonanza magnetica cardiaca: in casi selezionati, la risonanza magnetica è utile nell'individuare la presenza di fibrosi o alterazioni strutturali.

Scintigrafia e PET-CT vengono utilizzate per rivelare ischemia inducibile e valutare la perfusione miocardica. (2, 14,)

Il cateterismo cardiaco, infine, è un esame invasivo che permette una misura precisa della portata cardiaca, delle pressioni nelle camere cardiache e delle pressioni e resistenze del circolo polmonare. (14)

6. Terapia

La terapia dell'IC prevede una serie di interventi "generali", da applicare indipendentemente dall'eziologia, e interventi "ad hoc", indirizzati alla causa specifica. Indipendentemente dalla causa, la terapia dello scompenso varia in base all'FE, secondo le tre categorie precedentemente descritte. (2, 14)

HFrEF e HFmrEF

Nello scompenso a FE ridotta, le più recenti linee guida suggeriscono una terapia basata su quattro pilastri: Betabloccanti, ACE-inibitori/Sartani/ARNI, Glifozine ed MRA. (2)

Betabloccanti: rallentano la frequenza cardiaca mantenendola in un range adeguato. È stato infatti osservato che un'elevata frequenza cardiaca è estremamente dannosa nel cuore disfunzionante e ne aumenta eccessivamente il consumo di ossigeno. Inoltre, il betabloccante ha effetto protettivo sul miocardio, prevenendo il danno secondario connesso all'elevato tono adrenergico presente nell'IC. La raccomandazione è di aumentare progressivamente le dosi di betabloccante fino a raggiungere la frequenza cardiaca ottimale o il massimo dosaggio

possibile. Nei casi in cui il paziente fosse in ritmo sinusale e non fosse possibile ottenere un soddisfacente controllo della frequenza con il solo betabloccante, è possibile aggiungere un ulteriore farmaco che rallenta il battito cardiaco: l'ivabradina.

ACE-inibitori/Sartani/ARNI: Gli Inibitori del sistema ACE, i sartani e gli ARNI (inibitori della nepril-lisina) agiscono, a diversi livelli, sul sistema RAAS, abbassando la pressione (e quindi il postcarico) e proteggendo il cuore. La terapia con questi farmaci ha dimostrato di migliorare la sopravvivenza e i sintomi dei pazienti con IC. Tra questi, Sacubitril/Valsartan è il farmaco con la maggior efficacia anche nel migliorare la funzione cardiaca (FE); esistono tre posologie (24/26 mg, 49/51 mg e 97/103 mg), quella suggerita come dose iniziale è la posologia intermedia, con l'obiettivo di raggiungere, se tollerato, il dosaggio massimo. (2) L'utilizzo dei sartani è raccomandato solo nei casi in cui ACE-inibitore e ARNI non fossero tollerati. Prima di intraprendere una terapia con uno di questi tre farmaci (che assolutamente non possono essere assunti insieme), è importante escludere un'insufficienza renale significativa o una bassa pressione "al basale" (Pressione arteriosa sistolica <95 mmHg). (2, 14)

Glifozine: Questo farmaco è il più recentemente introdotto. Si tratta di una singola compressa, assunta una sola volta al giorno, e che aumenta l'escrezione del glucosio nel sangue attraverso le urine. Sono farmaci estremamente ben tollerati e che migliorano prognosi, sintomi e funzione cardiaca dei pazienti con IC. Originariamente nacquero con farmaci antidiabetici, ma attualmente, dati i risultati e l'assenza di rischio di ipoglicemia, sono prescritti indipendentemente dalla presenza di diabete nei pazienti con Scompenso Cardiaco. (2, 14, 16)

MRA: gli antagonisti del recettore dell'aldosterone (MRA: spironolattone, canrenone) sono farmaci diuretici che agiscono sul sistema RAAS, determinando diuresi, con eliminazione dei liquidi in eccesso, e proteggendo il cuore dagli effetti negativi dell'aldosterone. Nel caso di somministrazione di MRA è opportuno sorvegliare i livelli di potassio nel sangue (che potrebbero aumentare), mentre l'assunzione andrebbe discussa attentamente con il medico di riferimento nei casi di insufficienza renale. (2, 14)

I farmaci descritti hanno tutti effetti positivi sulla mortalità dell'IC, aumentando la sopravvivenza. L'utilizzo è raccomandato nell'HFrEF, ma possono essere impiegati anche nell'HFmrEF. (2, 14)

Altri farmaci frequentemente utilizzati sono i diuretici dell'ansa (furosemide), che, grazie ad un potente effetto diuretico, consentono di eliminare i liquidi in eccesso che si accumulano nel soggetto con IC, migliorando i sintomi e riducendo gli edemi sia nell'HFrEF che HFmrEF. (2, 14)

Una FE inferiore al 35% è associata ad un maggiore rischio di morte cardiaca improvvisa su base aritmica. Per questa ragione è indicato l'impianto di un ICD (defibrillatore impiantabile) in tutti i soggetti con HFrEF. (2) Se coesiste un blocco di branca sinistra (alterazione della conduzione elettrica cardiaca che esita in una marcata asincronia della contrazione ventricolare. (2) Una contrazione asincrona è sicuramente meno efficace. In questi casi, il ricorso ad una stimolazione biventricolare (CRT) attraverso l'impianto di un dispositivo apposito, rende la contrazione sincrona e quindi più efficace, esitando in un miglioramento dell'FE.

A questi provvedimenti "generali" è bene che sia affiancata una terapia (medica o interventistica) "ad hoc" in base all'eziologia specifica.

In casi di scompenso avanzato, il ricorso a meccanismi di assistenza ventricolare (L-VAD) e infine il trapianto, possono rappresentare le uniche, estreme, possibilità di sopravvivenza.

La terapia dell'HFpEF è invece mirata direttamene sulle cause eziologiche e sul controllo dei fattori di rischio.

7. Prospettive e prognosi

Il controllo dei fattori di rischio e l'aderenza alla terapia sono snodi essenziali nel migliorare una prognosi che sarebbe altrimenti infausta. (2)

IC significa estrema fragilità e severa limitazione della qualità di vita propria e dei propri familiari.

L'Insufficienza Cardiaca, purtroppo, è una condizione progressiva con crescente prevalenza; l'evidenza scientifica riporta un tasso di mortalità del 6% a un anno nei pazienti stabili, mentre nei pazienti recentemente ospedalizzati i tassi di mortalità superano il 20%.

Tuttavia, studi recentemente condotti dalla Cardiologia della nostra Università hanno dimostrato che l'uso di tutto il corredo farmacologico disponibile nel trattamento di tale patologia, inclusi i farmaci di ultima generazione, comporta un miglioramento della qualità di vita percepita, una maggiore resistenza allo sforzo fisico e un miglioramento delle prestazioni cardiache che si traducono in un miglioramento della prognosi (16-24). Inoltre ulteriori molecole (Vericiguat), in prossima immissione in commercio, hanno dato ottimi risultati in particolari condizioni. Seguire scrupolosamente le indicazioni mediche, sottoporsi a controlli routinari degli esami ematici e strumentali e a valutazioni specialistiche è essenziale per prevenire ricadute e migliorare la prognosi.

8. Bibliografia

1. Groenewegen A, Rutten FH, Mosterd A, Hoes AW. *Epidemiology of heart failure*. Eur J Heart Fail. 2020;22(8):1342-1356.

2. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. *2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure*. Eur Heart J. 2021;42(36):3599-3726.

3. Anand IS, Gupta P. *Anemia and Iron Deficiency in Heart Failure: Current Concepts and Emerging Therapies*. Circulation. 2018;138(1):80-98.

4. Chopra VK, Anker SD. *Anaemia, iron deficiency and heart failure in 2020: facts and numbers*. ESC Hear Fail. 2020;7(5):2007-2011.

5. Valentova M, Anker SD, von Haehling S. Cardiac Cachexia Revisited: *The Role of Wasting in Heart Failure*. Heart Fail Clin. 2020;16(1):61-69.

6. Vest AR, Chan M, Deswal A, et al. *Nutrition, Obesity, and Cachexia in Patients With Heart Failure: A Consensus Statement from the Heart Failure Society of America Scientific Statements Committee*. J Card Fail. 2019;25(5):380-400.

7. Triposkiadis F, Butler J, Abboud FM, et al. *The continuous heart failure spectrum : moving beyond an ejection fraction classification*. 2019;(November 2018):1-11.

8. Ziaeian B. *Epidemiology and aetiology of heart failure Boback*. Nat Rev Cardiol. 2016;13(6):368-378.

9. Lüscher TF. *Heart failure: The cardiovascular epidemic of the 21st century*. Eur Heart J. 2015;36(7):395-397.

10. Fonarow GC, Albert NM, Curtis AB, et al. *Improving evidence-based care for heart failure in outpatient cardiology practices: Primary results of the registry to improve the use of evidence-based heart failure therapies in the outpatient setting (IMPROVE HF)*. Circulation. 2010;122(6):585-596.

11. Crespo-Leiro MG, Anker SD, Maggioni AP, et al. *European Society of Cardiology Heart Failure Long-Term Registry (ESC-HF-LT): 1-year follow-up outcomes and differences across regions*. Eur J Heart Fail. 2016;18(6):613-625.

12. Baldasseroni S, Opasich C, Gorini M, et al. *Left bundle-branch block is associated with increased 1-year sudden and total mortality rate in 5517 outpatients with congestive heart failure: A report from the Italian Network on Congestive Heart Failure*. Am Heart J. 2002;143(3):398-405.

13. Seferović PM, Polovina M, Bauersachs J, et al. *Heart failure in cardiomyopathies: a position paper from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology*. Eur J Heart Fail. 2019;21(5):553-576.

14. edited by Douglas L. Mann, Douglas P. Zipes, Peter Libby, Robert O. Bonow; founding editor and online editor Eugene Braunwald. *Braunwald's Heart Disease: a Text book of Cardiovascular Medicine*. Philadelphia, PA: Elsevier/Saunders, 2015.

15. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. New York: McGraw-Hill, Health Professions Division, 1998.

16. Pistelli L, Parisi F, Correale M, et al. Gliflozins: *From Antidiabetic Drugs to Cornerstone in Heart Failure Therapy-A Boost to Their Utilization and Multidisciplinary Approach in the Management of Heart Failure*. J Clin Med. 2023;12(1):379. Published 2023 Jan 3. doi:10.3390/jcm12010379

17. Visco V, Radano I, Campanile A et al. *Predictors of sacubitril/valsartan high dose tolerability in a real world population with HFrEF*. ESC Heart Fail. 2022;9 (5):2909-17.

18. Dini FL, Carluccio E, Bitto R et al. Working Group on Heart Failure of the Italian Society of Cardiology. *Echocardiographically defined haemodynamic categorization predicts prognosis in ambulatory heart failure patients treated with sacubitril/valsartan*. ESC Heart Fail. 2022;9(2):1107-17

19. Carluccio E, Dini FL, Bitto R et al. Working Group on Heart Failure of the Italian Society of Cardiology. *Benefit from sacubitril/valsartan is associated with hemodynamic improvement in heart failure with reduced ejection fraction: An echocardiographic study.* Int J Cardiol. 2022 Mar 1;350:62-68.

20. Casale M, Mezzetti M, Gigliotti De Fazio M et al. *Novel active fixation lead guided by electrical delay can improve response to cardiac resynchronization therapy in heart failure.* ESC Heart Fail. 2022;9(1):146-54.

21. Corrado E, Dattilo G, Coppola G et al. *Low- vs high-dose ARNI effects on clinical status, exercise performance and cardiac function in real-life HFrEF patients.* Eur J Clin Pharmacol. 2022;78(1):19-25.

22 Casale M, Correale M, Laterra G et al. *Effects of Sacubitril/Valsartan in Patients with High Arrhythmic Risk and an ICD: A Longitudinal Study*. Clin Drug Investig. 2021;41(2):169-76

23. de Gregorio C, Laterra G, Vaccaro V et al. *Time-based clinical and functional achievements in real-life HF patients on ARNI treatment.* Eur J Intern Med. 2020;76:115-17.

24. Dattilo G, Bitto R, Correale M et al. *Trend of perceived quality of life and functional capacity in outpatients with chronic heart failure and in treatment with sacubitril/valsartan: a real-life experience.* Minerva Cardiol Angiol. 2022;70(5):555-62.

Chiara Spatola - Matteo Aloi - Gabriella Martino

L'EVITAMENTO ESPERIENZIALE E IL BENESSERE PSICOLOGICO NEI PAZIENTI CON MALATTIA CARDIACA

1. Benessere psicologico ed evitamento esperienziale nella malattia cardiovascolare. – 2. Descrizione dello studio e dei risultati ottenuti. – 3. Relazione tra benessere psicologico ed evitamento esperienziale. – 4. Conclusioni. – 5. Bibliografia.

1. Benessere psicologico ed evitamento esperienziale nella malattia cardiovascolare

I pazienti con malattia cardiaca che affrontano la riabilitazione cardiologica possono vivere una condizione di stress. Spesso, infatti vi è la necessità di modificare il proprio stile di vita e di assumere terapie farmacologiche a lungo termine. Vi è inoltre il timore di poter avere un peggioramento delle proprie condizioni di salute. La riabilitazione cardiologica, sebbene si focalizzi principalmente sul recupero funzionale a livello cardiologico, include tra le sue finalità il miglioramento del benessere psico-fisico nei pazienti.

È stato dimostrato che il benessere psicologico influisce sia sul miglioramento funzionale dei pazienti durante la riabilitazione cardiaca (Manzoni et al., 2011; Spatola et al., 2018) sia sulla prognosi a lungo termine delle malattie cardiovascolari (Rothenbacher et al., 2007; Sin, 2016; Watkins et al., 2013). Risulta importante, quindi, indagare quali fattori possano facilitare o al contrario ostacolare questo miglioramento. Recentemente, i ricercatori hanno ipotizzato che i legami tra lo scarso benessere psicologico e l'insorgenza di malattie cardiovascolari possano essere meglio spiegati dalla tendenza a evitare i pensieri scomodi e difficili (ad esempio, "sono malato/a"), le emozioni (ad esempio, il nervosismo) e le sensazioni fisiche (ad esempio, il dolore): Questa tendenza è stata definita dai ricercatori evitamento esperienziale (Hildebrandt & Hayes, 2012).

L'evitamento esperienziale, in altre parole, è il tentativo o il desiderio di sopprimere esperienze interne indesiderate, come emozioni, pensieri, ricordi e sensazioni corporee, anche quando questo comporta la rinuncia a perseguire i propri valori personali. Assecondare l'evitamento esperienziale limita la possibilità di scelta della persona, in quanto il

comportamento viene guidato dal timore di affrontare esperienze dolorose. Una vita piena infatti contiene la possibilità di provare dolore: se la persona persegue obbiettivi di valore questo non è compatibile con la tendenza all'evitamento. Quando l'evitamento esperienziale diventa dominante nella vita di una persona, rischia di esacerbare i problemi, proprio nel tentativo di liberarsi di essi.

Gli individui con un alto livello di evitamento esperienziale sono più propensi a evitare le situazioni stressanti come mezzo per sopprimere le esperienze interne indesiderate. Sebbene ciò possa essere immediatamente utile per ridurre il disagio, le conseguenze a lungo termine possono essere piuttosto significative (Hildebrandt & Hayes, 2012). A tutti i pazienti cardiopatici viene consigliato di adottare comportamenti sani. Tuttavia, alcuni pazienti cardiopatici possono trovare scomodi i cambiamenti nella dieta e l'aumento dell'esercizio fisico: si tratta di un ostacolo comune all'adesione a uno stile di vita sano, in generale. Per esempio, alcuni pazienti cardiopatici sono insoddisfatti del gusto dei cibi a basso contenuto di grassi e di sodio. Alcuni cardiopatici non si sentono a proprio agio con la sensazione di sforzo (affaticamento muscolare, indolenzimento, dispnea acuta) associata all'esercizio fisico. Pertanto, è necessaria una migliore comprensione dei fattori che mediano gli effetti del benessere psicologico sulla salute cardiovascolare. L'adattamento alle malattie cardiovascolari è associato sia alle componenti del benessere psicologico legate agli affetti positivi, come l'ottimismo, la vitalità e il benessere edonico, sia alle componenti legate agli affetti negativi, come il disagio psicologico. Gli individui con livelli più elevati di disagio psicologico sono a maggior rischio di mortalità, indipendentemente dalla salute cardiovascolare (Blumenthal et al., 2003; Sirois & Burg, 2003). Inoltre, il disagio psicologico è associato positivamente a comportamenti sanitari noti per aumentare il rischio di malattie cardiovascolari, come l'obesità e la non aderenza ai farmaci (Aggarwal & Mosca, 2010). Per i pazienti affetti da malattie cardiovascolari che hanno uno stile di vita non sano e un disagio psicologico, gli effetti deleteri sul rischio cardiovascolare possono essere amplificati. I ricercatori hanno scoperto che la depressione e l'ansia aumentano in maniera indipendente il rischio di sviluppare malattie cardiovascolari, dopo aver controllato gli effetti di uno stile di vita scorretto (ad esempio, dieta, esercizio fisico, fumo) (Dawood et al., 2008; Hildebrandt & Hayes, 2012; Sirois & Burg, 2003). Infatti, in un recente studio su pazienti cardiopatici, alti

livelli di disagio psicologico all'ingresso nella riabilitazione cardiaca sono stati associati longitudinalmente a un minore miglioramento della capacità di esercizio al termine della riabilitazione stessa (Spatola et al., 2018). Per quanto riguarda le componenti del benessere psicologico legate agli affetti positivi, una revisione di Boehm e Kubzansky (2012) ha dimostrato che l'ottimismo e il benessere edonico sono associati a una riduzione del rischio di eventi cardiovascolari in persone inizialmente sane. Queste componenti del benessere sembrano essere associate anche a migliori esiti cardiaci nei pazienti che hanno già ricevuto una diagnosi di malattia cardiovascolare.

I legami tra evitamento esperienziale e benessere psicologico sono stati studiati in popolazioni adulte sia cliniche che non cliniche. Livelli elevati di evitamento esperienziale sono associati ad una minore qualità di vita e a maggiori livelli di depressione, ansia, stress e affetti negativi sia in campioni non clinici (Gloster et al., 2017; Hayes et al., 2006; Kashdan et al., 2006) che in campioni clinici, come i pazienti affetti da dolore cronico (McCracken & Vowles, 2014), i pazienti affetti da sindrome dell'intestino irritabile (Cassar et al., 2018), i pazienti affetti da cancro (Chambers et al., 2016; Gillanders et al., 2015; González-Fernández et al., 2017) e i pazienti con disturbi muscolari (Graham et al., 2016; Pakenham & Fleming, 2011).

Sebbene sia aumentato il numero di pubblicazioni che descrivono l'associazione tra evitamento esperienziale e benessere psicologico nelle popolazioni cliniche, continua a esserci una scarsità di ricerche che valutano questa associazione nei pazienti cardiopatici. In uno studio condotto su pazienti affetti da insufficienza cardiaca, è stato riscontrato che i pazienti che riferivano una tendenza ad adottare stili di coping basati sull'evitamento avevano maggiori probabilità di riportare un numero più elevato di sintomi depressivi (Carels et al., 2004). Analogamente, in uno studio prospettico condotto su un piccolo campione di pazienti che hanno iniziato la terapia intensiva, livelli più elevati di evitamento esperienziale sono stati associati a un minore benessere psicologico (Goodwin & Emery, 2012). Per fornire una base di conoscenze rafforzate sulla relazione tra evitamento esperienziale e benessere tra i pazienti cardiopatici, è fondamentale comprendere la direzione della loro associazione. Pertanto, sono necessarie indagini longitudinali che affrontino questo tema. Particolare impegno dovrebbe essere dedicato ad affrontare questo legame tra i pazienti affetti da

cardiopatia che riportano bassi livelli di benessere psicologico, poiché il loro rischio di malattia e la loro compromissione funzionale potrebbero essere notevolmente aumentati (Ohira, 2010; Spatola et al., 2018). Tuttavia, esistono ricerche molto limitate sugli effetti dell'evitamento esperienziale sul benessere psicologico dei pazienti cardiopatici. Nel presente studio ci siamo posti l'obiettivo di valutare se l'evitamento esperienziale all'inizio della riabilitazione influisce sul benessere psicologico al termine del periodo riabilitativo.

2. Descrizione dello studio e dei risultati ottenuti

A questo studio hanno partecipato 915 pazienti che svolgevano un programma di riabilitazione cardiologica presso l'Ospedale San Luca di Milano. I criteri per l'inclusione nello studio erano: la presenza di cardiopatia ischemica, il fatto di aver subito un intervento di riparazione o sostituzione valvolare oppure l'insufficienza cardiaca. I pazienti per essere inclusi nello studio dovevano avere un'età compresa tra 18 e 80 anni. L'unico criterio di esclusione era la presenza di gravi problemi psichiatrici (ad esempio, schizofrenia), cognitivi (ad esempio, demenza) o fisici (ad esempio, sordità).

Tutti i partecipanti hanno completato, indipendentemente dal presente studio, un programma completo di riabilitazione cardiaca ambulatoriale, basato sulle linee guida sviluppate dalla Società Europea di Cardiologia (Piepoli et al., 2014). I pazienti vengono indirizzati al programma di riabilitazione cardiaca principalmente dai centri medici in cui la loro malattia cardiovascolare è stata trattata durante la fase acuta. Il programma dura circa 6 settimane e combina l'allenamento fisico (stretching, esercizi calistenici e aerobici in bicicletta o su tapis roulant) e sessioni educative di gruppo incentrate sui fattori di rischio cardiovascolari, sulla dieta sana, sulla conoscenza della malattia e sull'aderenza ai farmaci.

I pazienti hanno compilato diversi questionari sia all'inizio che alla fine della riabilitazione e questi dati sono stati analizzati per valutare la relazione nel tempo tra evitamento esperienziale e benessere psicologico del paziente.

I risultati ottenuti suggeriscono che il livello di evitamento esperienziale che una persona ha all'inizio della riabilitazione influenza il suo benessere psicologico nel tempo.

3. Relazione tra benessere psicologico ed evitamento esperienziale

Il legame tra benessere psicologico e salute cardiovascolare è ben consolidato e i risultati dello studio attuale suggeriscono che l'evitamento esperienziale è un fattore importante nel predire il benessere tra i pazienti sia prima che dopo il completamento di un programma completo di riabilitazione cardiologica. Coerentemente con i risultati di altri studi su pazienti con malattia cardiovascolare (Goodwin & Emery, 2016; Spatola et al., 2014), l'evitamento esperienziale e il benessere psicologico sono risultati inversamente associati (cioè al crescere dell'uno, diminuisce l'altro, più la persona è evitante, minore è il suo livello di benessere psicologico). La forza di questa associazione era moderata e coerente con i risultati trovati in popolazioni di pazienti analoghe, come quelle affette da cancro (González-Fernández et al., 2017) e dolore cronico (Mehta et al., 2016). Sebbene altri abbiano già riportato che la riduzione dell'evitamento esperienziale porta a un miglioramento sia del benessere psicologico che dei comportamenti di vita sani associati al rischio cardiovascolare (Hildebrandt & Hayes, 2012), ad oggi la relazione reciproca tra evitamento esperienziale e benessere psicologico non è stata formalmente testata. Il presente studio ha rivelato che, tra i pazienti che prima della riabilitazione cardiologica manifestavano stress moderato e grave, quelli meno evitanti (con minore livello di evitamento esperienziale) tendevano a migliorare in misura maggiore rispetto agli altri. Questi risultati sono coerenti con l'ipotesi che l'evitamento esperienziale sia uno dei meccanismi che ostacolano il benessere psicologico.

Studi precedenti hanno rilevato che altri fattori che potrebbero essere associati al benessere psicologico nei pazienti con malattia cardiovascolare sono il supporto sociale, la gravità della malattia cardiaca, i problemi emotivi, l'autoefficacia e la percezione della malattia (Joekes et al., 2007; Morgan et al., 2014; Scherer et al., 2007). Nessuno di questi fattori è stato studiato in campioni sufficientemente ampi da essere considerati rappresentativi della popolazione e le differenze metodologiche impediscono di confrontare l'importanza relativa di questi fattori sul benessere psicologico. Pertanto, sono necessari altri studi per identificare quale di questi fattori sia più rilevante. Tuttavia, riteniamo che i risultati del presente studio suggeriscano che l'evitamento esperienziale dovrebbe essere preso in considerazione quando si pianificano interventi di riabilitazione per i pazienti con malattia cardiovascolare. Dal punto di vista clinico, il presente studio suggerisce che, tra i pazienti che riferiscono bassi livelli di benessere

psicologico, avere un basso livello di evitamento esperienziale è importante nel miglioramento del benessere psicologico durante il corso della riabilitazione cardiologica. In virtù della sua associazione con il benessere psicologico, l'evitamento esperienziale potrebbe essere un obiettivo saliente degli interventi terapeutici durante la riabilitazione cardiologica.

Inoltre, questo risultato supporta un modello di psicopatologia basato sui processi. Questo modello sostiene che, nello sviluppo e nel mantenimento della psicopatologia, la reazione di un individuo agli eventi interni ed esterni è importante almeno quanto gli eventi stessi (Hayes et al., 2006). Applicato ai pazienti cardiopatici, questo suggerirebbe che il rapporto dell'individuo con i propri pensieri ed emozioni provati durante la malattia è importante quanto l'evento cardiaco stesso nell'influenzare il benessere psicologico. I risultati del presente studio, mostrando il ruolo predittivo dell'evitamento esperienziale sul successivo recupero dei pazienti durante la riabilitazione cardiologica, sono coerenti con questa ipotesi.

4. Conclusioni

I risultati del presente studio hanno dimostrato che bassi livelli di evitamento esperienziale sono associati nel tempo a un miglioramento dello stato psicologico nei pazienti che manifestavano stress all'inizio della riabilitazione. Valutare l'evitamento esperienziale tra questi pazienti potrebbe aiutare le équipe di riabilitazione a identificare i pazienti a rischio di peggiori risultati psicologici e a pianificare interventi personalizzati durante il programma di riabilitazione cardiologica, massimizzando così i risultati psicologici. Sono necessari ulteriori studi per valutare se questi miglioramenti possono anche aumentare il coinvolgimento nel programma di riabilitazione cardiologica, potenziandone così gli effetti sulla salute cardiovascolare.

5. Bibliografia

Aggarwal, B., & Mosca, L. (2010). Lifestyle and psychosocial risk factors predict non-adherence to medication. Annals of Behavioral Medicine, 40(2), 228–233. https://doi.org/10.1007/s12160-010-9212-6

Blumenthal, J. A., Lett, H. S., Babyak, M. A., W. (2003) The Lancet, 362(9384), 604–609.

Boehm, J. K., & Kubzansky, L. D. (2012). The heart's content: The association between positive psychological wellbeing and cardiovascular health. Psychological Bulletin, 138(4), 655–691. https://doi.org/10.1037/a0027448

Carels, R. A., Musher-Eizenman, D., Cacciapaglia, H., Pérez-Benıtez, C. I., Christie, S., & O'Brien, W. (2004). Psychosocial functioning and physical symptoms in heart failure patients: A within-individual approach. Journal of Psychosomatic Research, 56(1), 95–101. https://doi.org/10.1016/S0022-3999(03)00041-2

Cassar, G. E., Knowles, S., Youssef, G. J., Moulding, R., Uiterwijk, D., Waters, L., & Austin, D. W. (2018). Examining the mediational role of psychological flexibility, pain catastrophizing, and visceral sensitivity in the relationship between psychological distress, irritable bowel symptom frequency, and quality of life. Psychology, Health & Medicine, 23(10), 1168–1181. https://doi.org/10.1080/13548506.2018.1476722

Chambers, S. K., Foley, E., Clutton, S., McDowall, R., Occhipinti, S., Berry, M., Stockler, M. R., Lepore, S. J., Frydenberg, M., Gardiner, R. A., Davis, I. D., & Smith, D. P. (2016). The role of mindfulness in distress and quality of life for men with advanced prostate cancer. Quality of Life Research, 25(12), 3027–3035. https://doi. org/10.1007/s11136-016-1341-3

Dawood, T., Lambert, E. A., Barton, D. A., & Lambert, G. W. (2008). Depressive illness: Biological mechanisms of cardiac risk. Stress and Health: Journal of the International Society for the Investigation of Stress, 24(3), 213–222. Dupuy, H. (1984). The psychological well-being schedule. In N. Wenger, M. Mattson, C. Furberg, & J. Elinson (Eds.), Assessment of quality of life in clinical trials of cardiovascular therapies (pp. 353–356). Greenwich, CT:Le Jacq Publishing Inc.

Gillanders, D. T., Sinclair, A. K., MacLean, M., & Jardine, K. (2015). Illness cognitions, cognitive fusion, avoidance and self-compassion as predictors of distress and quality of life in a heterogeneous sample of adults, after cancer. Journal of Contextual Behavioral Science, 4(4), 300–311.

Gloster, A. T., Meyer, A. H., & Lieb, R. (2017). Psychological flexibility as a malleable public health target: Evidence from a representative sample. Journal of Contextual Behavioral Science, 6(2), 166–171.

González-Fernández, S., Fernández-Rodríguez, C., Mota-Alonso, M. J., García-Teijido, P., Pedrosa, I., & Pérez-Álvarez, M. (2017). Emotional state and psychological flexibility in breast cancer survivors. European Journal of Oncology Nursing, 30, 75–83.

Goodwin, C. L., & Emery, C. F. (2012). Experiential acceptance is related to patient reports of commitment and desire to improve health behaviors in cardiac rehabilitation. In Annals of behavioral medicine, 43(suppl_1), S96.

Goodwin, C. L., & Emery, C. F. (2016). Lower experiential avoidance is associated with psychological well-being and improved cardiopulmonary endurance among patients in cardiac rehabilitation. Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention, 36(6), 438–444.

Graham, C. D., Gouick, J., Ferreira, N., & Gillanders, D. (2016). The influence of psychological flexibility on life satisfaction and mood in muscle disorders. Rehabilitation Psychology, 61(2), 210. https://doi.org/10.1037/rep0000092

Gregg, J. A., Callaghan, G. M., Hayes, S. C., & Glenn-Lawson, J. L. (2007). Improving diabetes self-management through acceptance, mindfulness, and values: A randomized controlled trial. Journal of Consulting and Clinical Psychology, 75(2), 336.

Hildebrandt, M. J., & Hayes, S. C. (2012). The contributing role of negative affectivity and experiential avoidance to increased cardiovascular risk. Social and Personality Psychology Compass, 6(8), 551–565.

Joekes, K., Van Elderen, T., & Schreurs, K. (2007). Self-efficacy and overprotection are related to quality of life, psychological well-being and self-management in cardiac patients. Journal of Health Psychology, 12(1), 4–16.

Kashdan, T. B., Barrios, V., Forsyth, J. P., & Steger, M. F. (2006). Experiential avoidance as a generalized psychological vulnerability: Comparisons with coping and emotion regulation strategies. Behaviour Research and Therapy, 44(9), 1301–1320.

Manzoni, G. M., Villa, V., Compare, A., Castelnuovo, G., Nibbio, F., Titon, A. M., Molinari, E., & Gondoni, L. A. (2011). Short-term effects of a multi-disciplinary cardiac rehabilitation programme on psychological well-being, exercise capacity and weight in a sample of obese in-patients with coronary heart disease: A practice-level study. Psychology, Health and Medicine, 16, 178–189.

McCracken, L. M., & Vowles, K. E. (2014). Acceptance and commitment therapy and mindfulness for chronic pain: Model, process, and progress. American Psychologist, 69(2), 178.

Mehta, S., Rice, D., Janzen, S., Serrato, J., Getty, H., Shapiro, A. P., Morley-Forster, P., Sequeira, K., & Teasell, R. W. (2016). The long term role of anxiety sensitivity and experiential avoidance on pain intensity, mood, and disability among individuals in a specialist pain clinic. Pain Research and Management, 6954896.

Morgan, K., Villiers-Tuthill, A., Barker, M., & McGee, H. (2014). The contribution of illness perception to psychological distress in heart failure patients. BMC Psychology, 2(1), 50.

Pakenham, K. I., & Fleming, M. (2011). Relations between acceptance of multiple sclerosis and positive and negative adjustments. Psychology & Health, 26(10), 1292–1309.

Piepoli, M. F., Corra, U., Adamopoulos, S., Benzer, W., Bjarnason-Wehrens, B., Cupples, M., Dendale, P., Doherty, P., Gaita, D., Höfer, S., McGee, H., Mendes, M., Niebauer, J., Pogosova, N., Garcia-Porrero, E., Rauch, B., Schmid, J.P., & Giannuzzi, P. (2014). Secondary prevention in the clinical management of patients with cardiovascular diseases. Core components, standards and outcome measures for referral and delivery: A policy statement from the cardiac rehabilitation section of the European Association for. European Journal of Preventive Cardiology, 21(6), 664–681.

Rothenbacher, D., Hahmann, H., Wüsten, B., Koenig, W., & Brenner, H. (2007). Symptoms of anxiety and depression in patients with stable coronary heart disease: Prognostic value and consideration of pathogenetic links. European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, 14, 547–554.

Scherer, M., Himmel, W., Stanske, B., Scherer, F., Koschack, J., Kochen, M. M., & Herrmann-Lingen, C. (2007). Psychological distress in primary care patients with heart failure: A longitudinal study. British Journal of General Practice, 57(543), 801–807.

Scott, W., Hann, K. E. J., & McCracken, L. M. (2016). A comprehensive examination of changes in psychological flexibility following acceptance and commitment therapy for chronic pain. Journal of Contemporary Psychotherapy, 46, 139–148.

Shen, B.-J., & Maeda, U. (2018). Psychosocial predictors of self-reported medical adherence in patients with heart failure over 6 months: An examination of the influences of depression, self-efficacy, social support, and their changes. Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine, 52(7), 613–619.

Antonino Catalano - Federica Bellone - Gabriella Martino - Nunziata Morabito

L'Ansia: un nuovo fattore di rischio per l'osteoporosi?

"È da alcuni giorni che ho un mal di schiena che non riesco a risolvere nonostante prenda farmaci antidolorifici" confida Lucia all'amica Giovanna, che suggerisce di chiedere consiglio al proprio medico, per eventualmente indagarne la causa e trovare una soluzione efficace.

Lucia è responsabile di un ufficio postale e conduce una vita perlopiù sedentaria. Da almeno due anni, a seguito della morte del padre, si prende cura dell'anziana madre che vive da sola e presenta alcuni problemi di salute, in particolare al cuore che causano affanno anche per piccoli sforzi e riducono la sua autonomia personale. Lucia, che è una persona sensibile, preoccupata per questa condizione della madre, la sente spesso e cerca di starle vicino, aiutandola nella vita quotidiana e nei suoi bisogni, compatibilmente con la propria vita familiare.

Lucia confida all'amica Giovanna: "Non dormo più di notte per il pensiero che possa accaderle qualcosa e ciò mi toglie il respiro. Quando ho tempo corro da lei per aiutarla anche fingendo di stare bene, nonostante il mio mal di schiena. Mi sembra di non riuscire più a concentrarmi sul posto di lavoro e sono preoccupata anche di non riuscire a svolgere in maniera adeguata i miei compiti. Mi sembra di non riuscire a fare bene più nulla! E adesso questo dolore che non passa!". Per il suo mal di schiena, Lucia riuscirà a recarsi dal medico che, a seguito di opportune indagini le porrà diagnosi di osteoporosi severa! Un macigno per Lucia, che conosce cosa significa tutto ciò. Sa bene che questa è una condizione in cui le ossa del corpo sono più fragili e possono andare incontro a frattura più facilmente. E lei di fratture ne ha già avute!

Ma perché? Come è stato possibile che tutto ciò sia accaduto all'improvviso nella sua storia?

In realtà, come le spiega il medico esistono dei fattori di rischio che, ancor prima che si giunga alla frattura dell'osso e quindi al dolore, possono in maniera silenziosa e subdola intaccare la resistenza dell'osso e renderlo fragile. Proprio così: ci si potrebbe fratturare anche per un movimento incauto, anche a seguito di un abbraccio o di un colpo di tosse.

I principali fattori di rischio che possono esporre alle fratture osteoporotiche (cioè da fragilità dell'osso) sono: l'età (chi è più anziano è a più alto rischio), la familiarità per frattura del femore, la menopausa precoce (che si verifica al di sotto dei 45 anni e riduce l'esposizione dell'osso agli estrogeni, che sono degli ormoni in grado di promuovere la salute ossea), il basso indice di massa corporea (le persone sottopeso sono a più alto rischio), ma anche una storia di una precedente frattura non legata ad un trauma efficace (ad esempio una frattura del polso a seguito di una banale caduta). Vi sono poi molte malattie in cui per motivi diversi (ad esempio, alterazioni ormonali, alimentazione scorretta, sedentarietà, alterato assorbimento di sostanze nutritive, effetto di alcuni farmaci etc.) si genera un bilancio metabolico dell'osso negativo con indebolimento della sua struttura.

E nel caso di Lucia? In realtà, nella sua storia emerge qualche altro dettaglio: circa 5 anni prima, a seguito della improvvisa morte del marito (per incidente stradale) ha attraversato un periodo di depressione che si è ormai lasciata alle spalle, anche grazie ad un supporto farmacologico, adesso sospeso. A quel tempo, aveva perso l'interesse verso la sua stessa vita, evitava di uscire da casa e non aveva più piacere ed interesse per le attività che prima gliene procuravano. La depressione è una condizione che nelle sue forme più conclamate può aumentare la fragilità dell'osso: le persone che ne sono affette, spesso si rinchiudono in casa e possono anche provocare una grave carenza di vitamina D (una vitamina che si forma nell'organismo grazie all'esposizione della pelle alla luce del sole). La carenza di vitamina D induce una rarefazione dell'osso anche per le alterazioni del metabolismo del calcio. Anche alcuni dei farmaci utilizzati per la cura della depressione, possono avere risvolti negativi sull'osso, solo in parte controbilanciati dalla risoluzione della sintomatologia con possibilità di ripresa dell'attività fisica e di una sana alimentazione.

E adesso? Adesso Lucia ha 55 anni, è in menopausa da circa 5 anni, e negli ultimi due ha manifestato una evidente elevazione dei livelli di ansia.

L'ansia è spesso vissuta come una risposta emozionale di paura all'anticipazione del pericolo. In realtà, un certo grado d'ansia è adattivo ed è per certi aspetti utile affinché un individuo si comporti con la giusta prudenza in situazioni potenzialmente pericolose. Tuttavia, superata una certa soglia l'ansia diviene disadattiva e responsabile di un certo disagio con compromissione del funzionamento dell'individuo nelle aree importanti di vita,

venendo quindi considerata patologica. Alla sensazione soggettiva di preoccupazione, avvertita dal soggetto che vive questo intenso stato emotivo, si accompagna una possibile serie di manifestazioni fisiche come l'aumento della frequenza cardiaca e/o della pressione arteriosa, fame d'aria, tremori, sudorazione, che sono espressione dell'attivazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-corticosurrene e medullo-surrenale che producono rispettivamente un aumento dei livelli circolanti di cortisolo e catecolammine.

Ma può l'ansia interferire con la salute dell'osso? Sembra proprio di sì.

A questa conclusione si è giunti grazie ai risultati di una recente ricerca condotta presso il Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale dell'Università degli Studi di Messina. Lo studio è stato focalizzato su donne di mezza età (sono proprio quelle in cui si osserva più frequentemente l'ansia) che richiedevano una valutazione specialistica del proprio rischio fratturativo. È stato notato anzitutto che le donne con livelli più alti di ansia, opportunamente rilevati dall'equipe, presentavano un maggiore grado di osteoporosi misurata attraverso mineralometria ossea computerizzata (MOC). È emerso altresì che il numero di fratture ossee rilevate in corso di indagine era più elevato tra le partecipanti con livelli più alti di ansia!

Ma non è tutto! Le donne che hanno ricevuto terapia specifica per l'osteoporosi, secondo le vigenti linee guida, a distanza di due anni sono state rivalutate. Al follow-up, è stato notato un generale miglioramento della salute dell'osso. Infatti, in relazione ai livelli di ansia precedentemente rilevati, si è osservato che le donne con livelli più alti di ansia tendevano a proseguire fedelmente la terapia, mentre le donne con bassi livelli d'ansia, presentavano una più bassa aderenza al trattamento, che in questo gruppo quasi vanificava l'efficacia dello stesso. Ancora al follow-up, in tutte le partecipanti è stato osservato un lieve incremento medio dei livelli di ansia. In particolare, da un lato coloro che presentavano livelli di ansia più alti al basale avevano aderito maggiormente al trattamento per l'osteoporosi, dall'altro chi riportava al follow-up un incremento dei livelli di ansia rischiava di rispondere meno bene al trattamento stesso.

E quindi? Nuove evidenze ci consentono di ritenere l'ansia come una nuova entità da considerare nelle pazienti che si sottopongono a valutazione per l'osteoporosi ed il rischio di

fratture. Nello studio condotto è stata anche rilevata la presenza di sintomi depressivi, rimanendo comunque significativo il rapporto tra entità dell'ansia e rischio fratturativo.

Ma attraverso quale via l'ansia può compromettere la salute ossea?

I possibili meccanismi che su un piano fisiopatologico possono favorire la fragilità ossea nei pazienti con ansia sono diversi e comprendono sia aspetti immunologici che endocrinologici. Infatti, diversi studi hanno dimostrato un'associazione tra i sintomi ansiosi e l'aumento dei livelli di alcuni marker di infiammazione come la proteina C reattiva ed alcune citochine pro-infiammatorie come TNF-α, IL-1, IL-6 e IL-17, molecole in grado di ostacolare la differenziazione e l'attivazione degli osteoblasti (le cellule che costruiscono l'osso) e favorire la produzione di RANK-L, un'altra citochina, in grado di attivare gli osteoclasti (le cellule che consumano l'osso) e favorire il riassorbimento osseo. Altri studi suggeriscono inoltre che un aumento dello stress ossidativo possa rappresentare una condizione fisiopatologica comune sia ai disturbi d'ansia che all'osteoporosi post-menopausale. Nelle persone ansiose si osserva anche un aumento dei livelli di cortisolo plasmatico, a causa dell'aumentata stimolazione dell'asse ipotalamo-ipofisi-surrene in condizioni di stress, e tra i numerosi effetti sistemici di questo ormone vi è anche uno sbilanciamento del complesso equilibrio tra formazione e consumo del tessuto osseo a favore del riassorbimento osseo e quindi verso la riduzione della densità minerale dello scheletro. Un altro aspetto rilevante con l'avanzare dell'età è la più alta propensione dei soggetti ansiosi alla caduta: spesso, infatti, le fratture da fragilità ossea sono conseguenti ad una caduta.

In conclusione, la signora Lucia ha sviluppato una frattura vertebrale, apparentemente senza alcun trauma, che è stata causata da una preesistente (ma non conosciuta) condizione di osteoporosi. L'osteoporosi di Lucia è legata ad elementi predisponenti quali la condizione di post-menopausa in cui si trova, e le proprie caratteristiche psicologiche pregresse ed attuali. Lucia avrà quindi certamente necessità di avviare un trattamento specifico per l'osteoporosi al fine di ridurre il rischio di ulteriori fratture, ma dovrà cercare anche di ridurre le condizioni di stress e aumento dei livelli di ansia; ciò anche al fine di migliorare la sua prognosi e l'efficacia delle cure mediche.

La complessa relazione tra aspetti psicologici e malattie croniche come l'osteoporosi dovrebbe ricordare quanto sia importante approfondire l'analisi clinica di ogni paziente che

indubbiamente può guidare ad una ottimale gestione di ogni singolo caso nell'ottica di una efficace prevenzione che possa ridurre il rischio di disabilità.

Bibliografia:

Martino G, Bellone F, Vicario CM, Gaudio A, Corica F, Squadrito G, Lund-Jacobsen T, Schwarz P, Lo Coco G, Morabito N, Catalano A. ***Interrelations between clinical-psychological features and bone mineral density changes in post-menopausal women undergoing anti-osteoporotic treatment: a two-year follow-up.*** **Front Endocrinol (Lausanne) 2023**

Martino G, Bellone F, Vicario CM, Gaudio A, Caputo A, Corica F, Squadrito G, Schwarz P, Morabito N, Catalano A. ***Anxiety Levels Predict Bone Mineral Density in Postmenopausal Women Undergoing Oral Bisphosphonates: A Two-Year Follow-Up.*** **Int J Environ Res Public Health 2021**

Catalano A, Martino G, Bellone F, Gaudio A, Lasco C, Langher V, Lasco A, Morabito N. ***Anxiety levels predict fracture risk in postmenopausal women assessed for osteoporosis.*** **Menopause 2018.**

Silvia Carbone

Talassemia a Messina. Un approccio sociologico alla malattia cronica

1. Obiettivo. – 2. Metodo. – 3. Introduzione. – 4. Risultato. – 5. Conclusione.

1. Obiettivo

Il cambiamento delle cure e il miglioramento delle cure hanno modificato la vita dei pazienti con talassemia, una delle malattie genetiche più diffuse al mondo[1]. La nuova demografia della malattia, con i suoi fenotipi ampiamente variabili, ha implicazioni per la sua diagnosi, consulenza e gestione. Migliorare il nuovo trattamento di questa antica malattia è essenziale per ottimizzare la sopravvivenza. Da giugno 2010 a gennaio 2011 abbiamo intervistato 36 persone con talassemia di un centro di cure primarie di Messina (Centro di genetica e immunologia). Lo scopo di questo studio è quello di mostrare i risultati di un'indagine condotta in questo Centro di Messina. Questo studio mostra l'importanza dell'influenza di un approccio multidisciplinare, medico, psicologico e sociale, che affronta il cambiamento del trattamento e dell'epidemiologia della talassemia al fine di garantire una migliore qualità della vita e sopravvivenza. Comprendere l'influenza di tutti e tre i tipi di risorse, mediche, psicologiche e sociali, è fondamentale per costruire modi per migliorare la capacità di salute, l'autogestione delle malattie croniche e la salute.

2. Metodo

La presente ricerca era trasversale (descrittiva, analitica). Questo studio è stato condotto su 36 pazienti con sindromi talassemiche[2]. Lo spaccato è rappresentativo di tutto l'universo di riferimento messinese. I partecipanti a questo studio erano le persone che avevano fatto riferimento al Centro UOC. È stata intrapresa una revisione dettagliata delle carte per definire

[1] Thalassemia International Federation: [http://www.thalassemia.org.cy] website. *Guidelines for the clinical management of thalassemia*. 2nd edition. 2008.

[2] This study has been conducted by the UOC of genetics and immunology pediatric department of Messina, in collaboration with the Pediatric Clinic University of Milan Bicocca and the department of Human e Social Science University of Messina

le relazioni tra condizioni socio-demografiche e condizioni epidemiologiche. Questa ricerca ha esaminato la demografia e la storia naturale di tutti i pazienti con talassemia che sono registrati in questo Centro. Per facilitare la ricerca, è stato sviluppato un registro trasversale per caratterizzare le caratteristiche demografiche e cliniche dei pazienti di Messina. I dati sono stati inclusi da tutti i pazienti viventi che hanno dato il consenso informato e sono stati diagnosticati con β-talassemia major o β-talassemia intermedia, ottenuti utilizzando un questionario autocompilato. I dati sono stati raccolti una volta per ogni soggetto da giugno 2010 a gennaio 2011. I dati sono stati analizzati attraverso il software statistico Statsofth. Inoltre, i risultati descrittivi sono stati presentati in grafici e diagrammi sotto forma di numeri e percentuali. Inoltre, al fine di confrontare le variabili quantitative, sono stati eseguiti due test t campione.

3. Introduzione

Le talassemie sono un gruppo eterogeneo di disturbi ereditari della sintesi dell'emoglobina che provocano anemia pericolosa per la vita e richiedono regolari trasfusioni di sangue per la sopravvivenza[3]. È particolarmente associato a persone del subcontinente indiano, del Medio Oriente e del Mediterraneo. Dall'ultima indagine risulta che nel bacino del Mediterraneo è più diffusa la beta-talassemia (malattia di Cooley), detta anche anemia per questa "mediterranea"; sono circa 7000 i pazienti in Italia[4]. Sicilia e Sardegna dove si registra un tasso di talassemia pari al 12 per cento. In queste ultime due Regioni i vettori sono più di 700mila su una popolazione complessiva di poco meno di 7 milioni[5]. In Sicilia ci sono 1752 pazienti con talassemia (1141 con talassemia major; 621 con talassemia intermedia)[6]. La beta-talassemia è una malattia del sangue ereditaria per la quale il corpo produce, nei globuli rossi, emoglobina meno del normale. L'emoglobina richiede ferro per trasportare l'ossigeno nel corpo. Nei talassemici questo fallimento provoca una riduzione del volume dei globuli rossi e la conseguente insorgenza di anemia. L'emoglobina è normalmente composta da 4 gruppi

[3] Weatherall DJ, Clegg JB. The Thalassemia Syndromes, Fourth ed., Blackwell Sci., Oxford, 2001.
[4] Orphanet, Observatory on rare diseases: [www.orpha.net] website.
[5] Galanello R, Melis MA, Ruggeri R, Addis M, Scalas MT, Maccioni L, Furbetta M, Angius A, Tuveri T, Cao A: Beta^0 thalassemia trait in Sardinia. *Hemoglobin* 1979, 3:33-46
[6] Register Siciliano Thalassemia and Hemoglobinopathies (reste) - Update to 31/12/2012

prostetici che contengono il ferro, responsabile del rosso, e la globina, una parte proteica costituita da due catene alfa e due beta globine. I talassemici, attraverso gli esami del sangue, vengono a conoscenza del cedimento di una di queste due catene proteiche che diventano la causa di due diverse sindromi talassemiche: l'alfa-talassemia e la beta-talassemia La maggior parte dei soggetti "portatori" non presenta alcun segno di sollievo. Molti, infatti, non sono consapevoli di avere questi disturbi. E' importante che questi individui prendano coscienza della propria colpa perché in caso di unione con un altro portatore immune c'è la probabilità di generare: 25% un bambino con beta - talassemia major, cioè un bambino di 4 anni avrà Cooley di Alzheimer; un altro 25% di tutti i bambini sani; infine il restante 50% dei bambini affetti da beta-talassemia anche loro, ovvero portatori immuni. I primi sintomi della malattia sono riconoscibili intorno al terzo/quinto mese di vita e si manifestano solitamente entro il primo/secondo anno. Il bambino non è in grado di produrre emoglobina adulta e poi si ammala di una grave anemia. Diventa molto pallido e subito la necessità di trasfusioni di globuli rossi va ripetuta all'incirca ogni 15-20 giorni per tutta la vita. Possono essere più pallidi degli altri, e per praticare prima una terapia a base di ferro bisogna assicurarsi che il valore del ferro nel sangue sia molto basso (ferro sierico). Può ancora vivere e fare tutto senza alcun rischio. Le trasfusioni, però, comportano inevitabilmente un apporto eccessivo di ferro, che alla fine si accumula negli organi principali: il cuore, le ghiandole endocrine e il fegato. Tutto ciò mina le funzioni. L'unico modo per evitare questo dannoso accumulo di ferro è effettuare un adeguato trattamento con farmaci (chelanti del ferro). La malattia non ha una terapia veramente efficace, anche se oggi i talassemici vivono una vita molto più normale per miglioramenti nelle cure.

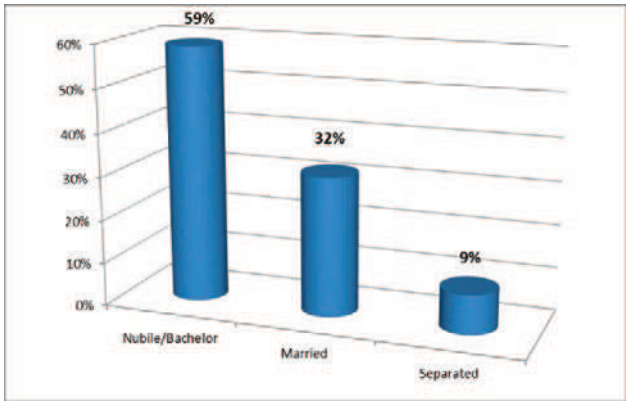
4. Risultato

Trentasei pazienti arruolati hanno completato la raccolta dei dati del registro: il 77% dei pazienti con β-talassemia major, il 23% dei pazienti con β-talassemia intermedia. Complessivamente il 63% dei pazienti che arrivano al Centro è nato a Messina città, l'11% è nato a Milazzo e l'8% a Taormina[7]. L'età media è di 36 anni. Il 36% dei pazienti aveva più di 40 anni. Inoltre, il 44% dei pazienti che si rivolgono al centro ha un'istruzione superiore e il

[7] The remaining 3% in Africo, 3% in Locri, 3% in Barcelona, 3% in Rivoli, 3% in Palermo, 3% in Brolo

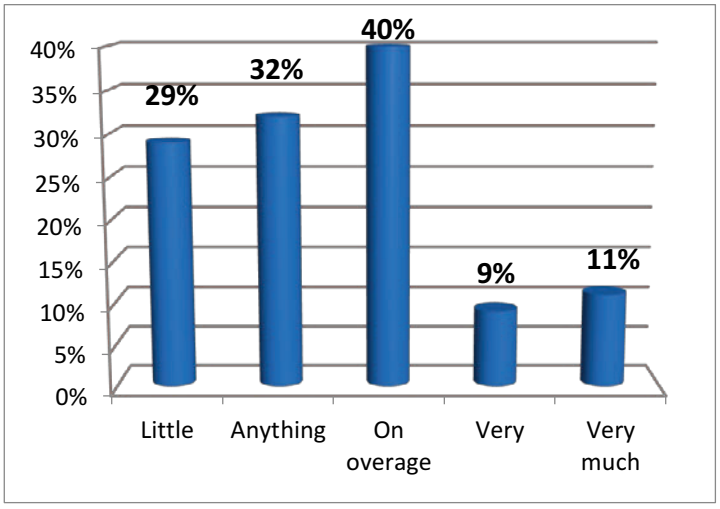
17% ha un'istruzione universitaria. Inoltre il 59% è nubile/scapolo, il 32% sposato e il 9% separato. (Tabella 1)

Tabella 1: Stato civile



Tra sposati e separati il 74% ha figli. La correlazione tra diagnosi e stato civile era statisticamente significativa (p=0,04). Il 29% dei pazienti ritiene che le condizioni di malattia (condizionali o non aventi) nulla per la possibilità di trovare un lavoro, l'11% poco, mentre la maggioranza, ovvero il 40%, lo pensava ugualmente. Invece, il 9% e l'11% dei pazienti ritiene che la malattia condizioni (o abbia condizionato), rispettivamente, molto e moltissimo la possibilità di trovare lavoro. (Tabella 2)

Tabella 2: Lavoro e malattia



La correlazione tra diagnosi e lavoro era statisticamente insignificante (p=0,27). Il 40% dei pazienti è disoccupato, il 20% è occupato, l'11% cerca lavoro e il 9% pensionato. Il 25% dei dipendenti ha dichiarato che la malattia ha influenzato la scelta professionale, mentre il restante 75% afferma il contrario. Inizia la trasfusione per il 90% viene iniziata tra 0 e 5 anni. Cinquantasei dei pazienti hanno dichiarato di fare trasfusioni ogni 3 settimane; 8% ogni 15 giorni. Secondo molti studi, i pazienti trasfusi possono sviluppare complicanze legate al sovraccarico di ferro. Le successive complicanze correlate al sovraccarico di ferro comprendono il coinvolgimento del cuore (miocardiopatia dilatativa o raramente aritmie), del fegato (fibrosi e cirrosi) e delle ghiandole endocrine (diabete mellito, ipogonadismo e insufficienza delle paratiroidi, della tiroide, dell'ipofisi e, meno comunemente, del surrene ghiandole[8]). L'11% dei pazienti ha affermato di soffrire leggermente di cuore. C'è il 69% dei pazienti che dichiara di praticare sport, tutti a livello amatoriale. La correlazione tra problemi cardiaci e sport era statisticamente significativa (p=0,1789). Tra le altre complicanze al 33% ci sono quelli che hanno contratto l'HCV, e un altro 33% problemi al fegato/epatite C. La sopravvivenza delle persone che sono state regolarmente trasfuse e trattate con chelazione appropriata si estende oltre i 40 anni. Fatale in assenza di moderne cure mediche, la talassemia è associata a una sopravvivenza prolungata con l'aderenza alle trasfusioni ea efficaci regimi di chelazione del ferro[9]. La talassemia è diventata una malattia cronica dell'adulto con una durata media della vita che si avvicina ai 40 anni. Per questo motivo è importante che queste complesse linee guida standard di cura richiedano uno stretto rapporto di lavoro tra i centri di talassemia e il crescente numero di pazienti. I pazienti hanno anche espresso un giudizio rispetto alla percezione dei servizi erogati dal Centro rispetto al rapporto con il personale che vi opera quotidianamente. Più della metà dei pazienti ha affermato che i medici e gli infermieri del centro sono molto disponibili: a discutere i loro problemi di salute; dare informazioni sulla malattia e sul trattamento; interessarsi a molti dei loro problemi. Solo il 3% dei pazienti ha riportato una scarsa disponibilità da parte di medici e infermieri per tempi

[8] Borgna-Pignatti C, Galanello R: Thalassemias and related disorders: quantitative disorders of hemoglobin synthesis. In *Wintrobe's Clinical Hematology. Volume 42*. 11th edition. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia; 2004::1319-1365.

[9] *Modell B, Khan M, Darlison M. Survival in beta-thalassaemia major in the UK: data from the UK Thalassaemia Register. Lancet.2000;355 :2051– 2052*

di prelievo e trasfusioni. Undici pazienti si sono sentiti molto faticosi a seguire il trattamento, il 17% molto faticoso, il 31% in media, appena il 22% e il restante 19% per nulla faticoso. Lo spaccato è generalmente soddisfatto nel rapporto con i medici e gli infermieri. Pur presentando una tendenza generale a soddisfare un elemento di insoddisfazione sembra essere la mancanza di figure professionali come psicologi e assistenti sociali. Tra il 78% dei pazienti che ha affermato di essersi rivolto a uno psicologo, il 22% non ci è mai andato. Ma il 59% dei pazienti ritiene che la figura di uno psicologo presso il Centro di cura sia utile; Il 6% invece lo ritiene superfluo, mentre il 35% non lo dice. L'ottantotto dei pazienti dichiara di entrare a far parte dell'associazione familiare e di questi il 6% partecipa molto attivamente, il 16% molto, il 42% in media. Mentre il 32% è meno attivo. Per oltre il 60% dei pazienti è importante avere amici e una selvaggia stabilità economica, mentre per meno del 50% dei pazienti è importante avere un lavoro e dei figli.

5. Conclusione

La cura della talassemia si è notevolmente evoluta negli ultimi trent'anni. Secondo l'83% dei pazienti il proprio stato di salute è buono. La talassemia fa meno paura. A Messina la qualità della vita adulta è soddisfacente sia in relazione alle condizioni fisiche sia alle realizzazioni personali in ambito lavorativo ea livello affettivo. Questo graduale miglioramento è da considerarsi un risultato importante, rispetto alla situazione di altre patologie croniche. Oggi convivere con questa malattia è possibile, grazie a nuove opzioni terapeutiche e supporti diagnostici che hanno notevolmente migliorato la qualità della vita dei pazienti. In primo luogo, la sopravvivenza delle persone che sono state regolarmente trasfuse e trattate con un'appropriata chelazione si estende oltre i 40 anni. Fatale in assenza di cure mediche moderne, la talassemia è associata a una sopravvivenza prolungata con l'aderenza alle trasfusioni ea efficaci regimi di chelazione del ferro. In secondo luogo, un elemento strategico che emerge dalle interviste è la necessità di un rafforzamento degli infermieri e di altri medici specialisti, come psicologi e assistenti sociali. La creazione di un team multidisciplinare può essere una manna per i pazienti e le loro famiglie, che vengono aiutate tenendo conto delle loro esigenze mediche, ma anche psicologiche e sociali.

Loredana Benedetto

Coltivare il benessere psicologico: il ruolo della self-compassion

1. Che cos'è la self-compassion. – 2. Self-compassion e benessere psicologico (con il contributo di Stefania Macidonio). – 3. Compiti di cura e benessere dei genitori (con il contributo di Alessia Morabito). – 4. Una risorsa per affrontare le difficoltà familiari al tempo del COVID-19 (con il contributo di Federica Scopelliti). – 5. Conclusioni. – 6. Bibliografia.

1. Che cos'è la self-compassion

Negli ultimi anni numerose ricerche di psicologia della salute hanno posto l'attenzione sulla *self-compassion*, un'attitudine a guardare a se stessi – alle proprie emozioni, ai propri difetti e ai propri fallimenti – in maniera non giudicante, ma compassionevole e di piena accettazione.

L'orientamento basato sulla self-compassion nasce dal lavoro clinico e di ricerca di Kristin Neff (2004), la psicologa che ne identifica le componenti – self-kindless, minfulness e umanità comune – e dimostra perché sono una risorsa per la salute. La self-kindless corrisponde all'essere gentili e benevoli verso se stessi, senza commiserarsi per i propri errori o le frustrazioni che si vivono. La seconda componente, la mindfulness, significa "attenzione consapevole" alla propria esperienza nel momento in cui viene vissuta: l'individuo riesce ad accedere ai propri stati interni in maniera profonda e autentica. Questa consapevolezza aiuta le persone a entrare in contatto con le emozioni o i pensieri negativi (come provare rabbia a rimuginare sulle proprie preoccupazioni) in una posizione di equilibrio, cioè, riconoscendo ciò che si prova senza esserne sopraffatti o rimanere intrappolati nel tentativo di sopprimerli. La capacità di accettazione dei propri stati negativi, senza che diventi una forma di resistenza ("devo fare sparire la mia tristezza"), è favorita dalla terza componente: l'umanità comune. Il senso di umanità condivisa aiuta a riconoscere che il fallimento o la sofferenza sono condizioni che fanno parte dell'esperienza comune, pertanto non siamo gli unici a dovere affrontare le sfide e i dolori della vita.

Prima di illustrare alcuni dati scientifici sul legame tra self-compassion e salute, cerchiamo di capire come i ricercatori studiano questa dimensione psicologica. La maggior parte degli studi si avvale della *Self-Compassion Scale,* una scala sviluppata dalla stessa Neff (2003) con una serie di domande raggruppate nelle tre dimensioni: l'auto-gentilezza (ad esempio, "Cerco di essere comprensivo/a e paziente verso quegli aspetti della mia personalità che non mi piacciono"), la mindfulness ("Quando accade qualcosa di doloroso cerco di avere una visione equilibrata della situazione") e l'umanità comune ("Cerco di vedere i miei difetti come parte della condizione umana"). Le persone rispondono indicando in che misura si comportano verso se stessi nella maniera descritta (da 1= quasi mai a 5 = quasi sempre). Per evitare risposte non veritiere o automatiche, alcune domande hanno una direzione opposta: auto-giudizio ("Sono intollerante e impaziente verso quegli aspetti della mia personalità che non mi piacciono") che è il contrario dell'auto-gentilezza; eccessiva identificazione ("Quando mi sento giù, tendo a ossessionarmi e a fissarmi su tutto ciò che è sbagliato") contro la mindfulness; l'isolamento ("Quando non riesco in qualcosa che è importante per me, tendo a sentirmi solo/a nel mio fallimento") contro umanità comune. Questi punteggi sono invertiti e la somma di tutte le componenti indica il livello di self-compassion.

I dati raccolti in oltre vent'anni di ricerche dimostrano che sono diversi i motivi per cui *essere compassionevoli* verso se stessi, senza commiserarsi o isolarsi nella propria sofferenza, *fa stare le persone meglio.* A livello fisico, chi è auto-compassionevole si ammala di meno (ad esempio, per problemi cardiaci), adotta più comportamenti salutari (come seguire una dieta corretta) e vive meno stress, una condizione che se, se perdura, altera il sistema immunitario aumentando la vulnerabilità dell'organismo alle malattie (Phillips e Hine, 2021).

Riguardo alla salute psicologica, con un ampio studio in diversi Paesi (dagli Stati Uniti alla Thailandia) Neff ha evidenziato che a livelli più elevati di auto-compassione si associano minori stati negativi (come ansia e depressione) e che questi benefici sono universali, nonostante le differenze culturali e ambientali che possono influenzare il benessere percepito. Le persone auto-compassionevoli tendono anche a sperimentare più spesso felicità, fiducia in sé, ottimismo e in generale una maggiore soddisfazione per la propria vita (Neff e Germer, 2017).

Nelle pagine che seguono proveremo a passare in rassegna alcuni tra i numerosi studi sviluppati dagli psicologi sul tema della self-compassion per scoprire come può aiutarci a stare meglio.

2. Self-compassion e benessere psicologico

(di Stefania Macidonio e Loredana Benedetto)

Che cosa significa "stare bene" da un punto di vista psicologico? Il concetto di benessere ha interessato le scienze umane a partire dagli anni '50 e '60 del secolo scorso, quando con il miglioramento delle condizioni di vita (lavoro, abitazione ecc.) in occidente si è creduto che potesse coincidere con l'avere più beni materiali (Zambianchi, 2013). Tuttavia, le definizioni più vicine al sentire delle persone provengono da riflessioni più antiche, cioè dalla filosofia più che dalla sociologia. Il filosofo Aristippo pone la ricerca della felicità e del piacere al centro delle aspirazioni dell'uomo. Ma anche concepire unicamente il benessere come dimensione emozionale (vivere bene il presente prendendo le distanze dai problemi concreti) non soddisfa i bisogni esistenziali a cui l'uomo aspira. Una definizione più completa è quella di benessere *soggettivo* in cui la dimensione della felicità è bilanciata dalla soddisfazione per la vita. Per lo psicologo Campbell (1976) la soddisfazione fa sì che le persone stiano bene quando non percepiscono un'eccessiva distanza tra ciò che desiderano e ciò che concretamente vivono. Il benessere soggettivo è definito edonico perché recupera la dimensione della felicità (la persona sperimenta affetti ed emozioni positive) ma include anche la valutazione positiva di sé e delle circostanze di vita, ovvero, la soddisfazione per la propria condizione esistenziale.

L'approccio scientifico più convincente è quello del benessere inteso non solo come appagamento, ma come "sfida positiva" (Delle Fave, 2007) che mette in gioco i bisogni e le risorse della persona attraverso le opportunità offerte dal contesto. La psicologa Ryff (1989) è quella che meglio descrive questa concezione articolata del *benessere psicologico* secondo la quale la felicità può realizzarsi solo attraverso il pieno sviluppo della persona, come esistenza vissuta all'interno di un orizzonte di senso e di relazioni significative. Ryff, con un lavoro rigoroso di ricerca e un questionario da lei stessa sviluppato (*Psychological Well-Being Scale*), individua sei componenti alla base del benessere.

Accettazione di sé: quanto la persona riconosce i vari aspetti di sé, inclusi i punti di debolezza (esprime accordo a frasi quali "Sono soddisfatto/a della maggior parte degli aspetti della mia personalità").

Autonomia: come capacità di esprimere idee e assumere decisioni in maniera indipendente ("Le mie decisioni di solito non sono influenzate da quello che qualcun altro sta facendo").

Crescita personale: quanto la persona sente di cambiare, realizzando il proprio potenziale di sviluppo ("In generale, ho la sensazione di imparare di più di me stesso con il passare del tempo").

Controllo ambientale: sentire di potere affrontare le sfide, agendo con efficacia ("In generale ho la sensazione di padroneggiare la situazione in cui mi trovo").

Relazioni positive: costruire e mantenere relazioni improntate sulla fiducia, sull'affetto e sul supporto, ma anche mostrare empatia e curare il benessere degli altri ("Ho la sensazione che gli amici mi stiano dando molto").

Scopo di vita: riconoscere che propria esistenza è orientata da obiettivi e valori, mantenendo la direzione e la motivazione nel perseguirli ("Ho la sensazione di sapere cosa sto facendo e dove voglio arrivare nella vita").

All'interno di questa cornice teorica, il nostro gruppo di ricerca (Benedetto, Macidonio, Ingrassia, 2022) ha studiato il legame tra self-compassion e perfezionismo, un tratto di personalità che può minacciare il benessere psicologico. Il perfezionismo è la tendenza a concepire standard personali estremamente elevati e valutazioni ipercritiche delle proprie prestazioni (Flett e Hewitt, 2020). Gli psicologi sociali, che studiano l'intreccio tra cultura e sviluppo del sé, hanno messo in luce come il perfezionismo sia diventato uno dei valori dominanti nelle società occidentali (Curran e Hill, 2019). Nella cultura contemporanea vi è una sorta di celebrazione sociale dell'eccellenza, considerata un emblema delle persone di successo anche a prezzo di piegare il valore dell'individuo ai risultati che ottiene. Il perfezionismo è così visto come una qualità desiderabile e una garanzia di realizzazione personale: in contesti come la scuola e l'università, ai perfezionisti vengono attribuite qualità come precisione, perseveranza e capacità di competere con gli altri attraverso un alto rendimento. Gli studi, tuttavia, dimostrano che non è proprio così: gli studenti perfezionisti possono essere così preoccupati di dovere essere eccellenti da sperimentare ansia da

prestazione e questa condizione, a sua volta, crea un circolo vizioso che compromette il rendimento (Buzzai et al., 2020; Osenk et al., 2020).

Gli psicologi hanno anche scoperto che il perfezionismo è un tratto sfaccettato in cui coesistono aspetti sani e disadattivi. Il perfezionismo sano aiuta a focalizzarsi su obiettivi elevati e organizzarsi al meglio per perseguirli. Questo tratto, chiamato da Stoeber e Otto (2006) "perfezionismo degli sforzi personali", è associato a coscienziosità, autostima, senso di soddisfazione per gli obiettivi raggiunti insieme alla flessibilità nel tollerare gli errori. Viceversa, il tratto disadattivo è dominato dalle "preoccupazioni perfezionistiche" e dalla paura di essere giudicati per i difetti o i fallimenti. Hewitt e Flett (1991) parlano di perfezionismo *socialmente prescritto* (credere che gli altri si aspettino che siamo perfetti), una forma associata a condizioni di particolare sofferenza psicologica - ansia sociale, bassa autostima e depressione. Sembra che la radice delle preoccupazioni socialmente indotte sia da ricercare nell'infanzia, quando i genitori spronano i figli l'eccellenza (nello studio, nello sport ecc.) e poi disapprovano o criticano se i risultati non soddisfano le aspettative (Smith et al., 2022).

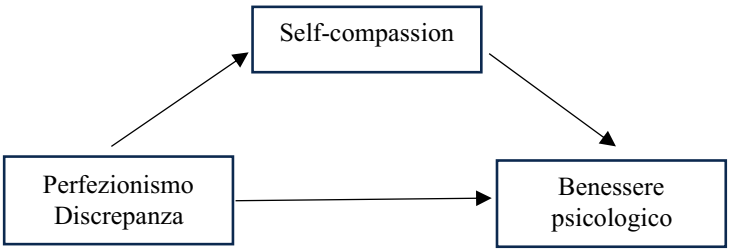
La *discrepanza* è un'altra forma disadattiva poiché spinge a soffermarsi su quanto la propria prestazione si discosti dallo standard atteso (Slaney et al., 2001). Questo perfezionismo porta con sé dubbi sulle proprie azioni, tendenza a incolpare se stessi per piccoli errori, pensiero "tutto o niente" ("non lo farò mai bene") che contribuiscono allo sviluppo di depressione. Di contro, chi si pone obiettivi per sé senza preoccupazioni valutative percepisce un maggiore benessere: il perfezionismo sano aumenta la soddisfazione personale, la fiducia di potere affrontare le sfide, la motivazione e il successo scolastico (Stroeber e Rambow, 2007).

Interessati da questi dati scientifici, ci siamo chiesti in che misura un atteggiamento auto-compassionevole possa mitigare gli effetti negativi del perfezionismo. Lo studio ha coinvolto giovani adulti (18-35 anni) che hanno compilato tre questionari che valutano, rispettivamente, il benessere psicologico (*Psychological Well-Being Scale*), la self-compassion (*Self-Compassion Scale*), il perfezionismo adattivo ("Desidero molto raggiungere traguardi elevati", "Mi piace essere sempre organizzato/a e preciso/a") e disadattivo (discrepanza, "Non sono mai soddisfatto dei miei risultati").

Dai risultati emerge che il perfezionismo adattivo si associa a senso di competenza e controllo ambientale, presenza di scopo nella vita e crescita personale, in linea con Ryff (1989) e la sua visione di benessere come la risultante di un equilibrio tra i vissuti personali (autorealizzazione, accettazione di sé e crescita personale) e il funzionamento positivo nelle circostanze della vita. Il perfezionismo è una risorsa quando aiuta a mettere a fuoco obiettivi che hanno senso per la persona e favorisce la tenacia dando una direzione alla crescita personale.

Figura 1. La self-compassion attenua l'impatto delle tendenze perfezionistiche sul benessere psicologico

(Benedetto, Macidonio e Ingrassia, 2022)



I risultati più interessanti dello studio sono sintetizzati dalla figura 1 che illustra le relazioni dirette e indirette tra le variabili psicologiche. Il perfezionismo non salutare (discrepanza) si associa direttamente a più bassi livelli di benessere, tuttavia la self-compassion svolge un benefico ruolo di mediazione tra perfezionismo e benessere riducendo l'impatto negativo della discrepanza sul benessere.

L'autocompassione può quindi aiutare ad accettare i propri limiti (mindfulness), normalizzando gli errori (umanità comune) e trattando se stessi con gentilezza (self-kindness) senza incolparsi né essere sopraffatti dalla vergogna. L'assenza di auto-giudizio di fronte a un parziale fallimento (discrepanza tra aspettative e risultati) non significa soffocare la delusione che si prova o indirizzare altrove la propria frustrazione (ad esempio, sminuire i risultati migliori ottenuti da altri), ma rimettersi in gioco e scoprire modi più flessibili per reagire alle difficoltà.

3. Compiti di cura e benessere dei genitori

(di Alessia Morabito e Loredana Benedetto)

L'arrivo di una nuova vita è un evento straordinario che emoziona ma anche stravolge la vita dei neogenitori. Le giornate cambiano per adattarsi ai bisogni del neonato, assorbendo entrambi i genitori in particolare la neo-madre che oltre alla fatica fisica e alle poche ore di sonno attraversa momenti di sconforto (come quando cerca di calmare il pianto del neonato). Così i primi mesi dopo la nascita, per quanto gioiosi e felici, diventano un periodo delicato per il benessere dei neogenitori.

Le ricerche psicologiche hanno evidenziato che alla nascita del primo figlio il passaggio dalla "diade" alla "triade familiare" è un momento particolarmente complesso. I partner scoprono che all'arrivo del figlio la loro vita è cambiata, ma non solo per le gioie e gli aspetti positivi. Gli psicologi parlano di un fondamentale *compito evolutivo* che la coppia deve affrontare: l'equilibrio e l'intimità raggiunti devono assestarsi in un nuovo sistema relazionale in cui entrano in gioco i bisogni fisici ed emotivi del neonato. In un celebre lavoro, Cowan e Cowan (1997) hanno descritto come una vera e propria "crisi" il periodo di cambiamento psicologico alla nascita di un figlio. La crisi coinvolge:

la *vita interiore*, il senso del sé (il riconoscersi come genitore), l'insicurezza e l'ansia per le nuove responsabilità ("sto facendo bene?");

la qualità della *relazione di coppia*, dall'intimità alla comunicazione fino alla capacità di sostenersi reciprocamente;

le relazioni *al di fuori* con le famiglie di origine, ad esempio il supporto percepito dai nonni contro le ingerenze e i consigli non richiesti ("mi dicono sempre come devo fare"), oppure il bisogno del padre di essere coinvolto nelle cure al neonato più di quanto lo sia stato il proprio padre;

i *rapporti esterni* con il mondo del lavoro o i servizi (il pediatra, l'asilo nido ecc.) che possono diventare fonte di sostegno o di stress aggiuntivo.

Queste aree sono fra di loro interconnesse e, a loro volta, influenzate dalle caratteristiche del neonato: un bambino tranquillo e adattabile favorirà la "nascita psicologica" del genitore (sarà rasserenato e si riconoscerà in grado di rispondere ai suoi bisogni); un neonato difficile da consolare o più lento nello sviluppo di un buon ritmo dell'alimentazione e del sonno

influenzerà i genitori che si sentiranno inadeguati o caricati di ulteriori tensioni ("Il bambino viene prima del lavoro, ma il mio capo non lo comprende").

La "crisi" coinvolge anche la vita di coppia, con percorsi diversi tra padri e madri. Da una ricerca del nostro gruppo (Bartolo, Benedetto, Ingrassia, 2015) emerge che gli uomini, più delle donne, riportano una marcata diminuzione del senso del "noi", dei momenti intimi e di soddisfazione di coppia; le donne, più elevati livelli di stress legati alla cura del neonato particolarmente intorno al 3 mese (il periodo più critico). Un aspetto positivo per entrambi è l'incremento dopo il 3 mese del senso di fiducia nel riuscire a occuparsi dei bisogni del bambino con una sensibilità e un'efficacia che appaga i loro sforzi.

Queste ricerche, piuttosto che sbiadire le coloriture rosee del futuro dei genitori, sono di enorme importanza per la prevenzione. Se coppie già in attesa o che pensano all'impresa meravigliosa di avere un figlio conoscono i cambiamenti a cui andranno incontro ne saranno meno travolti. Lo confermano gli studi ma anche i professionisti a cui chiedono aiuto i partner in crisi dopo la nascita dei figli: la maggior parte delle volte ciò avviene perché la crisi è inaspettata. Gli esperti devono riconoscere se vi sono più gravi condizioni di vulnerabilità (come depressione post-partum o violenza familiare), ma in genere gli interventi psicologici sono utili per aiutare i genitori in crisi. I risultati sono promettenti perché aiutando i genitori a riconoscere i momenti potenzialmente più stressanti imparino a prendersi cura di sé.

Con una ricerca condotta dal nostro gruppo, ci siamo chiesti se la *self-compassion* possa mobilitare le risorse psicologiche e ridurre lo stress della madre coinvolta nelle cure infantili. Lo studio ha indagato le relazioni tra lo stile di allattamento (al seno o artificiale), l'autocompassione e lo stato psicologico delle madri (età media 33 anni, da 24 a 45 anni) con un bambino di età inferiore ai 2 anni. Le madri hanno compilato un questionario, divulgato online grazie alla collaborazione di pediatri e di alcune associazioni, che ha valutato:

lo stato d'animo e l'autoefficacia nel riuscire ad allattare al seno ("Riesco sempre a capire quando il mio bambino ha finito la poppata"; Petrozzi e Gagliardi, 2016);

lo stress materno e le sue fonti (Abidin, 1995): una bassa valutazione di sé e delle proprie capacità ("Mi sento intrappolata dalle mie responsabilità di genitore"), la percezione del bambino come difficile ("I ritmi del sonno e dell'alimentazione di mio/a figlio/a sono stati molto più difficili da regolare di quanto mi aspettassi") e gli scambi genitore-bambino

("Quando faccio le cose per mio/a figlio/a ho la sensazione che i miei sforzi non siano molto apprezzati"). Punteggi più alti indicano maggiore stress percepito. Si tratta di un indice molto importante poiché livelli elevati possono interferire nello stabilirsi del legame tra la madre e neonato ed essere una condizione di rischio per la depressione.

La self-compassion è stata misurata con la scala breve di Raes e collaboratori (2011). Le domande descrivono quanto spesso ci si comporta in modo gentile e premuroso verso se stessi in situazioni difficili ("Quando mi sento inadeguata, in qualche modo cerco di ricordare a me stessa che i sentimenti di inadeguatezza sono condivisi dalla maggior parte delle persone").

Un primo risultato è che non vi sono differenze nello stress percepito e nella self-compassion in funzione del tipo di allattamento. Il 77.3% delle madri ha dichiarato di allattare al seno al momento dell'indagine (l'80.3% in modo esclusivo), il 68.2 % ha definito l'allattamento "sereno e ben avviato" e solo il 12.1 % "difficile e doloroso". Questo dato è estremamente positivo e arricchisce le conoscenze scientifiche a favore dell'allattamento materno per i benefici nutrizionali e psicologici per il neonato e per la donna[1]. I fattori che incidono sulla scelta delle donne sono diversi, inclusi quelli di salute propri o del bambino, il livello di corretta informazione sull'allattamento e le credenze non sempre fondate scientificamente su questo argomento.

Una percentuale non trascurabile di madri (40.6%) ha dichiarato di *non* avere ricevuto informazioni specifiche sull'allattamento, le rimanenti (59.4%) riferiscono di averle ricevute dal pediatra o durante il corso preparto (meno da una consulente per l'allattamento o presso il punto nascita). Per molte donne (78%) internet è stata una fonte aggiuntiva di informazione.

Solo il 35.1% delle donne ha espresso credenze corrette ("A mio parere l'allattamento materno può prevenire l'obesità del bambino"); il 27.2% ha meno informazioni e credenze in parte corrette ("Poppate molto frequenti (fino a 10-12 nelle 24 ore) indicano che la mamma ha poco latte"); il 35.1% informazioni carenti e incertezze rispetto all'allattamento ("Con

[1] Ministero della salute, Allattare al seno. Un investimento per la vita. Disponibile su: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_opuscoliPoster_303_allegato.pdf (consultato il 24/05/2023)

quale frequenza le è stato consigliato di nutrire il bambino? Ho ricevuto indicazioni confuse e/o contrastanti"); infine, il 2,71% era in possesso di false credenze ("L'alimentazione durante le ore notturne è solo una cattiva abitudine, non favorisce la digestione"). Fare emergere queste convinzioni è importante poiché possono scoraggiare la madre e concorrere alla sospensione precoce dell'allattamento naturale. Conoscere queste barriere della mente è inoltre essenziale per orientare le azioni di counseling alle madri e di informazione agli operatori (come i pediatri) a cui esse comunemente si rivolgono.

Tra i fattori psicologici, le madri che nutrivano al seno hanno ottenuto punteggi di autoefficacia più alti rispetto a coloro che allattavano artificialmente. L'autoefficacia è una variabile importante, poiché le madri che desiderano allattare esclusivamente al seno ma non vi riescono come vorrebbero possono sviluppare depressione e un'immagine di sé svalutativa (Rosenbaum et al., 2020). A livelli più elevati di stress materno si associava una minore efficacia nell'allattamento, mentre la self-compassion è risultata una variabile in grado di moderare lo stress percepito dalle madri. Da quanto ci dicono le ricerche psicologiche, lo stress materno non è un fattore da trascurare, poiché danneggia la salute fisica e si associa a minore responsività della madre ai segnali emotivi del neonato. La self-compassion, invece, risulta protettiva contro lo stress e, da recenti studi (Pedro et al., 2019), anche per prevenire nella madre la depressione post-partum.

4. Una risorsa per affrontare le difficoltà familiari al tempo del COVID-19

(di Federica Scopelliti e Loredana Benedetto)

Alla fine del 2019 la comparsa in una lontana regione della Cina di una grave sindrome respiratoria prima sconosciuta, la SARS-CoV-2 (COVID-19), ha generato paure per la salute e ha modificato in maniera drammatica la vita a milioni di persone nel mondo. Dopo la Cina, l'Italia è stata il primo paese in Europa a introdurre drastici provvedimenti per contenere la diffusione dell'infezione, primo fra tutti il confinamento a casa e l'interruzione di numerose attività (lockdown) come misure necessarie per contrastare l'espandersi dell'epidemia (Sanfelici, 2020).

Le restrizioni e l'isolamento sociale per il lockdown, necessari per contenere il diffondersi del COVID-19, hanno compromesso la salute mentale della popolazione. L'isolamento

domiciliare ha rappresentato un grave peso per tutti, generando preoccupazioni e tensioni con un effetto a cascata sul clima e sulle relazioni familiari. I genitori hanno dovuto affrontare nuove sfide educative, con un aumento della vulnerabilità allo stress. Con la chiusura dei servizi per l'infanzia e delle scuole, il loro coinvolgimento con i figli è diventato ancora più cruciale: confinati tra le mura domestiche, si sono trovati a gestire attraverso la "didattica a distanza" l'istruzione scolastica, con un impegno di tempo e di risorse psicologiche senza precedenti. Inoltre, durante il lockdown è stato incentivato il tele-lavoro che ha ulteriormente compresso negli spazi domestici le attività professionali, generando problemi nel conciliare il lavoro, il tempo personale e la cura dei figli. Non da ultimo, numerose imprese locali sono andate incontro a una grave crisi economica: molti esercizi commerciali (ritenuti non essenziali, come le palestre o i ristoranti) sono rimasti chiusi per diverse settimane, con forti perdite e una riduzione del reddito che ha pesato sulle famiglie.

La pandemia ha avuto un grave impatto sulla salute delle persone, come è emerso presto da studi condotti in diversi Paesi - dalla Cina, dove l'epidemia è esplosa, fino all'Europa e ai Paesi oltre Oceano: un ridotto benessere fisico e psicologico (ansia, insonnia, irritabilità, ecc.), conflitti coniugali e tensioni con i figli (Gadermann et al., 2021; Prime et al., 2020; Zhou e Guo, 2021).

Diversi dati scientifici raccolti sulla popolazione italiana durante il primo picco della pandemia confermano i problemi di salute mentale vissuti dalle famiglie, come l'aumento dello stress percepito dalle madri e delle emozioni negative espresse dai bambini, come paura, tristezza e umore altalenante (Babore et al., 2023).

Una ricerca del nostro gruppo (Benedetto, Schipilliti e Ingrassia, 2020) ha studiato l'impatto del confinamento a casa - isolamento, interruzione delle attività scolastiche, sportive e ricreative - sulla qualità della vita dei bambini in età scolare. Analizzando le risposte dei bambini, essi riferivano di avere patito per la mancanza di attività fisica e sport, degli amici e per le relazioni tese con i genitori e i fratelli. Sono emersi, però, *benefici inaspettati* sui vissuti legati alla scuola (meno pressione per i compiti, paura per le interrogazioni ecc.), con minori sintomi somatici e ansia scolastica che i bambini riferivano rispetto ai mesi prima della pandemia.

Con i bambini in età prescolare (2-5 anni), le madri hanno osservato un aumento dei problemi emozionali (tristezza e frustrazione) e di comportamenti difficili da gestire a casa (come l'iperattività e la disobbedienza) rispetto al periodo precedente il lockdown (Di Giorgio et al., 2021). L'angoscia e lo stress sperimentato dai genitori sono state condizioni comuni che hanno amplificato le difficoltà familiari. Spinelli e colleghi (2020) hanno evidenziato che la paura degli adulti per il contagio e lo stress vissuto durante il lockdown erano associati a maggiori problemi dei figli (2-14 anni). Con un effetto circolare, i genitori che dichiaravano maggiori difficoltà (vita personale, lavoro, gestione dei figli) percepivano più stress e maggiori problemi nei figli (più paurosi, instabili emotivamente, disobbedienti o irrequieti) che esasperavano, a loro volta, lo stress percepito.

Le famiglie in periodi di crisi possono, tuttavia, attingere alle proprie risorse psicologiche per affrontare le difficoltà. In particolare, la psicologia ha dimostrato l'effetto benefico della speranza, un orientamento positivo che aiuta le persone in situazioni avverse a guardare al futuro in maniera realistica e fiduciosa rispetto ai possibili esisti degli eventi. I dati dimostrano che la speranza è un balsamo per il benessere, poiché riduce lo stress percepito, l'ansia e i vissuti depressivi (Schrank et al., 2008). Il nostro gruppo di ricerca si è chiesto in che misura la self-compassion, insieme alla speranza, potesse aumentare la resilienza e mitigare lo stress dei genitori durante la pandemia.

La ricerca ha coinvolto un campione di madri reclutate online su tutto il territorio nazionale, con un/a figlio/a di età compresa tra 4 e 17 anni (48% maschi e 52% femmine, età media 9.3 anni). Le madri hanno risposto a una serie di domande che valutavano:

lo stress percepito nelle situazioni difficili e la reazione in risposta a questi avvenimenti: "Nell'ultimo mese, con che frequenza si è sentita fuori di sé poiché è avvenuto qualcosa di inaspettato?" (Cohen et al., 1983);

la paura ("Non riesco a dormire perché mi preoccupo di contrarre (o avere) il Coronavirus"; Ahorsu et al., 2020) e l'ansia per la pandemia ("Mi sono sentita frastornata, confusa, indebolita, quando ho letto o ascoltato le notizie relative al Coronavirus"; Lee et al., 2020);

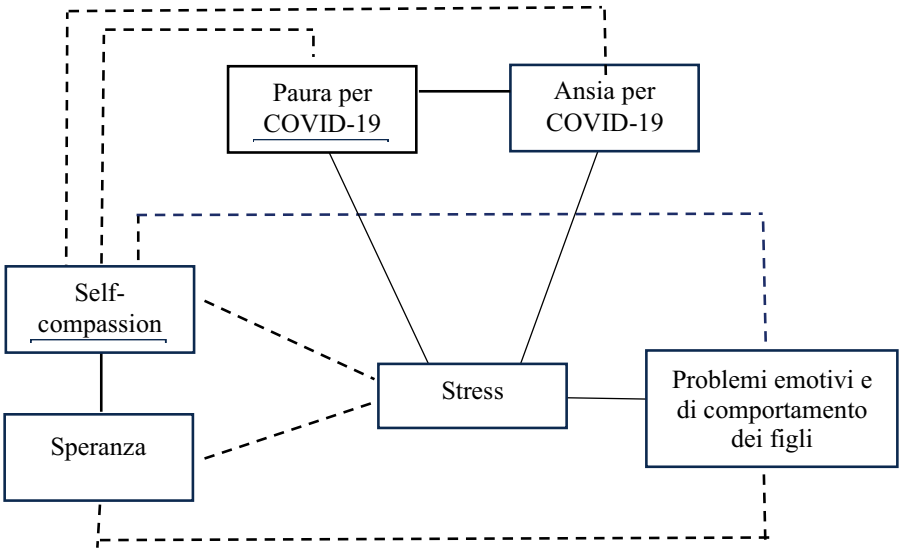
la speranza, definita da Snyder e coll. (1991) come uno stato motivazionale positivo in cui intervengono l'energia che sostiene la persona verso la finalità desiderata ("Perseguo

energicamente i miei obiettivi") e le strategie per perseguirla ("Posso pensare a molti modi per uscire fuori da una situazione complessa";

l'autocompassione che è stata misurata con la scala breve (Raes et al., 2011).

Le madri hanno descritto i problemi dei figli attraverso un breve questionario che rileva caratteristiche quali l'iperattività (ad esempio, "Costantemente in movimento o a disagio") o le difficoltà emotive ("Ha molte paure, si spaventa facilmente").

Figura 2: associazioni tra self-compassion e adattamento di genitori e figli nel contesto del COVID-19[2]



I risultati sono illustrati nella figura 2, in cui le frecce continue indicano un'associazione positiva tra le variabili (le misure cambiano nella stessa direzione, cioè aumentano o diminuiscono entrambe), le frecce tratteggiate una direzione negativa (se una misura aumenta, l'altra diminuisce). In primo luogo, ansia e paura per il COVID-19 correlano con lo stress materno e quest'ultimo, a sua volta, con maggiori problemi emotivi e comportamentali osservati nei figli. Di contro, le madri più compassionevoli mostrano anche livelli più elevati di speranza e minori livelli di stress. Questi orientamenti positivi della mente mostrano un

[2] F. Scopelliti, *Self-compassion e speranza per alleviare lo stress genitoriale nel contesto della pandemia da COVID-19*, Tesi di laurea magistrale in Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita, a. a. 2021-22, Università degli studi di Messina

legame inverso con la percezione di problematicità dei comportamenti dei bambini: quando il genitore ha un atteggiamento comprensivo verso di sé e orientato alla speranza, diminuiscono la preoccupazione e lo stress quotidiano. La self-compassion, in sintesi, è risultata insieme alla speranza una risorsa in grado di alleviare nelle madri l'impatto della pandemia (ansia e paura), lo stress nell'affrontare le avversità della vita e le mutate responsabilità dell'educazione dei figli.

5. Conclusioni

Le numerose evidenze scientifiche indicano senza dubbio che la self-compassion è una preziosa risorsa della mente: si associa a ottimismo e speranza, altruismo ed empatia verso sé e gli altri, senso di crescita personale e motivazione; aiuta, inoltre, a cercare soluzioni positive per gestire le situazioni di stress e le avversità della vita. Ma la notizia migliore – secondo le scoperte più recenti della psicologia della salute – è che la self-compassion è un *atteggiamento positivo che può essere sviluppato* grazie all'intervento psicologico.

Studi condotti con adolescenti (Ferrari et al., 2018) evidenziano il potere dell'autocompassione nell'attenuare il pensiero autocritico, il perfezionismo e le reazioni al fallimento (rabbia, vergogna o senso di inadeguatezza). Ne deriva l'importanza di promuovere l'auto-compassione per ridurre la vulnerabilità di fronte alle sfide evolutive: da un punto di vista preventivo, è essenziale "educare" la mente degli adolescenti e dei giovani in modo che imparino a incanalare in modo costruttivo la propria energia per raggiungere i propri obiettivi. Gli interventi in genere sono di breve durata (ad esempio, 5 settimane in incontri di gruppo; cfr. Mantelou e Karakasidou, 2017) e migliorano nei partecipanti il benessere emotivo e la soddisfazione di vita. Gli esercizi centrati sull'auto-compassione contribuiscono, in un breve periodo di tempo, a migliorare la salute mentale poiché aiutano le persone a raggiungere una maggiore consapevolezza delle proprie emozioni negative e del trattamento eccessivamente critico che riservano a se stessi (Binder et al., 2019). Inoltre, aiutano a sviluppare modi adattivi e flessibili di reagire al fallimento (come passare da "Sono una persona sbagliata" a "Ho fatto del mio meglio, ma capita a tutti di sbagliare"), conservando una visione di sé positiva e resiliente.

Ugualmente efficaci sono gli interventi per sostenere le risorse psicologiche dei genitori (Othman et al., 2022). Anche questi programmi brevi (da 2 a 5 settimane) con la guida di psicologi adeguatamente formati insegnano a praticare, passo dopo passo, le componenti della self-compassion.

Gli esercizi basati sulla *mindfulness* insegnano ad avere consapevolezza di ciò che si prova, anche quando le cose non vanno come il genitore si aspetta (" *Mi capita di perdere la pazienza e urlare ai miei figli, e poi mi sento in colpa")* .

L'*auto-gentilezza* aiuta a esprimere verso di sé "la stessa preoccupazione e il sostegno affettuoso che si mostrerebbero a un buon amico" (Neff e Daham, 2015). Piuttosto che essere severo - pensare "sono un cattivo genitore" dopo avere perso la pazienza con il figlio – l'adulto adopera il dialogo interno e immagina come si rivolgerebbe a una persona cara per incoraggiarla in un momento di crisi. Questi esercizi aiutano a identificare i modelli di pensiero disadattivo e a sostituire l'auto-giudizio ("sono un fallimento come genitore") con l'auto-compassione.

L'*umanità comune,* infine, aiuta il genitore a riconoscere di non essere il solo a incontrare difficoltà nell'educazione dei figli e nella gestione della famiglia, sentendosi meno in colpa e inadeguato. Rivolgendo a sé gentilezza e comprensione ("sto facendo del mio meglio"), può imparare a passare dalla consapevolezza delle proprie difficoltà alla risoluzione dei problemi ("Posso pensare come fare le cose in modo diverso la prossima volta") piuttosto che soffermarsi su ciò che non è andato bene o rimuginare sui propri errori.

Gli studi confermano che praticare la self-compassion migliora il benessere: dopo avere partecipato ai programmi, le persone riferiscono di sentirsi meno tese e di avere più fiducia nel riuscire a gestire la vita familiare (Taylor et al., 2020; Wilson et al., 2019). Favorire il pensiero fiducioso aiuta i genitori a moderare lo stress e a gestire più efficacemente i comportamenti problematici dei figli (Jefferson et al., 2020).

Altri programmi promettenti sono stati sperimentati con i neo-genitori: le madri che imparano a utilizzare le risorse della mente trattando se stesse con gentilezza dopo un mese riportano di sentirsi meno stressate e ipevigilanti, anche più soddisfatte dell'allattamento al seno a confronto di coloro che non hanno usufruito degli esercizi sulla self-compassion (Mitchell et al., 2018). Anche questi interventi aprono la strada a forme di supporto flessibili

e efficaci per sostenere le risorse psicologiche e il benessere dei genitori nei periodi delicati ma di potenziale sviluppo.

6. Bibliografia

Abidin R.R., *Parenting Stress Index: Professional Manual*, Odessa, FL, Psychological Assessment Resources, 1995 (ad. it. Guarino et al., Firenze, Organizzazioni Speciali, 2008)

Ahorsu D. K., Lin C. Y., Imani V., Saffari M., Griffiths M. D., Pakpour A. H., *The fear of COVID-19 scale: development and initial validation,* Int. J. Ment. Health Addict., 2020, 1–9

Babore A., Trumello C., Lombardi L., Candelori C., Chirumbolo A., Cattelino E., Baiocco R., Bramanti S.M., Viceconti M.L., Pignataro S., Morelli M., *Mothers' and Children's Mental Health During the COVID-19 Pandemic Lockdown: The Mediating Role of Parenting Stress,* Child Psychiatry Hum Dev., 2023, Doi: 10.1007/s10578-021-01230-6

Bartolo G., Benedetto L., Ingrassia M., *Couple's well-being and parenting in the transition to parenthood: what are the gender differences?* Interd J Fam Studies, 2013, XVIII, 30-50

Benedetto L., Macidonio S., Ingrassia M., *Does perfectionism always make you feel bad? Associations with psychological well-being and self-compassion,* Relazione, XXX Congresso Nazionale Associazione Italiana di Psicologia, Padova, 26-30 settembre 2022

Benedetto L., Schipilliti I., Ingrassia M. (2020). *Confinamento a casa dei bambini per COVID-19: effetti a breve termine sulla qualità di vita e le manifestazioni dell'ansia*. In Emergenza COVID-19. Ricadute evolutive ed educative, Giornate di studio Associazione Italiana di Psicologia, Bari, 15-16 settembre 2020, Abstract dei contributi (pp. 57-58). Università degli studi di Bari Aldo Moro. ISBN 978-88-6629-044-5

Binder P.E., Dundas I., Stige S.H., Hjeltnes A., Woodfin V., Moltu C., *Becoming aware of inner self-critique and kinder toward self: A qualitative study of experiences of outcome after a brief self-compassion intervention for University level students*, Front. Psychol., 2019, 42

Buzzai C., Filippello P., Puglisi B., Mafodda A.V., Sorrenti L., *The relationship between mathematical achievement, mathematical anxiety, perfectionism and metacognitive abilities in Italian students*, Mediterr J Clin Psychol, 2020, 8(3), Doi.org/10.6092/2282-1619/mjcp-2595

Campbell A., *Subjective measures of well-being*, Am Psychol, 1976, 31(2), 117-24

Cohen S., Kamarck T., Mermelstein R., *A global measure of perceived stress*, J Health Soc Behav, 1983, 24, 385–396

Cowan C.P., Cowan P.A., *Dall'alcova al nido. La crisi della coppia alla nascita del primo figlio*, Raffaello Cortina, 1997

Curran T., Hill A.P., *Perfectionism is increasing over time: A meta-analysis of birth cohort differences from 1989 to 2016*, Psychol Bull, 2019, 145(4), 410-429, Doi: 10.1037/bul0000138

Delle Fave A., *La condivisione del benessere. Il contributo della psicologia positiva*, FrancoAngeli, 2007

Di Giorgio E., Di Riso D., Mioni G., Cellini N., *The interplay between mothers' and children behavioral and psychological factors during COVID-19: an Italian study*, Eur Child Adolesc Psychiatry, 2021, 30(9):1401-1412. Doi: 10.1007/s00787-020-01631-3

Ferrari M., Yap K., Scott N., Einstein D.A., Ciarocchi J., *Self-compassion moderates the perfectionism and depression link in both adolescence and adulthood*, Plos One, 2018, 13(2)

Flett G.L., Hewitt P.L., *Reflections on Three Decades of Research on Multidimensional Perfectionism: An Introduction to the Special Issue on Further Advances in the Assessment of Perfectionism*, J of Psychoed Assessment, 2020, 38(1), 3-14, Doi: 10.1177/0734282919881928

Gadermann A.C., Thomson K.C., Richardson C.G., et al. *Examining the impacts of the COVID-19 pandemic on family mental health in Canada: findings from a national cross-sectional study*. BMJ Open, 2021, 11:e042871

Jefferson F.A., ShiresA., McAloon J., *Parenting Self-compassion: a Systematic Review and Meta-analysis,* Mindfulness, 2020, 11:2067–2088, Doi:10.1007/s12671-020-01401-x

Hewitt P.L., Flett G.L., *Perfectionism in the self and social contexts: Conceptualization, assessment, and association with psychopathology*, 1991, J Pers Soc Psychol, 60(3), 456-470

Leary M. R., Tate E. B., Adams C. E., Batts Allen A., Hancock, J., *Self-compassion and reactions to unpleasant self-relevant events: The implications of treating oneself kindly*, J Pers Soc Psychol, *2007, 92*(5), 887–904

Lee SA, *Coronavirus Anxiety Scale: A brief mental health screener for COVID-19 related anxiety* Death Stud, 2020, 44(7):393-401. Doi: 10.1080/07481187.2020.1748481

Mantelou A., Karakasidou E., *The effectiveness of a brief self-compassion intervention program on self-compassion, positive and negative affect and life satisfaction*, Psych, 2017, 8, 590-610. Doi: 10.4236/psych.2017.84038

Mitchell A.E., Whittingham K., Steindl S., Kirby J., *Feasibility and acceptability of a brief online self-compassion intervention for mothers of infants*, Arch Womens Ment Health, 2018, Doi: 10.1007/s00737-018-0829-y

Neff K.D., *The development and validation of a scale to measure self-compassion*, Self Identity, 2003, 2(3), 223–50

Neff K.D., *Self-compassion and Psychological well-being*, Constructivism in the Human Sciences, 2004, 9(2), 27-37

Neff K. D., Germer, C., *Self-Compassion and Psychological Wellbeing*, in Doty J. (a cura di), Oxford Handbook of Compassion Science, Cap. 27, 2017, Oxford University Press

Osenk I., Williamson P., Wade TD., *Does perfectionism or pursuit of excellence contribute to successful learning? A meta-analytic review*, Psychol Assess, 2020, 32(10):972-983, Doi: 10.1037/pas0000942

Othman S., Steen M., Wepa D., McKella L., *Examining the Influence of Self-compassion Education and Training Upon Parents and Families When Caring for their Children: A Systematic Review*, Open Psychol J, 2022, 15, Doi: 10.2174/18743501-v15-e221020-2022-39

Pedro L., Branquinho M., Canavarro M. C., Fonseca A., *Self-criticism, negative automatic thoughts and postpartum depressive symptoms: The buffering effect of self-compassion*, J of Repr and Infant Psychol, 2019, 37(5), 539–553

Petrozzi A., Gagliardi L., *Breastfeeding Self-Efficacy Scale: Validation of the Italian Version and Correlation With Breast-feeding at 3 Months*, J Pediatr Gastroent Nutr, 2016, 62, 137–139

Phillips W.J., Hine D.W., *Self-compassion, physical health, and health behaviour: a meta-analysis*, Health Psychol Rev, 2021, Doi: 10.1080/17437199.2019.1705872

Prime H., Wade M., Browne D. T., *Risk and Resilience in Family Well-Being During the COVID-19 Pandemic*, Am Psychol, 2020, Doi:10.1037/amp0000660

Raes F., Pommier E., Neff K. D., Van Gucht D., *Construction and factorial validation of a short form of the self-compassion scale.* Clin Psychol Psychother, 2011, 18(3), 250–255, Doi:10.1002/cpp.702

Rosenbaum D.L., Gillen M.M., Markey C.H., *Feeling let down: An investigation of breastfeeding expectations, appreciation of body functionality, self-compassion, and depression symptoms,* Appetite, 2020, 154, 104756

Ruini C., Ottolini F., Rafanelli C., Ryff C., Fava G. A., *La validazione italiana delle Psychological Well-being Scales (PWB)*, *Riv Psichiatr, 2003 38(*3), 117–130

Ryff C. D., *Happiness is everything, or is it? Explorations on the meaning of psychological well-being*, J Pers Soc Psychol, *1989, 57*(6), 1069–1081

Sanfelici M., *The Italian Response to the COVID-19 Crisis: Lessons Learned and Future Direction in Social Development*, Int J Comm Soc Dev, 2020, *2*(2), 191–210, Doi:10.1177/2516602620936037

Schrank B., Stanghellini G., Slade M, *Hope in psychiatry: a review of the literature,* Acta Psychiatr Scand, 2008, 118, 421–433

Slaney R.B., Rice K.G., Mobley M., Trippi, A. J.S., *The Revised Almost Scale. Measurement and Evaluation*, J Couns Dev, 2001, 34, 130-144

Smith M.M., Hewit P.L., Sherry S.B., Flett G.L., Ray C., *Parenting behaviors and trait perfectionism: A meta-analitic test of the social expectations and social learning models*, J Res Pers, 2022, 96, 104180

Snyder C. R., Harris C., Anderson J. R., Holleran S. A., Irving, L. M., Sigmon S. T., et al., *The will and the ways: Development and validation of an individual-differences measure of hope*, J Pers Soc Psychol, 1991, 60, 570-585

Spinelli M., Lionetti F., Pastore M., Fasolo M., *Parents' stress and children's psychological problems in families facing the COVID-19 outbreak in Italy*, Front Psychol, 2020, 11, 1713

Stoeber J., Otto K, *Positive conceptions of perfectionism: Approaches, evidence, challenges,* J Pers Soc Psychol, 2006, 10, 295-319

Stoeber J., Rambow A., *Perfectionism in adolescent school students: Relations with motivation, achievement, and well-being*, Pers Individ Differ, 2007, 42(7), 1379-1389

Taylor S.B., Kennedy L.A., Lee C.E., Waller E.K., *Common humanity in the classroom: Increasing self-compassion and coping self-efficacy through a mindfulness-based intervention*, J Am Coll Health, 2020, Doi:10.1080/07448481.2020.1728278

Teixeira M.D., Pereira A.T., Marques M.V., Saraiva J.M., de Macedo A.F., *Eating behaviors, body image, perfectionism, and self-esteem in a sample of Portuguese girls*, 2016, Rev Bras Psiquiatr, 2016, 38, 135–140

Veneziani C. A., Fuochi G., Voci, A., *Self-compassion as a healthy attitude toward the self: Factorial and construct validity in an Italian sample*, Pers Individ Differ, 2017, 119, 60-68

Wei S., Li L., Shi J., Liang H., Yang X., *Self-compassion mediates the perfectionism and depression link on Chinese undergraduates*, APM, 2021, 10(2), Doi: 10.21037/apm-20-1582

Wilson A.C., Mackintosh K., Power K. *et al.*, *Effectiveness of Self-Compassion Related Therapies: a Systematic Review and Meta-analysis*, 2019, Mindfulness 10, 979–995, Doi:10.1007/s12671-018-1037-6

Zambianchi M., *Benessere e psicologia positiva*, in Ricci Bitti P., Gremigni P. (a cura di), Psicologia della salute (pp. 61-78), Carocci, 2013

Zhou M., Guo W., *Social factors and worry associated with COVID-19: Evidence from a large survey in China*, Soc Sci Med, 2021, 277:113934. Doi: 10.1016/j.socscimed.2021.113934

Claudia Gianelli

Cognizione incarnata e didattica: dal movimento all'apprendimento

1. Introduzione. – 2. Che cos'è la cognizione incarnata? – 3. Movimento e apprendimento. – 4. Insegnare e apprendere attraverso la cognizione incarnata. – 5. Oltre la scuola: il potenziamento cognitivo e la riabilitazione. – 6. Conclusioni. – 7. Bibliografia.

1. Introduzione

Hai mai pensato a quanto la tua esperienza del mondo sia influenzata dal tuo corpo? Immagina di toccare l'acqua fredda del mare o di sentire la sabbia sotti i piedi: queste non sono solo sensazioni isolate, ma fanno parte di come comprendi e interagisci con il mondo che ti circonda attraverso il tuo corpo. Le teorie della cosiddetta "cognizione incarnata" ci suggeriscono che il nostro modo di pensare e di apprendere sia profondamente legato alla nostra realtà corporea. Non si tratta solo di studiare un cervello che processa astrattamente informazioni e concetti, ma anche come il corpo, i sensi e le esperienze fisiche contribuiscano a creare la tua conoscenza. Non solo la forma del nostro corpo guida e vincola le nostre interazioni con l'ambiente, incluse quelle legate all'apprendimento, ma la nostra conoscenza è profondamento radicata nelle esperienze che abbiamo vissuto. In questo articolo esploreremo il concetto di cognizione incarnata e il suo impatto sia sulla pratica didattica che sulle attività di potenziamento cognitivo.

2. Che cos'è la cognizione incarnata?

La cognizione incarnata o *embodied cognition* è un approccio teorico e sperimentale in cui i nostri processi mentali (la "cognizione") sono intesi come fortemente radicati ("incarnati") nella nostra esperienza corporea sensoriale, motoria ed emotiva. La cognizione incarnata si discosta dunque dal classico dualismo mente/corpo e pone, anzi, l'interazione fra queste due entità al centro dei nostri processi cognitivi. Questo approccio "incarnato" si è affermato sempre più negli ultimi anni in diverse discipline, dalla filosofia alla psicologia fino alle neuroscienze (Caruana e Borghi, 2016). Sebbene, però, le sfumature teoriche e gli approcci

sperimentali possano ampiamente differire, il corpo rimane al centro sia della teorizzazione che degli esperimenti disegnati per metterla alla prova: non è solo attraverso l'esperienza corporea che conosciamo il mondo e interagiamo con i nostri simili, ma il nostro corpo e l'ambiente sono parte costitutiva della nostra conoscenza. In questo senso la nostra conoscenza, i concetti che abbiamo appreso e immagazzinato nel tempo, non sono qualcosa di astratto e misterioso, ma sono radicati negli stati corporei intervenuti durante la prima fase di acquisizione e codifica di quei concetti. In questo senso, possiamo rievocare quegli stati corporei e facilitare così il recupero della conoscenza.

Diverse discipline hanno contributo a forgiare la nostra idea di cosa sia, in concreto, la cognizione incarnata e soprattutto di come si possa misurarla sperimentalmente. Nell'ambito delle neuroscienze cosiddette cognitive, quelle cioè che si occupano delle basi cerebrali del pensiero, è per esempio possibile visualizzare l'attività del cervello in vivo tramite sofisticate tecnologie come la risonanza magnetica funzionale. Tramite questa tecnica, diversi studi hanno mostrato come le aree motorie della nostra corteccia – tipicamente coinvolte nell'esecuzione di azioni – si attivino anche quando quelle stesse azioni sono compiute da altri e da noi osservate, o addirittura quando queste sono soltanto lette o raccontate (Gianelli, 2018). Immaginate, per esempio, di ascoltare un amico raccontarvi la sua nuotata in mare mentre siete comodamente seduti al tavolino di un bar. In quel preciso momento voi non starete facendo alcun movimento, ma nel seguire il racconto il vostro cervello si attiverà *come se* vi trovaste nella stessa situazione dell'amico. Ovviamente, questo processo sarà per voi del tutto inconsapevole. Ma immaginate di ricreare questa stessa situazione in laboratorio e di poter registrare la vostra attività cerebrale in tempo reale: in quegli stessi momenti si potrà vedere come stiate riattivando la vostra esperienza: i muscoli che si contraggono, il contatto con l'acqua e con l'aria, la fatica fisica, il sapore del sale.

Da questo punto di vista la nostra conoscenza concettuale non viene vista come qualcosa di astratto e distaccato, ma come il risultato concreto della nostra esperienza corporea e sensoriale. Secondo alcuni autori questo sarebbe poi valido non solo per le nostre azioni e concetti più concreti, come nuotare, ma anche per esperienze più astratte, come quelle di amore o libertà, dove a prevalere non sono tanto gli aspetti motori quanto quelli emotivi delle nostre esperienze.

3. Movimento e apprendimento

Come abbiamo visto, il movimento svolge un ruolo cruciale nello svilupparsi della cognizione incarnata. Qual è allora l'impatto del movimento e dell'attività fisica sull'apprendimento? La possibilità di muoversi durante le attività tipiche, come quelle svolte in classe, può migliorare l'attenzione, l'elaborazione delle informazioni e promuoverne il recupero? Diversi studi hanno mostrato quanto l'attività fisica svolta prima o durante l'apprendimento possa migliorare le prestazioni cognitive degli studenti (De Greeff et al., 2018). Nello specifico, si è notato come sessioni sia acute che prolungate nel tempo di diversi tipi di attività fisica possano produrre una migliore capacità di focalizzare e sostenere l'attenzione, nonché un miglioramento nelle prestazioni scolastiche e nelle funzioni dette "esecutive". Fra queste, in particolare, la memoria di lavoro, cioè quella che ci consente ad esempio di tenere in memoria una sequenza di numeri o di lettere per un breve periodo ai fini dello svolgimento di un compito.

Nei bambini più piccoli, quelli dove è più facile integrare il gioco e l'attività motoria con l'apprendimento di concetti complessi, l'effetto di questa integrazione fra apprendimento e movimento è ancora più stretta (Coello e Fischer 2016). Questo perché andiamo a sfruttare non solo una loro naturale tendenza, ma ci troviamo anche in quel momento nel processo di sviluppo in cui più stretta è la connessione fra corpo e cognizione – è, in sostanza, la finestra temporale in cui i processi cognitivi si sviluppano e concretamente si "incarnano". È importante notare che questa connessione fra gioco, attività motoria e apprendimento può essere facilmente sfruttata non solo quando si tratti di concetti concreti ma anche, come più spesso è il caso nell'apprendimento formale, di concetti più "astratti" e complessi, come quelli matematici.

La possibilità di gesticolare, ad esempio, facilita la risoluzione di problemi matematici in quegli studenti in cui questa pratica venga favorita (Alibali & Nathan, 2012). Curiosamente, utilizzare le dita per imparare a contare o per svolgere le prime semplici operazioni aritmetiche è una tendenza naturale dei bambini che adulti ed insegnanti tendono non solo a sconsigliare, ma anche apertamente a scoraggiare. Al contrario, le ricerche scientifiche più recenti dimostrano l'utilità di semplici attività motorie nel favorire l'apprendimento di concetti complessi, a partire da quelli di quantità e grandezza, attraverso l'esperienza corporea.

4. Insegnare e apprendere attraverso la cognizione incarnata

Cosa possono fare allora scuole ed insegnanti per sviluppare luoghi e pratiche di apprendimento che portino i risultati della cognizione incarnata dal laboratorio alla scuola? Come possono migliorare la pratica didattica mettendo il corpo, il movimento e l'interazione con l'ambiente al centro dei processi di apprendimento?

Come abbiamo visto il primo, più ovvio, passo è quello di offrire agli studenti una maggiore libertà di movimento e di azione durante le fasi cruciali dell'apprendimento. A partire da attività semplici e più "naturali", come utilizzare le dita per contare, fino a giochi più strutturati in cui all'elemento di corporeità individuale si vada anche ad aggiungere la dimensione sociale. È noto, infatti, come l'apprendimento sia un processo con una forte base sociale (Borghi e Binkofski, 2014). Imparare nuovi concetti e ancor più come usarli concretamente nella vita quotidiana, infatti, non è una mera ricezione passiva di conoscenze, ma un processo attivo in cui la componente sociale è presente tanto nell'interazione fra allievo ed insegnante, quanto fra gli allievi stessi. Da questo punto di vista è necessario, però, che gli spazi stessi di apprendimento vengano ripensati per integrare le conoscenze raccolte anche sperimentalmente dall'approccio *embodied* ai processi cognitivi. In questo senso, l'utilizzo di spazi più ampi, informali ed inclusivi, potrebbe essere un ottimo punto di partenza. Laddove un'effettiva modifica degli spazi non fosse possibile, le nuove tecnologie (es., la realtà virtuale immersiva) possono fornire uno strumento alternativo per favorire un coinvolgimento attivo e l'esplorazione di fenomeni e condizioni che difficilmente possono essere replicati in classe.

Inoltre, esercizi di gruppo che sfruttino non solo la componente corporea, ma anche sociale dei processi cognitivi, ad esempio per la risoluzione di problemi o la presa di decisione, possono essere facilmente usati in qualunque tipo di spazio.

L'integrazione della cognizione incarnata nella pratica didattica richiede, dunque, un ripensamento complessivo della prospettiva pedagogica e un ripensamento delle sue strategie (Macrine e Fugate, 2021).

Non dimentichiamo, infine, l'ambito familiare in cui alcune di queste strategie possono essere implementate altrettanto efficacemente. Ad esempio, incoraggiando il bambino o il ragazzo ad incorporare sempre più il movimento nella fase di elaborazione e codifica delle

informazioni. Provate anche voi: come descrivereste la cognizione incarnata attraverso i gesti?

5. Oltre la scuola: il potenziamento cognitivo e la riabilitazione

In questo articolo abbiamo finora considerato soprattutto le prime fasi di sviluppo e l'apprendimento formale in contesti scolastici strutturati ed organizzati. Si tratta, come dicevamo, del primo e più ovvio luogo di traduzione pratica delle teorie ed evidenze sperimentali della cognizione incarnata (Macrine & Fugate, 2021).

Tuttavia, la nostra acquisizione di conoscenza, le nostre esperienze, non terminano certamente con la scuola dell'obbligo, ma proseguono lungo tutto il corso della nostra vita.

Kontra e colleghi (2015) hanno dimostrato come promuovere una forma di interazione fisica con le proprietà rilevanti dei concetti appresi potenzi anche le abilità di comprensione e ragionamento negli studenti universitari. Si trattava, in questo caso, di tradurre il concetto di "momento angolare" in qualcosa di concreto e manipolabile, qualcosa che consentisse quindi di integrare i concetti forniti dal docente con una vera e propria esperienza sensorimotoria.

Nel gruppo target, gli studenti hanno manipolato direttamente l'asse di un dispositivo a due ruote, il cui movimento di rotazione e inclinazione variava in funzione delle dimensioni delle ruote, della loro posizione relativa e della direzione di rotazione. Un secondo gruppo di controllo, al contrario, non ha potuto manipolare direttamente questo dispositivo ma ha potuto solo osservarne il funzionamento. Non sorprendentemente, il gruppo target ha raggiunto una comprensione più profonda e ottenuto punteggi migliori nei test di valutazione dell'apprendimento. Inoltre, ha anche mostrato una migliore capacità di rievocare quei concetti nel lungo periodo, confermando l'efficacia dell'esperienza sensorimotoria diretta sia nella fase di comprensione che di recupero di concetti complessi ed apparentemente "astratti" (Rueckert et al., 2017). Ora ripensate al vostro (attuale) percorso universitario: quali concetti ricordate meglio? Quali potreste ricordare meglio se solo aveste potuto "toccarli con mano"?

Consideriamo ora un ultimo caso in cui l'efficacia di un approccio "incarnato" alla cognizione è stata valutata in un contesto clinico. Si tratta di tutte quelle situazioni in cui sia presente un disturbo che impatti direttamente l'apprendimento, ad esempio nell'infanzia, o

che sia intercorso in età adulta a causa di traumi o patologie. Come possiamo sfruttare la cognizione incarnata in queste situazioni?

Trevisan e colleghi (2017), ad esempio, hanno dimostrato come un approccio *embodied* ai materiali di apprendimento forniti a bambini dislessici possa potenziare il trattamento riabilitativo. In particolare, venti bambini di circa dieci anni sono stati suddivisi in due gruppi sottoposti a nove giorni di sessioni di videogioco supervisionato. Per poter giocare, il gruppo target si serviva di una console di ultima generazione che consente di utilizzare tutto il corpo, mentre il gruppo di controllo usava un semplice joypad in cui le interazioni fisiche col gioco sono ridotte al minimo.

Prima e dopo il trattamento, per tutti i partecipanti è stata svolta una dettagliata valutazione della capacità di comprensione e memorizzazione di due brevi testi. Come atteso, il gruppo target ha mostrato un miglioramento significativo delle proprie prestazioni, sia in termini di comprensione che di memorizzazione, rispetto al gruppo di controllo.

Sebbene solo preliminare, questa evidenza ci mostra come potenziare l'esperienza corporea in popolazioni cliniche possa avere ricadute dirette sul processo riabilitativo.

Lo stesso può valere per quelle situazioni non patologiche, come il normale invecchiamento, in cui intervenga un naturale decadimento di alcuni processi come la memoria e l'attenzione. Allenamenti specifici di potenziamento potrebbero significativamente rallentare, e potenzialmente invertire, questo processo e migliorare la qualità della vita di una popolazione, come quella italiana, la cui aspettativa di vita si va sempre più allungando. Se in un bambino possiamo osservare la cognizione nel momento stesso in cui si "incarna", nell'anziano possiamo rievocare queste esperienze per aiutarlo ad affrontare le sfide cognitive e fisiche dell'invecchiamento. Da una parte, possiamo sfruttare la conoscenza sensoriale, motoria ed emotiva accumulata negli anni – come avrete capito non un bagaglio di nozioni, ma una preziosa riserva di esperienze. Dall'altra, possiamo sviluppare esercizi specifici per riattivare quelle connessioni fra corpo e mente che col tempo potrebbero essersi indebolite. Immaginate per esempio di dover ricordare una serie di nomi o di eventi. Da bambini si tratta di un compito sostanzialmente semplice – come si dice, un gioco da ragazzi. Da anziani, per quanto in salute, si tratta di una sfida decisamente più complessa e col tempo sempre più difficile. Il vostro corpo può, però, venirvi ancora una volta in aiuto.

Provate ad immaginare di dover ricordare quegli stessi nomi o eventi, ma avendo la possibilità di camminare mentre lo fate. Vedete come il compito diventa subito più facile e coinvolgente, oltre ad avere un impatto significativo anche sul vostro benessere fisico? Roig e colleghi (2013) hanno confermato questa impressione con i risultati di una metanalisi, cioè un'analisi sistematica di tutta la letteratura scientifica pubblicata su questo argomento, suggerendo un effetto positivo dell'allenamento cardiovascolare sui processi di memoria.

In conclusione, così come l'approccio *embodied* raccomanda a insegnanti e genitori di favorire il movimento e le interazioni, altrettanto si può raccomandare sia agli anziani che alle loro famiglie.

6. Conclusioni

In questo articolo abbiamo visto come la cognizione incarnata rappresenti una prospettiva affascinante che suggerisce un profondo legame tra l'esperienza corporea, motoria, sensoriale ed emotiva, e il processo cognitivo. Questo approccio sfida il tradizionale dualismo cartesiano mettendo al centro la connessione fra mente/cervello e corpo e dando un ruolo centrale a quest'ultimo nella formazione della conoscenza. In quest'ottica, l'apprendimento non è un processo astratto ed isolato, ma il risultato delle interazioni fra il corpo e l'ambiente circostante.

Oltre ad aver significativamente modificato il nostro approccio allo studio della cognizione, le teorie della cognizione incarnata possono avere un forte impatto sulla pratica didattica. Abbiamo visto come dare agli allievi una maggiore libertà di movimento e integrare l'attività scolastica con l'attività fisica possa migliorarne l'attenzione, la comprensione, e la memoria. Inoltre, abbiamo visto come favorire le interazioni fra allievi, ad esempio con l'utilizzo di giochi, possa ulteriormente potenziare le loro prestazioni e consolidarle nel lungo periodo. In questo senso, le nuove tecnologie di apprendimento (es., la realtà virtuale) possono fornire un ulteriore strumento per potenziare i naturali processi cognitivi.

In modo simile, abbiamo visto come le implicazioni di un approccio incarnato alla cognizione non si limitino ai periodi di apprendimento formale (es., scuola) ma possano estendersi lungo tutto l'arco della vita, ponendo le basi per un invecchiamento più sano (es., potenziando la memoria) e una maggiore resilienza in condizioni patologiche.

In ultima analisi, la cognizione incarnata ci invita a considerare il corpo come un potente alleato di tutti i nostri processi cognitivi e della nostra comprensione del mondo.

7. Bibliografia

Alibali, M. W., & Nathan, M. J. (2012). Embodiment in Mathematics Teaching and Learning: Evidence From Learners' and Teachers' Gestures. *J. Learn. Sci.*, *21*(2), 247–286.

Borghi, A. M., & Binkofski, F. (2014). *Words as Social Tools: An Embodied View on Abstract Concepts*. Springer New York.

Caruana, F. & Borghi, A. (2016). *Il cervello in azione. Introduzione alle nuove scienze della mente*. Bologna: Il Mulino.

Coello, Y., & Fischer, M. H. (2016). *Foundations of embodied cognition: Perceptual and emotional embodiment*. Routledge/Taylor & Francis Group.

De Greeff, J. W., Bosker, R. J., Oosterlaan, J., Visscher, C., & Hartman, E. (2018). Effects of physical activity on executive functions, attention and academic performance in preadolescent children: A meta-analysis. *J. Sci. Med. Sport*, *21*(5), 501–507.

Gianelli, C. (2018). Embodied language and perspective taking in light of movement disorders. *Cortex*, *100*, 226–231.

Kontra, C., Lyons, D. J., Fischer, S. M., & Beilock, S. L. (2015). Physical Experience Enhances Science Learning. *Psychol. Sci.*, *26*(6), 737–749.

Macrine, S. L., & Fugate, J. M. B. (2021). Translating Embodied Cognition for Embodied Learning in the Classroom. *Front. Educ.*, *6*, 712626.

Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S. S., & Nielsen, J. B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: A review with meta-analysis. *Neurosci. Biobehav.*, *37*(8), 1645–1666.

Rueckert, L., Church, R. B., Avila, A., & Trejo, T. (2017). Gesture enhances learning of a complex statistical concept. *Cogn. Res.: Princ. Implic.*, *2*(1), 2.

Trevisan, P., Sedeño, L., Birba, A., Ibáñez, A., & García, A. M. (2017). A moving story: Whole-body motor training selectively improves the appraisal of action meanings in naturalistic narratives. *Sci. Rep.*, *7*(1), 12538.

Matteo Aloi - Chiara Spatola - Gabriella Martino

METACOGNIZIONE E DISREGOLAZIONE EMOTIVA NEL GIOCO D'AZZARDO PATOLOGICO

1. Introduzione. – 2. Materiali e metodi. – 3. Risultati. – 4. Discussione. – 5. Conclusioni. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

Recenti ricerche hanno studiato i fattori di rischio e le caratteristiche psicopatologiche del disturbo da gioco d'azzardo patologico (GAP). In particolare, l'impulsività e la disregolazione emotiva sono i costrutti più indagati in relazione al GAP (Mestre-Bach et al., 2020; Rogier & Velotti, 2018). L'impulsività definisce un modello di tratti eterogenei, come l'incapacità di tenere conto delle conseguenze future del comportamento attuale. Diversi studi hanno sostenuto la relazione tra il gioco d'azzardo problematico e la difficoltà a pianificare il futuro tra gli adolescenti (Cosenza et al., 2017, 2019) e gli adulti (MacLaren et al., 2012). Il gioco d'azzardo sembra essere associato a una ridotta capacità di immaginare eventi futuri (Noël et al., 2017). Inoltre, le difficoltà nel controllo degli impulsi sembrano giocare un ruolo chiave nello sviluppo e nel mantenimento del GAP (Ciccarelli et al., 2021). La regolazione delle emozioni è definita come la capacità di sperimentare e modulare le emozioni. Essa permette alle persone di gestire le situazioni stressanti con risorse funzionali, come l'utilizzo di strategie di coping adeguate (Gratz & Roemer, 2004). Studi recenti hanno dimostrato una forte associazione tra GAP e difficoltà nella regolazione delle emozioni (Elmas et al., 2017; Munguía et al., 2021; Rogier et al., 2020; Rogier & Velotti, 2018).

Negli ultimi anni, la difficoltà a riflettere sugli stati mentali propri e altrui, che solitamente viene definita come metacognizione (Semerari et al., 2003) o mentalizzazione (Bateman & Fonagy, 2004), è stata identificata come un campo di ricerca innovativo e promettente. L'alterazione della funzione metacognitiva è coinvolta in molte condizioni psicopatologiche, come i disturbi di personalità (Carcione et al., 2019, 2021), la schizofrenia (MacBeth et al.,

2016) e i disturbi alimentari (Aloi et al., 2020, 2021); tuttavia, il ruolo della metacognizione nel GAP è stato poco studiato (Rogier et al., 2021). Ad oggi, due studi hanno indagato il ruolo della mentalizzazione, ma solo nella popolazione adolescenziale. Entrambi gli studi hanno riportato una bassa mentalizzazione tra gli adolescenti con problemi di gioco d'azzardo, suggerendo che un'alterata mentalizzazione possa essere un fattore di rischio per il GAP (Ciccarelli et al., 2021; Cosenza et al., 2019). Gli autori di questi studi hanno somministrato il Questionario sul Funzionamento Riflessivo (RFQ-8); (Fonagy et al., 2016), un questionario di autovalutazione composto da otto domande progettato per misurare il funzionamento riflessivo. Questo questionario riflette la tendenza a sviluppare due modi disfunzionali di riflettere sugli stati mentali propri e altrui, nello specifico l'ipermentalizzazione e l'ipomentalizzazione.

In questo nostro studio analizziamo il ruolo della metacognizione, considerando che la valutazione di questa abilità prende in considerazione sottofunzioni diverse e relativamente indipendenti che potrebbero essere compromesse in diversi disturbi (Semerari et al., 2003). Per questo motivo, nel nostro studio cerchiamo di indagare quali sottofunzioni metacognitive possano essere coinvolte nel GAP piuttosto che considerare un punteggio metacognitivo complessivo. Ci riferiamo alla metacognizione come a un costrutto psicologico che serve a identificare gli stati mentali e ad attribuirli a se stessi e agli altri, a riflettere e a ragionare sugli stati mentali e, infine, utilizzare queste informazioni per gestire le relazioni interpersonali (Semerari et al., 2003, 2007).

Secondo questo costrutto, la metacognizione si compone di quattro diverse sottofunzioni che interagiscono tra loro e possono essere compromesse singolarmente: monitoraggio, integrazione, differenziazione e decentramento. Il monitoraggio è la capacità di identificare e definire i nostri stati mentali in termini di emozioni, pensieri, motivazioni e desideri. L'integrazione si riferisce alla capacità più generale di riflettere sui diversi stati mentali e di identificare i conflitti e le contraddizioni interne. La differenziazione indica la capacità di riconoscere la natura rappresentativa dei propri stati mentali, distinguendo chiaramente tra il contenuto psicologico interno e la realtà esterna. Gli individui con una scarsa differenziazione non sono in grado di mantenere una distanza critica dalle proprie rappresentazioni mentali soggettive. Infine, il decentramento si riferisce alla capacità di

assumere la prospettiva di altre persone e di formulare ipotesi plausibili sui loro stati mentali (Semerari et al., 2012).

Pedone et al. (2017) ritengono che la relazione tra differenziazione e decentramento sia la capacità di prendere le distanze dalle cognizioni e valutarle criticamente (cioè riconoscere che le rappresentazioni mentali non sono immagini oggettive della realtà esterna e che le proprie e altrui convinzioni possono essere false e che gli altri possono avere punti di vista e credenze diverse), denominando questo fattore "distanza critica".

Sulla base di quanto detto sopra, il primo obiettivo della presente ricerca è stato quello di valutare e confrontare un campione di giocatori d'azzardo maschi adulti con controlli sani (HC) in relazione alla metacognizione, impulsività e disregolazione emotiva. Il secondo obiettivo è stato quello di identificare le variabili tra metacognizione, impulsività e disregolazione emotiva associate alla gravità del gioco d'azzardo. In linea con le ricerche precedenti, abbiamo ipotizzato che i pazienti con GAP riporteranno livelli più alti di impulsività e disregolazione emotiva e una minore metacognizione rispetto ai controlli sani.

In linea con queste ipotesi, ci aspettiamo che i livelli di impulsività e disregolazione emotiva siano associati a una maggiore gravità del GAP. Inoltre, secondo la terapia metacognitiva interpersonale (TMI) (Carcione et al., 2021), se la bassa metacognizione è una variabile che potrebbe essere concepita come un aspetto centrale del GAP, allora la compromissione della metacognizione dovrebbe essere associata a una maggiore gravità della patologia da gioco d'azzardo. In particolare, considerando che la difficoltà nell'assumere una distanza critica dalla convinzione di vincere giocando di nuovo è cruciale nei giocatori d'azzardo, ci aspettiamo che la sottofunzione di differenziazione/decentramento presenti la maggiore differenza tra i gruppi GAP e controlli sani. Inoltre, ci aspettiamo che una peggiore distanza critica sia associata a una maggiore gravità del GAP.

2. Materiali e metodi

Partecipanti

Per questo studio sono stati reclutati un totale di 88 giocatori d'azzardo maschi in cinque Centri per le dipendenze in Calabria tra dicembre 2020 e aprile 2021. Psicologi e psichiatri esperti hanno condotto interviste cliniche faccia a faccia con i pazienti per valutare le variabili

cliniche e demografiche, come il livello di istruzione o lo stato civile. I pazienti sono stati diagnosticati con GAP secondo i criteri del DSM-5 (American Association Psychiatric, 2013) e non presentavano alcuna diagnosi psichiatrica in comorbilità secondo lo SCID-5-Clinical Version (First, 2016) o patologie mediche, incluse malattie neurologiche e disabilità intellettive, che potessero compromettere le prestazioni di valutazione e la compliance del paziente. I partecipanti, prima di iniziare il trattamento ambulatoriale, hanno compilato individualmente tutti i questionari utilizzati in questo studio. Complessivamente, 13 partecipanti (14,8%) non erano idonei per lo studio per diversi motivi: tre pazienti non erano interessati a partecipare, due erano analfabeti e otto soddisfacevano i criteri di esclusione (ad esempio, disturbo bipolare, uso di sostanze). Sette partecipanti (8%) si sono ritirati prima della conclusione della batteria di test e quindi sono stati esclusi dallo studio. Il campione finale era composto da 68 partecipanti degli 88 pazienti iniziali (77%).

Il nostro campione di studio comprendeva anche 83 controlli sani. Prima della valutazione, tutti sono stati intervistati secondo la SCID-5-Clinical Version (First, 2016) o in base alla presenza di un disturbo da gioco d'azzardo o di un altro disturbo psichiatrico maggiore e sono stati esclusi in caso di risposta affermativa. Tutti i controlli sani erano maschi per evitare di introdurre bias nel disegno dello studio. Sette partecipanti hanno rifiutato di fornire il consenso informato per lo studio, in sei casi le valutazioni non erano complete e due soddisfacevano i criteri di esclusione (ad esempio, disturbi dell'umore e uso di sostanze); pertanto, il campione finale del gruppo dei controlli sani era composto da 68 individui (82%).

Tutti i partecipanti sono stati informati sugli obiettivi dello studio e sul fatto che la partecipazione era volontaria; il consenso alla partecipazione è stato dato in conformità con i principi etici della Dichiarazione di Helsinki (World Medical Association, 2013). Il comitato etico dell'Azienda Ospedaliera Universitaria "Mater Domini" di Catanzaro ha approvato lo studio. La somministrazione dei test è durata circa 20 minuti.

Test utilizzati

Il *South Oaks Gambling Screen* (SOGS) è stato utilizzato per valutare la gravità del GAP (Barbaranelli et al., 2013) ed è composto da 16 domande che misurano 37 aspetti del disturbo. Di questi, ce ne sono 20 che richiedono una risposta "sì" o "no", per cui il punteggio varia da

0 a 20. Avere punteggi di 3-4 indicano gioco d'azzardo a rischio, punteggi ≥5 indicano gioco d'azzardo problematico e punteggi ≥9 indicano un GAP grave.

L'impulsività è stata valutata utilizzando la versione 11 della *Barratt Impulsiveness Scale* (BIS); (Fossati et al., 2001). La BIS è un questionario di autovalutazione di 30 domande che misura impulsività attraverso tre sottoscale: attenzionale (disattenzione e instabilità cognitiva), non pianificatoria (intolleranza alla complessità cognitiva e mancanza di autocontrollo) e motoria (mancanza di perseveranza e impulsività motoria).

La Metacognition Self-Assessment Scale (MSAS; (Pedone et al., 2017) è un questionario self-report che valuta il funzionamento metacognitivo ed è composto da 18 domande. Si possono fare punteggi compresi tra 18 e 90, dove punteggi più bassi indicano una compromissione dell'autovalutazione delle abilità metacognitive. Nello specifico, l'MSAS misura quattro abilità di metacognizione: autoriflessione (monitoraggio/integrazione), distanza critica (differenziazione/decentrazione), padronanza e comprensione della mente altrui. La somma di queste sottoscale dà il punteggio totale dell'MSAS.

La Difficulties in Emotion Regulation Scale (DERS) è composta da 36 domande che valutano la disregolazione emotiva attraverso sei sottoscale (Giromini et al., 2012): mancata accettazione delle emozioni; difficoltà a perseguire gli obiettivi quando si provano emozioni forti; difficoltà a controllare i comportamenti impulsivi quando si provano emozioni negative; mancanza di consapevolezza emotiva; accesso limitato alle strategie di regolazione delle emozioni e mancanza di chiarezza emotiva. Punteggi più alti indicano problemi legati alla regolazione delle emozioni.

3. Risultati

La Tabella 1 mostra le differenze nei dati sociodemografici tra i pazienti con GAP e i controlli sani. Non sono state riscontrate differenze in termini di età, stato civile o istruzione. Per quanto riguarda le scale psicopatologiche, i pazienti con GAP hanno ottenuto punteggi significativamente più alti nei SOGS, DERS, MSAS e BIS rispetto ai controlli sani (Tabella 2).

I risultati dell'analisi di regressione lineare sui pazienti con GAP mostrano che il punteggio totale SOGS (quindi la gravità del GAP) era associato alle sottoscale impulso e non accettazione del DERS e alla scala di differenziazione/decentramento dell'MSAS (Tabella 3).

4. Discussione

Il nostro studio propone di contribuire alla comprensione della questione principale alla base di un possibile trattamento del gioco d'azzardo: Perché le persone continuano a giocare d'azzardo nonostante le ingenti perdite che danneggiano gravemente la loro vita quotidiana? Infatti, l'identificazione dei fattori alla base di questo comportamento permetterebbe un trattamento più accurato.

Questa ricerca si propone di indagare l'associazione tra funzionamento metacognitivo, impulsività e disregolazione emotiva tra i giocatori d'azzardo adulti di sesso maschile. Nel complesso, i risultati sembrano supportare le ipotesi. Infatti, i dati indicano che i pazienti con GAP hanno punteggi più compromessi rispetto ai controlli sani in tutte le dimensioni psicopatologiche indagate. Il risultato più interessante è che la gravità del GD è associata a una scarsa differenziazione/decentramento (MSAS), a un'elevata difficoltà nel controllo degli impulsi e alla non accettazione delle emozioni (DERS).

I risultati attuali evidenziano l'associazione del GAP con una specifica difficoltà di metacognizione, ovvero il decentramento/differenziazione, suggerendo così, in linea con studi precedenti, che una metacognizione compromessa possa rappresentare un fattore di rischio per il GAP (Ciccarelli et al., 2021; Cosenza et al., 2019). Questa difficoltà potrebbe facilitare il coinvolgimento nel gioco d'azzardo minando la comprensione del proprio comportamento e delle proprie decisioni.

I presenti risultati indicano che la disfunzione metacognitiva rende difficile assumere una distanza critica dall'illusione di controllare il gioco, attraverso comportamenti pseudostrategici o attraverso la superstizione e diverse forme di pensiero magico, che è considerato uno dei principali pregiudizi e comportamenti disfunzionali dei giocatori d'azzardo (Ejova et al., 2015). In effetti, la sottofunzione di differenziazione consente di considerare le proprie rappresentazioni come discutibili e ipotetiche, mentre la sua disfunzione implica la tendenza a considerarle uno specchio diretto della realtà. Insieme al decentramento,

costituisce il fattore "distanza critica", essenziale per mettere in atto adeguate strategie di regolazione comportamentale. La difficoltà di differenziazione rende più difficile l'interruzione del circuito cognitivo-emotivo (effetto di congruenza dell'umore; Bower, 1981) e questo potrebbe essere un fattore di mantenimento del disturbo. In altre parole, il giocatore d'azzardo ha la rappresentazione costante che la prossima giocata gli permetterà di recuperare le perdite, e questo lo predispone alla scommessa.

Non differenziare implica la forte convinzione che questo sia vero e, di conseguenza, potrebbe rendere più difficile attivare il controllo inibitorio dell'azione e quindi fermarsi. A questo punto, è molto probabile che il giocatore continuerà a giocare d'azzardo.

Le altre dimensioni psicopatologiche associate alla gravità del GAP sono state "difficoltà a controllare gli impulsi" e "mancata accettazione delle emozioni negative". È possibile che quando si sperimenta un disagio emotivo, gli individui privi di capacità di regolazione siano vulnerabili ad azioni impulsive. I giocatori d'azzardo (che hanno difficoltà a gestire le emozioni negative e le vivono come opprimenti) si impegnano in comportamenti impulsivi per smorzare l'eccitazione emotiva. La disregolazione emotiva è associata a un'alterazione della metacognizione che rende difficile per i giocatori comprendere i propri stati mentali, soprattutto quando si manifestano forti emozioni (Ciccarelli et al., 2021). I nostri risultati sono in linea con un recente studio in cui è stato riscontrato che il ruolo della disregolazione emotiva e dell'impulsività è cruciale nel GAP e che entrambi i costrutti, sebbene indipendenti, possono essere altamente associati (Vintró-Alcaraz et al., 2021).

5. Conclusioni

Secondo i nostri risultati, la gravità del gioco d'azzardo è associata a un'alterata differenziazione metacognitiva, a un'elevata difficoltà nel controllare gli impulsi e alla mancata accettazione delle emozioni. Interventi incentrati sulla metacognizione e sulla regolazione delle emozioni potrebbero essere efficaci per evitare l'uso di strategie disadattive come le dipendenze comportamentali, in particolare il GAP, per gestire le emozioni. Questo tipo di trattamento potrebbe aiutare i giocatori d'azzardo a diventare più consapevoli delle loro emozioni e dei loro pensieri e ad apprendere strategie per gestire le emozioni in modo adattivo attraverso la differenziazione metacognitiva.

Tabella 1. Caratteristiche demografiche del campione

		GAP		Controlli		Statistiche	p
Età[a]		39.5	(12.7)	39.6	(11.9)	t= -.015	.988
Grado di istruzione[b]	Elementare	1	(1.7)	0	(0.0)	χ^2= 3.232	.357
	Scuola secondaria primo grado	18	(31)	26	(44.8)		
	Scuola secondaria secondo grado	35	(60.3)	28	(48.3)		
	Laurea	4	(7.0)	4	(6.9)		
Stato civile[b]	Single	26	(44.8)	31	(53.4)	χ^2= 3.460	.326
	Sposato	23	(39.7)	24	(41.4)		
	Separato	6	(10.3)	2	(3.4)		
	Divorziato	3	(5.2)	1	(1.8)		

[a] I risultati sono presentati come medie e deviazioni standard; [b] I risultati sono presentati come frequenze e percentuali.

GAP: Gioco d'azzardo patologico

Tabella 2. Confronto tra i gruppi ai test effettuati

		GAP	Controlli				
		Mediana	Mediana	*U*	*Z*	*p*	*r*
SOGS	Totale	11.5	0.0	86.5	-9.145	<.001	0.8
BIS-11	Attentionale	18.0	15.0	707.0	-5.418	<.001	0.5
	Motoria	24.0	18.5	610.0	-5.936	<.001	0.6
	Non-pianificata	27.0	32.0	2490.0	4.473	<.001	0.4
	Totale	68.5	65.5	1275.5	-2.248	.025	0.2
MSAS	Auto-riflessività (Monitoraggio/Integrazione)	18.0	23.0	2583.5	5.014	<.001	0.5
	Distanza Critica (Differenziazione/Decentramento)	17.0	23.0	2866.0	6.566	<.001	0.6
	Mastery	16.5	20.0	2172.5	2.719	.007	0.3
	Comprenzione mente altrui	9.5	12.0	2538.0	4.765	<.001	0.4
	Totale	60.0	77.5	2690.0	5.573	<.001	0.5
DERS	Non accettazione	16.0	10.0	534.5	-6.354	<.001	0.6
	Goals	15.0	10.0	558.0	-6.223	<.001	0.6
	Impulso	16.0	9.0	579.0	-6.112	<.001	0.6
	Consapevolezza	18.5	15.0	1085.0	-3.304	.001	0.3
	Strategie	21.0	11.0	525.0	-6.403	<.001	0.6
	Chiarezza	11.0	6.5	774.0	-5.052	<.001	0.5
	Totale	99.5	62.5	489.0	-6.589	<.001	0.6

GAP: Gioco d'azzardo patologico; SOGS: South Oaks Gambling Screen; BIS-11: Barratt Impulsiveness Scale – 11; MSAS: Metacognition Self-assessment scale; DERS: Difficulties in Emotion Regulation Scale.

Tabella 3. Risultati della regression lineare.

Variabile dipendete	R^2 adattato	F	p	Variabili indipendenti	B	t	p
SOGS Total	.590	12.012	<.001	Impulsività (DERS)	.305	2.097	.039
				Differenziazione/Decentramento (MSAS)	-.295	-2.714	.008
				Non accettazione (DERS)	.244	2.499	.014

SOGS: South Oaks Gambling Screen; DERS: Difficulties in Emotion Regulation Scale; MSAS: Metacognition Self-assessment Scale.

6. Bibliografia

Aloi, M., Rania, M., Carbone, E. A., Calabrò, G., Caroleo, M., Carcione, A., … Segura-Garcia, C. (2020). The role of self-monitoring metacognition sub-function and negative urgency related to binge severity. *European Eating Disorders Review*, *28*(5), 580–586. https://doi.org/10.1002/erv.2742

Aloi, M., Rania, M., Carbone, E. A., Caroleo, M., Calabrò, G., Zaffino, P., … Segura-Garcia, C. (2021). Metacognition and emotion regulation as treatment targets in binge eating disorder: a network analysis study. *Journal of Eating Disorders*, *9*(1), 22. https://doi.org/10.1186/s40337-021-00376-x

American Association Psychiatric. (2013). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5®)* (Fifth Edit). Arlington, VA: American Psychiatric Association. https://doi.org/10.1176/appi.books.9780890425596.744053

Barbaranelli, C., Vecchione, M., Fida, R., & Podio-Guidugli, S. (2013). Estimating the prevalence of adult problem gambling in Italy with SOGS and PGSI. *Journal of Gambling Issues*, (28), 1. https://doi.org/10.4309/jgi.2013.28.3

Bateman, A., & Fonagy, P. (2004). *Psychotherapy for Borderline Personality Disorder*. Oxford University Press. https://doi.org/10.1093/med:psych/9780198527664.001.0001

Bower, G. H. (1981). Mood and memory. *American Psychologist*, *36*(2), 129–148.

https://doi.org/10.1037/0003-066X.36.2.129

Carcione, A., Nicolò, G., & Semerari, A. (2021). *Complex Cases of Personality Disorders. Metacognitive Interpersonal Therapy*. New York: Springer.

Carcione, A., Riccardi, I., Bilotta, E., Leone, L., Pedone, R., Conti, L., … Semerari, A. (2019). Metacognition as a Predictor of Improvements in Personality Disorders. *Frontiers in Psychology*, *10*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00170

Ciccarelli, M., Nigro, G., D'Olimpio, F., Griffiths, M. D., & Cosenza, M. (2021). Mentalizing Failures, Emotional Dysregulation, and Cognitive Distortions Among Adolescent Problem Gamblers. *Journal of Gambling Studies*, *37*(1), 283–298. https://doi.org/10.1007/s10899-020-09967-w

Cosenza, M., Ciccarelli, M., & Nigro, G. (2019). The steamy mirror of adolescent gamblers: Mentalization, impulsivity, and time horizon. *Addictive Behaviors*, *89*, 156–162. https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2018.10.002

Cosenza, M., Griffiths, M. D., Nigro, G., & Ciccarelli, M. (2017). Risk-Taking, Delay Discounting, and Time Perspective in Adolescent Gamblers: An Experimental Study. *Journal of Gambling Studies*, *33*(2), 383–395. https://doi.org/10.1007/s10899-016-9623-9

Ejova, A., Delfabbro, P. H., & Navarro, D. J. (2015). Erroneous Gambling-Related Beliefs as Illusions of Primary and Secondary Control: A Confirmatory Factor Analysis. *Journal of Gambling Studies*, *31*(1), 133–160. https://doi.org/10.1007/s10899-013-9402-9

Elmas, H. G., Cesur, G., & Oral, E. T. (2017). Alexithymia and pathological gambling: The mediating role of difficulties in emotion regulation. *Türk Psikiyatri Dergisi*, *28*(1), 1–7.

First, M. B. (2016). *SCID-5-CV : structured clinical interview for DSM-5 disorders, clinician version*. American Psychiatric Association.

Fonagy, P., Luyten, P., Moulton-Perkins, A., Lee, Y.-W., Warren, F., Howard, S., … Lowyck, B. (2016). Development and Validation of a Self-Report Measure of Mentalizing: The Reflective Functioning Questionnaire. *PLOS ONE*, *11*(7), e0158678. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158678

Fossati, A., Di Ceglie, A., Acquarini, E., & Barratt, E. S. (2001). Psychometric properties of an Italian version of the Barratt Impulsiveness Scale-11 (BIS-11) in

nonclinical subjects. *Journal of Clinical Psychology*, *57*(6), 815–828. https://doi.org/10.1002/jclp.1051

Giromini, L., Velotti, P., de Campora, G., Bonalume, L., & Cesare Zavattini, G. (2012). Cultural Adaptation of the Difficulties in Emotion Regulation Scale: Reliability and Validity of an Italian Version. *Journal of Clinical Psychology*, *68*(9), 989–1007. https://doi.org/10.1002/jclp.21876

Gratz, K. L., & Roemer, L. (2004). Multidimensional Assessment of Emotion Regulation and Dysregulation: Development, Factor Structure, and Initial Validation of the Difficulties in Emotion Regulation Scale. *Journal of Psychopathology and Behavioral Assessment*, *26*(1), 41–54. https://doi.org/10.1023/B:JOBA.0000007455.08539.94

MacBeth, A., Gumley, A., Schwannauer, M., Carcione, A., McLeod, H. J., & Dimaggio, G. (2016). Metacognition in First Episode Psychosis: Item Level Analysis of Associations with Symptoms and Engagement. *Clinical Psychology & Psychotherapy*, *23*(4), 329–339. https://doi.org/10.1002/cpp.1959

MacLaren, V. V., Fugelsang, J. A., Harrigan, K. A., & Dixon, M. J. (2012). Effects of impulsivity, reinforcement sensitivity, and cognitive style on Pathological Gambling symptoms among frequent slot machine players. *Personality and Individual Differences*, *52*(3), 390–394. https://doi.org/10.1016/j.paid.2011.10.044

Mestre-Bach, G., Steward, T., Granero, R., Fernández-Aranda, F., Mena-Moreno, T., Vintró-Alcaraz, C., … Jiménez-Murcia, S. (2020). Dimensions of Impulsivity in Gambling Disorder. *Scientific Reports*, *10*(1), 397. https://doi.org/10.1038/s41598-019-57117-z

Munguía, L., Jiménez-Murcia, S., Granero, R., Baenas, I., Agüera, Z., Sánchez, I., … Fernández-Aranda, F. (2021). Emotional regulation in eating disorders and gambling disorder: A transdiagnostic approach. *Journal of Behavioral Addictions*. https://doi.org/10.1556/2006.2021.00017

Noël, X., Saeremans, M., Kornreich, C., Jaafari, N., & D'Argembeau, A. (2017). Future-oriented mental time travel in individuals with disordered gambling. *Consciousness and Cognition*, *49*, 227–236. https://doi.org/10.1016/j.concog.2017.02.006

Paulhus, D. L. (1991). Measurement and control of response bias. In J. P. Robinson & P. R. Shaver (Eds.), *Measures of personality and social psychological attitudes* (pp. 17–59). San

Diego: Academic Press.

Paulhus, D. L. (2002). Socially desirable responding: The evolution of a construct. In H. Braun, D. N. Jackson, & D. E. Wiley (Eds.), *The role of constructs in psychological and educational measurement* (pp. 67–88). Hillsdale: Erlbaum.

Pedone, R., Semerari, A., Riccardi, I., Procacci, M., Nicolò, G., & Carcione, A. (2017). Development of a self-report measure of metacognition: The Metacognition Self-Assessment Scale (MSAS). Instrument description and factor structure. *Clinical Neuropsychiatry: Journal of Treatment Evaluation*, *14*(3), 185–194.

Rogier, G., Beomonte Zobel, S., Morganti, W., Ponzoni, S., & Velotti, P. (2021). Metacognition in gambling disorder: A systematic review and meta-analysis. *Addictive Behaviors*, *112*, 106600. https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106600

Rogier, G., Beomonte Zobel, S., & Velotti, P. (2020). Pathological personality facets and emotion (dys)regulation in gambling disorder. *Scandinavian Journal of Psychology*, *61*(2), 262–270. https://doi.org/10.1111/sjop.12579

Rogier, G., & Velotti, P. (2018). Conceptualizing gambling disorder with the process model of emotion regulation. *Journal of Behavioral Addictions*, *7*(2), 239–251. https://doi.org/10.1556/2006.7.2018.52

Semerari, A., Carcione, A., Dimaggio, G., Falcone, M., Nicolò, G., Procacci, M., & Alleva, G. (2003). How to evaluate metacognitive functioning in psychotherapy? The metacognition assessment scale and its applications. *Clinical Psychology and Psychotherapy*, *10*(4), 238–261. https://doi.org/10.1002/cpp.362

Semerari, A., Carcione, A., Dimaggio, G., Nicolò, G., & Procacci, M. (2007). Understanding minds: Different functions and different disorders? The contribution of psychotherapy research. *Psychotherapy Research*, *17*(1), 106–119. https://doi.org/10.1080/10503300500536953

Semerari, A., Cucchi, M., Dimaggio, G., Cavadini, D., Carcione, A., Battelli, V., … Smeraldi, E. (2012). The development of the Metacognition Assessment Interview: Instrument description, factor structure and reliability in a non-clinical sample. *Psychiatry Research*, *200*(2–3), 890–895. https://doi.org/10.1016/j.psychres.2012.07.015

Vintró-Alcaraz, C., Mestre-Bach, G., Granero, R., Gómez-Peña, M., Moragas, L.,

Fernández-Aranda, F., & Jiménez-Murcia, S. (2021). Do emotion regulation and impulsivity differ according to gambling preferences in clinical samples of gamblers? *Addictive Behaviors*, 107176. https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2021.107176

World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, *310*(20), 2191. https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053

Massimo Ingrassia

Tra reale e virtuale
Processi di sviluppo psicologico e benessere nell'era della tecnologia digitale

1. Introduzione. – 2. Sempre connessi: schermi vs. ambienti esterni. – 3. Fake news: riconoscerle per proteggersi (con il contributo di Maria Stella Cosoleto e Vittorio Zurzolo). – 4. Conclusioni. – 5. Appendice (con il contributo di Maria Stella Cosoleto). – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

Fra le immagini più comuni del nostro tempo vi è quella di persone di ogni età che in qualunque luogo, in qualunque circostanza, interagiscono con un dispositivo digitale (soprattutto con lo smartphone). Smahel e colleghi (2020, 22) ricordano che «l'uso di internet è diventato continuo e interstiziale, riempiendo gli intervalli tra le attività quotidiane». Non solo, ma molte di quelle attività, potremmo aggiungere, sono svolte attraverso dispositivi digitali e internet. In quanto tale, dunque, la frequentazione del web non può essere trascurata nello studio dei processi di sviluppo psicologico, anche perché ha raggiunto una complessità del tutto simile al vivere fuori dalla rete. Inoltre, l'avvento della realtà aumentata potrebbe a breve rendere del tutto indistinguibile ciò che è ancora chiamato *reale* da ciò che definiamo *virtuale*. Anzi, credo sia proprio il caso, oggi, di adottare *offline* e *online* sostitutivi di reale e virtuale, per riferirsi ai due aspetti di un'unica realtà che integra ciò che accade in internet con ciò che accade fuori dal web.

Al giorno d'oggi, il dispositivo per eccellenza con cui connettersi a internet è sicuramente lo smartphone. Leggero, facilmente trasportabile, versatile grazie al *touch screen* e alle icone delle app (molti ragazzi riescono ad attivarle con una sola mano mentre l'altra è impegnata in altro), è quasi universalmente posseduto dopo i 9 anni, soprattutto dagli adolescenti. In

uno studio recente[1], ad esempio, su 643 studenti di scuole superiori, con età compresa fra 13 e 23 anni, quasi tutti (99,7%) possedevano uno smartphone, con l'eccezione di due studenti. È il dispositivo che, in linea di principio, garantisce connettività «ovunque in ogni momento»[2]: chi utilizza lo smartphone per le proprie attività social o per chattare (es., via WhatsApp), in effetti, non lo disconnette mai da "dati mobili" o "wireless" (cioè, da internet).

Essere sempre connessi non implica utilizzare costantemente i servizi offerti da internet (ma essere costantemente monitorati sì – ad es., da Google, in merito a spostamenti e luoghi frequentati). Non è, pertanto, irrilevante chiedersi quanto tempo trascorrano attivamente in rete le nostre ragazze e i nostri ragazzi, con quali dispositivi ma, soprattutto, per fare cosa. Varie *surveys* e ricerche in questi ultimi anni forniscono dati abbastanza coerenti. Smahel e colleghi (2020, 18) rivelano che, nel decennio 2010-2020, il numero di bambini e ragazzi (9-16 anni) quotidianamente online (da almeno una volta a tutto il tempo) attraverso i propri cellulari è cresciuto grandemente: da un range massimo-minimo di 31% (Norvegia) – 2% (Romania) nel 2010 (l'Italia era poco sopra l'ultimo posto con il 4%)[3] fino ad arrivare allo 86% sia in Norvegia sia in Romania dieci anni dopo (l'Italia con l'84% è subito dietro)[4]. Questo dato è confermato dal National Advisory Council for Online Safety (NACOS; 2021, 8) irlandese: il 70% di ragazzi e ragazze (9-17 anni) dichiara un accesso online almeno giornaliero attraverso lo smartphone, trascorrendo online quotidianamente in media 2,1 ore nei giorni feriali e 3,4 ore durante il fine settimana.

Cosa fanno online ragazze e ragazzi? Ingrassia e colleghi (2022, 4 ss.) rilevano che i 643 partecipanti (età media 16,08 anni, *DS* = 1,79; *range* 13-23) preferiscono, nell'ordine, messaggiare, usare i social network, ascoltare musica e navigare siti internet. Quantitativamente, le abitudini online non sono perfettamente sovrapponibili fra i generi maschile e femminile: le ragazze, ad esempio, frequentano i social network, inviano messaggi,

[1] M. Ingrassia et al., *Adolescents suspended in the Space-Time: Problematic use of smartphone between dissociative symptoms and flow experiences*, in Ingrassia M., Benedetto L. (a cura di), *Adolescences*, Londra, 2022, 1 ss. (first published online 2021, Doi: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.101632), 6.
[2] D. Smahel et al., *EU Kids Online 2020: Survey results from 19 countries*, EU Kids Online, 2020, Doi: 10.21953/lse.47fdeqj01ofo (disponibile online: http://www.eukidsonline.net/), 18.
[3] S. Livingstone et al., *Risks and safety on the internet: The perspective of European children: full findings and policy implications from the EU Kids Online survey of 9-16 year olds and their parents in 25 countries*, London, UK, 2011 (available at: http://eprints.lse.ac.uk/33731/), 23.
[4] D. Smahel et al., *EU Kids Online 2020*, cit., 145.

registrano foto e video e ascoltano musica in misura significativamente maggiore rispetto ai ragazzi; questi, invece, si impegnano più delle ragazze nei videogiochi e nel guardare in streaming film e video. Complessivamente, però, non vi sono differenze tali per affermare che vi sia un uso di internet prototipicamente femminile o maschile: sostanzialmente, i due generi in rete fanno le stesse cose.

I dati di ricerca sono concordi: il tempo trascorso online dalle persone è davvero enorme, con valori parecchio più intensi nelle fasce adolescenziale, giovanile e media adulta, con la tendenza a scemare con il progredire in un'età avanzata (cioè, i famosi *immigrati digitali*, quelli che erano già adulti quando tra la fine degli anni 80 e i primi anni 90 del XX secolo il world wide web e la telefonia mobile si sono affermati ovunque). Da qui gli allarmi e le preoccupazioni sui rischi di diventare dipendenti dalla Rete. Nel senso di singoli individui che "si ammalano", cioè, sono affetti da un disturbo di dipendenza come accade con certe sostanze o con certe attività (eroina, shopping, gioco d'azzardo ecc.), perché come società siamo già dipendenti dalla Rete e le politiche nazionali, ma anche sovranazionali, spingono verso una più capillare ed efficiente digitalizzazione di servizi e uffici.[5]

Se non è possibile sottrarsi a un uso intenso di internet, quali i rischi più probabili e le strategie per prevenirli? Di seguito sono discussi due esempi di pericoli e i possibili rimedi.

2. Sempre connessi: schermi *vs.* ambienti esterni

Fissare lo sguardo sullo schermo retroilluminato di un dispositivo digitale è sicuramente uno dei comportamenti più frequenti e maggiormente prolungati in cui i possessori di uno smartphone, ma anche di altri dispositivi, si impegnano quotidianamente. Ciò comporta dare il via a una serie di fenomeni molto interessanti da un punto di vista psicologico, anche se quasi mai salutari. Per prima cosa si verifica un restringimento dell'esperienza: ad esempio, se si sta percorrendo una via con la testa china e lo sguardo sullo schermo dello smartphone, tutto ciò che accade nella via mentre la si attraversa resta ignoto. Persone che incrociano il percorso, novità nei negozi e nelle facciate dei palazzi, negli alberi se ci sono, persino se il cielo sia azzurro o nuvoloso: si perde l'occasione di fare esperienza (percettiva) di una grande

[5] cfr. Presidenza del Consiglio dei Ministri, Italia domani. Piano nazionale di ripresa e resilienza, #nextgenerationitalia, Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2021 (disponibile online: https://www.italiadomani.gov.it/it/home.html), 87.

quantità di stimoli, materia prima che "nutre" e mantiene attivo il cervello dell'individuo. Probabilmente non ci si ricorderà di avere percorso quella via e, se interrogati ad hoc, di non sapere fornire dettagli su "come si sia giunti in un certo posto".

Fissare lo schermo mentre si utilizza lo smartphone può dare il via a parecchi fenomeni dissociativi. Non necessariamente patologici, anzi, per lo più al di fuori di un quadro di disturbo clinico. Ingrassia e colleghi (2022, 1 ss.) hanno indagato questo fenomeno in un gruppo di adolescenti frequentanti le scuole secondarie di II grado della città metropolitana di Messina. Interrogati sulle loro abitudini online, è stato chiesto a questi studenti di stimare la frequenza con cui si verificavano in loro certi fenomeni dissociativi. Due gli strumenti specifici per stimarli: la scala *Dissociazione* del test UADI (DisUADI) di Del Miglio e colleghi (2001)[6] e l'*Adolescent Dissociative Experiences Scale* (A-DES) di Armstrong e colleghi (1997) nella versione italiana di Schimmenti (2016)[7]. La DisUADI si compone di 15 affermazioni, a cui è possibile rispondere con cinque alternative, da "1 = *assolutamente falso*" a "5 = *del tutto vero*", con le quali indicare se si sperimentino alcuni sintomi dissociativi (come esperienze sensoriali bizzarre, depersonalizzazione, derealizzazione, tendenza all'alienazione o alla fuga dalla realtà). Ne sono esempi le asserzioni "*Qualche volta, quando sono online, ho la sensazione di allontanarmi dalla realtà o di essere altrove*", "*Qualche volta ho l'impressione di perdermi nel cyberspazio*", "*Quando sono connesso provo una vaga sensazione di onnipotenza*".

L'A-DES è un questionario di 30 asserzioni su esperienze dissociative che le persone possono provare nella loro quotidianità. Le risposte sono date su una scala che, da "0 = *mai*" a "10 = *sempre*", stima la frequenza soggettiva di ciascuna esperienza vissuta in situazioni specifiche. Alcuni esempi sono "*Mi sento come se fossi con la testa tra le nuvole o distante dal mondo, e le cose intorno mi sembrano irreali*", "*Mi sento confuso perché non so se ho già fatto qualcosa oppure ho solo pensato di farla*", "*Il mio corpo prova delle sensazioni tali che è come se non mi appartenesse*". Si può calcolare un punteggio totale, ma è anche possibile calcolare quattro distinti punteggi di altrettante sotto-scale, denominate aree di *amnesia dissociativa*

[6] Il test UADI, sviluppato da Del Miglio e colleghi nel 2001, è stato rivisto da Cantelmi e colleghi nel 2010. Una versione aggiornata al 2019 è scaricabile da http://www.associazioneitci.it/test-uadi-istruzioni-per-luso-e-test-con-item-aggiornati/ (ultima consultazione 21.06.2023).

[7] La traduzione italiana è stata curata da Adriano Schimmenti, Giuseppe Craparo e Michela Petrocchi dell'Università degli Studi di Enna "Kore".

(cioè, senso di perdita durante l'esecuzione di azioni, mancanza di ricordi di ciò che è stato appena fatto, eventi passati percepiti come frammentari e così via), *assorbimento e coinvolgimento immaginativo* (ad es., fenomeni dissociativi connessi al senso del tempo legato alle attività, al grado di coinvolgimento attenzionale sperimentato e alla confusione sulle azioni in corso, con una commistione di realtà e immaginazione), *depersonalizzazione e derealizzazione* (es., dissociazioni mente-corpo/contesto, fenomeni di "fluttuazione identitaria", senso di estraniamento da sé ecc.), *influenza passiva* (cioè la sensazione di passività che un individuo può provare nei confronti delle proprie azioni, come se il compierle non dipendesse dalla sua volontà e fossero, quindi, subite).

Queste misure sono state rilevate in associazione con una stima di utilizzo problematico dello smartphone, ottenuta mediante lo *Smart_Q-R*[8], un questionario che valuta la percezione soggettiva dell'uso dello smartphone e le conseguenze negative ad esso associate vissute dagli intervistati: 14 asserzioni, con risposte da "1 = *mai*" a "4 = *spesso*", riportano pensieri e idee che guidano i comportamenti online degli adolescenti e segnalano una possibile dipendenza. Alcuni item, infatti, indagano l'impulso a connettersi, a controllare le notifiche, a usare lo smartphone per sfuggire a pensieri spiacevoli; un'asserzione indaga l'utilizzo notturno dello smartphone, altri item aiutano a comprendere il processo decisionale sociale degli adolescenti (ad es., decidere di incontrare un amico offline o contattarlo tramite smartphone). Più alto è il punteggio conseguito, più intenso è il coinvolgimento fino a configurare un uso problematico dello smartphone.

Ci si è chiesti quali fattori potessero predire i fenomeni dissociativi: con due differenti analisi di regressione (metodo *stepwise*), una per genere perché altre differenze erano emerse fra maschi e femmine (le donne sono risultate significativamente più soggette ai fenomeni dissociativi), con l'indice DisUADI assunto come variabile criterio (cioè, variabile dipendente), i migliori fattori predittivi sono risultati per gli uomini l'indice Smart_Q-R e, in seconda battuta, l'ADES-totale, mentre per le donne è avvenuto esattamente l'inverso, prima variabile l'ADES-totale e seconda l'indice Smart_Q-R. In entrambi i generi, con più forza tra i maschi, è emerso che l'uso dello smartphone può spiegare i fenomeni dissociativi misurati con la scala DisUADI. L'indice *Smart_Q-R* riassume una stima dell'intensità di 14

[8] Lo *Smart_Q-R* è la revisione del questionario di Ambrosio e Benedetto (2017).

comportamenti (come stato d'animo positivo, facilitazione nelle relazioni sociali e così via) che prefigurano un (malsano) uso eccessivo dello smartphone. Alcuni dei comportamenti descritti dallo *Smart_Q-R* sono comportamenti tipici dell'esperienza di *flow* (ad es., mancata percezione del trascorrere del tempo) o di esperienze dissociative (es., senso di alienazione quando si è connessi). Così le strette associazioni emerse tra i punteggi *Smart_Q-R*, DisUADI e A-DES in entrambe le analisi supportano l'idea che l'uso eccessivo di smartphone possa indurre *flow* ed esperienze dissociative. Queste ultime più frequenti nel genere femminile.

A dire il vero, non sappiamo perché le donne appaiano più vulnerabili. Ciò che possiamo affermare è che in questo studio sono più intense utilizzatrici dello smartphone e dichiarano più fenomeni dissociativi. In contesti di vita che richiedono usi di schermi retroilluminati per tempi sempre più prolungati, per lavorare, studiare, rilassarsi, conversare con gli amici ecc., è lecito chiedersi come "resistere" a fenomeni particolarmente subdoli: l'esperienza di totale immersione in certe attività può risultare un'esperienza gratificante, di interruzione di routine avversive, di gestione e controllo di emozioni negative che saranno sostituite da emozionalità positiva. Se dovesse accadere ciò, il rischio che il *loop* gratificante si trasformi in uso problematico e dipendenza diventerebbe sensibilmente alto.

Che fare? È necessario agire con programmi educativi e di alfabetizzazione all'utilizzo consapevole della tecnologia digitale, una sorta di "igiene dell'uso di smartphone e tablet". Il fenomeno ha la stessa portata di quelli, su cui tanto si dibatte oggi, inerenti all'alimentazione sana e all'educazione motoria per combattere il rischio di obesità, o all'uso consapevole dell'energia e delle risorse idriche nell'ottica della salvaguardia del pianeta. È un problema enorme, perché la gran parte delle attività svolte in rete sono, come direbbe Bronfenbrenner[9], attività *molari*, cioè «sono comportamenti in atto, che hanno una certa durata (non sono, cioè, atti momentanei, *molecolari*) e possiedono una certa salienza per le persone coinvolte. Sono anche caratterizzate da un loro momento, cioè un sistema di tensioni che induce perseveranza e resistenza all'interruzione finché l'attività non sia compiuta. Sono, infine, intenzionali e dotati di una struttura finalistica: le persone, cioè, s'impegnano in esse o perché le trovano di

[9] cfr. U. Bronfenbrenner, *Ecologia dello sviluppo umano*, Bologna, 1986 (ed. or. *The ecology of human development. Experiments by nature and design*, Cambridge, MA, 1979), 85 ss.

per sé interessanti o perché sono mezzi per raggiungere uno scopo»[10]. In quanto tali, impegnano tempo e, poiché il tempo è finito, lo sottraggono ad altre attività molari, come studiare, incontrare gli amici, conversare ecc. Un'igiene dell'uso dello smartphone nel chattare con gli account "*amici*" e per le altre attività molari in rete implica apprendere a staccarsene per impegnarsi in altre attività molari fuori dal web: ad esempio, salutari attività fisiche e ludiche, da solə o in compagnia.

3. *Fake news*: riconoscerle per proteggersi

(con il contributo di Maria Stella Cosoleto e Vittorio Zurzolo)

Uno dei fenomeni probabilmente più inquietanti connessi alla diffusione del web 2.0, cioè alla grande espansione negli anni 2000 dei social network basati su condivisione, partecipazione e interazione, è la diffusione delle *fake news*. Le notizie false non sono certamente una novità. Sono utili a creare un'opinione pubblica favorevole anche per tesi e idee altrimenti ingiustificabili. Da sempre sono il fondamento delle teorie complottiste: abbastanza noti, ad esempio, i cosiddetti *Protocolli dei Savi di Sion*[11] degli inizi del XX secolo, un «falso documentale creato dall'Ochrana, la polizia segreta zarista, con l'intento di diffondere l'odio verso gli ebrei nell'impero russo»[12], i quali riportano i piani di una presunta cospirazione massonico-ebraica per sovvertire l'ordine mondiale. Benché la loro falsità sia stata acclarata quasi subito, servirono a giustificare i pogrom antiebraici nella Russia zarista, le persecuzioni naziste e, ancora oggi, sono utilizzati in ambienti antisemiti per perpetuare e sostenere le politiche antiebraiche.

Nel mondo odierno, però, all'insegna della condivisione "social", arginare le notizie false è pressoché impossibile. Un primo problema è rappresentato proprio dalla locuzione "fake news" ("bufale") con cui identifichiamo ogni informazione non vera che circoli nel web. Nate nella prima decade degli anni 2000 come forma comica di intrattenimento televisivo (satira politica inclusa in pseudo-recensioni giornalistiche), si caratterizzano presto per rendere

[10] M. Ingrassia, *Un "nuovo" contesto di sviluppo per bambini e adolescenti*, in Benedetto L., Ingrassia M. (a cura di), *Crescere connessi: risorse e insidie del web*, Parma, 2017, 10.
[11] S. Nilus, *I protocolli dei savi di Sion*, Massa, 2008 (ed. or., *Protokoly sionskich mudrecov*, San Pietroburgo, 1903).
[12] Wikipedia, *Protocolli dei Savi di Sion* (https://it.wikipedia.org/wiki/Protocolli_dei_Savi_di_Sion; ultima consultazione 23.06.2023).

difficile al pubblico distinguere ciò che è realtà da ciò che è finzione.[13] Emblematico il caso degli Yes Men Jacques Servin e Igor Vamos, cosiddetti "art-attivisti": per protesta contro la *Convention* del 1999 in Seattle della World Trade Organization, creano un falso sito web riproducendo logo e *design* ufficiali dell'Organization. Con loro sorpresa, pur presentando contenuti critici nei riguardi della WTO, molti hanno creduto che il sito fosse autentico invitando i due Yes Men a partecipare ad alcune conferenze. Da quel momento, gli Yes Men hanno continuato a produrre bufale su larga scala a favore di ciò «che descrivono come uno sforzo di collaborazione con i giornalisti per aiutare i media a raccontare storie che ritengono importanti»,[14] per sensibilizzare l'opinione pubblica su tematiche sociali. Era stata aperta una via per combattere con efficacia battaglie civili contro le diseguaglianze sociali e a favore degli esclusi. Ma ogni arma ha anche un doppio taglio. Pochi anni dopo, le stesse *corporation* in origine combattute, organizzazioni politiche, ma anche terroristiche e criminali cominciano a utilizzare le stesse tecniche. Nel 2013, il World Economic Forum, nel suo report *Global Risks 2013 Eighth Edition*, cita la *massive digital misinformation* come uno dei più grandi pericoli per le democrazie occidentali.[15] Dieci anni dopo, nel report 2023, lo scenario è ancora più pessimistico: «La tecnologia esacerberà le disuguaglianze, mentre i rischi derivanti dalla sicurezza informatica rimarranno una preoccupazione costante. […]. Spinti dagli aiuti di Stato e dalle spese militari, nonché dagli investimenti privati, la ricerca e lo sviluppo di tecnologie emergenti continueranno a ritmo sostenuto nel prossimo decennio, […]. Per coloro che non possono (permetterseli), disuguaglianza e divergenza aumenteranno. In tutte le economie, queste tecnologie comportano anche dei rischi, dall'ampliamento di *misinformation* e *disinformation* a un abbandono rapido e ingestibile nei lavori sia dei colletti blu sia di quelli bianchi»[16].

Come ci spiega A.E. Galeotti (2019, 59 ss.), le *fake* possono essere di diverso tipo: satira con obiettivi comici di intrattenimento e/o politico-sociali (es., i *memi*), informazioni errate

[13] cfr. A.E. Galeotti, *Believing fake news*, in Condello A., Andina T. (a cura di), *Post-Truth, Philosophy and Law*, London, 2019, 59.

[14] Da Wikipedia, the free encyclopedia, *The Yes Men* (disponibile in https://en.wikipedia.org/wiki/The_Yes_Men; consultato il 23.06.2023); cfr. J. Donovan, 2022, 131 ss.

[15] World Economic Forum, Global Risks 2013 Eighth Edition, Cologny/Geneva, CH, 2013 (disponibile in https://www.weforum.org/reports/world-economic-forum-global-risks-2013-eighth-edition), 4 ss.

[16] World Economic Forum, The Global Risks Report 2023 18th Edition, Cologny/Geneva, CH, 2013 (disponibile in https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023), 8.

(*misinformation*) ma forse diffuse in buona fede, informazioni deliberatamente false (*disinformation*), create e diffuse per ingannare e manipolare pensieri, atteggiamenti e comportamenti delle persone. Poi ci sono i *click-bait* (gli *acchiappaclic*): notizie per lo più fasulle che devono solo attirare l'attenzione dell'utente e far sì che clicchi (e condivida) per alimentare un'economia pubblicitaria (cioè, il fare soldi attraverso la banale apertura del sito e la contemporanea esposizione a réclame), la cui esistenza si giustifica per mere motivazioni economiche e non di inganno e plagio. In un modo o nell'altro, sono tutte insidie da cui non è facile difendersi, che inducono all'errore e, in precise circostanze, possono essere altamente pericolose: si pensi alla pandemia di Covid-19 e alla contemporanea *infodemia*.[17] Accrescere le conoscenze sul fenomeno per accrescere contemporaneamente il senso critico degli utenti di internet sembra una via per meglio difendersi da *fake* e mistificazioni.

Il questionario qui presentato nasce grazie ai due studi di M.S. Cosoleto (2019/20) e V. Zurzolo (2020/21). Nel primo, dopo un'attenta revisione della letteratura scientifica[18], da cui sono emersi gli aspetti che maggiormente sembrano caratterizzare le *fake news* (come il ricevere un elevato numero di condivisioni e commenti nei social media, omettere parti cruciali di informazioni relative alle storie narrate, utilizzare eventi non correlati per riempire gli spazi argomentativi, suscitare risposte emotive, fare largo uso di segni di punteggiatura enfatizzanti – punti "?" e "!"), è stata fatta la proposta di 40 asserzioni (item) che compongono il *Fake News Questionnaire* (FNQ) originario. I 40 item sono stati organizzati in quattro scale: la prima per valutare le capacità percepite del rispondente nel distinguere una notizia falsa da una vera (ad es., *Se non sono sicuro della veridicità della notizia, cerco altre fonti*); la seconda per comprendere quali caratteristiche proprie delle *fake news* attirino maggiormente la sua

[17] Il termine ha avuto grande risonanza dopo che fu utilizzato da Tedros Adhanom Ghebreyesus, Direttore generale dell'Organizzazione Mondiale della Sanità, alla Conferenza sulla Sicurezza di Monaco, il 15 febbraio 2020: «But we're not just fighting an epidemic; we're fighting an infodemic.» (cfr. https://www.who.int/director-general/speeches/detail/munich-security-conference).

[18] cfr., ad esempio, J. Berger, *Arousal increases social transmission of information*, in *Psychological Science*, n. 22/2011; A.E. Galeotti, *Believing fake news*, in Condello A., Andina T. (a cura di), *Post-Truth, Philosophy and Law*, London, 2019; E. Loos e J. Nijenhuis, *Consuming fake news: A matter of age? The perception of political fake news stories in Facebook ads*, in Gao, Q., Zhou, J. (a cura di), *Human aspects of IT for the aged population. Technology and society. HCII 2020. Lecture notes in Computer science*, Berlino, 2020/12209; C. Sample et al. *A model for evaluating fake news*, in *The Cyber Defense Review*, 2019/Special Edition *International Conference on Cyber Conflict (CYCON U.S.) November 14 -15, 2018 – Cyber Conflict During Competition*), https://cyberdefensereview.army.mil/Portals/6/Session%204%20Number%201%20CDR-Special%20Edition-2019.pdf; I. Stavre e M. Puntì, *Fake news, something new?*, in *Sociology and Anthropology*, n. 7/2019.

attenzione (ad es., *Preferisco leggere gli articoli i cui titoli contengono un punto di domanda o esclamativo)*, la terza per stimare l'influenza esercitata dagli altri nel modificare la sua percezione circa temi e notizie (ad es., *Quando sono con altre persone, ci capita di parlare di notizie lette online*) e, infine, la quarta e ultima scala per stimare l'uso dei social, in particolare riguardo alla possibilità di condividere e commentare le notizie che si incontrano, a prescindere dall'essere vere o false (ad es., *Commento i contenuti presenti sui social*).

Il primo studio è servito a mettere a punto alcune caratteristiche psicometriche dello strumento (in particolare, l'attendibilità delle scale) e a stimare il grado di associazione di queste misure con le caratteristiche di personalità e il tratto della suggestionabilità dei partecipanti (205 persone, 40% di genere maschile e 60% femminile, età media 34,77 anni con *range* 16 – 72). Le caratteristiche di personalità sono state rilevate con il *Big Five Inventory* (BFI)[19], la suggestionabilità con la *Short Suggestibility Scale* (SSS)[20].

Lo studio è stato utile, in primo luogo, a stabilire la plausibilità dei 4 fattori e a dare indicazioni per migliorarne l'attendibilità. Inoltre, ha fornito alcune prime conferme per spiegare sia la capacità di distinguere le *fake news* dalle altre informazioni, sia per comprendere quali caratteristiche delle *fake* abbiano attratto l'attenzione dei partecipanti.

La seconda ricerca (V. Zurzolo, 2021/22) è servita a migliorare lo strumento e a rafforzare quelle prime conferme. Essa ha coinvolto 264 partecipanti (57,6% di genere maschile e 41,7 femminile – 2 hanno preferito non dichiarare il genere –, età media 36,81 anni con *range* 16 – 66), che hanno compilato, oltre a una scheda socio-anagrafica, il FNQ (nella versione riportata in appendice) e la SSS di sopra, il *Measuring Digital Skills*[21] (MDS), che stima la percezione soggettiva di utilizzare internet in modo efficace, e il *Coping Orientation to Problems*

[19] Il BFI utilizzato qui è la versione a 44 asserzioni di O.P. John e colleghi (2008), nell'adattamento italiano di A. Ubbiali e colleghi (2013). Fornisce gl'indici dimensionali dei Big Five (i 5 grandi fattori della personalità): estroversione/introversione, gradevolezza/sgradevolezza, coscienziosità/negligenza, stabilità emotiva/nevroticismo, apertura/chiusura mentale

[20] La SSS è la forma breve (21 item) della *Multidimensional Iowa Suggestibility Scale* (MISS) di R.I. Kotov e colleghi (2004). La MISS è formata da 95 asserzioni organizzate in 5 scale di suggestionabilità (suggestionabilità al consumo; persuadibilità; contagio delle sensazioni; reattività fisiologica; conformità tra pari) e 2 complementari (controllo psicosomatico e caparbietà supponente). I 21 item della SSS, tratti dalle 5 scale di suggestionabilità, forniscono un buon indice della propensione dell'individuo a lasciarsi influenzare. La scala è stata tradotta da M.S. Cosoleto per questa ricerca.

[21] Lo MDS, tradotto specificamente per questo studio, è tratto dal report di A. van Deursen e colleghi (2014). È una *survey* di 35 item che misura le abilità informatiche in 5 scale: competenze operative, navigazione in internet, utilizzo dei social, capacità creative e utilizzo dei dispositivi mobili.

Experienced-Nuova Versione Italiana[22] (COPE-NVI), che valuta cinque strategie tipiche utilizzate dalle persone per fronteggiare stress e difficoltà di vita.

I due studi hanno fornito alcune conferme, come si diceva prima, ma anche nuovi spunti di riflessione. In primo luogo, qual è la relazione fra le caratteristiche di personalità e le dimensioni del FNQ? Le associazioni più forti indicano che coscienziosità e apertura mentale sono presenti nel riconoscere le *fake* e la prima anche nell'influenza degli altri[23]. Nel complesso, però, gli indici di associazione risultano deboli, anche se sulle dimensioni appena citate (coscienziosità e apertura mentale) si può fare leva per combattere le *fake news*. La suggestionabilità (SSS), secondo le attese, è in relazione soprattutto con la dimensione dell'influenza degli altri[24].

Un ruolo più importante sembra invece essere giocato dalle competenze digitali. La dimensione *Capacità nel distinguere una notizia falsa da una vera* (FNQ) si associa con indici più importanti dei precedenti a 4 scale su 5 dello MDS.[25] Anche le strategie di *coping* dello stress (COPE-NVI) possono aiutarci nel fronteggiare le *fake news*: una relazione importante, infatti, sussiste fra capacità nel distinguere le *fake news* e le strategie fondate su atteggiamento positivo e orientamento al problema.[26]

Infine, lo studio di M.S. Cosoleto (2019/20) rivela che fino al 18% delle *capacità nel distinguere una notizia falsa* dipende dall'*influenza degli altri*, così come il 22% delle *caratteristiche delle* fake news *che attirano l'attenzione* dipende sempre dall'*influenza degli altri*: il ruolo delle relazioni sociali è, quindi, ulteriormente confermato.

In sintesi, appare importante sottolineare tre aspetti: a) la socialità, sia essa di prossimità (parenti, amici, altri autorevoli frequentati), sia "social" (cioè, via web), in quanto veicolo

[22] Il COPE è lo strumento sviluppato da C.S. Carver e colleghi (1989), nella versione italiana di C. Sica e colleghi (2008), per valutare le strategie mediante le quali le persone rispondono agli eventi stressanti e/o difficili della vita: cioè, sostegno sociale, evitamento, atteggiamento positivo, orientamento al problema, orientamento trascendente.

[23] Indice di Pearson *r* tra: coscienziosità e riconoscere le *fake news* [$r(205) = 0{,}24$, $p < ,001$]; apertura mentale e riconoscere le *fake news* [$r(205) = 0{,}31$, $p < ,001$]; coscienziosità e influenza degli altri [($r(205) = 0{,}25$, $p < ,001$] (M.S. Cosoleto, 2019/20, 46).

[24] Indice di Pearson *r* tra SSS e influenza degli altri: $r(205) = 0{,}38$, $p < ,001$, e $r(264) = 0{,}36$, $p < ,001$ – rispettivamente, in M.S. Cosoleto, 2019/20, 46, e V. Zurzolo, 2021/22, 47.

[25] Sono le competenze operative, l'utilizzo dei social, le capacità creative e l'utilizzo dei dispositivi mobili, con indici $r(264)$ compresi fra 0,36 e 0,57, tutte le $p<,001$ (V. Zurzolo, 2021/22, 47).

[26] Indice di Pearson *r* tra capacità nel distinguere una notizia falsa e atteggiamento positivo e orientamento al problema (COPE-NVI), rispettivamente, $r(264) = 0{,}52$ e $= 0{,}48$, $p < ,001$; (ibidem).

principale di diffusione della conoscenza e sviluppo della cultura, riveste un ruolo cruciale nella credibilità prima e diffusione poi delle *fake news*. Bugie e falsità sembrano diffondersi esattamente come un contagio epidemico: si trasmettono da persona a persona perché ci si fida dell'amico che le ha condivise e così sono rimandate ai propri contatti. Anche se ne è stata dimostrata la falsità, la notizia continua a propagarsi e a circolare attraverso le condivisioni.[27] b) L'emozionalità negativa (ansia), ma anche quella positiva forte, facilita la condivisione di storie, notizie, informazioni. J. Berger (2011, 891 ss.) suggerisce che ciò possa dipendere dall'eccitazione (*arousal*) che si sta sperimentando. Si pensi alle trappole *acchiappaclic* con finalità puramente economiche: più eccitano (causano attivazione fisiologica), più spingono alla condivisione (clic), più generano guadagni (condivisione di réclame). c) Le competenze digitali, in particolare quelle utili a interagire con internet, possono aiutare a riconoscere le bufale.[28]

Su questi tre aspetti si può fare leva per indurre maggiore senso critico e implementare buone prassi di riconoscimento e blocco delle falsità. Ricordiamo, però, che gli algoritmi predisposti dalle piattaforme per assecondare i nostri gusti, tendono a selezionare prodotti, oggetti, informazioni ecc. che già abbiamo sperimentato e condiviso, in altri termini tendono a *restringere* le nostre esperienze con l'obiettivo di renderle ottimali sulla base delle preferenze che sono state espresse. Gli stessi algoritmi, inoltre, non sembrano buoni selezionatori di falsità per espungerle dalla rete: nel tempo che le individuano, esse possono essere condivise e osservate da milioni di utenti.

4. Conclusioni

Non è pensabile né possibile fare a meno della Rete: Sistema Pubblico di Identità Digitale (SPID), IO - l'app dei servizi pubblici, dematerializzazione della certificazione, dichiarazioni online, lavoro agile, videocall, webinar, teleconferenze ecc. Si potrebbe continuare citando qualunque attività o azione un tempo eseguibile soltanto offline. È come se esistessero due realtà parallele: shopping, giochi, guerre, convegni, lezioni ed esami, tutto può essere svolto

[27] cfr. C. O'Connor e J.O. Weatherall, *Perché ci fidiamo delle bugie?* in AA.VV., *L'era della disinformazione* (I Quaderni, Suppl. al n. 650 di *Le Scienze*), Roma, 2022, 57 ss.
[28] cfr. V. Zurzolo, *Credibilità delle fake news: un'indagine sulle relazioni tra competenze digitali, strategie di coping, suggestionabilità e suscettibilità alle notizie false*, Messina, 2021/22, 47 ss.

in presenza fisica oppure online. Le due realtà, però, non sono "parallele", ma hanno molti punti di contatto, a partire dall'individuo stesso che le sperimenta entrambe, e sovrapposizioni, come familiari, amici, colleghi, vizi e virtù. Gli effetti sull'individuo delle due realtà, però, non sono esattamente gli stessi. Conversare con un amico in presenza fisica o via chat espone, ancora, a esperienze differenti, che implicano un differente coinvolgimento sensoriale ed emotivo e, forse, anche cognitivo. Ciò sembra vero finché non si sarà affermato completamente il metaverso, cioè la possibilità di fare esperienze mediante un avatar.

I fenomeni illustrati in queste pagine – esperienze dissociative ed esposizione alle *fake news* – alla luce dei dati della ricerca psicologica, sono solo due dei possibili pericoli associabili all'abuso del web. Ma molte altre insidie sono possibili e probabili. Come proteggersi?

Come ci si protegge dalla vita stessa? Credo sia necessario pensare la Rete come un aspetto complementare (ma non meno importante) di ciò che possiamo definire *contesti di vita della persona*[29]: come ci si protegge dal maltrattamento familiare? E dal bullismo a scuola? Dalle truffe agli anziani? Dalla guida pericolosa? Dallo sfruttamento nei luoghi di lavoro? Dalla malavita organizzata? L'unica risposta possibile, denominatore comune per il contrasto di ogni ingiustizia, è l'educazione alla legalità e ai valori, quelli delle democrazie liberali con i necessari correttivi a un'economia di mercato che non può essere orientata soltanto alla competizione e al profitto.

Applicata al mondo di internet ciò significa, da un lato, un argine sovranazionale allo strapotere mediatico delle Company che vivono di world wide web, dall'altro una profonda opera di alfabetizzazione e educazione delle persone (da quando sono bambinə) all'utilizzo "sano" della Rete, in un modo non differente dall'educare a un'alimentazione sana, a sane relazioni interpersonali, al rispetto tra i generi, all'accettazione delle differenze, al "rispetto della casa comune" ecc. Serve un'azione educativa capillare e precoce non diversa dall'invito dell'OMS alla promozione delle life skills.[30] Sarebbe questa un'opera di assoluta normalizzazione di internet: educare a vivere la rete come si educa a vivere la vita.

[29] cfr. M. Ingrassia, *Un "nuovo" contesto di sviluppo per bambini e adolescenti*, in Benedetto L., Ingrassia M. (a cura di), *Crescere connessi: risorse e insidie del web*, Parma, 2017, 9 ss.
[30] cfr. World Health Organization (WHO), 1994 (*Part One. Introduction to life skills for psychosocial competence*), 1 ss.

È il concetto di alfabetizzazione digitale sostenuto da d. boyd (2014, 50 ss.): come si apprende spontaneamente la lingua madre ma poi si entra in un sistema di educazione formale ai saperi e alla cultura di appartenenza (all'uso della propria lingua), così è necessario che i nativi digitali (ormai *generazione Z*) siano alfabetizzatə all'uso della tecnologia e, specificamente, di internet.

Solo così sarà possibile considerare le attività in rete alla stregua di ogni altra attività fuori dalla rete, sarà possibile utilizzare lo smartphone e gli altri dispositivi per ciò che occorre fare, ma poi rinunciarvi anche per qualche ora per occupare mente e corpo in altre attività (molari) funzionali al benessere della persona. Un unico esempio per chiarire bene questo punto. Un'esperienza sicuramente entusiasmante per chi l'apprezza è visitare un museo prestigioso, che custodisce opere d'arte uniche e fondamentali nello sviluppo culturale del genere umano. Una volta dentro, non sarebbe sorprendente osservare che quella persona estrae il suo smartphone e scatta indimenticabili foto di tutto ciò che lo affascina. Opere intere, ma anche i dettagli più significativi. Quanti clic? 10, 50, 100, di più? L. A. Henkel (2014, 396 ss.) scopre un fenomeno apparentemente paradossale: in due esperimenti, la ricercatrice invita due gruppi di studenti universitari a partecipare a una visita museale, chiedendo loro di osservare e fotografare alcuni oggetti e di osservarne, senza fotografarli, altrettanti. Nel primo esperimento la consegna era di fotografare gli oggetti per intero; nel secondo la richiesta inerente alle foto era di zoomare su alcuni dettagli. Henkel scopre che: «quando i partecipanti hanno scattato foto di oggetti interi dopo averli osservati, li hanno ricordati meno e hanno ricordato meno dettagli su oggetti e posizioni degli oggetti rispetto a quando hanno solo osservato gli oggetti senza fotografarli. Nonostante il tempo o l'attenzione aggiuntivi richiesti per orientare la fotocamera e regolare l'obiettivo in modo da catturare la migliore inquadratura dell'oggetto nella sua interezza, l'atto di fotografare l'oggetto sembra consentire alle persone di dimenticarlo, affidandosi così alla memoria esterna della fotocamera che "ricorda" per loro. Tuttavia, quando ai partecipanti è stato chiesto di scattare una foto di una parte specifica dell'oggetto, che ha richiesto loro di ingrandire quella parte, il loro successivo riconoscimento e la precisione della memoria dei dettagli non sono stati compromessi e, infatti, la loro memoria per le caratteristiche non zoomate era alta quanto la memoria per le caratteristiche zoomate. Questa scoperta evidenzia (…) che i processi attenzionali e cognitivi

aggiuntivi coinvolti dall'attività focalizzata possono eliminare l'effetto di compromissione dello scattare foto».[31]

Scattare foto non rende più ricca l'esperienza che si fa di un evento. Sperimentarlo direttamente (osservare l'oggetto) rende più usufruibile (il ricordo è migliore) l'evento rispetto al mediare la medesima esperienza con un dispositivo digitale (scattare una foto "ricordo").

Occorre imparare, allora, che le esperienze sono importanti per sé stesse e non sostituibili da mediazioni: quelle mediate da internet *sono* esperienze peculiari come quelle fuori da internet, non sostitutive di queste, ma vanno integrate e considerate in modo complementare come parti di un unico flusso esperienziale.

5. Appendice

Fake News Questionnaire (FNQ)

di Maria Stella Cosoleto

Gentile partecipante, le seguenti affermazioni riguardano alcuni atteggiamenti che le persone hanno nei confronti delle notizie che apprendono dalla Rete. Ti preghiamo di indicare quanto spesso ciò si verifica per te, tracciando un segno nella casella corrispondente. Non ci sono risposte giuste o sbagliate, per cui ti preghiamo di rispondere con sincerità. Grazie per la tua collaborazione!

1. Utilizzo i social (Facebook, Twitter, Instagram, YouTube, ecc.) per informarmi.
2. Controllo la fonte della notizia.
3. Quando sono con altre persone, ci capita di parlare di notizie lette online.
4. Mi affido alle parole dei professionisti quando non conosco un argomento.
5. Resto della mia opinione anche se una notizia ne afferma una contraria.
6. Per informarmi mi affido maggiormente ai telegiornali e ai giornali cartacei. [Reverse]*
7. Preferisco leggere gli articoli i cui titoli contengono un punto di domanda o esclamativo.

[31] L.A Henkel, *Point-and-shoot memories: The influence of taking photos on memory for a museum tour*, in *Psychological Sciences*, n. 25/2014, 401.

8. Condivido le notizie sul mio profilo personale.
9. Mi preoccupa la presenza di notizie false online.
10. Mi capita di leggere solo il titolo di una notizia e non l'articolo.
11. Ascolto opinioni diverse dalle mie.
12. Esprimo la mia opinione sui social quando non condivido i contenuti di un post.
13. Se non sono sicuro della veridicità della notizia, cerco altre fonti.
14. Mi fido delle parole di persone che ritengo esperte.
15. Ho cambiato atteggiamento su un dato argomento dopo avere letto delle notizie a riguardo.
16. So distinguere una notizia falsa, creata per ingannare, dalla satira.
17. Commento i contenuti presenti sui social.
18. Se sento una notizia da tante persone, è più probabile che sia vera.
19. Alcune notizie influenzano il mio umore.
20. Leggo i commenti di altri utenti sotto i post.
21. Leggo notizie su argomenti che non conosco per imparare qualcosa di nuovo.
22. Mi capita di cambiare idea su un argomento dopo averne parlato con altre persone.
23. Preferisco notizie con titoli lunghi che riassumano il contenuto dell'articolo.
24. Leggo le notizie per approfondire le mie conoscenze.
25. Inizio discussioni online con altri utenti nei commenti.
26. Parlo maggiormente con persone che la pensano come me.
27. Preferisco leggere notizie che includono foto e/o video.
28. Leggo le notizie dalle stesse fonti.
29. Mi capita di commentare alcune notizie utilizzando un linguaggio volgare.
30. Credo alle informazioni provenienti da persone autorevoli.
31. Mi soffermo sulle notizie che rispecchiano il mio pensiero.
32. Mi ritengo in grado di distinguere una notizia falsa da una vera.

Il modello di risposta è una scala Likert a 11 punti di frequenza soggettiva, organizzata come quella che segue e posta sotto ciascuna asserzione

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
mai			rara-mente		qualche volta			molto spesso		sempre

Le scale del FNQ sono:

Capacità nel distinguere una notizia falsa da una vera (10 item):

item 2, 5, 9, 13, 16, 21, 24, 28, 31, 32;

Caratteristiche delle fake news *che attirano l'attenzione* (6 item):

item 7, 10, 15, 19, 23, 27

Influenza degli altri (8 item):

item 3, 4, 11, 14, 18, 22, 26, 30;

Ruolo dei social (8 item):

item 1, 6[R]*, 8, 12, 17, 20, 25, 29.

Per lo scoring si calcola la media della somma delle risposte a ciascun item di ogni sottoscala: più alto è il punteggio, maggiore è la frequenza media con cui accade ciò che è descritto dalla sottoscala.

6. Bibliografia

Ambrosio L., Benedetto L., *Lo Smart_Q*, in Benedetto L., Ingrassia M. (a cura di), *Crescere connessi: risorse e insidie del web*, Parma, 2017, 229 ss.

Armstrong J.G., Putnam F.W., Carlson E.B., Libero D.Z., Smith S.R., *Development and validation of a measure of adolescent dissociation: The Adolescent Dissociative Experiences Scale*, in *Journal of Nervous and Mental Disease*, n. 185/1997, 491 ss., Doi: 10.1097/00005053-199708000-00003

Berger J., *Arousal increases social transmission of information*, in *Psychological Science*, n. 22/2011, 891 ss., https://doi.org/10.1177/0956797611413294.

Bronfenbrenner U., *Ecologia dello sviluppo umano*, Bologna, 1986 (ed. or. *The ecology of human development. Experiments by nature and design*, Cambridge, MA, 1979).

* Il punteggio di quest'item è calcolato in modo inverso (0 = 10; 1 = 9; 2 = 8 ecc.)

boyd d., *It's complicated. La vita sociale degli adolescenti sul web*, Roma, 2014 (ed. or. *It's complicated. The social lives of networked teens*, 2014, disponibile in http://www.danah.org/books/ItsComplicated.pdf).

Cantelmi T., Toro M.B., Talli M., *Uso, abuso, dipendenza da Internet (UADI). Guida semplificata all'uso del test*, in Cantelmi T., Toro M.B., Talli M., *Avatar. Dislocazioni mentali, personalità tecno-mediate, derive autistiche e condotte fuori controllo*, Roma, 2010, 79 ss. (review 2019 disponibile in http://www.associazioneitci.it/test-uadi-istruzioni-per-luso-e-test-con-item-aggiornati/).

Carver C.S., Scheier M.F., Weintraub J.K., *Assessing coping strategies: A theoretically based approach*, in *Journal of Personality and Social Psychology*, n. 56/1989, 267 ss.

Cosoleto M.S., *Credere alle* fake news. *Studio esplorativo su suggestionabilità e caratteristiche di personalità*, Messina, 2019/20 (CdS LM-51 Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita, tesi non pubblicata).

Del Miglio C., Gamba A., Cantelmi T., *Costruzione e validazione preliminare di uno strumento (U.A.D.I.) per la rilevazione delle variabili psicologiche e psicopatologiche correlate all'uso di internet*, in *Giornale Italiano di Psicopatologia*, n. 7/2001, 293 ss.

Donovan J., *Attivismo per la libertà*, in AA.VV., *L'era della disinformazione* (I Quaderni, Suppl. al n. 650 di *Le Scienze*), Roma, 2022, 131 ss. (ed or. *Trolling for truth on social media*, October 12, 2020, available at https://www.scientificamerican.com/article/trolling-for-truth-on-social-media/).

Galeotti A.E., *Believing fake news*, in Condello A., Andina T. (a cura di), *Post-Truth, Philosophy and Law*, London, 2019, 58 ss., Doi: 10.4324/9780429450778-6.

Governo Italiano, Presidenza del Consiglio dei Ministri, *Italia domani. Piano nazionale di ripresa e resilienza, #nextgenerationitalia*, Ministero dell'Economia e delle Finanze, 2021 (disponibile online: https://www.italiadomani.gov.it/it/home.html)

Henkel L.A., *Point-and-shoot memories: The influence of taking photos on memory for a museum tour*, in *Psychological Sciences*, n. 25/2014, 396 ss., Doi: 10.1177/0956797613504438.

Ingrassia M., *Un "nuovo" contesto di sviluppo per bambini e adolescenti*, in Benedetto L., Ingrassia M. (a cura di), *Crescere connessi: risorse e insidie del web*, Parma, 2017, 9 ss.

Ingrassia M., Cedro G., Puccio S., Benedetto L., *Adolescents suspended in the Space-Time: Problematic use of smartphone between dissociative symptoms and flow experiences*, in Ingrassia M., Benedetto L. (a cura di), *Adolescences*, Londra, 2022, 1 ss. (first published online 2021, Doi: http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.101632).

John O.P., Naumann L.P., Soto, C.J., *Paradigm shift to the integrative Big Five trait taxonomy: History, measurement, and conceptual issues*, in John O.P., Robins R.W., Pervin L.A. (a cura di), *Handbook of personality: Theory and research*, New York, 2008, 114 ss.

Kotov, R.I., Bellman, S.B., Watson, D. B., *Multidimensional Iowa Suggestibility Scale (MISS): Brief manual*, Stoney Brook, NY, 2004 (disponibile in https://renaissance. stonybrookmedicine.edu/sites/default/files/MISSBriefManual.pdf).

Livingstone S., Haddon L., Görzig A., Ólafsson K., *Risks and safety on the internet: The perspective of European children: full findings and policy implications from the EU Kids Online survey of 9-16 year olds and their parents in 25 countries*, London, UK, 2011 (available at: http://eprints.lse.ac.uk/33731/).

Loos E., Nijenhuis J., *Consuming fake news: A matter of age? The perception of political fake news stories in Facebook ads*, in Gao, Q., Zhou, J. (a cura di), *Human aspects of IT for the aged population. Technology and society. HCII 2020. Lecture notes in Computer science*, Berlino, 2020/12209, https://doi.org/10.1007/978-3-030-50232-4_6.

National Advisory Council for Online Safety (NACOS), *Report of a National Survey of Children, their Parents and Adults regarding Online Safety 2021*, Department of Tourism, Culture, Arts, Gaeltacht, Sport, and Media, Ireland, 2021 (disponibile online: https://www.gov.ie/en/publication/1f19b-report-of-a-national-survey-of-children-their-parents-and-adults-regarding-online-safety/).

Nilus S., *I protocolli dei savi di Sion*, Massa, 2008 (ed. or., *Protokoly sionskich mudrecov*, San Pietroburgo, 1903).

O'Connor C., Weatherall, J.O., *Perché ci fidiamo delle bugie?* in AA.VV., *L'era della disinformazione* (I Quaderni, Suppl. al n. 650 di *Le Scienze*), Roma, 2022, 57 ss (ed or. *How Misinformation Spreads – and Why We Trust It*, September 1, 2019, available at https://www.scientificamerican.com/article/how-misinformation-spreads-and-why-we-trust-it/).

Sample C., Justice C., Darraj E., *A model for evaluating fake news*, in *The Cyber Defense Review*, 2019/Special Edition *International Conference on Cyber Conflict (CYCON U.S.) November 14 -15, 2018 – Cyber Conflict During Competition*), 171 ss. (disponibile online: https://cyberdefensereview.army.mil/Portals/6/Session%204%20Number%201%20CDR-Special%20Edition-2019.pdf).

Schimmenti A., *Psychometric properties of the Adolescent Dissociative Experiences Scale in a sample of Italian adolescents*, in *Journal of Trauma & Dissociation*, n. 17/2016, 244 ss., Doi: 10.1080/15299732.2015.1064507

Sica C., Magni C., Ghisi M., Altoè G., Sighinolfi C., Chiri L.R., Franceschini S., Coping Orientation to Problems Experienced -*Nuova Versione Italiana (COPE-NVI): uno strumento per la misura degli stili di coping*, in *Psicoterapia Cognitiva e Comportamentale*, n. 14/2008, 27 ss.

Smahel D., Machackova H., Mascheroni G., Dedkova L., Staksrud E., Ólafsson K., Livingstone S., Hasebrink, U., *EU Kids Online 2020: Survey results from 19 countries*, EU Kids Online, 2020, Doi: 10.21953/lse.47fdeqj01ofo (disponibile online: http://www.eukidsonline.net/).

Stavre I., Puntí M., *Fake news, something new?*, in *Sociology and Anthropology*, n. 7/2019, 212 ss., Doi: 10.13189/sa.2019.070504.

Ubbiali A., Chiorri C., Hampton P., Donati D., *Italian Big Five Inventory. Psychometric properties of the Italian adaptation of the Big Five Inventory (BFI)*, in *Bollettino di Psicologia Applicata*, n. 266/2013, 37 ss.

Van Deursen A.J.A.M., Helsper E.J., Eynon R., *Measuring Digital Skills. From Digital Skills to Tangible Outcomes project report*, London, Twente, Oxford, 2014 (available at: www.oii.ox.ac.uk/research/projects/?id=112).

World Economic Forum, *Global Risks 2013 Eighth Edition*, Cologny/Geneva, CH, 2013 (disponibile in https://www.weforum.org/reports/world-economic-forum-global-risks-2013-eighth-edition).

World Economic Forum, *The Global Risks Report 2023 18th Edition*, Cologny/Geneva, CH, 2013 (disponibile in https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023).

World Health Organization, Division of Mental Health, *Life skills education for children and adolescents in schools* (2nd rev), Geneve, CH, 1994 (available at https://apps.who.int/iris/handle/10665/63552).

Zurzolo V., *Credibilità delle fake news: un'indagine sulle relazioni tra competenze digitali, strategie di coping, suggestionabilità e suscettibilità alle notizie false*, Messina, 2021/22 (CdS LM-51 Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita, tesi non pubblicata).

Antonino Bucca

I LINGUAGGI DELLA FOLLIA

1. Introduzione: psicosi, deliri e allucinazioni. – 2. La schizofasia, le "lingue" inventate schizofreniche e la retorica paranoica. – 3. Deficit pragmatici e usi linguistici. – 4. Il linguaggio psicotico e le forme espressive liberatorie. – 5. Conclusioni. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione: psicosi, deliri e allucinazioni

Alla fine dell'Ottocento, Emil Kraepelin (1899) descrisse i casi clinici di *dementia praecox* che portavano gradualmente al deterioramento cognitivo dei malati. Più o meno nello stesso periodo, occupandosi della classificazione dei disturbi mentali, descrisse anche i casi clinici di *paranoia*, caratterizzata da tratti di personalità particolarmente ostici (diffidenza, sospettosità, ostilità, aggressività, ecc.) che portavano allo sviluppo insidioso, lucido e "coerente" della follia. Qualche anno dopo, Eugen Bleuler (1911; 1912) delineò meglio le caratteristiche psicopatologiche di questi disturbi mentali e li considerò come forme di psicosi *schizofreniche*: la nosografia odierna – nell'ambito di un ventaglio molto più ampio dei disturbi psicotici – tende ancora a privilegiare l'impostazione clinica dello psichiatra svizzero; e a classificare i casi di paranoia con la nuova terminologia di disturbo delirante (G. Winokur, 1977; G.B. Cassano *et al.*, 2002; APA, 2013).

Si devono, quindi, soprattutto agli psichiatri di lingua tedesca Kraepelin e Bleuler le prime classificazioni sistematiche dei disturbi mentali, che sono poi più o meno le stesse – ossia a grandi linee la stessa struttura classificatoria, aggiornata ovviamente con le conoscenze più recenti – che troviamo nelle descrizioni cliniche attuali. Tra i diversi disturbi mentali (disturbi d'ansia, dell'umore, di personalità, ecc.), le psicosi costituiscono tuttavia le forme psicopatologiche in cui le manifestazioni cognitive e cliniche più importanti – il *delirio*, le *allucinazioni* e il *disturbo formale del pensiero* – si riflettono nel linguaggio: cioè, nei deficit e/o negli usi linguistici dei malati (U. Galimberti, 1979; E. Shorter, 2000).

Le idee deliranti, che caratterizzano gli stati mentali nelle psicopatologie, riguardano lo sviluppo e l'articolazione del pensiero: in altri termini, il delirio si presenta come

l'irrigidimento del pensiero su una convinzione che ha origine da fraintendimenti o da false impressioni. Il delirio costituisce perciò una modalità morbosa del pensiero e, in forme diverse, la manifestazione psicopatologica principale di tutti i disturbi mentali che, per questo motivo, si caratterizzano per la mancanza di consapevolezza della malattia (K. Schneider, 1954; K. Jaspers, 1959).

I primi elementi dell'idea che occuperà il pensiero del delirante hanno radici lontane in esperienze realmente vissute dal soggetto, ma è un evento – spesso casuale – che dà origine all'interpretazione insolita – all'"illuminazione" – da cui prenderà corpo l'ideazione morbosa. Da quel momento, nulla accade più per caso: ogni fatto, circostanza o discorso appare chiaramente legato all'interpretazione delirante. Così, le conclusioni a cui giunge il malato sono considerate *senza dubbio*, e dunque *certezze* assolutamente indiscutibili (L. Binswanger, 1990; E. Borgna, 2009; R. Bodei, 2002).

Le idee deliranti si polarizzano attorno ai nuclei tematici di persecuzione e di grandezza, e possono essere espressi con pensieri bizzarri o lucidi. I deliri bizzarri, tipici delle psicosi schizofreniche, sono incomprensibili e manifestano sentimenti di alienazione, scissione, disintegrazione o disgregazione dell'Io. I temi deliranti bizzarri più diffusi sono costituiti dai sentimenti di influenzamento, controllo, furto, inserzione e lettura del pensiero; dalla sensazione di trasformazione del corpo e dei tratti somatici; ecc. Questi stati mentali disorganizzati si contraddistinguono inoltre per gli episodi confusionali, i disturbi della percezione spazio-temporale e per il ritiro sociale o autistico. Mentre i deliri lucidi, tipici della paranoia o disturbo delirante, sono sempre legati alle idee di persecuzione e di grandezza, ma queste sono espresse in maniera "plausibile": cioè, si manifestano solo con idee coerenti con le convinzioni morbose, sostenute con assoluta certezza e al di là di ogni ragionevole dubbio. In tali casi il soggetto spinto dell'esaltazione passionale e dall'esagerazione di alcuni tratti della personalità (suscettibilità, sospettosità, sfiducia, aggressività, ecc.) si lancia nella rivendicazione minuziosa e nella difesa intransigente delle proprie prerogative personali. Tra i temi deliranti lucidi più diffusi troviamo i deliri di riferimento, di rivendicazione, la querulomania o delirio di querela e il delirio di gelosia (R.D. Laing, 1991; A. Sims, 1997; M. Rossi Monti, 2008).

I deliri bizzarri schizofrenici spesso si presentano insieme alle allucinazioni e al disturbo formale del pensiero. A differenza dei deliri, il disturbo formale del pensiero riguarda le esperienze dissociative delle idee, ovvero la cosiddetta "fuga delle idee" in cui le operazioni cognitive e linguistiche sono caratterizzate dalla mancanza di coerenza e di coesione. La perdita dei nessi associativi del pensiero si manifesta così attraverso il linguaggio incoerente, logorroico, deragliante, tangenziale, circostanziale, distraibile, ecc. (N.C. Andreasen, W.M. Grove, 1986; N.C. Andreasen, 1996; J. Cutting, 1999).

La percezione è funzionale all'interpretazione morbosa, ovvero al delirio. In altri termini, le percezioni sensoriali soggettive o allucinazioni influenzano l'ideazione ossessiva-persecutoria del malato. Nelle psicosi schizofreniche le esperienze percettive allucinatorie sono prevalentemente di natura uditiva: il malato ha la sensazione e l'angoscia di udire rumori, suoni e voci generalmente spaventose, denigratorie, offensive o minacciose. Allucinazioni meno frequenti sono quelle visive e ancora più rare sono quelle tattili o somatosensoriali, olfattive e gustative. Il delirio bizzarro e/o lucido, il disturbo formale del pensiero e le allucinazioni caratterizzano quindi le diverse psicosi (M. Foucault, 1997; C.D. Frith, 2005).

I quadri clinici e la comprensione dei disturbi mentali si condensano soprattutto attorno alle funzioni cognitive e psicopatologiche dei deliri e delle allucinazioni. Abbiamo visto che le diverse forme del delirare – i deliri bizzarri schizofrenici o i deliri lucidi del disturbo delirante – caratterizzano le differenti sfaccettature delle psicosi. Nella schizofrenia e nel disturbo delirante o paranoia le idee deliranti a sfondo persecutorio (con o senza percezioni allucinatorie) possono riguardare la valutazione di circostanze, la realtà e le relazioni interpersonali. Ma, in forme ancora diverse, le idee deliranti riguardano anche altri disturbi mentali. Per esempio, i Disturbi dell'umore (con un inspiegabile senso di colpa, di rovina o di malattia che incrina il giudizio personale), e con una tonalità più sfumata – come "idea prevalente" – sono evidenti anche nel Disturbo Ossessivo Compulsivo e in alcuni Disturbi di Personalità: specialmente il Disturbo Paranoide di Personalità (APA, 2013; WHO, 1992).

Nondimeno, quando si fa riferimento ai *linguaggi della follia*, ovvero alle peculiarità rappresentative, espressive, comunicative e linguistiche dei disturbi mentali, si fa chiaramente riferimento alle caratteristiche del linguaggio psicotico.

2. La schizofasia, le "lingue" inventate schizofreniche e la retorica paranoica

Già dagli studi ottocenteschi il linguaggio è stato considerato utilissimo per la comprensione dei disturbi mentali. Attraverso lo studio dei casi di *dementia praecox*, Kraepelin (1899) introduce il concetto di *schizofasia*. La schizofasia (o schizolalia) si presentava con parole o frasi proferite dal malato in un linguaggio incomprensibile, una sorta di "insalata di parole" apparentemente priva di riferimenti impliciti o espliciti: ossia, come fenomeni linguistici caratterizzati dall'incoerenza, dall'incomprensibilità e dalla confusione verbale, dovuti appunto a un'alterazione della fluenza dei processi del pensiero. Gli enunciati dei pazienti ricoverati negli ospedali psichiatrici sembravano riflettere, nella dissoluzione del linguaggio verbigerante, le manifestazioni di scissione della personalità. Tra la fine dell'Ottocento e i primi del Novecento, inoltre, sono stati descritti casi di xenoglossia in cui un soggetto improvvisamente – spesso in stato di *trance* – si trovava a parlare una o più lingue consapevolmente ignorate. In seguito, nei fenomeni schizofasici e/o verbigeranti dei malati mentali sono stati trovati i segni di vere e proprie "lingue inventate": una sorta di "gergo" apparentemente incomprensibile o forme, appunto, di glossolalia (S. Piro, 1967; A. Lecours, M. Vanier-Clément, 1976; A. Pennisi, 1998).

Nei primi studi sui disturbi mentali le formulazioni linguistiche incomprensibili dei malati sono state considerate giochi di parole senza senso, oppure esempi di culto esoterico della parola: di questo tipo, la definizione di logolatria di Eugenio Tanzi e le neolalie deliranti. Le ricerche pioneristiche sul linguaggio schizofrenico che si basavano sull'osservazione clinica dei malati internati nei manicomi – ovvero negli ospedali psichiatrici – tendevano a soffermarsi sugli usi semantici difficilmente comprensibili. Nelle produzioni linguistiche dei malati si osservarono così neologismi, paralogismi (termini che assumono arbitrariamente il suono, il referente o il significato di altri), *lapsus linguae*, locuzioni olofrastiche (simili alle parole-frasi del linguaggio infantile), le cosiddette druse verbali (formazioni di parole o di frasi condensate tra loro), ecc. Una sorta di tendenza manipolatoria del linguaggio che si può spingere al punto da disarticolare la linearità sintagmatica della frase (asintassia), a deteriorare il contenuto del discorso o a conferire agli enunciati uno stile telegrafico. Tutta una serie di "giochi" metalinguistici fatti di formule ambigue, allusive, indeterminate, stereotipe, da cui prende corpo la fluttuazione dell'alone semantico – oppure addirittura la dissoluzione semantica –

che porta alla dispersione del significato pubblico degli enunciati. Frasi e parole si presentano allora ermetiche, criptiche, "oscure", incomprensibili: il nucleo principale del linguaggio schizofrenico sembra condensarsi, dunque, nella trasformazione semantica delle formulazioni espressive (S. Piro, 1967).

L'eloquio dei soggetti schizofrenici, inoltre, appare confuso, disorganizzato, privo di coerenza e di coesione: per via, come dicevamo, del disturbo formale del pensiero e delle esperienze dissociative delle idee e del linguaggio (N.C. Andreasen, 1996; J. Cutting, 1999). In passato si sono studiate a lungo le anomalie fonetiche, sintattiche (complessità ridotta o impoverita delle frasi), semantiche (neologismi, parafasie, ecc.) e prosodiche (intonazione atipica) delle forme espressive incomprensibili schizofreniche: ovvero, tutta la serie di sfumature linguistiche che andavano dalla schizofasia alle "lingue" inventate (neoglossia, neofasia, glossolalia). Sicché, i primi studi di psicopatologia del linguaggio nascevano dalle osservazioni cliniche e riguardavano perlopiù il *senso* e/o il *non senso* delle produzioni linguistiche incomprensibili dei malati (S. Piro, 1992; A. Pennisi, 1998).

Ciò, tuttavia, riguarda in parte soprattutto il passato, poiché grazie ai nuovi trattamenti terapeutici (farmacologici, psicoterapeutici, occupazionali, ecc.) delle psicosi schizofreniche i fenomeni linguistici completamente incomprensibili (schizofasici, verbigeranti e/o glossolalici) sono ormai difficilmente osservabili. Ma ciò riguarda anche solo un aspetto del linguaggio psicotico: quello appunto schizofrenico. L'altro aspetto del linguaggio psicotico, molto meno studiato rispetto a quello schizofrenico, è costituito dalla cosiddetta argomentazione o *retorica* paranoica. Anche le psicosi paranoiche (cioè, il disturbo delirante), infatti, presentano caratteristiche linguistiche che sono strettamente legate all'ideazione delirante lucida. E, anche in questo caso, la storia delle descrizioni cliniche e psicopatologiche risale almeno all'Ottocento.

Un primo elemento già abbastanza significativo del linguaggio paranoico è costituito dalla tendenza alla *querulomania*: dicevamo che la querulomania è anche un tema delirante lucido persecutorio affine e/o sorretto dal delirio di rivendicazione. Sul versante strettamente linguistico, nondimeno, essa manifesta la disposizione compulsiva del malato alla denuncia formale scritta – ossia alla querela – presso tutte le autorità giudiziarie o le istituzioni competenti (politiche, religiose, stampa, ecc.), con lo scopo di avviare procedimenti (penali o

civili) verso i presunti persecutori. I temi morbosi persecutori e querulomani che accompagnano le rivendicazioni di giustizia sono ricorrenti nei discorsi e negli scritti paranoici: essi si caratterizzano per i dettagli minuziosi che infittiscono le corpose pagine delle denunce, l'ostinazione ossessiva, i *cliché* ripetitivi, l'ostilità e persino per gli epiteti ingiuriosi. L'uso cospicuo della parola, sebbene capziosa e ridondante fino alla noia, ha il solo scopo di consentire di cogliere la "verità": il linguaggio paranoico, infatti, ruota sostanzialmente intorno all'esigenza argomentativa, persuasiva, retorica con cui questi soggetti provano – senza tregua – a convincere gli altri (essenzialmente le autorità giudiziarie) difendendo le loro incredibili – e deliranti – convinzioni.

Nonostante gli affannosi tentativi di argomentazione e di persuasione, il destino della narrazione paranoica – benché con tratti comprensibili e verosimili – diventa lo specchio del delirio lucido del malato, e l'insistenza petulante, noiosa, insolente, assolutamente irriducibile rivela le logiche morbose determinandone il fallimento. La "verità" delirante, la verità parossistica, finisce allora per cedere sotto i colpi delle contraddizioni del discorso del malato: non tanto perché egli manchi di *dire* qualche verità, ma appunto per l'ostinazione fittizia che non gli consente di ammettere *altre* possibili letture o interpretazioni della realtà. Vengono meno, così, anche tutti gli sforzi linguistici del paranoico di costruire una linea argomentativa e retorica ammissibile per creare una rappresentazione della realtà "condivisa" in cui far passare il principio e l'idea di verità delirante (A. Bucca, 2009; 2013).

Il progressivo sviluppo delle condizioni psicopatologiche, dunque, è determinato principalmente dalle manifestazioni deliranti e allucinatorie. Ogni delirio evidenzia il binomio morboso delle idee di persecuzione e di onnipotenza, e con esse la rigidità dei giudizi, la chiusura agli altri e al mondo e persino l'*acting-out* distruttivo. La cosiddetta "illuminazione" spesso costituisce l'inizio ma anche il culmine dell'esperienza psicotica: cioè, il momento della "scoperta" della verità e della realtà, che gli altri ritengono assurde ma che segnano drammaticamente la malattia mentale. Ciò nonostante, sono le espressioni linguistiche a dar corpo alle idee deliranti e alle percezioni allucinatorie, formate da interpretazioni singolari, falsi ricordi, illusioni di memoria, sentimenti di depersonalizzazione (A. Bucca, 2020).

Attraverso il linguaggio i soggetti psicotici finiscono perciò per rivelare palesemente la paradossalità dei loro pensieri e delle loro percezioni: e, anche se non direttamente, queste

manifestazioni psicopatologiche "parlano" del significato personale che assume la realtà oggettiva, soggettiva e relazionale, e chiaramente delle esperienze di malattia. Sono principalmente le psicosi schizofreniche a caratterizzarsi per i deficit e/o per gli usi linguistici che evidenziano tutta l'inadeguatezza semantica e pragmatica di scambi discorsivi spesso ridotti a un monologo autoreferenziale privo di coerenza e di coesione a volte persino incomprensibile (appunto, schizofasico e/o verbigerante). Corpo e mente, e ancora delirio, allucinazioni, linguaggio costituiscono allora gli ambiti d'indagine delle neuroscienze e delle scienze cognitive, ed evidentemente anche della psichiatria e della filosofia.

3. Deficit pragmatici e usi linguistici

Dopo oltre un secolo di studi sul linguaggio psicotico schizofrenico, le ricerche più recenti hanno trovato nuova linfa nell'ambito della neuropsicologia, della neurolinguistica e della pragmatica clinica. Le indagini odierne, in effetti, sono concentrate prevalentemente sui deficit pragmatici: oltre la mancanza di coerenza e di coesione del linguaggio schizofrenico, a essere al centro dell'attenzione sono le difficoltà nella produzione e nella comprensione del senso e/o del significato figurato degli enunciati e la pertinenza del discorso dei malati (B.G. Bara, 2010; L. Cummings, 2009; A. Marini *et al.*, 2008).

Secondo queste ricerche i deficit del linguaggio schizofrenico dipenderebbero da disturbi cognitivi, specialmente dalle scarse capacità dei malati nelle *funzioni esecutive* e nella *teoria della mente*. Tali deficit determinerebbero le difficoltà inferenziali di questi soggetti e quindi le difficoltà nel produrre e nel comprendere il linguaggio figurato: metafore, espressioni idiomatiche, enunciati ironici e sarcastici, il riconoscimento delle intenzioni comunicative sincere o ingannevoli, ecc. (C.D. Frith, R. Corcoran, 1996; J.M. Gavilán, J.E. García-Albea, 2011; A. Moro *et al.*, 2015). I deficit pragmatici del linguaggio schizofrenico dipenderebbero, insomma, dai problemi nelle funzioni neuropsicologiche che sono alla base della cosiddetta *cognizione sociale*, e che possono essere meglio sintetizzati come deficit *centrali* e *specifici* del *dominio* delle *abilità pragmatiche*. Gli studi che fanno riferimento ai deficit pragmatici in rapporto alle abilità dei malati nella cognizione sociale sono svolti, come dicevamo, prevalentemente nell'ambito delle indagini di neurolinguistica e di pragmatica clinica: essi sostanzialmente cercano di spiegare le *performance* comunicative dei soggetti schizofrenici

chiamando in causa funzioni corticali e sottocorticali dei due emisferi, e soprattutto le funzioni della cosiddetta giunzione temporo-parietale dell'emisfero sinistro (R. Angeleri *et al.*, 2008; L. Colle *et al.*, 2013; G. Arcara, V. Bambini, 2016; F.M. Bosco, A. Parola, 2017).

Oltre queste ricerche, altre indagini sperimentali condotte nell'ambito delle neuroscienze cognitive hanno focalizzato l'attenzione, invece, su diverse reti neuronali corticali e sottocorticali, tra cui il cosiddetto *default mode network*, e cercano di spiegare i disturbi del linguaggio schizofrenico chiamando in causa soprattutto le funzioni delle aree frontali e temporali dell'emisfero sinistro: tra queste, chiaramente, anche le note aree del linguaggio di Broca e di Wernicke, e in particolare il giro angolare (area 39 di Brodmann). Tali studi hanno portato a ipotizzare nuove prospettive di ricerca sul linguaggio schizofrenico nell'ambito di un nuovo orientamento delle ricerche di neuropsicopatologia del linguaggio (A. Pennisi, 2022).

I deficit pragmatici del linguaggio schizofrenico – ovvero la tendenza alle interpretazioni letterali più che agli usi figurati delle frasi –, dunque, sono spiegati considerando il significato e il senso degli enunciati riferiti al contesto cognitivo e linguistico: facendo riferimento, appunto, alle capacità nelle funzioni esecutive, nella teoria della mente e/o nel dominio centrale e specifico delle abilità pragmatiche dei malati. Ragion per cui, i fraintendimenti e i fallimenti comunicativi fanno riferimento anche alle abilità soggettive di "lettura" del contesto degli scambi comunicativi. E, chiaramente, i deficit pragmatici dei soggetti schizofrenici dipendono dalle interpretazioni delle informazioni del contesto, e probabilmente anche dalla scelta di quello a cui essi intendono riferire i loro enunciati.

A tal proposito, il *setting* sperimentale – utilizzato nelle ricerche di neurolinguistica e/o di neuropragmatica – probabilmente non costituisce un esempio consueto di contesto discorsivo schizofrenico. E, benché questi studi forniscono modelli di spiegazione interessanti sui deficit del linguaggio dei malati, tuttavia alcuni punti non sono del tutto chiari e convincenti. Vale a dire: i deficit pragmatici quali fasi della malattia (acute, croniche o entrambe) riguardano? In che modo sono influenzati dai trattamenti terapeutici farmacologici? C'è correlazione tra i deficit nella cognizione sociale, il disturbo formale del pensiero, il delirio e le allucinazioni? Oltre le "lingue" inventate, come spiegare gli scritti narrativi e poetici e le produzioni pittoriche schizofreniche?

Le risposte a queste domande sono ancora un po' ambigue. Ma, più in generale, potremmo chiederci: come cogliere le reali intenzioni comunicative del parlante? O ancora, come disambiguare il significato di una frase o di un enunciato? Semplicemente facendo quello che facciamo quotidianamente negli scambi discorsivi: cioè, immaginando i riferimenti contestuali (mettendo insieme le nostre conoscenze oggettive, soggettive, intersoggettive, relazionali) a cui il parlante intende alludere, in modo da rendere esplicite le sue intenzioni comunicative e, quindi, le sue espressioni. Anche nel discorso schizofrenico la funzione del contesto della comunicazione è importante per disambiguare gli usi linguistici dei malati e per spiegare i fraintendimenti, i fallimenti comunicativi o i deficit pragmatici. Ebbene, il contesto privilegiato negli scambi comunicativi psicotici (schizofrenici o paranoici) è costituito essenzialmente dal contesto delle esperienze deliranti e allucinatorie (R. Cavalieri, A. Bucca, 2023).

Al di là delle scarse capacità nella cognizione sociale (nelle funzioni esecutive, nella teoria della mente e/o il deficit centrale e specifico delle abilità pragmatiche) e il disturbo formale del pensiero, sono soprattutto il delirio e le allucinazioni che consentono di contestualizzare il riferimento soggettivo (immaginario e inconsueto), oggettivo e intersoggettivo degli enunciati schizofrenici. La funzione del contesto delirante e allucinatorio – cioè del conteso vitale psicotico – è importante per considerare l'ambito conversazionale, l'altro da sé a cui il soggetto intende riferire le sue intenzioni comunicative e per spiegare i deficit e/o gli usi del linguaggio schizofrenico. Specialmente nelle fasi acute delle manifestazioni schizofreniche, le produzioni linguistiche dei malati – anche quando questi usano una sorta di gergo (schizofasico, verbigerante, glossolalico) apparentemente incomprensibile – esprimono le loro ossessioni persecutorie e le loro manie di grandezza, e riguardano dunque un preciso contesto delirante e allucinatorio (A. Bucca, 2018).

Ciò nonostante, paradossalmente, le ricerche di neurolinguistica e di pragmatica clinica sembrano privilegiare solo il contesto sperimentale a scapito del contesto significativo dei malati che – come avviene negli scambi comunicativi ordinari – riguarda essenzialmente le loro esperienze personali e sociali. Amplificando alcuni limiti delle procedure standardizzate dei report scientifici e i bassi livelli nelle capacità di astrazione dei malati, queste ricerche tendono a dimostrare che i soggetti schizofrenici presenterebbero diverse difficoltà non tanto

con il senso letterale, ma nel produrre e comprendere il senso del linguaggio figurato. È noto da tempo, però, che i soggetti schizofrenici mostrano un bisogno comunicativo – anche se generalmente *autoreferenziale* – che si esprime oralmente, attraverso la scrittura e i linguaggi poetici e artistici: chiari esempi, appunto, di usi linguistici figurati (Bucca, 2013; R. Cavalieri, A. Bucca, 2023).

Oltre le funzioni corticali e sottocorticali del sistema nervoso centrale, i diversi processi cognitivi implicati e i risultati delle ricerche sperimentali, una teoria del linguaggio e degli usi comunicativi schizofrenici deve necessariamente considerare il ruolo del contesto in relazione alle manifestazioni cliniche più importanti (le esperienze deliranti e allucinatorie), il decorso ciclico della malattia (le fasi alterne, acute e croniche) e l'effetto dei trattamenti terapeutici. E in quanto esperienze significative della vita dei malati, soprattutto il delirio e le allucinazioni sono determinanti per contestualizzare il riferimento conversazionale degli enunciati schizofrenici, e consentono di considerare anche l'altro da sé a cui essi intendono riferirsi.

Insomma, per studiare i deficit del linguaggio e degli usi discorsivi schizofrenici, ci sembra necessario recuperare anche la prospettiva filosofica e psicopatologica. Cioè, ci sembra necessario integrare le varie ipotesi sui disturbi cognitivi (specialmente della cognizione sociale) con la comprensione del contesto comunicativo delirante e allucinatorio. Al fine di considerare complessivamente tutti gli aspetti emotivi, cognitivi, linguistici e relazionali che sono effettivamente alla base del linguaggio psicotico.

4. Il linguaggio psicotico e le forme espressive liberatorie

Diversi studi di psicopatologia e di filosofia del linguaggio hanno posto l'attenzione su quello che sembra un tangibile *bisogno* espressivo psicotico, evidente sin dalle osservazioni cliniche del passato (specialmente quelle condotte negli ospedali psichiatrici), e nelle produzioni linguistiche dei malati (i copiosi scritti autografi fatti di lettere, diari, memorandum, querele, e ancora di composizioni narrative, poetiche, pittoriche, ecc.). Gli archivi clinici sono ricchissimi di nosografie e di *reports* psichiatrici con le produzioni espressive autografe. I soggetti schizofrenici, quindi, manifestano un bisogno comunicativo autoreferenziale che si esprime sia oralmente sia attraverso la scrittura: a differenza dei

soggetti paranoici che invece prediligono la scrittura (D. Nettle, 2006; J. Goss, 2011; A. Bucca, 2013; 2015).

Questi materiali – le produzioni schizofreniche – costituiscono chiari esempi di usi linguistici figurati (metafore, espressioni idiomatiche, ironia, sarcasmo, ecc.), che evidentemente non sono poi così sporadici come potrebbe sembrare dalle ricerche e/o dai reports sperimentali sopracitati. Come avviene negli scambi discorsivi abituali, anche in quelli psichiatrici e negli scritti autografi dei malati sono evidenti condizioni linguistiche e comunicative diverse rispetto a quelle che si presentano nel contesto sperimentale, ma simili a quelle che sono tipiche del contesto ordinario. Proprio in questi casi, in effetti, emergono chiaramente gli usi linguistici schizofrenici riferibili al contesto comunicativo più familiare al malato. I fraintendimenti e i fallimenti comunicativi, perciò, rinviano sempre al contesto degli scambi comunicativi, ovviamente anche nel caso del linguaggio e del discorso schizofrenico dove persino gli enunciati apparentemente incomprensibili (verbigerazione, schizofasia, glossolalia) sembrano comunicare un messaggio riferibile alle manifestazioni psicopatologiche.

Pure nell'ambito degli studi odierni di neuroscienze e/o di scienze cognitive sui disturbi psicotici, dunque, il linguaggio assume un ruolo rilevante. Dal momento che, come abbiamo visto, rende esplicite le esperienze di follia (i deliri, le allucinazioni, il disturbo formale del pensiero), e i deficit pragmatici. Ma il linguaggio, attraverso le tecniche psicoterapeutiche, costituisce anche un importante dispositivo per la "ristrutturazione" dei processi psicologici (emotivi, cognitivi, relazionali). Complementare alla terapia farmacologica per la cura dei disturbi mentali, infatti, la psicoterapia integrata con le cosiddette terapie occupazionali sono determinanti per scompaginare il senso e le logiche della follia, e per creare nuovi percorsi consapevoli, affettivi e relazionali.

In particolare, le esperienze di *art therapy* (con i laboratori di scrittura, pittura, danza, teatro, ecc.) e di artigianato vario rappresentano un esempio delle possibilità insite nelle forme espressive liberatorie. Queste, in generale, fanno leva sul bisogno espressivo umano e, in particolare, su quello psicotico: nel senso più concreto e attuale che può assumere la psicopatologia dell'espressione anche al di là di ogni presunto legame tra talento, creatività artistica e follia. Del resto, il linguaggio costituisce la modalità specificamente umana di

rappresentazione personale, interpersonale, dei fatti del mondo, e della possibilità di *ristrutturarli* (tutti) in qualsiasi momento (A. Bucca, 2015; 2019; 2022).

5. Conclusioni

A proposito dell'insegnamento di Piero Angela, per riassumere le caratteristiche dei *linguaggi della follia*, possiamo provare a rappresentarli metaforicamente attraverso un passo della *Prima lettera ai Corinzi* del *Nuovo Testamento* attribuita a Paolo di Tarso. Com'è noto, evocando il modo di rivolgersi a Dio, san Paolo fa riferimento al «dono delle lingue» distinguendolo dalla «predicazione profetica». Parlare con «il dono delle lingue» secondo l'apostolo significa proferire parole misteriose per ispirazione divina. Il parlante, in questi casi, non può che rivolgersi solo a coloro che sono in grado di poter ascoltare e di poter comprendere: appunto, o a Dio oppure a sé stesso. L'uso di un linguaggio incomprensibile – come quello prodotto quando si parla con «il dono delle lingue» – necessita infatti della capacità di interpretazione o da parte di colui che lo mette in atto o da parte di altri. Diversa è invece la natura delle «parole profetiche», poiché esse sono dirette a tutti per «loro edificazione, esortazione e conforto». Per questo l'uso di un linguaggio chiaro come quello profetico costituisce il «segno» più adatto per far passare la parola di Dio tra gli uomini «che credono» (CEI, 2008, 14 [2, 3, 22]).

Parlare "con il dono delle lingue" di cui dice san Paolo – cioè farfugliare tra sé spesso con un linguaggio incomprensibile – evoca le modalità comunicative proprie delle psicosi schizofreniche. In tali casi, oltre al significato incomprensibile degli enunciati, va considerato anche l'interlocutore a cui i soggetti schizofrenici intendono riferirsi: un altro da sé ma in sé, ovvero un "altro" percepito attraverso le allucinazioni. Nelle argomentazioni tipiche delle psicosi paranoiche, sperando di carpire e di cooptare gli altri alle proprie convinzioni, chiaramente i malati ricorrono invece a un linguaggio assimilabile a quello profetico.

Quando parliamo dei linguaggi della follia, parliamo essenzialmente delle caratteristiche e/o dei deficit del linguaggio schizofrenico. Insomma, come osservava acutamente Sergio Piro, «un libro sul linguaggio psicotico è, in effetti, un libro sul linguaggio schizofrenico» (1992, 10). Nella sua continua ostentazione della verità, il delirante lucido paranoico si comporta invece come un "*parresiastes*", cioè come chi nel mondo antico era legittimato a usare la *parresia*,

ovvero a dire la verità (M. Foucault, 2005). Poiché la verità del *parresiastes* si concretizza nella parola, essa si riflette nella costruzione verbale. Ma nello stesso momento in cui il soggetto psicotico paranoico sembra vestire i panni del *parresiastes*, nondimeno egli finisce per mancarne i caratteri essenziali. Il delirante paranoico, infatti, sostiene di dire la verità ma non può aprirsi al dialogo, alla critica e all'autocritica; non ha dubbi, non concepisce modi di pensare diversi, né il cambiamento. Della "verità" paranoica rimangono, quindi, solo i terribili segni delle manifestazioni psicopatologiche.

Si potrebbe sostenere che i deficit del linguaggio delle psicosi schizofreniche sono tuttora di grande interesse soprattutto nelle ricerche di neuroscienze cognitive, di psicolinguistica, di neurolinguistica e di pragmatica clinica. Mentre i tentativi di "costruzione" linguistica (argomentativa o retorica) di una realtà "condivisa", ovvero gli sforzi di creare una rappresentazione della realtà in cui far passare il principio dell'idea di verità delirante tipica delle psicosi paranoiche tendono a interessare piuttosto gli studi teorici di psicopatologia e di filosofia del linguaggio. Ma fuor di metafora si tratta chiaramente di prospettive di studio e/o di ricerca che cercano di far luce, certo da angolazioni differenti, sul medesimo oggetto: il linguaggio.

6. Bibliografia

American Psychiatric Association (APA), *Diagnostic and statistical manual of mental disorders DSM-5*, Arlington VA-Washington DC, 2013.

Andreasen N.C., *Schizofrenia. Scale per la valutazione dei sintomi positivi e negativi*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 1996.

Andreasen N.C., Grove W.M., *Thought, Language, and Communication in Schizophrenia: Diagnosis and Prognosis*, in *Schizophrenia Bulletin*, 12, 3, 1986, pp. 348-359.

Angeleri R., Bosco F.M., Zettin M., Sacco K., Colle L., Bara B.G., *Communicative impairment in traumatic brain injury: A complete pragmatic assessment*, in *Brain and Language*, 107, 3, 2008, pp. 229-245.

Arcara G., Bambini V., *A Test for the Assessment of Pragmatic Abilities and Cognitive Substrates (APACS): Normative Data and Psychometric Properties*, in *Frontiers in Psychology*, 7, 70, 2016.

Bara B.G., *Cognitive Pragmatics. The Mental Processes of Communication*, Cambridge, The MIT Press, 2010.

Binswanger L., *Delirio. Antropoanalisi e fenomenologia*, Venezia, Marsilio, 1990.

Bleuler E., *Dementia praecox oder Gruppe der Schizophrenien*, Leipzig und Wien, Franz Deuticke, 1911.

Bleuler E., *Affectivity, Suggestibility, Paranoia*, Utica, New York, New York State Hospitals Press, 1912.

Bodei R., *Le logiche del delirio. Ragione, affetti, follia*, Roma-Bari, Laterza, 2002.

Borgna E., *Come se finisse il mondo. Il senso dell'esperienza schizofrenica*, Milano, Feltrinelli, 2009.

Bosco F.M., Parola A., *Schizophrenia*, in L. Cummings (eds.), *Research in Clinical Pragmatics*, Cham, Springer, 2017, pp. 267-290.

Bucca A., *La gelosia e i suoi dèmoni. Figure del delirio tra filosofia del linguaggio e psicopatologia*, Roma, Editori Riuniti University Press, 2009.

Bucca A., *La follia nelle parole. Ultime voci dal manicomio criminale?*, Roma, Fioriti Editore, 2013.

Bucca A., *Breve viaggio nell'immaginario simbolico della follia. Il linguaggio, i colori e la psicopatologia dell'espressione*, Roma-Messina, Corisco, 2015.

Bucca A., *Pragmatics disorders and indirect reports in psychotic language*, in A. Capone, M. García-Carpintero, A. Falzone (eds.), *Indirect Reports and Pragmatics in the World Languages*, Cham, Springer, 2018, pp. 439-453.

Bucca A., *The Cathartic Function of Language: The Case Study of a Schizophrenic Patient*, in A. Capone, M. Carapezza, F. Lo Piparo (eds.), *Further Advances in Pragmatics and Philosophy: Part 2 Theories and Applications*, Cham, Springer, 2019, 549-560.

Bucca A., *Il discorso schizofrenico. Verbigerazione, fraintendimenti, fallimenti comunicativi*, in *Reti, saperi, linguaggi*, 9(18), 2, 2020, pp. 365-380.

Bucca A., *Poetry and Schizophrenia: Domain of Pragmatic Abilities and Delusional-Hallucinatory Context*, in *Reti, saperi, linguaggi*, 11(21), 1, 2022, 523-536.

Cassano G.B., Pancheri P., Pavan L., Pazzagli A., Ravizza L., Rossi R., Smeraldi E., Volterra V., *Trattato italiano di psichiatria*, Milano, Masson, 2002.

Cavalieri R., Bucca A., *Beyond the Meaning of Words: Issues in Neuropragmatics, Clinical Pragmatics and Schizophrenic Language*, in A. Capone, A. Penna (eds.), *Exploring Contextualism and Performativity. The Environment Matters*, Cham, Springer, 2023, pp. 199-216.

Colle L., Angeleri R., Vallana M., Sacco K., Bara B.G., Bosco F.M., *Understanding the communicative impairments in schizophrenia: A preliminary study*, in *Journal of Communication Disorders*, 46, 3, 2013, pp. 294-308.

Cummings L., *Clinical pragmatics*, Cambridge, Cambridge University Press, 2009.

Conferenza Episcopale Italiana (CEI), *La Sacra Bibbia*, Milano, San Paolo Edizioni, 2008.

Cutting J., *I disturbi del linguaggio nella schizofrenia*, in M. Rossi Monti, G. Stanghellini (a cura di), *Psicopatologia della schizofrenia. Prospettive metodologiche e cliniche*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 1999, pp. 47-58.

Foucault M., *Malattia mentale e psicologia*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 1997.

Foucault M., *Discorso e Verità nella Grecia antica*, Roma, Donzelli Editore, 2005.

Frith C.D., *The neural basis of hallucinations and delusion*, in *Comptes Rendus Biologies*, 328, 2005, pp. 169-175.

Frith C.D., Corcoran R., *Exploring "theory of mind" in people with schizophrenia*, in *Psychological Medicine*, 26, 3, 1996, pp. 521-530.

Galimberti U., *Psichiatria e Fenomenologia*, Milano, Feltrinelli, 1979.

Gavilán J.M., García-Albea J.E., *Theory of mind and language comprehension in schizophrenia: Poor mindreading affects figurative language comprehension beyond intelligence deficits*, in *Journal of Neurolinguistics*, 24, 2011, pp. 54-69.

Goss J., *Poetics in Schizophrenic Language: Speech, Gesture and Biosemiotics*, in *Biosemiotics*, 4, 2011, pp. 291-307.

Jaspers K., *Allgemeine Psychopathologie*, Berlin, Springer Verlag, 1959.

Kraepelin E., *Psychiatrie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte*, Leipzig, Johann Ambrosius Barth Verlag, 1899.

Laing R.D., *L'io diviso. Studio di psichiatria esistenziale*, Torino, Einaudi, 1991.

Lecours A., Vanier-Clément M., *Schizophasia and jargonaphasia. A comparative description with comments on Chaika's and Fromkin's respective looks at "schizophrenic" language*, in *Brain and Language*, 3, 4, 1976, pp. 516-565.

Marini A., Spoletini I., Rubino I.A., Ciuffa M., Bria P., Martinotti G., Banfi G., Boccascino R., Strom P., Siracusano A., Caltagirone C., Spalletta G., *The language of schizophrenia: An analysis of micro and macrolinguistic abilities and their neuropsychological correlates*, in *Schizophrenia Research*, 105, 1, 3, 2008, pp. 144-155.

Moro A., Bambini V., Bosia M., Anselmetti S., Riccaboni R., Cappa S.F., Smeraldi E., Cavallaro R., *Detecting syntactic and semantic anomalies in schizophrenia*, in *Neuropsychologia*, 79, 2015, pp. 147-157.

Nettle D., *Schizotypy and mental health amongst poets, visual artists, and mathematicians*, in *Journal of Research in Personality*, 40, 2006, pp. 876-890.

Pennisi A., *Psicopatologia del linguaggio. Storia, analisi, filosofie della mente*, Roma, Carocci, 1998.

Pennisi A., *Psychopathology of Language, DMN and Embodied Neuroscience. A Unifying Perspective*, in *Reti, saperi, linguaggi*, 11(21), 1, 2022, pp. 5-64.

Piro S., *Il linguaggio schizofrenico*, Milano, Feltrinelli, 1967.

Piro S., *Parole di follia. Storie di persone e linguaggi alla ricerca del significato e del senso*, Milano, Franco Angeli, 1992.

Rossi Monti M., *Forme del delirio e psicopatologia*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2008.

Schneider K., *Psicopatologia Clinica*, Firenze, Sansoni, 1954.

Shorter E., *Storia della Psichiatria. Dall'ospedale psichiatrico al Prozac*, Milano-Parigi-Barcellona, Masson, 2000.

Sims A., *Introduzione alla psicopatologia descrittiva*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 1997.

Winokur G., *Delusional Disorder (Paranoia)*, in *Comprehensive Psychiatry*, 18, 6, 1977, pp. 511-521.

World Health Organization (who), *ICD-10. Classificazione statistica internazionale delle malattie e dei problemi sanitari correlati*, Roma, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, 1992.

Diritto alla salute,
principio di autodeterminazione e responsabilità

Caterina Angelino

IL DIRITTO DI AUTODETERMINAZIONE TERAPEUTICA ALLA PROVA DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE: TRA VECCHI DOGMI E NUOVE PROSPETTIVE

1. Brevi note introduttive. – 2. Autodeterminazione terapeutica e consenso informato: riferimenti normativi. – 2.1. Contenuto dell'obbligo informativo. – 3. Gli approdi giurisprudenziali sull'autonoma rilevanza del consenso informato a fini risarcitori. I criteri di liquidazione del danno. – 4. Consenso informato e uso di software di intelligenza artificiale in supporto alla diagnostica. – 5. Considerazioni conclusive. – 6. Bibliografia.

1. Brevi note introduttive.

Le radici storiche del consenso informato sono assai lontane. Il primo tassello dell'istituto è posto nel 1946 dal Codice Norimberga, che subordina qualunque forma di sperimentazione medica sull'uomo all'acquisizione del consenso. Un successivo riconoscimento si ebbe con la dichiarazione di Helsinki (1964) sui "Principi etici per la ricerca medica che coinvolge i soggetti umani"[1].

In tempi più recenti, a livello sovranazionale, la regola del consenso informato trova riconoscimento nella Convenzione sui diritti dell'uomo e sulla biomedicina, firmata ad Oviedo il 4 aprile 1997 e ratificata in Italia con la legge 28 marzo 2001, n. 145, con la quale si ribadisce che "*un trattamento sanitario può essere praticato solo se la persona interessata abbia prestato il proprio consenso libero ed informato*" (art. 5).

Anche la Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea, proclamata a Nizza il 7 dicembre 2000, all'art. 3 stabilisce che *"ogni individuo ha diritto alla propria integrità fisica e psichica*" la quale si esplica, nell'ambito della medicina e della biologia, attraverso *"il consenso libero e informato della persona interessata"* a sottoporsi ad un determinato trattamento sanitario.

[1] Per un maggiore approfondimento storico giuridico sulle origini del consenso informato si rimanda a L. Palazzani, *Il regolamento europeo e il consenso informato: un commento bioetico e biogiuridico (artt. 28-35)*, in *BioLaw Journal* – Rivista di BioDiritto, n. 4/2022, p. 228-229.

L'analisi dell'attuale assetto normativo, giurisprudenziale e deontologico, che seguirà nei successivi paragrafi, è tesa a dimostrare l'indefettibilità della comunicazione, che avvolge il rapporto fiduciario fra il professionista medico e il paziente. Il consenso, finalizzato alla sottoposizione a trattamenti sanitari, rappresenta uno strumento per realizzare la c.d. "alleanza terapeutica" auspicata dalla nuova concezione del rapporto di cura[2].

La tradizionale ottica paternalistica della relazione terapeutica ha lasciato spazio ad una visione che mette il paziente al centro del rapporto di cura. Ne consegue il riconoscimento di un'autonoma situazione giuridica, legata alla violazione degli obblighi informativi, sicchè la carente o omessa informativa, che non abbia permesso al paziente di valutare autonomamente i benefici e i rischi connessi al trattamento proposto dal sanitario, legittima la proposizione di una domanda risarcitoria per violazione del diritto di autodeterminazione terapeutica[3].

Da ultimo, tenuto conto dello sviluppo di nuove tecnologie, principalmente legate all'impiego di software di intelligenza artificiale in ambito medico, occorre interrogarsi circa il loro impatto sul diritto all'autodeterminazione terapeutica. L'ultimo paragrafo, infatti, è dedicato a talune riflessioni sulla materia, formulando delle considerazioni conclusive.

2. Autodeterminazione terapeutica e consenso informato: riferimenti normativi

La preventiva acquisizione del consenso al trattamento rientra tra le *best practices* dell'arte medica. Tale istituto, infatti, evidenzia il ruolo di parte attiva assunto dal paziente, nell'ambito della relazione di cura, entro cui esprimere la propria volontà.[4]

La moderna concezione della relazione terapeutica postula la tendenziale equiparazione dei protagonisti. Ne consegue che il paziente non è più mero destinatario di scelte terapeutiche

[2] In ordine alla nuova concezione del rapporto tra medico e paziente, *Informazione e consenso all'atto medico* approvato dal Comitato Nazionale per la Bioetica (C.N.B.) il 20 giugno 1992, pubblicato sul sito internet p10 1992 informazione e consenso it.pdf (governo.it), ove si afferma p. 15 che "*il C.N.B. ritiene che il consenso costituisca legittimazione è fondamento dell'atto medico e, allo stesso tempo, strumento per realizzare l'alleanza terapeutica, per la piena umanizzazione dei rapporti fra medico e paziente*". In dottrina, tra gli altri, G. Azzoni, *il consenso informato: genesi, evoluzione e fondamenti*, in G. Viafora (a cura di), *A lezione di bioetica. Temi e strumenti*, Milano, 2015; C. Lalanne e V. Landi, *Il consenso al trattamento sanitario*, in U. Ruffolo (a cura di), *La responsabilità medica*, Giuffrè Editore, Milano, 2004; B. Vimercati, *Consenso informato e incapacità. Gli strumenti di attuazione del diritto costituzionale all'autodeterminazione terapeutica*, Giuffré, Milano, 2014, p. 18.

[3] Cfr. infra §3.

[4] C. Lalanne e V. Landi, *Il consenso al trattamento sanitario*, *op. cit.* p. 225.

altrui, ma soggetto decisionale autonomo, a cui è riconosciuto il diritto di essere correttamente informato e di poter scegliere in ordine alle cure cui sottoporsi[5].

Correlativamente, l'acquisizione preventiva del consenso rappresenta un obbligo per il medico, non delegabile[6].

L'autonomia della posizione giuridica vantata dal paziente, in ordine ad una completa ed esaustiva informativa medica, è stata già riconosciuta dalla Corte costituzionale nella sentenza n. 438/2008. Secondo quanto efficacemente descritto dalla Consulta, l'espressione *«consenso informato è una formula di sintesi di due diritti fondamentali della persona: quello all'autodeterminazione e quello alla salute, in quanto, se è vero che ogni individuo ha diritto di essere curato, egli ha, altresì, il diritto di ricevere le opportune informazioni in ordine alla natura e ai possibili sviluppi del percorso terapeutico cui può essere sottoposto, nonché delle eventuali terapie alternative. Informazioni che devono essere le più esaurienti possibili, proprio al fine di garantire la libera e consapevole scelta da parte del paziente»*.

Il diritto all'autodeterminazione terapeutica, infatti, si declina in una duplice accezione: in positivo, come libertà che contempla la scelta, rimessa al paziente, in ordine a quale trattamento terapeutico sottoporsi. In negativo, come facoltà di rifiutare le cure mediche suggerite[7].

Tanto premesso, il fondamento costituzionale dell'istituto è individuato all'art. 32 Cost. La regola generale sancita dal legislatore costituente è quella della volontarietà di ogni trattamento sanitario, salvo eccezioni connesse a specifici obblighi di cura[8].

[5] *Ibidem*.

[6] In tal senso, l'art. 35 del codice di deontologia medica statuisce che *"l'acquisizione del consenso o del dissenso è un atto di specifica ed esclusiva competenza del medico, non delegabile. Il medico non intraprende né prosegue procedure diagnostiche e/o interventi terapeutici senza la preliminare acquisizione del consenso informato o in presenza di dissenso informato."*

[7] Sul diritto alla salute come libertà giuridica D. Morana, *La salute come diritto costituzionale*, IV ed. Giappichelli, Torino, 2022, p. 41. In giurisprudenza, Cass. civ. 16 ottobre 2007, n. 21748 si esprime nel senso di riconoscere al diritto di autodeterminazione terapeutica tale doppia valenza: in positivo scegliendo di sottoporsi a trattamento sanitario; in negativo, rifiutando le cure.

[8] Il primo di detti obblighi si rinviene all'interno dello stesso art. 32, II comma, allorché ricollega l'obbligatorietà del trattamento sanitario alla sussistenza di una specifica disposizione legislativa. È il caso, per esempio, della sottoposizione a trattamenti sanitari obbligatori descritti all'art. 35 della L. 833/1978. La seconda eccezione ricorre allorché la persona si trovi in uno stato tale da non poter prestare idoneo consenso al trattamento sanitario, ma quest'ultimo appaia assolutamente indifferibile e inevitabile per la salvaguardia della vita e della salute umana. A questo proposito si ricorda l'art. 8 della Convenzione di Oviedo, nella parte in cui prescrive che, in ragione di una situazione d'urgenza, *"ove il consenso non può essere ottenuto, si potrà procedere, immediatamente, a qualsiasi intervento medico indispensabile per il beneficio della salute della persona interessata"*.

L'obbligatorietà, dunque, si pone come un'eccezione, giustificabile solo a fronte dell'interesse della collettività alla tutela della salute. Infatti, secondo un orientamento ormai consolidato nella giurisprudenza costituzionale, il diritto all'autodeterminazione terapeutica gode di una dimensione non solo individuale, ma anche collettiva. Più in generale, l'imposizione di un trattamento sanitario obbligatorio trova giustificazione in quel principio di solidarietà che rappresenta *"la base della convivenza sociale normativamente prefigurata dal Costituente"*[9]. Infatti, la tutela della salute implica anche il dovere dell'individuo di non ledere, né porre a rischio con il proprio comportamento, la salute altrui, in osservanza del principio generale che vede il diritto di ciascuno trovare un limite nel reciproco riconoscimento e nell'eguale protezione del coesistente diritto degli altri[10].

Anche parte della dottrina ha accolto questa impostazione e osserva che il principio di autodeterminazione terapeutica, lungi dal risolversi nella mera volontà individuale del soggetto, unisce in sé l'interesse individuale con la dimensione sociale, ancorata all'art. 2 Cost. Si argomenta, infatti, che concepire la salute come mera proiezione della volontà individuale, significherebbe obliterarne la valenza solidaristica cui, al contrario, essa aspira[11].

Non mancano voci contrarie, che risolvono il diritto all'autodeterminazione terapeutica come diritto assoluto, in cui un ruolo esclusivo assume la volontà individuale.[12]

Si è, tuttavia, obiettato che ridurre la relazione sanitaria al momento volontaristico rischia di compromettere l'effettività del diritto di autodeterminarsi del paziente il quale, se non correttamente e adeguatamente informato, non è in grado di valutare i benefici e gli svantaggi derivanti dal trattamento sanitario proposto[13].

In questa prospettiva, la previsione di specifici obblighi informativi in capo al sanitario, dunque, assolve ad una duplice funzione. Innanzitutto, recupera la dimensione solidaristica

[9] Così Corte cost. sent. n. 75/1992.

[10]Sulla dimensione solidaristica del consenso informato e del diritto all'autodeterminazione terapeutica da ultimo Corte cost., sent. n. 14/2023. Per una riflessione critica dell'argomento cfr. G. Papa, *Riflessioni sul consenso libero e informato per i vaccini obbligatori alla luce della sentenza n. 14 del 2023 della Corte costituzionale*, su *dirittifondamentali.it*, fasc. 1/2023.

[11] In questo senso A. Nicolussi, *Al limite della vita: rifiuto e rinuncia ai trattamenti sanitari*, in *Quad. Cost.*, 2010, p.274 ss; F.D. Busnelli, *Testamento biologico e problemi di fine vita: verso un bilanciamento di valori o un nuovo dogma della volontà?,* in *Eu. Dir. Priv.*, 2013, p. 457; C. De Menech, *Intelligenza artificiale e autodeterminazione in materia sanitaria*, in *BioLaw Journal*, Rivista di biodiritto, n. 1, 2022, p. 190-191.

[12] In questo senso, P. Zatti, *Rapporto medico paziente e integrità della persona*, in *Nuova giur. Civ. comm.*, 2008.

[13] Sulla rilevanza degli obblighi informativi come strumento per il recupero della dimensione solidaristica vd C. De Menech, *op.cit.*, p. 191.

del diritto alla salute ed è strumentale rispetto all'obbligazione principale, rappresentata dal trattamento medico da effettuare.

Secondariamente si pone quale strumento utile ed idoneo a colmare - l'inevitabile e fisiologico – divario informativo tra il professionista sanitario e il paziente, affinché quest'ultimo possa aderire o declinare scientemente le cure e terapie proposte.

2.1. Contenuto dell'obbligo informativo

Il silenzio del legislatore costituzionale serbato in relazione al contenuto degli obblighi informativi, non può dirsi colmato dall'art. 1, comma 3, legge n. 217/2019[14].

Nel recepire gli orientamenti già in passato accolti dalla giurisprudenza di legittimità, la disposizione statuisce che l'obbligo informativo si sostanzia nel diritto di ogni persona a conoscere le proprie condizioni di salute e di essere informati "*in modo completo e comprensibile riguardo alla diagnosi, alla prognosi, i benefici e i rischi degli accertamenti diagnostici e dei trattamenti sanitari indicati, nonché riguardo alle possibili alternative e alle conseguenze dell'eventuale rifiuto del trattamento sanitario e dell'accertamento diagnostico o della rinuncia ai medesimi*".

Anticipando brevemente quanto sarà in seguito approfondito, dal dettato normativo non emergono argomenti a sostegno del dovere di informare il paziente circa l'adozione di metodi computazionali nella formulazione del percorso terapeutico.

E ancora, più in generale, la norma non impone al medico neppure di informare il paziente su quali tecniche o mezzi utilizzerà nello svolgimento della terapia, né di renderlo edotto sulle percentuali di riuscita della soluzione proposta.

Al fine di superare la laconicità della norma, la giurisprudenza ha individuato nella «completezza» un primo indice sintomatico di una corretta informazione. In base a tale criterio, l'operatore sanitario è onerato di selezionare, e correttamente filtrare, tutte le informazioni necessarie al paziente, affinché egli possa liberamente e consapevolmente esprimere il consenso alla cura proposta[15].

[14] In senso critico circa l'originalità del testo legislativo S. Cacace, *La nuova legge in materia di consenso informato e DAT: a proposito di volontà e di cura e di comunicazione*, in *Riv. It. Med. Leg.*, 2018, p. 935.
[15] Cass. civ., 9 febbraio 2010, sent. n. 2847.

Il sanitario, dunque, è tenuto a comunicare tutte le conseguenze prevedibili e ad informare in maniera esaustiva, anche in merito alla natura dell'intervento nonché in ordine alla portata dei possibili e probabili risultati conseguibili e delle implicazioni verificabili[16].

Dello stesso tenore è anche il documento predisposto dal Comitato Nazionale di Bioetica, ove è previsto che *"un'informazione corretta è chiara nell'indicare i passaggi decisionali fondamentali in una direzione o nell'altra rispetto alle alternative che si prospettano: spetta al curante motivare perché viene consigliato un trattamento piuttosto che un altro (…)"*[17].

L'unico limite imposto alla completezza dell'informazione attiene ai c.d. rischi imprevedibili, ovvero gli esiti anomali, al limite del fortuito, che non assumono rilievo secondo l'*id quod plerumque accidit*, in quanto, una volta realizzatisi, recidono il necessario nesso di casualità tra l'intervento e l'evento lesivo[18].

Peraltro, far rientrare negli obblighi informativi anche gli esiti anormali, rischierebbe di instillare nel paziente timore (immotivato), che potrebbe dissuaderlo dal sottoporsi ad un'operazione di pressocché sicura riuscita[19].

Così operando, si arriverebbe al paradosso di un diniego certo, a discapito del diritto alla salute che, contrariamente all'obiettivo del legislatore, non verrebbe in alcun modo tutelato.

Oltre alla completezza, la giurisprudenza richiede che l'informazione sia al contempo *"adeguata al livello culturale del paziente, con l'adozione di un linguaggio che tenga conto del suo particolare stato soggettivo e del grado di conoscenze specifiche di cui dispone*[20].

In tal senso, tale orientamento ermeneutico sembra optare per l'adozione di un modello di comunicazione tra medico e paziente, fondato su uno «standard soggettivo»[21]. Tale modello

[16] Cass. civ., 15 maggio 2018, sent. n. 11749.
[17] *Informazione e consenso all'atto medico*, *op. cit.*, p. 10.
[18] Cass. civ., 11 dicembre 2013, sent. n. 27751.
[19] In dottrina M. Foglia, *Consenso e cura. La solidarietà nel rapporto terapeutico*, Torino, 2018, evidenzia come la necessità di escludere dall'informazione i rischi imprevedibili trova ampio consenso anche nella classe medica, in quanto, diversamente opinando, il rischio è di ingenerare il rifiuto immotivato del paziente alle cure. Nello stesso senso, C. De Menech, *op. cit.* p. 192.
[20] Cass. civ., 20 agosto 2013, sent. n. 19220.
[21] Sempre in *Informazione e consenso all'atto medico*, *op. cit*, la comunità scientifica propone tre diversi modelli di comunicazione. Oltre allo standard soggettivo, vengono individuati lo «standard professionale» che impone di fornire tutte le conoscenze, ritenute allo stato attuale della ricerca medico scientifica, ritenute essenziali dalla comunità di riferimento e lo «standard medio» in base al quale bisogna fornire le informazioni che una persona ragionevole e di media cultura riterrebbe essenziali, al fine di accettare la proposta diagnostica del medico. Al netto delle criticità che ognuno di tali standards presenta, è preferibile optare – secondo quanto si legge nel *paper* – per una combinazione tra gli standards soggettivo e medio.

presuppone un'informazione costruita sui bisogni del singolo paziente, con la conseguenza di comunicare soltanto ciò che è essenziale a quest'ultimo, per permettergli di operare una scelta consapevole.

Lontano da logiche paternalistiche, il nucleo fondamentale di tale modello di comunicazione evidenzia come lo stato di debolezza psico fisica in cui versa il paziente impone una gestione realistica dell'informativa finalizzata al consenso sanitario. In questo senso, la scelta di includere o meno dettagli tecnici nell'oggetto dell'informazione – come, per esempio, l'utilizzo di strumenti di IA - dovrebbe rientrare nella discrezionalità del medico, sì da adeguare il contenuto informativo alla condizione morale e alle capacità intellettive del paziente[22].

3. Gli approdi giurisprudenziali sull'autonoma rilevanza del consenso informato a fini risarcitori. I criteri di liquidazione del danno.

Secondo quanto finora evidenziato, l'autonomia dell'obbligo informativo costituisce *ius receptum* nel nostro ordinamento. Infatti, l'obbligazione gravante sul sanitario si compone di due elementi: da un lato, l'obbligo informativo, dall'altro, il trattamento sanitario in sé considerato.

Il consenso informato è espressione di una consapevole adesione al trattamento sanitario proposto dal medico e si configura quale diritto soggettivo della persona, la cui violazione legittima la pretesa risarcitoria.[23]

Acclarato che l'obbligo informativo costituisca contenuto della prestazione medica, distinto dall'intervento in sé, la violazione è fonte di responsabilità da inadempimento dell'esercente la professione sanitaria.

L'analisi della giurisprudenza di legittimità sul tema conferma la tesi ora esposta.

Un primo orientamento – per vero ormai superato – riteneva che l'omessa (o inadeguata) informazione del medico al paziente fosse punibile solo in presenza di un danno da lesione dell'integrità fisica cagionato a seguito di un intervento non consentito, che sottoponga il paziente a delle conseguenze non preventivate[24].

[22] Così anche C. De Menech, *op.cit.*, p. 193.
[23] *Ex multis* A. Carminati, *Libertà di cura e autonomia del medico*, Cacucci, Bari, 2018, p. 19 e ss.
[24] Così, cass. civ. 23 marzo 2018, n. 7260.

La giurisprudenza successiva ha rimeditato questa impostazione, riconoscendo la risarcibilità del diritto di autodeterminazione terapeutica, anche nel caso in cui l'intervento sia stato eseguito correttamente. La violazione da parte del medico di informare il paziente, infatti, può dar luogo a duplici conseguenze: da un lato, può determinare un danno alla salute, quando appare ragionevole che il paziente, se correttamente informato, avrebbe rifiutato di sottoporsi all'operazione, evitandone gli effetti invalidanti; dall'altro, un danno da lesione del diritto all'autodeterminazione, predicabile allorché, in conseguenza della carenza informativa, il paziente non sia stato in grado di valutare autonomamente i benefici e i rischi connessi al trattamento proposto dal sanitario. In tale ultimo caso possono essere risarciti anche i danni non patrimoniali, purché di apprezzabile gravità e non consistenti in meri fastidi o disagi[25].

Tanto premesso, la giurisprudenza individua ben quattro ipotesi, in cui l'omessa o carente informativa del sanitario determina violazione del diritto all'autodeterminazione terapeutica, con conseguente diritto del paziente al risarcimento del danno.

La prima si verifica allorché l'omessa o insufficiente informazione in relazione ad un intervento, a cui il paziente avrebbe scelto di non sottoporsi, abbia cagionato un danno alla salute, a causa della condotta colposa del medico. In tal caso il risarcimento si estende anche al danno da lesione del diritto all'autodeterminazione del paziente.

Altra ipotesi si verifica quando, l'omessa (o carente) informazione in relazione ad un intervento, cui il paziente non si sarebbe sottoposto, se correttamente informato, abbia provocato un aggravamento delle condizioni di salute, già precarie. Il risarcimento è liquidato con riferimento alla violazione del diritto alla autodeterminazione, mentre la lesione della salute deve essere liquidata al netto tra il maggiore danno biologico conseguente all'intervento ed il preesistente stato patologico invalidante del soggetto.

Ulteriore ipotesi si verifica se l'omessa o l'insufficiente informazione abbia impedito al paziente di accedere a più accurati ed attendibili accertamenti. In tal caso, il danno da lesione del diritto all'autodeterminazione è risarcibile, purché il paziente alleghi che gli siano derivate conseguenze dannose, di natura non patrimoniale, in termini di sofferenza soggettiva[26].

[25] Così cass. civ. 9 febbraio 2010, n. 2847; cass. civ., Sez. Un., 28985/2019.

[26] A riguardo è interessante la giurisprudenza inerente all'interruzione di gravidanza. In Cass. civ., III sez. 16.03.2021, n. 7385 si statuisce che l'omessa diagnosi da parte del sanitario in ordine alle malformazioni del feto

Infine, l'omessa o inadeguata informativa diagnostica determina una lesione del diritto di autodeterminazione, a condizione che il paziente provi che l'inadempimento informativo del medico abbia causato una sofferenza soggettiva e una contrazione della libertà di disporre di sé stesso[27]. In tale ultima ipotesi, indipendentemente dalla coeva lesione del diritto alla salute, il danno derivante dalla lesione del diritto di autodeterminazione terapeutica è risarcibile se il paziente, correttamente informato, avrebbe scelto di sottoporsi ad altre terapie.

In ordine alla natura del danno, sono risarcibili anche le conseguenze non patrimoniali, nell'ipotesi in cui l'omessa o carente informativa abbia procurato delle conseguenze dannose, in termini di sofferenza soggettiva e di contrazione della libertà di disporre di sé in termini psichici e fisici[28].

Trattandosi di danno-conseguenza, i pregiudizi patrimoniali e non patrimoniali (questi ultimi che superino la soglia di normale tollerabilità) che derivino, secondo un nesso di regolarità causale, dalla lesione del diritto all'autodeterminazione, devono essere debitamente allegati e provati dal preteso danneggiato e la prova può essere fornita con ogni mezzo, ivi compresi il notorio, le massime di esperienza e le presunzioni, non essendo configurabile un danno risarcibile in *re ipsa*, derivante esclusivamente dall'omessa informazione[29].

In ordine ai criteri di liquidazione del danno, in difetto di una precisa quantificazione, trova applicazione la regola codificata all'art. 1226 c.c., che impone al giudice una valutazione equitativa.

Per evitare forme di arbitrio e garantire l'uniformità nonché la prevedibilità delle decisioni giudiziarie, l'Osservatorio della Giustizia civile di Milano ha elaborato dei criteri orientativi, distinguendo in base al diverso grado di intensità della lesione al diritto di autodeterminazione.

Lo studio condotto dall'Osservatorio ha avuto per oggetto circa un centinaio di sentenze di condanna al risarcimento del danno da mancato consenso informato, pronunciate da diversi

determina la lesione del diritto all'autodeterminazione procreativa della gestante, consistente non solo nella opportunità di valutare se interrompere o meno la gravidanza, ma altresì nella possibilità di prepararsi, psicologicamente e materialmente, alla nascita di un bambino affetto da gravi patologie e pertanto necessitante di particolare accudimento.

[27] Cass. civ. sez. Un. 28985/2019.

[28] Cass. civ., sez. III, del 5/09/2022 n. 26104, in *Dir. e Giust.*, fasc. n. 153/2022, p. 7 con nota di A. Benni De sena; cass. civ., III sez. 7/10/2021, n. 27268.

[29] *ex multis* Cass. 28985/2019; Cass. 24471/2020.

tribunali di merito tra il 2012 e il 2019. Da tale disamina sono state estrapolate quattro ipotesi di danno al diritto all'autodeterminazione. La liquidazione dei danni lamentati è direttamente proporzionale all'intensità del *vulnus* al diritto che è stato accertato in base alla ricorrenza di una o più circostanze della fattispecie concreta, che attenuano ovvero aggravano, il pregiudizio al diritto ad autodeterminarsi in ambito sanitario.[30]

4. Consenso informato e uso di software di intelligenza artificiale in supporto alla diagnostica

La materia degli obblighi informativi in ambito sanitario risente dei crescenti sviluppi delle tecnologie riconducibili all'intelligenza artificiale[31].

Con l'espressione *«intelligenza artificiale»* si fa riferimento ad ogni *«software che può, per una determinata serie di obiettivi definiti dall'uomo, generare output, previsioni, raccomandazioni o decisioni che influenzano gli ambienti con cui interagiscono»*[32].

In ambito medico e diagnostico, infatti, è sempre più frequente l'uso di software intelligenti, in grado di supportare il personale sanitario nella predisposizione della diagnosi, riducendo al minimo gli errori di percezione[33].

Anche nella prospettiva europea l'impatto sul diritto alla salute, derivante dall'utilizzo degli strumenti di intelligenza artificiale, è valutato positivamente. In due Risoluzioni del

[30]La soglia minima del risarcimento è di euro 1000 per un danno di lieve entità, fino ad arrivare ad un massimo di 20.000 per danni di eccezionale gravità. Per una più completa disamina, anche dei singoli criteri utilizzati per le liquidazioni si rimanda a www.ordineavvocatimilano.it/media/allegati/uffici_giudiziari/TABELLE_DANNO_NON_PATRIMONIALE_2021/OssGiustiziaCivileMI%20-%20Tabelle%20milanesi_Danno%20non%20patrimoniale_ed-%202021.pdf

[31] L'impatto degli strumenti di intelligenza artificiale e la loro applicazione in ambito medico è un argomento sempre più attenzionato dalla dottrina negli ultimi anni, *ex multis* C. Casonato, *Costituzione e intelligenza artificiale: un'agenda per il prossimo futuro*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, n. spec. 2/2019, p.711.

[32] Tale è la definizione fornita all'art. 3, par. 1, della proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio sull'intelligenza artificiale, presentata il 21 aprile 2021. Per un approfondito commento della disciplina inerente *all'AI act* si rimanda a C. Casonato – B. Marchetti, *Prime osservazioni sulla proposta di regolamento dell'UE in materia di intelligenza artificiale*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, fasc. 3/2021, p. 415 ss.

[33] Per un approfondimento degli ambiti medici in cui è maggiore l'utilizzo di sistemi di intelligenza artificiale si rimanda a *I sistemi di intelligenza artificiale come strumento di supporto alla diagnostica*, 9 novembre 2021, Consiglio superiore di Sanità, https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_3218_allegato.pdf, p. 18-19. Sempre all'interno del *paper* non vengono taciuti i rischi sottesi all'impiego degli strumenti di IA, legali principalmente alla mancanza di norme relative alla responsabilità professionale del medico nell'interazione con gli algoritmi nonché la correlata impreparazione del personale medico e sanitario sul corretto utilizzo dei sistemi di I.A. e una non appropriata comunicazione ai pazienti.

Parlamento europeo si legge che i dispositivi medici intelligenti risultano particolarmente adatti a svolgere operazioni chirurgiche di alta precisione[34].

Tuttavia, tali vantaggi si accompagnano a questioni giuridiche nuove e offrono uno spunto di riflessione per rimeditare il contenuto degli obblighi informativi.

In particolare, ci si interroga se esista un obbligo del sanitario di informare il paziente circa il loro utilizzo nel procedimento diagnostico o proposta terapeutica.

Come sopra evidenziato, l'art. 1 della legge n. 217/2019, oltre al generico obbligo di completezza ed adeguatezza dell'informazione, non impone al medico di riferire in ordine a quali tecniche o mezzi utilizzerà nello svolgimento del percorso terapeutico.

Valorizzando il dato letterale della norma, parte della dottrina esclude la violazione del diritto all'autodeterminazione del paziente, allorché il medico, a seguito di una diligente e attenta valutazione del proprio interlocutore, decidesse di non comunicare l'impiego di strumenti di IA. Si evidenzia, infatti, che tale omissione si giustifica in quanto, con riferimento alla parte della popolazione più refrattaria all'uso di tecnologie digitali, il rischio è di raccogliere un sicuro dissenso all'impiego di tali strumenti, così frustrando il diritto alla salute.

È, quindi, preferibile lasciare al medico discrezionalità in ordine alla comunicazione o meno sull'uso di strumenti di intelligenza artificiale, sia pur con talune eccezioni[35]. In determinati contesti, infatti, è possibile apportare un temperamento al silenzio del sanitario.

In primo luogo, egli deve soddisfare le richieste del paziente, laddove quest'ultimo chieda espressamente se verranno impiegati *robot* o altri dispositivi di I.A.

La seconda ipotesi si verifica nell'ambito della medicina estetica, in quanto il numero di informazioni da fornire al paziente è molto più ampio, tenuto conto che l'intervento da effettuare non rientra tra quelli "salva vita", ma mira migliorare l'aspetto fisico o determinate funzionalità.

[34] Risoluzione del Parlamento europeo del 16 febbraio 2017 in materia di diritto civile della robotica, in https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017IP0051&from=DE e Risoluzione del Parlamento europeo del 12 febbraio 2019 in materia di robotica e intelligenza artificiale, in https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019IP0081&from=EN.
[35] Così C. De Menech, *op. cit.*, p. 193-194.

In ultimo, l'obbligo del sanitario di comunicare l'impiego di strumenti di I.A. deve ritenersi sussistente, allorché tale tecnologia sia alla base del dispositivo medico di assistenza, destinato ad essere utilizzato dal paziente a domicilio[36].

Altro argomento, valorizzato da quanti sostengono l'esclusione dall'obbligo informativo dell'impiego di strumenti di intelligenza artificiale, è legato all'opacità di taluni di detti sistemi che, allo stato delle conoscenze scientifiche attuali, non permette di ricostruire il percorso seguito per giungere ad una determinata soluzione[37].

Altra ricostruzione, diversamente, ritiene che l'assenza di informazione al paziente relativa all'impiego di strumenti di intelligenza artificiale nella predisposizione del piano terapeutico, costituisca violazione del consenso informato.

Pur non potendosi richiedere al medico una conoscenza tecnica del funzionamento dei *software* utilizzati, l'assenza di qualsivoglia comunicazione al paziente in merito all'indicazione circa l'uso di strumenti di IA in supporto alla diagnostica, lederebbe la completezza e l'adeguatezza dell'informazione.[38]

Tale soluzione, in linea con gli sviluppi della giurisprudenza di legittimità passati in rassegna nel paragrafo precedente, è supportata anche da parte della comunità scientifica.

Infatti, dalla lettura delle linee guida in materia di intelligenza artificiale e medicina[39] emerge che sussiste uno specifico *"obbligo etico e giuridico in capo al medico di informare coloro che si sottopongono a trattamenti sanitari così innovativi, attraverso l'IA, nelle modalità più consone e comprensibili al paziente (…). Va specificato in modo esplicito nel consenso informato se i trattamenti applicati (diagnostici o terapeutici) provengano solo da una macchina (IA, robot) o se e quali sono gli ambiti e i limiti del controllo umano o supervisione sulla macchina."*

Ancora, significativo appare l'art. 52 della proposta di regolamento sull'intelligenza artificiale, che impone al fornitore un obbligo di trasparenza, finalizzata a rendere edotto l'utente della sua interazione con uno strumento di intelligenza artificiale. Secondo una prima

[36] *Ibidem*
[37] Consiglio superiore di Sanità, *I sistemi di intelligenza artificiale, op. cit.*, p. 32.
[38] In tal senso si esprime anche V. Daniele, *AI e consenso informato del paziente: quando è possibile, le questioni da risolvere*, in *Agenda digitale.eu*, 21 luglio 2022; Sull'obbligo di informare il paziente sull'uso dell'intelligenza artificiale anche D. Morana, T. Balduzzi, F. Morganti, *La salute "intelligente": eHealth, consenso informato e principio di non-discriminazione*, in *Federalismi.it*, fasc. 34/2022, p.143.
[39] Il riferimento è al documento "*intelligenza artificiale e medicina: aspetti etici*" del 29 maggio 2020 pubblicato https://bioetica.governo.it/media/4260/p6_r_2020_gm_intelligenza-artificialeit.pdf.

interpretazione della disposizione in parola, la scheda informativa da questi obbligatoriamente fornita ed una sua semplificata rivisitazione, ben potrebbe costituire un inizio di diligente informazione[40].

5. Considerazioni conclusive

In prospettiva *de iure condendo* lo sviluppo e l'implementazione di strumenti IA in supporto alla diagnostica impone al giurista nuove riflessioni sul contenuto degli obblighi informativi.

Dall'analisi condotta, sembrerebbe quanto meno opportuno che il medico comunichi al paziente l'impiego di strumenti di intelligenza artificiale.

In ogni caso, pur ammettendo che l'onere informativo gravante sul medico si estenda anche all'utilizzo di dispositivi IA, dubbi permangono circa il grado di approfondimento. Certamente, è escludersi che questo comprenda anche l'illustrazione dei tecnicismi ad essi correlati. La ragione è presto detta, atteso che il medico non possiede le conoscenze tecniche e professionali richieste e, al contempo, il paziente non ha la preparazione sufficiente e necessaria per la loro comprensione.

Una comunicazione efficace impone al medico di utilizzare un registro e un linguaggio adeguato alle necessità di cura del paziente, in modo da assicurare la necessaria piena umanità della relazione terapeutica.

Al contrario, l'omissione di qualsivoglia indicazione, esporrebbe il sanitario a possibili profili di responsabilità per violazione del diritto all'autodeterminazione del paziente.

Per il raggiungimento di una "cultura digitale" sarebbe auspicabile l'introduzione di misure dirette a migliorare le conoscenze e le competenze in materia di IA sia del personale medico che del cittadino.

Per i primi è auspicabile la predisposizione, sia a livello universitario che post-universitario, di percorsi formativi adeguati.

Quanto al cittadino, quale utente e destinatario di detti strumenti, sarebbe opportuno agire a livello della formazione secondaria superiore, predisponendo un'informazione

[40] V. Daniele, *op. cit.*

neutrale, scientificamente corretta, ma chiara e comprensibile, strutturata per livelli, da offrire sui canali web mediante contenuti testuali e illustrativi.[41]

6. Bibliografia

Azzoni G., *il consenso informato: genesi, evoluzione e fondamenti*, in G. Viafora (a cura di), *A lezione di bioetica. Temi e strumenti*, Milano, 2015.

Busnelli F.D., *Testamento biologico e problemi di fine vita: verso un bilanciamento di valori o un nuovo dogma della volontà?*, in *Eu. Dir. Priv.*, 2013, p. 457.

Cacace S., *La nuova legge in materia di consenso informato e DAT: a proposito di volontà e di cura e di comunicazione*, in *Riv. It. Med. Leg.*, 2018, p. 935.

Carminati A., *Libertà di cura e autonomia del medico*, Bari, 2018.

Casonato C., *Costituzione e intelligenza artificiale: un'agenda per il prossimo futuro*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, n. spec. 2/2019, p 711-725.

Casonato C. – Marchetti B., *Prime osservazioni sulla proposta di regolamento dell'UE in materia di intelligenza artificiale*, in *BioLaw Journal – Rivista di BioDiritto*, fasc. 3/2021, p. 415-437.

Daniele V., *AI e consenso informato del paziente: quando è possibile, le questioni da risolvere*, in *Agenda digitale.eu*, 21 luglio 2022

De Menech C., *Intelligenza artificiale e autodeterminazione in materia sanitaria*, in *BioLaw Journal*, Rivista di biodiritto, fasc. n. 1/2022, p. 181-203.

Foglia M., *Consenso e cura. La solidarietà nel rapporto terapeutico,* Torino, 2018.

Lalanne C. - Landi V., *Il consenso al trattamento sanitario*, in U. Ruffolo (a cura di), *La responsabilità medica*, Milano, 2004.

Morana D., *La salute come diritto costituzionale*, IV ed.,Torino, 2022.

Morana D., Balduzzi T., Morganti F., *La salute "intelligente: eHealth, consenso informato e principio di non-discriminazione,* in *Federalismi.it*, fasc. n. 34, p. 127-151.

Nicolussi A., *Al limite della vita: rifiuto e rinuncia ai trattamenti sanitari*, in *Quad. Cost.*, 2010, p.274.

[41] Soluzione proposta anche Consiglio superiore della sanità, *I sistemi di intelligenza artificiale come strumento di supporto alla diagnostica,* 9 novembre 2021, p. 32

Palazzani L., *Il regolamento europeo e il consenso informato: un commento bioetico e biogiuridico (artt. 28-35)*, in *BioLaw Journal* – Rivista di BioDiritto, fasc. n. 4/2022, p. 228-229.

Papa G., *Riflessioni sul consenso libero e informato per i vaccini obbligatori alla luce della sentenza n. 14 del 2023 della Corte costituzionale*, su *dirittifondamentali.it*, fasc. 1/2023, p. 439-443.

Vimercati B., *Consenso informato e incapacità. Gli strumenti di attuazione del diritto costituzionale all'autodeterminazione terapeutica*, Milano, 2014.

Zatti P., *Rapporto medico paziente e integrità della persona*, in *Nuova giur. Civ. comm.*, 2008, p. 403.

Sitografia

Informazione e consenso all'atto medico approvato dal Comitato Nazionale per la Bioetica (C.N.B.) pubblicato il 20 giugno 1992, in p10_1992_informazione-e-consenso_it.pdf (governo.it).

Criteri orientativi di liquidazione del danno, in Osservatorio giustizia civile di Milano, pubblicato il 21 marzo 2021, in www.ordineavvocatimilano.it/media/allegati/uffici_giudiziari/TABELLE_DANNO_NON_PATRIMONIALE_2021/OssGiustiziaCivileMI%20%20Tabelle%20milanesi_Danno%20non%20patrimoniale_ed-%202021.pdf.

I sistemi di intelligenza artificiale come strumento di supporto alla diagnostica, 9 novembre 2021, Consiglio superiore di Sanità, in https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_3218_allegato.pdf.

Intelligenza artificiale e medicina: aspetti etici, del 29 maggio 2020 pubblicato in https://bioetica.governo.it/media/4260/p6_r_2020_gm_intelligenza-artificialeit.pdf.

Risoluzione del Parlamento europeo del 16 febbraio 2017 in materia di diritto civile della robotica, in https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52017IP0051&from=DE

Risoluzione del Parlamento europeo del 12 febbraio 2019 in materia di robotica e intelligenza artificiale, in https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri =CELEX:52019IP0081&from=EN

Giurisprudenza

Corte cost., sent. n. 75/1992.

Corte cost., sent. N. 438/2008.

Cass. civ., sent. n. 2847/2010.

Cass. civ., sent. n. 16543/2011.

Cass. civ., sent. n. 19220/2013.

Cass. civ., sent. n. 11749/2018.

Cass. civ., sent. n. 7260/2018.

Cass. civ., sez. un., sent. n. 28985/2019.

Cass. civ., sent. n. 24471/2020.

Cass. civ., sent. n. 7385/2021.

Cass. civ., sent. n. 27268/2021.

Cass. civ., sent. n. 26104/2022.

La sfida dei vaccini di nuova generazione: nuove traiettorie mediche, microbiologiche e giuridiche

Francesco Astone

PREFAZIONE

LA SFIDA DEI VACCINI DI NUOVA GENERAZIONE: NUOVE TRAIETTORIE MEDICHE, MICROBIOLOGICHE E GIURIDICHE

Agli inizi del 2020, il rapido propagarsi del virus Sars-Cov2, in breve tempo, ha obbligato l'umanità a misurarsi con una inedita ed inattesa crisi pandemica.

Molteplici sono state, sin da subito, le criticità emerse sia in campo scientifico, sia con riguardo ai temi della salvaguardia del principio di autodeterminazione e delle libertà fondamentali dell'individuo al cospetto di una situazione di emergenza sanitaria.

Profili di interesse, complessi ed articolati, che, in verità, possono essere adeguatamente affrontati e compresi solamente mediante il ricorso al principio ed al metodo della integrazione dei saperi.

È sicuramente difficile riuscire a risalire al primordio del virus Covid 19 che, per diversi anni, ci ha costretti a sovvertire le nostre abitudini, anche le più elementari.

Era, infatti, la fine del gennaio 2020 quando il Consiglio dei ministri adottava la prima delibera che imponeva di affacciarci ad una nuova, e sconosciuta, dimensione restrittiva.

Per comprendere cos'è accaduto occorre risalire a quella sequela normativa che ha caratterizzato dal punto di vista giuridico il periodo temporale emergenziale, chiedendosi, anzitutto, a quali altri anelli si agganci il primo atto normativo, ossia la delibera del Consiglio dei ministri.

A scanso di equivoci, è utile precisare che la nozione del raccordo normativo è inteso nel senso della «giustificazione del potere», che si ripercorre a ritroso sino a trovarne il fondamento.

Ed infatti, alla fonte della catena campeggia la Costituzione, sicché l'analisi iniziale deve sondare l'esistenza o meno di una legittimazione nelle sue maglie: un esercizio che ha suscitato una discreta ricerca di soluzioni in dottrina, ed invece, almeno sino ad un dato momento, trascurato dal Giudice delle leggi sull'assunto apodittico che l'emergenza sia ex sé legittimante.

È dunque la Carta fondamentale, non lo stato necessitante, che ha dato la stura ai provvedimenti in questione: essi si radicano nel diritto costituzionale positivo, non nella sospettosa idea che la necessità sia essa stessa fonte, come vorrebbero i maliziosi propugnatori del nuovo «diritto della necessità».

Concezione, peraltro, eversiva del ruolo primario della Costituzione e della sua rigidità; riconoscendo alla situazione fattuale capacità legittimante, la si dovrebbe preporre alla stessa Costituzione, il che, oltre a non avere alcun riscontro positivo, esporrebbe alla considerazione che se mai la Carta Fondamentale venisse (pur provvisoriamente) sospesa per esigenze contingenti, non potremmo desumere la vincolatività della norma dalla necessità, ma dovremmo prendere atto del fatto che gli stessi principi fondamentali verrebbero surclassati, non da una fonte, anche equi ordinata, ma da un fatto.

Ma riportiamoci alla legittimazione costituzionale. Poiché al decalogo degli interessi raccolti nella Carta fondamentale non fa *da pendant* la positivizzazione della loro tutela, è giocoforza dover essere la legge ordinaria di incaricarsi della loro tipizzazione, sia rispetto al loro contenuto che agli strumenti offerti a chi ne reclama la protezione.

Se così è, allora per un verso la legge può conferire agli atti di secondo livello la forza di derogarvi, ma non può del pari attribuirgli una fisionomia per cui il potere derogatorio sia *sine tempore*, tale da derogare alla legge di copertura, similmente ad un effetto abrogante.

La legge, infatti, può disporre del proprio effetto, ma non istituire nuove forme normative cui conferire un'efficacia parallela, dovendo necessariamente disporre della forza di una legge, essere una fonte sovraordinata.

La normativa emergenziale, quindi, non potrà assumere né la forza, né il valore di legge, e la fonte che abilita la loro emanazione deve necessariamente rispettare il principio di legalità, nella duplice dimensione formale e sostanziale.

Del resto, lo ha anche esplicitato la Corte Costituzionale ritenendo «conforme a Costituzione la possibilità che alle autorità amministrative siano affidati i poteri di emissione di provvedimenti diretti ad una generalità di cittadini, emanati per motivi di necessità e di urgenza, con una specifica autorizzazione legislativa che però, anche se non risulti disciplinato il contenuto dell'atto (che rimane, quindi, a contenuto libero), indichi il presupposto, la materia, le finalità dell'intervento e l'autorità legittimata»·

Non è tutto. Se i provvedimenti vengono classificati come *extra-ordinem*, non se ne può poi tradire la ratio, sia nel senso che la loro adozione dovrebbe riflettere situazione di eccezionalità, sia nel senso che non possono difettare dei presupposti legittimanti or ora richiamati.

È per questo che, nella notissima sentenza n. 115 del 2011, la Corte costituzionale, intervenendo su una questione di legittimità avente ad oggetto l'art. 54, comma 4, del t.u.e.l., per come sostituito dall'art. 6 del d. l. n. 92 del 2008, ha affermato che «non è consentito alle ordinanze sindacali "ordinarie" [...] di derogare a norme legislative vigenti, come invece è possibile nel caso di provvedimenti che si fondino sul presupposto dell'urgenza e a condizione della temporaneità dei loro effetti».

Il focus del problema, allora, viene traslato sulle modalità di gestione ed attuazione della situazione emergenziale, cui si annette l'adozione degli atti *extra ordinem*.

La prerogativa costituzionale che consente all'Esecutivo di adottare decreti-legge consente quindi di ricondurre proprio a questa ipotesi la possibilità di fronteggiare evenienze straordinarie. O almeno nella misura in cui non si incarichi una legge ordinaria di positivizzarne il congegno normativo.

Volendo quindi sintetizzare, è nella Carta costituzionale che rinveniamo la fonte legittimante della normazione *extra ordinem*, nonostante la stessa sia fortemente vincolata dalla mediazione di una legge ordinaria.

Non colgono quindi nel segno gli intenti di positivizzazione della disciplina già al livello della Costituzione, in quanto, se l'intreccio normativo è farraginoso e talvolta difettoso, non è di certo a questa che deve imputarsi la causa.

A queste brevi notazioni introduttive della presente sezione vorrei aggiungere un'ulteriore considerazione in relazione ad un atteggiamento obiettore rispetto al vaccino di una parte della popolazione che, al di là della sua portata etica, talvolta religiosamente motivata, ha condotto all'emersione di un dibattito acceso sulla obbligatorietà del vaccino e sulle conseguenze dell'ingiustificato rifiuto di vaccinarsi da parte del lavoratore.

In realtà, sul punto, non si sono delineati con nettezza due orientamenti contrapposti, ma sono state, piuttosto, ricercate soluzioni che tengano conto della delicatezza e complessità della materia, che si pone al crocevia di istituti fondamentali e di rango costituzionale,

intreccia diritti e doveri, e situazioni giuridiche a dimensione privatistica e pubblicistica, che fanno da sfondo, appunto, alla reticenza alla vaccinazione ed alle sue conseguenze rilevanti, anzitutto, nel rapporto di lavoro pubblico.

Mi fermo qui e, con molto piacere, rimetto ai seguenti contributi l'approfondimento, in chiave multidisciplinare, delle delicate tematiche testé richiamate.

Maria Teresa Sciortino - Rosamaria Pennisi

I nuovi Virus e SARS-CoV-2 nell'era globale

1. Le mutazioni genomiche dei virus ed evoluzione. – 2. Malattie infettive da virus emergenti o ri-emergenti. – 3. Lo Spillover zoonotico e l'impatto del cambiamento globale sull'evoluzione delle pandemie. – 4. Focus sul virus SARS-CoV-2. – 5. Bibliografia.

1. Le mutazioni genomiche dei virus ed evoluzione

L'evoluzione, processo che include tutte le modificazioni genomiche che una popolazione acquisisce nel tempo, porta al cambiamento di tutte le forme di vita e permette loro di adattarsi all'ambiente. La complessità genomica è un fattore vincolante che interferisce con la capacità di adattarsi e di sopravvivere ai cambiamenti. In questo i virus sono vincitori in partenza perché il ridotto numero di geni in loro possesso consente loro di potersi adattare velocemente. L'adattamento è definito da un cambiamento. Questa proprietà ha profonde conseguenze sulle dinamiche evolutive dei virus, regola la fitness virale, l'evasione immunitaria, la resistenza ai farmaci, la virulenza, l'adattamento dell'ospite e le interazioni "sociali" tra varianti. Errori specifici o mutazioni sono corrette dalla selezione naturale per poi essere tramandate nella nuova progenie. Tuttavia, dopo l'azione di molteplici "filtri di selezione" la dimensione della popolazione mutante è sensibilmente ristretta. Inoltre, parti della particella virale che sono soggette a una forte "pressione" della risposta immunitaria tendono a selezionare virus che acquisiscono nuovi siti antigenici mutati. Di conseguenza, questi siti antigenici sono associati a un'elevata variabilità genetica. In particolare, le glicoproteine virali (gp), che costituiscono i principali bersagli della risposta immunitaria, si evolvono più rapidamente rispetto ad altre proteine virali (J.M. Lee, 2018, 35; G. Dupré, R. Volmer, 2023, 1). L'accumulo di mutazioni genetiche e gli eventi di riassortimento e ricombinazione genica incrementano il tropismo cellulare del virus conferendo, durante il processo evolutivo, una chance di sopravvivenza in più. Questo evento, noto come spillover, supporta la nascita di un patogeno emergente che si diffonde in modo epidemico nella

popolazione causando manifestazioni cliniche avverse (L. F. Wang, D. E. Anderson, 2019, 34). La possibilità che un virus ampli il proprio spettro d'ospite è influenzata da numerosi fattori che comprendono, oltre alle caratteristiche del patogeno considerato, diversi fattori ambientali, ecologici e comportamentali (S. S. Tazerji, 2022, 11). Tra i fattori esterni al virus, l'uomo svolge un ruolo centrale in quanto, influenzando tutti gli altri, altera le dinamiche di popolazione. L'emergenza di nuove malattie virali può quindi interessare il passaggio di un patogeno da un animale ad un altro, o da un animale all'uomo. La globalizzazione ha causato un'enorme accelerazione nella possibilità di diffusione di un contagio. I flussi migratori, le guerre e le loro conseguenze creano spesso le condizioni per l'emergere di fenomeni epidemici di tipo pandemico e per lo sviluppo delle infezioni. Una malattia infettiva pandemica è una epidemia causata da agenti infettivi, protagonisti sono i virus che, propagandosi rapidamente tra gli individui, diffondono l'infezione su scala globale, coinvolgendo di conseguenza una vasta percentuale della popolazione mondiale o Pandemia. Il termine pandemia (da: pan 'tutto' e demos 'popolo') si riferisce a un'epidemia che si diffonde contemporaneamente in più paesi o continenti, colpendo un gran numero di persone. La gestione di una potenziale pandemia vede il coinvolgimento un organismo sovra nazionale identificato come OMS o Organizzazione Mondiale di Sanità. L'OMS è divisa in sei aree geografiche che comprendono l'Europa, le Americhe, l'Africa, il Mediterraneo Orientale, il Pacifico Occidentale e il Sud-Est Asiatico, ed hanno il fine di tener conto delle diverse realtà ed esigenze degli Stati Membri. Da parte dell'OMS è previsto un documento tecnico che individua, in una logica di gradualità, due fasi: la "Alert Phase" e la "Pandemic Phase". In questo contesto, il Direttore generale è l'organo deputato a coordinare le misure che gli Stati debbono adottare per rispondere prontamente alla crisi sanitaria, potenziando il sistema sanitario globale e promuovendo lo sviluppo scientifico. In tutto il mondo, il numero di potenziali agenti patogeni è superiore alle risorse destinate alla ricerca scientifica e allo sviluppo di nuovi trattamenti terapeutici. L'OMS ha avviato un processo scientifico su scala globale per aggiornare l'elenco dei principali agenti eziologici di epidemie e pandemie. Attualmente, le principali malattie che rappresentano il maggior rischio per la salute pubblica includono COVID-19, febbre emorragica di Crimea-Congo, malattia da virus Ebola e malattia da virus Marburg, febbre di Lassa, sindrome respiratoria del Medio Oriente (MERS) e Sindrome respiratoria acuta grave

(SARS), Nipah e malattie enipavirali, febbre della Rift Valley, Zika e tutte le malattie causate da agenti infettivi sconosciuti "emergenti" potrebbero causare una grave epidemia a livello globale. Questo capitolo, pertanto, vuole fornire una panoramica sulle basi che guidano l'insorgenza delle malattie emergenti e sull'impatto del cambiamento globale nella diffusione delle pandemie, ponendo una particolare attenzione per l'infezione, ancora attuale, da SARS-CoV-2. La comprensione della interazione tra virus e ospite è una necessità strategica per affrontare con successo le malattie virali emergenti e per prepararsi a future pandemie.

2. Malattie infettive da virus emergenti o ri-emergenti

I termini "malattie infettive da virus emergenti e ri-emergenti" si riferiscono rispettivamente a malattie infettive causate da nuovi virus e a malattie infettive causate dalla ricomparsa di virus che riappaiono dopo una significativa e/o una totale eliminazione del patogeno. I virus sono il gruppo di microorganismi più diffuso e ubiquitario del nostro pianeta dove qualsiasi animale pianta o altro microorganismo è suscettibile nei confronti di una determinata infezione. I virus sono estremamente semplici dal punto di vista strutturale: sono costituiti da un involucro di proteine chiamato capside, che può essere ricoperto esternamente da una doppia membrana di fosfolipidi e glicoproteine nota come pericapside. Il nucleocapside racchiude il genoma virale, costituito da acido desossiribonucleico (DNA) o acido ribonucleico (RNA). Negli anni '70 il biologo statunitense David Baltimore classificò i virus in 7 classi distinte considerando la natura dell'acido nucleico e il modo in cui da questo si ottengono le proteine virali. Per questo, secondo la classificazione di Baltimore, distinguiamo virus a DNA, a singolo filamento a RNA con polarità positiva o negativa, con genoma circolare, lineare oppure frammentato. La struttura e la simmetria del capside, la dimensione della particella virale, la presenza o meno del pericapside e la capacità di avere uno specifico target cellulare da infettare, rendono i virus diversi fra loro (D.M. Knipe, 2013, 1). A livello globale, le malattie infettive di origine virale rimangono tra le principali cause di morte. Alcune di queste sono considerate malattie infettive emergenti perché o non si sono verificate mai nell'uomo oppure si sono verificate in precedenza nell'uomo ma hanno colpito solo piccole popolazioni in aree isolate (l'AIDS fase iniziale e la febbre emorragica da Ebola sono esempi). Altre sono dette malattie infettive riemergenti perché in realtà sembravano essere "in via di estinzione"

(come il vaiolo delle scimmie causato dal virus monkeypox) in una particolare area geografica o globalmente ma sono nuovamente ri-emerse scatenando problemi sanitari di maggiore importanza (S. Saxena, 2023, 95). Sorprendentemente, specifici agenti patogeni infettivi, come i virus dell'influenza, emergono e riemergono continuamente (FM. Snowden. 2008, 1). Negli ultimi anni abbiamo assistito ad un aumento del tasso di insorgenza di nuove malattie infettive, ad esempio, Hendra, Nipah, sindrome respiratoria acuta grave (SARS), sindrome respiratoria mediorientale (MERS), influenza suina da H1N1, all'insediamento di malattie in nuove regioni geografiche (ad esempio, West Nile, Zika, dengue, febbre gialla e Lyme) e alla ripresa di malattie che erano state precedentemente limitate (ad esempio febbre emorragica da dengue virus, Ebola, malaria e malattie da hantavirus) (J. S. Mackenzie, 2004, 10).

Alla fine del 2019, l'OMS ha riportato per la prima volta la notizia della presenza di una epidemia da polmonite virale nella città cinese di Wuhan (N. Zhu, 2019, 382). Un'epidemia è un evento che si verifica quando c'è un aumento della frequenza di una malattia, spesso improvviso e circoscritto ad una determinata area geografica, e maggiore a quanto normalmente previsto in quella popolazione. Nel 2020 quella polmonite anomala, che inizialmente sembrava un fenomeno isolato, generò in poco tempo un collasso socioeconomico globale, rappresentando una minaccia per la sanità pubblica mondiale. La malattia pandemica definita dalla OMS, COVID-19 (COronaVIrus Disease-2019) è stata associata ad un ceppo di coronavirus che non era mai stato precedentemente identificato nell'uomo, chiamata sindrome respiratoria acuta grave da Coronavirus-2 (SARS-CoV-2). L'OMS ha dichiarato lo stato di emergenza pandemico da COVID-19 all'inizio del 2020. L'agente eziologico del COVID-19, appartiene alla famiglia dei coronavirus un gruppo eterogeneo di virus che infettano animali di specie differenti e che non erano considerati altamente patogeni per l'uomo fino allo scoppio della SARS nel 2002 e nel 2003 nella provincia di Guangdong in Cina e dell'infezione da MERS-CoV, che dopo solo 10 anni generò un altro focolaio di polmonite virale nei paesi del Medio Oriente (J. Cui, 2019, 17; M. Solomon, 2022, 319). Le conoscenze sull'origine e l'evoluzione di questi due coronavirus patogeni sono state fondamentali per comprendere gli aspetti clinici e le caratteristiche epidemiologiche, oltre che individuare le procedure diagnostiche e le contromisure contro il COVID-19.

3. Lo Spillover zoonotico e l'impatto del cambiamento globale sull'evoluzione delle pandemie

Focolai ed epidemie sono eventi frequenti nella storia dell'uomo. Alcuni di loro assumono proporzioni pandemiche, raggiungendo popolazioni di diversi continenti. La maggior parte delle malattie emergenti e riemergenti, responsabili di epidemie e/o di pandemie, sono causate da agenti patogeni che sono stati trasmessi da animali infetti all'uomo e prendono il nome di zoonosi. Le zoonosi rappresentano una minaccia considerevole per la sanità pubblica e, come già riportato dagli eventi degli scorsi decenni, sono responsabile di drastiche conseguenze socioeconomiche che hanno un impatto importante sulla storia dell'umanità. Le diverse ondate d'influenza aviaria che si sono susseguite nei decenni scorsi, la rabbia, le encefaliti trasmette da zecche sono infezioni zoonotiche di natura virale che sono naturalmente trasmesse all'uomo dagli animali che rappresentano l'ospite primario detto anche serbatoio di infezione o reservoir (M. Richard, 2014, 5). Diversamente dall'ospite primario che assicura il mantenimento dell'infezione in natura, altri animali possono essere coinvolti nel ciclo vitale di un agente patogeno. Così, l'HIV è stato introdotto nella popolazione umana dai primati negli anni '20 e la pandemia di AIDS è emersa tra il 1960 e 1980, diffondendosi successivamente e rapidamente in tutto il mondo (M. Worobey, 2016, 539). I Nipah virus e l'Hendra virus sono stati trasmessi dai pipistrelli ai maiali e da questi ultimi all'uomo determinando encefaliti spesso con esito infausto (J. G. McCormack, 2005, 11; P Daniels, 2007, 315). L'infezione da SARS-CoV del 2002 da MERS-CoV del 2012 e oggi quella da SARS-CoV -2 sono state determinate da ceppi di coronavirus che avevano come ospite primario il pipistrello e sono state trasmesse nella popolazione umana tramite degli ospiti intermedi (E. de Wit, E, 2016, 14; N. Zhu, 2019, 382). Queste specie prendono il nome di ospiti intermedi. Allo stesso modo, il più grande focolaio di infezione emorragica provocata dal virus Ebola (EVD), si è verificato in Africa occidentale tra il 2014 e il 2016 e sebbene sembrasse essere trasmesso dagli scimpanzè infettati, in realtà il tasso di mortalità di questi animali era talmente alto che non potevano essere considerati ospiti naturali e serbatoi del virus responsabili degli eventi di trasmissione interspecie (EE. Glennon, 2019, 13). Dal primo rilevamento del virus più di 40 anni fa, sono stati presi in considerazione diversi possibili ospiti

primari (tra cui pipistrelli, uccelli, rettili, molluschi, artropodi e piante) fino all'identificazione dei pipistrelli all'interno dei quali l'infezione virale non determinava una sintomatologia grave. Questo evento ha permesso di capire che un ospite primario è sicuramente una specie in cui il virus replica in forma asintomatica senza conseguenze preoccupanti per la salute dell'ospite e la sua sopravvivenza nel tempo è garantita da processo di coevoluzione tra virus e il reservoir (L. K. Koch, 2020, 10; M. Letko, 2020, 18).

Alcuni agenti zoonotici sono invece veicolati tra gli ospiti da vettori biotici come gli artropodi (zanzare, zecche, pulci e pidocchi) e prendono il nome di Arbovirus, dall'inglese "arthropod-borne viruses". Molti arbovirus appartengono alla famiglia dei flaviviridae tra cui West Nile virus (WNV), Dengue virus (DENV) e Yellow fever virus (YFV) e sono prevalentemente trasmessi attraverso la puntura di zanzare di generi differenti (R. Burk, 2016, 40). La distribuzione geografica di questi virus riflette la localizzazione geografica dei vettori. Così, West Nile virus (WNV) e Japanese encephalitis virus (JEV) sono spesso correlati alle zanzare del genere Culex e hanno come reservoir i volatili; Dengue virus (DENV), Yellow fever virus (YFV) e Chikungunya sono spesso associati alle zanzare del genere Aedes. Gli Arbovirus sono virus a RNA che originariamente circolavano in regioni tropicali dell'Africa e del Sud America o in vari paesi asiatici, dove i virus compivano un ciclo endemico di trasmissione: zanzara-animale-zanzara (per esempio zanzara-uccello-zanzara per WNV o zanzara-scimmia-zanzara per YFV). La trasmissione all'uomo è un evento accidentale e si verifica quando l'uomo entra in contatto con il reservoir naturale, si infetta e poi torna in un'area urbana. Questo sconfinamento geografico rende gli Arbovirus responsabili di malattie di rilevante interesse medico, diffuse in tutto il mondo. Il fenomeno che porta al superamento della barriera di specie, noto come salto di specie o spillover zoonotico, è influenzato da una serie di determinanti epidemiologici, comportamentali e biologici che facilitano l'esposizione dell'agente patogeno all'ospite e modellano la suscettibilità dell'ospite alla nuova infezione (JH. Ellwanger, 2021, 44). L'incremento e la liberalizzazione degli scambi commerciali, la globalizzazione e i flussi migratori che hanno introdotto nuove abitudini alimentari, hanno contribuito all'insorgenza di nuove malattie emergenti in combinazione con una aumentata suscettibilità all'infezione da parte dell'ospite stesso. Allo stesso modo, le abitudini culturali di alcuni popoli sono responsabili di malattie emergenti, per esempio, la manipolazione di

animali vivi che vengono venduti nei mercati locali. Il cambiamento climatico antropogenico e i mutamenti economici e sociali sono determinanti principali della diffusione di una malattia emergente e della insorgenza di pandemie (C.J. Carlson, 2022, 607). L'aumento delle temperature, per esempio, è strettamente connesso alla comparsa di zoonosi in nuove aree geografiche, in quanto condiziona il numero e la distribuzione dei vettori (tra cui zanzare, zecche, flebotomi o pappataci) e degli ospiti, favorisce la migrazione di uccelli e altre specie selvatiche, come pure la capacità di sopravvivenza dei patogeni. Il surriscaldamento del pianeta causato dalle emissioni di gas serra ha alterato la distribuzione geografica di alcune specie di zanzare un tempo circoscritte alle aree tropicali, promuovendone la diffusione in Europa e negli Stati Uniti. L'Invasione di zanzare Aedes aegypti e Aedes albopictus ha provocato i casi di chikungunya in Italia, Francia, Stati Uniti. Parallelamente, l'incremento demografico e l'urbanizzazione promuovono la costruzione di insediamenti umani nelle aree forestali. Processi di deforestazione minacciando la biodiversità a discapito delle specie animali che abitano gli habitat naturali, promuovono il contatto tra uomo e fauna selvatica, che rappresenta un serbatoio di agenti zoonotici (MC. Rulli, 2017, 7). In aggiunta ai fattori ambientali, ecologici e sociali, la variabilità dei microorganismi, determinata da eventi di mutazione e di ricombinazione genica, gioca un ruolo critico nell'insorgenza di nuovi virus emergenti. La variabilità del genoma virale è strettamente dipendente da tre processi: mutazioni puntiforme, ricombinazione e riassortimento. Mentre l'evoluzione di virus a RNA è strettamente connessa all'accumulo di mutazioni nelle fasi di replicazione e all'incapacità di correggere queste mutazioni, l'evoluzione dei virus a DNA passa attraverso processi di co-evoluzione col suo ospite che stabilizzano la virulenza del virus (E. C. Holmes, 2007, 315). Le diverse varianti di SARS-CoV-2 sono il risultato di mutazioni puntiformi singole e/o multiple della sequenza genica che codifica per la proteina spike che hanno permesso al virus di adattarsi velocemente in un nuovo ospite (M. Solomon, 2022, 319).

4. Focus sul virus SARS-CoV-2

I coronavirus umani sono stati isolati per la prima volta negli anni '60, appartengono alla famiglia dei Coronaviridae, e causano infezioni respiratorie nei mammiferi, come pipistrelli, cammelli e zibetti. (E. de Wit, E, 2016, 14). È noto che i coronavirus risiedono

prevalentemente in un serbatoio animale, come pipistrelli, topi, ratti, galline, cani, gatti, cavalli e cammelli. Nell'uomo i ceppi comuni di coronavirus, tra cui 229E, NL63, OC43 e HKU1, causano lievi infezioni del tratto respiratorio in tutto il mondo (M. Solomon, 2022, 319). Tuttavia, ceppi di origine animale possono evolversi e adattarsi per infettare gli esseri umani, determinando così l'emergere di un nuovo virus con alto potere patogenico e la possibilità di un causare un focolaio pandemico. SARS-CoV, il MERS-CoV e il più recente SARS-CoV-2 sono esempi di virus che attraversano il passaggio dall'animale all'uomo, hanno determinato il salto di specie causando sintomi più gravi negli individui infetti. I sintomi dell'infezione da coronavirus possono variare a seconda della specie ospite. Nell'uomo, le infezioni da SARS-CoV-2 possono essere asintomatiche o accompagnate da febbre, tosse, mancanza di respiro e irritazione gastrointestinale. Tuttavia, man mano che la pandemia è andata avanti è apparso sempre più chiaro come COVID-19 non fosse solo una malattia respiratoria e/o gastrointestinale, ma piuttosto una malattia complessa, che può riguardare diversi organi (es. infiammazioni del miocardio) e comportare delle sequele a lungo termine. Come gli altri hCoV, SARS-CoV-2 possiede un genoma a RNA singolo filamento a polarità positiva (ssRNA+) di circa 29.9 Kb (A.R. Fehr, 2015, 1282). Il genoma è impacchettato dalle proteine nucleocapsidiche virali (N) che, nell'insieme, formano un grosso complesso ribonucleoproteico (RNP) racchiuso da un envelope costituito da lipidi e dalle proteine virali S (proteine di superficie o spikes), M (membrana) ed E (envelope). Il genoma di questo virus ha mostrato, sin dal suo isolamento, una significativa variabilità genetica. Il genoma di SARS-CoV-2, sebbene con qualche differenza rispetto agli altri hCoV, codifica per tutta una serie di proteine non strutturali (nsp), strutturali e accessorie simili a quelle degli altri coronavirus in dettaglio: N. 16 proteine non strutturali (nsp1-16); N. 4 proteine strutturali (S, E, M e N); N. 6 proteine accessorie (3a, 6, 7a, 7b, 8 e 9b)

Tutte e 16 le nsp sono coinvolte nella replicazione, nella trascrizione dell'RNA e nell'evasione dalla risposta immunitaria. Rappresentano i prodotti derivanti dal taglio di 2 poliproteine, codificate rispettivamente dall'ORF1a (nsp 1-11) e dall'ORF1b (nsp 12-16) che, insieme, costituiscono circa il 70% del genoma virale (a partire dall'estremità 5′). Le proteine strutturali S, E, M ed N, necessarie per la formazione del virione, e le proteine accessorie, sono codificate nel restante 30% del genoma virale (l'estremità 3′). Il genoma a RNA di SARS-

CoV-2 è il più grande fra i virus a RNA e, essendo a polarità positiva, funge da mRNA messaggero che viene direttamente tradotto nel citoplasma subito dopo essere entrato all'interno di una cellula permissiva. La traduzione porta alla formazione di 2 poliproteine codificate dalle ORF1a e ORF1b. Il taglio delle 2 poliproteine viene effettuato da 2 proteasi di origine virale auto-catalitiche, la prima la proteasi papain-like (PL_{pro}) e la 3-chimotripsina-like proteasi ($3C_{pro}$), che si conclude con la produzione di 16 nsp. Tutte le altre proteine virali, strutturali ed accessorie, devono invece essere tradotte a partire da RNA virali subgenomici (sgRNA) contenenti tutti la regione 5′-leader di 72 nt derivante dall'estremità 5′ del genoma virale (A. C. Brant, 2021, 11). L'ingresso (entry) del virus all'interno della cellula prevede una fase di fusione della membrana cellulare con quella virale (envelope). Step mediato dalla glicoproteina S (spike). Il dominio di legame al recettore (RBD) di Spike, sito di legame con il recettore cellulare umano ACE, è il target primario degli anticorpi neutralizzanti elicitati dall'infezione naturale o dalla vaccinazione, e per questo sede principale di elevata variabilità genetica. Sebbene siano stati compiuti sforzi intensi per studiare la dinamica della regione della proteina Spike, è probabile che in SARS-CoV-2 anche le mutazioni al di fuori della regione di Spike contribuiscano all'evoluzione ed all'adattamento del virus all'ospite. Da un punto di vista evolutivo, le varianti di SARS-CoV-2 che hanno avuto maggior successo sono quelle che hanno mostrato una maggiore trasmissibilità rispetto alle precedenti varianti. Tuttavia, la maggiore trasmissibilità del virus non è sempre legata ad una minore virulenza. Infatti, la variante Delta, ha progressivamente sostituito la variante Alfa, dovuta ad una sua maggiore trasmissibilità associata però ad una maggiore virulenza. Omicron, invece, ha mostrato una minore virulenza ma una maggiore trasmissibilità rispetto a Delta. Su queste basi, si può affermare che non sempre un processo evolutivo determina un'attenuazione progressiva della virulenza di SARS-CoV-2, tenendo anche conto del fatto che la maggior parte dei contagi avvengono prima che il virus causi malattia grave. Appare quindi chiaro come il "trend evolutivo" di SARS-CoV-2 sia tutt'altro che prevedibile, ne è prova la comparsa delle recenti sottovarianti oltre alle varianti Omicron BA.4 e BA.5, segno che il virus non ha ancora trovato un suo equilibrio stabile con l'ospite "Uomo". Il monitoraggio continuo delle varianti virali, nonché lo studio degli specifici processi di evoluzione dinamica sono necessari per definire le misure da adottare per la salute pubblica. Tutte queste

informazioni saranno necessarie anche per sviluppare test diagnostici più appropriati (come i metodi di biologia molecolare) e vaccini per i nuovi lignaggi circolanti di SARS-CoV-2. La sorveglianza approfondita della trasmissione del virus su scala locale e globale e la valutazione dell'effetto delle diverse misure di controllo sulla trasmissione di COVID-19 offriranno gli strumenti più adeguati a ridurre al minimo la trasmissione del virus limitando conseguentemente l'impatto sul sistema sanitario.

5. Bibliografia

Lee, J. M., Huddleston, J., Doud, M. B., Hooper, K. A., Wu, N. C., Bedford, T., & Bloom, J. D. *Deep mutational scanning of hemagglutinin helps predict evolutionary fates of human H3N2 influenza variants*. Proc Natl Acad Sci U S A, 2018.

Dupré, G., & Volmer, R. *Influence of viral genome properties on polymerase fidelity*. Trends Genet, 2023.

Wang, L. F., Anderson, D. E. *Viruses in bats and potential spillover to animals and humans*.COVIRO, 2019.

Tazerji, S. S., Nardini, R., Safdar, M., Shehata, A. A., & Duarte, P. M. *An Overview of Anthropogenic Actions as Drivers for Emerging and Re-Emerging Zoonotic Diseases*.Pathogens (Basel), 2022.

Knipe, D.M., Howley, P.M. and Griffin, D.E., Eds., *Fields Virology*, 6th Edition, LWW, 2013, Volume 1 pag 1-127.

Saxena, S. K., Ansari, S., Maurya, V. K., Kumar, S., Jain, A., Paweska, J. T., Tripathi, A. K., & Abdel-Moneim, A. S. *Re-emerging human monkeypox: A major public-health debacle*.J. Med. Virol. 2023.

Snowden FM. *Emerging and reemerging diseases: a historical perspective*. Immunol Rev. 2008.

Mackenzie, J. S., Gubler, D. J., & Petersen, L. R. *Emerging flaviviruses: the spread and resurgence of Japanese encephalitis, West Nile and dengue viruses*. Nat. Med. 2004.

Zhu N., Zhang D., Wang W., Li X., Yang B., Song J., Zhao X., Huang B., Shi W., Lu R., Niu P., Zhan F., Ma X., Wang D., Xu W., Wu G., Gao G.F., Tan W. *A novel coronavirus from patients with pneumonia in China,* N. Engl. J. Med, 2019.

J. Cui, F. Li, Z. L. Shi, *Origin and evolution of pathogenic coronaviruses*, Nat. Rev. Microbiol. 2019.

Solomon M, Liang C. *Human coronaviruses: The emergence of SARS-CoV-2 and management of COVID-19*. Virus Res. 2022.

Richard M, de Graaf M, Herfst S. *Avian influenza A viruses: from zoonosis to pandemic*. Future Virol. 2014.

Worobey, M., Watts, T. D., McKay, R. A., Suchard, M. A., Granade, T., Teuwen, D. E., Koblin, B. A., Heneine, W., Lemey, P., & Jaffe, H. W. *1970s and 'Patient 0' HIV-1 genomes illuminate early HIV/AIDS history in North America*. Nature, 2016.

McCormack J. G. *Hendra and Nipah viruses: new zoonotically-acquired human pathogens*. Respir. Care Clin. N. Am, 2005.

Daniels, P. W., Halpin, K., Hyatt, A., & Middleton, D. *Infection and disease in reservoir and spillover hosts: determinants of pathogen emergence*. Curr. Top. Microbiol. Immunol. 2007.

de Wit E, van Doremalen N, Falzarano D, Munster VJ. *SARS and MERS: recent insights into emerging coronaviruses*. Nat Rev Microbiol. 2016.

Glennon EE, Jephcott FL, Restif O and Wood JLN, *Estimating undetected Ebola spillovers*. PLoS Negl Trop Dis, 2019.

Koch, L. K., Cunze, S., Kochmann, J., & Klimpel, S. *Bats as putative Zaire ebolavirus reservoir hosts and their habitat suitability in Africa*. Sci. Rep., 2020.

Letko, M., Seifert, S. N., Olival, K. J., Plowright, R. K., & Munster, V. J. *Bat-borne virus diversity, spillover and emergence*. Nat. Rev. Microbiol., 2020.

Burk R, Bollinger L, Johnson JC, Wada J, Radoshitzky SR, Palacios G, Bavari S, Jahrling PB, Kuhn JH. *Neglected filoviruses*. FEMS Microbiol Rev. 2016.

Ellwanger JH, Chies JAB. *Zoonotic spillover: Understanding basic aspects for better prevention*. Genet Mol Biol. 2021.

Carlson, C. J., Albery, G. F., Merow, C., Trisos, C. H., Zipfel, C. M., Eskew, E. A., Olival, K. J., Ross, N., & Bansal, S.*Climate change increases cross-species viral transmission risk*. Nature, 2022.

Rulli MC, Santini M, Hayman DTS and D'Odorico P, *The nexus between forest fragmentation in Africa and Ebola virus disease outbreaks*. Sci Rep., 2017.

Holmes, E. C., & Drummond, A. J. *The evolutionary genetics of viral emergence*. Curr. Top. Microbiol. Immunol. 2007.

Fehr, A.R.; Perlman, S. Coronaviruses: *An overview of their replication and pathogenesis*. Methods Mol. Biol. 2015.

Brant, A. C., Tian, W., Majerciak, V., Yang, W., & Zheng, Z. M. *SARS-CoV-2: from its discovery to genome structure, transcription, and replication*. Cell Biosci, 2021.

Antonino Astone

DANNO DA SOMMINISTRAZIONE DI VACCINO ANTI SARS-COV-2- E PROFILI DI RESPONSABILITÀ

1. Somministrazione del vaccino e prestazione del consenso. – 2. La responsabilità per i danni derivanti dalla somministrazione del vaccino anti Sars-Cov-2. A) La responsabilità del produttore dei vaccini ex art. 2050 c.c. – 2. B) La responsabilità del produttore di vaccini per i danni derivanti da un difetto del prodotto. – 3. Segue. La responsabilità del Ministero della Salute per i danni derivanti dalla somministrazione di vaccini nel contesto pandemico. – 4. Segue. La responsabilità del medico che inocula il vaccino e della struttura sanitaria. – 5. L'accertamento del nesso eziologico tra somministrazione del vaccino ed *eventus damni*. Incertezza scientifica e ricorso al meccanismo della prova presuntiva. – 6. Danni da somministrazione di vaccino e tutela indennitaria. Il limite dei rimedi successivi all'*eventus damni*. – 7. Bibliografia.

1. Somministrazione del vaccino e prestazione del consenso.

L'emergenza sanitaria, legata alla diffusione del "Sars-Cov-2", protrattasi per circa un triennio, di cui è stata dichiarata la cessazione in data 5 maggio 2023, ha posto all'attenzione del giurista una rinnovata riflessione sul danno derivante da vaccinazioni obbligatorie o soltanto raccomandate dalla Comunità scientifica e sui connessi profili di responsabilità.

Per contrastare la diffusione della pandemia, scaturita da un virus rivelatosi particolarmente aggressivo, che ha inciso profondamente sulla struttura organizzativa del sistema sanitario, sono stati sviluppati in tempi piuttosto rapidi vaccini finalizzati ad impedire o quantomeno ridurre la diffusione del contagio e gli effetti scaturenti dallo stesso.

L'introduzione prima e la commercializzazione poi hanno riguardato due tipologie di vaccini: uno "a vettore virale", che inietta nell'organismo umano il virus, privo tuttavia della capacità di replicarsi; l'altro, invece, fondato sulla tecnologia "mRNA", che si sostanzia nella introduzione nelle cellule di istruzioni per produrre una determinata proteina virale, nella

specie la proteina Spike, così stimolando la produzione degli anticorpi necessari per sconfiggerlo.

Se normalmente le fasi di sperimentazione si distribuiscono in un arco temporale significativo, che può raggiungere anche i 15 anni, nel caso dei vaccini anti Covid-19, l'emergenza pandemica ha imposto una drastica contrazione dei tempi necessari per l'introduzione degli stessi, in particolare della terza fase di sperimentazione in cui deve valutarsi la reattività ai vaccini, tant'è che le agenzie di farmacovigilanza ne hanno autorizzato l'introduzione già nel dicembre del 2020[1].

La velocizzazione del processo di sviluppo dei vaccini determina inevitabilmente un aumento dei rischi connessi al loro utilizzo, come di fatto è avvenuto. In alcuni casi si è trattato di reazioni non significative, in altri invece si sono verificati eventi trombotici anche con decessi.

La necessità di raggiungere la c.d immunità di gregge, termine questo cui si è fatto spesso riferimento nel corso della campagna vaccinale per indicare l'obiettivo della più ampia immunità possibile, ha indotto il legislatore a ricorrere allo strumento della raccomandazione della vaccinazione anti Covid -19[2]. In questi termini si esprime infatti il legislatore dell'emergenza che all'art. 20 del d.l. n. 4/2022, convertito con modificazioni nella legge n. 25/2022, ha introdotto nella legge n. 210/1992 l'art. 1bis, che prevede l'indennizzo anche in caso di menomazione permanente derivante dalla vaccinazione anti Sars Cov-2, *raccomandata dall'autorità sanitaria italiana*.

Pur essendo la vaccinazione fortemente raccomandata, il godimento di alcuni diritti fondamentali e il compimento di alcune attività è stato tuttavia subordinato all'avvenuta sottoposizione alla stessa, con la previsione quindi di un obbligo indiretto di farvi ricorso, anzi più correttamente di un vero e proprio onere vaccinale, mentre con riferimento ad alcune categorie di cittadini si è previsto un obbligo vaccinale in senso stretto. Ed infatti l'art. 4 del

[1] Su questi aspetti si sofferma la letteratura in materia, sul punto anche L.E. Perriello, *Il danno da vaccino anticovid-19 tra regole di responsabilità e schemi indennitari*, in *Persona e mercato*, 2022, 4, 663 ss.

[2] E' bene tuttavia precisare che "nell'orizzonte epistemico della pratica medico-sanitaria la distanza tra raccomandazione e obbligo è assai minore di quella che separa i due concetti nei rapporti giuridici. In ambito medico, raccomandare e prescrivere sono azioni percepite come egualmente doverose in vista di un determinato obiettivo (tanto che sul piano del diritto all'indennizzo le vaccinazioni raccomandate e quelle obbligatorie non subiscono differenze) (Corte cost., sent. n. 5/2018, in *Giur. cost*., 2018, 1. 38 con nota di C. Pinelli).

d.l. n. 44/2021, convertito con modificazioni nella legge n. 76/2021, ha previsto che "al fine di tutelare la salute pubblica e mantenere adeguate condizioni di sicurezza nell'erogazione delle prestazioni di cura e assistenza, gli esercenti le professioni sanitarie e gli operatori di interesse sanitario che svolgono la loro attività nelle strutture sanitarie, sociosanitarie e socio-assistenziali, pubbliche e private, nelle farmacie, parafarmacie e negli studi professionali sono obbligati a sottoporsi a vaccinazione gratuita per la prevenzione dell'infezione da SARS-CoV-2. La vaccinazione costituisce requisito essenziale per l'esercizio della professione e per lo svolgimento delle prestazioni lavorative rese dai soggetti obbligati.

In presenza di obblighi siffatti, previsti sia in forma diretta che indiretta, occorre verificare l'operatività del principio, costituzionalmente garantito, di autodeterminazione in ordine ai trattamenti terapeutici, dovendosi considerare tali anche i vaccini. Ciò in quanto costituisce trattamento sanitario ogni intervento tecnico-sanitario diretto a prevenire l'insorgere di processi morbosi o l'alterazione dell'equilibrio psico-fisico della persona, comprese, ai sensi dell'art. 1, comma 5, della legge n. 219/2017, la nutrizione artificiale e l'idratazione artificiale.[3]

L'autodeterminazione in questo ambito si qualifica come potere che ha il soggetto di decidere se sottoporsi o meno ad un intervento terapeutico o se rinunciare allo stesso, anche qualora già iniziato. Questo principio, costituente l'esito di una progressiva evoluzione espressiva di una diversa sensibilità culturale[4], nell'esperienza giuridica italiana ha trovato riscontro in fonti normative sia interne che sovranazionali, oltre che nei codici deontologici. In questa direzione afferma il Costituente che i trattamenti sanitari devono essere preceduti dal consenso del paziente, prevedendo una riserva di legge per quelli obbligatori, fermo restando il limite imposto dal rispetto della persona umana (art. 32, comma 2, Cost.).

Poiché l'intervento terapeutico è finalisticamente orientato alla cura del paziente, solo questi può scegliere se sottoporsi o meno ad un trattamento sanitario, ed a quale tra quelli offerti dalla medicina. Il consenso del paziente si sostanzia quindi in un atto autorizzativo di cui l'operatore sanitario necessita per potere intervenire sul corpo dello stesso, facendo così venir meno l'illiceità/antigiuridicità della condotta del medico e senza creare vincoli a carico

[3] In questi termini D. Morana, *La salute come diritto costituzionale*, Torino, 2021, 52.
[4] G. Montanari Vergallo, *Il rapporto medico-paziente. Consenso e informazione tra libertà e responsabilità*, Milano, 2008, 14; A. Nicolussi, *Testamento biologico e problemi del fine vita: verso un bilanciamento di valori o un nuovo dogma della volontà*, in *Europa dir. priv.*, 2013, p. 46.

dell'autore del comportamento, che può sempre porre un *contrarius actus*, né affidamenti in soggetti terzi[5]. Questo principio è oggi ribadito dalla legge n. 219/2017, la quale, nell'affermare l'esistenza di un diritto assoluto all'autodeterminazione terapeutica, si propone di realizzare una adeguata composizione tra diritto alla salute ed indisponibilità della vita, diversamente realizzata a seconda della prospettiva (confessionale o laica) nella quale ci si colloca. In questa direzione è significativo il rinvio agli artt. 2, 13 e 32 Cost. nonché agli artt., 1, 2 e 3 della Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea, al fine di garantire, come si precisa subito, "il diritto alla vita, alla salute, alla dignità ed all'autodeterminazione della persona" (art. 1).

Pertanto, anche in caso di somministrazione di vaccini anti Covid-19, con le precisazioni che saranno svolte oltre, il trattamento sanitario deve essere preceduto dalla prestazione di un consenso informato in conformità alla volontà del soggetto interessato, come prevede l'art. 1 quinquies del D.L. n. 172/2020, convertito nella legge n. 6/2021, che stabilisce norme specifiche in caso di incapacità a prestare il consenso riguardante i soggetti ricoverati presso strutture sanitarie assistenziali e anche rispetto a coloro che si trovano in stato di incapacità naturale pur non essendo ricoverati in strutture assistenziali[6].

Dal dettato costituzionale emerge un possibile conflitto tra il diritto individuale alla salute e l'interesse collettivo alla stessa, la cui composizione non può risolversi *sic et simpliciter* nella prevalenza del secondo sul primo, come se il riconoscimento del diritto alla salute fosse strumentale alla realizzazione dell'interesse della collettività[7].

La considerazione della salute come interesse della collettività consente invero di configurare un limite (esterno e non interno) all'esercizio del diritto fondamentale alla salute, inteso altresì come diritto di rifiutare i trattamenti sanitari, tutte le volte in cui l'esercizio di tale libertà risulti essere pregiudizievole per gli interessi della collettività.

E' questo il caso dei trattamenti sanitari obbligatori sottoposti ad una riserva di legge in quanto limitativi del diritto individuale alla salute considerato nella sua accezione più ampia.

L'imposizione di un trattamento sanitario non è allora finalizzata soltanto alla tutela del destinatario dello stesso, che lo subisce, ma anche dello stato di salute della collettività.

[5] C. Castronovo, *Autodeterminazione e diritto privato*, in *Europa dir. priv.*, 2010, 4, 1055.
[6] Sul punto T. Rumi, *Consenso informato e danni da vaccinazioni* "consigliate", in *Contr. impr.*, 2022, 117 ss.
[7] Nega la strumentalità del diritto individuale alla salute rispetto all'interesse della collettività anche G. Guzzetta, *Obbligo vaccinale e consenso informato. Profili problematici e aporie logiche*, in *Giur. it.*, 2022, 10, 2293.

Come rilevato dalla giurisprudenza, "la legge impositiva di un trattamento sanitario non é incompatibile con l'art. 32 Cost.: a) "se il trattamento sia diretto non solo a migliorare o a preservare lo stato di salute di chi vi è assoggettato, ma anche a preservare lo stato di salute degli altri, giacché è proprio tale ulteriore scopo, attinente alla salute come interesse della collettività, a giustificare la compressione di quella autodeterminazione dell'uomo che inerisce al diritto di ciascuno alla salute in quanto diritto fondamentale; b) se vi sia "la previsione che esso non incida negativamente sullo stato di salute di colui che vi è assoggettato, salvo che per quelle sole conseguenze, che, per la loro temporaneità e scarsa entità, appaiano normali di ogni intervento sanitario e, pertanto, tollerabili"; c) se nell'ipotesi di danno ulteriore alla salute del soggetto sottoposto al trattamento obbligatorio - ivi compresa la malattia contratta per contagio causato da vaccinazione profilattica - sia prevista comunque la corresponsione di una "equa indennità" in favore del danneggiato"[8]. Tali limitazioni, che vanno estese, stante l'identità di fondamento[9], anche agli oneri vaccinali si ispirano pertanto, oltre che alla tutela della salute del soggetto sottoposto, anche ai principi di ragionevolezza e proporzionalità.

Un dato può ritenersi dunque acquisito: le ipotesi legislativamente previste di vaccinazioni obbligatorie rientrano a pieno titolo tra i trattamenti sanitari obbligatori cui fa riferimento l'art. 32, comma 2, Cost, e sono assoggettate alla relativa disciplina ed ai limiti previsti.

Il problema invece si pone per gli oneri vaccinali, in cui l'imposizione del trattamento è sì raccomandata, tuttavia all'assolvimento dell'onere vaccinale è subordinato l'esercizio di diritti fondamentali, quali la libertà di circolazione o di svolgimento di un'attività lavorativa[10].

In caso di previsione di un obbligo vaccinale bisogna verificare come si coordini un obbligo siffatto con il principio cardine, in materia di trattamenti sanitari, del consenso informato[11].

[8] Corte cost., sent. n. 258/1994, in *Foro it.*, 1995, I, p.1451. Negli stessi termini Corte cost., sent. n. 5/2018, cit. Ma sul punto già Corte cost., sent. n- 307/1990, in *Foro Amm.*, 1991, 640.

[9]Sul punto anche (G. Guzzetta, *Obbligo vaccinale e consenso informato. Profili problematici e aporie logiche*, cit., 2296).

[10] Rileva la evidente problematicità sotto tale profilo degli oneri vaccinali anche G. Guzzetta, *Obbligo vaccinale e consenso informato. Profili problematici e aporie logiche*, cit., 2296.

[11] Ritiene che la previsione di un obbligo vaccinale non sia limitativa del diritto individuale alla salute nel suo contenuto negativo, F. Gambardella, *Sulla questione di legittimità costituzionale dell'obbligo di vaccinazione anti Covid del personale sanitario. Nota a margine dell'ordinanza 22.03.2022 n. 351 del Consiglio di giustizia amministrativa per la regione siciliana*, in *www.giustiziinsieme.it*, 2022.

In realtà non sembra sussistere *prima facie* alcuna incompatibilità poiché anche quando il trattamento sanitario è imposto per legge occorre pur sempre fornire all'interessato tutte le informazioni sanitarie, che gli consentono di conoscere gli effetti derivanti dalla somministrazione del vaccino sì da verificare la sussistenza di cause che esonerano dalla somministrazione stessa.

Consenso che la giurisprudenza ritiene debba prestarsi anche in ordine alla materiale somministrazione vaccinale in quanto " la natura obbligatoria del vaccino non esclude la necessità di raccogliere il consenso informato, che viene meno solo nei casi espressamente previsti dalla legge, come disposto dal comma 1 dell'art. 1 della legge n. 219 del 2017"[12]. Ciò in quanto, rileva il giudice delle leggi, "l'obbligatorietà del vaccino lascia comunque al singolo la possibilità di scegliere se adempiere o sottrarsi all'obbligo, assumendosi responsabilmente, in questo secondo caso, le conseguenze previste dalla legge. Qualora, invece, il singolo adempia all'obbligo vaccinale, il consenso, pur a fronte dell'obbligo, è rivolto, proprio nel rispetto dell'intangibilità della persona, ad autorizzare la materiale inoculazione del vaccino".

Sottesa al principio della necessaria acquisizione del consenso è allora la distinzione tra trattamenti sanitari obbligatori coercitivi e non coercitivi: soltanto con riferimento a questi ultimi non sarebbe necessario prestare il consenso alla somministrazione. Rimane tuttavia il dato, non contestabile, che anche in caso di trattamenti sanitari obbligatori non coercitivi la sottoposizione alla vaccinazione, nella specie anti Covid-19, non costituisce espressione di una libera scelta di chi si sottopone e pertanto il consenso, sia pure richiesto, non sembra assumere quel valore legittimante l'intervento dell'operatore sanitario allo stesso attribuito su un piano generale in subiecta materia[13].

Ritenuto che la somministrazione vaccinale, sia raccomandata che imposta, rientra tra i trattamenti sanitari, che vanno assentiti dall'interessato, con la sola eccezione di quelli obbligatori coercitivi, si profila la responsabilità dell'operatore, che ha proceduto alla materiale inoculazione del vaccino, in caso di omessa e/o insufficiente informazione. Ma come si dirà oltre una responsabilità per omessa o insufficiente informazione può configurarsi anche

[12] Corte cost., sent. n. 14/2023, in *Foro it.*, 2023, I, 641.
[13] Sulla obbligatorietà della somministrazione vaccinale anche i rilievi di A. Alpini, *La discutibile valenza probatoria del fatto notorio. Note sulla obbligatorietà del c.dd. vaccinazioni anti-covid,* in *Rass. dir. civ.*, 2022, 2, 449.

in capo alle case produttrici dei vaccini in relazione a quelle circostanze note sulla base delle conoscenze scientifiche esistenti.

Al riguardo occorre distinguere a seconda che sia stato leso il diritto all'autodeterminazione oppure anche il diritto alla salute del destinatario del trattamento sanitario, nella specie del vaccino. Ed infatti, come rilevato dai giudici di legittimità, la violazione, da parte del medico, del dovere di informare il paziente, può causare due diversi tipologie di danni: "a) un danno alla salute, quando sia ragionevole ritenere che il paziente - sul quale grava il relativo onere probatorio - se correttamente informato, avrebbe rifiutato di sottoporsi all'intervento (onde non subirne le conseguenze invalidanti); b) un danno da lesione del diritto all'autodeterminazione, predicabile se, a causa del deficit informativo, il paziente abbia subito un pregiudizio, patrimoniale oppure non patrimoniale (ed, in tale ultimo caso, di apprezzabile gravità), diverso dalla lesione del diritto alla salute"[14]. Diversa è inoltre la rilevanza causale dell'inadempimento dell'obbligo di acquisire il consenso informato "a seconda che sia dedotta la violazione del diritto all'autodeterminazione o la lesione del diritto alla salute", giacché "nel primo caso, l'omessa o insufficiente informazione preventiva evidenzia "ex se" una relazione causale diretta con la compromissione dell'interesse all'autonoma valutazione dei rischi e dei benefici del trattamento sanitario", mentre "nel secondo l'incidenza eziologica del deficit informativo sul risultato pregiudizievole dell'atto terapeutico, correttamente eseguito, dipende dall'opzione che il paziente avrebbe esercitato se fosse stato adeguatamente informato ed è configurabile in caso di presunto dissenso, con la conseguenza che l'allegazione dei fatti dimostrativi di tale scelta costituisce parte integrante dell'onere della prova", gravante sul danneggiato, del nesso eziologico tra inadempimento ed evento dannoso"[15]. In ogni caso, qualora venga dedotta la violazione del diritto all'autodeterminazione, occorre allegare quali altri pregiudizi, diversi dal danno alla salute eventualmente derivato, il danneggiato abbia subito, dovendosi escludere la sussistenza di un danno in "*re ipsa*".

2. La responsabilità per i danni derivanti dalla somministrazione del vaccino anti Sars-Cov-2. A)La responsabilità del produttore dei vaccini ex art. 2050 c.c.

[14] Cass., 11.11.2019, n. 28985, in *Resp. civ. prev.*, 2020, 2, 477.
[15] Cass., 17.05.2022, n. 15723, in *Guida al dir.*, 2022, 38. Negli stessi termini Cass.,11.11.2019, n. 28985, cit.

Dalla somministrazione dei vaccini, come è emerso nel corso dell'emergenza pandemica con il vaccino AstraZeneca, possono scaturire a carico del paziente conseguenze anche letali, diverse da quelle prospettate nelle note informative e sulle quali si è comunque formato il consenso del somministrato. E ciò comporta l'individuazione dei soggetti sui quali deve gravare il carico risarcitorio a fronte degli eventi dannosi prodottisi nella sfera giuridica di coloro che sono stati sottoposti alla vaccinazione, sia essa soltanto raccomandata o prevista come obbligatoria.

Nel quadro dei legittimati passivi delle domande risarcitorie proposte dai soggetti danneggiati vi sono indubbiamente le case farmaceutiche produttrici dei vaccini, la cui responsabilità è oggetto di dibattito sia sul versante dottrinale che giurisprudenziale. In particolare la giurisprudenza, attesa la natura intrinsecamente pericolosa dei farmaci, anche prima dello sviluppo della pandemia da Sars-Cov-2, ha statuito, con riferimento alla produzione e commercializzazione di emoderivati, che la produzione e l'immissione in commercio di farmaci, contenenti gammaglobuline, destinati ad essere inoculati nell'organismo umano, costituisce attività potenzialmente nociva, in ragione del rischio di contagio del virus della epatite di tipo B., che, pur non essendo espressamente previsto dalla normativa riguardante gli emoderivati, risulta tuttavia compreso nell'ampia prevenzione stabilita dalle disposizioni in materia[16].

Peraltro la pericolosità dell'attività di produzione di vaccini, ritentanti nella nozione di farmaco di cui all'art. 1 del dlgs. n. 219/2006, si evince dalla prescrizione delle cautele che circondano la produzione e la commercializzazione dei vaccini e dei farmaci in genere, a dimostrazione della consapevolezza in capo al legislatore della loro intrinseca dannosità per la salute umana[17].

La riconduzione della responsabilità del produttore di vaccini a quella derivante dall'esercizio di attività pericolose ex art. 2050 c.c. comporta un'agevolazione probatoria per il danneggiato, che non deve fornire la prova di una condotta colposa in capo al danneggiante, il quale potrà essere esonerato da responsabilità qualora provi l'adozione di tutte le misure idonee ad evitare l'evento dannoso.

[16] Cass., 20.07.1993, n. 8069, in *Giust. civ. Mass.*, 19993, 1204 e in *Giust. civ.*, 1994, I, 1037.
[17] A. Amidei, *La responsabilità del produttore di vaccini nella gestione dell'ignoto scientifico*, in *Giur. it.*, 2022, 10, 2287.

L'intenzione del legislatore, che considera il trattamento normativo delle attività pericolose come la vera innovazione del codice del 1942[18], è quella di reagire ad un fatto causativo di danno, quindi, ad un atto illecito[19], senza fondare il giudizio di responsabilità sul principio della pura causalità, ma muovendosi pur sempre all'interno di schemi di imputazione soggettiva[20].

Sebbene la pericolosità dell'attività svolta costituisca l'elemento connotativo della fattispecie in esame, non può, tuttavia, ritenersi che sia stata accolta "l'idea che la creazione di un pericolo costituisca una ragione sufficiente, indipendentemente dalla colpa, per l'imputazione della responsabilità", attesa la indubbia rilevanza delle modalità di svolgimento dell'attività pericolosa[21]. Soltanto in una prospettiva sanzionatoria del rimedio aquiliano può attribuirsi alla esposizione al pericolo il ruolo di fonte dell'obbligazione delittuale, con l'attribuzione alla situazione di pericolo del ruolo di criterio di responsabilità, a fronte di un comportamento che va disapprovato, in ragione della sua antisocialità[22]. Il tenore letterale dell'enunciato normativo, ed un'interpretazione storicamente orientata, non consentono, allora, di riferire la previsione di cui all'art. 2050 c.c. alla regola del puro collegamento causale, con la conseguenza che il comportamento illecito, e la situazione di pericolo che lo stesso crea, non è in grado da solo di determinare il sorgere dell'obbligazione risarcitoria. In questa prospettiva l'atto illecito dell'agente, pur costituendo la fonte genetica dell'effetto risarcitorio, non ne costituisce, tuttavia, la fonte diretta ed esclusiva, dovendo il suo profilo strutturale essere integrato attraverso la valutazione di ulteriori elementi, quali le modalità della condotta, oggetto di specifica considerazione ai fini dell'efficacia e non della rilevanza della fattispecie aquiliana.

La possibilità concessa all'autore della condotta di essere esonerato dalla responsabilità, sia pure attraverso una prova rigorosa, esclude, allora, la configurabilità della fattispecie de

[18] Significativa al riguardo la Relazione al codice civile del 1942 n. 795.
[19] Sul punto sia consentito il rinvio al nostro *L'autonoma rilevanza dell'atto illecito. Specificità dei rimedi*, Milano, 2012, p. 228 ss.
[20] Il comportamento produttivo di danno deve sostanziarsi in una attività, non necessariamente organizzata nelle forme proprie dell'attività di impresa, e non nel compimento di un atto isolato, pur se caratterizzato da pericolosità, con esclusione della necessità che il comportamento, pur rientrando nella sfera di controllo del responsabile, sia necessariamente posto in essere dallo stesso. M. Comporti, *Fatti illeciti: le responsabilità oggettive*, in *Il Codice civile. Commentario*, Milano, 2009, 174, 175.
[21] Così C. Salvi, *La responsabilità civile*, in *Trattato dir. priv.*, diretto da G. Iudica e P., Zatti. Milano, 1998, 123.
[22] C. Castronovo, *La nuova responsabilità civile*, Milano, 2006, 297.

qua in termini rigorosamente oggettivi[23]. Ciò nonostante la disposizione è stata oggetto di letture dottrinali ed applicazioni giurisprudenziali non soggettivistiche, ma improntate prevalentemente al criterio della responsabilità oggettiva, quasi ai margini della stessa[24]. Ed infatti la prova liberatoria, a prescindere dalla formulazione letterale, sia pure indirettamente, consisterebbe nella prova del caso fortuito[25]. L'esclusione della colpa dai criteri fondativi della responsabilità in questione emergerebbe altresì dalla considerazione che la fattispecie oggetto di disamina ricollegherebbe la responsabilità all'oggettiva causazione del danno nell'esercizio di un'attività pericolosa e non alla mancata adozione delle misure di prevenzione; mentre sul versante della prova liberatoria l'esercente l'attività pericolosa non dovrebbe fornire la prova dell'osservanza di un generico dovere di diligenza e prudenza nell'esercizio dell'attività, bensì dell'adozione di tutte le regole cautelari e di prudenza valutate preventivamente come idonee ad evitare eventi di danno[26]. In termini più espliciti dovrebbe fornirsi la prova del c.d fatto tecnico, cioè dell'adozione preventiva di una organizzazione tecnica, che si aggiunge ma non sostituisce la prova dell'assenza di colpa[27]. Anche la giurisprudenza è stata particolarmente rigorosa nella valutazione della prova liberatoria, escludendo la colpa dal novero degli elementi costitutivi della responsabilità ex art. 2050 c.c.., e richiedendo, piuttosto, la prova dell'interruzione del nesso causale tra esercizio dell'attività pericolosa e danno, spostando così l'asse dell'onere probatorio dalle modalità della condotta al rapporto di causalità[28]. E ciò equivale alla indiretta dimostrazione del caso fortuito[29].

Se ai fini del giudizio di responsabilità è sufficiente una condotta umana qualificata come pericolosa, causativa di un danno, allora in questa prospettiva l'atto illecito del produttore dei vaccini, completo dei suoi elementi di struttura, diviene fonte diretta dell'obbligo risarcitorio senza la necessità di alcuna mediazione.

[23] P. Trimarchi, *Rischio e responsabilità oggettiva*, Milano, 1961, 280.
[24] In questi termini R. Nicolò, Intervento, in *Atti del I° Convegno di dritto cosmico*, Milano, 1963, 173 ss. Nel senso, invece, che va esclusa la responsabilità oggettiva C. Salvi, *La responsabilità civile*, cit., 128; C. M. Bianca, *La responsabilità*, Milano, 1994, 709, per il quale la responsabilità ex art. 2050 c.c. è una responsabilità aggravata per colpa presunta. In giurisprudenza per la presunzione di colpa nella responsabilità da attività pericolose Cass. 30.01.2009, n. 2493, in *Guida al dir.*, 2010, 45.
[25] M. Franzoni, *L'illecito*, II°, in *Trattato della Responsabilità civile*, diretto da M. Franzoni, Milano, 2004, 438.
[26] Così anche Cass. 24.11.2003, n. 17851, in *Foro it. Rep.*, 2003, voce *Responsabilità civile*, pp-248-.250
[27] M. Comporti, *Fatti illeciti: le responsabilità oggettive*, cit., 161 e 168 ss.
[28] In tal senso Cass. 29.04.1991, n. 4710 in *Giust. civ. Mass.*, 1991 e più di recente Cass., 19.05.2022, n. 16170, in *Giust. civ. Mass.*, 2022.
[29] M. Franzoni, *L'illecito*, II°, cit., 385.

2. B) La responsabilità del produttore di vaccini per i danni derivanti da un difetto del prodotto.

Ritenuto che il vaccino va ricondotto all'ampia nozione di prodotto di cui all'art. 2 della Direttiva 85/374/CEE del Consiglio del 25 luglio 1985 (relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati Membri in materia di responsabilità per danno da prodotti difettosi), attuata con D.P.R. n. 224/1988, la cui disciplina è oggi trasfusa negli artt. 114 ss. cod. cons., occorre verificare se, in caso di eventi dannosi conseguenti alla inoculazione del vaccino anti Sars-Cov-2, per quanto qui di interesse, sia configurabile la responsabilità delle società farmaceutiche produttrici per difetto del prodotto.

I vaccini, com' è noto, pur presentando indubbi vantaggi per la collettività, si atteggiano a prodotti unavoidable unsafe in ragione degli inevitabili rischi che gli stessi comportano e della loro intrinseca pericolosità[30]. La loro commercializzazione è tuttavia subordinata all'esito positivo delle fasi di sperimentazione ed alla verifica del rispetto degli standard tecnici di sicurezza previsti per la loro produzione, caratterizzate da una particolare contrazione temporale nel caso della immissione in commercio dei vaccini anti Sars-Cov-2. Standard che definiscono soltanto il livello minimo di sicurezza richiesto per la loro distribuzione e non escludono per nessun verso la difettosità del prodotto nel suo complesso o anche di singole unità dello stesso[31].

Inoltre il vaccino, pur essendo sicuro, in ragione della conformità agli standard tecnici e legislativi, può ciò nonostante presentarsi come difettoso nella misura in cui non offre la sicurezza che ci si può legittimamente attendere avuto riguardo al tempo in cui viene commercializzato ed alle conoscenze tecniche esistenti alla data della sua produzione e distribuzione.

[30] T. Rumi, *Consenso informato e danni da vaccinazioni* "consigliate", cit., 122. Nella stessa direzione A. Querci, *Responsabilità per danno da farmaci: quali rimedi a tutela della salute?* in *Danno e resp.*, 2012, 353.

[31] A. Amidei, *La responsabilità del produttore di vaccini nella gestione dell'ignoto scientifico*, cit., 2290; E. Al Mureden, *Il danno da farmaco tra valenza delle norme tecniche armonizzate e responsabilità per esercizio di attività pericolosa,* in *Contratto e impr.*, 2021, 4, 1038.

In termini più espliciti, la conformità agli standard previsti per la sua produzione dimostra soltanto la diligenza del produttore nello sviluppo del vaccino non la sua non difettosità[32]. Il vaccino, come ogni altro prodotto immesso in commercio, deve assicurare quella maggiore sicurezza che il consumatore può legittimamente attendersi dallo stesso, sulla base delle conoscenze tecniche e scientifiche esistenti. Circostanza questa non assicurata dalle semplici autorizzazioni amministrative alla sua distribuzione. Ed infatti il vaccino, avvenuta la sua immissione in commercio a seguito delle necessarie autorizzazioni, può presentare difetti consistenti tanto in vizi di fabbricazione, anche solo parziali, cioè rinferiti a singoli lotti, quanto derivanti da una carente, o del tutto assente, informazione in ordine agli effetti collaterali dello stesso, che condiziona la libertà di autodeterminazione del soggetto[33]. Pertanto, accertato il nesso causale tra difetto e danno, il produttore del vaccino è ritenuto responsabile, qualora il danneggiato fornisca la prova che, se fosse stato informato dei rischi connessi alla sua somministrazione, anche solo raccomandata, non si sarebbe sottoposto allo stesso.

La casa farmaceutica produttrice del vaccino può essere esonerata da responsabilità qualora dimostri che gli effetti collaterali legati alla somministrazione del vaccino non erano conosciuti alla data della sua inoculazione e pertanto non potevano costituire oggetto di informazione. La responsabilità del produttore del vaccino può allora essere esclusa soltanto invocando l'esimente del rischio da sviluppo di cui all'art. 118, lett. e), cod. cons., avuto riguardo alle conoscenze scientifiche e tecniche esistenti alla data di commercializzazione del prodotto. Al riguardo la Corte di Giustizia ha fornito una interpretazione restrittiva dell'esimente in questione, statuendo che "per potersi liberare dalla propria responsabilità ai sensi dell'art. 7, lett. e), della direttiva, il produttore di un prodotto difettoso deve dimostrare che lo stato oggettivo delle conoscenze tecniche e scientifiche, ivi compreso il loro livello più avanzato, al momento della messa in commercio del prodotto considerato, non consentiva di scoprire il difetto di quest'ultimo. Occorre inoltre, perché esse possano essere validamente

[32] E. Bellisario, *Il danno da prodotto conforme tra regole preventive e regole risarcitorie*, in *Eur. dir. priv.*, 2016, 856.
[33] In questa direzione anche T. Rumi, *Consenso informato e danni da vaccinazioni "consigliate"*, cit., 125.

opposte al produttore, che le conoscenze scientifiche e tecniche pertinenti siano state accessibili al momento della messa in commercio del prodotto"[34].

I giudici di legittimità invero tendono a valorizzare l'osservanza delle prescrizioni regolamentari tecniche ricollegandovi proprio l'esimente del rischio da sviluppo, così realizzando una sorta di equivalenza tra rispetto degli standard regolamentari ed esclusione della responsabilità[35].

La mera lectura legis, della norma di apertura del decreto attuativo della direttiva comunitaria 85/374 sulla responsabilità del produttore, induce l'interprete a ricondurre la speciale responsabilità prevista dalla citata normativa ad un regime di responsabilità oggettiva[36].

Si afferma, infatti, con formula categorica, che il produttore è responsabile dei danni causati dal difetto del prodotto (art. 114 cod. cons.). Non vi è nel documento normativo in esame un riferimento espresso alla colpa del produttore, né sembra *expressis verbis* ammettersi la prova di avere adottato tutte le misure idonee ad evitare il danno, o di un comportamento diligente nella fabbricazione del prodotto. Prescindendosi, dunque, dalla prova della colpa, la responsabilità del produttore non sembra ascrivile alla responsabilità soggettiva, pur non definendo una responsabilità per rischio di impresa, imputata al produttore in quanto tale[37]. Una responsabilità che, sulla base di una relazione di appartenenza che lega il danneggiante al prodotto, scaturisce dalla messa in circolazione del prodotto stesso, che non offre la sicurezza che deve legittimamente attendersi da esso, avuto riguardo a tutta una serie di circostanze normativamente previste, ed in tal senso difettoso (art. 117, I comma, cod. cons.); per nessun verso configurabile in termini di assolutezza stante la previsione di cause di esonero della stessa. In apparenza coerente con una regola di responsabilità oggettiva è il regime probatorio previsto dalla normativa in esame a carico del danneggiato. Questi, infatti ha

[34] Corte di Giust. UE, 29.05.1997, C-300/95, Commissione c Regno Unito, in *Foro it.*, 1997, 4, 391, con nota di commento di G. Ponzanelli, *Regno Unito, Corte di Giustizia ed eccezione dello "state of art"*.
[35] Cass., 29.07.2015, n. 15851, in *Danno e resp.*, 2016, 1, 41, con nota di E. Menga, *Responsabilità da farmaco difettoso: il delicato equilibrio tra tutela della salute e la salvaguardia delle esigenze della produzione*, e di A. Parziale, *Responsabilità (presunta?) da farmaco difettoso. Onere della prova, valore degli accertamenti amministrativi e causa ignota del difetto.*
[36] M. Franzoni, *L'illecito*, cit., 552; G. Alpa, *Responsabilità civile e danno,* Bologna, 1991, 372; P. G. Monateri, *La responsabilità civile,* Torino, 2006, 705.
[37] F. Galgano, *I fatti illeciti,* Padova, 2008, 140.

l'onere di provare il danno, il difetto ed il collegamento causale tra difetto e danno (art. 120). Correttamente si è precisato, in ordine al carico probatorio del danneggiato, che il difetto, quale elemento materiale nel quale si traduce il collegamento causale tra prodotto e danno[38], va inteso non come vizio di fabbricazione o di progettazione del prodotto, che il danneggiato deve provare, bensì come insicurezza del prodotto stesso che si rende palese attraverso l'uso.

Una considerazione delle norme che costituiscono l'impianto regolativo in questione, scevra da presupposti ideologici, non sembra, infatti, supportare una configurazione della responsabilità del produttore, del tutto sganciata dalla valutazione dell'elemento della colpa[39]. Già la nozione di prodotto difettoso data dalla normativa in esame, sopra richiamata, implica una valutazione del comportamento del produttore riguardo alla ragionevole prevedibilità dei danni conseguenti all'uso del prodotto. La prova del nesso causale tra difetto e danno è quindi anche la prova di un comportamento negligente del produttore nell'esercizio della sua attività[40].

La soluzione adottata dal legislatore interno è ispirata, dunque, ad una logica di contemperamento delle contrapposte esigenze delle imprese produttrici, cui non è stato addossato sic et simpliciter il rischio di impresa, e dei consumatori, che si avvantaggiano di un'agevolazione probatoria, controbilanciata da una limitazione del danno risarcibile[41].

Se in presenza dei presupposti il produttore di farmaci, facendo valere l'esimente del rischio da sviluppo, può essere esonerato dalla relativa responsabilità ai sensi degli art. 114 e ss. del cod,. cons,, lo stesso, al fine di sottrarsi del tutto al carico risarcitorio, stante l'intrinseca pericolosità e dannosità dell'attività di produzione di farmaci, dovrà provare di avere adottato tutte le misure idonee ad evitare il danno. Peraltro proprio quei rischi, che non era possibile prevedere sulla base delle conoscenze tecniche e scientifiche del momento in cui è stato messo in circolazione il prodotto, assumono specifica rilevanza ai fini dell'applicazione della regola di responsabilità ex art. 2050 c.c[42]. In ogni caso la giurisprudenza riguardo al produttore di farmaci ha adottato una interpretazione meno rigorista della prova liberatoria

[38] A. Gorassini, *Contributo per un sistema della responsabilità del produttore*, Milano, 1990, 237.
[39] In termini di responsabilità presunta si esprime la giurisprudenza, Cass., 7.04.2022, n. 11317, in *Giust. civ. Mass.*, 2022.
[40] A. Gorassini, *Contributo per un sistema della responsabilità del produttore*, cit. 9.
[41] C. Salvi, *La responsabilità civile*, cit., 151.
[42] A. Amidei, *La responsabilità del produttore di vaccini nella gestione dell'ignoto scientifico*, cit., 2290.

richiesta dall'art. 2050 c.c. ritenendola per molti versi assolta sulla base dell'osservanza delle prescrizioni tecniche regolamentari impartite[43]. Ferma restando la cumulabilità dei due rimedi risarcitori, quello ex art. 2050 c.c. e quello da prodotto difettoso, malgrado i diversi profili di disciplina, come riconosciuto dai giudici di legittimità per i quali la normativa del codice del consumo, stante la diversità di ratio ed ambito applicativo, non esclude l'operatività della disciplina di cui all'art. 2050 c.c.[44]. Come peraltro emerge dall'art. 127 del codice del consumo, la cui disciplina non esclude né limita i diritti attribuiti al danneggiato da altre leggi.

4. Segue. La responsabilità del Ministero della Salute per i danni derivanti dalla somministrazione di vaccini nel contesto pandemico.

In presenza di un vaccino che non offre quella maggiore sicurezza che ci si può legittimamente attendere dallo stesso, sulla base delle conoscenze tecniche e scientifiche esistenti, non può escludersi una concorrente responsabilità del Ministero della Salute ex art. 2043 c.c. per omesso controllo e/o vigilanza sulla sicurezza dei vaccini immessi in commercio, sia che trattasi di vaccini obbligatori o soltanto raccomandati.

Si configura pertanto in capo al Ministero della Salute, in presenza di un vaccino non sicuro o difettoso, un illecito omissivo, che non richiede tuttavia la violazione di un obbligo specifico di tenere la condotta omessa, malgrado il contrario avviso della giurisprudenza[45]. Peraltro, la formula adottata dal legislatore nell'art. 2043 c.c. non autorizza la distinzione, ai fini della produzione dell'effetto risarcitorio, tra condotte attive ed omissive, le prime sottratte ad un regime di tipicità cui invece sarebbero sottoposte le seconde. In ogni caso l'atipicità dell'illecito realizzato anche in forma omissiva sembra avere una garanzia costituzionale nel dovere di solidarietà ex art. 2 Cost.[46]Non vi sono pertanto ostacoli di diritto positivo nel considerare fonte di danni risarcibili anche una condotta omissiva al di fuori della violazione di un obbligo specifico di tenere una condotta, purché la stessa sia produttiva di un danno ingiusto, che deve cioè essere traslato dalla sfera giuridica del danneggiato in cui si è prodotto,

[43] Cass., 7.03.2019, n. 6587, in *Resp. civ. prev.*, 2019, 5, 1584.
[44] Cass., 7.11.2019, n. 28626, in *Resp. civ. prev.*, 2020, 2, 576.
[45] Cass., 12.04.2018, n. 9067, in *Giust,. civ. Mass.*, 2018.
[46] Sul punto anche P. Stanzione -a cura di-, *Trattato della responsabilità civile*, I, Padova, 2012, 34.

a quella dell'autore della condotta, e ciò all'esito di una comparazione degli interessi dei protagonisti del conflitto aquiliano.

La giurisprudenza di legittimità ha affermato al riguardo che la responsabilità del Ministero della Salute per i danni derivanti dalla somministrazione del vaccini è riconducibile alla previsione di cui all'art. 2043 c.c. sul presupposto che : a) all'epoca della somministrazione fosse conosciuta o conoscibile la pericolosità del vaccino, secondo le migliori cognizioni scientifiche disponibili; b) in ragione di tali conoscenze, il rispetto del principio di precauzione imponesse di vietare il ricorso a tale vaccinazione o lo ritenesse consentito con modalità tali da minimizzarne rischi.[47]

E' esclusa invece la responsabilità ex art. 2050 c.c. in quanto "il Ministero non svolge in concreto attività imprenditoriale in relazione all'acquisto e distribuzione di prodotto immunizzato, ma soltanto di controllo e vigilanza a tutela della salute pubblica"[48].

La proposizione della domanda risarcitoria nei confronti del Ministero presuppone pertanto, ai fini del suo accoglimento, l'adempimento -da parte del danneggiato- dell'onere probatorio in ordine a tutti gli elementi costitutivi della fattispecie aquiliana.

5. Segue La responsabilità del medico che inocula il vaccino e della struttura sanitaria.

Proseguendo l'elenco dei possibili legittimati delle domande risarcitorie, non può escludersi la responsabilità del medico, che ha inoculato il vaccino, nonché della struttura sanitaria all'interno della quale egli opera.

Sul versante penalistico l'art. 3 del D.L. 44/2021 esclude la punibilità per i reati di cui agli artt. 589 c.p. (omicidio colposo) e 590 c.p. (lesioni colpose) "quando l'uso del vaccino è conforme alle indicazioni contenute nel provvedimento di autorizzazione all'immissione in commercio emesso dalle competenti autorità e alle circolari pubblicate sul sito istituzionale del Ministero della salute relative alle attività di vaccinazione". Si è così voluto evitare, come si legge nella Relazione illustrativa al provvedimento di urgenza, che la spada di Damocle della responsabilità penale incidesse negativamente sull'esito della campagna vaccinale.

[47] Cass., 27.04.2011, n. 9406, in *Giust., civ. Mass.*, 2011, 663.
[48] Cass., 27.04.2011, n. 9406, cit.

Ed ancora l'art. 3 bis della legge n. 76/2021, di conversione del suddetto decreto legge, prevede per i fatti di cui agli articoli 589 e 590 del codice penale, commessi nell'esercizio di una professione sanitaria e che trovano causa nella situazione di emergenza, una punibilità limitata ai soli casi di colpa grave. Ai fini della valutazione del grado della colpa medica, si tiene conto, "tra i fattori che ne possono escludere la gravità, della limitatezza delle conoscenze scientifiche al momento del fatto sulle patologie da SARS-CoV-2 e sulle terapie appropriate, nonché della scarsità delle risorse umane e materiali concretamente disponibili in relazione al numero dei casi da trattare, oltre che del minor grado di esperienza e conoscenze tecniche possedute dal personale non specializzato impiegato per far fronte all'emergenza".

La responsabilità civile del medico, che ha somministrato il vaccino, e della struttura sono invece regolate dalla legge n. 24/2017 (legge Gelli-Bianco).

Il fulcro intorno al quale ruota il richiamato provvedimento legislativo è rappresentato dall'articolo 7, che distingue la responsabilità della struttura sanitaria o sociosanitaria, pubblica o privata, da quella dell'esercente la professione sanitaria, delineando così un doppio binario risarcitorio.

La struttura risponde *ex contractu*, ai sensi degli artt. 1218 e 1228 cod. civ., per le condotte dolose o colpose degli esercenti la professione sanitaria, della cui opera si sia avvalsa nell'adempimento della prestazione di cura ed assistenza, siano gli stessi dipendenti o non dipendenti della stessa, ancorché scelti dal paziente, oppure, ancora, esercenti la professione sanitaria, che operano in regime di *intra moenia*, o nell'ambito di attività di sperimentazione e ricerca clinica o convenzionati con il SSN o attraverso la telemedicina. Una sorta di responsabilità d'impresa.

La stessa risponde inoltre delle carenze organizzative, che non consentono la regolare esecuzione della prestazione sanitaria. Per quanto qui di interesse la struttura risponde della conservazione dei vaccini, di quanto occorre per la somministrazione degli stessi in termini di strumenti e spazi adeguati[49].

La responsabilità dell'esercente la professione sanitaria, quale che sia la tipologia di inquadramento, viene invece ricondotta tout court al modello aquiliano, purché la

[49] M. Savini Nicci-A. Amidei, *La responsabilità per la somministrazione del vaccino "anti Sars-Cov-"*, in *Giur. it.*, 2022, 10, 2284.

prestazione non venga eseguita nell'adempimento di un'obbligazione contrattualmente assunta con il paziente, in questo caso l'operatore sanitario risponderà per violazione della lex contractus. Viene quindi richiamato, suggellando un ancora precedente orientamento, lo statuto risarcitorio aquiliano con ogni conseguenza sia sul piano sostanziale -si pensi ad esempio ai termini prescrizionali - che processuale, sotto il profilo dell'onere della prova.

In relazione al danno da vaccino anti Sars-Cov-2 può profilarsi una responsabilità del medico che procede alla inoculazione del vaccino il quale non si sia attenuto alle indicazioni contenute nei provvedimenti che hanno autorizzato l'immissione in commercio del vaccino ed a quanto prescritto nelle circolari ministeriali. Ed ancora la responsabilità del sanitario, che ha proceduto alla somministrazione del vaccino, può derivare, oltre che nella fase meramente esecutiva di materiale inoculazione, da una erronea valutazione della vaccinabilità del soggetto in ragione del quadro clinico dello stesso e delle controindicazioni del vaccino, quindi una responsabilità che riguarda l'anamnesi del paziente, con una rilevanza attribuita anche in questo caso alle raccomandazioni contenute nelle schede tecniche, che accompagnano l'immissione in commercio del vaccino. Con esclusione di responsabilità per quegli effetti che non era possibile prevedere sulla base delle conoscenze scientifiche[50]. La responsabilità del medico può altresì derivare da una omessa o incompleta informazione del paziente circa i benefici e i rischi conseguenti alla somministrazione del vaccino anche qualora la probabilità del verificarsi dell'evento avverso sia quasi prossima al caso fortuito[51]. In questo caso dovrà comunque fornirsi da parte del paziente danneggiato la prova del collegamento causale tra inadempimento dell'obbligo informativo ed evento dannoso.

In ordine alla determinazione giudiziale del *quantum* risarcitorio, l'art. 7, comma 3, della legge stabilisce che deve tenersi conto, al fine di ridurre il risarcimento del danno, della conformità o meno della condotta dell'esercente la professione sanitaria alle raccomandazioni previste dalle linee guida o, in mancanza, alle buone pratiche clinico-assistenziali, salve le specificità del caso concreto, nonché dell'esimente penale prevista dall'art. 590-*sexies* c.p. che esclude la punibilità in caso di condotta conforme alle linee guida ed alle buone pratiche clinico assistenziali, purché entrambe adeguate alla particolarità del caso concreto. L'esimente

[50] M. Savini Nicci - A. Amidei, *La responsabilità per la somministrazione del vaccino "anti Sars-Cov-"*,cit., 2285.
[51] Cass., 19.09.2014, n. 19731, in *Diritto & Giustizia* 2014, 22.

penale non fa venire meno l'illiceità della condotta sul versante civilistico ed il grado della colpa assurge in questo caso a criterio determinativo del risarcimento del danno. Si attribuisce rilevanza nella liquidazione delle poste risarcitorie alle linee guida ed alle buone pratiche assistenziali, applicabili queste ultime in difetto delle prime ed espressive della *lex artis* che connota la condotta del medico[52]. Poiché l'applicazione delle linee guida presuppone la considerazione del caso concreto, l'adesione alle stesse non implica puramente e semplicemente esclusione dell'obbligo risarcitorio per il professionista sanitario, in quanto le specifiche esigenze del paziente potrebbero invece imporne la non osservanza. In questa prospettiva la graduazione della colpa diviene criterio determinativo delle poste risarcitorie e non di imputazione soggettiva della condotta. Sembra, però, una vera e propria contraddizione in termini affermare che l'adesione, da parte del professionista sanitario alle linee guida o, in subordine, alle buone pratiche cliniche, riduce l'entità dell'obbligazione risarcitoria a carico del danneggiante. Ed infatti, l'osservanza delle linee guida, ma lo stesso vale per le buone pratiche cliniche, implica l'applicazione delle regole della scienza medica, quindi delle *leges artis*, con conseguente impossibilità di muovere al professionista sanitario ogni e qualsivoglia rimprovero a titolo di colpa. Peraltro, le linee guida, come afferma la giurisprudenza, non contengono soltanto regole di perizia ma anche di diligenza, pertanto, qualora la condotta si uniformi alle raccomandazioni contenute nelle stesse, nessuna responsabilità dovrebbe essere configurabile a carico dell'esercente la professione sanitaria. Il danno, ove cagionato, non sarebbe ingiusto ed insuscettibile di essere traslato dal danneggiato al danneggiante.

Una interpretazione del dato positivo sistematicamente coerente suggerisce, invece, di ritenere sussistente l'obbligazione risarcitoria quando, malgrado l'osservanza delle linee guida, vi sia stata una non corretta applicazione delle stesse, oppure quando le raccomandazioni di cui alle linee guida lascino ampi margini di apprezzamento e di scelta ed il professionista intraprenda un percorso terapeutico poi rivelatosi inadeguato, oppure quando la condotta del professionista sanitario, pur rispettosa delle linee guida o delle buone pratiche cliniche, violi altra norma di perizia, diligenza e/o prudenza.

[52] Cass. pen. 1 luglio 2015, in (*Riv. it. med. leg.*, 2016, 361, con nota di A. M. Dell'Osso. In dottrina C. Masieri, *Novità in tema di responsabilità sanitaria*, in *Nuova giur. civ. comm.*, 2017, 756.

L'individuazione di due percorsi risarcitori distinti, uno per la struttura e l'altro per il medico, desta non poche perplessità specie nel caso in cui il danneggiato, come è possibile, intenda avanzare la propria pretesa risarcitoria nei confronti di entrambi, in questo caso la struttura risponderà secondo le *regulae iuris* di cui agli artt. 1218 e 1228 c.c. con il conseguente onere probatorio, gravante sul danneggiato, correlato alla responsabilità *ex contractu*; al medico viceversa sarà applicabile lo statuto normativo aquiliano. Ad un medesimo fatto, azionato in giudizio, corrisponderà una diversa *causa petendi*. Anomalia che peraltro si riscontra anche nell'ipotesi in cui la struttura agisca in rivalsa nei confronti del medico e sulla base dei presupposti legislativamente fissati dall'art. 9, l. n. 24/2017; in questo caso l'accertamento della responsabilità del professionista dovrà avvenire secondo le regole proprie dell'illecito, dovendosi tenere conto, ai fini del *quantum* risarcitorio, della condotta tenuta dall'esercente la professione sanitaria, secondo il disposto dell'art. 7, comma 3, della citata legge[53].

5. L'accertamento del nesso eziologico tra somministrazione del vaccino ed ***eventus damni***. Incertezza scientifica e ricorso al meccanismo della prova presuntiva.

La sussistenza dell'obbligazione risarcitoria, ma come si vedrà oltre anche di quella indennitaria, presuppone nella specie l'accertamento del nesso di derivazione causale tra la somministrazione del vaccino ed il verificarsi degli eventi pregiudizievoli per la salute umana.

Su un piano generale infatti affinché il danno possa svolgere la funzione di qualificazione della rilevanza aquiliana del comportamento, la lesione nella quale lo stesso si sostanzia deve essere eziologicamente riconducibile alla condotta dell'uomo, costituendone conseguenza immediata e diretta[54].

La unitarietà della nozione di danno quale lesione di un interesse, senza distinzione tra evento lesivo e conseguenze ulteriori risarcibili, non consente di condividere la proposta — ed accettata dalla dottrina prevalente — configurazione di un duplice giudizio causale: uno imperniato sul collegamento tra condotta ed evento lesivo (c.d. causalità di fatto, finalizzata

[53] Per questi rilievi anche C. Castronovo, *op. ult. cit.*, 862 ss.

[54] P. Forchielli, *Il rapporto di causalità nell'illecito civile*, Padova, 1960; P. Trimarchi *Causalità e danno*, Milano, 1966; F. Realmonte, *Il problema del rapporto di causalità nel risarcimento del danno*, Milano, 1967; nonché di recente R. Pucella, *La causalità incerta*, Torino, 2007, 3 ss.

a ricostruire il mero collegamento materiale tra condotta ed evento); l'altro riguardante le conseguenze ulteriori (causalità giuridica, che ricostruisce il collegamento giuridico tra fatto e conseguenze dannose risarcibili), governato dall'art. 1223 c.c., — stante l'espresso richiamo operato dall'art. 2056, comma 1, c.c.. E ciò sul presupposto che nel sistema della responsabilità civile il nesso causale assolva la duplice finalità di fungere da criterio di imputazione del fatto illecito e, sul piano degli effetti, da regola di selezione delle conseguenze dannose risarcibili.

In realtà il rapporto di causalità è deputato allo svolgimento di un compito più circoscritto di verifica della lesività della condotta dell'agente[55]. Esso trovando la sua collocazione nella struttura dell'illecito individua il legame esistente tra il comportamento produttivo del danno ed il danno stesso, costituendone nel contempo il fattore che consente la imputazione materiale e giuridica all'autore del comportamento. Non rilevano, in questa direzione, i coefficienti soggettivi che eventualmente assistono il comportamento dell'agente, potendosi ritenere il danno causato dal fatto dell'uomo, quando è allo stesso legato da nesso eziologico materialmente accertabile.

Questo imprescindibile nesso di derivazione sussiste tutte le volte in cui l'evento dannoso non si sarebbe prodotto in assenza del comportamento; questo ne costituisce, dunque, la causa se pone in essere una qualsiasi condizione senza la quale l'evento non si sarebbe verificato (*conditio sine qua non*). Con la eccezione del sopravvenire di condotte di per sé idonee a produrre autonomamente l'evento, interrompendo il nesso causale. In particolare questo accertamento si considera raggiunto quando le conoscenze scientifiche esistenti consentono di ritenere *più probabile che non* la derivazione dell'evento lesivo da un determinato fatto, nella specie l'evento pregiudizievole per la salute dalla somministrazione del vaccino[56].

In difetto di conoscenze scientifiche, che consentano di accertare e/o escludere il nesso di derivazione degli effetti indesiderati, anche letali, dalla inoculazione del vaccino, si è fatto ricorso al meccanismo inferenziale di cui all'art. 2729 c.c., considerando rilevanti, ai fini della necessaria sussistenza della relazione causale, ad esempio, sia l'assenza di patologie

[55] V. Scalisi, *Ingiustizia del danno e analitica della responsabilità civile*, in Id. *Categorie e Istituti del diritto civile nella transizione al postmoderno*, Milano, 2005, 799.
[56] Cass., s.u., 11.01.2008, n. 581, in *Nuova giur. civ.*, 2008, 661.

preesistenti in capo al danneggiato che la prossimità temporale tra somministrazione del vaccino ed effetti dannosi a carico della salute[57].

La possibilità di ricorrere alle prove presuntive nell'accertamento del nesso eziologico è stata valutata dalla Corte di giustizia, secondo la quale "l'articolo 4 della direttiva 85/374 dev'essere interpretato nel senso che non osta a un regime probatorio nazionale in base al quale il giudice di merito, chiamato a pronunciarsi su un'azione diretta ad accertare la responsabilità del produttore di un vaccino per danno derivante da un asserito difetto di quest'ultimo, può ritenere, nell'esercizio del libero apprezzamento conferitogli al riguardo, che, nonostante la constatazione che la ricerca medica non stabilisce né esclude l'esistenza di un nesso tra la somministrazione del vaccino e l'insorgenza della malattia da cui è affetto il danneggiato, taluni elementi in fatto invocati dal ricorrente costituiscano indizi gravi, precisi e concordanti i quali consentono di ravvisare la sussistenza di un difetto del vaccino e di un nesso di causalità tra detto difetto e tale malattia". Esponendosi tuttavia al rilievo fondato che nella specie il nesso causale ed il difetto del prodotto non costituiscono *stricto sensu* fatti dai quali possono dedursi altri fatti[58].

Il criterio cui occorre allora fare riferimento nell'accertamento del nesso causale, al fine di contemperare le contrapposte esigenze dei danneggiati e dei soggetti che a vario titolo intervengono nella procedura di somministrazione dei vaccini, è quello della ragionevole probabilità scientifica[59], che non ha consentito di escludere il rapporto di causalità tra la somministrazione del vaccino AstraZeneca e l'insorgere di trombosi (cerebrale dei seni venosi, mesenterica, arteriosa).

6. Danni da somministrazione di vaccino e tutela indennitaria. Il limite dei rimedi successivi all'*eventus damni*.

[57] Trib. Pesaro, 1.07.2013, n. 260, in *Resp. civ. prev.*, 2014, 336, con nota di commento di S. D'errico, *Ancora in tema di "vaporizzazione giurisprudenziale" del nesso di causa; se e quando il sapere scientifico si sottomette all'umana solidarietà*. Nel senso di ritenere necessario il ricorso alla ragionevole probabilità scientifica Cass., 25.07.2017, n. 18358, in *Danno e resp., 2017*, 668 ss., con nota di A. L. Bitetto Murgolo *Danno da vaccino e prova del nesso causale tra product liablity e indennizzo*.

[58] R. Pucella, *Danno da vaccini, probabilità scientifica e prova per presunzioni, in Danno e resp,* 2017, 1802.

[59] Cass., 23.10.2017, n. 24959, *in www.dejure.it*.

La somministrazione dei vaccini, stante la loro intrinseca pericolosità, espone i soggetti che vi si sottopongono, in adempimento di un dovere solidaristico, a possibili eventi pregiudizievoli per la salute.

Al verificarsi del rischio il dovere di solidarietà che lega il singolo alla collettività e viceversa, impone la predisposizione, per quanti abbiano ricevuto un danno alla salute dalla sottoposizione ad un trattamento sanitario, di una specifica misura di sostegno consistente in un equo ristoro del danno. Un ristoro questo scaturente dal pregiudizio subito, "non evitabile, in occasione (del) quale la collettività nel suo complesso trae un beneficio". Siffatto ristoro, si afferma, è indipendente dalla pretesa risarcitoria, eventualmente riconosciuta al danneggiato al verificarsi dei presupposti richiesti per la giustiziabilità aquilana del danno[60].

Raccogliendo le sollecitazioni del giudice delle leggi, la legge n. 210/1992 ha previsto il rimedio indennitario "a favore dei soggetti danneggiati da complicanze di tipo irreversibile a causa di vaccinazioni obbligatorie, trasfusioni e somministrazione di emoderivati", esteso alle vaccinazioni anche solo raccomandate, dapprima per effetto di una pronuncia della Consulta[61] e poi del d.l. 73/2017, convertito nella legge n. 119/2017. Non è infatti ragionevole distinguere tra vaccinazioni obbligatorie e soltanto raccomandate poiché la somministrazione del vaccino comunque attenua gli effetti del contagio e costituisce pertanto, come sopra rilevato, adempimento di un dovere di solidarietà sociale, che giustifica in entrambi i casi la corresponsione di un indennizzo[62].

E' discusso se il rimedio indennitario sia cumulabile con quello risarcitorio, al verificarsi dei presupposti previsti per la sua operatività, o se viceversa debba ritenersi alternativo.

La giurisprudenza ha stabilito a riguardo che il criterio risolutore dell'ammissibilità o meno del cumulo tra risarcimento del danno e somme percepite a titolo di beneficio collaterale è rappresentato dalla funzione svolta dalle attribuzioni[63]. E' stato quindi negato il cumulo dei

[60] Cort. Cost., sent. n. 118/1996, in *Riv. it. medicina legale*, 1998, 342.

[61] Corte cost., sent. n. 107/2012, in *Danno e resp.*, 2012, 1069, con nota di commento di G. Ponzanelli, *L'indennizzo ex lege 210 dovuto anche in assenza di un obbligo a sottoporsi ad un trattamento sanitario*.

[62] R. Chieppa, *Ancora una giusta solidarietà, questa volta per i danneggiati da somministrazione di vaccini semplicemente consigliata e promossa, ma nessuna iniziativa dello Stato nei confronti delle imprese farmaceutiche,* in *Giur. cost.*, 2012, 1461.

[63] Cass., 22.05.2018, nn. 12546-12567, in *Danno e resp.*, 2018, 410 ss., con note di R. Pardolesi e P. Santoro, *Sul nuovo corso della compensatio*; E. Bellisario, *Compensatio lucri cum damno: il responso delle Sezioni Unite*; S. Monti, *La compensatio lucri cum damno e il "compromesso innnovativo" delle Sezioni Unite.* Cons. Stato, 23.02.2018, n. 1, in *Foro it., 2018, III,. 206,* con nota di R. Pardolesi.

rimedi laddove la natura dei benefici sia identica e ciò al fine di evitare ingiustificati arricchimenti da parte dei danneggiati, con la conseguente necessità di scorporare dal quantum risarcitorio le somme percepite a titolo indennitario.

Se si muove dalla premessa che l'obbligazione risarcitoria è finalizzata alla completa reintegrazione del patrimonio della vittima, mentre quella indennitaria, viceversa, persegue la finalità di compensare il danno arrecato al soggetto, senza ripristinare il patrimonio del danneggiato, si stabilisce un rapporto quantitativo, che non inficia la natura compensativa di entrambi i rimedi e ciò consente di escludere la cumulabilità degli stessi, senza che assuma rilevanza la circostanza che indennizzo e risarcimento provengano da soggetti diversi. Peraltro sia l'indennizzo che il risarcimento, secondo una efficace rappresentazione, hanno un comune fondamento: l'ingiustizia del danno[64].

L'onere probatorio gravante sul danneggiato per ottenere l'indennizzo, in forza della procedura amministrativa di cui alla legge 210/1992, è meno gravoso di quello richiesto per ottenere il risarcimento del danno. Il danneggiato infatti non dovrà fornire la prova della colpa del danneggiante, ma soltanto dell'avvenuta sottoposizione alla vaccinazione, id est del fatto, del danno subito e del nesso di derivazione causale tra fatto e danno, da accertarsi secondo le regole generali in materia, senza alcuna attenuazione: quindi non fondato sulla semplice probabilità del verificarsi del danno, in ragione della funzione di solidarietà sociale che l'indennizzo persegue.

Una più efficace tutela dei danneggiati in caso di danni derivanti dalla somministrazione di vaccini, in particolare quelli anticovid 19, richiederebbe in realtà piuttosto che rimedi successivi al verificarsi degli eventi pregiudizievoli per la salute umana, tecniche che prevengano siffatti eventi, gestendo quelle situazioni di rischio potenziale, tuttavia non dimostrabili e quantificabili.

Un principio utilizzabile per il governo di siffatte situazioni è quello di precauzione al quale può farsi ricorso "in tutti i casi in cui una preliminare valutazione scientifica obiettiva indica che vi sono ragionevoli motivi di temere i possibili effetti nocivi sull'ambiente e sulla salute degli esseri umani, degli animali e delle piante, ma i dati scientifici non consentono una valutazione particolareggiata del rischio" (Comunicazione della Commissione europea del 2

[64] P. Perlingieri, *La responsabilità civile tra indennizzo e risarcimento*, in *Rass. dir. civ.*, 4, 2004, 1067.

febbraio 2000, art. 5.1). Ai fini della operatività di detto principio, l'incertezza deve avere carattere oggettivo, riconducibile al panorama internazionale della ricerca in una determinata materia ed agli eventuali contrasti esistenti all'interno della comunità scientifica di riferimento[65].

I giudici amministrativi hanno utilizzato proprio questo principio in caso di somministrazione di vaccini, rilevando come lo stesso possa essere invocato astrattamente sia al fine di evitare eventi dannosi per la salute dell'uomo, conseguenti alla vaccinazione, sia per affermare che, al contrario, la somministrazione del vaccino riduce la probabilità di contrarre determinate malattie[66]. E questa circostanza giustifica l'imposizione di un obbligo vaccinale[67] o comunque la raccomandazione della vaccinazione. In realtà una coerente applicazione di detto principio alle vaccinazioni anti Sars-Cov-2 consente di affermare che lo stesso suggerisce piuttosto un ricorso massiccio alla vaccinazione, atteso che i benefici conseguenti alla somministrazione del vaccino superano i costi derivanti dallo stesso in termini di eventi dannosi prodottisi. Fermo restando che il principio in questione sollecita l'adozione della massima cautela sia nella introduzione in commercio dei vaccini che nella loro inoculazione da parte degli operatori sanitari[68].

7. Bibliografia

Amidei A., *La responsabilità del produttore di vaccini nella gestione dell'ignoto scientifico*, in *Giur. it.*, 2022, 10, 2287.

Al Mureden E., *Il danno da farmaco tra valenza delle norme tecniche armonizzate e responsabilità per esercizio di attività pericolosa,* in *Contratto e impr.*, 2021, 4, 1038.

Alpa G., *Responsabilità civile e danno,* Bologna, 1991.

Alpini A., *La discutibile valenza probatoria del fatto notorio. Note sulla obbligatorietà del c.dd. vaccinazioni anti-covid,* in *Rass. dir. civ.*, 2022, 2, 449.

[65] T. Rumi, *Consenso informato e danni da vaccinazioni "consigliate"*, cit., 145.
[66] T.A.R. Friuli Venezia Giulia, 16.01.2017, n. 20, in *Resp. civ. prev.*, 2017, 1318, con nota di G. Citarella, *Vaccinazioni obbligatorie e scuola dell'infanzia (Dal TAR al Governo, passando per il Consiglio di Stato*); Cons. Stato, 20.04.2017, n. 1662, in *Rass. dir. farmaceutico*, 2017, 556.
[67] Cons Stato, 18.05.2015, n. 2495, in *Giur. it.*, 2015, 2474, con nota di commento di C. Vivani, *Principio di precauzione e conoscenza scientifica.*
[68] T. Rumi, *Consenso informato e danni da vaccinazioni "consigliate"*, cit., 146.

Astone A., *L'autonoma rilevanza dell'atto illecito. Specificità dei rimedi*, Milano, 2012.

Bellisario E., *Compensatio lucri cum damno: il responso delle Sezioni Unite,* in *Danno e resp.*, 2018, 410 ss..

Bellisario E., *Il danno da prodotto conforme tra regole preventive e regole risarcitorie*, in *Eur. dir. priv.*, 2016, 856.

Bianca C. M., *La responsabilità,* Milano, 1994.

Bitetto Murgolo A. L., *Danno da vaccino e prova del nesso causale tra product liablity e indennizzo,* in *Danno e resp., 2017,* 668 ss..

Castronovo C., *Autodeterminazione e diritto privato*, in *Europa dir. priv.*, 2010, 4, 1055.

Castronovo C., *La nuova responsabilità civile*, Milano, 2006, 297.

Chieppa R., *Ancora una giusta solidarietà, questa volta per i danneggiati da somministrazione di vaccini semplicemente consigliata e promossa, ma nessuna iniziativa dello Stato nei confronti delle imprese farmaceutiche,* in *Giur. cost.*, 2012, 1461.

Citarella G., *Vaccinazioni obbligatorie e scuola dell'infanzia (Dal TAR al Governo, passando per il Consiglio di Stato,* in *Resp. civ. prev.*, 2017, 1318.

Comporti M., *Fatti illeciti: le responsabilità oggettive*, in *Il Codice civile. Commentario*, Milano, 2009.

D'Errico S., *Ancora in tema di "vaporizzazione giurisprudenziale" del nesso di causa; se e quando il sapere scientifico si sottomette all'umana solidarietà*, in *Resp. civ. prev.*, 2014, 336.

Dell'Osso A. M., in *Riv. it. med. leg.*, 2016, 361.

Forchielli P., *Il rapporto di causalità nell'illecito civile*, Padova, 1960.

Franzoni M., *L'illecito*, II°, in *Trattato della Responsabilità civile*, diretto da M. Franzoni, Milano, 2004.

Galgano F., *I fatti illeciti,* Padova, 2008.

Gambardella F., *Sulla questione di legittimità costituzionale dell'obbligo di vaccinazione anti Covid del personale sanitario. Nota a margine dell'ordinanza 22.03.2022 n. 351 del Consiglio di giustizia amministrativa per la regione siciliana*, in *www.giustiziinsieme.it,* 2022.

Gorassini A., *Contributo per un sistema della responsabilità del produttore*, Milano, 1990.

Guzzetta G., *Obbligo vaccinale e consenso informato. Profili problematici e aporie logiche*, in *Giur. it.*, 2022, 10, 2293.

Masieri C., *Novità in tema di responsabilità sanitaria*, in *Nuova giur. civ. comm.*, 2017, 756.

Monateri P. G., *La responsabilità civile,* Torino, 2006.

Montanari Vergallo G., *Il rapporto medico-paziente. Consenso e informazione tra libertà e responsabilità*, Milano, 2008.

Monti S., *La compensatio lucri cum damno e il "compromesso innnovativo" delle Sezioni Unite,* in *Danno e resp.*, 2018, 410 ss..

Morana D., *La salute come diritto costituzionale*, Torino, 2021, 52.

Nicolò R., Intervento, in *Atti del I° Convegno di dritto cosmico*, Milano, 1963, 173 ss..

Nicolussi A., *Testamento biologico e problemi del fine vita: verso un bilanciamento di valori o un nuovo dogma della volontà*, in *Europa dir. priv.*, 2013, 46.

Pardolesi R. e Santoro P., *Sul nuovo corso della compensatio,* in *Danno e resp.*, 2018, 410 ss.

Perriello L.E., *Il danno da vaccino anticovid-19 tra regole di responsabilità e schemi indennitari*, in *Persona e mercato*, 2022, 4, 663 ss..

Pinelli C., in *Giur. cost.*, 2018, 1, 38 .

Ponzanelli G., *L'indennizzo ex lege 210 dovuto anche in assenza di un obbligo a sottoporsi ad un trattamento sanitario,* in *Danno e resp.*, 2012, 1069.

Pucella R., *Danno da vaccini, probabilità scientifica e prova per presunzioni, in Danno e resp,* 2017, 1802.

Pucella R., *La causalità incerta*, Torino, 2007.

Querci A., *Responsabilità per danno da farmaci: quali rimedi a tutela della salute*? in *Danno e resp.,* 2012, 353.

Realmonte F., *Il problema del rapporto di causalità nel risarcimento del danno*, Milano, 1967.

Rumi T., *Consenso informato e danni da vaccinazioni* "consigliate", in *Contr. impr.*, 2022, 117 ss.

Salvi C., *La responsabilità civile*, in *Trattato dir. priv.*, diretto da G. Iudica e P., Zatti. Milano, 1998.

Savini Nicci M.- Amidei A., *La responsabilità per la somministrazione del vaccino "anti Sars-Covid-"*, in *Giur. it.*, 2022,. 10, 2284.

Scalisi V., *Ingiustizia del danno e analitica della responsabilità civile*, in ID. *Categorie e Istituti del diritto civile nella transizione al postmoderno*, Milano, 2005, 799.

Stanzione P., *Trattato della responsabilità civile*, I, Padova, 2012.

Trimarchi P., *Causalità e danno*, Milano, 1966.

Trimarchi P., *Rischio e responsabilità oggettiva*, Milano, 1961.

Vivani C., *Principio di precauzione e conoscenza scientifica*, in *Giur. it.*, 2015, 2474.

Adelaide Madera

VACCINI ANTI-COVID-19 E NUOVE FORME DI OBIEZIONE DI COSCIENZA: NUOVE SFIDE PER L'ESERCIZIO DELLA LIBERTÀ RELIGIOSA?

1. La nuova sfida dei vaccini. – 2. Vaccini e nuove forme di obiezione di coscienza – 3. L'atteggiamento della Chiesa Cattolica in merito ai vaccini di nuova generazione – 4. L'introduzione dell'obbligo vaccinale in Italia – 5. Il ruolo suppletorio delle corti – 6. Recenti orientamenti della Corte europea dei diritti dell'uomo – 7. Annotazioni di carattere riepilogativo. – 8. Bibliografia.

1. La nuova sfida dei vaccini

La devastante crisi sanitaria dovuta alla diffusione del COVID-19 ha generato nuove sfide per l'esercizio della libertà religiosa. Nella prima fase dell'emergenza, le misure restrittive adottate per limitare la diffusione del contagio hanno inciso sulla libertà di esercizio della religione, così come su altre libertà fondamentali. In un momento in cui nessun efficace presidio sanitario era disponibile ed era necessario contenere il più possibile la diffusione del virus la libertà collettiva di esercizio del culto ha subito una compressione senza precedenti. Lo sviluppo dei vaccini e la loro rapida diffusione hanno segnato sicuramente una svolta decisiva per arrestare la diffusione del virus, raggiungere la cosiddetta "immunità di gregge" e tornare progressivamente alla normalità. Tuttavia, i vaccini di nuova generazione hanno scatenato un vivace dibattito pubblico non solo a livello scientifico ma anche nell'opinione pubblica, che si è polarizzata a favore o contro l'imposizione di un obbligo del vaccino (Madera, 2021).

2. Vaccini e nuove forme di obiezione di coscienza

La questione del vaccino ha sollevato anche l'interesse degli studiosi del rapporto fra diritto e religione, che si sono interrogati sull'ammissibilità di una nuova tipologia di obiezione di coscienza, ossia il rifiuto della vaccinazione obbligatoria per motivi religiosi. Negli Stati Uniti

si è verificata una proliferazione di istanze di esenzioni religiose per sottrarsi alla vaccinazione, soprattutto quando tale obbligo veniva imposto dal datore di lavoro ai suoi dipendenti. Non vi è dubbio che alcune fedi religiose hanno manifestato tradizionalmente un atteggiamento scettico verso i vaccini. A tal proposisto alcuni studiosi hanno categorizzato tre tipologie di rifiuto della vaccinazione per ragioni fideistiche: "violation of prohibition against taking life… violation of dietary laws …interference with natural order by not letting events to take their course" (Grabenstein, 2013, 2011). Fra i gruppi religiosi minoritari si può ricordare il caso della Chiesa Scientista, che reputa che l'unica cura efficace contro le malattie sia la preghiera; la comunità Amish, per la quale il rifiuto della vaccinazione rientra nell'ambito di un più ampio rifiuto della modernità; alcune comunità riformate olandesi, secondo cui il ricorso al vaccino implica un atteggiamento di sfiducia verso Dio; Scientology, secondo la quale il corpo umano non può essere contaminato mediante il riscorso a sostanze artificiali (Lo Giacco, 2020, 42-43).Le Chiese maggioritarie (Cristianesimo, Islam, Ebraismo) si sono invece schierate a favore del ricorso alla vaccinazione, anche se non sono mancati al loro interno orientamenti dissidenti.

3. L'atteggiamento della Chiesa Cattolica in merito ai vaccini di nuova generazione

L'atteggiamento della Chiesa Cattolica in merito ai vaccini di nuova generazione è stato di cauta apertura. In una Nota del 21 dicembre 2020[1], la Congregazione per la Dottrina della Fede, sia pure richiamando i suoi precedenti pronunciamenti sulla questione, e quelli della Pontificia Accademia per la Vita, ha riconosciuto l'accettabilità morale dell'utilizzo di vaccini le cui line cellulari derivino da feti abortiti nella fase della ricerca e della produzione, fino al momento in cui non siano disponibili vaccini "eticamente ineccepibili". A tal proposito, la Congregazione ha fatto ricorso ad una attenta graduazione del livello di cooperazione al male (cooperazione materiale passiva) da parte di coloro che utilizzano vaccini derivanti da tali line cellulari, qualificandola come "remota", e reputando "non vincolante" il dovere morale di evitare tale cooperazione, alla luce del grave pericolo provocato dalla diffusione di un grave agente patogeno. Al tempo stesso le aziende farmaceutiche e le autorità governative vengono

[1] Congregazione per la Dottrina della Fede, Nota della Congregazione per la Dottrina della Fede sulla moralità dell'uso di alcuni vaccini anti-Covid-19, 21 dicembre 2020, https:// press.vatican.va/content/salastampa/it/bollettino/pubblico/2020/12/21/0681/01591. html

sollecitate a "produrre, approvare, distribuire ed offrire" vaccini che non sollevino conflitti di coscienza né per gli operatori sanitari né per i vaccinandi".

La Congregazione ribadisce l'insussistenza di un obbligo morale di vaccinazione, che deve rimanere di carattere volontario. Dal punto di vista etico, tuttavia, afferma che la moralità della vaccinazione risiede nel dovere di ciascuno non solo di tutelare la propria salute, ma anche di contribuire alla salvaguardia del bene comune, soprattutto dei più esposti e fragili. In tale prospettiva, coloro che non ottemperano a tale impegno etico devono adoperarsi per prevenire il rischio di divenire veicolo di trasmissione e contagio del virus.

Infine, la Congregazione richiama l'imperativo morale gravante sulle case farmaceutiche, i governi e le organizzazioni internazionali di garantire l'efficacia e la sicurezza dal punto di vista sanitario dei vaccini, l'accettabilità morale, e l'accessibilità e non-onerosità per i paesi più poveri, per evitare che l'accesso al vaccino si tramuti in una ulteriore causa di ingiustizia e discriminazione.

Sulla stessa traiettoria si pone la Commissione Vaticana, che, il 29 12 2020[2], ha ribadito i punti fermi dell'approccio della Chiesa Cattolica ai vaccini, enfatizzando l'esigenza sia di un'equa accessibilità e distribuzione, con una particolare attenzione ai più bisognosi e vulnerabili, sia del rispetto dell'equità in tutte le fasi del processo di produzione e distribuzione del vaccino, indicando pure le categorie di soggetti che dovrebbero godere della priorità nella fase della somministrazione. Soprattutto, in questa nota la Commissione ribadisce un impegno collaborativo della Chiesa, mirato a cooperare con gli enti governativi e le organizzazioni impegnate nella produzione e distribuzione del vaccino, a monitorare le strategie di diffusione e distribuzione dei vaccini, e a promuovere lo sviluppo di sinergie fra tutte le articolazioni territoriali della Chiesa, al fine di affrontare la sfida dei vaccini come "famiglia umana globale".

Tali pronunciamenti sono coerenti con l'approccio adottato da Francesco che, fin dall'inizio della pandemia ha sollecitato "risposte integrate" ad una emergenza sanitaria avente una "dimensione globale" (Vicini 2021, 425). In tal senso, la sollecitudine in vista di

[2] Commissione Vaticana Covid-19 in collaborazione con la Pontificia Accademia per la Vita, Nota Vaccino per tutti. 20 punti per un mondo più giusto e sano, 29 dicembre 2020 (https://www.vatican.va/roman_curia/pontifical_academies/acdlife/documents/ rc_pont-acd_life_doc_20201229_covid19-vaccinopertuttti_it.html).

una equa distribuzione dei vaccini ha visto l'emergere di un impegno interconfessionale in vista dell'elaborazione di strategie condivise[3].

4. L'introduzione dell'obbligo vaccinale in Italia

Gli ordinamenti europei hanno adottato diversi approcci in relazione all'imposizione dell'obbligo di vaccino. L'ordinamento italiano, dopo aver cercato di promuovere il ricorso alla vaccinazione intraprendendo iniziative pubblicitarie volte a informare e sensibilizzare la popolazione ha introdotto l'obbligo vaccinale per alcune categorie di lavoratori (d.l. 44/2021). Ha successivamente introdotto il "green pass" ossia una certificazione sanitaria attestante lo stato immunologico dell'individuo, che è divenuto condizione per l'esercizio di numerose attività e per l'accesso a svariati spazi pubblici e al luogo di lavoro. L'obbligo vaccinale è stato successivamente esteso a ulteriori categorie di lavoratori e ai soggetti di età superiore ai cinquant'anni.

L'introduzione di tale obbligo ha rivitalizzato antichi interrogativi relativi alla questione del vaccino, quali l'alternativa fra obbligo e raccomandazione, l'identificazione delle categorie dei soggetti sui quali ricade l'obbligo, la risarcibilità del danno di coloro che subiscono un danno derivante dalla somministrazione da vaccino (Liberali, 2022, 636). La questione sulla quale si sono focalizzati gli studiosi del diritto ecclesiastico è l'ammissibilità di un diritto all'obiezione di coscienza, ossia il diritto di rifiuto di tale prestazione sanitaria da parte di coloro che sono soggetti ad obbligo vaccinale per ragioni legate alle loro convinzioni fideistiche. Si tratta pertanto di un rifiuto la cui ratio è profondamente diversa da quelle forme di riluttanza dovute alla paura di effetti collaterali, alle scarse conoscenze scientifiche o alla mera sfiducia nell'efficacia dei vaccini.

L'art. 4 del d.l. 44/2021 introduce l'obbligo di vaccinazione per gli esercenti le professioni sanitarie e gli operatori di interesse sanitario, impiegati sia nel pubblico che nel privato, qualificando tale obbligo quale "requisito essenziale per l'esercizio della professione" e prevedendo quale unica eccezione la sussistenza di un "documentato pericolo per la salute".

[3] Consiglio ecumenico delle chiese (CEC) e Congresso ebraico mondiale (WJC), Invitation to reflection and engagement on ethical issues related to COVID-19 vaccine distribution, 22 dicembre 2020, https://www.oikoumene.org/ sites/default/files/2020-12/20_12%20COVID-19%20vaccination%20rollout%20ethical%20issues_WCC%20and%20WJC%20%20joint%20statement_FINAL.pdf.

Se il rifiuto non è connesso a ragioni di carattere medico, sono previste sanzioni, quali la sospensione dal lavoro e la riduzione della retribuzione. La normativa non prevede pertanto la possibilità del rifiuto della vaccinazione legato a ragioni di carattere etico religioso.

Come è noto, la Carta Europea, pur riconoscendo un diritto all'obiezione di coscienza, affida la sua regolazione agli stati membri determinando così il mantenimento di un regime giuridico disomogeneo fra i vari sistemi giuridici europei. A questi è affidata la regolazione del diritto all'obiezione di coscienza, la sua portata ed i suoi limiti (Navarro Vals, Martínez Torrón, Valero Estarellas, 2022, 23-24). Nell'ordinamento italiano un diritto all'obiezione di coscienza può ricavarsi dalla complessa architettura delle norme costituzionali che regolano la tutela della libertà religiosa. L'emergere di nuove forme di obiezione di coscienza rivela tuttavia un preoccupante gap fra quelle forme di obiezione di coscienza che trovano tutela a livello normativo e i casi in cui il diritto all'obiezione di coscienza non è legislativamente regolato, rivelando l'urgenza di offrire adeguate risposte normative a nuove istanze di libertà di coscienza (Madera, 2021, 3).

5. Il ruolo suppletorio delle corti

In presenza di un quadro normativo così frammentato, le corti devono spesso svolgere un ruolo suppletorio, cercando di trovare un equilibrio fra nuove aspettative sociali e un quadro costituzionale che non ha trovato ancora piena attuazione. In alcune pronunce ormai datate, la Corte Costituzionale ha evitato di approfondire la tensione fra obbligo generalizzato di vaccinazione e rifiuto della vaccinazione per convincimenti di carattere personale, non offrendo pertanto una risposta pienamente esaustiva (Flore, 2021, 43). Tale tensione si è rivitalizzata nella contingenza dell'emergenza sanitaria provocata dalla diffusione del COVID-19, generando nuove controversie giudiziarie.

Nel caso di un lavoratore che rivendicava il diritto ad esercitare l'obiezione di coscienza avverso la vaccinazione contro il COVID-19, e lamentava di aver dovuto sopportare un costo, in termini economici, per il rifiuto a ricevere la somministrazione, il tribunale di Bergamo si è arrestato su una decisione di carattere procedurale, reputando che la parte attrice non potesse fruire della tutela cautelare a salvaguardia del suo diritto alla retribuzione, in

mancanza di prova del "pregiudizio imminente ed irreparabile di un bene essenziale ed infungibile" (Piromalli, 2022)[4].

In tal senso si è allineata alle decisioni delle corti di altri paesi europei, che hanno rigettato istanze di misure cautelari da parte di individui che volevano sottrarsi all'obbligo vaccinale, senza influire sulla successiva analisi della controversia nel merito[5].

Nel merito è invece entrato il Tribunale di Monza, che ha rigettato l'istanza di una infermiera che chiedeva di essere esentata dalla somministrazione del vaccino contro il COVID-19, per ragioni di coscienza, trattandosi, secondo la parte attrice, di un vaccino "eticamente non accettabile", in quanto proveniente "da feti all'esito di aborti volontariamente procurati". Preliminarmente il tribunale pur riconoscendo che l'art. 4 del d.l. 44/2021 ha determinato una compressione dell'esercizio di professare la propria fede religiosa, ha osservato che nessun diritto, anche di rango fondamentale, può essere sottratto al bilanciamento con altri diritti di pari rango, ai fini della coesistenza degli stessi nel sistema. Durante una fase di emergenza sanitaria, pertanto il diritto di libertà religiosa e di manifestazione del pensiero va controbilanciato con il diritto alla salute, che assurge a

[4] Trib. Bergamo, Sez. lavoro, 21 01 2022. Una recente controversia relativa al rifiuto di vaccinazione per ragioni di coscienza è stata sollevata da un docente di scuola secondaria superiore, nonché esercente la professione forense, che richiedeva di essere esentato, con provvedimento d'urgenza, dall'adempimento dell'obbligo vaccinale, e di essere autorizzato ad adempiere la sua prestazione lavorativa in presenza esibendo la certificazione verde base o, in alternativa, di poter svolgere attività didattica a distanza. Egli sosteneva la propria rivendicazione ad esercitare obiezione di coscienza in quanto appartenente alla fede cristiana ortodossa, i cui principi sarebbero stati violati in caso di somministrazione del vaccino, in quanto durante la fase di ricerca, sperimentazione e produzione di tale presidio sanitario sarebbero state utilizzate cellule embrionali di feti abortiti. Trattandosi di giudizio in via d'urgenza, il tribunale si è soffermato sulla sussistenza dei due requisiti richiesti, ossia fumus boni iuris e periculum in mora. La corte si è focalizzata in particolare sulla verifica della sussistenza del periculum in mora, reputando, sulla scorta di precedenti giurisprudenziali, che tale requisito possa reputarsi sussistente solo quando la temuta lesione ricada su posizioni giuridiche di natura non patrimoniale, e di conseguenza non suscettibili di adeguato ristoro in seguito al giudizio di merito, in quanto irrimediabilmente pregiudicate dal ritardo con cui viene riconosciuta la sussistenza del diritto. La privazione della retribuzione non determina di per sé un irreparabile danno, ma solo in situazioni in cui i proventi derivanti dal lavoro siano indispensabili per la protezione di un altre situazioni giuridiche connesse (il diritto ad una esistenza libera e dignitosa; diritto all'integrità fisica o alla salute) Nel caso di specie, secondo il giudice, la tutela cautelare viene richiesta a salvaguardia di un credito pecuniario (la remunerazione) e non è data la prova del pregiudizio imminente ed irreparabile: l'attore non ha infatti illustrato chiaramente la sua situazione familiare e finanziaria a dimostrazione dell'imminenza e irreparabilità del pregiudizio, così come, reputa il giudice, la sospensione dal lavoro non gli precluderebbe l'esercizio dell'attività forense. La corte pertanto ha ritenuto insussistente l'elemento del periculum in mora, e non ha reputato necessario indagare la sussistenza del fumus boni iuris.

[5] *Abgrall e altri 671 c. Francia*, dec., No. 41950/21, Corte EDU, 24 agosto 2021; Consiglio di Stato Greco, n. 133/2021, 29 giugno 2021.

presupposto imprescindibile per l'esercizio degli altri diritti. Il tribunale ha affermato altresì che l'obiezione di coscienza, riconosciuta dal quadro costituzionale italiano, quale facoltà di non ottemperare alla legge, è regolata dall'ordinamento in materia di servizio militare, interruzione della gravidanza, sperimentazione animale e di procreazione medicalmente assistita. Tale facoltà però deve essere prevista dalla legge e non può desumersi per analogia da altre ipotesi già disciplinate. Il d.l. 44/2021 ha previsto quale unico motivo di esenzione l'accertato pericolo di salute in relazione a specifiche condizioni cliniche del lavoratore, escludendo ipotesi di obiezione di coscienza[6].

Di rilievo indiretto pure un'altra recente decisione in materia di vaccinazioni obbligatorie, che mostra l'intento del giudice di circoscrivere la possibilità di esercitare obiezione di coscienza avverso la vaccinazione obbligatoria: il tribunale di Milano ha precisato che la tutela della libertà di coscienza derivante dall'art. 19 della Costituzione non si estende a coprire "visioni soggettive della vita" fondate su una "convinzione spirituale olistica che si identifica con il termine Deep Ecology"[7]. In tal senso pure giurisprudenza di merito precedente aveva già affermato che, con riguardo ai minori, una opposizione generica o le mere convinzioni dei genitori circa la pericolosità del vaccino fondate su teorie scientifiche minoritarie non sono sufficienti a giustificare il rifiuto di sottoporre i figli alla somministrazione del vaccino (Flore, 2021)[8].

6. Recenti orientamenti della Corte europea dei diritti dell'uomo

Sulla questione dell'obiezione di coscienza ai vaccini, non può trascurarsi la pronunzia *Vavřička v. Czech Republic*[9], concernente l'obbligo della vaccinazione routinaria per i bambini in età prescolare, ai fini di poter frequentare le istituzioni pre-scolastiche. I ricorrenti lamentavano una violazione del loro diritto alla privacy e della loro libertà di coscienza e di religione. La Corte ha focalizzato la sua analisi sulla compatibilità dell'obbligo con l'art. 8

[6] Trib. Monza, Sez. Lavoro, 07 07 2022, n. 273; si veda pure Trib. Velletri, 13 12 2022, n. 1298; Trib. Parma, 1104 2023, n. 36.
[7] Trib. Milano 13 09 2021, dove un genitore chiedeva di essere autorizzato a prestare l'assenso affiché la figlia infrasedicenne potesse ricevere le vaccinazioni obbligatorie anche in assenza dell'assenso materno.
[8] App. Bari, sez. minori, 6 febbraio 2002; App. Perugia, 13 dicembre 1996; App. Bari, sex- minori, 12 febbraio 2003, in Gius, 10/2003, p. 1117 ss.
[9] *Vavřička e Altri c. Repubblica Ceca*, ricorsi 47621/13 e 5 Altri, Corte EDU (Grande Camera), 8 Aprile 2021.

della Convenzione europea. A tal proposito, ha riscontrato che la normativa che imponeva l'obbligo del vaccino avesse il fine legittimo della protezione avverso malattie che rappresentano un grave rischio per la salute. La misura risponde altresì al requisito della necessità in una società democratica, in quanto volta a soddisfare una pressante esigenza sociale: gli Stati membri sono infatti gravati da un obbligo positivo a tutelare la salute pubblica alla luce degli articoli 2 e 8 della CEDU. Sussistono inoltre ragioni rilevanti e sufficienti a giustificare l'imposizione dell'obbligo, in quanto tale scelta di politica pubblica trova supporto nella sicurezza ed efficacia della vaccinazione infantile, e nella sussistenza di un vasto consenso scientifico che sostiene l'importanza del raggiungimento di un elevato livello di copertura vaccinale. Infine, la Corte ha riscontrato la sussistenza della proporzionalità fra le misure utilizzate ed il fine perseguito. Diversi fattori hanno avuto un rilievo significativo in tale processo di bilanciamento: in particolare il consenso scientifico sulla efficacia e sicurezza dei vaccini, la previsione normativa di esenzioni per ragioni sanitarie e della possibilità di esercizio dell'obiezione di coscienza, ed infine il carattere moderato delle sanzioni imposte nell'ipotesi di inosservanza dell'obbligo (Nugraha, Montero Regules, Vrancken 2022, 580)

La corte ha dedicato invece poco spazio alla pretesa violazione della libertà di coscienza e di credo dei ricorrenti, reputando che essi non siano stati in grado di dimostrare la loro rivendicazione alla luce dell'articolo 9 della CEDU. In particolare, le loro opinioni critiche verso il vaccino non assurgono a quel livello di serietà, cogenza, coerenza e importanza necessario per usufruire delle garanzie offerte dall'articolo 9. Infine, la Corte ha ribadito che l'articolo 9 non garantisce un assoluto diritto di manifestare il proprio credo nello spazio pubblico né tanto meno immunizza il cittadino/fedele dall'osservanza delle regole generali che governano la società civile. Di conseguenza, la pronunzia della corte segna un cambiamento di paradigma rispetto alla giurisprudenza precedente[10], in quanto sembra sottintendere una cauta apertura verso il riconoscimento di un diritto all'obiezione di coscienza quando siano in gioco convinzioni di natura genuinamente religiosa (Wazińska-Finck, 2021).

In ogni caso, la Corte ha confermato che gli stati membri godono di un ampio margine di apprezzamento in relazione all'introduzione di vaccinazioni obbligatorie, tenendo conto che,

[10] Commissione europea per i diritti umani, *Boffa c. San Marino*, ricorso n. 26536/95, 15 gennaio1998.

sebbene gli stati membri condividano che la vaccinazione sia uno degli strumenti più efficaci di tutela della salute pubblica, non sussiste un ampio consenso fra gli stati membri circa il modello da adottare al fine di garantire il più elevato livello di copertura vaccinale dei minori; che gli Stati membri non prevedono che il vaccino possa essere somministrato in maniera forzosa, contro la volontà degli individui soggetti all'obbligo; e che le scelte politiche in merito al vaccino costituiscono un aspetto essenziale delle politiche sanitarie pubbliche, ma sollevano importanti questioni morali ed etiche (Nugraha, Montero Regules, Vrancken 2022, 581).

7. Annotazioni di carattere riepilogativo

L'epidemia da COVID-19 ha sicuramente costituito uno stress-test per il sistema italiano di regolazione dei rapporti fra diritto e religione (Milani, 2022, 368). Esso ha messo in evidenza l'inadeguatezza di un modello di rapporti Stato-Confessioni fondato su un bilateralismo "verticistico" (Consorti 2020, 11) a venire incontro ad una crescente diversità religiosa, enfatizzando il binomio fra l'esigenza del mantenimento di una "specialità" della tutela del fenomeno religioso e crescenti istanze di una parificazione di tutela fra fedi religiose e convinzioni di natura etico morale profondamente radicate nella coscienza. Se una estensione incontrollata di un regime di specialità rischia di altererebbe il delicato equilibrio fra regole ed eccezioni), la neutralizzazione totale del fattore religioso andrebbe a pregiudizio delle più genuine istanze etiche e fideistiche, soprattutto di quelle minoritarie (Boucher, 2013, 159).

Sicuramente la pandemia ha messo in evidenza che la specialità di tutela non implica una immunizzazione della libertà di religione dal confronto con altri diritti di carattere fondamentale, richiedendosi un attento bilanciamento dei diritti in conflitto, ma anche una ponderata valutazione del rapporto fra sacrifici esigiti e benefici auspicati, alla luce del canone di proporzionalità (Piccinni, 2022, 176). La pandemia ha tuttavia messo in luce anche l'importanza di aprire nuovi "canali di comunicazione" fra attori pubblici e religiosi (Martínez-Torrón, 2020, 33). In Italia, dopo la prima ondata della pandemia, lo Stato italiano ha scelto di negoziare con le singole confessioni i termini e le modalità di ripresa delle funzioni religiose, perseguendo la strada del dialogo, ed estendendo il confronto anche a comunità fideistiche allo stato escluse dal sistema della bilateralità. La stipula dei protocolli della pandemia mostra quindi l'esigenza di andare oltre i tradizionali modelli di cooperazione

istituzionale in vista di una più ampia e condivisa concertazione di strategie, al fine del perseguimento di finalità condivise (Lo Giacco, 2020, 107). Nel caso della vaccinazione i gruppi religiosi hanno dato un importante contributo a veicolare e promuovere l'accettazione delle politiche pubbliche, flessibilizzando le loro dottrine per prevenire che i loro fedeli dovessero fronteggiare conflitti di lealtà fra norme statali e principi fideistici (Madera, 2021). Il raggiungimento di tale obiettivo implica tuttavia garantire agli attori religiosi accesso ad accurate informazioni scientifiche in relazione ai processi di produzione, approvazione, diffusione e distribuzione dei vaccini, e soprattutto in relazione all'evidenza scientifica che la sicurezza dei vaccini si combini con la loro accettabilità dal punto di vista etico. In questa prospettiva, le comunità religiose potrebbero costituire non un ostacolo ma un valore aggiunto, in vista della costruzione di una società inclusiva, improntata alla coesione sociale, sia pure nel rispetto delle diversità (Madera, 2022, 315).

8. Bibliografia

Boucher, François (2013). "Exemptions to the Law, Freedom of Religion and Freedom of Conscience in Postsecular Societies", 3 *Philosophy and Public Issues*, pp. 159-200.

Consorti, Pierluigi (2020). *Diritto e religione*. Bari, Laterza.

Flore, Stefania (2021). "Obbligo vaccinale e obiezione di coscienza nel caso del covid-19", 3 *DirittiFondamentali.it*, 29-50.

Grabenstein, John D. 2013. "What the World's Religions Teach, Applied to Vaccines and Immune Globulins", 31 *Vaccine* 2011- 2023.

Liberali, Benedetta (2022). "Le vaccinazioni contro il Covid-19 davanti alla Corte costituzionale", 2 *Quaderni di diritto e politica ecclesiastica*, 636-656.

Lo Giacco, Maria Luisa (2020). "Il rifiuto delle vaccinazioni obbligatorie per motivi di coscienza. Spunti di comparazione", 7 *Stato, Chiese e Pluralismo Confessionale*, 41-65.

Lo Giacco, Maria Luisa (2020), «I Protocolli per la ripresa delle celebrazioni delle confessioni diverse dalla cattolica: una nuova stagione nella politica ecclesiastica italiana», in *Stato, Chiese e Pluralismo Confessionale*, 12 (2020), pp. 107-114.

Madera, Adelaide (2022). "The state's attitude towards religious communities in a health crisis: pursuing toward new interpretative approaches?", 22 *Christianity World Politics*, 304-318.

Madera, Adelaide (2021). "COVID-19 Vaccines v. Conscientious Objections in the Workplace: How to Prevent a New Catch-22", April 30 *Canopy Forum*, https://canopyforum.org/2021/04/30/covid-19-vaccines-v-conscientious-objections-in-the-workplace-how-to-prevent-a-new-catch-22/.

Madera, Adelaide (2021). "The Legal Regime of Conscientious Objection in Italy at the Crossroads between New Challenges and Transitions", 57 *Revista General de Derecho Canónico y Derecho Eclesiástico del Estado*, pp. 1-30.

Martínez-Torrón, Javier. 2020. "COVID-19 y Libertad religiosa: ¿problemas nuevos o soluciones antiguas?" in *COVID-19 y libertad religiosa*, edited by Javier Martínez-Torrón and Belén Rodrigo Lara. Madrid, Iustel, 23-36.

Navarro Vals, Rafael, Martínez Torrón, Javier, Valero Estarellas, Maria José (2022). *Eutanasia y objeción de Conciencia*, Palabra, Madrid.

Nugraha, Ignatius Jordan,Montero Regules,Juncal, Vrancken, Merel (2022). "VAVŘIČKA AND OTHERS V. THE CZECH REPUBLIC. App. Nos. 47621/13, 3867/14, 73094/14, 19298/15, 19306/15, 43883/15. At https://hudoc.echr.coe.int/fre?i¼001-209039. European Court of Human Rights (Grand Chamber), April 8, 2021", 116 *The American Journal of International Law*, 579-585.

Piccinni, Mariassunta (2022). "Politiche vaccinali: un approccio "gentile"", *Aggiornamenti Sociali*, 173-181.

Piromalli, Marilita (2022). "No al "700" a tutela della retribuzione se manca la prova del pregiudizio imminente e irreparabile di un bene della vita infungibile", 6 aprile *Il Giuslavorista*, https://ilgiuslavorista.it/articoli/giurisprudenza-commentata/no-al-700-tutela-della-retribuzione-se-manca-la-prova-del.

Vicini, Andrea (2021). "Papa Francesco, i vaccini e la sfida globale", 4115 *La Civiltà Cattolica*, 423-433.

Wazińska-Finck, Katarzyna (2021). "Anti-Vaxxers Before the Strasbourg Court: Vavřička and Others v. Czech Republic", *Strasbourg Observers*, June 2, https://strasbourgobservers.com/2021/06/02/anti-vaxxers-before-the-strasbourg-court-vavricka-and-others-v-the-czech-republic/.

In sala operatoria… professionalità, qualità e sicurezza delle cure

Mariacristina Vadalà - Vincenzo Francesco Tripodi - Anna Teresa Mazzeo

Il ruolo fondamentale dell'Anestesista-Rianimatore in una società vitale

1. Le Origini dell'Anestesia. – 2. Nascita di una specializzazione. – 3. Attività professionale. – 4. Ruolo dell'Anestesista nella medicina peri-operatoria. – 5. L'Anestesista-Rianimatore e la società. – 6. L'Anestesista-Rianimatore e la Pandemia da Covid-19. – 7. Conclusione. – 8. Bibliografia.

1. Le Origini dell'Anestesia

L'etimologia della parola deriva dal greco *"α" privativo "αίσθησις"* ed il suo significato letterale è assenza di sensibilità[1]. La ricerca dell'insensibilità all'atto chirurgico ha origini primordiali. Già nel 3000 a.c. in Mesopotamia la perdita di coscienza a scopo anestetico si otteneva attraverso la compressione della carotide[1,2]. L'utilizzo della neve in virtù del suo effetto vasocostrittore risale al periodo egizio. Nel mondo romano Plinio il Vecchio descriveva i poteri magici e le proprietà sedative della mandragora. Durante il Medioevo con l'avanzare delle conoscenze erboristiche si giunse all'invenzione della *"spongia somnifera"* ottenuta dalla bollitura di una mistura di erbe[2,3,4].

L'anestesiologia moderna nasce all'epoca dei lumi, quando J. Priestly e H. Duvy sperimentarono l'uso del protossido di azoto conosciuto all'epoca come *"gas esilarante"*.

L'etere era stato sintetizzato per la prima volta nel 1500, ma il primo medico a sfruttarne l'inalazione a scopo anestetico fu un odontoiatra, Horace Wells, nel 1844.

Il 16 Ottobre del 1846 William Thomas Green Morton praticò per la prima volta un'anestesia per la rimozione di un tumore della mandibola attraverso l'utilizzo di una sfera di vetro dotata di due valvole, una di entrata e una di uscita con all'interno una spugna imbevuta di etere. Il risultato anestetico fu soddisfacente e l'intervento venne eseguito in maniera veloce e indolore.

Al medico londinese John Snow si deve invece la progettazione dei primi rudimentali prototipi di vaporizzatori: attraverso lo studio delle proprietà chimiche e fisiche dell'etere per primo comprese le caratteristiche della vaporizzazione dell'etere[2,4]. Con l'introduzione del cloroformio ad uso anestetico ad opera dell'ostetrico James Young Simpson, Snow iniziò a studiare anche questo secondo farmaco.

2. Nascita di una specializzazione

La London Society of Anaesthetists fu la prima associazione professionale di anestesisti, fondata il 30 maggio 1893. Nel 1905 Adolph Frederick Erdmann negli Stati Uniti fondò la *Long Island Society* che successivamente venne convertita in *American Society of Anesthesiology*[5].

Nei successivi 25 anni, l'interesse crescente per l'anestesia ha attratto e coinvolto sempre più medici. Nel 1936 la Società cambiò nome in American Society of Anesthetists. Nel 1945 l'organizzazione si trasformo' in American Society of Anesthesiologists (ASA). Nel 1941 l'American Society of Anesthesiologists (ASA) chiese a un comitato di tre medici: Meyer Saklad, Emery Rovenstine e Ivan Taylor di studiare, esaminare, sperimentare ed ideare un sistema per la raccolta e la tabulazione dei dati statistici in anestesia per consentire agli anestesisti di registrare lo stato di salute generale di un paziente prima dell'intervento chirurgico e consentire la stratificazione mediante una valutazione generale della gravità della malattia. Fu l'ASA nel 1963 a proporre per la prima volta la classificazione dello stato fisico dei pazienti nel periodo preoperatorio per la valutazione del rischio perioperatorio. Nasceva così uno strumento fondamentale per la previsione dell'esito a breve e lungo termine di pazienti sottoposti ad interventi chirurgici, fondamentale per adattare le strategie terapeutiche più idonee per migliorare l'esito chirurgico del paziente[5-8].

L' *American Society of Anesthesiologists (ASA)* è ancora oggi un'associazione educativa, di ricerca e scientifica organizzata per elevare gli standard della pratica medica anestesiologica allo scopo di garantire la sicurezza del paziente[5,6].

L'Organizzazione dell'ASA è particolarmente articolata: la Governance societaria prevede una *"House of Delegates"*. La Camera dei Delegati si riunisce ogni anno durante l'Assemblea annuale della Società e gli incontri si basano sui progressi scientifici dell'anestesiologia[8,9].

Il logo storico della Società Scientifica riproduce in primo piano l'immagine di un faro che illumina la rotta di un'imbarcazione in navigazione. Il simbolo del faro rappresenta l'impegno di ASA nei confronti dei medici anestesisti di tutto il mondo per organizzare e formare una unione di menti acute, cuori gentili e mani ferme per proteggere i pazienti durante i loro momenti più vulnerabili *(Fig. 1)*.

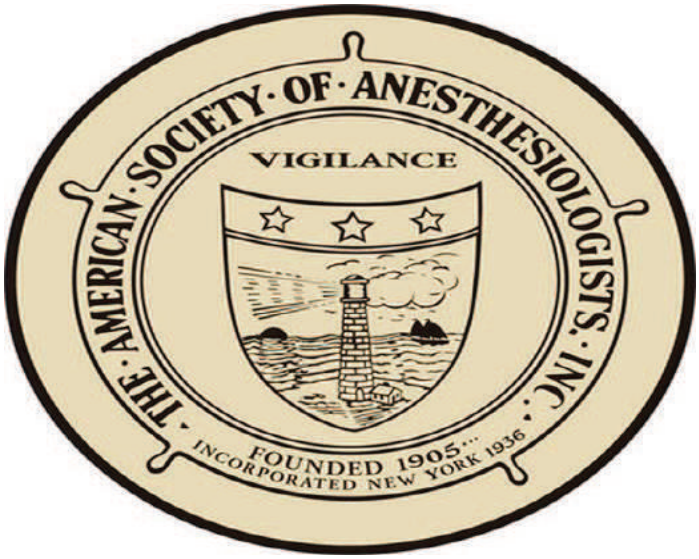


Fig. 1. Logo ASA - American Society of Anesthesiologists.

Il paziente è rappresentato dalla imbarcazione che naviga in mari agitati guidata dall'esperto comandante, il medico anestesista. Le stelle rappresentano la costante ed eterna vigilanza. Il faro rappresenta la luce nella notte, e simboleggia la scienza dell'anestesiologia. Il medico anestesista guida il paziente nell'arte del sonno, rappresentata dalla luna, verso un tranquillo e sereno risveglio. Il cerchio perfetto rappresenta l'unità del gruppo.

3. Attività professionale

Il numero di anestesisti a livello mondiale varia da <5 ogni 100.000 abitanti nei paesi LIC (Low income country, paesi a basso reddito) a 20 ogni 100.000 nei paesi HIC (High income country, paesi ad alto reddito). Raggiungere l'obiettivo di avere il 100% dei paesi del mondo con almeno 20 chirurghi, 20 anestesisti e 20 medici ostetrici per 100.000 abitanti è riconosciuto come uno dei target per il 2030 della Federazione mondiale delle società di anestesiologia (World Federation of Societies of Anesthesiologists, WFSA). In Italia ci sono circa 23.000

medici specializzati in Anestesia, Rianimazione e Terapia intensiva e del dolore, un corso di specializzazione della durata di cinque anni dopo la Laurea in Medicina e Chirurgia.

L' attività professionale di un medico anestesista rianimatore è complessa e vede questa figura impegnata in ambienti operativi molto diversi tra loro, ma tutti accomunati dalla salvaguardia generale della cura del paziente. Questo paragrafo si propone di sintetizzare il ruolo dell'anestesista rianimatore e le diverse attività professionali intra ed extra ospedaliere in cui è coinvolto.

1. **Induzione e mantenimento dell'anestesia di pazienti sottoposti ad interventi chirurgici e/o procedure diagnostiche.**
2. **Ripristino, salvaguardia e sostegno delle funzioni vitali di pazienti in corso di intervento chirurgico o in imminente pericolo di vita a causa di severe compromissioni emodinamiche o neurologiche.**
3. **Gestione intensiva post-operatoria di pazienti sottoposti ad interventi chirurgici ad alto rischio (trapianti d'organo, cardiochirurgia, neurochirurgia).**
4. **Gestione, all'interno di gruppi di lavoro multidisciplinari, di pazienti vittime di traumi maggiori o politraumatizzati.**
5. **Gestione e mantenimento di pazienti con diagnosi di morte cerebrale e considerati potenziali donatori di organi.**
6. **Coordinamento e attività all'interno di centri di ossigenoterapia iperbarica e camera di decompressione.**
7. **Elaborazione e attuazione di terapie analgesiche per il trattamento del dolore acuto (per es. post-chirurgico o durante il travaglio di parto) e cronico (oncologico, neuropatico, osteo-artrosico).**

Tutte queste attività si svolgono all'interno di servizi sanitari differenti:

- **L'Ambulatorio di pre-ospedalizzazione per la visita e la valutazione anestesiologica per interventi chirurgici programmati.**
- **Il Blocco operatorio che comprende al suo interno le sale operatorie delle diverse specialità chirurgiche e la recovery room, quell'area all'interno del comparto operatorio**

attrezzata per accogliere i pazienti che necessitano di un monitoraggio continuo dei parametri vitali nell'immediato periodo post operatorio.

- La Terapia Intensiva o Rianimazione è il reparto dedicato al monitoraggio e al trattamento intensivo di pazienti in imminente pericolo di vita a causa della compromissione di una o più funzioni vitali per patologie acute o croniche o a seguito delle complicanze di un trattamento chirurgico. Inoltre possono essere ammessi pazienti con sospetta diagnosi di morte cerebrale e considerati potenziali donatori d'organo.
- Il Servizio di soccorso sanitario territoriale, istituito con il D.P.R. 27 marzo 1992, garantisce in caso di emergenza /urgenza sanitaria, l'invio tempestivo di un mezzo di soccorso sanitario per un eventuale trasporto al Pronto Soccorso.
- Reparti di degenza ordinaria per interventi rianimatori in emergenza (arresto cardiaco, grave insufficienza respiratoria, shock, accessi vascolari urgenti).

4. Ruolo dell'anestesista nella medicina peri-operatoria.

Si definisce medicina peri-operatoria l'insieme dei provvedimenti adottati prima e in funzione di un intervento chirurgico, per ridurre al minimo i rischi di quest'ultimo e prevenire, nei limiti del possibile, le complicanze. In quest'ottica la figura professionale dell'anestesista riveste un ruolo cardine, che negli anni si è esteso molto oltre l'attività svolta all'interno della sala operatoria, ma che vede lo stesso alla guida di team multidisciplinari di assistenza nell'ambito delle diverse specialità chirurgiche. Questo ruolo ampliato ha l'obiettivo di ridurre la morbilità e la mortalità post-operatorie, che purtroppo sono molto più frequenti rispetto alla mortalità intra-operatoria[10].

La mortalità post-operatoria può essere considerata la terza principale causa di morte subito dopo le malattie cardiache ed il cancro[10].

Gottumukkala[11] ha condotto recentemente un'analisi accurata delle prospettive future dell'anestesiologia applicata alla medicina peri-operatoria. Secondo l'autore l'opportunità di fornire importanti contributi clinici e di ricoprire il ruolo di leadership dipenderanno dall'impegno attivo degli anestesisti all'interno del percorso peri-operatorio, attraverso la stratificazione e l'ottimizzazione del rischio, l'introduzione di programmi di preparazione all'intervento chirurgico (*pre-abilitazione*), l'implementazione di strategie di recupero

specifiche per paziente e per tipologia di procedura, la gestione del dolore cronico e della terapia antalgica a lungo termine *(Tabella 1)*.

Direzione futura per l'Anestesiologia: passi per affrontare la sfida

1	La Medicina peri-operatoria come programma di cura incentrato sul paziente.
2	Costruire relazioni e collaborazioni con altre professioni e sviluppare un programma di riferimento per futuri sforzi educativi.
3	Enfatizzare e diffondere il ruolo della Medicina peri-operatoria.
4	Utilizzare la Medicina peri-operatoria per studiare le disparità e raggiungere l'equità delle cure nella popolazione di pazienti chirurgici.
5	Formare la prossima generazione di anestesisti affinché siano una risorsa importante all'interno dell'assistenza sanitaria integrata.
6	Modellare il programma di sviluppo della Medicina peri-operatoria come un programma di apprendimento e formazione continua integrata.
7	Sviluppare un sistema di rimborso equo e trasparente per l'industria farmaceutica ed elettromedicale.

Tabella 1. "Direzione futura per l'Anestesiologia: passi per affrontare la sfida".
La tabella illustra i punti cardine dell'interazione tra Medicina peri-operatoria ed Anestesiologia.
Modificata da: *Gottumukkala V, Vetter TR, Gan TJ. Perioperative Medicine: What the Future Can Hold for Anesthesiology. Anesth Analg. 2023 Apr 1;136(4):628-635. doi: 10.1213/ANE.0000000000006412. Epub 2023 Mar 16. PMID: 36928147*

Gli anestesisti, nella veste di specialisti della medicina peri-operatoria (*perioperative medicine - POM*), hanno il compito di fornire cure peri-operatorie di alto valore, incentrate sul paziente e sul suo recupero dopo un intervento chirurgico. La loro opera è vitale per colmare il divario tra le aspettative dei chirurghi e dei pazienti, oltre che per contenere costi dell'assistenza sanitaria in vertiginoso aumento[11].

Andando avanti, come specialità, l'anestesiologia deve raggiungere quattro obiettivi primari:

1) concentrare gli sforzi clinici sui bisogni medici e sugli obiettivi di vita dei pazienti;

2) preparare la generazione attuale e futura di anestesisti a fornire cure di alta qualità incentrate sul paziente attraverso la formazione in medicina peri-operatoria;

3) costruire approcci collaborativi con tutti i gruppi interessati a fornire cure peri-operatorie tempestive, efficienti ed efficaci per i pazienti;

4) aiutare gli anestesisti a sviluppare accordi di cogestione equi e trasparenti con ospedali e pagatori.

I futuri modelli di assistenza clinica e di business, nonché gli sforzi educativi, di ricerca e di advocacy, devono in ultima analisi aggiungere valore per i pazienti e i contribuenti[11] *(Fig. 2)*.



Fig. 2. Gli obiettivi di anestesisti, chirurghi, infermieri e degli altri operatori sanitari per il successo della Medicina peri-operatoria.

Modificata da: *Gottumukkala V, Vetter TR, Gan TJ. Perioperative Medicine: What the Future Can Hold for Anesthesiology. Anesth Analg. 2023 Apr 1;136(4):628-635. doi: 10.1213/ANE.0000000000006412. Epub 2023 Mar 16. PMID: 36928147*

In particolare i modelli ERAS (*Enhanced Recovery after Surgery*) rappresentano una parte integrante della medicina peri-operatoria, e attraverso la collaborazione tra anestesisti, chirurghi, infermieri, e diverse altre figure professionali coinvolte mirano alla ottimizzazione del recupero postoperatorio in un modello integrato di cure con il triplice obiettivo di: Ottimizzare l'esperienza di cura percepita dal paziente, migliorare le prestazioni sanitarie offerte, e ridurre i costi.[11]

I rapidi progressi nelle tecnologie come l'intelligenza artificiale offrono l'opportunità di costruire "*modelli peri-operatori sicuri*"[11].

L'intelligenza artificiale può aiutare al raggiungimento proprio di maggiori standard di sicurezza, analizzando dati complessi su sistemi disparati e producendo informazioni fruibili a tutti i professionisti ed ai pazienti. Inoltre potrà consentire di esaminare criticamente ogni aspetto della medicina peri-operatoria e di ideare soluzioni innovative potenzialmente in grado di migliorare la sicurezza del paziente e l'erogazione dell'assistenza, ottimizzando al contempo i costi dell'assistenza[11].

5. L'Anestesista-Rianimatore e la società.

La qualità e la sicurezza dell'assistenza sanitaria rappresentano due principi guida fondamentali in materia di politica e di pratica sanitaria. All'anestesiologia è da tempo riconosciuto il ruolo di leader nell'ambito della sicurezza del paziente. Già nel 2000 *l'Institute of Medicine (IOM)* attraverso la pubblicazione del trattato *"To err is Human"*, punto di riferimento nell'analisi della Sanità Americana, citava l'anestesiologia come leader del movimento per la sicurezza del paziente invitando le altre discipline a seguirne l'esempio[12].

Numerose sono le fonti di informazione sull'anestesiologia, ma talvolta alcune ignorano la vastità di questa affascinante disciplina e la notevole varietà dei campi di applicazione.

Il medico anestesista rianimatore esercita la sua opera in ambito ospedaliero ed extraospedaliero, si caratterizza per essere una figura professionale poliedrica formata per lo

svolgimento di funzioni differenti, ma sempre accomunate dalla salvaguardia generale della vita del paziente, in particolar modo quando questi si trova in pericolo di vita.

Collaborazione, comunicazione, capacità di adattamento, precisione nelle scelte terapeutiche sono aspetti fondamentali per la disciplina anestesiologica.

Attraverso la collaborazione con le diverse figure professionali coinvolte, è in grado di garantire la mediazione necessaria per orientare tutti i membri dell'équipe multidisciplinare verso la scelta migliore per la cura del paziente. Nell'immaginario collettivo la figura dell'anestesista è sempre stata avvolta da un velo di mistero e di fascino[14,15]. Dopo aver indotto il sonno per mezzo di farmaci anestetici o dopo aver anestetizzato temporaneamente una parte del corpo rendendola insensibile all'atto chirurgico, l'anestesista diventa il custode attento delle funzioni vitali del paziente. A lui è affidato il compito oneroso di mantenere l'"omeostasi sistemica" nel peri-operatorio, quel delicato equilibrio che mantiene stabile la funzione di organi ed apparati prima, durante e dopo una procedura chirurgica.

Pur tuttavia nonostante l'importanza imprescindibile del suo ruolo, secondo la ricerca promossa da Fausto D'Agostino, dirigente medico anestesista rianimatore dell'Università Campus Bio-Medico di Roma e successivamente pubblicata sul "*Journal of Anesthesia & Clinical Research*", da quasi la metà dei pazienti (45,6%) in attesa di un intervento chirurgico l'anestesista è considerato un tecnico, un diplomato[15]. Il 22% sa che è un laureato in Medicina e chirurgia, ma solo l'11,5% è a conoscenza del fatto che lavora anche in terapia intensiva e nell'emergenza. La survey è stata sottoposta a 1400 pazienti durante la visita pre-anestesiologica tra il 10/01/2021 ed il 31/05/2021 ed era composta da tredici quesiti a risposta chiusa di cui tre su informazioni demografiche (età, sesso, formazione scolastica) e dieci correlate all'anestesia[15]. Quest'ultima sezione del questionario si proponeva di valutare la conoscenza della figura professionale dell'anestesista ed il suo ruolo fondamentale prima, durante e dopo l'intervento. In particolare alcune domande vertevano sulle differenti modalità di esecuzione dell'anestesia e sul ruolo dell'anestesista nella gestione di pazienti in ambiente intensivo, nel trattamento del dolore acuto e cronico[15].

Questa indagine è stata condotta durante la pandemia da Covid-19 e l'analisi dei risultati ha evidenziato che:

1) l'anestesia rappresenta un argomento di interesse per i pazienti;

2) l'esperienza indiretta è la fonte di informazioni più comune sull'anestesia;

3) i pazienti temono sia l'anestesia generale per il rischio di awareness (risveglio) e morte intraoperatoria sia quella neuroassiale (spinale ed epidurale) per il rischio di dolore durante la procedura chirurgica.

È un aspetto significativo che il paziente relativamente all'anestesia si fidi maggiormente di un'esperienza indiretta, riferita da un amico o da un familiare piuttosto che dell'esperienza e delle spiegazioni di un operatore sanitario specializzato[16,17].

I risultati di un lavoro di ricerca di Hocking[17] del 2013 riguardano la percezione della qualità dell'anestesia dal punto di vista del paziente; il monitoraggio e la misurazione della qualità sono stati ottenuti attraverso lo sviluppo e la somministrazione di un questionario convalidato per misurare la percezione della qualità della prestazione. Questo progetto di ricerca ha coinvolto oltre 7000 pazienti del sistema sanitario australiano[17], ed ha esaminato i seguenti punti: capacità tecniche, garbo dell'anestesista, empatia, disponibilità, completezza delle informazioni fornite, capacità di comunicazione, gestione del dolore peri-operatorio, insorgenza di nausea e vomito post-operatorio.

Dall'analisi statistica dei risultati di questa ricerca si evince quanto la soddisfazione del paziente dipenda dalla qualità delle cure anestesiologiche, inoltre il feedback delle percezioni dei pazienti ha migliorato la qualità della prestazione anestesiologica.

Altri autori hanno dedicato le loro ricerche a questa tematica. In particolare *Shevde e Panagopoulos*[18] hanno riscontrato che la preoccupazione più rilevante tra i pazienti arruolati era quella relativa alla qualifica e all'esperienza dell'anestesista. *Fung e colleghi*[19] hanno dimostrato che i problemi di comunicazione rappresentano la massima priorità durante tutte le fasi di cura.

Altri hanno chiesto ai pazienti di classificare le complicanze peri-operatorie: gli eventi più indesiderati includevano il dolore ed i risvegli "con un tubo in gola".

Lee e colleghi[20] hanno chiesto, ai pazienti candidati a chirurgia, di valutare diversi scenari ipotetici ed hanno utilizzato l'analisi congiunta per dimostrare come PONV e dolore siano le complicanze più importanti da evitare.

Tutto ciò evidenzia ed impone la necessità di migliorare le strategie di comunicazione tra anestesista e paziente, ma anche tra medico e familiari. Inoltre questi dati confermano quanto

sia importante fornire informazioni il più possibile dettagliate ed esaustive nel periodo pre-operatorio[16,17]. La visita anestesiologica rappresenta un colloquio fondamentale tanto per il paziente quanto per l'anestesista, che in questa sede è chiamato a valutare ed ottimizzare le condizioni cliniche in vista dell'intervento chirurgico programmato. Proprio il giudizio rappresenta la sintesi di una serie di valutazioni cliniche, laboratoristiche e strumentali che forniscono al professionista informazioni sullo stato di salute globale del paziente e che gli consentono di classificarlo all'interno della "*Scala ASA* (*American Society of Anesthesiologist*)". Quest'ultima è uno strumento utilizzato a livello internazionale per valutare l'idoneità di un paziente ad essere sottoposto ad intervento chirurgico[7,8]. Servono pertanto maggiori sforzi per migliorare la comunicazione ed incrementare l'interesse verso l'anestesia, prestando in particolar modo attenzione all'informazione di pazienti fragili come gli anziani o di soggetti con difficoltà linguistiche o ancora con bassi livelli di istruzione.

6. L'Anestesista-Rianimatore e la pandemia da Covid-19.

L'era pandemica merita indubbiamente una menzione particolare per l'impatto che ha avuto sulla società e sul sistema sanitario. Gli Anestesisti-Rianimatori hanno svolto un ruolo guida nella cura dell'infezione da SARS-CoV-2, hanno affrontato la pandemia in prima linea esponendosi ad un rischio aumentato di contagio. Il dilagare dell'infezione ha messo sotto pressione estrema l'organizzazione sanitaria ed al contempo ha rappresentato un'opportunità per aumentare la visibilità professionale degli anestesisti[21].

L'informazione mediatica ha messo traumaticamente a conoscenza il mondo intero del ruolo centrale degli anestesisti all'interno delle organizzazioni sanitarie non solo nell'ambito delle chirurgie, ma soprattutto nella medicina emergenziale ed intensivistica. Lo spirito di sacrificio e di abnegazione durante tutto il lungo periodo pandemico, dimostrato dagli anestesisti rianimatori e da tutto il personale sanitario ha confermato la dedizione a questa professione e la sua componente vocazionale[21]. Il periodo di crisi sanitaria ha offerto l'occasione per sottolineare quanto poco fosse stato fatto negli ultimi anni per facilitare e rendere pubblico il lavoro quotidiano di questa categoria professionale. Anche prima della pandemia, la mancanza di un numero di anestesisti adeguato a garantire in modo efficiente il

lavoro dei numerosi servizi, in cui questa figura è coinvolta all'interno dei presidi ospedalieri, determinava una situazione di criticità per troppo tempo ignorata[21].

La rapida e imprevista diffusione dell'infezione ha amplificato le criticità di un sistema già in difficoltà[21]. L'onda pandemica ha travolto e stravolto i ritmi ordinari. Il numero crescente di pazienti infetti e meritevoli di ospedalizzazione superava spesso la disponibilità di posti letto. Gli ospedali sono stati costretti a raddoppiare e persino triplicare il numero di posti di terapia intensiva, incrementando il numero di anestesisti in modo da garantire un'adeguata assistenza. Al contempo però le sale operatorie risultavano sguarnite di quegli stessi anestesisti che venivano arruolati in rianimazione; tutto ciò ha determinato la progressiva riduzione e l'interruzione dell'attività chirurgica elettiva con effetti devastanti sulle liste di attesa per procedure chirurgiche e ospedalizzazioni ordinarie[21].

La maggior parte dei pazienti meritevoli di ricovero in Terapia Intensiva necessitava di cure intensive e di tecniche invasive per il supporto delle funzioni vitali: ventilazione meccanica, complessi sistemi di monitoraggio multi-parametrici continui, supporti emodinamici farmacologici e meccanici. Purtroppo spesso la disponibilità delle risorse era inferiore alla richiesta, pertanto in alcuni casi i medici rianimatori si sono trovati di fronte ad un dilemma etico: dover scegliere chi ammettere in terapia intensiva in quanto luogo a più alta intensità di cura [22]. L'elaborato ha stabilito che i criteri di accesso alle cure intensive si ispirassero non solo all'appropriatezza clinica e alla proporzionalità delle cure, ma anche alla giustizia distributiva e di appropriata allocazione di risorse sanitarie limitate. L'allocazione in un contesto di grave carenza (*shortage*) delle risorse sanitarie ha puntato a garantire i trattamenti intensivi ai pazienti con maggiori possibilità di successo terapeutico privilegiando la "maggior speranza di vita"[22].

Centinaia di anestesisti rianimatori e di altri professionisti della sanità hanno perso la vita in tutto il mondo durante la pandemia da COVID-19. In uno studio che valutava la *"excess mortality"* cioè la mortalità in eccesso rispetto a quella prevedibile in un determinato periodo, analizzando i dati della American Medical Association (AMA) da marzo 2020 a dicembre 2021, si sono verificate negli Stati Uniti 4511 morti (622 morti in eccesso rispetto al numero atteso) con una media mensile studiata di 785 631 medici. Tale numero è tuttavia inferiore rispetto a quello avvenuto nella popolazione generale, grazie all'impiego dei dispositivi di protezione

individuale, alla richiesta dei vaccini, ai protocolli di prevenzione delle infezioni e alle misure di prevenzione del rischio messe in atto a livello ospedaliero[23].

7. Conclusione

Sembrano quasi profetiche le parole di un articolo di Massimo Gramellini di qualche anno fa (*La Repubblica 10/08/2018*). Ancora prima che la pandemia si abbattesse con violenza sulla società, svelando brutalmente al mondo quanto fosse difficile e indispensabile il lavoro dell'anestesista rianimatore, l'autore dipingeva con poche righe un ritratto fedele della vita di un medico Anestesista Rianimatore: "*Un mestiere duro, faticoso, rischioso, spesso solitario se al di fuori di un unico complesso operatorio, frustrante, carico di grandi responsabilità e spesso privo di riconoscimenti. Sopravvivenza inferiore alla media, maggiore prevalenza di tossicodipendenza. L'anestesista viene considerato dall'opinione pubblica una specie di apprendista stregone alle dipendenze del chirurgo, anche grazie all'aiuto di telefilm che negli anni lo hanno rappresentato come una comparsa insignificante*"[24].

"*Eppure l'anestesista è l'imbuto finale dove scorrono le innumerevoli incombenze non risolte nei reparti. Quello che viene chiamato dalle infermiere «perché i medici del reparto non riescono». Il ruolo si è ancor più trasformato negli anni, portandolo nei reparti per studiare meglio gli ammalati da operare, per valutare e indirizzare le terapie e per riconsiderare la situazione nel post- operatorio, e naturalmente per un'assistenza intensiva post-operatoria.*

Vedo l'impegno di decine di specializzandi che frequentano le sale operatorie. È un mestiere pink: sono quasi tutte donne piene di entusiasmo, forse non sanno che dovranno difendere con le unghie e con i denti il loro ruolo ovunque si trovino, nel piccolo ospedale di periferia come nei grossi centri di riferimento. Ma non è così in tutto il mondo. Anzi, nelle sale operatorie di Chicago, di Houston o di Berlino il gestore della sala operatoria, cioè chi organizza l'attività chirurgica, è l'anestesista, constatazione così ovvia che è difficile da commentare. A proposito, il regista del salvataggio dei ragazzi intrappolati in una grotta in Thailandia, il primo sub che si è avventurato e ha organizzato i successivi passaggi, è un australiano che si chiama Richard Harris. Non ci crederete, è un anestesista"[24].

8. Bibliografia

1. Haridas RP. Origin of the word 'anesthesiology': Mathias J. Seifert, MD. Anaesth Intensive Care. 2018 Mar;46(7):14-17. doi: 10.1177/0310057X180460S103. PMID: 29954292.

2. Rushman GB, Davies NJH, Atkinson RS. *A Short History of Anaesthesia: The First 150 Years*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1996 [ISBN 0 7506 3066 3]

3. Sykes MK, Bunker J. *Anaesthesia and the Practice of Medicine: Historical Perspectives*. London: Royal Society of Medicine Press Limited, 2007 [ISBN 978-1-85315-674-8]

4. Harrison MJ. British Academic Anaesthetists 1950-2000.Wellington: Harrison, 2011 [Volume 1, ISBN 978-0-47320-049-7] & 2015 [Volume 2, ISBN 978-0-473-32137-6].

5. Horvath B, Kloesel B, Todd MM, Cole DJ, Prielipp RC. The Evolution, Current Value, and Future of the American Society of Anesthesiologists Physical Status Classification System. Anesthesiology. 2021 Nov 1;135(5):904-919. doi: 10.1097/ALN.0000000000003947. PMID: 34491303.

6. Dripps RD, Lamont A, Eckenhoff JE. The role of anesthesia in surgical mortality. JAMA. 1961;178:261–266. doi: 10.1001/jama.1961.03040420001001.

7. American Society of Anesthesiologists New classification of physical status. Anesthesiology. 1963;24:111.

8. American Society of Anesthesiologists. ASA Physical Status Classification System. https://www.asahq.org/standards-and-guidelines/asa-physical-status-class… Original approval: October 15, 2014. (Accessed: 20 June 2023).

9. Koo CY, Hyder JA, Wanderer JP, Eikermann M, Ramachandran SK. A Meta-Analysis of the Predictive Accuracy of Postoperative Mortality Using the American Society of Anesthesiologists' Physical Status Classification System. *World J Surg*. 2015;39:88–103. doi: 10.1007/s00268-014-2783-9.

10. Maheshwari K, Cywinski JB, Papay F, Khanna AK, Mathur P. Artificial Intelligence for Perioperative Medicine: Perioperative Intelligence. Anesth Analg. 2023 Apr 1;136(4):637-645. doi: 10.1213/ANE.0000000000005952. Epub 2023 Mar 16. PMID: 35203086.

11. Gottumukkala V, Vetter TR, Gan TJ. Perioperative Medicine: What the Future Can Hold for Anesthesiology. Anesth Analg. 2023 Apr 1;136(4):628-635. doi: 10.1213/ANE.0000000000006412. Epub 2023 Mar 16. PMID: 36928147

12. Institute of Medicine (US) Committee on Quality of Health Care in America. To Err is Human: Building a Safer Health System. Kohn LT, Corrigan JM, Donaldson MS, editors. Washington (DC): National Academies Press (US); 2000. PMID: 25077248.

13. Braun AR, Leslie K, Morgan C, Bugler S. Patients' knowledge of the qualifications and roles of anaesthetists. Anaesth Intensive Care. 2007 Aug;35(4):570-4. doi: 10.1177/0310057X0703500417. PMID: 18020077.

14. Swinhoe CF, Groves ER. Patients' knowledge of anaesthetic practice and the rôle of anaesthetists. Anaesthesia. 1994 Feb;49(2):165-6. doi: 10.1111/j.1365-2044.1994.tb03380.x. PMID: 8093141.

15. D'Agostino F, Fusco P, Sammartini D, et al. Patients' knowledge of anesthetic practice and the role of anesthetists during COVID-19 pandemic.. Research Square; 2022. DOI: 10.21203/rs.3.rs-1997603/v1.

16. Saal D, Heidegger T, Nuebling M, Germann R. Does a postoperative visit increase patient satisfaction with anaesthesia care? Br J Anaesth. 2011 Nov;107(5):703-9. doi: 10.1093/bja/aer261. Epub 2011 Aug 19. PMID: 21857013.

17. Hocking G, Weightman WM, Smith C, Gibbs NM, Sherrard K. Measuring the quality of anaesthesia from a patient's perspective: development, validation, and implementation of a short questionnaire. Br J Anaesth. 2013 Dec;111(6):979-89. doi: 10.1093/bja/aet284. Epub 2013 Aug 28. PMID: 23985532.

18. Shevde K, Panagopoulos G. A survey of 800 patients' knowledge, attitudes, and concerns regarding anesthesia. Anesth Analg. 1991 Aug;73(2):190-8. doi: 10.1213/00000539-199108000-00013. PMID: 1854034.

19. Fung D, Cohen M. What do outpatients value most in their anesthesia care? Can J Anaesth. 2001 Jan;48(1):12-9. doi: 10.1007/BF03019808. PMID: 11212043.

20. Lee JJ, Lee NH, Park CM, Hong SJ, Kong MH, Lee KH, Yon JH, Song SO. Public awareness about the specialty of anesthesiology and the role of anesthesiologists: a national survey. Korean J Anesthesiol. 2014 Jan;66(1):12-7. doi: 10.4097/kjae.2014.66.1.12. Epub 2014 Jan 28. PMID: 24567807; PMCID: PMC3926994.

21. Bosa I, Castelli A, Castelli M, Ciani O, Compagni A, Galizzi MM, Garofano M, Ghislandi S, Giannoni M, Marini G, Vainieri M. Response to COVID-19: was Italy

(un)prepared? Health Econ Policy Law. 2022 Jan;17(1):1-13. doi: 10.1017/S1744133121000141. Epub 2021 Mar 5. PMID: 33663622; PMCID: PMC7985656.

22. "Decisioni per le cure intensive in caso di sproporzione tra necessità assistenziali e risorse disponibili in corso di pandemia di COVID-19". https://www.iss.it. Accessed: 20 June 2023.

23. Kiang MV, Carlasare LE, Israni ST, Norcini JJ, Zaman JAB, Bibbins-Domingo K: Excess Mortality Among US Physicians During the COVID-19 Pandemic. JAMA Intern Med. 2023;183(4):374-376. doi:10.1001/jamainternmed.2022.6308)

24. Gramellini M. La Repubblica. Pubblicato il 10/08/2018. https://ricerca.repubblica.it/repubblica/archivio/repubblica/2018/08/10/lanestesista-mister-wolf-degli-ospedaliPalermo14.html (Accessed 20 June 2023)

Riccardo Laudicella - Sergio Baldari

Teragnostica in Medicina Nucleare: verso la medicina di precisione

1. Premesse. – 2. Introduzione. – 3. Applicazioni di teragnostica. – 4. La teragnostica nei tumori neuroendocrini (NET). – 5. La teragnostica nel carcinoma prostatico. – 6. Conclusioni. – 7. Bibliografia.

1. Premesse

Il termine "teragnostica", utilizzato per la prima volta dall'urologo statunitense John Funkhouser nel 2002, è un neologismo sincratico che unisce le due parole terapia e diagnostica. L'approccio teragnostico prevede il ricorso ad un medesimo agente che viene prima utilizzato come indicatore diagnostico di uno specifico dato biologico che caratterizza una determinata malattia e successivamente anche come misura terapeutica. Questa innovativa possibilità ha naturalmente suscitato grande interesse nella comunità scientifica ed è stata applicata allo studio e al trattamento di alcuni tumori. Si può intuire il grande vantaggio di identificare gli elementi caratteristici della malattia - il tumore – come bersaglio per il trattamento. Infatti, l'espressione dei marcatori biomolecolari nel sito della lesione spesso differisce in soggetti diversi affetti dalla "stessa" patologia. La teragnostica, sotto forma di utilizzo di molecole radiomarcate definite radiofarmaci, ha oggi importanti applicazioni cliniche in Medicina Nucleare. Nei pazienti con alcune patologie tumorali (ad esempio, carcinoma differenziato della tiroide, carcinoma della prostata, tumori neuroendocrini) questi radiofarmaci consentono di confermare, in fase diagnostica la presenza di un tratto biologico caratteristico della malattia nel paziente in esame. In questa fase, iniettando molecole radioattive che si legano in modo specifico a substrati biologici espressi dalle cellule tumorali ed emettono segnali (radiazioni) rilevati esternamente con tecniche diagnostiche come la tomografia a emissione di positroni (PET), si ottengono immagini tomografiche non invasive dell'intero corpo del paziente. Queste immagini, oltre ad avere un sicuro valore diagnostico, hanno valore predittivo poiché rendono possibile l'impiego della stessa molecola con fini terapeutici.

I radiofarmaci vengono quindi definiti "teragnostici" se permettono di:

- determinare la sede e lo stato di una malattia come surrogato per potenziali agenti terapeutici con proprietà chimiche simili;

- calcolare la "dose" da somministrare per ottenere un effetto terapeutico, utilizzando un modello predittivo basato sulla stima della biodistribuzione;

- monitorare la risposta al trattamento valutando le variazioni dell'intensità e/o dell'estensione della captazione del radiofarmaco nel bersaglio (di solito diminuisce nei pazienti che rispondono al trattamento e, al contrario, aumenta nei pazienti che non rispondono al trattamento).

Questo metodo è ampiamente utilizzato nella pratica clinica da decenni, nel trattamento del tumore differenziato della tiroide, poiché le proprietà fisiche dello iodio radioattivo (Iodio-131) consentono di "vedere ciò che viene trattato allo stesso tempo". Un ulteriore campo di applicazione è rappresentato dai tumori neuroendocrini, neoplasie non particolarmente rare e asintomatiche del tratto gastrointestinale che spesso coinvolgono il fegato, sito preferito di metastasi. In queste neoplasie, la natura e l'estensione della malattia vengono valutate attraverso la rilevazione dei recettori della somatostatina sulla superficie delle cellule tumorali in seguito a un sospetto diagnostico emerso in indagini radiologiche come la TC o la RM. In questi casi risulta molto utile, poiché facilmente ripetibile e capace di esplorare tutto il corpo, la diagnostica per immagini offerta dalla PET che prevede l'impiego di un analogo della somatostatina radiomarcato, il [^{68}Ga]Ga-DOTA-peptide che, somministrato per via endovenosa, in breve tempo, si lega ai recettori espressi dalle cellule tumorali, dimostrando attraverso immagini in-vivo questa importante caratteristica che verrà sfruttata anche a fini terapeutici. Gli analoghi della somatostatina rappresentano, infatti, un'arma capace di arrestare la progressione della malattia almeno nelle fasi iniziali della stessa. Evidenziando e "quantificando", attraverso la PET con [^{68}Ga]Ga-DOTA-peptidi, l'espressione recettoriale, si dà indicazione al trattamento con analoghi della somatostatina che hanno nei recettori il sito di legame per tentare di bloccare lo sviluppo e la diffusione del tumore. L'approccio più attuale alla diagnosi di medicina nucleare consiste nell'utilizzare lo stesso peptide applicato nella fase di diagnosi PET (DOTA-peptide), per radiomarcarlo con un altro elemento radioattivo, il Lutezio-177, la cui energia radiante può rallentare o bloccare la crescita del tumore, al fine di indurre la regressione della malattia. Questa terapia, definita terapia con radioligandi (RLT),

ha dimostrato estensivamente la propria efficacia ed elevata tollerabilità permettendo di migliorare la qualità della vita dei pazienti, obiettivo finale delle più moderne terapie oncologiche. La teragnostica di Medicina Nucleare trova un ulteriore e importante campo di applicazione nella patologia neoplastica più diffusa dell'uomo, purtroppo gravata da elevata mortalità, ossia il carcinoma prostatico in fase avanzata. L'uso di appropriati "radiofarmaci" teragnostici del PSMA (antigene di membrana specifico della prostata) espresso sulle cellule tumorali, consente infatti di caratterizzare la malattia con una scansione PET nella fase diagnostica (es. [^{68}Ga]Ga-PSMA o [^{18}F]PSMA) e di concentrarsi sulla lesione tumorale nella fase terapeutica tramite il Lutezio-177. Anche in questo caso, uno stesso agente, legato a radionuclidi con caratteristiche fisiche diverse, espleta sia azione diagnostica che terapeutica - teragnostica - e realizza il paradigma della medicina personalizzata e di precisione che consentirà, ad un numero sempre crescente di pazienti di beneficiare di una terapia efficace e che ne migliori la qualità della vita.

2. Introduzione

La Medicina Nucleare rappresenta una specializzazione medica che fa uso di sostanze radioattive sia a fini diagnostici che terapeutici [1]. Le procedure diagnostiche variano in base ai radiofarmaci impiegati, che vengono selezionati in base all'organo o alla patologia da esaminare. Allo stesso modo, i trattamenti terapeutici medico-nucleari prevedono la somministrazione ai pazienti di radiofarmaci, i quali si legano ai tessuti patologici ed emettono radiazioni capaci di agire in modo selettivo sulle cellule malate, preservando i tessuti sani circostanti. Questa forma di terapia, che sfrutta gli effetti delle radiazioni ionizzanti sui tessuti biologici, si basa sulla presenza di una sorgente radioattiva all'interno del paziente e si differenzia dalla radioterapia a fasci esterni, che invece irradia l'area affetta dalla patologia dall'esterno, spesso utilizzando un acceleratore lineare.

I radiofarmaci solitamente sono composti da due componenti: una molecola veicolante, chiamata *carrier*, con funzioni biologiche di trasporto, e un *radionuclide* (o radioisotopo), che è l'elemento radioattivo. Entrambi gli elementi sono indispensabili l'uno per l'altro: nei casi di applicazione diagnostica, il carrier trasporta il radionuclide all'apparato, all'organo o al tessuto patologico da studiare, mentre il radionuclide, grazie all'utilizzo di apparecchiature

per l'imaging, consente di tracciare la biodistribuzione del radiofarmaco nell'organismo. Nel campo dell'oncologia, i radiofarmaci diagnostici sono in grado di individuare con precisione le neoplasie e valutarne il comportamento biologico, fornendo le basi per lo sviluppo di terapie personalizzate. Inoltre, la capacità dei radiofarmaci di legarsi in modo specifico alle cellule tumorali può essere sfruttata anche a fini terapeutici: sostituendo il radionuclide diagnostico con uno che emette radiazioni in grado di distruggere le cellule nelle aree affette dalla malattia, è possibile infatti massimizzare l'accumulo di energia nei tessuti bersaglio, minimizzando al contempo quello nei tessuti sani [1].

La diagnostica e la terapia si uniscono nell'innovazione della *teragnostica* in medicina nucleare, in cui la stessa molecola viene somministrata ad attività differenti al paziente per eseguire sia esami diagnostici che terapie, spesso per patologie oncologiche. Il principale vantaggio di questo approccio è l'utilizzo dell'imaging per selezionare con precisione i pazienti che possono beneficiare effettivamente di un determinato trattamento, creando così le basi per una medicina di precisione e personalizzata. Questo metodo permette di ottimizzare la gestione clinica delle patologie oncologiche fin dalla fase diagnostica, spesso effettuata con l'ausilio di apparecchiature PET/TC, migliorando la stadiazione della malattia, selezionando i pazienti responsivi e definendo le terapie successive e il follow-up. A tal proposito, molti pazienti traggono benefici significativi quando vengono identificate caratteristiche specifiche espresse dal tumore, che possono essere bersaglio di terapie mirate. Pertanto, la teragnostica può rappresentare un supporto prezioso per una medicina moderna che fornisce il trattamento più appropriato per ogni paziente, tenendo conto delle caratteristiche individuali, dei dati anamnestici e delle condizioni generali, nonché delle caratteristiche biologiche specifiche di ciascuna neoplasia, integrando tali informazioni per una diagnosi e un trattamento più efficaci. L'obiettivo della medicina personalizzata in oncologia è fornire il giusto trattamento, nella modalità appropriata, al paziente giusto, nel momento giusto, con un impatto evidente anche dal punto di vista clinico.

Se la terapia con radioisotopi viene effettuata nel rispetto delle normative e seguendo protocolli corretti, viene considerata un trattamento efficace e generalmente ben tollerato dai pazienti, con una bassa incidenza di tossicità ed effetti collaterali, ampiamente conosciuti e in gran parte controllabili. La terapia medico-nucleare consente, pertanto, un approccio

selettivo al trattamento di varie patologie, in particolare oncologiche, che richiede una conoscenza approfondita sia della malattia da trattare che delle caratteristiche fisico-chimiche e farmacocinetiche dei radiofarmaci.

L'approccio teragnostico in medicina nucleare viene utilizzato fin dagli anni '40 del secolo scorso (anche prima dell'esistenza del termine "teragnostica" coniato nel 2002) attraverso applicazioni dell'isotopo radioattivo dello iodio (Iodio-131) che è stato e continua ad essere utilizzato per la diagnosi e il trattamento del carcinoma tiroideo differenziato [1]. Tuttavia, grazie alle innovazioni odierne, le cellule tumorali possono essere direttamente bersagliate con ulteriore precisione e selettività e in tal senso la terapia con radioligandi (RLT), rappresenta un avanzamento significativo nel concetto di teragnostica in medicina nucleare. La RLT costituisce infatti un approccio medico-nucleare avanzato per il trattamento delle malattie oncologiche, offrendo la possibilità di migliorare notevolmente le opzioni terapeutiche. I radioligandi agiscono in modo selettivo su determinati tipi di cellule, senza danneggiare le cellule sane. In questo caso, l'isotopo radioattivo utilizzato a fini diagnostici e/o terapeutici è associato a un "ligando", una molecola in grado di riconoscere e legarsi alle cellule tumorali, e diversi ligandi consentono il trattamento di diversi tipi di tumori [2-5] anche in sinergia con altre terapie all'interno di protocolli di ricerca [6]. Nonostante l'interazione con i processi biochimici dell'organismo, la quantità di molecole veicolate dal ligando introdotte nell'organismo è tale da non produrre effetti farmacologici significativi, e il radioisotopo, che costituisce il principio attivo, esplica i suoi effetti biologici radioindotti in gran parte nelle cellule bersaglio.

3. Applicazioni di teragnostica

Attualmente, l'applicazione clinica più interessante della RLT (Radioligand Therapy) riguarda il trattamento delle neoplasie neuroendocrine utilizzando analoghi della somatostatina marcati con radionuclidi. Questi tumori, quando ben differenziati, esprimono recettori per la somatostatina sulla superficie delle cellule tumorali, che mediano specifici processi di crescita cellulare. Gli analoghi della somatostatina possono essere marcati con Gallio-68, un radioisotopo che consente l'imaging PET per valutare la presenza di recettori della somatostatina sulla superficie delle cellule tumorali neuroendocrine [7-9]. In caso di

risultato positivo, i pazienti in fase avanzata possono essere candidati a una terapia con analoghi marcati con Lutezio-177. I risultati ottenuti finora sono molto promettenti: la RLT si è dimostrata efficace nel limitare la progressione della malattia e ha portato a un significativo incremento della sopravvivenza dei pazienti [10]. Questa applicazione evidenzia chiaramente il potenziale della teragnostica in ambito oncologico, consentendo una medicina personalizzata e altamente precisa, con un approccio integrato di diagnosi e cura e innovative applicazioni di intelligenza artificiale [11, 12].

La ricerca nel campo della RLT è molto attiva, sia per definire al meglio le applicazioni dei radiofarmaci già disponibili, sia per svilupparne di nuovi. Un esempio è rappresentato dalle opportunità terapeutiche offerte dal Lutezio-177 legato al PSMA (antigene di membrana specifico della prostata) per il trattamento dei tumori della prostata. Nei pazienti con carcinoma prostatico metastatico progressivo e resistente alla castrazione, i primi studi hanno mostrato che l'aggiunta di questa forma di RLT al trattamento standard migliora significativamente la sopravvivenza globale e la sopravvivenza libera da progressione [13]. Anche in questo caso, si tratta di teragnostica, in quanto i pazienti vengono selezionati in base a un'esame diagnostico PET positivo per PSMA.

4. La teragnostica nei tumori neuroendocrini (NET)

I tumori neuroendocrini (NET) sono particolarmente sensibili alle terapie con radioligandi (RLT) in quanto esprimono recettori per la somatostatina. La RLT sfrutta proprio questa caratteristica, utilizzando un radiofarmaco che si lega ai recettori della somatostatina e sviluppa un'azione citotossica all'interno delle cellule tumorali, portandole alla morte. Per oltre 30 anni, gli analoghi della somatostatina sono stati utilizzati per trattare i NET, bloccando i meccanismi intracellulari che promuovono la crescita tumorale. L'utilizzo degli analoghi della somatostatina radiomarcati, come principi attivi della RLT, offre un'azione più efficace rispetto agli analoghi non marcati, con la possibilità di ridurre le dimensioni delle lesioni tumorali in circa il 20-30% dei pazienti e di ottenere una stabilizzazione duratura della malattia in circa il 60% dei casi, traducendosi in un miglioramento della sopravvivenza libera da progressione di malattia. Attualmente, la RLT con Lutezio-177 è il trattamento più

promettente per i pazienti con NET gastro-entero-pancreatici ben differenziati di grado G1/G2 in fase avanzata e non operabili [10].

La RLT nei NET è una terapia moderna e innovativa, approvata in Europa nel 2017 e in Italia nel 2019. Tuttavia, l'esperienza clinica con la RLT nei NET ha radici più antiche, con diversi centri italiani (tra cui l'AOU Policlinico G.Martino di Messina) ed europei che hanno utilizzato la RLT in studi clinici fin dai primi anni 2000 [14], con evidenze di costo-efficacia rispetto ad altre terapie [15]. Questi studi hanno prodotto una vasta quantità di letteratura scientifica, culminando nello studio registrativo NETTER-1 [10] pubblicato nel 2017, che ha confermato definitivamente l'efficacia e la sicurezza della RLT con Lutezio-177. Lo studio NETTER-1 è un trial internazionale randomizzato di fase 3 che ha coinvolto pazienti affetti da NET dell'intestino in progressione di malattia e che esprimevano i recettori della somatostatina. Lo studio ha dimostrato che la RLT è in grado di prolungare significativamente la sopravvivenza libera da progressione di malattia, in alcuni casi di ridurre le dimensioni delle masse tumorali e stabilizzare la malattia in modo duraturo. I risultati di efficacia sono accompagnati da dati rassicuranti sulla sicurezza della RLT con un rischio di complicanze ematologiche maggiori a lungo termine che si attesta intorno all'1-1,5% dei casi. Pertanto, la RLT è considerata una terapia ben tollerata ed efficace, come confermano anche i dati sulla sopravvivenza a lungo termine dei pazienti coinvolti nello studio NETTER-1. Tuttavia, è importante ricordare che la RLT richiede l'infusione endovenosa del radiofarmaco secondo uno schema di somministrazione che prevede 4 cicli distanziati di 8 settimane ciascuno, per un totale di 8 mesi di trattamento. È inoltre consigliabile continuare il trattamento contemporaneo con analoghi non radiomarcati della somatostatina come terapia di mantenimento.

5. La teragnostica nel carcinoma prostatico

L'approccio teragnostico mira a rendere la RLT disponibile a un numero maggiore di pazienti, in particolare nel trattamento del tumore prostatico, che è una delle patologie più comuni negli uomini. Attualmente, l'offerta terapeutica per il tumore prostatico avanzato resistente alla castrazione (mCRPC) si basa principalmente su farmaci chemioterapici o ormonali di nuova generazione. Tuttavia, è ancora necessario sviluppare nuove terapie in

grado di migliorare la prognosi di questi pazienti [16]. Negli ultimi anni, sono stati condotti numerosi studi sul mCRPC, inclusi trattamenti sistemici combinati con inibitori di PD-L1 e PD-1, inibitori di PARP e inibitori della via di segnale PI3K/Akt/mTOR. Nonostante i risultati promettenti di alcune di queste nuove opzioni terapeutiche, c'è ancora la necessità di trattamenti efficaci e ben tollerati per i pazienti affetti da mCRPC, che spesso sono fragili a causa dell'età e dei numerosi trattamenti precedenti. In questo contesto, lo studio VISION sulla RLT con [^{177}Lu]Lu-PSMA-617 ha ottenuto risultati significativi [13]. Lo studio, di fase III prospettico, randomizzato e in aperto, ha coinvolto 831 pazienti con mCRPC. Rispetto al miglior standard di cura, i pazienti trattati con [^{177}Lu]Lu-PSMA-617 hanno mostrato una riduzione del 38% del rischio di morte e una riduzione del 60% del rischio di progressione della malattia. Sono stati ottenuti miglioramenti significativi in molti endpoint secondari, come il tempo al primo evento scheletrico sintomatico, il tasso di risposta globale e il controllo della malattia. Gli effetti collaterali della terapia sono stati generalmente di modesta rilevanza clinica, con una bassa incidenza di eventi avversi severi. I risultati dello studio VISION indicano che la terapia con [^{177}Lu]Lu-PSMA-617 potrebbe essere un'opzione terapeutica efficace e ben tollerata per i pazienti con mCRPC. Questi risultati potrebbero influenzare le scelte terapeutiche future, aprendo la strada all'utilizzo della RLT in fasi più precoci di malattia. Tale terapia già approvata da FDA e recentemente approvata da EMA è in corso di approvazione anche in Italia e prevede una somministrazione endovenosa del radiofarmaco ogni 6 settimane per un totale di 6 dosi.

6. Conclusioni

La teragnostica rappresenta un approccio innovativo alla patologia oncologica, orientato verso la medicina di precisione e le cure personalizzate. Attualmente, oltre all'impiego oramai consolidato dello Iodio-131 nel cancro differenziato della tiroide, l'esperienza clinica si basa principalmente sulla diagnosi e sul trattamento dei tumori neuroendocrini (NET), che sono solitamente in fase metastatica e localizzati nel tratto gastro-entero-pancreatico (GEP-NET). Un ulteriore campo di applicazione è rappresentato dall'impiego della PET con PSMA e della terapia con lo stesso ligando radiomarcato con Lutezio-177 che ha dimostrato buona efficacia nel trattamento del tumore prostatico in fase avanzata metastatica, suscitando grandi

aspettative per la imminente registrazione anche in Italia, dopo l'approvazione FDA ed EMA. Numerosi studi internazionali stanno valutando il potenziale della teragnostica di Medicina Nucleare in altri tipi di tumori solidi e malattie ematologiche, come il tumore della mammella, del pancreas, il melanoma, il carcinoma polmonare, il linfoma e il mieloma multiplo. È importante sottolineare che ai vantaggi offerti dall'approccio personalizzato, le terapie con radioligandi presentano un profilo di sicurezza elevato e una buona tollerabilità. Il radiofarmaco, come peraltro già apprezzabile nell'imaging diagnostico PET, si lega principalmente alle cellule bersaglio da distruggere, e le radiazioni agiscono solo su aree molto specifiche per un periodo limitato, dipendente dal tempo di decadimento del radioisotopo utilizzato. La scelta del radioisotopo permette di modulare gli effetti desiderati e di agire con precisione sulle cellule tumorali, preservando le aree circostanti e riducendo al minimo gli effetti collaterali. Sulla scorta di questi presupposti, la teragnostica con radioligandi presenta importanti prospettive di sviluppo in ambito oncologico.

7. Bibliografia

1. Baldari S, Minutoli F, Laudicella R. Nuclear Medicine: A Transdisciplinary Field to Integrate Formal, Physical, Biological, and Medical Sciences. In: Rezaei, N. (eds) Multidisciplinarity and Interdisciplinarity in Health. Integrated Science, vol 6. 2022 Springer, Cham.

2. Laudicella R, Albano D, Annunziata S, Calabrò D, Argiroffi G, Abenavoli E, Linguanti F, Albano D, Vento A, Bruno A, Alongi P, Bauckneht M. Theragnostic Use of Radiolabelled Dota-Peptides in Meningioma: From Clinical Demand to Future Applications. Cancers (Basel). 2019 Sep 22;11(10):1412.

3. Giuffrida G, Ferraù F, Laudicella R, Cotta OR, Messina E, Granata F, Angileri FF, Vento A, Alibrandi A, Baldari S, Cannavò S. Peptide receptor radionuclide therapy for aggressive pituitary tumors: a monocentric experience. Endocr Connect. 2019 May 1;8(5):528-535

4. Minutoli F, Cardile D, Laudicella R, Vento A, Pagano B, Baldari S. Peptide Receptor Radionuclide Therapy of Pulmonary Neuroendocrine Neoplasms: a Single-Centre Experience. Nucl Med Mol Imaging. 2021 Feb;55(1):38-45. doi: 10.1007/s13139-020-00679-y.

5. Balma M, Liberini V, Buschiazzo A, Racca M, Rizzo A, Nicolotti DG, Laudicella R, Quartuccio N, Longo M, Perlo G, Terreno E, Abgral R, William Huellner M, Papaleo A, Deandreis D. The Role of Theragnostics in Breast Cancer: A Systematic Review of the Last 12 Years. Curr Med Imaging. 2023;19(8):817-831.

6. Minutoli F, Laudicella R, Burger IA, Baldari S. Combined use of peptide receptor radionuclide therapy and metronomic chemotherapy in neuroendocrine tumors: a possible choice driven by nuclear medicine molecular imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2021 Sep;48(10):3041-3042

7. Bozkurt MF, Virgolini I, Balogova S, Beheshti M, Rubello D, Decristoforo C, Ambrosini V, Kjaer A, Delgado-Bolton R, Kunikowska J, Oyen WJG, Chiti A, Giammarile F, Sundin A, Fanti S. Guideline for PET/CT imaging of neuroendocrine neoplasms with 68Ga-DOTA-conjugated somatostatin receptor targeting peptides and 18F-DOPA. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2017 Aug;44(9):1588-1601.

8. Bauckneht M, Albano D, Annunziata S, Santo G, Guglielmo P, Frantellizzi V, Branca A, Ferrari C, Vento A, Mirabile A, Nappi AG, Evangelista L, Alongi P, Laudicella R. Somatostatin Receptor PET/CT Imaging for the Detection and Staging of Pancreatic NET: A Systematic Review and Meta-Analysis. Diagnostics (Basel). 2020 Aug 16;10(8):598. doi: 10.3390/diagnostics10080598.

9. Duan H, Baratto L, Laudicella R, Stracuzzi F, Baldari S, Iagaru A. Molecular imaging of pancreatic neoplasms. Clin Transl Imaging. 2021 9, 141–151

10. Strosberg J, El-Haddad G, Wolin E, Hendifar A, Yao J, Chasen B, Mittra E, Kunz PL, Kulke MH, Jacene H, Bushnell D, O'Dorisio TM, Baum RP, Kulkarni HR, Caplin M, Lebtahi R, Hobday T, Delpassand E, Van Cutsem E, Benson A, Srirajaskanthan R, Pavel M, Mora J, Berlin J, Grande E, Reed N, Seregni E, Öberg K, Lopera Sierra M, Santoro P, Thevenet T, Erion JL, Ruszniewski P, Kwekkeboom D, Krenning E; NETTER-1 Trial Investigators. Phase 3 Trial of 177Lu-Dotatate for Midgut Neuroendocrine Tumors. N Engl J Med. 2017 Jan 12;376(2):125-135.

11. Laudicella R, Comelli A, Liberini V, Vento A, Stefano A, Spataro A, Crocè L, Baldari S, Bambaci M, Deandreis D, Arico' D, Ippolito M, Gaeta M, Alongi P, Minutoli F, Burger IA,

Baldari S. [68Ga]DOTATOC PET/CT Radiomics to Predict the Response in GEP-NETs Undergoing [177Lu]DOTATOC PRRT: The "Theragnomics" Concept. Cancers (Basel). 2022 Feb 16;14(4):984

12. Liberini V, Laudicella R, Balma M, Nicolotti DG, Buschiazzo A, Grimaldi S, Lorenzon L, Bianchi A, Peano S, Bartolotta TV, Farsad M, Baldari S, Burger IA, Huellner MW, Papaleo A, Deandreis D. Radiomics and artificial intelligence in prostate cancer: new tools for molecular hybrid imaging and theragnostics. Eur Radiol Exp. 2022 Jun 15;6(1):27.

13. Sartor O, de Bono J, Chi KN, Fizazi K, Herrmann K, Rahbar K, Tagawa ST, Nordquist LT, Vaishampayan N, El-Haddad G, Park CH, Beer TM, Armour A, Pérez-Contreras WJ, DeSilvio M, Kpamegan E, Gericke G, Messmann RA, Morris MJ, Krause BJ; VISION Investigators. Lutetium-177-PSMA-617 for Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer. N Engl J Med. 2021 Sep 16;385(12):1091-1103.

14. Bodei L, Mueller-Brand J, Baum RP, Pavel ME, Hörsch D, O'Dorisio MS, O'Dorisio TM, Howe JR, Cremonesi M, Kwekkeboom DJ, Zaknun JJ. The joint IAEA, EANM, and SNMMI practical guidance on peptide receptor radionuclide therapy (PRRNT) in neuroendocrine tumours. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2013 May;40(5):800-16. doi: 10.1007/s00259-012-2330-6.

15. Spada F, Campana D, Lamberti G, Laudicella R, Dellamano R, Dellamano L, Leeuwenkamp O, Baldari S. [177Lu]Lu-DOTA-TATE versus standard of care in adult patients with gastro-enteropancreatic neuroendocrine tumours (GEP-NETs): a cost-consequence analysis from an Italian hospital perspective. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2022 May;49(6):2037-2048.

16. Laudicella R, Spataro A, Crocè L, Giacoppo G, Romano D, Davì V, Lopes M, Librando M, Nicocia A, Rappazzo A, Celesti G, Torre F, Pagano B, Garraffa G, Bauckneht M, Burger IA, Minutoli F, Baldari S. Preliminary Findings of the Role of FAPi in Prostate Cancer Theranostics. Diagnostics (Basel). 2023 Mar 19;13(6):1175

Francesco Tomaiuolo - Carmelo Vicario - Cristina Foti - Giada Garufi -
Antonino Germanò - Salvatore Massimiliano Cardali

Circonvoluzioni e solchi cerebrali come punti di repere strategici per la localizzazione e rimozione dei tumori cerebrali sottocorticali

1. Premessa. – 2. Caratteristiche del cervello. – 3. Solchi, circonvoluzioni cerebrali e differenze individuali. – 4. Localizzazione e rimozione dei tumori sottocorticali. – 5. La nuova proposta. – 6. Come stiamo procedendo. – 7. Ringraziamenti. – 8. Bibliografia.

1. Premessa

Conoscere alcune semplici qualità e quantità relative al nostro cervello è indispensabile per spiegare il nostro lavoro, anche se questo rimane comunque in ambito assai specialistico. Abbiamo cercato di semplificare l'esposizione del tema per rendere la lettura meno noiosa e al contempo più possibile vicina alla realtà cercando contemporaneamente di evitare di banalizzare il tema.

2. Caratteristiche del cervello

Sarà capitato a molti di noi durante gli acquisti al supermercato di vedere un cervello di animale in un vassoio di polistirolo avvolto da cellophane e può sorgere la tentazione di toccarlo o schiacciarlo per provarne la sua consistenza. Il cervello ha una consistenza simile a quella di un budino e, una volta scalfita la sua parte esterna più superficiale, si nota come perde la sua forma originale rimanendo comunque denso e morbido.

La superficie del cervello, detta mantello o corteccia corticale, è composta da una sostanza grigia (i corpi cellulari dei neuroni) che costituisce le circonvoluzioni e i solchi del cervello. Sotto la sostanza grigia si trova la sostanza bianca, ovvero le fibre di collegamento tra le diverse parti della corteccia cerebrale e/o tra la corteccia cerebrale e le altre parti del sistema nervoso come, ad esempio, il midollo spinale (Tomaiuolo & Petrides 2010).

3. Solchi, circonvoluzioni cerebrali e differenze individuali

Affinche' la corteccia cerebrale, che occupa un'area di un quarto di metro quadrato lineare (un quadrato di 50x50 cm), possa essere contenuta nella nostra scatola cranica che ha una capacita' di poco più di un litro, la natura ha accartocciato questa superficie con la conseguente produzione di pieghe e fessure intricate in modo che fosse possibile accogliere un'area di 2500 cm^2 in una scatola di circa 10x10x10 cm. Le pieghe sono chiamate circonvoluzioni, mentre le fessure sono rappresentate dai solchi che separano le circonvoluzioni stesse.

I solchi cerebrali sono uguali per tutti gli uomini, tuttavia, ogni cervello è diverso dall'altro, così come accade per le impronte digitali. La diversità sta nella forma delle circonvoluzioni e dei solchi che in ognuno di noi possono risultare più o meno lunghi, più o meno curvi, più o meno profondi. Le variazioni tra individui nella forma del cervello sono il risultato di una maggiore o minore quantità di corteccia presente nelle diverse aree cerebrali. Indubbiamente, oltre alla struttura cerebrale per sé, anche le esperienze di vita che modificano il nostro cervello fanno di noi persone uniche. Come esseri umani, anche se diversi gli uni dagli altri, abbiamo due mani, due gambe, due occhi, un naso, una bocca; tutte queste parti del corpo si trovano in tutti gli esseri umani collocati nella stessa posizione e con gli stessi rapporti di vicinanza tra loro: ad esempio, la bocca si trova sotto al naso e sopra al mento ecc. Allo stesso modo le circonvoluzioni ed i solchi cerebrali hanno gli stessi rapporti di vicinanza, sebbene questi differiscano per forma da persona a persona.

E' di particolare importanza sottolineare che la corteccia cerebrale che si trova a ridosso di un particolare solco o circonvoluzione cerebrale ha una funzione specifica e tale luogo/posizione è comune a tutti noi

L'esempio pratico per eccellenza è rappresentato dalla corteccia motoria, l'area responsabile del controllo e dell'esecuzione dei movimenti volontari questa si trova invariabilmente a ridosso della circonvoluzione precentrale e nel solco centrale. Se questa specifica parte della corteccia cerebrale viene stimolata elettricamente il paziente produce specifici movimenti del corpo, mentre se la stessa viene danneggiata, non sarà più possibile eseguire quegli stessi movimenti. Aggiungiamo che, se viene stimolata la circonvoluzione frontale inferiore dell'emisfero sinistro oppure in qualche modo questa corteccia viene

danneggiata, ci saranno alterazioni della produzione e comprensione del linguaggio. Negli ultimi anni sono sempre più numerosi gli studi che cercano rigorose relazioni tra funzioni cognitive specifiche e luoghi/posizioni specifiche nel cervello umano (ad esempio Zlatkina et al, 2016). Come vedremo, queste conoscenze anatomo-funzionali aggiuntive possono offrire informazioni utili per assistere il neurochirurgo nel processo decisionale relativo alla resezione di un tessuto che è necessario rimuovere.

4. Localizzazione e rimozione dei tumori sottocorticali

L'obiettivo principale della chirurgia dei tumori cerebrali è quello di rimuovere il tumore nel modo più completo possibile, riducendo al contempo il danneggiamento delle aree cerebrali circostanti, importanti per le funzioni cognitive e motorie. In un intervento neurochirurgico per l'asportazione di un tumore cerebrale sottocorticale è necessario incidere e scavare la superficie per arrivare al tessuto patologico da rimuovere che può trovarsi in profondità. Purtroppo, i tumori sottocorticali e, più nello specifico, i tumori della sostanza bianca (gliomi) raramente sono visibili dalla superficie del cervello (figura 1). Come facciamo a sapere dove si trova un tumore cerebrale sottocorticale se, anche aprendo la scatola cranica e incidendo la dura madre, tutto rimane nascosto sotto al mantello corticale?

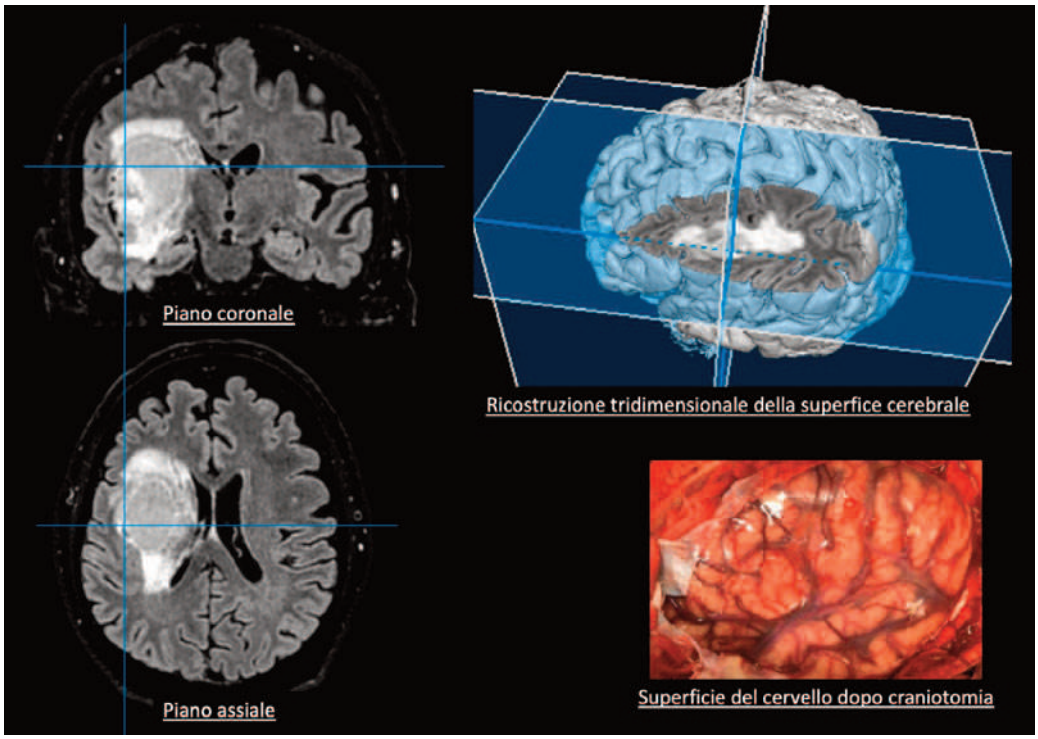


Figura 1. A sinistra del pannello sono presentate immagini cerebrali ottenute con la Risonanza Magnetica Nucleare (RMN). E' possibile notare che i bordi del cervello (la superficie) non mostrano alcuna particolare alterazione. Al contrario al di sotto della superficie è evidente la presenza di un corpo estraneo (il tumore) rappresentato da parte dalla porzione biancastra all'interno dell'emisfero cerebrale sinistro. Nella parte destra del pannello è presente la ricostruzione tridimensionale della superficie del cervello, il tumore è nascosto al di sotto della superficie. Le linee azzurre si incrociano nello stesso punto del cervello sia in visione coronale sia in visione assiale che in ricostruzione tridimensionale della superficie. In basso a destra la superficie del cervello di un paziente sottoposto all'ablazione di un glioma (tumore della sostanza bianca sottocorticale). Si può notare che sia dalla superficie reale del cervello del paziente sia dalla sua ricostruzione ottenuta dalle immagini di RMN non è possibile rilevare alcuna alterazione che possa fornire indicazioni su dove si trova il tumore.

Fortunatamente da quasi cinquanta anni esistono degli strumenti e delle tecniche che ci permettono di vedere il cervello *in vivo* in modo non invasivo, ad esempio la Tomografia Assiale Computerizzata (TAC), che utilizza i raggi X, e la Risonanza Magnetica Nucleare (RMN), che utilizza un forte campo magnetico ed impulsi di radiofrequenza. Grazie a questi strumenti è possibile vedere come è fatto il cervello, quale anomalia ci sia e dove si trova (Figura 1).

In sala operatoria, dopo aver accuratamente posizionato la testa del paziente sul tavolo operatorio, il neurochirurgo utilizza uno strumento particolare, il "navigatore", che consente di sovrapporre le immagini cerebrali di RMN acquisite prima dell'intervento al cuoio capelluto del paziente opportunamente posizionato per l'intervento stesso. Una volta sincronizzato lo strumento è possibile puntare con una sorta di bacchetta (puntale) sul cuoio capelluto per iniziare a localizzare e, successivamente a mirare al tumore. In altre parole, con questo metodo è possibile vedere la corrispondenza tra quello specifico punto sulla testa e il sottostante tessuto cerebrale; grazie a questo il "navigatore" riesce a guidare in tempo reale il neurochirurgo lungo il percorso che parte dal cuoio capelluto per raggiungere il luogo dove si trova il tumore cerebrale (Figura 2).

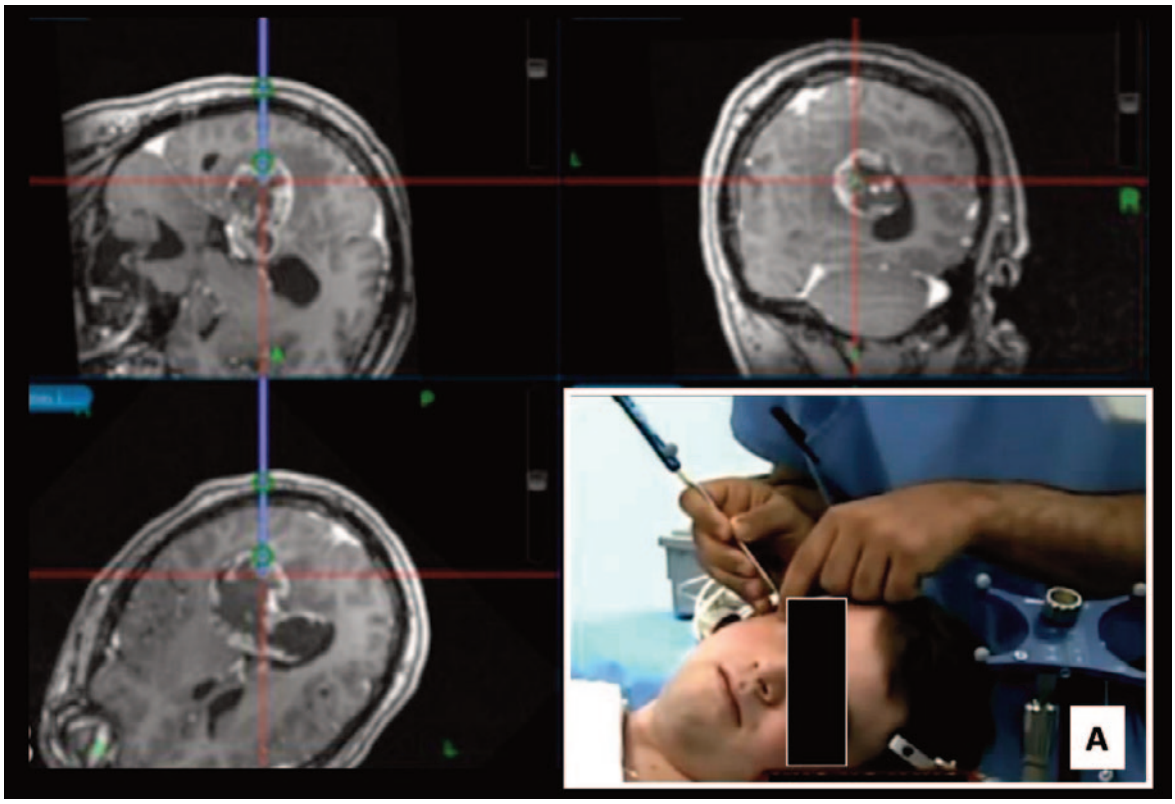


Figura 2. Nel riquadro A il paziente è sul tavolo operatorio, il neurochirurgo posiziona il puntatore sul cuoio capelluto per vedere la porzione del cervello che c'è sotto . Negli altri riquadri ci sono le immagini di RMN dove è possibile rilevare il punto toccato dal puntatore sulla superficie della testa ovvero il punto in cui le linee si intersecano, dal cuoio capelluto al luogo del tumore cerebrale.

Esistono dei limiti di precisione del "navigatore": questo sistema di localizzazione è decisamente efficiente, tuttavia, dopo la craniotomia il cervello si sposta/assesta e per questo può verificarsi una discrepanza rispetto al sistema di neuro-navigazione (Wang & Song, 2011). In altre parole, una volta aperto l'involucro del cervello rappresentato dal cuoio capelluto, dal cranio e dalla dura madre, il morbido cervello si assesta spostandosi leggermente; inoltre, l'atto di scavare sulla superficie del cervello e di rimuovere progressivamente il tumore tende a modificare la forma del cervello, tanto che il "navigatore" perde progressivamente la sua precisione/affidabilita'.

Per superare questo limite oggi è utilizzata una tecnica che prevede la ricalibrazione del "navigatore" tramite l'acquisizione *ex novo* di una TAC o RMN del cervello durante

l'intervento, permettendo al "navigatore" di ricalcolare la corrispondenza tra il cuoio capelluto e il nuovo stato, ovvero la nuova forma che può avere assunto il cervello del paziente. Tuttavia, per la ricalibrazione, oltre ad avere la necessità di possedere strumenti ingombranti e costosi presenti in sala operatoria, è necessario interrompere la procedura chirurgica per acquisire le nuove immagini e ri-sincronizzare il "navigatore". Questa operazione, inoltre, dovrebbe essere ripetuta ad ogni variazione importante di forma conseguente alla rimozione chirurgica.

5. La nuova proposta

Cosa possiamo fare per tenere sempre sotto mira il tumore cerebrale sottocorticale senza il "navigatore"? Come dicevamo, il cervello di ognuno di noi è composto da circonvoluzioni e solchi che sovrastano la sostanza bianca; un tumore localizzato sotto ad una specifica circonvoluzione o un particolare solco cerebrale continuerà a rimanere sotto a quella circonvoluzione o solco anche se parte del tumore è già stata rimossa e/o parte del tessuto circostante si è assestata/spostata. Se siamo in grado di identificare e seguire il solco cerebrale e/o la circonvoluzione sotto la quale si trova il tumore cerebrale, possiamo continuare a mirare alla posizione in cui il tumore e' "nascosto" e procedere con la sua rimozione, avendo come riferimento i confini definiti dai solchi e dalle circonvoluzioni che lo delimitano (figura 4; Tomaiuolo & Petrides 2010, Tomaiuolo & Giordano, 2016; Tomaiuolo et al. 2021).

La nuova proposta consiste nel mappare i solchi e le circonvoluzioni cerebrali utilizzando la RMN pre-chirurgica per studiare la superficie cerebrale del paziente prima dell'intervento e, attraverso un software appositamente progettato, ricostruire la superficie cerebrale e contemporaneamente visualizzare i movimenti del cursore nei tre piani della RMN (assiale, coronale e sagittale) rispetto alla ricostruzione della superficie del cervello (figura 1). In pratica, grazie a questa tecnica, puntando con il cursore su un punto specifico della ricostruzione della superficie cerebrale è possibile vedere cosa si trova al di sotto di esso. L'utilizzo di questo strumento permette di definire una mappa dettagliata della posizione del tumore in relazione ai solchi e alle circonvoluzioni cerebrali.

Nella fase pre-intervento, la mappatura dei solchi e delle circonvoluzioni cerebrali permette di inferire quali possono essere le aree e gli eventuali circuiti neurali confinanti con il tumore.

Il riconoscimento di queste aree e circuiti permette di ipotizzare quali sono le funzioni cognitive/motorie associate a quella parte/luogo del cervello. Questa mappatura anatomo-funzionale può coadiuvare la decisione del neurochirurgo sul percorso da seguire per accedere al tumore ed eventualmente quale e quanto tessuto rimuovere senza sacrificare le funzioni critiche (es linguaggio, spostarsi nello spazio, ecc.) così da permettere la massima resezione del tessuto patologico con la minima compromissione funzionale.

Al momento dell'intervento chirurgico, la mappa dei solchi può essere sovrapponibile alla superficie esposta del cervello, permettendo di fornire punti di riferimento costanti studiati nella fase pre-intervento per la navigazione nella regione cerebrale interessata. Identificando e segnando i solchi e le circonvoluzioni prima di iniziare a scalfire la corteccia cerebrale, il neurochirurgo può selezionare i punti di riferimento che riterrà utili per riconoscere dalla superficie cerebrale i confini del tumore da rimuovere. Purtroppo anche questo sistema ha dei limiti che comunque stiamo cercando di superare. Come abbiamo già detto, ogni individuo ha un cervello di forma relativamente diversa da ogni altro individuo e questo fatto rappresenta un problema per la realizzazione della mappa cerebrale, perché non possiamo affidare la navigazione a procedure automatiche; per questa ragione lo studio di ogni paziente richiede tempi lunghi anche per gli esperti di neuroanatomia della corteccia cerebrale. Questo fatto, inoltre, aggiunge un altro problema, tuttavia superabile: chi può assicurare che gli esperti abbiano riconosciuto correttamente i solchi? Per confermare l'identificazione corretta dei solchi cerebrali, durante l'intervento chirurgico il neurochirurgo può somministrare uno stimolo elettrico molto lieve sulla parte della corteccia anatomicamente identificata come corteccia motoria, così da attivare i muscoli correlati a quella parte controlaterale del corpo. Se ciò avviene, si può essere certi di trovarsi nella corteccia motoria, confermando così l'identificazione del solco o della circonvoluzione desiderati. In questo modo possiamo avere un procedimento di controllo di sicurezza per garantire l'accuratezza del riconoscimento del rapporto anatomico-funzionale. La parte restante della mappa viene in parte realizzata in relazione ai rapporti spaziali (ad es. come già detto il naso sta sotto agli occhi e sopra la bocca) fra il solco centrale e gli altri solchi della superficie dorsale del cervello.

6. Come stiamo procedendo

Nel reparto di Neurochirurgia dell'Università di Messina stiamo sviluppando un sistema di mappatura cerebrale che prevede lo studio pre-chirurgico della superficie cerebrale del paziente ottenuta mediante le immagini cerebrali di RMN. Lo scopo è utilizzare la mappa dei solchi e delle circonvoluzioni cerebrali per riconoscere i confini del tumore sottocorticale e il valore funzionale delle aree cerebrali peri-tumorali. La mappatura verrà utilizzata prima dell'intervento per selezionare il percorso da seguire per l'accesso al tumore sottocorticale e durante l'intervento neurochirurgico per avere sempre sotto mira i confini del tessuto patologico. Come è possibile vedere in figura 1, dalle immagini RMN abbiamo ricostruito la superficie cerebrale per visualizzare simultaneamente il movimento del cursore nei tre piani, (assiale, coronale e scgittale) della RMN (Figura 1). Posizionando il cursore su un punto della ricostruzione della superficie del cervello è possibile vedere cosa c'è al di sotto di esso. Dalla superficie cerebrale viene costruita la mappatura della corteccia cerebrale peri-tumorale in relazione ai solchi e alle circonvoluzioni cerebrali che dovranno essere visualizzati durante l'intervento. Nel caso clinico qui presentato, il limite anteriore è rappresentato dal solco precentrale (iprs; linea azzurra), mentre quello posteriore è rappresentato dal ramo ascendente della fissura laterale (lf; linea gialla), infine la linea rossa rappresenta il solco centrale (cs), davanti al quale c'è la corteccia motoria. Il neurochirurgo sa che quando si trova a ridosso della linea rossa dovrà fare particolare attenzione per evitare possibili danni al sistema motorio, nella prossimità inferiore del solco precentrale (giro frontale inferiore) dovrà fare attenzione a possibili danni alla regione deputata prevalentemente alla produzione del linguaggio, mentre nella porzione postero-inferiore dovrà fare attenzione a possibili danni della regione deputata prevalentemente alla comprensione del linguaggio. Questa mappa dettagliata (Figura 3) viene utilizzata durante l'intervento neurochirurgico sovrapponendola in modalità semi-automatica alla fotografia del cervello appena esposto. In fotografia i solchi riportati possono essere facilmente riconosciuti e ricondotti direttamente al cervello esposto del paziente; in questo modo il neurochirurgo può scegliere i solchi di riferimento per definire i confini del tessuto patologico e pertanto seguirne la direzione durante la rimozione (Figura 3).

Dalla mappatura della foto vengono identificati i solchi e le circonvoluzioni nella regione operatoria consentendo al neurochirurgo di selezionare e segnare quei solchi e quelle circonvoluzioni che sono da utilizzare come punti di riferimento per la navigazione durante l'intervento.

In questo caso (Figura 3) il neurochirurgo può selezionare il solco precentrale che indica il bordo anteriore del tumore e il bordo posteriore del tumore situato nel ramo posteriore ascendente della fessura laterale come punti di riferimento. I solchi e le circonvoluzioni rimangono stabili e indipendenti dagli eventuali spostamenti cerebrali e disallineamenti che possono verificarsi a causa dell'apertura della scatola cranica e della progressiva ablazione del tumore.

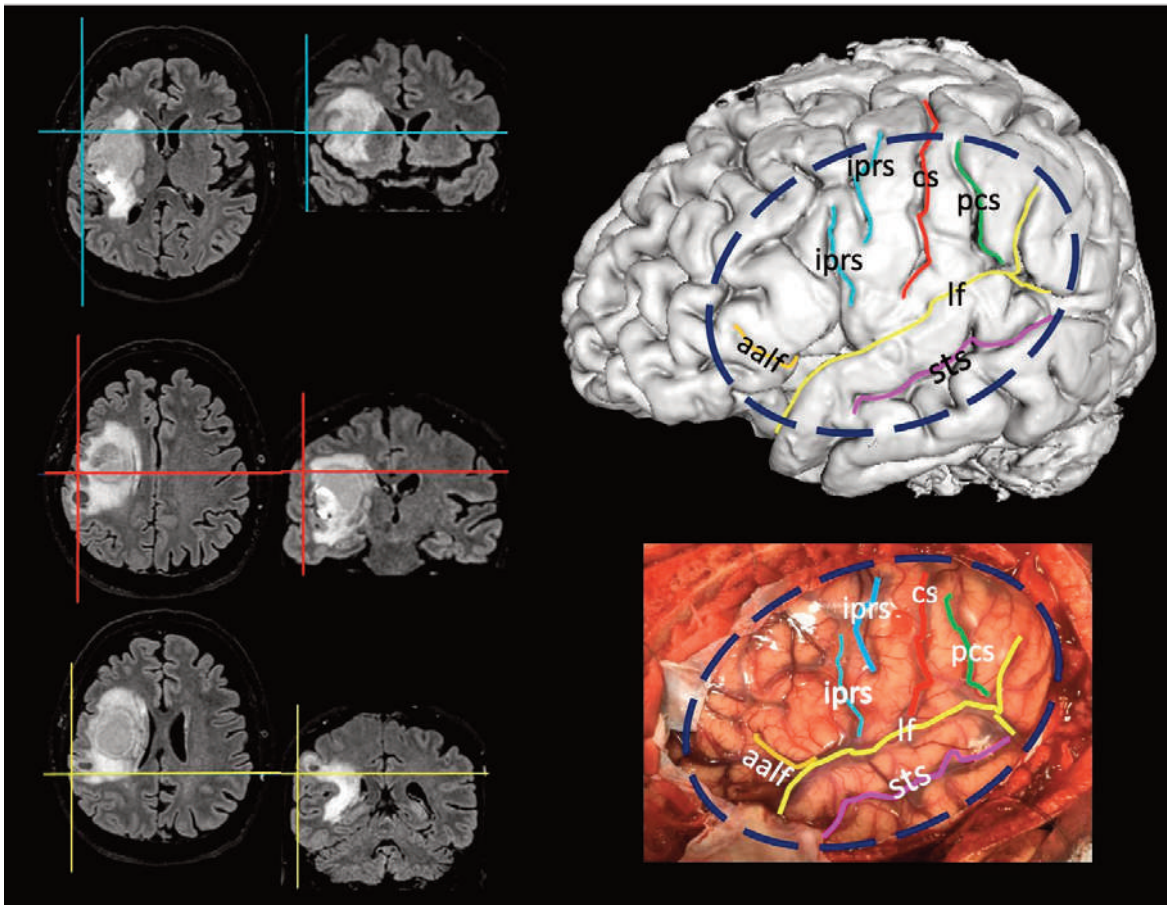


Figura 3. Il pannello a sinistra mostra immagini di RMN. La linea azzurra indica il limite anteriore del tumore sottocorticale, questo limite è riconoscibile al livello del solco precentrale (iprs). La linea rossa indica il solco centrale (cs), anteriormente e su di esso c'è la corteccia motoria, in quella regione uno stimolo elettrico eliciterà un movimento. La linea gialla rappresenta il limite

posteriore del tumore che si trova sul ramo ascendente della fissura laterale (lf). Il pannello destro presenta la ricostruzione tridimensionale pre-intervento della corteccia cerebrale. Su questa sono stati riconosciuti e tracciati i solchi cerebrali che poi saranno esposti durante l'intervento. Questi solchi vengono riconosciuti sulla superfice esposta del cervello per permettere al neurochirurgo di scegliere i punti di repere che meglio favoriscono l'accesso ed il controllo dei limiti del tumore cerebrale.

Stiamo cercando di migliorare la strategia attuale cercando di realizzare un software specifico per automatizzare e velocizzare il processo di sovrapposizione tra la ricostruzione della superficie del cervello e la superficie esposta del cervello insieme all' automatizzazione del riconoscimento dei solchi e delle circonvoluzioni principali per integrarli ai sistemi di visualizzazione strumentale utilizzati in sala operatoria.

Altri studi sono necessari utilizzando la RMN o la TAC per misurare lo spostamento del cervello durante l'intervento confrontando le immagini cerebrali acquisite prima e durante l'intervento per confermare ulteriormente l'accuratezza e l'affidabilità del nostro metodo di neuro-navigazione durante l'intervento chirurgico al cervello. Di indubbia utilità saranno anche gli studi che abbinano rigorosamente funzioni cognitive specifiche con segmenti specifici del cervello umano, insieme alle differenze individuali (ad esempio Zlatkina et al, 2016). Questi ultimi permetteranno di fare previsioni sempre più accurate relative al circuito e all'area principale di una funzione cognitiva sulla base della morfologia cerebrale. Questi strumenti e queste conoscenze aggiuntive offrono informazioni utili per assistere il neurochirurgo nel processo decisionale in merito alla resezione del tessuto cerebrale e alle sue conseguenze.

7. Ringraziamenti

F.T. ringrazia i colleghi MASSIMO PRIOR Azienda Ulss 2 - Marca Trevigiana -Dipartimento di Salute Mentale U.O.C. Psichiatria, Treviso e PAOLA POLI dell'ASL Toscana, Nordovest, Fornacette, Pisa, per gli utili commenti a questo scritto.

8. Bibliografia

Tomaiuolo, F., Caltagirone, C., & Petrides, M. (Eds.). (2011). *Citoarchitettonica cerebrale umana: Il contributo di un vecchio atlante di anatomia all'acquisizione delle nuove conoscenze sul cervello*. Springer Science & Business Media.

Tomaiuolo, F., & Giordano, F. (2016). Cerebal sulci and gyri are intrinsic landmarks for brain navigation in individual subjects: an instrument to assist neurosurgeons in preserving cognitive function in brain tumour surgery (Commentary on Zlatkina et al.). *The European journal of neuroscience*, *43*(10), 1266-1267.

Tomaiuolo, F., Raffa, G., Morelli, A., Rizzo, V., Germanó, A., & Petrides, M. (2022). Sulci and gyri are topological cerebral landmarks in individual subjects: a study of brain navigation during tumour resection. *European Journal of Neuroscience*, *55*(8), 2037-2046.

Zlatkina, V., Amiez, C., & Petrides, M. (2016). The postcentral sulcal complex and the transverse postcentral sulcus and their relation to sensorimotor functional organization. *European Journal of Neuroscience*, *43*(10), 1268-1283.

Wang, M. N., & Song, Z. J. (2011). Classification and analysis of the errors in neuronavigation. Neurosurgery, 68(4), 1131-1143.

SESTA SEZIONE
IL REGNO ANIMALE - GLI ANIMALI DA COMPAGNIA ED IL LORO BENESSERE

Daniela Alberghina - Fabiola Giunta - Michele Panzera

CONSIGLI AL FUTURO PROPRIETARIO PER UNA SCELTA PIÙ CONSAPEVOLE DEL CUCCIOLO DA ACQUISIRE

1. Introduzione. – 2. L'Origine e l'evoluzione del binomio uomo-cane. – 3. Le fasi dello sviluppo comportamentale del cucciolo. – 4. Scelta del cucciolo. – 5. Descrizione del Test. – 6. Cosa fare dopo l'acquisizione. – 7. Bibliografia.

1. Introduzione

Il cane occupa un posto speciale nella storia dell'Uomo: è la prima specie ad essere stata addomesticata e riveste un ruolo importante nelle diverse culture. Tuttavia, l'interesse da parte della comunità scientifica per questa specie è relativamente recente. A parte poche eccezioni (es. Darwin, Pavlov, Scott e Fuller), i cani domestici non sono stati il soggetto di investigazioni scientifiche rigorose relativamente al loro comportamento fino alla fine degli anni Novanta. Soltanto nell'ultimo ventennio l'interesse scientifico per questa specie si è accresciuto in maniera esponenziale (ManyDogs Project, D. Alberghina, E. Bray, D. Buchsbaum, S. Byosiere, J. Espinosa, G. Gnanadesikan, C.N.A. Guran, E. Hare, D. Horschler, L. Huber, VA Kuhlmeier, E. MacLean, E., M.H. Pelgrim, B. Perez, D. Ravid-Schurr, L. Rothkoff,, C. Sexton, Z. Silver, & J.R. Stevens, 2023). Lo studio del comportamento del cane ha implicazioni pratiche e applicate considerati i molteplici ruoli che i cani rivestono nelle nostre società. Si tratta di una specie molto interessante dal punto di vista delle scienze di base ma anche nel campo della psicologia comparata, della storia evolutiva e della medicina applicata della nostra specie.

2. L'Origine e l'evoluzione del binomio uomo-cane

La storia del binomio uomo-cane ha origini lontanissime. L'avvicinamento del lupo all'Uomo avvenne all'incirca 15.000-30.000 anni fa quando i lupi, alla ricerca di cibo, cominciarono a seguire i cacciatori e a nutrirsi dei loro avanzi. In seguito, l'Uomo iniziò a

selezionare i soggetti più docili che venivano utilizzati per la caccia e per la guardia. Nacquero così i "Proto-cani", molto simili al lupo nell'aspetto, ma più piccoli e maggiormente inclini alle interazioni con l'Uomo (B. Gallicchio, 2001). La trasformazione fondamentale, nel processo di addomesticamento, è quella che ha reso il proto-cane dipendente socialmente dall'uomo e, parallelamente, l'Uomo dipendente dal proto-cane. Infatti, la presenza dei cani cambiò diversi aspetti della vita quotidiana, ad esempio, un accresciuto senso di sicurezza nei confronti dei predatori e una rivoluzione della tecnica di caccia che divenne più proficua e meno faticosa. Inoltre, gli uomini capirono che potevano instaurare con altre specie animali un rapporto vantaggioso, questo, molto tempo dopo, fece scaturire l'allevamento del maiale, del bufalo, della pecora, della capra (B. Gallicchio, 2001). Il cane diventò, quindi, guardiano e difensore degli armenti e pastore conduttore, capace di tenere lontano gli animali dalle coltivazioni. I primi gruppi di razze canine furono quelli da caccia, essi scovavano ed inseguivano il selvatico finché non veniva catturato. Successivamente questi cani vennero selezionati per perdere un po' di istinto predatorio ma per mantenere le caratteristiche di vigilanza e territorialità: nacquero i cani da guardia del territorio e del bestiame. Alcuni cani più dinamici ed intuitivi nel muoversi con gli armenti, si dimostrarono in grado di controllarli nei movimenti e guidarli nei luoghi prescelti, questi furono i pastori conduttori. Nel tempo, dai grandi difensori del gregge verranno prescelti quegli individui con spiccato senso di possesso del territorio e della proprietà, associato ad aggressività notevole verso chi li minacciava, esenti da paura e dalla forza straordinaria: furono i primi mastini. Allo stesso tempo, comparvero anche cani di taglia più piccola, con fattezze giovanili permanenti anche nell'adulto, alcune anche con pelo lungo e lanoso. Questi cagnolini erano di solito capaci di cacciare i topi e ottimi per dare l'allarme alla casa ed attrarre l'attenzione del cane da guardia ma erano, principalmente, cani da compagnia (B. Gallicchio, 2001). La domesticazione, mediante un processo di selezione che ha agito su tratti comportamentali preesistenti, ha "plasmato" il naturale repertorio comportamentale del cane, conferendogli competenze socio-cognitive che, a loro volta, hanno consentito a questo animale di comunicare più facilmente con l'uomo (E. Alleva, F. Cirulli, N. Francia, 2008).

3. Le fasi dello sviluppo comportamentale del cucciolo

Lo sviluppo del cucciolo è tradizionalmente suddiviso in periodi. Sebbene vi siano dei vantaggi in questa suddivisione, lo sviluppo comportamentale non è un processo definito step by step, ma piuttosto un *continuum* di cambiamenti attraverso la vita del cane. Inizio e fine dei periodi sono abbastanza flessibili e variano in funzione delle razze (A. Miklosi, 2018).

Il "Periodo neonatale" va dalla nascita fino ai 10-12 giorni di vita, momento in cui i cuccioli aprono le commessure palpebrali. Durante questo periodo i cuccioli sono funzionalmente ciechi e sordi e non sono in grado di regolare la temperatura corporea. I loro stimoli principali sono di natura olfattiva e tattile.

Il "Periodo di transizione" si estende dall'apertura degli occhi fino alla comparsa dell'udito (Terza settimana di vita). Durante questo periodo il contatto sociale diventa importante ed il cucciolo manifesta segnali di stress quando viene lasciato solo in un ambiente sconosciuto. Inoltre, a partire dal 15° giorno di vita, si instaura "l'attaccamento" dei piccoli alla madre che diventa una presenza rassicurante, importante non solo come fonte alimentare.

Uno dei periodi più importanti della vita di un cucciolo è, sicuramente, quello che va dalla terza settimana di vita fino ad i 3-4 mesi e viene definito "Periodo di Socializzazione". È un periodo caratterizzato dal rapido sviluppo dei pattern del comportamento sociale ed ha la finalità di permettere al cucciolo di creare un attaccamento sociale sia verso conspecifici (socializzazione intraspecifica o primaria - fase di identificazione) che verso l'uomo ed altri animali (socializzazione interspecifica o secondaria; fase di socializzazione-domesticazione). Si è visto che questi due tipi di socializzazione si verificano in due periodi diversi; il primo tra la terza e l'ottava settimana di vita e il secondo fra le 5-7 e le 16 settimane. Infine, durante il "periodo della pubertà" (6-18 mesi) che lascerà il posto al "Periodo dell'età adulta", dal punto di vista comportamentale si assiste allo sviluppo di paure nei confronti di chi è estraneo con una regressione nella socializzazione. In questo periodo può manifestarsi il comportamento di aggressione per la gestione dello spazio individuale e del gruppo o la tendenza ad aggredire tutto ciò che è sconosciuto (A. Gazzano, 2014).

4. Scelta del cucciolo

Restare impassibili alla vista di cuccioli di cane è davvero molto difficile! Il loro aspetto fisico prettamente infantile, le orecchie a penzoloni, il cranio tondo e l'andatura goffa sono un concentrato di fattori tali da innescare nello spettatore il desiderio irrefrenabile di adottarne subito uno. Attenzione, quindi, quando si decide di acquisirne uno: occorre calma, concentrazione e poca propensione a farsi trascinare dall'entusiasmo di" un'attrazione fatale". Occorrono delle indicazioni specifiche e utili per la futura gestione del cane adulto. Se infatti è vero che i cuccioli sono creature irresistibili, non è altrettanto vero che possano diventare degli adulti "assennati" (D. Alberghina, 2023a). Un cucciolo non dovrebbe essere mai acquisito da un privato o da un allevamento senza aver prima visto la madre. Questa regola esclude di poter acquisire un cucciolo in un negozio, in qualsiasi allevamento dove non ci si possa recare di persona, o, peggio, un cucciolo proveniente dall'est Europa. Il cucciolo non si spedisce come se fosse un pacco! Una madre socievole ed equilibrata genererà dei cuccioli con buone probabilità di poter essere degli adulti con le stesse caratteristiche comportamentali. Questo non dipende solo dalle caratteristiche genetiche dei genitori: il modello canino che i cuccioli conosceranno nelle prime settimane di vita li porterà a seguire le sue orme. Femmine nervose, ansiose, aggressive e poco attente alle necessità dei cuccioli dovrebbero essere escluse dalla riproduzione, indipendentemente dalle caratteristiche morfologiche (D. Alberghina, 2023a). Sebbene lo svezzamento dal latte materno avvenga tra le 4 e le 6 settimane di età, un cucciolo non dovrebbe mai essere adottato prima delle 8 settimane, questo perché un'ampia letteratura scientifica indica che l'interazione che si verifica all'interno della cucciolata e l'educazione impartita dalla madre fino a questo periodo siano fondamentali per il corretto sviluppo psicofisico in età adulta, e pertanto andrebbe fortemente sconsigliata un'adozione prima dei 56 giorni di vita (A.U. Luescher, 2017). Fino al momento dell'adozione il cucciolo deve stare con la madre. La giustificazione che spesso gli "allevatori" adducono ad una separazione precoce, ad esempio a soli 45 giorni, è che i cuccioli siano già stati svezzati. L'aspetto nutrizionale è, invece, di secondaria importanza: un cucciolo separato dalla madre prima delle otto settimane, subisce un trauma di natura affettiva che potrebbe manifestarsi in un disturbo comportamentale soltanto in età adulta. Pur assumendo altri alimenti, i cuccioli continuano a cercare i capezzoli materni ed è attraverso il tentativo

di attaccarsi per la suzione che la madre con i rimproveri insegna loro l'"inibizione del morso" nel periodo che va dai 30 ai 56 giorni di vita. Non è un caso, infatti, che i cani più mordaci siano quelli in cui la separazione dalla madre è avvenuta prima dei due mesi (O. Jokinen, D. Appleby, S. Sandbacka-Saxén, T. Appleby, A. Valros, 2017). Sono cani a cui è stata negata la possibilità di apprendere a non utilizzare il morso con una certa forza. Questo aspetto non deve essere trascurato considerato anche il fatto che, alla luce anche del numero di ospedalizzazioni da morsicature canine in crescente aumento nel sud Italia, (D. Alberghina, A. Virga, G. Sottile, S.P. Buffa, M. Panzera, 2023), è necessario cercare di prevenire il più possibile i problemi comportamentali del cane. Al contrario un'adozione più tardiva (oltre i 90 giorni) fa sì che il cucciolo sia vissuto sempre nello stesso ambiente e abbia ricevuto pochi stimoli cognitivi nel periodo in cui è, invece, portato ad apprendere di più e ad arricchire il suo bagaglio esperienziale. Un aspetto fondamentale da valutare è l'ambiente in cui i cuccioli sono vissuti fino alle 8 settimane con la madre: si tratta di ambiente familiare ricco di stimoli ambientali o di un monotono box con scarsi contatti umani? Anche questo è un aspetto peculiare per lo sviluppo comportamentale del cane adulto. Comportamento materno e ambiente possono essere valutati quando si va a fare un test di valutazione del temperamento del cucciolo, alla settima settimana di vita. Un aspetto fondamentale del processo di adozione è proprio quello di non far coincidere il momento della scelta con quello dell'acquisizione del cucciolo: bisogna smorzare l'entusiasmo dell'amore "a prima vista" e cercare valutare tutti gli aspetti connessi a questa importante e responsabile scelta (D.Alberghina, 2023a). Idealmente questi due momenti dovrebbero avvenire a distanza di una settimana, rispettivamente a 49 e 56 giorni di vita per cuccioli di piccola e media taglia e a 54 e a 63 giorni per i cuccioli di grossa taglia.

5. Descrizione del Test

Questo test, per la scelta del cucciolo, è stato descritto e pubblicato su una rivista scientifica di tipo "open access" (D. Alberghina , F. Giunta , M. Gioè , M. Panzera, 2020). Proponiamo la versione in italiano del test affinché possa essere conosciuta da più utenti poiché riteniamo che per poter prevenire le patologie comportamentali del cane il proprietario deve sapere quanto sia importante la scelta del cucciolo attraverso il test, la valutazione della madre e

dell'ambiente in cui vive con i cuccioli, e, soprattutto, la frequentazione di classi di socializzazione con cani equilibrati di tutte le età durante il periodo successivo all'adozione. Il test può essere eseguito da un istruttore cinofilo o da un medico veterinario. Sarebbe utile che l'esecutore del test contatti gli autori per ulteriori informazioni.

Durante ogni prova, il comportamento di ogni cucciolo è valutato su una scala di 3-5 opzioni. I punteggi sono valutati per due parametri: 1) risposta a una persona o grado di interazione interspecifica "prova di attrazione sociale e seguire" e 2) risposta a oggetti e rumori nuovi o "prova del riporto, dell'oggetto nuovo e dello stimolo rumoroso". Una critica comune dei test comportamentali noti nella pratica cinofila (es. test di Volhard) è che siano poco standardizzati e che non si tenga in considerazione la ripetibilità interindividuale del valutatore, nel test da noi descritto, i punteggi di questo test assegnati da tre valutatori sono stati sottoposti ad analisi statistica per valutarne la ripetibilità. I risultati hanno indicato che il punteggio attribuito da tre indipendenti osservatori era simile e quindi che il test presentava una buona ripetibilità (D. Alberghina, F. Giunta, M. Gioè, M. Panzera, 2020). Rispetto ad altri test, nella compilazione della scheda, compare la valutazione dell'ambiente in cui il cucciolo vive ("stimolante": in casa o in un ambiente dove i cuccioli hanno la possibilità di vedere persone o "non stimolante": in box con limitati contatti umani) e quello del comportamento materno ("adeguato": interazioni madre-cucciolo, leccamenti, contatti, giochi o "non adeguato": assenza o limitati stimoli sopraelencati). È importante che queste caratteristiche vengano prese in considerazione per la scelta del cucciolo, perché si tratta di informazioni fondamentali per la predizione di un cucciolo equilibrato.

Il test utilizzato consta di cinque prove, le prime due volte a testare il grado d'interazione con un soggetto umano sconosciuto, le altre tre finalizzate a testare il grado di predisposizione all'apprendimento. Il test, rispetto a quelli descritti in letteratura è più breve per non stancare o annoiare il cucciolo e si conclude con la somministrazione di una ricompensa alimentare. Le prime due prove sono simili a quelle descritte da Campbell e le altre tre a quelle descritte dai coniugi Volhard (K. Majecka, M. Pąsiek, D. Pietraszewski, C. Smith, 2020). La prova di "Attrazione sociale" mette in evidenza il grado di interazione interspecifica del cucciolo. Il cucciolo è posizionato al centro dell'area prescelta; subito ci si porta a distanza di circa 5 metri, nella direzione opposta rispetto al punto da cui si è entrati. Bisogna inginocchiarsi e battere

le mani, cercando di attrarre l'animale. Con la prova del "Seguire" si evidenzia il grado di attrazione sociale considerando che, qualora il cucciolo non segua l'operatore, si potrebbe ipotizzare uno scarso interesse nei confronti dei rapporti interspecifici. Per eseguirla ci si alza in piedi e ci si allontana dal cucciolo con passo normale. Al momento di muoversi bisogna accertarsi che il cucciolo veda l'operatore. Queste due prove rientrano nella valutazione del grado di interazione interspecifica ed è chiaro che vanno differenziate e valutate con più enfasi rispetto alle altre tre che rientrano nella valutazione della risposta ad oggetti e rumori nuovi.

La prova del "Riporto" consente di valutare l'attitudine al lavoro con gli esseri umani. Potrebbe essere inclusa anche nella valutazione dell'interazione interspecifica. Per praticità è stata inserita nella valutazione della risposta ad oggetti e rumori nuovi perché influenzata anche da altri fattori (es. maturazione della funzionalità visiva). Ci si pone in piedi alle spalle del cucciolo e bisogna attrarne l'attenzione, appallottolando alcuni fogli di giornale. Quando il cucciolo si accorge di quello che sta succedendo, la palla di carta gli va lanciata davanti al muso, a circa 1 metro e mezzo di distanza. Attraverso l'esecuzione del test dell'"Oggetto Nuovo" si evidenzia la reazione alla presenza di una oggetto sconosciuto. Si posiziona il cucciolo al centro dell'area e, subito dopo, si apre un ombrello colorato e si osserva la reazione del cucciolo. Infine, la prova dello "Stimolo Rumoroso" ha la finalità di evidenziare la presenza di risposte di paura a rumori improvvisi. Si pone il cucciolo al centro dell'area; l'esecutore del test o un collaboratore deve produrre per due volte un rumore acuto, come quello che si determina percuotendo un coperchio di acciaio con un cucchiaio di legno. Nella Foto 1 sono riportati i momenti principali delle 5 prove.



Foto 1: Le due foto sopra sono relative alle due prove dell'interazione interspecifica. Le tre foto sotto si riferiscono alle tre prove della risposta ad oggetti e rumori nuovi.

Il giudizio di assegnazione dei punteggi e il valore di questi ultimi è differente, rispetto ai test precedentemente descritti, poiché la scala comprende un range da 60 a 300 punti nelle prove dove sono presenti n. 5 opzioni (prova n.1 e prova n. 3), da 75 a 300 nella prova dove sono presenti n. 4 opzioni (prova n.4), 100 a 300 nelle prove dove sono presenti n.3 opzioni (prova n.2 e prova n.5).

La madre viene classificata in "idonea" o "non idonea" intervistando gli allevatori sul corretto istinto materno esibito nei confronti della prole. Anche l'ambiente è classificato stimolante o non idoneo esaminando direttamente il luogo dove vivono i cuccioli. Per l'ambiente si è considerata la presenza o meno di stimoli adeguati allo sviluppo comportamentale dei cuccioli.

Tabella 1: Descrizione delle risposte ad ogni prova e relativa attribuzione dei punteggi

Interazione interspecifica (prova 1 e 2)

1. Attrazione sociale 5	Punteggio
Non viene	60
Non viene ma scodinzola o si avvicina ma cambia direzione o si ferma	120
Prima va da un'altra parte poi arriva scodinzolando	180

Arriva esitando	240
Arriva subito scodinzolando/ lecca le mani/ tocca con la zampa	300
2. Seguire 3	
Non segue o si allontana	100
Segue ma si ferma /cambia direzione/ si avvicina esitando	200
Segue subito	300

Risposta a oggetti e rumori (prova 3, 4 e 5)

3. Riporto 5	Punteggio
Guarda l'oggetto ma resta fermo	60
Parte per inseguire l'oggetto ma perde interesse e non ritorna	120
Prende l'oggetto ma non torna o va via	180
Segue o prende l'oggetto ci gioca e poi ritorna senza	240
Segue l'oggetto e lo riporta	300
4. Oggetto nuovo 4	
Si nasconde o si allontana	75
Lo guarda ma non si avvicina/ prima si allontana poi si avvicina	150
Si avvicina e ispeziona l'oggetto con i denti	225
Si avvicina e lo ispeziona	300
5. Stimolo rumoroso 3	
Si nasconde o si allontana /ignora il suono e non mostra curiosità	100

Localizza il suono ma non si avvicina	200
Localizza il suono e si avvicina con curiosità	300

Nella scheda sarà importante indicare data, numerosità della cucciolata, esperienza e comportamento materno e informazioni sull'ambiente in cui vivono i cuccioli. Obiettivo di indagini future è quello di valutare i cuccioli, selezionati utilizzando questo test, attraverso la compilazione di un questionario a sei e a 12 mesi, per cui l'esecutore potrebbe fornire agli autori questi ulteriori dati. Lo studio dello sviluppo comportamentale dei cuccioli può essere implementato attraverso i risultati di questi test comportamentali e può essere utile al miglioramento delle prassi allevatoriali, dalla selezione dei genitori (madre in particolare) all'arricchimento ambientale, e favorire l'adozione di ogni cucciolo alla famiglia più adeguata in base ad esperienza pregressa, stile di vita ed aspettative sulle attività da fare insieme al nuovo arrivato. Questi accorgimenti possono ridurre il rischio di sviluppare patologie del comportamento che normalmente si evidenziano in età adulta ma che sono spesso il risultato di errori gestionali durante la fase di socializzazione (3-16 settimane di vita). Sottoporre i cuccioli a test comportamentali all'età di 7 settimane non è predittivo riguardo al comportamento del soggetto adulto ma permette una valutazione preliminare nel periodo di socializzazione. Una buona valutazione è fondamentale come punto di partenza per l'acquisizione di nuove competenze ed esperienze da parte del cucciolo.

6. Cosa fare dopo l'acquisizione del cucciolo

Non appena il cucciolo si separa da madre e fratelli, idealmente a otto settimane di vita, la prima cosa da fare è non lasciarlo mai solo. A casa dovrebbe avere un ricovero per la notte non isolato dagli altri membri della famiglia almeno fino al compimento dei 3-4 mesi. È questo, infatti, il periodo in cui si instaura l'attaccamento a individui specifici che rappresentano la base sicura in qualsiasi condizione nuova e potenzialmente stressante. L'attaccamento del cane all'umano è un legame emotivo paragonabile a quello che manifestano i bambini per la figura di riferimento, che di solito è la madre. Questo è il legame che il cucciolo instaura con l'umano, d'altronde dal punto di vista di regole, accudimento e

alimentazione dipenderà da lui per il resto della sua vita anche da adulto e ancor più da anziano (D. Alberghina 2023b). Un buon legame di attaccamento cane-uomo è il prerequisito per un'ottima relazione interspecifica e una stabilità emotiva del cane. Se queste semplici regole vengono rispettate è più probabile che il nostro cucciolo non diventi un adulto ansioso. Per l'umano, invece, il cucciolo non deve essere MAI considerato un figlio! I bisogni etologici sono i comportamenti che devono essere soddisfatti affinché un animale non soffra. Il cane ha i suoi bisogni etologici da soddisfare ad esempio essendo una specie sociale soffre se lasciato da solo. I cuccioli, introdotti nella famiglia umana, hanno bisogno di fare quante più esperienze possibili con oggetti (es. guinzaglio, macchina o ascensore) che faranno parte del loro ambiente. Ma soprattutto i cuccioli dovranno avere esperienze con individui sconosciuti sia bipedi che quadrupedi! Bambini, adulti, anziani, persone di colore, persone che hanno ausili. Devono conoscere cani di età e morfologia differente. Una regola fondamentale da rispettare perché diventino adulti equilibrati è non commettere l'errore di evitare incontri con i conspecifici! Sebbene i proprietari debbano essere cauti finché il cucciolo non completi il piano vaccinale, precludergli la possibilità di vedere altri cani vaccinati o altri cuccioli, in fase di completamento del piano vaccinale, in spazi verdi privati (es. un centro cinofilo) è un grave errore. La mancanza di queste esperienze può determinare nel cane delle paure specifiche nelle fasi successive di vita (D. Alberghina 2023b). Per rendere l'idea basti ricordare una frase che il maestro della divulgazione scientifica italiana ci ha lasciato: "La buona educazione consiste non soltanto nel comportarsi bene, ma anche nel fare in modo che gli altri si comportino bene. Rispettare le regole, ma farle anche rispettare" (Piero Angela), questo vale nel mondo canino. Un cane equilibrato insegnerà al cucciolo, attraverso rimproveri e morsetti, come interagire in maniera amichevole e a rispettare le regole e le gerarchie. Un grave errore che commette l'umano è privare il cane di vedere altri cani. Un aspetto molto importante, infine, da considerare nella scelta di un cucciolo è la morfologia: alcune razze si sono molto allontanate dalla morfologia lupoide e, a causa di canoni estetici "umani", si sono esaltate alcune caratteristiche che si ripercuotono sulla salute del cane, ad esempio il muso troppo schiacciato delle razze brachicefale. La conformazione esasperata della testa, più larga che lunga provoca diversi tipi di patologie: respiratorie, oculari, neurologiche … allevarli è un maltrattamento genetico che si ripercuote sul loro benessere poiché essi hanno basse

aspettative di vita e sono sempre in debito di ossigeno. Già lo è in Norvegia per il Cavalier King Charles Spaniel e il Bulldog Inglese, ma anche nei Paesi Bassi sarà presto vietato avere un cane brachicefalo come animale domestico, nonché importarlo ed esportarlo. L'aumento di popolarità delle razze brachicefale deve essere controllato e contenuto attraverso una maggiore divulgazione degli aspetti negativi correlati a queste caratteristiche morfologiche quali i problemi di salute e l'alterato benessere dei soggetti appartenenti a queste razze.

7. Bibliografia

Alberghina D., Giunta F., Gioè M., Panzera M. *Behavior test for seven-week old puppies (Canis familiaris): Inter-rater reliability and factors associated with test performance*. PLoS ONE 2020 15 (7): e0236271.

Alberghina D, Virga A, Sottile G, Buffa Sp, Panzera M. *A 10-year retrospective analysis (2012-2021) of hospitalizations resulting from dog bites in Southern Italy*. Front Vet Sci. 2023 Feb 21;10:1104477.

Alberghina D. *"Scelta del cucciolo: quali sono il periodo e il contesto migliore?"* Quattrozampe n.183 Marzo 2023a p. 84-85

Alberghina D. *"Inizio di una nuova avventura in famiglia"* Quattrozampe n.186 Giugno 2023b p. 82-83

Alleva E, Cirulli F, Francia N. *Rapporti uomini e cani, e cani e uomini, nel Terzo Millennio: problemi emergenti,* 2008, *L'uso e l'abuso degli animali: spunti per un'azione didattica*. Roma: Istituto Superiore di Sanità. (Dispense per la scuola 08/2). p. 1 - 11.

Gallicchio B. *Lupi Travestiti: le origini biologiche del cane domestico, 2001*

Gazzano A. *Manuale di Etologia del Cane, 2014*

Jokinen, O., Appleby, D., Sandbacka-Saxén, S., Appleby, T., & Valros, A. *Homing age influences the prevalence of aggressive and avoidance-related behaviour in adult dogs*. Appl Anim Behav Sci, *195*, 2017 87-92.

Luescher A.U. *Canine behavior and development*. In *Canine and Feline Behavior for Veterinary Technicians and Nurses*, 2017.

Majecka K., Pąsiek M.,Pietraszewski D., Smith C. *Behavioural outcomes of housing for domestic dog puppies (Canis lupus familiaris*). Appl Anim Behav Sci, 2020; 222: 104899.

Manydogs Project, Alberghina, D., Bray, E., Buchsbaum, D., Byosiere, S.-E., Espinosa, J., Gnanadesikan, G., Guran, C.-N. A., Hare, E., Horschler, D., Huber, L., Kuhlmeier, V. A., Maclean, E., Pelgrim, M. H., Perez, B., Ravid-Schurr, D., Rothkoff, L., Sexton, C.,Silver, Z., & Stevens, J. R. *ManyDogs Project: A Big Team Science Approach to Investigating Canine Behavior and Cognition*. Comp Cogn and Behav, 2023;18, 59-77.

Miklosi A. *The Dog: A Natural History*, 2018.

Alessandra Landi - Vito Biondi - Salvatore Monti
Annamaria Passantino - Michela Pugliese

CARDIOPATIE CONGENITE NEL CUCCIOLO: DALLA GESTIONE ALLE CONSEGUENZE MEDICO-LEGALI

1. Introduzione. – 2. Cenni anatomici del sistema cardio-vascolare nel cane. – 3. Le principali malattie cardiovascolari nel cane. – 4. Aspetti medico-legali. – 5. Considerazioni conclusive. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

Gli animali domestici sono parte integrante della società moderna, difatti - secondo i dati emersi dal Rapporto Eurispes 2022 - il 44,7% degli italiani accoglie in casa almeno un cane a seguito di un'adozione o di un acquisto (S. Fara, 2022).

Una tappa importante, che può precedere l'acquisto di un cane è la visita clinica, volta a valutare lo stato di salute del cucciolo. Invero, molte malattie possono portare alla morte prematura dell'animale, causando sofferenza emotiva al proprietario e/o diventare oggetto di contenziosi giudiziari, qualora esse siano ereditarie e congenite. Difatti, molto spesso, il proprietario acquista un cucciolo senza essere a conoscenza di un'eventuale predisposizione genetica della specifica razza per talune malattie ereditarie. Secondo quanto riportato da Sandøe et *al.* (2017) in uno studio retrospettivo effettuato in Danimarca, i futuri proprietari di cani, prima dell'acquisto non sono pienamente consapevoli delle possibili conseguenze gestionali, emotive ed economiche, che possono insorgere a seguito della presenza di malattie ereditarie del cane, spesso frutto di una selezione genetica spinta. La selezione genetica ha creato razze specializzate per la caccia, per la pastorizia o per la guardia, ma anche razze con caratteristiche fisiche particolari, come un naso molto corto e schiacciato, dimensioni corporee molto ridotte, occhi sporgenti, ecc., che spesso sono anche associati ad altre anomalie di organi e/o apparati, come l'apparato cardicocircolatorio.

Tuttavia, la richiesta di cani di razza, con determinate caratteristiche fisiche che possono presentare un possibile sviluppo di una malattia congenita, non sembra diminuire. Al contrario, alcune di queste razze sembrano essere sempre più popolari; ne sono un esempio il Bulldog inglese, il Bulldog francese, il Carlino, il Cavalier King Charles Spaniel e il Chihuahua (P. Sandøe *et al.*, 2017).

Tra le malformazioni congenite del cane, quelle a carico del cuore e dei grossi vasi rappresentano un importante gruppo di patologie, che dovrebbero essere valutate con attenzione a causa della loro complessità e dell'asintomaticità fino all'età adulta.

Sebbene nella popolazione canina la prevalenza dei difetti cardiaci vari tra lo 0,13 e l'1,6% (S.B. Lucina et *al.*, 2020), la loro identificazione precoce dovrebbe essere alla base di un programma di riproduzione in allevamento, volto a ridurne l'incidenza (T.P. Bellumori *et al.*, 2013).

Il soffio cardiaco rilevato durante l'auscultazione del torace, in corso della visita clinica di routine, è il primo segno identificativo della presenza di una malattia cardiaca. Pertanto, il medico veterinario deve eseguire l'auscultazione cardiaca in modo attento e scrupoloso, al fine di poter identificare precocemente la presenza del soffio.

I suoni cardiaci anomali, come il soffio, offrono al medico veterinario un'indicazione fondamentale sulla presenza di una malattia cardiaca, e in alcuni casi sulla gravità dell'anomalia sottostante.

Solitamente, il primo controllo veterinario avviene all'età di sei-otto settimane, in coincidenza con la prima vaccinazione. Qualora venga rilevata la presenza di un soffio cardiaco, è importante individuarne la causa e stabilire se si tratta di un soffio cardiaco innocente (non associato a patologie cardiache) o chiaramente patologico, prima che il cucciolo venga venduto o ceduto ad un nuovo proprietario.

La vendita di un cucciolo con una grave cardiopatia congenita può comportare notevoli conseguenze emotive e finanziarie per il nuovo proprietario, nonché conseguenze legali per l'allevatore ed il medico veterinario, referente dell'allevatore stesso (A. Passantino et *al.*, 2017). Infatti, i difetti cardiovascolari possono portare a contenziosi civili, qualora siano definiti come malattie congenite non facilmente riconoscibili, o quando si manifestano dopo la scadenza del periodo di garanzia del contratto di compravendita. Per questo motivo, è

importante aumentare nell'opinione pubblica la sensibilità verso gli aspetti medico-legali relativi all'acquisto, ed alla vendita di cani affetti da cardiopatie congenite, le quali possono costituire un vizio per questi animali (M. Pugliese et *al.*, 2021).

2. Cenni anatomici del sistema cardio-vascolare nel cane

Il sistema cardiovascolare comprende il cuore e i vasi sanguigni (arterie e vene). Il cuore è un muscolo cavo capace di contrarsi ritmicamente per pompare il sangue, ed è composto da quattro cavità: le due superiori sono dette atrii, mentre le due inferiori sono i ventricoli. Tra la parte destra e la parte sinistra del cuore si interpone il setto atrioventricolare.

Grazie alla presenza di valvole, il sangue scorre in un'unica direzione. Tra atrio e ventricolo ci sono delle valvole che mettono in comunicazione le due camere: a destra troviamo la tricuspide, mentre a sinistra la valvola mitralica. Queste valvole impediscono il reflusso del sangue e mantengono la giusta direzione della circolazione ematica (B.K. Lefbom *at al.*, 2016).

Il sangue, proveniente dalla periferia del corpo, raggiunge l'atrio destro tramite le vene cave ed il ventricolo destro attraverso la valvola tricuspide. Il ventricolo destro si contrae, eiettando il sangue venoso nei polmoni, grazie alle arterie polmonari. Qui, il sangue assorbe ossigeno e cede anidride carbonica. Il sangue scorre poi attraverso le vene polmonari nell'atrio sinistro, riversandosi nel ventricolo sinistro, dopo aver attraversato la valvola mitrale. Il ventricolo sinistro si contrae e spinge il sangue attraverso la valvola aortica nell'aorta, l'arteria più grande del corpo. Questo sangue trasporta l'ossigeno in tutto il corpo, tranne che nei polmoni (B.K. Lefbom *at al.*, 2016) (Figura 1).

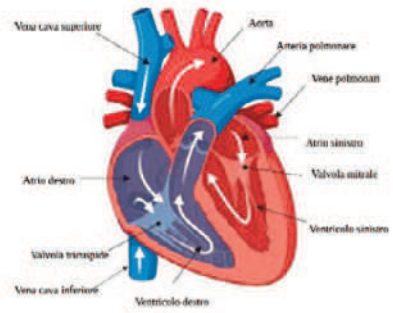


Figura 1. Principali strutture anatomiche nel cuore (Creato con Biorender.com)

3. Le principali malattie cardiovascolari nel cane

Per cardiopatia congenita si definisce una malattia cardiaca presente al momento della nascita e si verifica a causa di un difetto del normale sviluppo del cuore, durante la vita embrionale o durante il passaggio alla vita extrauterina (C. Bussadori *et al.*, 2015). Le anomalie che possono verificarsi durante lo sviluppo del cuore sono molteplici, e possono manifestarsi con diversi gradi di gravità.

Le cardiopatie congenite più comunemente osservate nel cane sono la stenosi polmonare, il dotto arterioso pervio, la stenosi aortica e il difetto del setto ventricolare (P. Oliveira *et al.*, 2011).

La *stenosi polmonare* è una delle cardiopatie più comunemente riscontrata ed è un difetto cardiaco congenito della valvola semilunare, che si trova tra il ventricolo destro e l'arteria polmonare (vaso che porta il sangue ai polmoni). Le principali razze colpite sono il Bulldog inglese (88,1%), l'American Staffordshire Terrier (86,2%), il Bulldog francese (82%), il Boxer (59,14%) e il Golden Retriever (29,3%) (S.B. Lucina *et al.*, 2020) (Tab.1).

I cani affetti da questo difetto presentano un restringimento della valvola polmonare, che determina un'ostruzione da lieve a grave del tratto di efflusso fra cuore e polmoni, determinando un'alterazione del flusso sanguigno dal cuore ai polmoni, esitante in una ipertrofia concentrica del miocardio (P. Oliveira *et al.*, 2011).

La sintomatologia varia a seconda della gravità della stenosi, e soprattutto, delle sue conseguenze miocardiche ed emodinamiche. Molto spesso il soffio cardiaco viene evidenziato in cuccioli asintomatici durante le visite di routine. A volte, invece, il proprietario riferisce intolleranza all'esercizio, affaticabilità ed episodi di sincope (D. Caivano *et al.*, 2018).

Il *dotto arterioso pervio* è considerato la seconda causa di cardiopatia congenita nel cane, con un tasso di prevalenza compreso tra l'8 e il 26% (D.P. Schrope, 2015; S.B. Lucina *et al.*, 2020), con una spiccata prevalenza nei cani di razza Dobermann (89,7%), Pastore tedesco (65,9%) e Terranova (42,9%), nonché nelle razze di medie e piccole dimensioni, come Maltese (76,5%), Barboncino (65,7%), Cavalier King Charles Spaniel (60%), Border Collie (59,1%) e Chihuahua (59%) (P.G. Brambilla *et al.*, 2020) (Tab.1).

Durante lo sviluppo fetale, il dotto di Botallo (o dotto arterioso) un vaso sanguigno che mette in comunicazione l'arteria polmonare con l'aorta, garantisce l'adeguata ossigenazione

del feto (M.L. den Toom *et al.*, 2016). Esso è indispensabile durante la vita intrauterina, in quanto l'ossigenazione del sangue non avviene nei polmoni, ma a livello della placenta. Nei cuccioli sani, il dotto arterioso si chiude entro i primi giorni di vita, mentre in alcuni cuccioli si assiste ad un'ipoplasia delle fibre muscolari del vaso, che ne impediscono la chiusura, causandone la persistenza. Il sangue, dopo essere passato nuovamente attraverso il circolo polmonare, torna nell'atrio e, quindi, nel ventricolo sinistro, provocando sovraccarico volumetrico sulla circolazione polmonare e sul cuore sinistro, fino all'insorgenza di insufficienza cardiaca congestizia e edema polmonare (J.W. Buchanan & D.F. Patterson, 2003).

La *stenosi aortica* è caratterizzata dalla presenza di noduli o di anelli di tessuto fibroso a livello della valvola aortica, che impediscono al sangue di defluire correttamente dal ventricolo sinistro verso l'aorta. Inoltre, questa ostruzione aumenta la pressione del ventricolo sinistro con conseguente aumento della velocità del tratto di efflusso aortico (R.D. Kienle *et al.*,1994), ispessimento del muscolo cardiaco, noto come ipertrofia, con conseguente riduzione della capacità di riempimento ventricolare e instabilità elettrica, causa di insorgenza di eventi cardiaci anomali (aritmie cardiache). I sintomi clinici sono spesso subdoli, e poco manifesti, e sono per lo piu' riconducibili a debolezza, dispnea (difficoltà respiratoria), sincope e, in casi estremi, morte improvvisa (C. Bussadori *et al.*, 2015). Le razze maggiorante più colpite sono il Boxer, il Bouvier des Flandres, il Bull Terrier, il Bullmastiff, il Pastore tedesco, il Dogue de Bordeaux, il Golden Retriever, il Terranova e il Rottweiler (P. Oliveira *et al.*, 2011) (Tab.1).

Il *difetto del setto ventricolare* ha un'incidenza compresa tra il 7-14%, mentre il *difetto del setto atriale* costituisce solo l'1,5% dei casi di cardiopatia congenita nel cane (P. Oliveira *et al.*, 2011; P.G. Brambilla *et al.*, 2020). Questi difetti si manifestano a seguito di una non corretta divisione delle camere atriali e ventricolari, per un incompleto sviluppo durante la vita embrionale, che crea uno "spazio" a livello del setto, determinando una comunicazione tra i ventricoli o gli atri.

In un cuore sano, la pressione nel ventricolo sinistro è circa cinque volte maggiore della pressione nel ventricolo destro, in quanto deve portare sangue all'intero corpo, mentre il ventricolo destro deve solo pompare sangue ai polmoni. In presenza di un difetto del setto ventricolare, il sangue viene deviato verso destra dalla porzione sinistra del cuore, a causa

delle pressioni più elevate all'interno del ventricolo, determinando cosi' un sovraccarico volumetrico (D.P. Schrope, 2015). Se la pressione ventricolare destra aumenta fino a superare la pressione ventricolare sinistra, il sangue devia da destra a sinistra, bypassando così i polmoni e fornendo un insufficiente apporto di sangue ossigenato al corpo; questo, inoltre, determina un sovraccarico di volume a sinistra, provocando l'ingrandimento delle camere cardiache. I segni clinici che si possono osservare sono aumento della frequenza cardiaca e respiratoria, affaticamento, presenza di un soffio cardiaco di grado e localizzazione variabile, intolleranza all'esercizio/riluttanza al movimento, riduzione della perfusione periferica con comparsa di un colorito anomalo delle mucose, che appariranno grigiastre (W.P. Thomas, 2005).

Secondo quanto riportato in letteratura, le razze più colpite sono il Border Collie (18%), lo Yorkshire Terrier (8,7%), il French Bulldog (7,0%), il Maltese (5,9%), il Labrador Retriever (3,2%), il Chihuahua (2,6%) e il Boxer (0,4%) (P. Oliveira *et al.*, 2011) (Tab.1).

Le malformazioni della valvola tricuspide e mitrale sono denominate *displasie*. L'incidenza è rispettivamente del 3-3,5% per le displasie della valvola tricuspide e del 1,5-2% per quelle della mitrale (P.G. Brambilla *et al.*, 2020). Nel 36% dei casi, i due difetti si possono verificare in forma associata (D. Din, 2014).

La funzione delle valvole atrio-ventricolari è quella di impedire che il sangue refluisca nell'atrio, quando il ventricolo si contrae. Se la valvola è malformata, non si chiude correttamente durante la contrazione ventricolare e il sangue refluisce nell'atrio, determinando il rigurgito (D. Din, 2014). Se il rigurgito di sangue nell'atrio è significativo il ventricolo per compensare, aumenta le dimensioni della sua parete (ipertrofia). La displasia della valvola tricuspide è molto frequente nei Labrador Retriever ed è una malattia ereditaria autosomica dominante (T.R. Famula *et al.*, 2002). Può evidenziarsi anche in altre razze come il Pastore Tedesco, l'Alano, il Weimaraner, il Setter Irlandese, il Boxer, il Dogue de Bordeaux e il Bobtail (P. Oliveira *et al.*, 2011) (Tab.1).

Patologia cardiaca	*Razza canina predisposta*
Stenosi polmonare	Bulldog inglese, American Staffordshire Terrier, Bulldog francese, Boxer, Golden Retriever (S.B. Lucina *et al.*, 2020)
Dotto arterioso pervio	Dobermann, Pastore tedesco, Terranova, Maltese, Barboncino, Cavalier King Cocker Spanish, Border Collie, Chihuahua (P.G. Brambilla *et al.*, 2020)
Stenosi aortica	Boxer, Bouvier des Flandres, Bull Terrier, Bullmastiff, Pastore tedesco, Dogue de Bordeaux, Golden Retriever, Terranova, Rottweiler (P. Oliveira *et al.*, 2011)
Difetto del setto atriale e ventricolare	Border Collie, Yorkshire Terrier, Bulldog francese, Maltese, Labrador Retriever, Chihuahua, Boxer (P. Oliveira *et al.*, 2011)
Displasia della valvola tricuspide e mitrale	Labrador Retriever, Pastore Tedesco, Alano, Weimaraner, Setter Irlandese, Boxer, Dogue de Bordeaux, Bobtail (P. Oliveira *et al.*, 2011).

Tabella 1. Elenco delle principali cardiopatie congenite e relative razze canine, in cui e' riscontrata una maggiore incidenza.

4. Aspetti medico-legali

La compravendita viene disciplinata dagli art.1470 e seguenti del codice civile (c.c.) risalente al 1942. Queste norme regolano l'istituto della vendita in generale, trovando applicazione anche nella compravendita di animali, in quanto ad oggi in Italia la normativa civilistica considera gli animali alla stessa stregua dei beni mobili (art. 812 c.c).

Solo l'articolo 1946 c.c. prevede esplicitamente che nella vendita di animali la garanzia per i vizi sia regolata dalle leggi speciali o, in assenza di esse, dagli usi locali o dall'articolo 1490 c.c. e seguenti. Quest'ultimo articolo stabilisce che: "*Il venditore è tenuto a garantire che la cosa venduta sia esente da vizi che la rendano inadatta all'uso cui è destinata o che ne diminuiscano sensibilmente il valore*".

I vizi sono difetti materiali della cosa, tali da incidere sul suo utilizzo o sul suo valore. Pertanto, riferito alla vendita di animali, le patologie che compromettono la funzionalità

dell'animale o che ne diminuiscono il prezzo possono definirsi vizio. Tuttavia, è doveroso precisare che soltanto determinati vizi sono coperti da garanzia. Infatti, non si può responsabilizzare il venditore per fatti o eventi che si sono verificati successivamente alla compravendita dell'animale.

In campo civilistico, i vizi coperti da garanzia che consentono all'acquirente di chiedere la risoluzione del contratto (azione redibitoria) sono definiti vizi redibitori.

Affinché un vizio possa essere considerato redibitorio deve avere le seguenti caratteristiche:

a) *pregresso*: il vizio, cioè la patologia o malattia che manifesta l'animale, deve essere preesistente al momento del contratto;

b) *occulto*: al momento dell'acquisto il vizio non deve essere apparente o facilmente riconoscibile;

c) *grave*: il vizio deve essere tale da influire sulla funzionalità del soggetto. Il concetto di gravità deve essere in rapporto al grado di inettitudine all'uso o diminuzione di uso e comunque deve essere inteso nel senso che se al compratore fosse stato noto il difetto, non avrebbe concluso il contratto.

In presenza di vizio redibitorio nell'animale, l'acquirente - nell'ambito dei suoi diritti - può esercitare una delle due azioni legali previste dal codice civile, ossia l'azione redibitoria (*actio redibitoria*) o l'azione estimatoria (*actio estimatoria* o *quanti minoris*). La prima consiste nella risoluzione del contratto con conseguente restituzione dell'animale al venditore e del prezzo all'acquirente (oltre al rimborso delle spese); la seconda prevede la riduzione del prezzo (A. Passantino *et al.*, 2017).

Il diritto alla garanzia, inoltre, viene riconosciuto a condizione che venga esercitato entro un anno dalla data di acquisto e purchè l'acquirente abbia comunicato i vizi al venditore entro 8 giorni dalla scoperta (art. 1495 c.c.).

Orbene, sulla base di quanto suesposto, si evidenzia come le cardiopatie congenite e/o ereditarie possano configurarsi in vizio redibitorio, essendo spesso gravi, preesistenti e non facilmente riconoscibili.

La gravità delle cardiopatie è data dalla compromissione dello stato di salute dei soggetti colpiti, potendone determinare anche la morte; la preesistenza è data dalla confermata predisposizione genetica all'affezione, che dovrebbe imporre ad un allevatore scrupoloso ed

accorto di eliminare dalla riproduzione gli esemplari portatori del vizio. È evidente come in questa fattispecie rientrino pienamente la persistenza del dotto di Botallo, la stenosi polmonare, la stenosi aortica, ecc.

Le cardiopatie congenite non sono facilmente riconoscibili poiché la manifestazione clinica di un difetto genetico può rendersi evidente in diverse fasce di età a seconda della specifica razza. Per questo in molti casi, i sintomi potrebbero essere aspecifici determinando diagnosi errate.

5. Considerazioni conclusive

Alla luce di quanto fin qui esposto, è importante sottolineare come sia fondamentale conoscere l'epidemiologia delle malattie cardiovascolari per prevenirne la diffusione nella popolazione canina.

Grazie ai progressi nella diagnostica per immagini e nell'ampliamento delle opzioni terapeutiche, è possibile gestire con più facilità le cardiopatie congenite.

Il medico veterinario deve, quindi, prendere in esame la razza estendendo l'anamnesi ai problemi che possono insorgere durante la vita intrauterina, ad eventuali trattamenti farmacologici, visitando se possibile l'intera cucciolata per confrontare lo stato di sviluppo dei vari soggetti.

La maggior parte dei cuccioli con una possibile cardiopatia congenita è, come già sottolineato nelle note introduttive, asintomatica alla prima visita clinica. Quindi, l'identificazione precoce assume grande importanza non solo per applicare un adeguato workup medico e/o chirurgico e formulare una prognosi corretta, ma anche per prevenire eventuali contenziosi. Conseguentemente, prima della vendita, è importante che i cuccioli vengano sottoposti ad un'accurata visita clinica detta "di sanità", focalizzando l'attenzione sull'auscultazione cardiaca.

Il successo della gestione di un animale con un soffio cardiaco inizia dalla corretta diagnosi per stabilire prognosi, terapia farmacologica o chirurgica. Non di minore importanza, il cliente deve comprendere quali siano le complicazioni del soffio cardiaco, compreso l'impatto della malattia sulla salute dell'animale.

La scoperta di un soffio apparentemente fisiologico in un cucciolo sano richiede una visita di controllo, di solito programmata con l'appuntamento per la vaccinazione. Al contrario, il rilevamento di un soffio continuo in un cucciolo richiede una visita cardiologica completa con l'obiettivo di determinare la gravità e l'esatta causa. Inoltre, il medico veterinario dovrebbe essere tenuto ad eseguire le procedure diagnostiche necessarie, come l'ecocardiografia - considerata il test diagnostico iniziale di scelta e il gold standard per identificare la causa di un soffio cardiaco - e/o altri test (radiografia toracica, elettrocardiografia, ecc.) (M. Pugliese et al., 2021).

Nella filiera produttiva della compravendita diverse sono le figure coinvolte: il medico veterinario, l'acquirente/nuovo proprietario e l'allevatore/venditore. Infatti, oltre alle competenze mediche del veterinario, anche i futuri proprietari di un cane giocano un ruolo importante. Bisogna tener presente il rapporto affettivo che si instaura tra il proprietario ed il cane acquistato, essendo poco probabile che quest'ultimo sia disposto a restituire il proprio animale in cambio di un altro.

All'allevatore spetta il difficile compito di selezionare animali sani sia dal punto di vista fisico che comportamentale, compito che oggi è svolto dalla maggior parte di essi con grande senso di responsabilità. Ne è dimostrazione la svolta adottata dall'ENCI (Ente Nazionale Cinofilia Italiana) ed incoraggiata dall'FSA (Fondazione Salute Animale) di adottare il c.d. "pedigree a riproduzione selezionata" contro le malattie ereditarie. Sarebbe, quindi, auspicabile che l'allevatore, soprattutto prima della vendita di un cucciolo, richieda l'assistenza di un cardiologo veterinario per stabilire lo stato di salute dell'animale ed evitare controversie tra le parti. In particolare, il medico veterinario deve essere in grado di riconoscere ed identificare il soffio nella sua gravità come possibile segno clinico di una cardiopatia congenita con l'obiettivo di tutelare non solo il benessere del cucciolo, ma anche il diritto del proprietario. I medici veterinari devono spiegare ai proprietari che un soffio cardiaco può essere il segno di una grave anomalia cardiaca congenita, che non causa necessariamente problemi evidenti in giovane età ma può portare a morte mesi o anni dopo.

Secondo uno studio effettuato da Vos & Szatmári (2022), solo il 22% dei nuovi proprietari di un cane affetto da una cardiopatia congenita, diagnosticata successivamente all'acquisto, era stato precedentemente informato dall'allevatore sulla presenza di un soffio cardiaco. Il

78%, invece, ha acquistato un cucciolo da un allevatore con una cardiopatia congenita senza alcun sospetto circa la sua presenza.

Per questo motivo è importante che la diagnosi sia effettuata quando il cucciolo è ancora in possesso dell'allevatore, poiché il soffio che si manifesta in alcune anomalie cardiache congenite, come il dotto arterioso pervio o la stenosi polmonare grave, è tipicamente forte e udibile fin dalla nascita.

In conclusione, stante le molteplici sfaccettature insite nella compravendita di animali da compagnia, sarebbe utile che la vendita di animali venisse normata in modo più dettagliato, basandosi sull'estensione temporale della garanzia relativa alle patologie ereditarie, ivi comprese le cardiopatie e, allo stesso tempo, formalizzare piani etici che escludano dalla selezione genetica soggetti portatori di difetti ereditari (M. Pugliese *et al.*, 2018).

6. Bibliografia

Bellumori T.P., Famula T.R., Bannash D.L., Belanger J.M., Oberbauer A.M., Prevalence of inherited disorders among mixed-breed and purebred dogs: 27,254 cases (1995–2010), in J. Am. Vet. Med. Assoc., 2013, 242:1549–55.

Brambilla P.G., Polli M., Pradelli D., Papa M., Rizzi R., Epidemiological study of congenital heart diseases in dogs: Prevalence, popularity, and volatility throughout twenty years of clinical practice, in PLoS ONE, 2020, 15(7).

Buchanan J.W., Patterson D.F., Etiology of patent ductus arteriosus in dogs, in J. Vet. Intern. Med., 2003, 17, 167–171.

Bussadori C., Poggi M., Cardiopatie congenite più comuni nel cane dalla diagnosi alle opzioni terapeutiche, in Veterinaria, 2015.

Caivano D., Dicksonn D., Martin M., Rishniw M., Murmur intensity in adult dogs with pulmonic and subaortic stenosis reflects disease severity, in J. Small Anim. Pract., 2018, 59, 161–166.

Den Toom M.L., Meiling A.E., Thomas R.E., Le Peter A.J., Leegwater H., Heuven C.M., Epidemiology, presentation, and population genetics of patent ductus arteriosus (PDA) in the Dutch Stabyhoun dog, in BMC Vet. Res., 2016, 12, 105.

Din D. Tricuspid valve dysplasia, in Kirk's Cur. Vet., 2014, 332–335.

Famula T.R., Siemens L.M., Davidson A.P., Packard M., *Evaluation of the genetic basis of tricuspid valve dysplasia in Labrador Retriever*, in *Am. J. Vet. Res.*, 2002, 63(6), 816–820.

FARA S., *Gli animali nelle case degli italiani: l'indagine Eurispes*, Roma, 2022

Kienle R.D., Thomas W.P., Pion P.D., *The natural clinical history of canine congenital subaortic stenosis*, in *J. Vet. Intern. Med.*,1994, 8(6), 423–31.

Lefbom B.K., Peckens N.K., *Impact of collaborative care on survival time for dogs with congestive heart failure and revenue for attending primary care veterinarians*, in *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 2016, 249(1): 72-6.

Lucina S.B., Sarraff A.P.,Wolf M., Silva V.B.C., Sousa M.G., Froes T.R., *Congenital Heart Disease in Dogs: A Retrospective Study of 95 Cases*, in *Top. Companion Anim. Med.*, 2020, 43,100505.

Oliveira P., Domenech O., Silva J., Vannini S., Bussadori R., Bussadori C., *Retrospective review of congenital heart disease in 976 Dogs*, in *J. Vet. Intern. Med.*, 2011; 25: 477–83.

Passantino A., Pugliese M., Quartarone V., Russo N., Bussadori R., Guercio B., *Medico-legal aspects of congenital heart diseases in buying and selling of pets*, in *Vet. World*, 2017, 10, 130–135.

Pugliese M., Biondi V., La Maestra R., Passantino A., *Identification and clinical significance of heart murmurs in puppies involved in puppy trade*, in *Vet. Sci.*, 2021, 8, 139.

Pugliese M., Biondi V., Pugliese A., Passantino A., *Buying a Dog with Pulmonary Stenosis: some medico-legal considerations*, in *Atti Accademia Peloritana dei Pericolanti*, 2018,106 (1), 2.

Sandøe P., Kondrup S.V.,Bennett P.C.,Forkman B.,Meyer I., Proschowsky H.F., Serpell J.A., Lund L.B., *Why do people buy dogs with potential welfare problems related to extreme conformation and inherited disease? A representative study of Danish owners of four small dog breeds*, in *PLoS ONE*, 2017,12(2).

Schrope D.P., *Prevalence of congenital heart disease in 76,301 mixed-breed dogs and 57,025 mixed-breed cats*, in *J. Vet. Card.*, 2015, 17(3), 192–202.

Thomas W.P., *Echocardiographic diagnosis of congenital membranous ventricular septal aneurysm in the dog and cat*, in *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 2005, 41(4), 215-220.

Vos V.R., Szatmari V., ***Information Provided by Breeders and Referring Veterinarians about the Presence and Meaning of a Murmur to Owners of Newly Purchased Puppies with a Later Confirmed Congenital Heart Disease***, in *Vet. Sci.*, 2022, 9, 678.

Gabriele Cervino - Luca Fiorillo - Filippo Spadola - Mauro Cavallaro -
Matteo Peditto - Giacomo Oteri

BIOMATERIALI INNOVATIVI PER LA RIPARAZIONE DEI GUSCI DI TARTARUGA

1. Introduzione. – 2. Fisiologia dei tessuti. – 3. Attuale metodologia per la riparazione dei gusci di tartaruga. – 4. Biomateriali innovativi di tipo odontoiatrico. – 5. Utilizzo di biomateriali di derivazione odontoiatrica per la riparazione dei gusci di tartaruga. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione

Le tartarughe marine sono affascinanti creature che popolano gli oceani da milioni di anni. Il loro guscio, noto come carapace, svolge un ruolo fondamentale nella loro sopravvivenza, offrendo protezione e supporto strutturale. Tuttavia, a causa delle minacce ambientali e delle interazioni umane, le tartarughe marine sono spesso soggette a traumi che possono influire negativamente sulla salute del loro guscio. Prima di affrontare la terapia e le soluzioni a questo problema esploreremo brevemente la traumatologia dei gusci delle tartarughe marine, analizzando i traumi più comuni e le conseguenze per la salute delle tartarughe coinvolte.

I tipi di traumi più comuni sono rappresentati da:

1. Collisioni con imbarcazioni: Le tartarughe marine che navigano vicino alle coste sono spesso vittime di collisioni con imbarcazioni, specialmente nelle aree ad alta densità di traffico marittimo. Queste collisioni possono causare fratture, crepe e danni estesi al guscio.

2. Insidie da pesca: Le tartarughe marine possono rimanere intrappolate in reti da pesca, ami o altre attrezzature da pesca abbandonate. Queste insidie possono provocare ferite profonde e fratture del guscio quando le tartarughe cercano di liberarsi.

3. Ferite da squali o predatori: Gli squali e altri predatori marini possono attaccare le tartarughe marine, causando gravi danni al loro guscio. Le ferite da morsi possono essere estese e compromettere la struttura del carapace, rendendo le tartarughe più vulnerabili a ulteriori danni.

4. Cadute o urti durante la nidificazione: Durante la stagione della nidificazione, le tartarughe marine fanno affidamento sulle spiagge sabbiose per deporre le uova. Durante questo processo, possono verificarsi cadute o urti accidentali che danneggiano il guscio delle tartarughe.

Ovviamente di seguito a questi traumi, intervengono delle conseguenze per la salute della tartaruga, rendendo necessario un trattamento. Fra le conseguenze principali possiamo identificare:

1. Infezioni: Quando il guscio viene danneggiato, si crea una via di ingresso per batteri, funghi e altri patogeni. Questi agenti infettivi possono causare infezioni che possono compromettere ulteriormente la salute delle tartarughe marine.

2. Difficoltà di galleggiamento: Il guscio delle tartarughe marine svolge un ruolo importante nel fornire galleggiabilità. I danni significativi al guscio possono influire sulla capacità della tartaruga di galleggiare correttamente, rendendola meno abile a cacciare, nutrirsi e riprodursi.

3. Disturbo dello sviluppo: I traumi subiti durante la fase di crescita delle tartarughe marine possono causare deformità permanenti del guscio. Queste deformità possono influire sulla capacità della tartaruga di sopravvivere in ambienti naturali, limitando la loro mobilità e compromettendo la capacità di protezione offerta dal guscio.

4. Difficoltà respiratorie: Il guscio delle tartarughe marine è collegato al loro sistema respiratorio. Lesioni o deformità del guscio possono ostacolare il corretto funzionamento dei polmoni e compromettere la capacità delle tartarughe di respirare adeguatamente.

5. Sanguinamento e perdita di fluidi corporei: Fratture o ferite aperte nel guscio possono provocare sanguinamento e perdita di fluidi corporei essenziali. Questo può portare a problemi di disidratazione e a una maggiore suscettibilità alle infezioni.

Il trattamento dei traumi al guscio delle tartarughe marine richiede una combinazione di cure veterinarie specializzate e processi di guarigione naturali. Le tartarughe gravemente ferite vengono spesso trasferite in centri di recupero specializzati, dove vengono sottoposte a esami medici approfonditi e ricevono cure intensive.

I veterinari possono utilizzare tecniche chirurgiche per riparare le fratture del guscio e pulire le ferite infette. In alcuni casi, possono essere necessarie procedure di ricostruzione del guscio utilizzando materiali sintetici o biocompatibili.

Durante il periodo di recupero, le tartarughe vengono tenute in ambienti controllati, con cure appropriate per promuovere la guarigione delle ferite e la rigenerazione del tessuto osseo. La nutrizione adeguata e la sorveglianza costante sono essenziali per garantire il successo del processo di recupero. La traumatologia dei gusci delle tartarughe marine è un problema significativo che minaccia la salute e la sopravvivenza di queste creature affascinanti. È fondamentale adottare misure di conservazione e protezione degli habitat marini per ridurre le collisioni con le imbarcazioni, limitare l'uso di attrezzature da pesca dannose e proteggere le tartarughe marine dai predatori.

Inoltre, è cruciale sviluppare programmi di ricerca e cure veterinarie specializzate per trattare i traumi del guscio e promuovere il recupero delle tartarughe ferite. Solo attraverso l'adozione di misure di conservazione e la promozione della consapevolezza pubblica possiamo preservare le tartarughe marine e il loro prezioso habitat marino per le generazioni future. In questo testo dopo aver affrontato alcuni temi legati alla fisiologia dei tessuti e le attuali metodologie di riparazione, proponiamo una soluzione alternativa utilizzando dei biomateriali, di derivazione odontoiatrica.

2. Fisiologia dei tessuti

Il guscio delle tartarughe è un adattamento unico e distintivo che offre protezione e supporto strutturale a queste affascinanti creature. La sua fisiologia è sorprendente e presenta caratteristiche uniche che consentono alle tartarughe di sopravvivere negli ambienti marini e terrestri. In questo articolo, esploreremo la fisiologia del guscio delle tartarughe, analizzando la sua struttura, la formazione e le principali funzioni che svolge per la salute e la sopravvivenza di queste specie. Il guscio delle tartarughe è composto da due parti principali: il carapace dorsale e il piastrone ventrale. Il carapace è costituito da una serie di ossa dermiche fuse chiamate scuti, mentre il piastrone è formato da ossa e placche ossee. Questa struttura ossea è rivestita da uno strato di cheratina, noto come scudetto, che conferisce al guscio la sua caratteristica durezza e resistenza. Il guscio delle tartarughe si forma attraverso un processo

chiamato osteodermogenesi. Durante lo sviluppo embrionale, le cellule specializzate chiamate osteoblasti producono strati di osso dermico che si accrescono in modo concentrico attorno all'embrione. Questa deposizione continua di osso dermico e cheratina nel corso della vita della tartaruga contribuisce alla crescita e al rafforzamento del guscio. Il guscio delle tartarughe svolge differenti funzioni:

1. Protezione: Il guscio è la principale forma di protezione per le tartarughe. La sua struttura dura e resistente offre una barriera contro predatori, traumi fisici e lesioni. Il guscio può resistere a forze esterne significative, proteggendo gli organi interni vitali delle tartarughe.

2. Supporto strutturale: Il guscio fornisce un supporto strutturale cruciale per le tartarughe. Serve da scheletro esterno, sostenendo l'intero corpo e facilitando la locomozione. Il guscio aiuta anche a sostenere la colonna vertebrale e le zampe, consentendo movimenti coordinati e stabili.

3. Regolazione termica: Il guscio delle tartarughe svolge un ruolo nella regolazione termica. Le tartarughe sono animali ectotermi, il che significa che dipendono dall'ambiente esterno per regolare la loro temperatura corporea. Il guscio agisce come un isolante termico, riducendo le variazioni di temperatura e mantenendo il corpo della tartaruga a una temperatura adeguata.

4. Scambio di gas: Nonostante il guscio solido, le tartarughe sono in grado di scambiare gas attraverso esso. Il guscio permette il passaggio di ossigeno e anidride carbonica, consentendo la respirazione adeguata.

3. Attuale metodologia per la riparazione dei gusci di tartaruga

La riparazione dei gusci delle tartarughe è diventata un aspetto cruciale nella gestione delle tartarughe marine ferite o danneggiate. Il ripristino del guscio non solo favorisce la guarigione delle ferite, ma anche il ripristino delle funzioni protettive e strutturali del guscio stesso. Negli ultimi anni, sono stati sviluppati diversi metodi e materiali per la riparazione dei gusci delle tartarughe, migliorando le possibilità di recupero per queste affascinanti creature. In questo articolo, esploreremo gli attuali orientamenti sulla riparazione dei gusci delle tartarughe, focalizzandoci sui materiali utilizzati e le fasi dei singoli metodi. Le resine e gli adesivi, come le resine epossidiche, poliestere o acriliche, sono ampiamente utilizzati per la riparazione dei

gusci delle tartarughe. Questi materiali aderiscono al guscio e forniscono un ancoraggio solido per la rigenerazione del tessuto osseo danneggiato. Le resine possono essere modellate per adattarsi alla forma del guscio e induriscono rapidamente, consentendo una riparazione efficace. Alcuni materiali sintetici, come il polimetilmetacrilato (PMMA), sono utilizzati per la riparazione dei gusci delle tartarughe. Questi materiali sono leggeri, duraturi e resistenti all'acqua, rendendoli adatti all'ambiente marino. Vengono spesso utilizzati come supporto strutturale per rinforzare le fratture o le aree deboli del guscio. In alcuni casi, tessuti biocompatibili, come le reti o i tessuti in fibra di vetro o in carbonio, vengono utilizzati per la riparazione dei gusci delle tartarughe. Questi tessuti forniscono supporto strutturale e resistenza ai punti deboli del guscio danneggiato. Possono essere combinati con resine o adesivi per creare un sistema di riparazione solido e duraturo.

Metodi per la riparazione dei gusci:

1. Metodi di fissazione meccanica: Questi metodi utilizzano fili, spine o placche metalliche per stabilizzare e allineare le fratture del guscio. Le parti danneggiate vengono fissate insieme e il tessuto osseo si rigenera naturalmente nel corso del tempo. Questi metodi richiedono spesso intervento chirurgico e possono richiedere anestesia generale per le tartarughe.

2. Metodi di adesione: Questi metodi utilizzano resine o adesivi per incollare e sigillare le parti danneggiate del guscio. Dopo la pulizia accurata delle lesioni, la resina o l'adesivo viene applicato sulle superfici del guscio danneggiate e tenute insieme fino a che non si solidificano. Questi metodi non richiedono necessariamente intervento chirurgico e possono essere utilizzati per lesioni meno gravi o superficiali.

3. Metodi combinati: Alcuni approcci combinano l'uso di materiali e metodi per ottenere una riparazione più completa e resistente. Ad esempio, possono essere utilizzati materiali sintetici come rinforzo strutturale, mentre le resine o gli adesivi vengono impiegati per creare una connessione stabile tra le parti danneggiate del guscio.

Fasi dei singoli metodi di riparazione:

1. Preparazione: In questa fase, la lesione o la frattura del guscio viene accuratamente pulita e disinfettata per rimuovere eventuali detriti o tessuto morto. Questa preparazione è fondamentale per evitare infezioni e promuovere una corretta guarigione.

2. Applicazione del materiale: Il materiale scelto per la riparazione viene applicato sulle parti danneggiate del guscio in conformità con le istruzioni del produttore o secondo le linee guida veterinarie. La forma e la dimensione del materiale possono essere modellate per adattarsi alla forma del guscio.

3. Fissaggio o sostegno: Se necessario, possono essere utilizzati metodi di fissazione meccanica come fili, spine o placche metalliche per stabilizzare le fratture e mantenere l'allineamento corretto delle parti danneggiate. Questo aiuta a favorire la corretta rigenerazione del tessuto osseo.

4. Monitoraggio e follow-up: Dopo la riparazione, le tartarughe vengono monitorate attentamente per verificare la guarigione e l'eventuale necessità di ulteriori interventi. Possono essere programmate visite di follow-up per valutare la progressione del recupero e apportare eventuali aggiustamenti o trattamenti aggiuntivi. La riparazione dei gusci delle tartarughe è un'area di grande importanza nella gestione delle tartarughe marine ferite. Gli attuali orientamenti sulla riparazione dei gusci si basano sull'uso di materiali come resine, adesivi, materiali sintetici e tessuti biocompatibili. I metodi di riparazione possono variare dalla fissazione meccanica all'utilizzo di adesivi o una combinazione di entrambi. La scelta del metodo e dei materiali dipende dalla gravità e dalla natura del danno al guscio. La ricerca continua e lo sviluppo di nuovi materiali e metodi offrono opportunità per migliorare la riparazione dei gusci delle tartarughe e favorire il recupero di queste creature affascinanti.

4. Biomateriali innovativi di tipo odontoiatrico

I biomateriali rivestono un ruolo fondamentale nell'odontoiatria moderna, poiché vengono utilizzati in vari campi, dalla chirurgia alla terapia conservativa, dall'endodonzia all'ortodonzia, dalle protesi alla profilassi. I seguenti sono alcuni esempi di biomateriali comunemente impiegati in tali ambiti:

1. Chirurgia: In ambito chirurgico, vengono utilizzati biomateriali come le membrane di rigenerazione ossea, che favoriscono la guarigione e la rigenerazione dell'osso. Le membrane sono spesso fatte di collageno o polimeri sintetici biocompatibili. Gli innesti ossei, composti da materiali come l'idrossiapatite o il fosfato tricalcico, sono utilizzati per aumentare la quantità di osso disponibile e favorire l'integrazione degli impianti dentali.

2. Terapia conservativa: Nella terapia conservativa, i materiali compositi sono ampiamente utilizzati per le otturazioni dentali. Questi materiali estetici sono costituiti da una miscela di resine e particelle di riempimento, come quarzo o vetro, che si legano chimicamente al dente. I compositi consentono la ricostruzione dei denti danneggiati, ripristinandone la forma e la funzione.

3. Endodonzia: Nell'endodonzia, l'obiettivo è trattare e sigillare efficacemente il sistema canalare del dente. I materiali utilizzati includono paste canalari, cementi canalari e sigillanti canalari. Ad esempio, la guttaperca è un materiale termoplastico comunemente usato per ottenere una sigillatura tridimensionale dei canali radicolari.

4. Ortodonzia: In ortodonzia, gli archi ortodontici sono realizzati in leghe metalliche o materiali termoattivabili come il nichel-titanio. Questi archi esercitano una forza costante sui denti per spostarli gradualmente nella posizione desiderata. Inoltre, i materiali per attacchi ortodontici, come i bracket, sono realizzati in ceramica traslucida o in leghe metalliche resistenti alla corrosione.

5. Protesi: Nella protesi dentale, i biomateriali vengono utilizzati per realizzare corone, ponti, protesi parziali o protesi complete. Materiali come la ceramica, il metallo-ceramica o i polimeri termoplastici consentono la creazione di protesi estetiche e funzionali che si integrano armoniosamente con il resto della dentizione.

6. Profilassi: Per la profilassi e l'igiene orale, vengono utilizzati materiali come i compositi per riempire cavità dentali non cariose, come le fessure occlusali, al fine di prevenire la carie. Inoltre, i materiali per la fabbricazione di dispositivi di sbiancamento dei denti, come gel o strisce, sono utilizzati per migliorare l'aspetto dei denti.

Da sottolineare che l'odontoiatria moderna è caratterizzata da un costante sviluppo di nuovi biomateriali, con l'obiettivo di migliorare la biocompatibilità, la resistenza e l'estetica delle soluzioni protesiche. Il progresso nella ricerca e nello sviluppo dei biomateriali ha portato a soluzioni sempre più personalizzate e mirate per soddisfare le esigenze individuali dei pazienti.

5. Utilizzo di biomateriali di derivazione odontoiatrica per la riparazione dei gusci di tartaruga.

I compositi dentali sono ampiamente utilizzati in odontoiatria per la ricostruzione estetica dei denti danneggiati o cariati. Tradizionalmente, i compositi sono stati formulati con la presenza di BISGMA (Bisfenol A-glicidil metacrilato), un monomero che fornisce proprietà di manipolazione e indurimento al materiale composito. Tuttavia, negli ultimi anni, si è assistito a un crescente interesse per l'utilizzo di compositi BISGMA-free, in cui il BISGMA è sostituito o ridotto in favore di altri monomeri.

L'uso dei compositi BISGMA-free offre vantaggi significativi in termini di sicurezza e biocompatibilità. Il BISGMA è stato oggetto di dibattito a causa delle preoccupazioni relative alla sua tossicità potenziale, in particolare in relazione al rilascio di bisfenolo A. Di conseguenza, sono stati sviluppati compositi dentali alternativi che eliminano o riducono l'uso di BISGMA, garantendo al contempo prestazioni e risultati estetici eccellenti.

I compositi BISGMA-free sono realizzati utilizzando monomeri alternativi come l'UDMA (Urethane Dimethacrylate) o il TEGDMA (Trietilenglicole Dimetacrilato). Questi monomeri sono considerati più sicuri dal punto di vista tossicologico e offrono un'adeguata resistenza meccanica e proprietà estetiche. Inoltre, i compositi BISGMA-free possono essere utilizzati in diversi settori dell'odontoiatria, compresa la terapia conservativa, la ricostruzione dentale, l'ortodonzia e la protesi, fornendo risultati estetici e funzionali eccellenti.

Fasi di riparazione di un guscio di tartaruga utilizzando compositi BISGMA-free:

1. Preparazione: Prima di iniziare la riparazione, il guscio di tartaruga danneggiato viene accuratamente pulito e preparato. La superficie danneggiata viene smussata e levigata per creare una base solida per l'adesione del composito.

2. Adesione: Un agente adesivo compatibile con il composito BISGMA-free viene applicato sulla superficie preparata del guscio di tartaruga. L'adesivo aiuta a migliorare l'adesione del composito al substrato, garantendo una riparazione stabile e resistente nel tempo.

3. Stratificazione del composito: Il composito BISGMA-free viene applicato strato per strato sulla superficie del guscio di tartaruga danneggiato. Ogni strato viene modellato e scolpito per ripristinare l'estetica e la forma originale del guscio. Durante la stratificazione,

vengono scelte diverse tonalità di composito per ottenere un'armonia cromatica con il resto del guscio.

4. Indurimento o Polimerizzazione: Dopo la stratificazione del composito, viene utilizzata una luce polimerizzante ad alta intensità per indurire il materiale. Questo processo di polimerizzazione assicura una solidificazione completa del composito, garantendo una riparazione resistente e duratura.

5. Rifinitura e lucidatura: Una volta indurito, il composito viene rifinito e lucidato per ottenere una superficie liscia e brillante. Vengono utilizzati strumenti specifici per levigare e modellare il composito, eliminando eventuali irregolarità o eccessi di materiale.

La riparazione di un guscio di tartaruga utilizzando compositi BISGMA-free offre un'alternativa esteticamente gradevole e sicura rispetto ai materiali tradizionali. Questa procedura permette di ripristinare la funzionalità e l'estetica del guscio danneggiato, garantendo una lunga durata e un risultato naturale. Tuttavia, è sempre consigliabile consultare un professionista odontoiatrico qualificato per valutare la fattibilità e l'idoneità di questo tipo di riparazione in base alle esigenze individuali del paziente. Inoltre, i compositi BISGMA-free offrono la possibilità di essere colorati e personalizzati per ottenere una perfetta biomimetica con il resto dei tessuti dentali circostanti. Questa caratteristica consente al dentista di creare riparazioni estetiche altamente realistiche, mimetizzando il composito con il colore e la tonalità del dente naturale. Nel contesto specifico della riparazione di un guscio di tartaruga utilizzando i compositi BISGMA-free, questi materiali consentono una ricostruzione precisa e esteticamente piacevole. La combinazione delle proprietà fisiche e ottiche dei compositi BISGMA-free consente di ottenere risultati duraturi e naturali, riproducendo fedelmente la struttura e il colore del guscio di tartaruga.

In conclusione, l'utilizzo dei compositi BISGMA-free rappresenta un'importante innovazione nell'odontoiatria moderna. Questi biomateriali offrono una soluzione sicura, biocompatibile e altamente estetica per una vasta gamma di applicazioni cliniche. Le future prospettive di questa tecnica potrebbero includere ulteriori sviluppi nella personalizzazione dei compositi per raggiungere una perfetta integrazione con i tessuti dentali, migliorando così l'aspetto e la funzionalità delle restaurazioni dentali. Inoltre, la continua ricerca sui

biomateriali potrebbe portare a nuovi progressi nella durata e nella resistenza dei compositi, migliorando ulteriormente i risultati clinici a lungo termine.






ENAMEL
plus
HRi


Via G. Marconi 83
16036 Avegno (Ge) Italy
CE 0123
ENAMEL plus HRi

6. Bibliografia

Spadola, F.; Morici, M. Treatment of Turtle Shell Ulcerations Using Photopolymerizable Nano-Hybrid Dental Composite. Journal of Exotic Pet Medicine 2016, 25, 288-294, doi:https://doi.org/10.1053/j.jepm.2016.06.013.

Horvath-Pereira BO, Paulini F, Sotelo MO, Leardini EG, Tavares DC, Almeida GHDR, da Silva Júnior LN, Pinho LBM, Miglino MA, Araujo MS. Case report: An innovative non-invasive technique to manage shell injuries in C. carbonarius. Front Vet Sci. 2022 Aug 2;9:930419. doi: 10.3389/fvets.2022.930419. PMID: 35982919; PMCID: PMC9379249.

Fugolin AP, de Paula AB, Dobson A, Huynh V, Consani R, Ferracane JL, Pfeifer CS. Alternative monomer for BisGMA-free resin composites formulations. Dent Mater. 2020 Jul;36(7):884-892. doi: 10.1016/j.dental.2020.04.009.

He J, Kopperud HM. Preparation and characterization of Bis-GMA-free dental composites with dimethacrylate monomer derived from 9,9-Bis[4-(2-hydroxyethoxy)phenyl]fluorene. Dent Mater. 2018 Jul;34(7):1003-1013. doi: 10.1016/j.dental.2018.03.007.

SETTIMA SEZIONE
IN FONDO AL MAR…

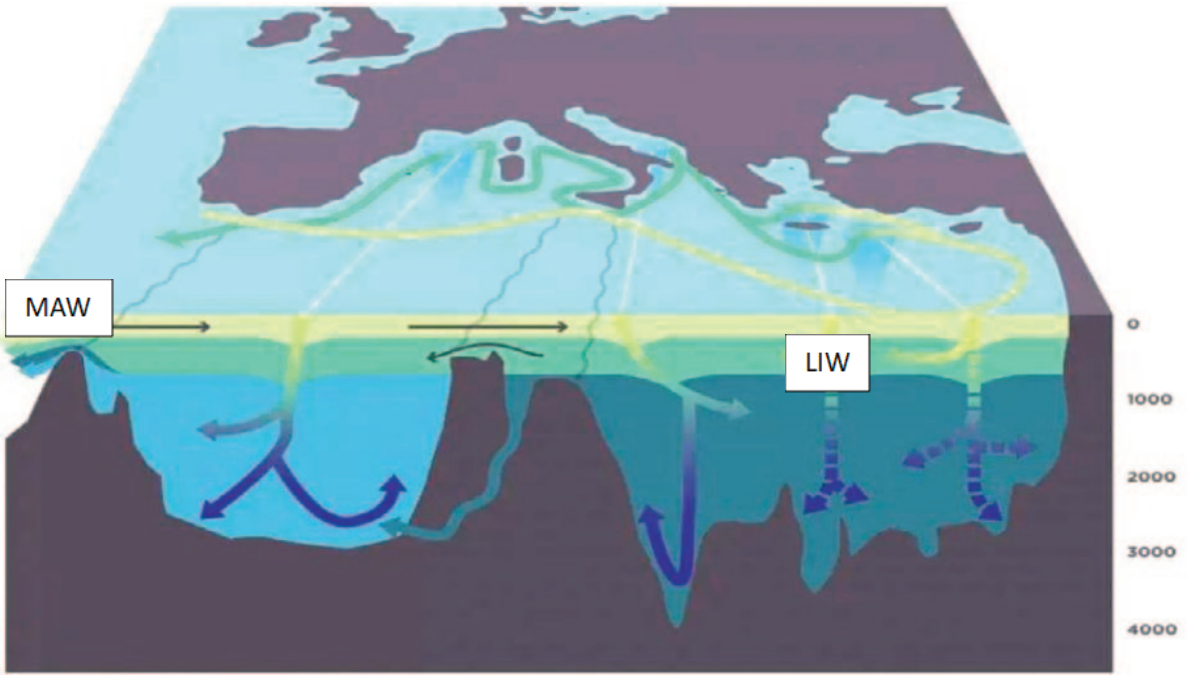
Alex Carnevale

Zonazione e caratterizzazione ambientale dei fondali marini del Mar Mediterraneo

1. Introduzione. – 2. Zonazione e bionomia del Mediterraneo. – 3. Bibliografia.

1. Introduzione

Il Mar Mediterraneo rappresenta un bacino semichiuso che lambisce tre continenti: Europa, Africa e Asia. La sua estensione approssimativa è di 2,51 milioni di km². A ovest, è collegato all'Oceano Atlantico attraverso lo Stretto di Gibilterra, mentre a est è connesso al Mar di Marmara e al Mar Nero tramite i Dardanelli e il Bosforo. A sudest, il Canale di Suez collega il Mar Mediterraneo al Mar Rosso. La profondità media è di circa 1500 m, raggiungendo il massimo di 5267 m al largo delle coste del Peloponneso. Le temperature medie del Mediterraneo variano tra i 10 °C e i 32 °C, con oscillazioni tipiche dai 12 °C ai 18 °C nei mesi invernali, fino a 23 °C - 30 °C nei mesi estivi. La salinità media è del 37‰ (A. Zenetos et al., 2011). Il Mar Mediterraneo è classificato come un bacino di densificazione poiché i flussi di acqua dolce derivanti dai fiumi e dalle precipitazioni non sono sufficienti a contrastare l'evaporazione. Questa situazione attira acqua superficiale con minore densità dall'Oceano Atlantico, che penetra attraverso lo Stretto di Gibilterra. L'acqua superficiale si sposta verso il bacino orientale, subendo un'elevata evaporazione che contribuisce ad aumentarne la densità. Di conseguenza, questa tende ad affondare fino a raggiungere una nuova condizione di equilibrio chimico-fisico, dando origine alle acque intermedie Levantine. Queste acque migrano verso occidente attraverso movimenti più o meno complessi, per poi ritornare allo Stretto di Gibilterra. Qui attraversano gli strati più profondi, richiamando nuova acqua superficiale nota come Modified Atlantic Water (C. Millot, I. Taupier-Letage, 2005, 29-66).



F.1; Rappresentazione stilizzata e semplificata della circolazione delle acque superficiali ed intermedie in Mediterraneo. In giallo Modified Atlantic Water in ingresso dall'Oceano Atlantico, in verde Levantine Intermediate Water. In blu sono inoltre rappresentate le Mediterranean deep water.

https://www.monaco-tribune.com/it/2020/10/il-mediterraneo-un-modello-in-scala-delloceano/

2. Zonazione e bionomia del Mediterraneo

La morfologia dei fondali marini e le variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua delineano i modelli di distribuzione della varietà biologica (E. Chappuis et al., (2014), 113-122).

La prima categorizzazione effettuabile nell'ambiente marino è la distinzione tra il dominio pelagico e il dominio bentonico. Da questa suddivisione deriva una classificazione degli organismi in base alla loro relazione con il fondale, distinguendo tra quelli strettamente associati al fondo (benthos), quelli che fluttuano nella colonna d'acqua (plancton) e quelli che nuotano attivamente in essa (necton). In base alla distanza dalla costa, è possibile distinguere la provincia neritica, che si estende dalla linea di costa fino al

margine della piattaforma continentale, e la provincia oceanica, che abbraccia le acque più profonde. In relazione alla profondità la colonna d'acqua viene distinta in:

Zona epipelagica – va dalla superficie fino a 50 m di profondità, è caratterizzata da variabilità chimico-fisica elevata;

Zona mesopelagica – comprende la fascia che va da 50 a 200 m di profondità;

Zona batipelagica – comprende la fascia che va da 200 a 2500 m di profondità;

Zona abissopelagica – comprende la fascia che va da 2500 a 7000 m di profondità;

Zona adopelagica – comprende la colonna d'acqua delle fosse abissali.

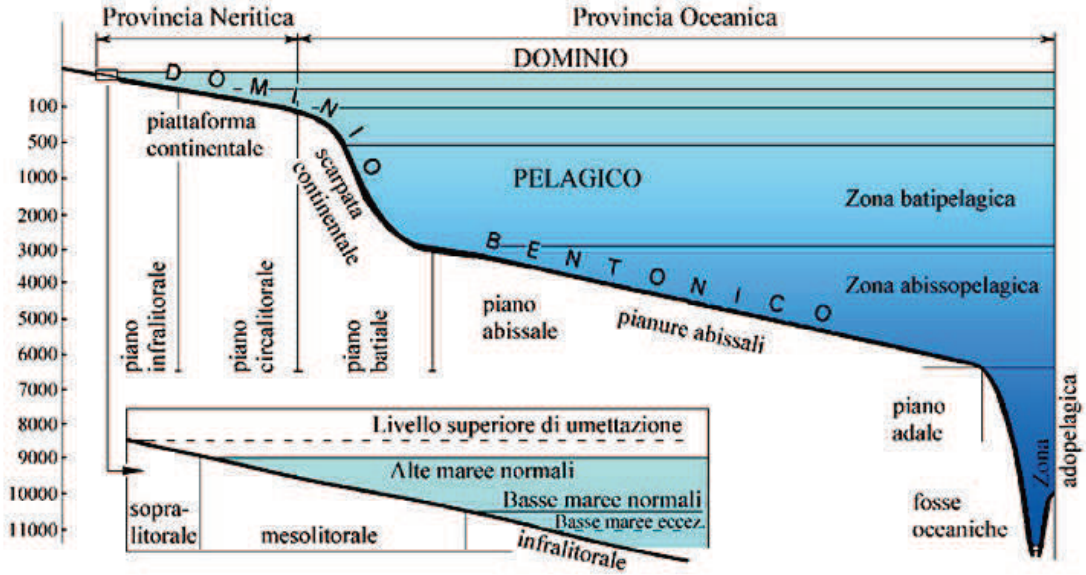


Fig.2. Rappresentazione schematica della zonazione bionomica sulla base del modello di Pérès e Picard del 1964.

www.ginuxunivpm.it

Nel dominio bentonico si individuano il sistema fitale (la fascia in cui le condizioni fisiche consentono la presenza di organismi vegetali) ed il sistema afitale (che si estende dal limite inferiore del sistema fitale fino alle massime profondità).

Il sistema fitale comprende cinque piani: adlitorale, sopralitorale, mesolitorale, infralitorale e circalitorale. Il sistema afitale comprende tre piani: batiale, abissale e adale.

Piano adlitorale

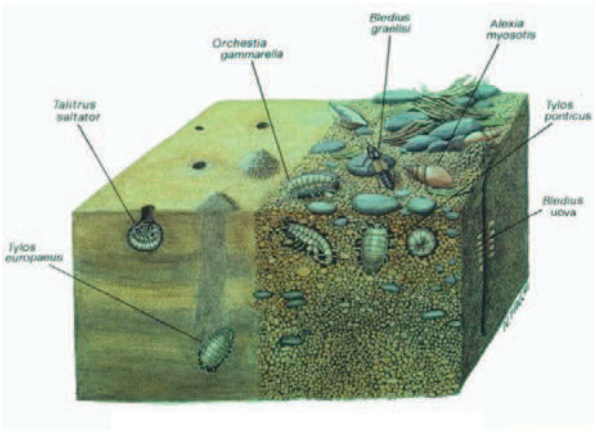
Questa zona non entra mai direttamente in contatto con l'acqua marina, ma è indirettamente influenzata da essa. Infatti, giunge al suolo trasportata dal vento sotto forma di salsedine e tende a infiltrarsi attraverso il processo di capillarità nei litorali.

Piano sopralitorale

Questa fascia include l'area influenzata dagli spruzzi generati dal moto ondoso ed è per questo motivo classificata come un'area emersa. È caratterizzata da notevoli variazioni fisico- chimiche, con marcate escursioni termiche causate dall'influenza della radiazione luminosa, intensa evaporazione e conseguente aumento della salinità. Gli organismi che abitano questa zona richiedono o sono in grado di sopravvivere in queste specifiche condizioni. Le pozze di marea e le porzioni di substrato con elevato tasso di umidità sono pertanto riconducibili al piano sopralitorale. Sui substrati coerenti ed incoerenti si possono trovare alghe microscopiche come i cianobatteri (A. Montanari et al., 2019), così come organismi quali ciliati, rotiferi, isopodi e anfipodi (S. C. Pennings et al., (2000), 1918-1929).

Piano mediolitorale

Questo piano è situato tra il sopralitorale (sempre emerso) e l'infralitorale (sempre sommerso), caratterizzandosi per l'alternanza di periodi di immersione ed emersione dovuti al fenomeno del moto ondoso e alle escursioni di marea. Nel Mediterraneo, le escursioni di marea generalmente presentano una escursione limitata, con minimi di pochi centimetri e massimi compresi tra 1,5 e 1,9 metri (F. Antonioli et al., (2015), 66-84). Gli organismi che abitano il piano mediolitorale non sopportano prolungati periodi di immersione o emersione, ma sono adeguatamente adattati ai fenomeni di breve durata. La parte superiore di questo piano, influenzata dagli spruzzi, è distintiva per la presenza di cirripedi. Al di sotto di questo strato, si trovano molluschi gasteropodi come le patelle e molluschi bivalvi (S. Coppa et al., 2012, 108-117). Al diminuire dell'effetto dell'idrodinamismo, quindi scendendo al di sotto dei primi centimetri d'acqua aumenta la complessità della comunità.



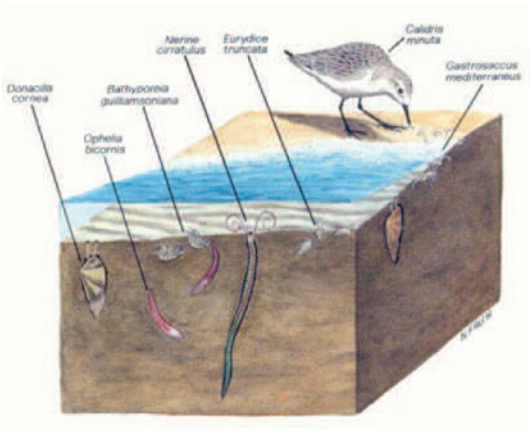


Fig. 3 Rappresentazione della biocenosi del piano sopralitorale.

Fig. 4 Rappresentazione della biocenosi del piano mesolitorale.

http://www.biologiamarina.eu/Zonazione.html

Piano infralitorale

Questo livello è situato tra il confine occupato dalle specie bentoniche che non sopportano lunghe emersioni e la massima profondità raggiunta dalle angiosperme e dalle alghe fotofile. Tale caratterizzazione è strettamente correlata al fattore luce e alla torbidità dell'acqua (e quindi anche al tipo di substrato e all'idrodinamismo). Nel Mediterraneo, il limite inferiore varia da circa 10 metri fino a un massimo di circa 50 metri (G. Pergent, V. Rico- Raimondino, and C. Pergent-Martini, 1997, 307-321) in condizioni di acque particolarmente trasparenti (alcune aree della Sardegna). Lo sviluppo delle biocenosi nel piano infralitorale è influenzato dal tipo di fondale e dall'idrodinamismo. Su fondali coerenti, le alghe del genere Cystoseria dominano superficialmente, seguite al di sotto da rodoficee come Ceramium rubrum e Jania rubens (A. Cheminée et al., 2013, 70-79; E. Coppejans, 1980, 371-393). La componente animale è rappresentata da briozoi, cirripedi, vermetidi (A. Fortič et al., 2021). In caso di prevalenza della sedimentazione, si verificano lo sviluppo di altre specie del genere Cystoseria, insieme a feoficee come Padina pavonica, attorno alle quali si nutrono molluschi, policheti, crostacei ed echinodermi. Se il fondale è mobile, questo si distingue per la presenza di molluschi come vongole, cannolicchi e telline.

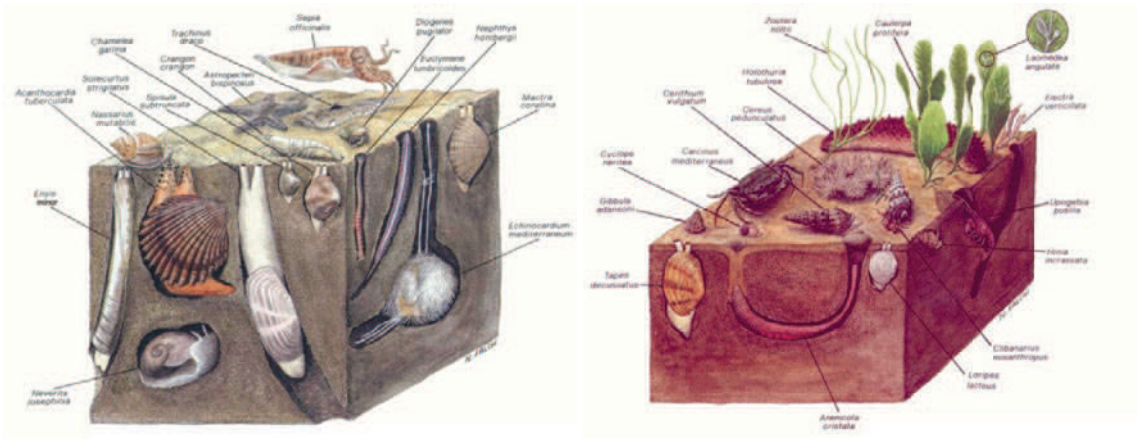


Fig. 5 Rappresentazione piano infralitorale sabbie fini calibrate.

Fig. 6 Rappresentazione piano infralitorale sabbie fini fangose.

http://www.biologiamarina.eu/Zonazione.html

Piano circalitorale

Questo piano si estende dal limite inferiore del piano infralitorale fino alla profondità massima in cui le alghe sciafile possono ancora effettuare il processo di fotosintesi clorofilliana. Questo limite generalmente si attesta a una profondità di circa 120 metri, ma è variabile poiché alcune alghe pluricellulari possono raggiungere profondità di quasi 200 metri (L. Lopez-Lopez et al., 2017, 112-119). In questo piano, le grandi alghe verdi cedono il posto alle alghe rosse di piccole dimensioni, perlopiù calcaree, che richiedono un substrato per il loro sviluppo, un basso idrodinamismo e scarsa luminosità. Nel piano circalitorale si trova la biocenosi del coralligeno, che può manifestarsi come coralligeno di piattaforma (in presenza di substrati incoerenti come la sabbia) o coralligeno di substrato duro (D. Balata et al., 2005, 403-421).

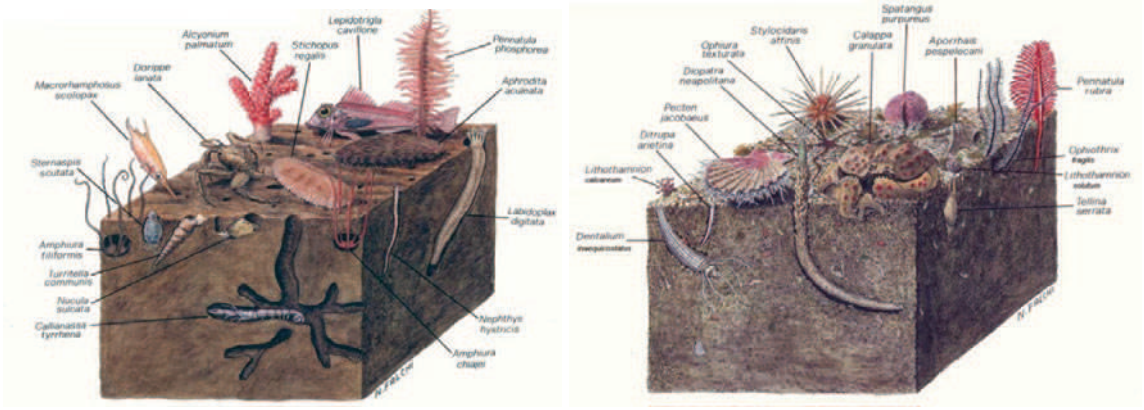


Fig. 7 Rappresentazione piano circalitorale di sedimenti terrigeni costieri.

Fig. 8 Rappresentazione piano circalitorale di sedimenti detritici costieri.

http://www.biologiamarina.eu/Zonazione.html

Piani batiale, abissale, adale

Questi livelli costituiscono il sistema afitale e, di conseguenza, sono privi di vegetazione. Il piano batiale ha inizio oltre la piattaforma continentale e occupa l'intera zona della scarpata continentale fino a una profondità di circa 2000 metri, distinguendosi per una ricca componente animale. I due piani inferiori sono poco rappresentati nel Mediterraneo, principalmente a causa della sua profondità media di circa 1500 metri. Il piano abissale si estende fino alle massime profondità delle pianure che si trovano al di sotto della scarpata continentale, mentre il piano adale caratterizza le fosse oceaniche.

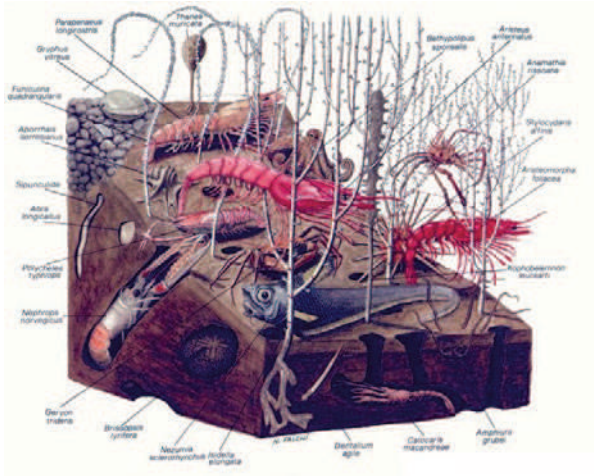


Fig. 9 Zonazione piano batiale: rappresentazione degli organismi caratterizzanti.

http://www.biologiamarina.eu/Zonazione.html

3. Bibliografia

Zenetos A. et al., *"Il Mare Mediterraneo." Agenzia Europea per l'Ambiente*, (2011).

Millot C., Taupier-Letage I., *"Circulation in the Mediterranean sea." The Mediterranean Sea* (2005): 29-66.

Chappuis E. et al., *"Vertical zonation is the main distribution pattern of littoral assemblages on rocky shores at a regional scale." Estuarine, Coastal and Shelf Science 147*, (2014): 113-122.

Pennings S. C., et al., *"Feeding preferences of supralittoral isopods and amphipods." Canadian Journal of Zoology 78.11* (2000): 1918-1929.

Montanari A. et al., *"Pelagosite revisited: The origin and significance of a laminated aragonitic encrustation of Mediterranean supralittoral rocks."* (2019).

Antonioli F. et al., *"Tidal notches in Mediterranean Sea: a comprehensive analysis." Quaternary Science Reviews 119* (2015): 66-84.

Coppa S. et al., *"Density and distribution of Patella ferruginea in a Marine Protected Area (western Sardinia, Italy): Constraint analysis for population conservation." Mediterranean Marine Science 13.1* (2012): 108-117.

Pergent G., Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., *"Fate of primary production in Posidonia oceanica meadows of the Mediterranean." Aquatic Botany 59.3-4* (1997): 307-321.

Cheminée A. et al., *"Nursery value of Cystoseira forests for Mediterranean rocky reef fishes." Journal of experimental marine biology and ecology 442* (2013): 70-79.

Coppejans E., *"Phytosociological studies on Mediterranean algal vegetation: rocky surfaces of the photophilic infralittoral zone." The shore environment 2* (1980): 371-393.

Fortič A. et al., *"Temporal changes of a fouling community: Colonization patterns of the benthic epifauna in the shallow northern Adriatic Sea." Regional Studies in Marine Science 45* (2021): 101818.

Lopez-Lopez, L. et al., *"Benthic litter distribution on circalittoral and deep sea bottoms of the southern Bay of Biscay: analysis of potential drivers." Continental Shelf Research 144* (2017): 112-119.

Balata D. et al., *"Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposition." Marine environmental research 60.4* (2005): 403-421.

Mariachiara Costanzo

La sorprendente biodiversità dello Stretto di Messina

1. Biodiversità dello Stretto di Messina. – 2. Morfologia dello Stretto e fenomeni di Upwelling. – 3. Bibliografia.

1. Biodiversità dello Stretto di Messina

L'ambiente marino ricopre più del 70% della superficie terrestre, rappresentando una risorsa inestimabile di biodiversità. Il Mar Mediterraneo rispecchia solo lo 0,8% della superfice marina mondiale, ma la sua biodiversità nelle acque dello Stretto di Messina è incredibilmente elevata. Esso ospita infatti, una vasta gamma di organismi marini, animali e vegetali, tra i quali mammiferi, pesci, molluschi, alghe e molto altro, in un ecosistema marino unico nel suo genere. Distinto da forte idrodinamismo, bassa temperatura e sovrabbondanza di sali di azoto e fosforo, lo Stretto di Messina si delinea in un hot-spot di biodiversità di eccezionale spessore a livello mondiale. Inquadrato geograficamente in una zona strategica del mar Mediterraneo, è di fatto il punto di unione tra due bacini d'acqua, il mar Ionio e il mar Tirreno, con proprietà chimico-fisico molto differenti tra loro. La conformazione del fondale, oltre al particolare regime di correnti, che si intervallano l'una all'altra, con andamento costante in base a fasi lunari e condizioni meteo marine, influenza in maniera sostanziale l'idrodinamismo dell'area. I fenomeni di Up-welling dello Stretto di Messina, rendono infatti disponibile una enorme quantità di materia organica e sali di azoto e fosforo generando un habitat specifico per diverse specie marine. La risalita di acque profonde, porta in superficie fauna mesopelagica, come il pesce vipera *Chauliodus sloani*, (Bloch & Schneider,1801) o il pesce accetta *Argyropelecus hemigymmus* (Cocco, 1829) di grande rilevanza sia ecologica che biologica, reperibile, in circostanze meteo marine peculiari, spiaggiata lungo le coste sia messinesi che calabresi. Lo Stretto di Messina, in base alla sua singolare posizione geografica, interposto tra i bacini occidentale e orientale del Mediterraneo, è uno straordinario luogo di avvistamento per i movimenti migratori delle specie che lo attraversano. Nella sua area di distribuzione,

infatti, si adunano e traversano un numero considerevole di specie migratorie, tra le quali il tonno rosso, *Thunnus thynnus*, (Linnaeus, 1758) il pesce spada, *Xiphias gladius*, (Linnaeus, 1758) l'aguglia imperiale, *Tetrapturus belone*, (Rafinesque, 1810) ma anche delfini, squali e capodogli. Tra i pesci cartilaginei, particolare menzione meritano *Sphyrna* sp. (Linnaeus, 1758), lo squalo elefante e martello, *Myliobatis aquila* (Linnaeus, 1758), l'aquila di mare, *Hexanchus griseus* (Bonnaterre,1788) lo squalo capopiatto e *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758), la verdesca, tutte specie particolarmente a rischio, a causa delle catture occasionali e talvolta involontarie della pesca professionale. Specie pelagiche peculiari sono di certo lo *Zeus faber*, (Linnaeus, 1758) il pesce San pietro, e *Mola mola*, (Linnaeus, 1758) il pesce luna. Nell'ambito delle specie bentoniche, di elevato interesse, è l'esistenza nello Stretto di Messina di abbondanti popolazioni del granchio *Pilumnus inermis*, (Giacobbe e Spanò, 2001), specie strettamente atlantica, talvolta in associazione con un Idrocorallo Stylasteridae, unico del Mediterraneo, *Errina aspera*, (Linnaeus, 1758), che rappresenta un tipico endemismo dello Stretto di Messina (Rinelli et al., 1999). In prossimità della cosiddetta "Sella", una vera e propria montagna sottomarina dello Stretto di Messina, scopriamo un'infinità di altre specie peculiari ed specifiche dell'area, fra cui la piccola ofiura *Ophiactis balli* (Smiriglio et al., 2016). Quest'area, infine, costituisce singolare rifugio per foreste di alghe brune, *Laminaria*, e considerevoli colonie di *Antipathes subpinnata*, (Ellis & Solander, 1786) il cosiddetto corallo nero del Mar Mediterraneo, grazie a particolari condizioni di temperatura, ph, salinità, ascrivibili per parecchi aspetti fisici-chimici, alle acque atlantiche. Per le sue caratteristiche peculiari ma allo stesso straordinarie, dunque, lo Stretto di Messina è un ecosistema prezioso, che va tutelato e salvaguardato, per la conservazione della biodiversità tipica dell'area.

2. Morfologia dello Stretto di Messina e fenomeni di Upwelling

Il Mar Mediterraneo rappresenta da sempre una risorsa per le comunità costiere che lo abitano e allo stesso tempo una ricchezza biologica per il pianeta. I fattori biotici e abiotici che ne stabiliscono le caratteristiche peculiari lo rendono infatti, ricco di vita e diversità biologica. In particolar modo lo Stretto di Messina possiede una ricchezza di specie per area, dieci volte superiore alla media globale degli oceani. Si calcola che nel Mediterraneo sono state riportate in letteratura all'incirca 17 mila specie animali e specie vegetali (Coll et al., 2010),

delle quali, una parte, sono di origine Atlantica, ma molte altre, sono autoctone, cioè esclusive di questo bacino. Il ritrovamento in Mediterraneo di specie tipicamente Atlantiche è un fenomeno in aumento, possibilmente intensificato dal climate change, suscitando occasionalmente problematiche nel definire se trattasi di specie aliena (cioè specie distante dal suo areale d'origine) oppure no, per il fatto che, non sempre è chiaro, se l'ampliamento di areale della specie sia stata spontanea, o risultato di una immissione condizionata e mediata dall'uomo. Un esempio è il bunkeraggio delle navi cargo, che scaricano le loro acque di stiva, da un porto di partenza a uno di arrivo, con tutto ciò che può esserci all'interno, comprese uova e forme larvali (Evans et al., 2020). Questi organismi avranno la possibilità di svilupparsi e crescere in un ecosistema totalmente diverso da quello d'origine se le condizioni fisiologiche ed ecologiche gli permettono la sopravvivenza, altrimenti periranno, non comportando nessun impatto sull'ecosistema. Il bacino del Mediterraneo è caratterizzato da una vasta frammentazione geografica ad ecologica che lo rendono particolarmente vario a livello di popolamenti e di habitat. All'interno di quest'area geografica, lo Stretto di Messina è di fatto un'area di divisione tra la Sicilia e la Calabria, ma allo stesso tempo, in termini oceanografici designa un punto di "scontro" tra due importanti bacini, il Mar Ionio e il Mar Tirreno. Questi due bacini d'acqua mettono in movimento in alcune aree anche 750.000-1.000.000 m3 al secondo di acqua, (Tomasino,1995) che possono arrivare a raggiungere una velocità di 200-300 cm/s, creando dei veri e propri "fiumi" di corrente d'acqua. Questo spettacolare regime di correnti, chiamate "montante" e "scendente", che si alternano con andamento giornaliero in base a fasi lunari e condizioni meteo marine, creano un idrodinamismo particolarmente vivace, condizionato, oltre a ciò, dalla morfologia del fondale. Gli aspetti geo-morfologici dello Stretto di Messina, infatti, lo rappresentano simile a una strettoia a forma di imbuto, (Fig. 1) con la parte più stretta a Nord, a livello della zona di Capo Peloro (circa 3,2 Km). Da qui l'imbuto, si apre in modo progressivo verso la zona di Punta Pellaro, ovvero la parte più meridionale dello Stretto di Messina.



Figura 1 – Morfologia dello Stretto di Messina. Fonte: https://www.greenplanner.it/wp-content/uploads/2017/12/stretto-messina.jpg

Da un punto di vista morfologico lo Stretto di Messina può essere comparato a una montagna, il cui apice è nella così chiamata "sella", posizionata geograficamente nella retta immaginaria che unisce Ganzirri-Punta Pezzo. Quindi troviamo dalla parte tirrenica della sella, un fondale che degrada gradualmente fino ai 1000 metri, che si spinge fino area di Milazzo, dall'altra il Mar Ionio, che raggiunge invece, i 2000 metri di profondità, in corrispondenza della zona di Punta Pellaro. Lo Stretto di Messina diventa quindi l'incontro di masse d'acqua diverse e tra loro non immediatamente miscibili. Le acque provenienti da Mar Tirreno sono più calde e meno dense rispetto a quelle provenienti dal Mar Ionio, molto più fredde e dense. Lo sviluppo delle correnti tipiche di quest'area, si genera da un dislivello di massimo 27 cm per bassa e/o alta marea nei corrispondenti bacini d'acqua. Nello specifico, viene definita "corrente scendente", quando prevalgono le acque tirreniche in movimento da Nord verso Sud, e "corrente montante", quando prevalgono le acque ioniche in senso contrario. Il flusso delle due masse d'acqua è incessante finché, alternativamente, l'una o l'altra massa riempiono la parte centrale dello Stretto. Ragion per cui, quando si impone la "corrente montante", cioè da Sud verso Nord, il centro dello Stretto è occupato da acque più fredde e pesanti che sprofondano su quelle tirreniche, per poi, oltrepassata la sella Ganzirri- Punta Pezzo, riversarsi nel Mar Tirreno. Viceversa, nel caso in cui la corrente scendente prevale sulla montante. Il continuo mescolarsi delle acque tirreniche con quelle ioniche, oltre a concorrere all'ossigenazione e rimescolamento delle acque, causa eventi idrodinamici visivamente

distinguibili, sia in senso orizzontale che verticale lungo la colonna d'acqua, i cosiddetti tagli e scale di corrente, o macchie d'olio (Fig.2).



Figura 2 - Tagli di marea nello stretto di Messina, identificabili visivamente dall'elevato idrodinamismo superficiale. Fonte: Documentario "Sea of Legends" realizzato dall'Università degli Studi di Messina in collaborazione con il Laboratorio Lab STREAM.

I fenomeni idrodinamici orizzontali come i tagli e le scale di maree sono assimilabili a delle onde, come quelle visibili al cambio di marea negli estuari. Questi fenomeni hanno luogo ogniqualvolta si alternano le acque dei bacini del Mar Ionio e del Mar Tirreno caratterizzati da masse d'acqua a densità diverse tra loro. Ganzirri, Torre Faro e Punta Pezzo sono punti specifici, centrali dello Stretto, in cui questo idrodinamismo è percettibile visivamente, accentuato dall'azione dei venti che talvolta spirano in quest'aree. Le macchie d'olio, invece, sono fenomeni idrodinamici in senso verticale con andamento anticiclonico, che si creano per l'incontro di correnti provenienti da sensi opposti, agevolati dalla conformazione del fondale. Anche questi sono riscontrabili in aree specifiche dello Stretto. I "garofali" invece, hanno una rotazione ciclonica, dovuto al riaffiorare turbolento delle acque più leggere Tirreniche. Esempio di "garofalo" è quello che spesso si viene a formare tra Punta S. Raineri e l'ingresso del porto di Messina. Tutti i movimenti idrodinamici turbolenti dello Stretto di Messina, visibili tra l'altro dalla terra ferma, hanno creato antiche leggende di miti riconducibili ai famosi mostri di Scilla e Cariddi. Questi fenomeni determinano una ricchezza di biodiversità nella zona dello Stretto di Messina, concorrendo all'integrazione di nutrienti; soprattutto

nell'area della Sella, in cui si registrano i massimi valori di clorofilla e produzione di sostanza organica. Infatti, attraverso fenomeni di correnti in asse verticale, noti come "correnti di up-welling", una grande quantità di materia organica, sali di azoto e fosforo, e altri composti utili a livello biologico vengono convogliati in aree relativamente ristrette, creando un habitat peculiare per gli organismi animali marini. Non a caso, l'Area dello Stretto di Messina è stata spesso associata, da un punto di vista biologico ed oceanografico, a condizioni di tipo atlantico, assumendo i connotati di un piccolo oceano in miniatura all'interno del bacino Mediterraneo. La risalita di acque profonde, inoltre, porta in superficie specie tipiche della fauna mesopelagica e batipelagica, abitanti abituali di fasce molto più profonde e in certi casi abissali. Non è raro trovare spiaggiati sulle rive dello Stretto il pesce vipera *Chauliodus sloani*, (Fig.3), o il pesce accetta *Argyropelecus hemigymmus*, specie di grande rilevanza ecologica per il ruolo che ricoprono all'interno delle reti trofiche marine, sia come predatori dello zooplancton, che come prede di pesci e molluschi di maggiori dimensioni.



Figura 3 - Esemplari di Chauliodus sloani, il pesce vipera, dopo un campionamento effettuato lungo lo Stretto di Messina. Fonte: Laboratorio Lab STREAM.

Un biotipo costiero, di particolare importanza, definito beach rock, in quanto si presenta come una panchina rocciosa, posta tra il piano mesolitorale e porzione superiore del piano infralitorale, è tangibile sia nelle coste della Sicilia che della Calabria. Il beach rock è sotto tutela dalla Riserva Naturale Orientata "Lagune di Capo Peloro" dal momento che è

compresa tra la zona di Capo Peloro e S.Agata. Tutti gli organismi bentonici di questa fascia batimetrica dispongono dunque di questo eccezionale substrato duro naturale (Bottari et al., 2005), per tale motivo da tutelare e salvaguardare. Di fatti, considerato il vigoroso idrodinamismo tipico di quest'area, la conformazione e la collocazione topografica, il beach rock ospita organismi bentonici assolutamente eccezionali a confronto dei biotipi mediterranei analoghi. Il biotipo costiero della costa messinese mostra inoltre formazioni a Vermetus, tutelato a livello comunitario, giacché caso unico nel Mar Mediterraneo per via della sua struttura posta sulla superficie del conglomerato, anziché disposte nella singolare formazione a trottoir (Scuderi et al., 1998). Per le caratteristiche che sono state attenzionate nel corso di questa piccola descrizione dello Stretto di Messina, è chiaro come quest'area rappresenti un hotspot di biodiversità unico al mondo, che dobbiamo tutelare e salvaguardare per le future generazioni.

3. Bibliografia

Coll M, et al. (2010) *The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats*. *PLoS One*. 2010 Aug 2;5(8): e11842. https://doi.org/10.1371/journal.pone. 0011842.

Evans J, Arndt E, Schembri PJ (2020) *Atlantic fishes in the Mediterranean: using biological traits to assess the origin of newcomer fishes*. *Mar Ecol Prog Ser* 643:133-143. https://doi.org/10.3354/meps13353.

Giacobbe S., & Spanò N. (2001). *The Pilumnus inermis species in the Southern Tyrrhenian Sea and Straits of Messina (Central Mediterranean): distribution and ecology*. *Crust*. 74(7), 659–672.

Bottari C., Carveni P., Giacobbe S., Spanò N. (2005). *Genesis and geomorphologic and ecological evolution of the Ganzirri salt marsh (Messina, Italy)*. Quater- nary International, 140–141, 150–158.

Smiriglio, C., Mariottini, P., Giacobbe, S. (2016).*Jujubinus errinae n. sp. (Gastropoda trochidae) from the Strait of Messina, Mediterranean Sea.* Biodiversity Journal, 7(1), 59–66.

Tomasino M. (1995). *The Exploitation of Energy in the Straits of Messina,* in L. Guglielmo, A. Manganaro, E. De Domenico, (Eds.), *The Straits of Messina Ecosystem*, (pp. 49–60).

Rinelli P., Spanò N., Giacobbe S. (1999). *Alcune osservazioni su crostacei deca- podi ed echinodermi dei fondi a Errina aspera dello Stretto di Messina*. Biol. Mar. Medit., 6(1), 430–432.

Claudio D'Iglio

OTOLITI: LA CARTA D'IDENTITÀ DEI PESCI

1. L'equilibrio e l'udito nei vertebrati. – 2. L'orecchio interno dei pesci. – 3. Cosa sono gli otoliti. – 4. Perché gli otoliti? La loro importanza a livello scientifico. – 5. Prospettive future. – 6. Bibliografia.

1. L'equilibrio e l'udito nei vertebrati

La percezione dell'ambiente circostante è fondamentale per interagire con il mondo che ci circonda. L'elaborazione dei suoni e il mantenimento dell'equilibrio, con la percezione della forza di gravità e dello spazio che ci circonda, sono processi fisiologici alla base della sopravvivenza, perché da essi dipendono la reazione di ogni essere vivente agli stimoli che provengono dal mondo esterno. Questi processi si sono mantenuti quasi del tutto invarianti durante l'evoluzione dei vertebrati, e vedono come attore protagonista l'orecchio interno. Questo è formato da canali semicircolari (tre negli gnatostomi, vertebrati provvisti di mascelle articolate e tipicamente di arti pari; ne fanno parte i Pesci ossei, i Pesci cartilaginei e i Tetrapodi), che hanno la funzione di individuare ed elaborare l'accelerazione angolare del corpo, derivante dal movimento. Due piccole sacche presenti nel labirinto membranoso, chiamate organi otolitici, l'Utricolo e il Sacculo, invece, sono le parti da cui dipende la percezione dell'accelerazione lineare (Pfaff, Schultz, and Schellhorn 2019). Per quanto concerne la ricezione ed elaborazione del suono, questa presenta una maggiore variabilità all'interno dei vertebrati, con il coinvolgimento di diverse strutture. Nei tetrapodi (superclasse di vertebrati che presentano quattro arti, in alcuni casi scomparsi durante l'evoluzione, alla quale fanno parte anche gli esseri umani) le strutture coinvolte sono i recessi lagenari (la lagena è un altro organo otolitico) nei non-mammiferi, mentre nei mammiferi la coclea e l'orecchio medio, che hanno il compito di convertire la pressione esercitata dal movimento delle particelle indotto dal suono, in stimoli fisiologici verso il nervo acustico (Fleischer 1978). Nei pesci ossei e cartilaginei (squali, razze, ecc.) le strutture coinvolte sono diverse. In quest'ultimi il labirinto e la linea laterale (sistema di recettori, disposti in fila,

presenti lungo il fianco dell'animale) esplicano la funzione uditiva, mentre nei pesci ossei i meccanismi e le strutture sono molteplici (Platt and Popper 1981). Nei pesci definiti "specialisti" nella percezione dei suoni, vi è la presenza di particolari cavità gassose, organi e vescicole che hanno la capacità di riempirsi di gas. Queste strutture, definite periferiche, hanno il compito di trasmettere le vibrazioni, indotte dal suono all'aria presente al loro interno, all'orecchio interno, grazie alla stretta connessione che queste strutture hanno con esso (Popper and Fay 2011). La loro morfologia può essere molteplice, così come il meccanismo di trasmissione della pressione esercitata dal suono. L'organo periferico più comunemente coinvolto nei processi uditivi dei pesci ossei è sicuramente la vescica natatoria. Questa è formata da due sacche, derivanti dall'estroflessione dell'esofago, che hanno la capacità di riempirsi di gas, regolando il galleggiamento dell'animale nell'ambiente marino. La connessione tra vescica natatoria e orecchio interno, fondamentale per l'efficace trasmissione del "movimento" indotto dal suono al gas presente al loro interno, può avvenire o tramite la presenza di particolari ossa (apparato Weberiano), oppure con delle estensioni della vescica stessa, che entrano direttamente in contatto con il sacculo (organo otolitico direttamente coinvolto nei processi uditivi nella maggior parte dei pesci ossei). Molte specie (come quelle appartenenti alla famiglia Clupeidae) mostrano addirittura la presenza di bolle d'aria all'interno del cranio, adiacenti all'orecchio interno, coinvolte nel processo uditivo. Questa particolare organizzazione anatomica permette a queste specie, tra le quali troviamo per esempio l'aringa (*Clupea harengus*, Linnaeus, 1758), di percepire addirittura gli ultrasuoni. Questo è reso possibile dalla stretta connessione tra le bolle d'aria presenti nel cranio e l'Utricolo. Infatti, tanto più stretta sarà la connessione tra queste strutture periferiche e gli organi otolitici dell'orecchio interno, tanto più raffinate saranno le capacità uditive della specie, e ampia la banda sonora percepita (Ramcharitar, Higgs, and Popper 2006; Schulz-Mirbach et al. 2013). Questa grande variabilità dei meccanismi adottati nella percezione dei suoni riflette la grande diversità delle dinamiche del processo uditivo, e della morfologia dell'orecchio interno nei pesci ossei. Questa diversità è la più ampia tra i vertebrati, e da contezza della grande biodiversità all'interno di questo gruppo, e dell'elevata capacità di adattamento eco-morfologico che ha reso i pesci capaci di colonizzare ogni ambiente acquatico presente sulla terra.

2. L'orecchio interno dei pesci

Per quanto sia complicato evidenziare una struttura dell'orecchio interno comune a tutti i pesci ossei, le strutture condivise sono tre canali semicircolari (con i loro organi terminali, le ampulle) e tre organi otolitici (sacculo, utriculo, e lagena) (Schulz-Mirbach et al. 2019). All'interno di questi ultimi si trovano tre masse (una per ogni organo) di carbonato di calcio, dette otoliti: la sagitta nel sacculo, il lapillo nell'utricolo e l'asterisco nella lagena. All'interno dei canali e degli organi è presente un liquido endolinfatico viscoso, che si muove più lentamente rispetto al resto dell'orecchio interno, quando l'animale è in movimento. Questa inerzia causa uno spostamento sfalsato del liquido rispetto ai canali semicircolari, i quali presentano una cresta sensoriale, all'interno delle ampulle. Questa viene sollecitata dalla forza meccanica esercitata dal passaggio del liquido, causando la flessione delle cellule ciliate presenti in superficie. Queste cellule sono coperte da meccanorecettori, dette stereocilia, i quali convertono la loro flessione causata dal movimento del liquido endolinfatico, indotto dall'accelerazione angolare della testa relativa al movimento del corpo, in messaggi chimici (rilascio di neurotrasmettitori) vero le sinapsi dei nervi presenti alla loro base. Questo processo fisiologico, alla base delle funzioni uditive e vestibolari di tutti i vertebrati, converte gli stimoli meccanici relativi al movimento e alla percezione della forza di gravità, in stimoli chimici che rendono possibile la loro percezione ed elaborazione (Elliott, Fritzsch, and Duncan 2018). Per quanto concerne l'elaborazione del suono, il processo fisiologico alla base è sempre lo stesso, cioè la conversione di stimoli meccanici nella flessione delle cellule ciliate, ma le strutture interessate e i meccanismi sono diversi. Le strutture coinvolte nella funzione uditiva dell'orecchio interno sono gli organi otolitici. Questi svolgono un ruolo multiplo sia nell'udito che nelle funzioni vestibolari, con dinamiche e grado di coinvolgimento di ognuno di loro in ognuna delle due funzioni che varia di specie in specie (Popper et al. 2008). Il sacculo e l'utriculo sembrano essere coinvolti nella percezione dell'accelerazione lineare e della forza di gravità, fondamentale per la percezione del movimento su pinai verticali e orizzontali (Chagnaud et al. 2017). Per quanto riguarda la funzione uditiva, tutti e tre gli organi otolitici sembrano essere coinvolti, con il sacculo che potrebbe ricoprire il ruolo in più importante nella maggior parte delle specie (Popper 1983). Gli otoliti presenti all'interno di questi organi, grazie alla loro stretta connessione con l'epitelio sensoriale (macula) ricco di cellule ciliate,

rendono possibile la conversione del movimento delle particelle indotto dal suono in una risposta fisiologica, che causa la stimolazione nervosa. Gli otoliti hanno una densità maggiore dell'epitelio sensoriale e del resto del corpo. Questo fa si che, soggetti a un campo sonoro, vibrino e si muovano, per fase e ampiezza, diversamente rispetto all'epitelio. Il movimento relativo e la vibrazione degli otoliti rispetto all'epitelio, provocato dal suono, causa la flessione delle cellule ciliate presenti su quest'ultimo, e quindi la stimolazione nervosa, rendendo possibile la percezione del suono tramite stimolazione diretta dell'orecchio interno (Popper and Lu 2000).

3. Cosa sono gli otoliti

Gli otoliti sono masse di carbonato di calcio composte per la quasi totalità (90%) da materia inorganica, e da una piccola frazione proteica. La deposizione di carbonato di calcio procede ininterrottamente per tutta la vita del pesce, con un accrescimento giornaliero e un costante incremento di nuovo materiale. Sono strutture metabolicamente inerti, in quanto qualsiasi composto chimico o elemento aggiunto durante il loro accrescimento viene mantenuto permanentemente, senza alcun processo di riassorbimento (Steven E. Campana 1999; S. E. Campana and Thorrold 2001). Calcio, ossigeno e carbonio sono i principali elementi che compongono gli otoliti, con molti altri presenti in traccia (Fosforo, Sodio, Potassio, Stronzio, Azoto, Zolfo e Cloro), a concentrazioni ridotte. Il processo di bio-mineralizzazione, alla base della formazione degli otoliti e del loro accrescimento, non è ancora del tutto chiaro, nonostante sia stato ampliamente studiato, soprattutto nelle sagitte (Hüssy et al. 2021; Thomas and Swearer 2019). Otoliti e macula sono infatti immersi in una membrana gelatinosa (membrana otolitica) che media il contatto tra loro. La zona in cui avviene il contatto tra macula e otoliti, mediato dalla membrana otolitica, è il solco acustico: una scanalatura presente nella faccia interna degli otoliti che segue la forma della macula. Otoliti, macula e membrana otolitica formano l'apparato otolitico, che rappresenta nei pesci ossei un'entità fisiologica e morfologica. Gli otoliti, che coprono la macula e con la quale sono messi in contatto tramite la membrana otolitica, si comportano come una massa che si muove seguendo la forza di gravità, con ampiezze e fasi diverse rispetto alla macula, grazie alla loro diversa densità e inerzia.

Gli otoliti non sono direttamente a contatto con la regione di calcificazione. Quindi questo processo è strettamente connesso alla composizione chimica del liquido endolinfatico che li circonda. In particolare, il pH e la composizione chimica del liquido endolinfatico sembrano essere i principali fattori ad influenzare il processo di bio-mineralizzazione, mediato dalle cellule epiteliali dell'epitelio endolinfatico degli organi otolitici (Borelli et al. 2003; Payan et al. 1998). Il processo di deposizione di carbonato inizia quando l'animale è allo stato embrionale, con un gruppo di precursori (composti principalmente da sostanze quali glicogeno e glicoproteine), che vanno a formare il primordio dell'otolite, adesi al tessuto epiteliale dell'organo otolitico. Il processo di bio-mineralizzazione che segue la formazione del primordio procede con la deposizione giornaliera alterna di strati dall'alto contenuto di minerali, alternati a strati dall'alto contenuto proteico. Queste, chiamate bande di crescita, grazie alla loro diversa composizione chimica, presentano colori diversi sotto la luce riflessa: con le bande depositate durante le stagioni calde, caratterizzate da una crescita più rapida dell'animale, più ricche di matrice organica, con un colore bianco (definite opache), e le bande depositate durante le stagioni fredde, caratterizzate da una crescita più lenta dell'animale, più ricche di matrice inorganica, che appaiono traslucide (definite ialine). Il conteggio di queste bande è utilizzato per stimare le età dei pesci, con un meccanismo simile alla lettura degli anelli di accrescimento nei tronchi degli alberi (S. E. Campana 2001). Il meccanismo che consente la deposizione degli incrementi ad oggi non è del tutto compreso. Le proteine sembrano giocare un ruolo chiave, come evidenziato dalla loro alta concentrazione nel liquido endolinfatico e dalla connessione che sembra esserci tra la loro abbondanza e la formazione degli incrementi (Edeyer et al. 2000). L'accrescimento, la simmetria e la forma degli otoliti sembrano essere regolate da speciali isozimi: le anidrasi carboniche. Queste catalizzano la formazione di ioni bicarbonato partendo dall'anidride carbonica, seguendo la seguente reazione:

$$CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + H^+$$

Queste sono fondamentali per la deposizione di aragonite, l'organizzazione tridimensionale, caratterizzata da cristalli a forma di prisma, del carbonato di calcio più comune in lapilli e sagitte. Affinché questo processo avvenga sono necessari dei meccanismi di controllo del pH, fondamentali per mantenere un ambiente chimico favorevole per la precipitazione dell'aragonite. La concentrazione degli elementi presenti in traccia sembra

invece essere correlata all'ambiente in cui si trova l'animale. Infatti, gli elementi in traccia sembrerebbero sostituire il Calcio durante la deposizione dell'aragonite, o rimanere intrappolati come ioni o macromolecole, com'è stato ampliamente riportato per lo Stronzio (Doubleday et al. 2014). La concentrazione di elementi in traccia all'interno degli otoliti è profondamente influenzata da condizioni ambientali quali la loro concentrazione nell'ambiente acquatico, la salinità, la temperatura e il pH (Sturrock et al. 2012).

Per quanto concerne l'organizzazione cristallina del carbonato di calcio all'interno degli otoliti, questa varia tra asterisci, lapilli e sagitte. Gli ultimi due, infatti, presentano principalmente carbonato di calcio sotto forma di aragonite e, a basse concentrazioni, di calcite. L'aragonite è un polimorfo della calcite a maggiore densità, con forma dei cristalli generalmente prismatica. La calcite, invece, si presenta in forma tendenzialmente romboedrica, ma anche tubulare o prismatica, ed è anche la componente principale dell'esoscheletro dei coralli. Gli asterisci, invece, sono principalmente formati da cristalli di vaterite. Questa è un polimorfo della calcite, più instabile rispetto alle altre due strutture cristalline discusse sopra, e si presenta trasparente e fragile. La struttura cristallina influenza in maniere rilevante gli otoliti ed è stato riportato come variazioni nella deposizione causate da inquinanti, stress o malattie dell'animale, possano influenzare la struttura cristallina del carbonato di calcio, alterando il comportamento degli otoliti (Gauldie 1993; D'iglio et al. 2022; D'Iglio et al. 2021). Tra le tre paia di otoliti, le sagitte sono sicuramente le più studiate. Questo dipende dalle loro dimensioni, maggiori rispetto a lapilli e asterisci nella maggior parte delle specie, e alla loro elevata variabilità morfologica tra le specie e tra gli esemplari di una stessa specie (Popper, Ramcharitar, and Campana 2005). Lapilli e asterisci sono molto piccoli, con non poche difficoltà relative al loro prelievo, e, soprattutto gli asterisci, essendo principalmente composti da vaterite, sono molto più fragili. La grande variabilità morfologica degli otoliti tra specie diverse dà contezza di quanto lo sviluppo dell'orecchio interno sia stato fondamentale nel consentire l'adattamento dei pesci ossei all'ambiente, consentendogli di colonizzare la totalità degli ambienti acquatici presenti sulla terra, e raggiungere la biodiversità più elevata tra i vertebrati presenti nel nostro pianeta. La variabilità tra gli otoliti di esemplari appartenenti alla stessa specie dà invece l'idea di come il processo di crescita di queste strutture carbonatiche sia strettamente connesso alla fisiologia dell'animale

e all'ambiente che lo circonda, fornendo dati importanti sull'adattamento morfologico ai diversi habitat, fenomeno alla base dell'evoluzione e del concetto di popolazione.

4. Perché gli otoliti? La loro importanza a livello scientifico

Le loro peculiarità a livello fisiologico, chimico e morfologico hanno fatto si che gli otoliti diventassero uno strumento ampiamente utilizzato, fino ai giorni nostri, per studiare tantissimi aspetti della vita e della biodiversità dei pesci ossei.

Il primo a menzionare l'esistenza degli otoliti fu Aristotele, nel IV secolo a.d., parlando della presenza di un paio di "pietre" nel cranio di alcune specie di pesci (Chaine and Duvergier 1934). Durante il periodo classico, passando dal Medioevo per gran parte del Rinascimento, la presenza degli otoliti fu riferita dai naturalisti a un sempre crescente numero di specie. A livello folkloristico, queste masse carbonatiche assunsero altri significati. Nella seconda metà del XVI, e nella prima del XVII secolo, furono associati a diverse credenze e superstizioni, attribuendogli proprietà curative o poteri divini, quali: la protezione dei marinai dalle tempeste, proprietà afrodisiache, capacità di predire l'arrivo di eventi catastrofici, proprietà analgesiche e curative per patologie quali la malaria, febbre e raffreddore (Koken 1884). Soltanto nella prima metà del XIX secolo queste "pietre" presenti nell'orecchio dei pesci ossei furono descritte accuratamente, evidenziandone la morfologia specie specifica e la loro rilevanza nell'identificazione tassonomica, parlando per la prima volta di solco acustico e della sua importanza (Nolf 1985). Risale anche a questo periodo la prima evidenza scientifica sulla presenza di otoliti "fossili" in strati geologico risalenti ad ere passate (Nolf 1985). L'identificazione tassonomica tramite otoliti è infatti una delle loro principali applicazioni scientifiche. Per quanto riguarda la paleontologia, grazie agli otoliti fossili è stato possibile ricostruire la fauna ittica delle ere geologiche passate, tecnica tutt'oggi utilizzata (Lin, Girone, and Nolf 2016). Nonostante alla fine del XIX secolo la morfologia dell'orecchio interno dei pesci ossei fosse ampliamente studiata, gli otoliti non vennero approfonditi, se non per la loro morfologia specie specifica, fino all'ultimo decennio del secolo. In questo periodo fu fornita alla comunità scientifica la prima monografia su una collezione di otoliti fossili con una loro accurata descrizione tramite nomenclatura specifica, evidenziandone l'importanza per la comprensione della fauna ittica presente e pregressa (Koken 1884).

Nel XX secolo gli otoliti vennero studiati solo per la loro importanza nell'identificazione tassonomica in paleontologia, fino agli inizi degli anni 70, in cui si aprirono nuove prospettive, grazie all'applicazione degli otoliti nella stima dell'età e negli studi sulla dieta dei predatori marini. Questi rappresentano infatti i campi che hanno reso queste "pietre", come le chiamava Aristotele, tra le strutture più utilizzate per analizzare la vita dei pesci e le relazioni ecologiche all'interno degli ecosistemi marini. Per quanto riguarda il loro utilizzo nell'analisi dei contenuti stomacali, questo è reso possibile grazie alla loro resistenza ai processi di digestione. Infatti, nella maggior parte dei casi, quando si analizza lo stomaco di un predatore ittiofago per studiarne la dieta, la quasi totalità dei tessuti molli (muscoli, pelle. ecc.) è già digerita, e pertanto irriconoscibile. Le uniche parti a resistere sono le strutture ossee e carbonatiche, come gli otoliti. Questi, grazie alla loro morfologia che varia notevolmente di specie in specie, sono fondamentali per identificare al più basso livello tassonomico possibile la preda, e, quindi, ricostruire i rapporti preda predatore e le dinamiche trofiche dell'ambiente marino (Steven E. Campana 2004; Tuset, Lombarte, and Assis 2008). La stima dell'età tramite le sagitte è invece resa possibile dalla deposizione giornaliera di carbonato di calcio in accrescimenti dal diverso contenuto di materia organica, e quindi dal diverso colore, sotto luce riflessa. Questo fa si che contando gli incrementi giornalieri o annuali si possa stimare l'età del pesce e il periodo di nascita, conoscendone la data di cattura. Questo ha avuto implicazioni importantissime nella scienza della pesca e nello studio delle popolazioni. Stimare la struttura di età di una popolazione, e monitorarla durante il passare del tempo, è fondamentale per comprenderne lo stato di salute in relazione alla pesca (Matić-Skoko et al. 2020; Beckman and Wilson 1995). Inoltre, correlando la stima dell'età alla composizione chimica, è anche possibile comprendere gli spostamenti effettuati dall'animale tra ambienti a differenti salinità e concentrazioni di elementi, determinare le aree di nursery, analizzare la possibile esposizione ad inquinanti, studiare l'ecologia trofica grazie alla concentrazione dei diversi isotopi di Carbonio e Azoto (Starrs, Ebner, and Fulton 2016; McMahon et al. 2011; Elsdon et al. 2008). Tutto questo è reso possibile dall'assenza di processi di riassorbimento durante e dopo la deposizione di carbonato di calcio, che rende gli otoliti una sorta di "scatola nera" su cui viene registrata tutta la vita dei pesci ossei. Per questa ragione, negli ultimi decenni gli studi sugli otoliti, e in particolare sulla loro chimica, si sono intensificati,

rendendoli strumenti fondamentali per la comprensione delle dinamiche ecologiche e degli spostamenti delle diverse specie, sia in mare che in acqua dolce. In aggiunta, la loro alta variabilità (soprattutto delle sagitte) all'interno di esemplari della stessa specie ma appartenenti a diverse popolazioni, e quindi provenienti da ambienti differenti, li ha resi le strutture maggiormente utilizzate per studiare le popolazioni e il loro areale di distribuzione. Le caratteristiche studiate per questo tipo di analisi sono il contorno medio e gli indici morfo metrici di forma che, abbinati ad altre caratteristiche quali le dinamiche di crescita e la struttura genetica, possono con certezza stabilire come sono organizzate spazialmente le popolazioni di una specie, anche se altamente migratoria. Questo è fondamentale per la determinazione degli stock ittici (Marengo et al. 2017; Neves et al. 2021), un'unità funzionale utilizzata per il monitoraggio e la gestione della pesca, che unisce il concetto di popolazione con lo sforzo di pesca a cui essa è soggetta. L'adattamento all'ambiente delle specie, evidenziato dalla variazione morfologica e morfometrica degli otoliti, è anche alla base degli studi di eco morfologia, in cui queste variazioni vengono utilizzate per studiare come l'ambiente possa influenzare le specie e il loro orecchio interno. È stato, infatti, ampliamente dimostrato come la forma, il contorno e l'accrescimento degli otoliti siano sotto controllo genetico e ambientale. Ancora è soggetto di studio quanto la genetica e quanto l'ambiente possano influenzarne le variazioni in struttura e morfologia (Vignon et al. 2008; Volpedo, Tombari, and Echeverría 2008; Lombarte and Cruz 2007), ma sicuramente l'ambiente gioca un ruolo fondamentale nel plasmarne la struttura, rendendo gli otoliti un ottimo strumento per studiare le variazioni fenotipiche dei pesci ossei.

5. Prospettive future

Gli otoliti rappresentano uno degli strumenti più affidabili per esplorare la vita dei pesci ossei, per stimarne l'età e per comprenderne le popolazioni. Tutte queste informazioni sono fondamentali per approfondire la conoscenza dell'ambiente marino e degli animali che lo popolano, affinandone la conservazione e la tutela. Infatti, non puoi proteggere ciò che non conosci, e gli otoliti sono sicuramente una delle armi più utili che la comunità scientifica ha a disposizione per affinare le proprie conoscenze. Nonostante ciò, ci sono tanti aspetti che ancora rimangono oscuri e che meritano chiarezza. Uno su tutti è la fisiologia e la dinamica

del processo di bio-mineralizzazione, alla base della deposizione di carbonato di calcio, che permette l'accrescimento degli otoliti. Bisogna indagare a fondo quali meccanismi regolano questo processo, e quanto tali meccanismi possano dipendere dall'ambiente, per approfondire come la composizione chimica degli otoliti possa essere utile nel comprendere e studiare gli ambienti attraverso i quali una specie passa durante la sua vita. Inoltre, si hanno tante informazioni sulle sagitte e sui sacculi, ma manca quasi del tutto una base di conoscenza sugli altri due otoliti e relativi organi otolitici. La comunità scientifica deve iniziare a studiare anche i lapilli e gli asterisci (e i relativi organi otolitici) per comprendere appieno i meccanismi che sono dietro la percezione del suono e le funzioni vestibolari, e per ampliare lo spettro di informazioni utili alla comprensione delle dinamiche ecologiche e dello stile di vita delle diverse specie. C'è una totale assenza di informazioni sulla variabilità intra ed interspecifica di lapilli e asterisci, sulla loro composizione chimica e sui meccanismi di accrescimento che li coinvolgono. Fin quando non si avrà un quadro completo di tutte le strutture interessate nei processi auditivi e vestibolari, non si potrà comprendere appieno come questi vengano messi in atto, e come possano cambiare tra le diverse specie. Tutti questi spunti, derivanti da lacune presenti nella conoscenza di queste strutture, danno contezza di come questo campo di ricerca possa ancora dare molto allo studio delle comunità marine. Nonostante si studino gli otoliti da diversi secoli, queste piccole "pietre" presenti nel cranio dei pesci, e alle quali sono state attribuite proprietà soprannaturali, hanno ancora molto da mostrarci. È compito della comunità scientifica svelare i segreti che nascondono, comprendendo appieno uno degli organi più conservati durante l'evoluzione (l'orecchio interno dei vertebrati) e il suo funzionamento, che può aiutarci a capire come i vertebrati hanno imparato a codificare il mondo che li circonda, utilizzando uno dei meccanismi più raffinati che l'evoluzione ci ha regalato.

6. Bibliografia

Beckman, Daniel, and Charles Wilson. 1995. "Seasonal Timing of Opaque Zone Formation in Fish Otoliths." *Recent Developments in Fish Otolith Research*, 27–43. http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Seasonal+timing+of+opaque+zone+formation+in+fish+otoliths#0.

Borelli, G., N. Mayer-Gostan, P. L. Merle, H. De Pontual, G. Boeuf, D. Allemand, and P.

Payan. 2003. "Composition of Biomineral Organic Matrices with Special Emphasis on Turbot (Psetta Maxima) Otolith and Endolymph." *Calcified Tissue International* 72 (6): 717–25. https://doi.org/10.1007/s00223-001-2115-6.

Campana, S. E. 2001. "Accuracy, Precision and Quality Control in Age Determination, Including a Review of the Use and Abuse of Age Validation Methods." *Journal of Fish Biology* 59 (2): 197–242. https://doi.org/10.1006/jfbi.2001.1668.

Campana, S. E., and S. R. Thorrold. 2001. "Otoliths, Increments, and Elements: Keys to a Comprehensive Understanding of Fish Populations?" *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58 (1): 30–38. https://doi.org/10.1139/f00-177.

Campana, Steven E. 1999. "Chemistry and Composition of Fish Otoliths: Pathways, Mechanisms and Applications." *Marine Ecology Progress Series*. https://doi.org/10.3354/meps188263.

———. 2004. *Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. *Photographic Atlas of Fish Otoliths of the Northwest Atlantic Ocean*. NRC Research Press. https://doi.org/10.1139/9780660191089.

Chagnaud, Boris P., Jacob Engelmann, Bernd Fritzsch, Joel C. Glover, and Hans Straka. 2017. "Sensing External and Self-Motion with Hair Cells: A Comparison of the Lateral Line and Vestibular Systems from a Developmental and Evolutionary Perspective." *Brain, Behavior and Evolution* 90 (2): 98–116. https://doi.org/10.1159/000456646.

Chaine, J., and J. Duvergier. 1934. "Recherches Sur Les Otolithes Des Poissons. Etude Déscriptive et Comparative de La Sagitta Des Téléostéens." *Act Soc Linn* 86: 1–254.

D'Iglio, Claudio, Marco Albano, Sergio Famulari, Serena Savoca, Giuseppe Panarello, Davide Di Paola, Anna Perdichizzi, et al. 2021. "Intra- and Interspecific Variability among Congeneric Pagellus Otoliths." *Scientific Reports* 11 (1): 16315. https://doi.org/10.1038/s41598-021-95814-w.

D'iglio, Claudio, Sabrina Natale, Marco Albano, Serena Savoca, Sergio Famulari, Claudio Gervasi, Giovanni Lanteri, Giuseppe Panarello, Nunziacarla Spanò, and Gioele Capillo. 2022. "Otolith Analyses Highlight Morpho-Functional Differences of Three Species of Mullet (Mugilidae) from Transitional Water." *Sustainability (Switzerland)*. https://doi.org/10.3390/su14010398.

Doubleday, Zoë A., Hugh H. Harris, Christopher Izzo, and Bronwyn M. Gillanders. 2014. "Strontium Randomly Substituting for Calcium in Fish Otolith Aragonite." *Analytical Chemistry* 86 (1): 865–69. https://doi.org/10.1021/ac4034278.

Edeyer, A., H. De Pontual, P. Payan, H. Troadec, A. Sévère, and N. Mayer-Gostan. 2000. "Daily Variations of the Saccular Endolymph and Plasma Compositions in the Turbot Psetta Maxima: Relationship with the Diurnal Rhythm in Otolith Formation." *Marine Ecology Progress Series* 192: 287–94. https://doi.org/10.3354/meps192287.

Elliott, Karen L., Bernd Fritzsch, and Jeremy S. Duncan. 2018. "Evolutionary and Developmental Biology Provide Insights into the Regeneration of Organ of Corti Hair Cells." *Frontiers in Cellular Neuroscience* 12: 252. https://doi.org/10.3389/fncel.2018.00252.

Elsdon, Travis S., Brian K. Wells, Steven E. Campana, Bronwyn M. Gillanders, Cynthia M. Jones, Karin E. Limburg, David H. Secor, Simon R. Thorrold, and Benjamin D. Walther. 2008. "Otolith Chemistry to Describe Movements and Life-History Parameters of Fishes: Hypotheses, Assumptions, Limitations and Inferences." In *Oceanography and Marine Biology*, 46:297–330. CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781420065756-9.

Fleischer, G. 1978. "Evolutionary Principles of the Mammalian Middle Ear." In *Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology*, 5–70. New York: Springer-Verlag.

Gauldie, R. W. 1993. "Polymorphic Crystalline Structure of Fish Otoliths." *Journal of Morphology* 218 (1): 1–28. https://doi.org/10.1002/jmor.1052180102.

Hüssy, Karin, Karin E. Limburg, Hélène de Pontual, Oliver R.B. Thomas, Philip K. Cook, Yvette Heimbrand, Martina Blass, and Anna M. Sturrock. 2021. "Trace Element Patterns in Otoliths: The Role of Biomineralization." *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture* 29 (4): 445–77. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1760204.

Koken, E. 1884. "Über Fisch-Otolithen Insbesondere Über Diejeni- Gen Der Norddeutschen Oligocän-Ablagerungen." *Z Dt Geol Ges* 1884: 500–565.

Lin, Chien Hsiang, Angela Girone, and Dirk Nolf. 2016. "Fish Otolith Assemblages from Recent NE Atlantic Sea Bottoms: A Comparative Study of Palaeoecology." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 446: 98–107. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2016.01.022.

Lombarte, A., and A. Cruz. 2007. "Otolith Size Trends in Marine Fish Communities from Different Depth Strata." *Journal of Fish Biology* 71 (1): 53–76. https://doi.org/10.1111/j.1095-

8649.2007.01465.x.

Marengo, M., M. Baudouin, A. Viret, M. Laporte, P. Berrebi, M. Vignon, B. Marchand, and E. D.H. Durieux. 2017. "Combining Microsatellite, Otolith Shape and Parasites Community Analyses as a Holistic Approach to Assess Population Structure of Dentex Dentex." *Journal of Sea Research* 128: 1–14. https://doi.org/10.1016/j.seares.2017.07.003.

Matić-Skoko, Sanja, Melita Peharda, Dario Vrdoljak, Hana Uvanović, and Krešimir Markulin. 2020. "Fish and Sclerochronology Research in the Mediterranean: Challenges and Opportunities for Reconstructing Environmental Changes." *Frontiers in Marine Science* 7: 195. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00195.

McMahon, Kelton W., Marilyn L. Fogel, Beverly J. Johnson, Leah A. Houghton, and Simon R. Thorrold. 2011. "A New Method to Reconstruct Fish Diet and Movement Patterns from δ 13C Values in Otolith Amino Acids." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68 (8): 1330–40. https://doi.org/10.1139/f2011-070.

Neves, João, Alexandra Almeida Silva, Ana Moreno, Ana Veríssimo, António Múrias Santos, and Susana Garrido. 2021. "Population Structure of the European Sardine Sardina Pilchardus from Atlantic and Mediterranean Waters Based on Otolith Shape Analysis." *Fisheries Research* 243: 106050. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2021.106050.

Nolf, D. 1985. *Otolithi Piscium. Handbook of Paleoichthyology, Vol. 10.* Edited by Gustav Fischer. Stuttgart, New York.

Payan, P., G. Borelli, G. Boeuf, and N. Mayer-Gostan. 1998. "Relationship between Otolith and Somatic Growth: Consequence of Starvation on Acid-Base Balance in Plasma and Endolymph in the Rainbow Trout Oncorhynchus Mykiss." *Fish Physiology and Biochemistry* 19 (1): 35–41. https://doi.org/10.1023/A:1016064813517.

Pfaff, Cathrin, Julia A. Schultz, and Rico Schellhorn. 2019. "The Vertebrate Middle and Inner Ear: A Short Overview." *Journal of Morphology* 280 (8): 1098–1105. https://doi.org/10.1002/jmor.20880.

Platt, Christopher, and Arthur N. Popper. 1981. "Fine Structure and Function of the Ear." In , 3–38. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7186-5_1.

Popper, Arthur N. 1983. "Organization of the Inner Ear and Auditory Processing." *Fish Neurobiology* 1 (3): 125–77. https://cir.nii.ac.jp/crid/1571135650897077760.

Popper, Arthur N., and Richard R. Fay. 2011. "Rethinking Sound Detection by Fishes." *Hearing Research* 273 (1–2): 25–36. https://doi.org/10.1016/j.heares.2009.12.023.

Popper, Arthur N., Richard R. Fay, Christopher Platt, and Olav Sand. 2008. "Sound Detection Mechanisms and Capabilities of Teleost Fishes." *Sensory Processing in Aquatic Environments*, 3–38. https://doi.org/10.1007/978-0-387-22628-6_1.

Popper, Arthur N., and Zhongmin Lu. 2000. "Structure-Function Relationships in Fish Otolith Organs." *Fisheries Research* 46 (1–3): 15–25. https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00129-6.

Popper, Arthur N., John Ramcharitar, and Steven E. Campana. 2005. "Why Otoliths? Insights from Inner Ear Physiology and Fisheries Biology." *Marine and Freshwater Research* 56 (5): 497–504. https://doi.org/10.1071/MF04267.

Ramcharitar, John U., Dennis M. Higgs, and Arthur N. Popper. 2006. "Audition in Sciaenid Fishes with Different Swim Bladder-Inner Ear Configurations." *The Journal of the Acoustical Society of America* 119 (1): 439–43. https://doi.org/10.1121/1.2139068.

Schulz-Mirbach, Tanja, Martin Heß, Brian D. Metscher, and Friedrich Ladich. 2013. "A Unique Swim Bladder-Inner Ear Connection in a Teleost Fish Revealed by a Combined High-Resolution Microtomographic and Three-Dimensional Histological Study." *BMC Biology* 11: 1–13. https://doi.org/10.1186/1741-7007-11-75.

Schulz-Mirbach, Tanja, Friedrich Ladich, Martin Plath, and Martin Heß. 2019. "Enigmatic Ear Stones: What We Know about the Functional Role and Evolution of Fish Otoliths." *Biological Reviews* 94 (2): 457–82. https://doi.org/10.1111/brv.12463.

Starrs, Danswell, Brendan C. Ebner, and Christopher J. Fulton. 2016. "All in the Ears: Unlocking the Early Life History Biology and Spatial Ecology of Fishes." *Biological Reviews* 91 (1): 86–105. https://doi.org/10.1111/brv.12162.

Sturrock, A. M., C. N. Trueman, A. M. Darnaude, and E. Hunter. 2012. "Can Otolith Elemental Chemistry Retrospectively Track Migrations in Fully Marine Fishes?" *Journal of Fish Biology* 81 (2): 766–95. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2012.03372.x.

Thomas, Oliver R B, and Stephen E Swearer. 2019. "Otolith Biochemistry—a Review." *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 27 (4): 458–89.

Tuset, Victor M., Antoni Lombarte, and Carlos A. Assis. 2008. "Otolith Atlas for the

Western Mediterranean, North and Central Eastern Atlantic." *Scientia Marina* 72 (SUPPL. 1): 7–198.

Vignon, M., F. Morat, R. Galzin, and P. Sasal. 2008. "Evidence for Spatial Limitation of the Bluestripe Snapper Lutjanus Kasmira in French Polynesia from Parasite and Otolith Shape Analysis." *Journal of Fish Biology*. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02070.x.

Volpedo, Alejandra V., A. D. Tombari, and Dinorah D. Echeverría. 2008. "Eco-Morphological Patterns of the Sagitta of Antarctic Fish." *Polar Biology* 31 (5): 635–40. https://doi.org/10.1007/s00300-007-0400-1.

Sergio Famulari

La plastica: minaccia alla vita subacquea

1. Introduzione. – 2. Definizione di materie plastiche. – 3. Cenni storici. – 4. Stato delle conoscenze. – 5. Metodiche per l'estrazione e la caratterizzazione dei polimeri plastici. – 6. Conclusioni. – 7. Bibliografia.

1. Introduzione

La gravità dell'inquinamento da plastica è attualmente uno dei temi più dibattuti a livello globale. Milioni di tonnellate di rifiuti plastici finiscono ogni anno negli oceani e nei mari di tutto il mondo, distribuendosi superficialmente in maniera capillare attraverso l'azione combinata dei venti e delle correnti, nonché ad una distribuzione batimetrica principalmente dipendente dalle diverse densità intrinseche dei vari polimeri antropogenici. A causa di particolari fenomeni atmosferici e della convergenza delle correnti, i rifiuti plastici possono accumularsi in specifiche aree geografiche, creando vere e proprie "isole di rifiuti" come il famoso *Great Pacific Garbage Patch*, che si trova approssimativamente tra il 135° e il 155° meridiano Ovest e tra il 35° e il 42° parallelo Nord. Si ritiene che questa vasta raccolta di rifiuti occupi una percentuale compresa tra lo 0.41% e il 5.6% dell'intera area dell'oceano Pacifico. Ogni oggetto di plastica in mare è soggetto a diversi processi di erosione meccanica, principalmente causati dal movimento delle onde, così come a processi di degradazione chimico-fisica, risultato dell'esposizione prolungata ai raggi solari. I materiali plastici vengono così degradati, passando da grandi detriti a frammenti minuscoli, classificabili in base alle dimensioni come macro-plastiche (> 25 mm), meso-plastiche (5-25 mm), microplastiche (< 5 mm) e nano-plastiche (< 100 nm) (Cole et al., 2011; Shim & Thompson, 2015). A causa delle loro dimensioni estremamente ridotte, le micro e nano-plastiche possono essere ingerite da un'ampia gamma di organismi marini, da quelli più piccoli che compongono lo zooplancton fino agli animali più grandi come i pesci bentonici e pelagici, entrando così nella catena alimentare (Bellas et al., 2016). Una volta entrati nella rete trofica marina, tali contaminanti si diffondono potenzialmente attraverso diversi livelli della catena alimentare

(Deudero & Alomar, 2015) mediante processi di bioaccumulo e biomagnificazione il cui funzionamento non è ancora stato compreso a pieno. Ricerche recenti hanno evidenziato che l'assunzione di micro e nanoplastiche può provocare danni fisiologici e una riduzione generale del benessere negli organismi acquatici. È risaputo inoltre che le micro e nanoparticelle plastiche, una volta ingerite, subiscano processi di traslocazione all'interno e tra i tessuti. Tuttavia, è evidente la necessità di ulteriori ricerche per comprendere il funzionamento dei meccanismi coinvolti.

2. Definizione di materie plastiche

Con il termine generico "plastica" ci si riferisce a una vasta gamma di materiali organici con peso molecolare elevato, composti principalmente da lunghe catene di macromolecole, la cui struttura determina le caratteristiche di base specifiche di tali materiali. Le plastiche sono costituite da polimeri puri o mescolati con diverse cariche e additivi. I polimeri più frequentemente impiegati vengono ottenuti da derivati del petrolio, sebbene attualmente esistano diverse materie plastiche provenienti da fonti alternative eco-sostenibili. Secondo la definizione dell'*International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), le plastiche sono:

«Materiali polimerici che possono contenere altre sostanze finalizzate a migliorarne le proprietà o ridurre i costi».

Tali materiali vengono solitamente prodotti attraverso reazioni di polimerizzazione tra molecole base chiamate monomeri. Sulla base del numero e della tipologia di monomeri che li costituiscono, i polimeri possono essere classificati in omo-polimeri, co-polimeri e leghe polimeriche. Un'altra suddivisione dei polimeri plastici più comuni, basata sulle loro caratteristiche distintive, include le classi di fibre, materiali plastici, resine e gomme. Suddette caratteristiche specifiche, principalmente derivanti dalla composizione polimerica e dagli additivi, rendono l'uso di materie plastiche estremamente vantaggioso e versatile rispetto all'utilizzo di materiali metallici o di altra natura. La facilità di lavorazione, i costi contenuti e le proprietà isolanti (acustiche, termiche, elettriche e meccaniche), insieme all'inerzia chimica, sono solo alcune delle notevoli caratteristiche a cui si deve il successo di tali materiali.

Tra gli additivi più comuni troviamo i plastificanti, le cariche, gli antiossidanti, i coloranti e i lubrificanti, che vengono aggiunti alla base polimerica in funzione dell'applicazione prevista per il materiale plastico.

3. Cenni storici

La storia delle materie plastiche inizia nella metà del XIX secolo, durante il periodo in cui le ricerche sul nitrato di cellulosa portarono alla creazione del primo materiale plastico semisintetico, denominato Parkesine in onore del chimico inglese Alexander Parkes, che ne depositò il brevetto. Tuttavia, l'adozione di questo primo tipo di celluloide fu confermata solo alcuni anni dopo, quando i fratelli Hyatt brevettarono la loro formula di celluloide nel 1870. L'inizio del XX secolo segnò l'era della plastica grazie all'introduzione della prima resina termoindurente di origine sintetica, brevettata nel 1910 con il nome di Bakelite. Questo materiale ottenne un enorme successo, diventando rapidamente il tipo di plastica più diffuso. Nel giro di pochi anni a seguire vennero scoperti i processi per la produzione del polivinilcloruro (PVC) e del Cellophane, il primo materiale da imballaggio. Durante gli anni '20 dello stesso secolo si approfondirono gli studi sulla struttura e sulle proprietà dei polimeri naturali e sintetici che, grazie al loro elevato peso molecolare, furono definiti macromolecole. La modernizzazione che coinvolse il settore industriale negli anni '30 segnò il passaggio delle materie plastiche all'età "adulta": il petrolio divenne la principale materia prima e furono perfezionate le tecniche per la produzione su larga scala di polimeri sintetici come il Nylon (1935), con varie applicazioni soprattutto nell'industria bellica. Dopo la Seconda Guerra Mondiale, le scoperte ispirate dalle necessità militari si diffusero nella vita quotidiana del mondo civile: ciò sancì l'inizio dell'aumento dell'utilizzo di fibre sintetiche nell'industria tessile e delle resine nella produzione di oggetti per la casa e stoviglie a prezzi accessibili. Alcuni esempi sono il Polivinilcloruro (PVC), il Polietilene tereftalato (PET), il Poliestere e la Melammina-formaldeide. In Italia, la scoperta del Polipropilene isotattico (1954) ad opera di Giulio Natta, rappresentò un simbolo della crescita economica. Dal decennio degli anni '60 in poi, la plastica divenne un elemento imprescindibile nello stile di vita moderno, al punto da rivoluzionare persino i costumi e le abitudini radicati da secoli. Grazie al costante progresso tecnologico, le materie plastiche trovarono sempre più applicazioni sofisticate e innovative:

al giorno d'oggi, i cosiddetti "tecnopolimeri" come il Polimetilpentene (TPX), la Poliimmide e il Policarbonato, sono ampiamente utilizzati nei settori dell'industria automobilistica e aerospaziale.

4. Stato delle conoscenze

Lo studio sull'impatto delle materie plastiche sugli ecosistemi acquatici globali è in corso ormai da diversi decenni. Oggigiorno, grazie all'attenzione dei media e della comunità scientifica, la consapevolezza di questa seria minaccia ha raggiunto livelli significativi in tutto il pianeta. Ciononostante, le informazioni disponibili sull'argomento rimangono purtroppo frammentarie e talvolta anche inconsistenti, soprattutto a causa delle enormi sfide associate allo studio di un fenomeno di portata globale. La diffusione dei rifiuti plastici nei corpi idrici è stata documentata estensivamente in quasi tutte le aree geografiche del mondo, comprese aree remote come le regioni polari (Lusher et al., 2015) e persino nelle isole Pitcairn, un arcipelago situato nell'Oceano Pacifico meridionale in un'area non abitata entro un raggio di cinquemila chilometri (Lavers & Bond, 2017). Detriti plastici di dimensioni e forme varie sono stati ritrovati in una vasta gamma di habitat marini, che vanno dagli ecosistemi con una ricca biodiversità come le barriere coralline, fino agli abissi oceanici ostili e meno esplorati (Taylor et al., 2016). Da un'analisi di mercato condotta dall'associazione dei produttori europei di plastica (Plastics – the Facts 2019) risulta che la produzione mondiale di materie plastiche nel 2018 è stata di 359 milioni di tonnellate, con quasi 62 milioni di tonnellate prodotte in Europa (17%). Questa produzione su larga scala è essenziale per soddisfare la crescente domanda di materiali così versatili e dalle eccezionali proprietà chimico-fisiche, che trovano applicazione in diversi settori industriali e no, creando un mercato multimiliardario che attualmente colloca la plastica al terzo posto tra i materiali artificiali più utilizzati sulla Terra, dopo l'acciaio e il cemento. La gestione dei rifiuti generati a seguito del consumo è parte integrante del processo di produzione delle materie plastiche e prevede il riciclo, l'incenerimento o il recupero di energia. Nonostante l'aumento del 19% nella raccolta dei rifiuti plastici registrato dal 2006 ad oggi (Plastics – the Facts), lo smaltimento di tali residui non ha ancora raggiunto livelli soddisfacenti di efficienza. Secondo le stime, fino a 12 milioni di tonnellate di plastica finiscono in mare ogni anno. Non sono purtroppo da meno le condizioni del Mar Mediterraneo.

In tempi recenti, questo importantissimo hotspot di biodiversità, che secondo alcuni autori ospiterebbe dal 4% al 18% di tutte le specie marine conosciute (Bianchi & Morri, 2000), è stato definito come una zona critica per l'inquinamento da plastica. Si ritiene che circa 134 specie endemiche siano coinvolte nel fenomeno (Deudero & Alomar, 2015). Le informazioni limitate finora disponibili suggeriscono che tra 873 e 2576 tonnellate di detriti plastici costituiscano la "zuppa" di polimeri sintetici che si trova galleggiante sulla superficie delle acque del Mediterraneo (Suaria et al., 2016). Nonostante gli sforzi significativi ed i numerosi provvedimenti ed iniziative proposti dalla Direttiva quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (2008/56/CE) dell'Unione Europea, che prevede vari piani d'azione per la gestione dei rifiuti a livello regionale e nazionale, l'inquinamento da plastica rimane ad oggi una minaccia concreta e in crescita per la salute del *Mare Nostrum*. Come è stato sottolineato durante la convention tenutasi a Barcellona nel 2013 nell'ambito del Piano Regionale per la Gestione dei Rifiuti Marini nel Mediterraneo:

«L'inquinamento marino non conosce frontiere, […] l'inquinamento in un paese colpisce tutti gli altri stati membri dell'UE…».

La durevolezza è indubbiamente la caratteristica che rende la presenza della plastica in mare così dannosa. Essendo costituite da monomeri sintetici, la maggior parte delle materie plastiche ha una bassa biodegradabilità e alcune richiedono anche centinaia di anni per una completa decomposizione. Basti pensare che:

«Ogni pezzo di plastica mai creato esiste ancora oggi sul pianeta» (tratto dal docufilm *Blue,* 2018).

Una volta dispersi in mare, i rifiuti plastici vanno in contro ad una capillare distribuzione causata dall'effetto sinergico delle correnti e dei venti, interagendo inevitabilmente con la vita marina lungo il loro tragitto. Tra gli esempi più comuni di interazione, sono stati documentati numerosi casi di macro-fauna intrappolata in attrezzi da pesca abbandonati, come reti e lenze, e altri rifiuti di grandi dimensioni come sacchetti e bottiglie di plastica. Tale fenomeno non riguarda solo i pesci, ma anche altri organismi marini come uccelli, rettili e mammiferi (Compa et al., 2019), causandone indirettamente o direttamente la morte. Tuttavia, i danni derivanti dalla presenza di macro-rifiuti plastici in mare potrebbero non avere lo stesso impatto dei

danni causati dall'ingestione di frammenti millimetrici dei medesimi rifiuti, con effetti negativi che interessano l'intero ecosistema marino, e non solo. A seguito dei processi di erosione e degradazione a cui è soggetto in mare, ogni prodotto di plastica si frammenta, divenendo in tal modo potenzialmente ingeribile da una vasta gamma di specie marine ed entrando di conseguenza nella rete trofica. Da circa trent'anni, la letteratura documenta ampiamente la presenza di materie plastiche all'interno di organismi marini appartenenti a diversi taxa. Tuttavia, è solo nell'ultima decade che gli autori hanno iniziato a concentrarsi sugli effetti dell'ingestione di plastica. Ciò si deve probabilmente a una maggiore consapevolezza delle conseguenze sulle risorse ittiche e dei potenziali rischi associati al consumo umano. Tra i danni più frequenti provocati dall'ingestione di macro e meso-plastiche, sia deliberata che accidentale, si includono abrasioni, infiammazioni, blocco delle appendici preposte all'alimentazione e occlusione del tratto gastrointestinale. Simili condizioni, nella maggior parte dei casi, portano al decesso dell'organismo coinvolto. Non bisogna però sottostimare i danni provocati dall'ingestione delle microplastiche da parte della fauna marina. Gli autori di studi recenti sulla distribuzione delle microplastiche nella colonna d'acqua hanno rilevato la presenza di elevati e variabili livelli di particelle in prossimità della superficie marina (Cózar et al., 2015), suggerendo che alcune specie pelagiche possano occasionalmente attraversare accumuli di frammenti galleggianti (Avio et al., 2015). Ciò non vuol dire che le specie demersali e bentoniche siano immuni. La capacità delle microplastiche di galleggiare dipende dalle differenti densità intrinseche dei diversi polimeri. Ad esempio, il Polietilene ha una densità di 0,92 g/cm^3, il che spiega perché tende a concentrarsi negli strati superficiali della colonna d'acqua. Al contrario, il Polistirene, con una densità di 1,04 g/cm^3, mostra una distribuzione batimetrica più uniforme. La galleggiabilità dei polimeri plastici può essere inoltre influenzata da diversi fattori, come il *fouling*, che può causarne l'affondamento e il conseguente accumulo nei sedimenti (Wright et al., 2013). Allo stesso modo, altre caratteristiche come la presenza di additivi nella matrice polimerica, ad esempio composti Difenil eteri poli-bromurati e Ftalati, rendono le microplastiche un efficace vettore per l'introduzione di contaminanti chimici nella catena alimentare. Questi inquinanti possono accumularsi sulla superficie delle particelle plastiche, aumentando le probabilità di assorbimento durante il passaggio attraverso il tratto gastrointestinale (Zhang et al., 2015;

Lavers & Bond, 2016). Una volta resi disponibili per l'assorbimento biologico, tali composti possono penetrare nelle cellule e interagire chimicamente con molecole biologicamente importanti, causando potenziali effetti dannosi come genotossicità, alterazioni dell'espressione genica, tossicità epatica, disturbi endocrini e alterazioni istologiche (Provencher et al., 2020). Diversi studi hanno documentato inoltre la presenza di microplastiche ingerite in vari tessuti come branchie, epatopancreas e ovaie di crostacei (Farrell & Nelson, 2013; Brennecke et al., 2015) così come nel fegato di alcune specie di clupeiformi (Collard et al., 2017), dimostrando l'esistenza di processi di traslocazione che coinvolgono le micro e nanoparticelle plastiche. Nonostante siano state proposte diverse ipotesi, che comprendono meccanismi di endocitosi e l'intervento di enterociti specializzati (Browne et al., 2008), attualmente le tecniche di sezionamento e conservazione, che inevitabilmente alterano le strutture tissutali, rendono impossibile individuare con precisione le particelle plastiche. Di conseguenza, i percorsi di traslocazione che seguono possono solo essere ipotizzati. Diventa quindi evidente quanto sia difficile valutare l'impatto dell'inquinamento da plastica sulla salute delle specie marine, soprattutto durante gli stadi larvali e giovanili. Ad oggi esistono pochissimi studi basati sulla caratterizzazione di micro e nano plastiche trovate nelle larve di organismi acquatici (Steer et al., 2017; Rodrigues et al., 2019; Jakubowska et al., 2020; Xia et al., 2020; Yang et al., 2020). Nonostante gli sforzi significativi della comunità scientifica, i dati raccolti finora non sono sufficienti per determinare l'entità dei danni causati al biota marino.

5. Metodiche per l'estrazione e la caratterizzazione dei polimeri plastici

In conformità con i protocolli per il monitoraggio delle particelle plastiche negli organismi viventi (Bessa et al., 2019; Bottari et al., 2019), è necessario che il trattamento dei campioni avvenga in locali appositamente attrezzati con accesso limitato. Per evitare qualsiasi forma di contaminazione esterna, occorre adottare alcune misure preventive per la lavorazione dei campioni. Le aree di lavoro e gli strumenti utilizzati devono essere attentamente puliti sia prima sia dopo essere stati usati. Durante le fasi di *visual sorting*, gli esemplari vengono esposti all'aria per il minor tempo possibile e successivamente sciacquati con acqua deionizzata pre-filtrata. I campioni vengono dissezionati avendo cura di utilizzare esclusivamente utensili

privi di materiali plastici. Ogni strumento impiegato durante la dissezione deve essere accuratamente pulito ad ogni fase utilizzando etanolo e acqua deionizzata filtrata. È buona prassi utilizzare dispositivi di protezione individuale (guanti, camici e mascherine) appositamente progettati per rilasciare il meno possibile fibre sintetiche. I campioni delicatamente raccolti vengono successivamente esaminati al microscopio da dissezione. Solitamente, durante l'analisi di ciascun campione, viene utilizzato un filtro di carta posizionato all'interno di un contenitore di vetro e lasciato esposto all'aria del laboratorio come controllo analitico (Giani et al., 2019). Le precauzioni sopra menzionate sono altresì adottate durante la successiva fase di digestione chimica del campione, e inoltre l'idrossido di potassio, l'acqua deionizzata e la soluzione iperalina impiegati vengono sempre filtrati prima dell'utilizzo. Anche questa procedura richiede l'uso esclusivo di utensili di vetro (o non plastici) sterilizzati, e ogni fase si svolge sotto una cappa aspirante per limitare la contaminazione da fibre trasportate dall'aria. Per eseguire la digestione chimica dei campioni, viene aggiunta una quantità calcolata di una soluzione al 10% di idrossido di potassio (Avio et al., 2015), utilizzata per eliminare la materia organica. I campioni trattati vengono mescolati in maniera costante e a temperatura ambiente tramite un incubatore ad oscillazione. Al termine dell'incubazione, ciascun campione viene immerso in una soluzione ipertonica al 15% di cloruro di sodio per separare le due fasi in base alla densità. Dopo la separazione, il surnatante viene prelevato e filtrato utilizzando un sistema di vuoto attraverso una membrana di fibra di vetro con porosità e diametro predeterminati. È consigliabile ripetere la filtrazione più volte per limitare le perdite di campione, utilizzando una membrana pulita come controllo di base. Dopo la filtrazione, le membrane vengono utilizzate nella fase successiva per isolare le materie plastiche mediante l'osservazione al microscopio stereoscopico. I polimeri eventualmente individuati vengono comunemente classificati in base a caratteristiche come forma (frammenti, fibre), dimensioni e colore. La caratterizzazione avviene attraverso l'impiego combinato di due tecniche spettroscopiche vibrazionali complementari: la spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier (FTIR) e la spettroscopia Micro-Raman. I legami chimici che mostrano intensità rilevanti nelle analisi Raman spesso presentano risultati contrastanti nelle analisi FTIR e viceversa. Ciò è dovuto al fatto che i segnali infrarossi dipendono dalla variazione del momento dipolare permanente di un legame

chimico. Per tal motivo, i gruppi funzionali polari come i carbonili sono efficacemente rilevati dalla spettroscopia FTIR. Al contrario, la spettroscopia Raman si basa sulla variazione della polarizzabilità dei legami chimici ed è quindi più sensibile ai legami aromatici, ai legami carbonio-idrogeno e ai doppi legami tra atomi di carbonio. Queste proprietà rendono la spettroscopia Raman adatta per l'identificazione di eventuali residui organici sulla superficie dei polimeri plastici isolati. Confrontando i risultati ottenuti tramite queste due tecniche spettroscopiche è possibile identificare i polimeri plastici.

6. Conclusioni

Un fenomeno di siffatta entità quale l'inquinamento da plastica in mare necessita ora più che mai l'attenzione della comunità scientifica. Nonostante i notevoli progressi degli ultimi decenni, sono indubbiamente necessarie ulteriori ricerche volte alla piena comprensione del destino dei rifiuti plastici in mare e degli effetti nefasti correlati. Da un punto di vista ecologico, tra i principali polimeri generalmente presenti in ambiente marino, il Nylon è probabilmente quello più interessante. La presenza massiccia e ricorrente di questo materiale, ampiamente documentata in letteratura in diversi organismi acquatici, mostra un elevato grado di contaminazione dei nostri mari (Capillo et al., 2020; Savoca et al., 2020; Albano et al., 2021; Bruno et al., 2022; D'Iglio et al., 2022). Ciò si deve principalmente alla persistenza di reti fantasma e di altre strumentazioni da pesca che vengono impropriamente abbandonate nell'ambiente marino. In generale, la contaminazione da plastica può essere definita sia da un punto di vista chimico che da un punto di vista biologico. La contaminazione chimica è correlata alla presenza di Ftalati, Policlorobifenili, Stirene e metalli tossici (Barboza et al., 2018) all'interno della matrice polimerica, con noti effetti neurotossici e cancerogeni (Thompson et al., 2009; Rochman et al., 2013; Galloway & Lewis, 2016; Wright & Kelly, 2017; Hahladakis et al., 2018). Da un punto di vista biologico, la particolare struttura chimica tipica di molti polimeri antropogenici favorisce l'adesione di diverse specie microbiche alla superficie del substrato inerte, fenomeno noto come *biofouling*, costituendo un vero e proprio micro-ecosistema definito Plastisfera (Amaral-Zettler et al., 2020). Tra i principali effetti dannosi della contaminazione biologica vi è la diffusione di organismi patogeni quali *Escherichia coli*, *Vibrio* spp., *Bacillus cereus*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Aeromonas salmonicida* (Barboza

et al., 2018). Come già accennato, la presenza di micro e nano particelle plastiche negli organismi marini può causare gravi danni meccanici, alterazioni fisiologiche e comportamentali come la riduzione della superficie di scambio gassoso nelle branchie, l'occlusione e/o perforazione intestinale (Wright et al., 2013) e l'accumulo di sostanze tossiche con conseguente riduzione della capacità detossificante (Kühn et al., 2018; Ory et al., 2018; Collicutt et al., 2019; Gove et al., 2019). Tutto ciò si traduce in malnutrizione, riduzione delle performance natatorie e della capacità di elusione dei predatori (Barboza et al., 2018), una generale perdita di benessere che nella maggior parte dei casi portano alla morte degli organismi acquatici. Non mancano i rischi legati al consumo umano delle risorse alieutiche contaminate da micro e nano plastiche. La tradizione culinaria di molti paesi e regioni prevede tutt'oggi il consumo del pescato crudo, talvolta evitando il previo lavaggio della pietanza al fine di preservarne il sapore. Un metodo di cottura molto apprezzato per gli organismi acquatici è la frittura, un processo che purtroppo comporta potenziali rischi per i consumatori. L'esposizione del cibo a temperature comprese tra i 170 e i 190°C può convertire i polimeri eventualmente presenti in composti mutageni e cancerogeni come le simil-diossine (Smith et al., 2018). Inoltre, il calore induce ulteriori frammentazione e degradazione delle particelle plastiche, aumentandone la trasferibilità e l'assimilazione. I risultati qui presentati evidenziano solo alcune delle numerose implicazioni critiche associate alla presenza di contaminanti plastici negli ambienti acquatici. Tuttavia, è facile intuire l'impatto ecologico significativo di questo fenomeno diffuso, con possibili effetti dannosi amplificati da fenomeni naturali come il bioaccumulo e la biomagnificazione, che portano alla diffusione di materiali sintetici attraverso la catena alimentare. Ciò costituisce una minaccia tangibile per la salute degli ecosistemi marini e per tutti coloro che fruiscono delle risorse ittiche.

7. Bibliografia

Albano, M., Panarello, G., Di Paola, D., D'angelo, G., Granata, A., Savoca, S., & Capillo, G. (2021). *The mauve stinger Pelagia noctiluca (Cnidaria, Scyphozoa) plastics contamination, the Strait of Messina case*. International Journal of Environmental Studies, 78(6), 977–982. https://doi.org/10.1080/00207233.2021.1893489

Amaral-Zettler, L. A., Zettler, E. R., & Mincer, T. J. (2020). *Ecology of the plastisphere.* Nature Reviews Microbiology, 18(3), 139–151. https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0

Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2015). *Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea.* Marine Environmental Research, 111, 18–26. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.014

Barboza, L. G. A., Vieira, L. R., Branco, V., Carvalho, C., & Guilhermino, L. (2018). *Microplastics increase mercury bioconcentration in gills and bioaccumulation in the liver and cause oxidative stress and damage in Dicentrarchus labrax juveniles.* Scientific Reports, 8(1), 15655. https://doi.org/10.1038/s41598-018-34125-z

Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V., & Martínez-Gómez, C. (2016). *Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts.* Marine Pollution Bulletin, 109(1), 55–60. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.026

Bessa, F., Frias, J., Kögel, T., Lusher, A., Andrade, J., Antunes, J., Sobral, P., Pagter, E., Nash, R., O'connor, I., Pedrotti, M. L., Keros, E., León, V., Tirelli, V., Suaria, G., Lopes, C., Raimundo, J., Caetano, M., Gago, J., & Gerdts, G. (2019). *Harmonized protocol for monitoring microplastics in biota.* https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28588.72321/1

Bianchi, C. N., & Morri, C. (2000). *Marine Biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, Problems and Prospects for Future Research.* Marine Pollution Bulletin, 40(5), 367–376. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0025-326X(00)00027-8

Bottari, T., Savoca, S., Mancuso, M., Capillo, G., Giuseppepanarello, G., Martinabonsignore, M., Crupi, R., Sanfilippo, M., D'urso, L., Compagnini, G., Neri, F., Romeo, T., Luna, G. M., Spanò, N., & Fazio, E. (2019). *Plastics occurrence in the gastrointestinal tract of Zeus faber and Lepidopus caudatus from the Tyrrhenian Sea.* Marine Pollution Bulletin, 146, 408–416. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.07.003

Brennecke, D., Ferreira, E. C., Costa, T. M. M., Appel, D., Da Gama, B. A. P., & Lenz, M. (2015). *Ingested microplastics (>100μm) are translocated to organs of the tropical fiddler crab Uca*

rapax. Marine Pollution Bulletin, 96(1), 491–495. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.001

Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R. C. (2008). *Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, Mytilus edulis (L.)*. Environmental Science & Technology, 42(13), 5026–5031. https://doi.org/10.1021/es800249a

Bruno, C., Blasi, M. F., Mattei, D., Martellone, L., Brancaleone, E., Savoca, S., & Favero, G. (2022). *Polymer composition analysis of plastic debris ingested by loggerhead turtles (Caretta caretta) in Southern Tyrrhenian Sea through ATR-FTIR spectroscopy*. Marine Environmental Research, 179, 105676. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2022.105676

Capillo, G., Savoca, S., Panarello, G., Mancuso, M., Branca, C., Romano, V., D'angelo, G., Bottari, T., & Spanò, N. (2020). *Quali-quantitative analysis of plastics and synthetic microfibers found in demersal species from Southern Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean)*. Marine Pollution Bulletin, 150, 110596. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110596

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). *Microplastics as contaminants in the marine environment: A review*. Marine Pollution Bulletin, 62(12), 2588–2597. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025

Collard, F., Gilbert, B., Compère, P., Eppe, G., Das, K., Jauniaux, T., & Parmentier, E. (2017). *Microplastics in livers of European anchovies (Engraulis encrasicolus, L.)*. Environmental Pollution, 229, 1000–1005. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.089

Collicutt, B., Juanes, F., & Dudas, S. E. (2019). *Microplastics in juvenile Chinook salmon and their nearshore environments on the east coast of Vancouver Island*. Environmental Pollution, 244, 135–142. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.09.137

Compa, M., Alomar, C., Wilcox, C., Van Sebille, E., Lebreton, L., Hardesty, B. D., & Deudero, S. (2019). *Risk assessment of plastic pollution on marine diversity in the Mediterranean Sea*. Science of The Total Environment, 678, 188–196. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.355

Cózar, A., Sanz-Martín, M., Martí, E., González-Gordillo, J. I., Ubeda, B., Gálvez, J. Á., Irigoien, X., & Duarte, C. M. (2015). *Plastic Accumulation in the Mediterranean Sea*. PLOS ONE, 10(4), e0121762-. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762

Deudero, S., & Alomar, C. (2015). *Mediterranean marine biodiversity under threat: Reviewing influence of marine litter on species*. Marine Pollution Bulletin, 98(1), 58–68. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.012

D'iglio, C., Di Fresco, D., Spanò, N., Albano, M., Panarello, G., Laface, F., Faggio, C., Capillo, G., & Savoca, S. (2022). *Occurrence of Anthropogenic Debris in Three Commercial Shrimp Species from South-Western Ionian Sea*. Biology, 11(11). https://doi.org/10.3390/biology11111616

Farrell, P., & Nelson, K. (2013). *Trophic level transfer of microplastic: Mytilus edulis (L.) to Carcinus maenas (L.)*. Environmental Pollution, 177, 1–3. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046

Galloway, T. S., & Lewis, C. N. (2016). *Marine microplastics spell big problems for future generations*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 113(9), 2331–2333. https://doi.org/10.1073/pnas.1600715113

Giani, D., Baini, M., Galli, M., Casini, S., & Fossi, M. C. (2019). *Microplastics occurrence in edible fish species (Mullus barbatus and Merluccius merluccius) collected in three different geographical sub-areas of the Mediterranean Sea*. Marine Pollution Bulletin, 140, 129–137. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.005

Gove, J. M., Whitney, J. L., Mcmanus, M. A., Lecky, J., Carvalho, F. C., Lynch, J. M., Li, J., Neubauer, P., Smith, K. A., Phipps, J. E., Kobayashi, D. R., Balagso, K. B., Contreras, E. A., Manuel, M. E., Merrifield, M. A., Polovina, J. J., Asner, G. P., Maynard, J. A., & Williams, G. J. (2019). *Prey-size plastics are invading larval fish nurseries*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(48), 24143–24149. https://doi.org/10.1073/pnas.1907496116

Hahladakis, J. N., Velis, C. A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P. (2018). *An overview of chemical additives present in plastics: Migration, release, fate and environmental impact during their use, disposal and recycling*. Journal of Hazardous Materials, 344, 179–199. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.10.014

Jakubowska, M., Białowąs, M., Stankevičiūtė, M., Chomiczewska, A., Pažusienė, J., Jonko-Sobuś, K., Hallmann, A., & Urban-Malinga, B. (2020). *Effects of chronic exposure to microplastics of different polymer types on early life stages of sea trout Salmo trutta*. Science of The Total Environment, 740, 139922. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139922

Kühn, S., Schaafsma, F. L., Van Werven, B., Flores, H., Bergmann, M., Egelkraut-Holtus, M., Tekman, M. B., & Van Franeker, J. A. (2018). *Plastic ingestion by juvenile polar cod (Boreogadus saida) in the Arctic Ocean*. Polar Biology, 41(6), 1269–1278. https://doi.org/10.1007/s00300-018-2283-8

Lavers, J. L., & Bond, A. L. (2016). *Ingested plastic as a route for trace metals in Laysan Albatross (Phoebastria immutabilis) and Bonin Petrel (Pterodroma hypoleuca) from Midway Atoll*. Marine Pollution Bulletin, 110(1), 493–500. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.001

Lavers, J. L., & Bond, A. L. (2017). *Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 114(23), 6052–6055. https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114

Lusher, A. L., Tirelli, V., O'connor, I., & Officer, R. (2015). *Microplastics in Arctic polar waters: the first reported values of particles in surface and sub-surface samples*. Scientific Reports, 5(1), 14947. https://doi.org/10.1038/srep14947

Ory, N. C., Gallardo, C., Lenz, M., & Thiel, M. (2018). *Capture, swallowing, and egestion of microplastics by a planktivorous juvenile fish*. Environmental Pollution, 240, 566–573. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.093

Provencher, J. F., Liboiron, M., Borrelle, S. B., Bond, A. L., Rochman, C., Lavers, J. L., Avery-Gomm, S., Yamashita, R., Ryan, P. G., Lusher, A. L., Hammer, S., Bradshaw, H., Khan, J., & Mallory, M. L. (2020). *A Horizon Scan of research priorities to inform policies aimed at reducing the harm of plastic pollution to biota*. Science of The Total Environment, 733, 139381. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139381

Rochman, C. M., Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. (2013). *Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress*. Scientific Reports, 3(1), 3263. https://doi.org/10.1038/srep03263

Rodrigues, S. M., Almeida, C. M. R., Silva, D., Cunha, J., Antunes, C., Freitas, V., & Ramos, S. (2019). *Microplastic contamination in an urban estuary: Abundance and distribution of microplastics and fish larvae in the Douro estuary*. Science of The Total Environment, 659, 1071–1081. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.273

Savoca, S., Bottari, T., Fazio, E., Bonsignore, M., Mancuso, M., Luna, G. M., Romeo, T., D'urso, L., Capillo, G., Panarello, G., Greco, S., Compagnini, G., Lanteri, G., Crupi, R., Neri, F., & Spanò, N. (2020). *Plastics occurrence in juveniles of Engraulis encrasicolus and Sardina pilchardus in the Southern Tyrrhenian Sea*. Science of The Total Environment, 718, 137457. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137457

Shim, W. J., & Thomposon, R. C. (2015). *Microplastics in the Ocean*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 69(3), 265–268. https://doi.org/10.1007/s00244-015-0216-x

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). *Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health*. Current Environmental Health Reports, 5(3), 375–386. https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z

Steer, M., Cole, M., Thompson, R. C., & Lindeque, P. K. (2017). *Microplastic ingestion in fish larvae in the western English Channel*. Environmental Pollution, 226, 250–259. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.03.062

Suaria, G., Avio, C. G., Mineo, A., Lattin, G. L., Magaldi, M. G., Belmonte, G., Moore, C. J., Regoli, F., & Aliani, S. (2016). *The Mediterranean Plastic Soup: synthetic polymers in Mediterranean surface waters*. Scientific Reports, 6(1), 37551. https://doi.org/10.1038/srep37551

Taylor, M. L., Gwinnett, C., Robinson, L. F., & Woodall, L. C. (2016). *Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms*. Scientific Reports, 6(1), 33997. https://doi.org/10.1038/srep33997

Thompson, R. C., Moore, C. J., Vom Saal, F. S., & Swan, S. H. (2009). *Plastics, the environment, and human health: current consensus and future trends*. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1526), 2153–2166. https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0053

Wright, S. L., & Kelly, F. J. (2017). *Plastic and Human Health: A Micro Issue?* Environmental Science & Technology, 51(12), 6634–6647. https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423

Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). *The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review*. Environmental Pollution, 178, 483–492. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031

Xia, X., Sun, M., Zhou, M., Chang, Z., & Li, L. (2020). *Polyvinyl chloride microplastics induce growth inhibition and oxidative stress in Cyprinus carpio var. larvae*. Science of The Total Environment, 716, 136479. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136479

Yang, H., Xiong, H., Mi, K., Xue, W., Wei, W., & Zhang, Y. (2020). *Toxicity comparison of nano-sized and micron-sized microplastics to Goldfish Carassius auratus Larvae*. Journal of Hazardous Materials, 388, 122058. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122058

Zhang, W., Ma, X., Zhang, Z., Wang, Y., Wang, J., Wang, J., & Ma, D. (2015). *Persistent organic pollutants carried on plastic resin pellets from two beaches in China*. Marine Pollution Bulletin, 99(1), 28–34. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.08.002

Dario Di Fresco

Come la plastica modella l'ambiente: Plastisfera

1. Introduzione: l'inquinamento da plastica in mare. – 2. Plastisfera: un mondo di plastica. – 3. Conclusioni e prospettive future. – 4. Bibliografia.

1. Introduzione: l'inquinamento da plastica in mare

Oggigiorno, la plastica è unanimemente riconosciuta quale una delle massime fonti di rifiuti a livello globale (M. Bergmann et al, 2015, A. Cau et al, 2018, S. Chiba et al, 2018, G. Suaria et al, 2016), sia sulla terraferma che in mare (M. Canals et al, 2021, C. Pham et al, 2014, B. Worm et al, 2017). Per rendersi conto delle dimensioni di tale impatto, è sufficiente attenzionare la sola produzione giornaliera nei Paesi del mar Mediterraneo, che è stimata nell'ordine delle centinaia di tonnellate. Di tutti i rifiuti marini le plastiche ne costituiscono la gran parte, arrivando a rappresentare circa l'80% del totale (P. Battaglia et al, 2019, United Nations Environment Programme, 2014). Ciò ha fatto sì che l'interesse verso questa tematica sia cresciuto esponenzialmente negli ultimi anni, non solo grazie al consistente lavoro della comunità scientifica ma anche per le strategie che i governi di molti Paesi stanno mettendo in atto, al fine di trovare soluzioni nel tentativo di arginare il problema.

In ambiente marino, a prescindere dalla profondità, organismi diversi tra loro per dimensioni e abitudini entrano spesso in contatto con le plastiche, dando luogo a un vasto ventaglio di interazioni (M. Canals et al, 2021). Nello specifico, rifiuti plastici di varie dimensioni (dalle nanoplastiche alle macroplastiche) e composizione (Nylon, Polietilene, PVC) possono accidentalmente essere ingeriti dagli organismi marini a diversi livelli trofici, causando di conseguenza alterazioni lungo la catena alimentare (T. Bottari et al, 2019, S. Savoca et al, 2019). Questo aspetto non va sottovalutato per diverse ragioni: se da una parte provoca un rilevante danno per l'ambiente, dall'altra rappresenta un potenziale rischio per la salute umana, sia diretto che indiretto. Diretto in quanto il pescato che arriva tutti i giorni sulle nostre tavole può potenzialmente contenere plastiche; indiretto perché queste, a loro

volta, possono essere vettore di agenti patogeni e/o sostanze chimiche, spesso causa di disturbi più o meno severi.

In aggiunta a questo, rifiuti plastici di grandi dimensioni come le tristemente note "reti fantasma", ossia resti di reti da pesca abbandonate (poiché ormai danneggiate e inservibili) e poco visibili, si adagiano sui fondali portando ad un doppio effetto negativo: da un lato possono divenire vere e proprie trappole per un gran numero di animali pelagici, dai piccoli pesci ai grandi mammiferi, finanche ai rettili; dall'altro "soffocano" letteralmente i fondali marini, causando inevitabilmente la sofferenza e nei casi più estremi la morte di tutti quegli organismi che, per caratteristiche fisiologiche, non sono in grado di muoversi o che conducono abitudini strettamente legate al substrato (sabbioso o roccioso). Questi sono chiamati rispettivamente sessili e bentonici, tra i quali spiccano gli Cnidari e gli Echinodermi.

2. Plastisfera: un mondo di plastica

Le plastiche, indipendentemente dallo specifico polimero preso in esame, presentano una caratteristica peculiare: la superficie di questo materiale artificiale, infatti, è idrofobica. Ciò consente una colonizzazione più o meno rapida da parte di organismi appartenenti sia al regno animale che a quello vegetale; col passare del tempo, se le condizioni ambientali lo consentono e con l'instaurarsi di equilibri sempre più complessi, è possibile osservare la comparsa di veri e propri "ecosistemi in miniatura" (R. J. Wright et al, 2020, R. J. Wright et al, 2021) in cui ogni forma di vita, dalla più semplice a quella più strutturata, recita un ruolo ben preciso, dai produttori primari (le alghe) ai consumatori secondari o terziari (i predatori).

Tra gli animali che si rinvengono più frequentemente associati ai rifiuti plastici vi sono certamente numerose specie di Molluschi (per lo più Bivalvi, Gasteropodi e Poliplacofori, comunemente chiamati chitoni), Cirripedi (conosciuti come "denti di cane"), Briozoi (animali coloniali che, in base alla specie, presentano forme molto variabili, alcuni di essi ricordano i coralli), Cnidari (in massima parte anemoni di mare), Echinodermi (ricci, stelle e ofiure) e Policheti, vermi di mare che sono in grado di secernere tubi (in taluni casi anche in carbonato di calcio, lo stesso materiale di cui sono fatte le conchiglie) dentro i quali vivono (P. Battaglia et al, 2019) (Figura 1).

Il lasso di tempo necessario affinché si realizzi una sufficiente colonizzazione è influenzato da fattori sia di natura fisica che chimica; certamente giocano un ruolo fondamentale l'intensità delle correnti, la temperatura, la profondità, la quantità di luce che riesce a penetrare lungo la colonna d'acqua e la presenza più o meno marcata di sostanze nutritive disciolte; ancora, rivestono particolare importanza nell'evoluzione del processo, le caratteristiche intrinseche dei rifiuti plastici quali la forma, la densità, la composizione, la porosità e il grado d'invecchiamento.

I primi ad arrivare in quello che diverrà un ecosistema sono organismi molto piccoli, i batteri e i funghi, i quali pongono le basi per gli insediamenti successivi. Essi, infatti, concorrono alla formazione di uno strato gelatinoso detto biofilm, il quale aderisce tenacemente alla superficie plastica. Con il termine biofilm si intende un'aggregazione di cellule batteriche e/o fungine adese saldamente a una superficie (nel caso specifico la plastica) e inglobate in una matrice polisaccaridica adesiva secreta dalle cellule stesse; ciò conferisce loro protezione e una notevole resistenza.

Senza questa prima e fondamentale tappa, il processo non avrebbe luogo. È proprio lo strato di biofilm che favorisce l'insediamento dapprima delle micro e macroalghe e, successivamente, di micro e macroinvertebrati che troveranno in esse rifugio, supporto e fonte di cibo.

Osservando da vicino questi micro ambienti ci si rende subito conto che, come già detto in precedenza, vanno a costituirsi veri e propri ecosistemi miniaturizzati, dove ogni specie assume un ruolo ecologico ben determinato, instaurando così una serie di relazioni intraspecifiche (tra organismi della medesima specie) e interspecifiche (tra organismi di specie diverse, che condividono il medesimo ecosistema).



Figura 1 - Esempi di tipici organismi animali rinvenuti in associazione ai rifiuti plastici, dall'alto: Cirripedi, Echinodermi, Briozoi, Gasteropodi, Poliplacofori e Policheti.

Al fine di dare risalto questo rilevante e preoccupante aspetto ecologico, irreversibilmente entrato a far parte del quotidiano, è stato recentemente coniato il termine "Plastisfera", che ben descrive il contesto in cui oggi viviamo, un vero e proprio "mondo di plastica". L'intento è quello di dare risalto all'inevitabile e continuo adattamento da parte di numerosi organismi alla ragguardevole presenza di rifiuti plastici nell'ambiente, riuscendo in certi casi a sfruttarli a proprio vantaggio, come se fosse una risorsa naturale.

Rifiuti plastici diversi per forma, dimensione e composizione, che vanno a depositarsi a livello dei fondali marini, possono andare a incrementare la complessità strutturale degli ambienti.

A livello dei fondali si trova la maggiore quantità di plastica, che può accumularsi in maniera più o meno spiccata in base alla conformazione dei fondali stessi; nel caso in cui essi vadano a formare profondi canyon, il fenomeno sarà più accentuato. Per semplicità, si immagini la presenza di una struttura in plastica di medio-grandi dimensioni su un fondale prevalentemente costituito da sabbia fine; la suddetta struttura può potenzialmente essere sfruttata come se fosse un supporto roccioso naturale, favorendo in un certo lasso di tempo l'insediamento di specie che, per caratteristiche fisiologiche, non troverebbero altrimenti un substrato adatto al loro accrescimento. Un po' quello che succede nelle isole rocciose create artificialmente dall'uomo per ridurre l'impatto della pesca a strascico, impedendo il passaggio delle imbarcazioni attraverso aree dagli equilibri ecologici precari. In queste zone tali agglomerati rappresentano delle vere e proprie "oasi nel deserto" per molti organismi viventi.

Può sembrare un'assurdità, un paradosso, ma i detriti plastici finiti in mare potrebbero andare a favorire un aumento della biodiversità (S. Katsanevakis, 2007 et al, X. Song et al, 2021); è tuttavia necessario acquisire nuove conoscenze e indagare con nuovi studi riguardo gli eventuali impatti ecologici, che contrariamente a quanto si potrebbe pensare potrebbero persino essere positivi.

In aggiunta a quanto detto, i rifiuti plastici della giusta forma e densità, le cosiddette plastiche flottanti, sono in grado di galleggiare sulla superficie del mare ed essere trasportati per distanze notevoli (anche nell'ordine delle centinaia di chilometri) dalle correnti (P. Battaglia et al, 2019), creando nei casi più noti le immense isole galleggianti negli Oceani.

Ciò può implicare l'insorgere di un'ulteriore complicazione strettamente correlata, ossia una potenziale diffusione di specie aliene e/o invasive (T. Kiessling et al, 2015, S. Rech et al, 2016) in habitat anche molto lontani da quelli d'origine, a patto che queste si adattino alle condizioni chimico-fisiche (principalmente temperatura, salinità, pH, profondità) del nuovo ambiente. Si è visto peraltro come i suddetti rifiuti plastici galleggianti, se colonizzati a sufficienza, aumentano la loro densità fino ad affondare del tutto favorendo l'insediamento di organismi nuovi, con caratteriste diverse rispetto ai precedenti "inquilini".

Uno dei casi forse più eclatanti e che meglio aiutano a comprendere l'importanza del fenomeno della Plastisfera riguarda la colonizzazione di substrati plastici da parte di Corallium rubrum Linnaeus, 1758, il celebre corallo rosso del Mediterraneo, riportata in diversi siti nelle acque della Sardegna. Sono stati eseguiti, al riguardo, studi in condizioni controllate che hanno confermato come la plastica possa fornire un adeguato substrato favorevole all'insediamento e alla crescita della specie, suggerendo un possibile utilizzo in attività di ripopolamento. Una raccolta eccessiva (e spesso illegale poiché in molti casi priva di autorizzazione), difatti, ha portato il corallo rosso sull'orlo dell'estinzione nel corso degli ultimi decenni, e l'impiego di substrati plastici opportunamente posizionati potrebbe rappresentare una valida soluzione al fine di ripopolare la specie (L. Carugati et al, 2021); un sistema del genere potrebbe naturalmente essere applicato ad altri organismi bentonici le cui popolazioni risultano a rischio a causa dell'inquinamento, della pesca a strascico o della raccolta indiscriminata (come le spugne). Una situazione analoga si è verificata nelle acque dello Stretto di Messina, dove sono state rinvenute diverse specie di corallo di profondità adese a resti provenienti da attrezzi da pesca (P. Battaglia et al, 2019). Ma numerosi altri casi sono stati riportati, in Mediterraneo come in altre parti del mondo.



Figura 2 - Rifiuti plastici, un tempo oggetti di uso quotidiano, ricoperti da incrostazioni animali e vegetali.

3. Conclusioni e prospettive future

Alla luce di quanto asserito risulta necessario ampliare le nostre conoscenze, ad oggi piuttosto limitate, riguardo l'impatto dei rifiuti plastici in ambiente marino e il loro ruolo come possibile risorsa da sfruttare (substrati artificiali).

Quando si parla di impatto da plastica in mare, infatti, nella maggior parte dei casi ci si riferisce all'ingestione di microplastiche e/o a tutte quelle interazioni accidentali che causano l'intrappolamento e la conseguente sofferenza/morte degli organismi. Tematiche certamente importanti, ma al pari della Plastisfera.

La plastica potrebbe effettivamente rappresentare un supporto utile all'insediamento di una vasta gamma di organismi bentonici, che andrebbero così ad aumentare la biodiversità in ambienti che nel tempo hanno subito un impoverimento in termini di specie.

Tale aspetto risulta di particolare interesse al fine di chiarire e valutare quali potrebbero essere gli eventuali effetti positivi, negativi o nulli generati dall'accumulo di rifiuti plastici sui fondali marini e nello specifico sulla biodiversità locale. In particolare si dovranno studiare le interazioni intraspecifiche e interspecifiche che andranno a instaurarsi in seno al neoformato

ecosistema, nonché le strategie di adattamento delle specie che andranno a colonizzare i substrati plastici.

Inoltre, supporti in plastica potrebbero essere ulteriormente sfruttati nell'allevamento di specie edibili dall'alto valore commerciale, come diverse specie di Molluschi Bivalvi o come i prelibati "Percebes" (si tratta di Cirripedi appartenenti alla specie Pollicipes pollicipes Gmelin, 1791, attualmente molto apprezzati in Spagna, ma che ultimamente si stanno affermando anche in Italia); o, ancora, nell'allevamento di spugne (su tutte la specie Spongia officinalis Linnaeus, 1759, largamente utilizzata per l'igiene personale), pesantemente sfruttate e raccolte per le loro eccezionali qualità fino quasi a scomparire dai nostri mari.

Parallelamente bisogna porre attenzione ai rifiuti plastici flottanti e colonizzati, una delle cause di dispersione di specie a notevoli distanze dagli ambienti d'origine, che possono pertanto dare luogo al fenomeno delle specie aliene, con conseguenze anche gravi per gli ecosistemi.

Potrebbe sembrare in parte un'assurdità, ma ciò potrebbe aiutarci a comprendere se è possibile sfruttare le plastiche, universalmente riconosciute come una delle principali cause d'inquinamento in ambiente marino e non solo, al fine di trarre qualcosa di positivo da una situazione altamente negativa, dalla quale difficilmente si potrà fare ritorno.

4. Bibliografia

Battaglia, P., Consoli, P., Ammendolia, G., D'Alessandro, M., Bo, M., Vicchio, T. M., Pedà, C., Cavallaro, M., Andaloro, F., & Romeo, T. *Colonization of floats from submerged derelict fishing gears by four protected species of deep-sea corals and barnacles in the Strait of Messina (central Mediterranean Sea)*. Mar. Pollut. Bull., 148, 61–65. 2019

Bottari, T., Savoca, S., Mancuso, M., Capillo, G., GiuseppePanarello, G., MartinaBonsignore, M., Crupi, R., Sanfilippo, M., D'Urso, L., Compagnini, G., Neri, F., Romeo, T., Luna, G. M., Spanò, N., & Fazio, E. *Plastics occurrence in the gastrointestinal tract of Zeus faber and Lepidopus caudatus from the Tyrrhenian Sea.* Mar. Pollut. Bull., 146, 408–416. 2019

Canals, M., Pham, C. K., Bergmann, M., Gutow, L., Hanke, G., van Sebille, E., Angiolillo, M., Buhl-Mortensen, L., Cau, A., Ioakeimidis, C., Kammann, U., Lundsten, L.,

Papatheodorou, G., Purser, A., Sanchez-Vidal, A., Schulz, M., Vinci, M., Chiba, S., Galgani, F., … Giorgetti, A. *The quest for seafloor macrolitter: A critical review of background knowledge, current methods and future prospects.* In Envir. Res. Let. (Vol. 16, Issue 2). IOP Publishing Ltd. 2021

Carugati, L., Bramanti, L., Giordano, B., Pittura, L., Cannas, R., Follesa, M.C., Pusceddu, A., Cau, A. *Colonization of plastic debris by the long-lived precious red coral Corallium rubrum: new insights on the "Plastic benefits" paradox*. Mar. Pollut. Bull. 165, 112104. 2021

Cau, A., Bellodi, A., Moccia, D., Mulas, A., Pesci, P., Cannas, R., Pusceddu, A., & Follesa, M. C. *Dumping to the abyss: single-use marine litter invading bathyal plains of the Sardinian margin (Tyrrhenian Sea)*. Mar. Pollut. Bull., 135, 845–851. 5. 2018

Chiba, S., Saito, H., Fletcher, R., Yogi, T., Kayo, M., Miyagi, S., Ogido, M., & Fujikura, K. *Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris.* Mar. Pol., 96, 204–212. 2018

Katsanevakis, S., Verriopoulos, G., Nicolaidou, A., Thessalou-Legaki, M. *Effect of marine litter on the benthic megafauna of coastal soft bottoms: a manipulative field experiment.* Mar. Pollut. Bull. 54 (6), 771–778. 2007

Kiessling, T., Gutow, L., & Thiel, M. *Marine litter as habitat and dispersal vector.* In Mar. Ant. Lit. (pp. 141–181). Spr. Int. Publ. 2015

Pham, C. K., Ramirez-Llodra, E., Alt, C. H. S., Amaro, T., Bergmann, M., Canals, M., Company, J. B., Davies, J., Duineveld, G., Galgani, F., Howell, K. L., Huvenne, V. A. I., Isidro, E., Jones, D. O. B., Lastras, G., Morato, T., Gomes-Pereira, J. N., Purser, A., Stewart, H., Tyler, P. A. *Marine litter distribution and density in European seas, from the shelves to deep basins.* PLoS ONE, 9(4). 2014

Rech, S., Borrell, Y., & García-Vazquez, E. *Marine litter as a vector for non-native species: What we need to know.* Mar. Pollut. Bull., 113(1–2), 40–43. 2016

Savoca, S., Capillo, G., Mancuso, M., Bottari, T., Crupi, R., Branca, C., Romano, V., Faggio, C., D'Angelo, G., & Spanò, N. *Microplastics occurrence in the Tyrrhenian waters and in the gastrointestinal tract of two congener species of seabreams.* Env. Toxicol. and Pharm., 67, 35–41. 2019

Song, X., Lyu, M., Zhang, X., Ruthensteiner, B., Ahn, I. Y., Pastorino, G., Wang, Y., Gu, Y., Ta, K., Sun, J., Liu, X., Han, J., Ke, C., & Peng, X. *Large Plastic Debris Dumps: New Biodiversity Hot Spots Emerging on the Deep-Sea Floor.* Env. Sc. and Tech. Lett., 8(2), 148–154. 2021

Suaria, G., Avio, C. G., Mineo, A., Lattin, G. L., Magaldi, M. G., Belmonte, G., Moore, C. J., Regoli, F., & Aliani, S. *The Mediterranean Plastic Soup: Synthetic polymers in Mediterranean surface waters.* Scient. Rep., 6. 2016

United Nations Environment Programme. *Plastic Valuing: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry.* UNEP. 2014

Worm, B., Lotze, H. K., Jubinville, I., Wilcox, C., & Jambeck, J. *Plastic as a Persistent Marine Pollutant.* Ann. Rev. of Env. and Res. 2017

Wright, R. J., Erni-Cassola, G., Zadjelovic, V., Latva, M., & Christie-Oleza, J. A. *Marine Plastic Debris: A New Surface for Microbial Colonization.* Env. Sc. and Tech., 54(19), 11657–11672. 2020

Wright, R. J., Langille, M. G. I., & Walker, T. R. *Food or just a free ride? A meta-analysis reveals the global diversity of the Plastisphere.* ISME Jour., 15(3), 789–806. 2021

OTTAVA SEZIONE
MATEMATICA E….

Presentazione

La matematica, e la scienza in generale, ha bisogno di fantasia, di ispirazione. Le domande a cui si cerca di rispondere con studi di tipo scientifico, nascono dalle riflessioni più varie.

Tanti ricercatori matematici dell'Ateneo di Messina, in occasione della "Giornata della Matematica - 27 Aprile 2022" organizzata dai Corsi di Laurea in Matematica del Dipartimento MIFT e rivolta agli studenti della scuola secondaria superiore, hanno voluto mettere in evidenza come la scienza e le varie forme di arte si intrecciano portando a risultati affascinanti e alla scoperta di legami nascosti, ampliando le vedute con risvolti utili nello studio come nella vita. Questa tendenza a unire più che a dividere è propria dell'arte come della scienza e di tutte le espressioni del sapere umano. In questo articolo vengono raccolti alcuni degli interventi proposti nella giornata.

Giovanni Anello

MATEMATICA E CURVE PIANE

1. Sunto – 2. Introduzione. – 3. Equazione cartesiana di curva piana. – 4. Curve piane e problemi reali. – 5. Bibliografia.

1. Sunto

Le curve piane sono argomento dei programmi di matematica di quasi tutti gli indirizzi di scuola secondaria superiore. In geometria analitica, ad esempio, dopo lo studio delle figure lineari (rette, semirette, segmenti), si passa allo studio delle coniche, che sono particolari curve piane ottenute sezionando un cono con un piano. In analisi matematica, invece, si affronta lo studio delle curve cosiddette cartesiane, ovvero i grafici di funzioni reali di variabile reale

Tuttavia, le tipologie di curve piane vanno molto oltre quelle rappresentate dalle coniche o dalle curve cartesiane. Per di più, molte delle più note curve utilizzate come modelli in applicazioni fisiche, biologiche, ingegneristiche, etc. non rientrano tra queste ultime.

Nel presente articolo, dopo aver discusso la nozione matematica di curva piana, presenteremo alcune curve piane particolari le quali, oltre a descrive fenomeni di vario tipo, talvolta anche molto comuni, possiedono notevoli proprietà tali per cui queste curve sono spesso utilizzate nella progettazione di infrastrutture, edifici, strumentazioni, macchinari, e altro ancora.

2. Introduzione

Numerosi fenomeni del mondo reale sono descritti da modelli matematici coinvolgenti la nozione di *curva*. Esempi di tali fenomeni sono le traiettorie di corpi in movimento (un sasso lanciato in aria, un pianeta che orbita attorno a una stella, un insetto che vola), ma anche le configurazioni statiche che assumono taluni corpi o sistemi di più corpi in determinate condizioni (catene penzolanti fissate a paletti, fili elastici, limature di ferro in campi magnetici, la forma di una molla). Nondimeno, la nozione matematica di curva è ampiamente

utilizzata in ogni campo scientifico, ma anche nei campi economico -finanziario, demografico, medico-sanitario etc., per descrivere fenomeni che, pur non esibendo materialmente delle curve nel loro manifestarsi, esse sono tuttavia uno strumento fondamentale per l'analisi della loro evoluzione. Pensiamo, ad esempio, anche riferendoci a quanto accaduto in un recente passato, al caso delle cosiddette *curve pandemiche*: qui la nozione di curva si utilizza come mero strumento di analisi del fenomeno, essendo gli elementi reali che evidenziano la presenza di una pandemia sono riferibili, piuttosto, ai problemi sanitari e sociali che essa comporta. E' comunque a tutti noto che il monitoraggio costante degli effetti di una pandemia, che si rende necessario, ad esempio, per la valutazione dell'efficacia delle misure anti-pandemiche, richiede misurazioni periodiche di parametri relativi alla diffusione delle infezioni ed una analisi dettagliata dell'andamento temporale dei dati rilevati. Questa analisi è possibile attraverso modelli grafici che prevedono l'impiego di curve. Ciascuna di esse rappresenta l'evolversi di un parametro pandemico (es. il numero quotidiano di nuovi soggetti infetti, di guariti, di posti letto occupati, e così via) ed il suo tracciamento su di un piano munito di sistema di riferimento (piano cartesiano) avviene interpolando i punti che corrispondono alle misurazioni del parametro pandemico in dipendenza del parametro indipendente (in questo caso dato dalla variabile temporale).

Non è solo nella descrizione delle evoluzioni pandemiche che le curve matematiche trovano applicazione. Come abbiamo già evidenziato, sono numerosissimi gli ambiti in cui esse sono utilizzate per rappresentare, e quindi analizzare, l'evolversi di fenomeni. Possiamo, ad esempio, fare riferimento alle curve che descrivono gli andamenti dei mercati, gli andamenti demografici, le opinioni di una popolazione su un dato tema, l'efficacia di un farmaco, etc. Ciascuna di queste, nel loro ambito, rappresenta uno strumento, talvolta indispensabile, per l'analisi del fenomeno e per decidere le azioni da intraprendere.

Lo scopo di questa breve introduzione di carattere divulgativo sulle curve non è, tuttavia, quello di presentarle esclusivamente come nozione matematica, utile per la rappresentazione di fenomeni. Piuttosto, vedremo come alcune curve, per via di certe loro peculiari caratteristiche, sono *materialmente* utilizzate nella progettazione di macchine, di strutture, di infrastrutture, e di altro ancora, in quanto *soluzione* di svariati problemi. Ad esempio, alcune curve risolvono problemi cosiddetti di *ottimizzazione*, tali come la riduzione dei tempi di

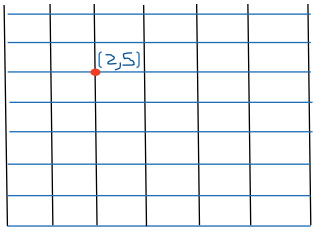
esecuzione di un lavoro, la riduzione dei costi di produzione, la massimizzazione della sicurezza e della stabilità di una struttura, ecc.

Nella trattazione ci limiteremo al caso delle curve contenute in un piano, chiamate per questo *curve piane*, fermo restando, beninteso, che esistono *curve spaziali* (e persino curve in spazi a *n* o *infinite* dimensioni!): si pensi, ad esempio, alla curva *spirale* che rappresenta una molla.

3. Equazione cartesiana di curva piana

Le studio della nozione di curva piana è previsto nei programmi scolastici di matematica già a partire dalla scuola primaria attraverso metodi prevalentemente di tipo grafico-visivo. Nella scuola secondaria di primo grado, dopo l'introduzione del sistema di riferimento cartesiano ortogonale in un piano, si inizia lo studio delle curve piane con metodi *analitici*, ovvero attraverso rappresentazioni dei punti di un piano mediante coppie ordinate di numeri.

Come è noto, un sistema di riferimento cartesiano ortogonale nel piano è costituito da una coppia ordinata di rette perpendicolari, chiamate *assi cartesiani*. La prima retta è detta *asse delle ascisse*, la seconda *asse delle ordinate*. Una volta introdotto un tale sistema, è possibile individuare ogni punto del piano attraverso una coppia ordinata di numeri, chiamate *coordinate cartesiane*, le quali *misurano* la distanza del punto dagli assi cartesiani. Immaginando un foglio a quadretti e assumendo il bordo orizzontale in basso come asse delle ascisse e quello verticale a sinistra come asse delle ordinate, le coordinate del punto in figura sono individuate dal numero di *quadretti* che separano il punto dai suddetti bordi.



L'*ascissa* del punto è, per definizione, la distanza dall'asse delle ordinate, in questo caso pari a 2 quadretti. L'*ordinata* del punto è, sempre per definizione, la distanza dall'asse delle ascisse, in questo caso pari a 5 quadretti. La coppia ordinata (2,5) individua, pertanto, la posizione del punto nel foglio a quadretti. Il quadretto, in questo caso, è l'unità di misura. I punti che non sono vertici di un quadretto hanno almeno una coordinata espressa da un numero non intero. Punti a sinistra dell'asse delle ordinate o al di sotto dell'asse delle ascisse sono individuati mediante l'uso dei numeri

negativi. Ad esempio, un punto a sinistra di due quadretti dall'asse verticale ha ascissa pari a -2.

Se adesso sul nostro foglio di carta tracciamo una curva, questa risulta analiticamente individuata dalle coordinate cartesiane di tutti i suoi punti. Chiaramente, l'insieme di tutte queste coordinate è infinito ed è, tutto sommato, poco utile per indagare le proprietà della curva. Più utile, invece, è scoprire, qualora possibile, il legame che intercorre tra le coordinate di un generico punto della curva. Sarà proprio questo legame a caratterizzare analiticamente una curva. Ad esso si dà il nome di *equazione cartesiana della curva*

In generale, l'equazione cartesiana di una curva è espressa da una scrittura del tipo $f(x,y)=0$, dove x,y rappresentano le coordinate di un generico punto della curva, ed f è una funzione di x,y. Concretamente, la funzione f è un insieme di operazioni su x,y il cui risultato finale è zero se e solo se x,y sono coordinate di un punto della curva.

Ad esempio, nel caso in cui f è *"sommare i quadrati di x,y e sottrarre uno"*, l'equazione assume la seguente forma

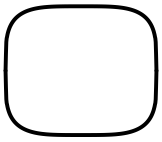
$$X^2+Y^2-1=0.$$

Disegnando sul nostro foglio di carta una serie di punti le cui coordinate verificano la suddetta equazione (ad esempio i punti di coordinate (1,0), (-1,0), (0,1), (0,-1), $(\frac{\sqrt{3}}{2},\frac{1}{2})$, $(\frac{\sqrt{2}}{2},\frac{\sqrt{2}}{2})$, $(-\frac{\sqrt{2}}{2},\frac{\sqrt{2}}{2})$) si nota come questi punti appartengono tutti ad una stessa circonferenza. Ed effettivamente, l'equazione data è proprio quella della circonferenza centrata in (0,0) con raggio pari ad 1.

Se consideriamo la seguente variante

$$X^4+Y^4-1=0,$$

questa è l'equazione di una curva di diverso tipo. Disegnandola ci appare come una circonferenza deformata (vedi figura)



È naturale immaginare che gli esempi da produrre sono innumerevoli. Le curve piane più note, ed in particolare quelle che trovano applicazione in ambito tecnologico, ingegneristico e

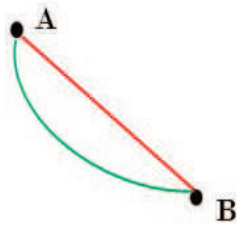
architettonico, hanno nota la loro equazione $f(x,y)=0$. L'insieme delle operazioni su x,y (espresse dalla funzione f) talvolta ha una struttura semplice (come nei precedenti esempi), talvolta meno semplice. In ogni caso, la conoscenza dell'equazione della curva è fondamentale per studiare le sue proprietà, in quanto queste non sempre sono rilevabili dalla mera osservazione visiva, comprese quelle che potenzialmente potrebbero rendere la curva data di particolare interesse per determinate applicazioni.

4. Curve piane e problemi reali

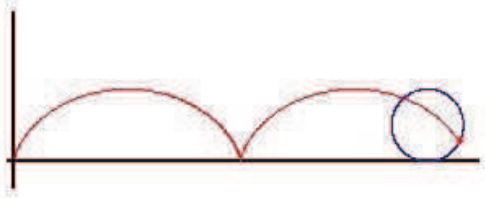
Un tipico problema di ottimizzazione è quello della cosiddetta traiettoria di *minimo tempo*. Nella sua versione più semplice, tale problema consiste nel trovare la traiettoria lungo la quale un oggetto, posto in un punto A ad una certa altezza dal suolo, raggiunge, per caduta libera, un punto B collocato più in basso nel minor tempo possibile.



Nel caso in cui il punto B è sulla verticale passante per A (vedi figura a sinistra), la soluzione è banale poiché la traiettoria è rappresentata dal segmento verticale AB. Diverso è il discorso se B non è sulla verticale per A. In questo caso il problema non è banale come si potrebbe pensare immaginando che una tale curva debba essere, anche in questo caso, il segmento (obliquo) AB.



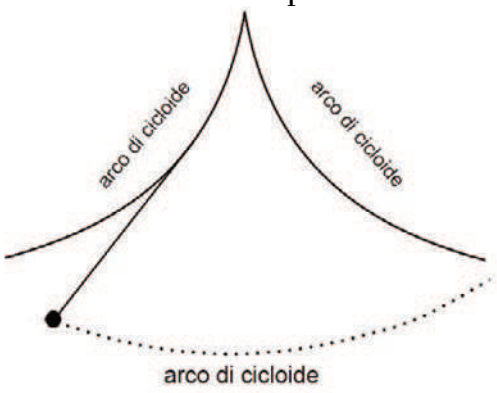
In effetti, la traiettoria di minimo tempo non è il segmento AB ma la traiettoria verde nella figura a sinistra. Essa è arco di una particolare curva, chiamata *cicloide*. La cicloide è la traiettoria B descritta da un punto di una circonferenza che rotola senza strisciare su un piano orizzontale



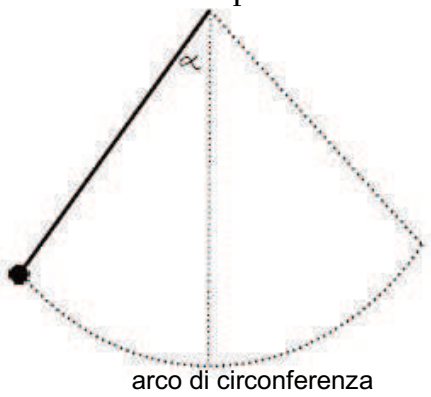
Oltre a essere la curva di minimo tempo (*Brachistocrona*), la cicloide ha altre interessanti caratteristiche, sempre legate al tempo, che consentono, ad esempio, di risolvere un problema di asincronismo tipico del pendolo semplice. Il pendolo semplice è costituito da un filo verticale di lunghezza l con un estremo fissato, tenuto teso dal peso di un corpo legato all'altro

estremo. Spostando il corpo dalla sua posizione di equilibrio, questo inizia a oscillare compiendo una oscillazione completa in un tempo, chiamato periodo del pendolo, pari approssimativamente a $T=2\pi\sqrt{l/g}$, dove g denota l'accelerazione di gravità. In realtà la formula che esprime il periodo è molto più complessa e dipende anche dall'angolo di oscillazione. La formula precedente tanto meglio approssima il reale valore del periodo T quanto più è piccolo l'angolo di oscillazione. Il pendolo semplice, per i motivi di cui sopra, è detto *asincrono*. E' tuttavia possibile costruire un pendolo perfettamente sincrono, tale quindi che il tempo di una oscillazione completa dipenda unicamente dalla lunghezza l del filo (e dalla accelerazione di gravità). Basta fare adagiare il filo su archi di cicloide durante l'oscillazione. In queste condizioni, il corpo appeso al filo non descriverà più un arco di circonferenza ma, bensì, un arco di cicloide a sua volta.

Pendolo semplice sincrono

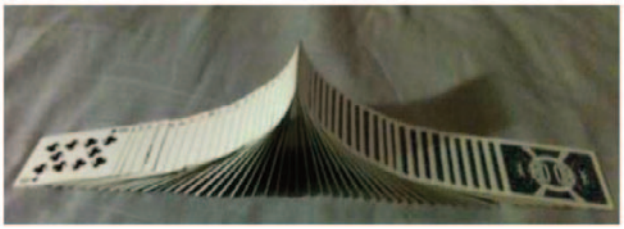


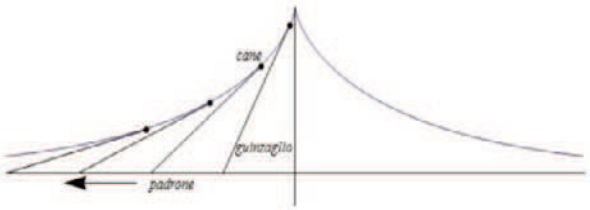
Pendolo semplice asincrono



La semplicità della definizione geometrica della cicloide potrebbe far pensare ad una corrispondente equazione altresì semplice. Tuttavia, così non è. Ed inoltre, non è questo l'unico caso in cui curve che si manifestano in fenomeni anche molto comuni e di semplice descrizione hanno una complessa equazione cartesiana. Tipico è il caso della curva denominata *Trattrice*. Sebbene l'equazione di tale curva è persino più complessa di quella della cicloide, i fenomeni dove essa si manifesta sono assolutamente comuni. Ad esempio, essa è il profilo di un mazzo di carte da gioco messe di taglio su un piano orizzontale e lasciate libere di scivolare l'una sull'altra. Ma è anche la traiettoria descritta da un oggetto posto su un piano privo di attrito e trainato per mezzo di una fune in direzione ortogonale alla fune stessa,

oppure, se si vuole, la traiettoria descritta da un cane tenuto al guinzaglio e trainato in direzione ortogonale a questo.





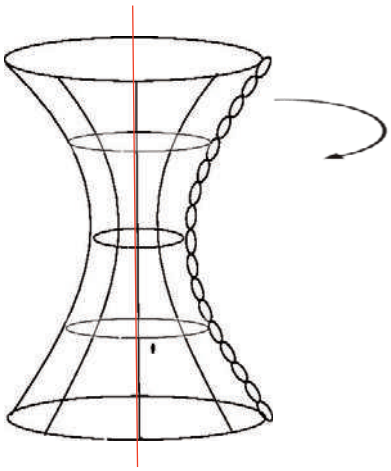
Nei precedenti esempi si può osservare una caratteristica comune che rappresenta, esattamente, la proprietà geometrica che definisce la trattrice. Essa consiste nella costanza della lunghezza del segmento di tangente alla curva compreso tra la curva e il piano orizzontale. Nel primo esempio, tale segmento è un lato della carta, nel secondo è rappresentato dalla fune (o dal guinzaglio) in tensione.

Una equazione di semplice espressione ha invece un'altra curva assai nota che descrive, anch'essa, un fenomeno molto comune. La curva in questione è la cosiddetta *Catenaria*. Il suo nome deriva proprio dal fenomeno da essa descritto e cioè la configurazione che assume una catena fissata alle estremità superiori di due paletti verticali.



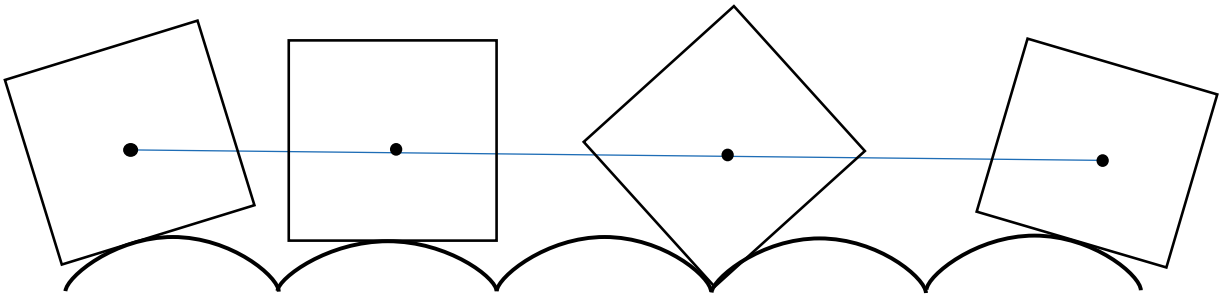
Una tale configurazione ha origine da quella legge della natura secondo la quale tutti i corpi all'interno di un campo di forze (nel nostro caso le forze sono quelle di gravità) tendono ad assumere la posizione di minima energia. Nel caso di una catena fissata a due paletti, inizialmente sostenuta verso l'alto e lasciata poi libera di cadere, essa raggiunge la sua posizione di equilibrio stabile (quella appunto di minima energia) esattamente quando assume la configurazione della catenaria. Proprio da questa sua caratteristica di rappresentare la

configurazione di minima energia si possono dedurre altre interessanti proprietà della catenaria, quali ad esempio quella di generare *superfici minime*: se infatti si fa compiere ad un arco di catenaria, disposto, ad esempio, verticalmente, una rotazione completa attorno ad asse, anche questo verticale, verso cui la catenaria rivolge la convessità, si ottiene una superficie di rotazione, detta *catenoide,* che ha estensione minima possibile tra tutte quelle aventi come bordo le due circonferenze descritte dagli estremi dell'arco della catenaria .



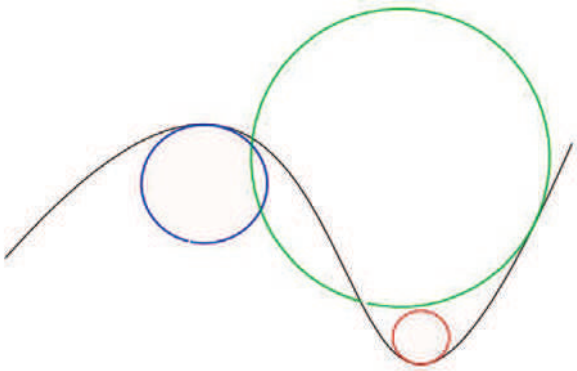
Una ulteriore proprietà della catenaria consiste nel fatto che forze verticali agenti su un suo arco provocano, sullo stesso, solamente sforzi di trazione, mentre su un arco di catenaria rovesciata (ovvero volgente la convessità verso l'alto) provocano solamente sforzi di compressione. Per tale ragione, gli archi di catenaria sono sovente utilizzati nelle costruzioni di strutture e infrastrutture. Tra i numerosi esempi, si possono citare il Gateway Arch di Saint Louis negli Stati Uniti, le volte della Sagrada Familia a Barcellona di Spagna, il ponte ferroviario di Garabit in Francia, e il ponte Bisantis di Catanzaro, che sfruttano le proprietà della catenaria rovesciata. La catenaria nella sua configurazione originaria è invece utilizzata in tutti i ponti sospesi, come curva alla quale fissare le funi di sospensione.

La catenaria, infine, può essere utilizzata per modellare il manto una strada su cui far passare mezzi con ruote aventi la forma di poligoni regolari senza che il mezzo subisca sobbalzi. Infatti, si può matematicamente dimostrare che se un poligono regolare rotola su archi di catenaria rovesciata di lunghezza pari al lato del poligono e poggiati uno consecutivamente all'altro su un piano orizzontale, il baricentro del poligono (dove sono applicati gli assi del mezzo) rimane sempre alla stessa altezza.



Per concludere questa breve, e tutt'altro che esaustiva, serie di esempi di applicazioni concrete di curve, presentiamo un'ultima, interessante, curva che, verosimilmente, è quella più frequentemente osservabile nel mondo reale, anche se molto meno conosciuta di altre curve notevoli: la *spirale di Eulero*, nota anche come *spirale di Cornu* o *Clotoide*.

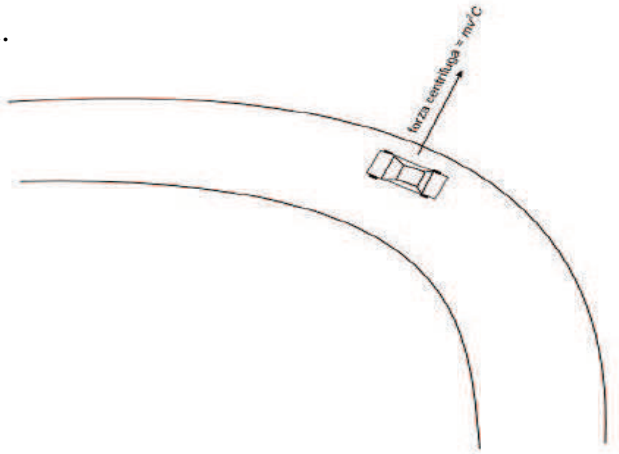
Per descrivere la principale proprietà della spirale di Eulero, è necessario introdurre la nozione di *raggio di curvatura* di una curva piana. Per una classe particolare di curve (le curve cosiddette regolari del secondo ordine) è possibile definire in ogni loro punto la circonferenza che, grosso modo, meglio approssima la curva in un intorno di quel punto. Tale circonferenza è detta *osculatrice*.



In figura sono tracciate le circonferenze osculatrici relative a tre diverse punti di una curva. Si nota come la circonferenza di raggio maggiore è quella corrispondente al punto in cui la curva data presenta il minore scostamento dalla forma rettilinea, mentre la circonferenza di raggio minore è in corrispondenza al punto in cui questo scostamento è maggiore. Possiamo allora assumere tale raggio r come misura puntuale della vicinanza all'andamento rettilineo, e quindi, il suo valore reciproco $C=1/r$, come misura puntuale dello scostamento

dall'andamento rettilineo. Il numero C (variabile al variare del punto sulla curva) è chiamato *curvatura* della curva data. Tale numero vale zero negli eventuali tratti rettilinei di una curva.

Immaginiamo adesso un automobilista che percorre un tratto di strada rappresentata da una curva piana regolare avente curvatura C. Se la strada non presenta buche, dossi o cunette, nei tratti rettilinei il guidatore, se viaggia a velocità costante, non avverte alcuna sollecitazione. Nei tratti curvi, invece, il guidatore avverte una sollecitazione diretta verso l'*esterno* della curva.



Per il terzo principio della meccanica, questa sollecitazione rappresenta la "reazione" alla *deviazione* dalla traiettoria rettilinea.

Tale sollecitazione è comunemente detta *forza centrifuga* e l'esperienza mostra che essa è tanto più grande quanto maggiore e la massa m e la velocità v del veicolo, nonché la deviazione dall'andamento rettilineo della strada, ovvero la curvatura C della strada stessa. Ed in effetti, si dimostra che la forza centrifuga F in ogni punto della strada è pari a $F=mv^2C$. Appare allora chiaro che nella progettazione di una strada, ma anche di un tracciato ferroviario, occorre tener conto che la forza centrifuga potrebbe manifestarsi in maniera improvvisa se nel raccordare tratti rettilinei con tratti curvi si utilizzano curve aventi curvature costanti, come ad esempio gli archi di circonferenza. Utilizzando questi archi, il mezzo (auto o treno) subirebbe un brusco contraccolpo dovuto alla improvvisa insorgenza della forza centrifuga, che passa repentinamente dal valore 0 del tratto rettilineo al valore $mv^2/r= mv^2C$ del tratto a forma di arco di circonferenza. Per evitare tali contraccolpi, la curva di raccordo di un tratto rettilineo con un tratto curvo deve avere una curvatura che aumenta gradualmente partendo

da 0. Quella più idonea allo scopo ha curvatura che cresce proporzionalmente alla sua lunghezza. Questa curva è proprio la spirale di Eulero.

A forma di spirale di Eulero sono costruiti tutti raccordi di tratti rettilinei con tratti curvi di strade e strade ferrate. In particolare, tali sono tutti gli svincoli autostradali.

A differenza delle curve precedentemente presentate, la spirale di Eulero non ha equazione cartesiana esprimibile con le funzioni cosiddette elementari (potenze, esponenziali, logaritmi, funzioni trigonometriche).

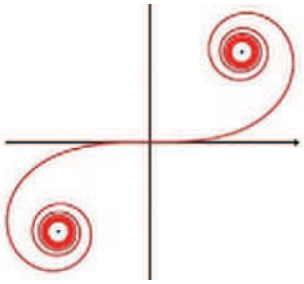
A titolo puramente conoscitivo, le coordinate *(x,y)* dei punti della spirale di Eulero si esprimono, in forma parametrica, attraverso le seguenti funzioni integrali

$$x = x(t) = a\int_0^t \cos(\tau^2)\,d\tau, \qquad y = y(t) = b\int_0^t \sin(\tau^2)\,d\tau$$

come funzioni di un parametro reale *t*, variando il quale la coppia *(x(t),y(t))* descrive l'intera spirale. Nessuna delle suddette funzioni è comunque esprimile mediante le funzioni elementari.

Abbiamo, sinora, discusso delle proprietà della spirale di Eulero, delle sue equazioni parametriche, e delle sue applicazioni nell'ambito della ingegneria civile, ma non abbiamo ancora tracciato il profilo la curva. Possiamo chiaramente farlo usando le sue equazioni parametriche e un programma di calcolo scientifico, ma essa si può anche costruire "meccanicamente", e con buona approssimazione, nel modo seguente: si prende un'arancia e la si sbuccia interamente a partire dal picciolo senza lacerare la buccia, quindi si adagia questa su di un piano. La forma che prende la buccia è, con buona approssimazione, proprio quella della spirale di Eulero.





5. Bibliografia

Cresci L. *Le Curve Celebri*. Franco Muzzio Editore, Roma. 1998

Ciliberto C., Fontanari C. (a cura di), *Curve algebriche piane e sghembe-Corso del Prof. Guido Castelnuovo,* Unione Matematica Italiana, Roma, 2015;

Cavicchioli A., Spaggiari F., Geometria delle Curve. Pitagora, Bologna, 2014

Elvira Barbera - Annamaria Pollino - Emanuele Sgroi

MATEMATICA E LE SUE MACCHINE

1. Introduzione. – 2. Costruire l'ellisse con riga e compasso: è possibile? Un approccio teorico. – 3. Macchine geometriche: un punto di vista pratico! – 4. Macchine ellittiche tramite proiezione di una luce su una sfera. – 5. Le macchine matematiche dal punto di vista della meccanica. – 6. L'ellisse: dall'arte all'astronomia.

1. Introduzione

In una scena del film *Ágora* diretto dal regista Alejandro Amenábar, Ipazia, matematica e filosofa di Alessandria del IV secolo d.C., mostra come un cono di legno possa essere sezionato in due figure geometriche: la circonferenza e l'ellisse. Nella stessa scena Ipazia, mentre dialoga con Aspasio, dice:

«Cosa sappiamo del cerchio? Che il centro del cerchio è sempre alla stessa distanza da ogni punto del perimetro. E che succede se divido quel centro in due, ma ciò che mantengo costante è la somma delle loro distanze dal perimetro? Se muovo questa asticella lungo la corda, mentre un segmento si ingrandisce, l'altro diventa più piccolo, quindi la somma dei due è sempre costante, lo vedi no? Ora pensa se applichiamo questo al movimento della terra: quale figura pensi che otterremo? Un'ellisse! Che cos'è il cerchio se non un'ellisse molto speciale i cui fuochi si sono così avvicinati da sembrare uno solo?»

Precisando che la scena è frutto di un espediente narrativo dell'autore, è documentato da fonti antiche che Ipazia è stata molto edotta in aritmetica e geometria.

Tutti noi sappiamo fin da piccoli come riprodurre un cerchio su un foglio, ma la nostra esperienza con l'ellisse è meno usuale. Proprio nella scena del film si vede una semplice *macchina matematica* in grado di generare questa curva, la cosiddetta *corda del giardiniere*.

Insieme alla circonferenza e all'ellisse, esistono altre due particolari curve: l'iperbole e la parabola. Tali curve vengono dette *sezioni coniche*, proprio dalla loro proprietà di poter essere ottenute dall'intersezione tra un piano e un cono.

Negli *Elementi* di Euclide, il cono è definito come la figura che si ottiene facendo ruotare un triangolo rettangolo attorno a un cateto fisso. In base al tipo di cateto, vengono distinti tre coni: l'ottusangolo, l'acutangolo e il cono rettangolo. Le tre sezioni coniche vengono così ottenute considerando il piano secante perpendicolare al lato di uno dei tre coni. Una trattazione più sistematica delle sezioni coniche è dovuta al matematico e astronomo greco Apollonio di Perga, che verso la fine del III secolo a.C., scrisse il suo famoso trattato *Le Coniche*, in cui teorizza l'uso di un unico cono per generare iperbole, parabole ed ellissi, facendo variare l'inclinazione del piano secante. Fu proprio Apollonio che diede a queste curve i nomi che tutt'oggi usiamo.

2. Costruire l'ellisse con riga e compasso: è possibile? Un approccio teorico

Verso la fine dell'800 e gli inizi del 900, alcuni matematici tra cui Whitehead, Russell e Hilbert, fecero notare come tutta la matematica sviluppata fino ad allora poggiasse su concetti primitivi evidenti, come per esempio avviene negli *Elementi* di Euclide. Infatti, l'idea che ogni proposizione possa essere dedotta da un ragionamento logico esplicito risale agli antichi greci, i quali scoprirono quello che oggi è noto come *metodo assiomatico*.



Figura 1. Illusione di Müller-Lyer

Il metodo assiomatico consiste nell'accettare come vere certe proposizioni, chiamate *assiomi*, e nel far derivare da esse tutte le altre asserzioni come conseguenza logica, cioè i teoremi. Questa parola deriva dal greco "*theoreìn*" e significa guardare, osservare. Tuttavia, è importante essere consapevoli del fatto che l'osservazione può essere ingannevole e che quindi le nostre percezioni non sono sempre una rappresentazione accurata della *verità*.

Ad esempio, se prendi un righello graduato e misuri le lunghezze dei due segmenti in Figura 1, ti accorgerai, probabilmente a tua sorpresa, che hanno la stessa misura. Eppure, nonostante tu adesso sappia che la lunghezza è la medesima, continuerai a vedere quello inferiore più lungo.

Per contrastare l'illusione puoi fare una sola cosa: imparare a non fidarti delle tue impressioni e trovare strumenti oggettivi per evitarle. In questo senso, la matematica, come avrebbe detto Gauss, è la regina delle scienze.

Le costruzioni geometriche rivestono un ruolo di notevole importanza nella matematica greca: un ente geometrico esiste in quanto è possibile costruirlo. La filosofia greca ritiene che ci siano soltanto due figure perfette: la retta e la circonferenza. Tutto il resto risulta ai greci imperfetto, di conseguenza la geometria dev'essere fondata su due strumenti *ideali* che permettono la realizzazione di tali figure, la riga e il compasso. Diventa necessario osservare che, in questa sede, riga e compasso sono strumenti mentali e teorici, non realizzati materialmente. Vogliamo rispondere alla domanda:

È possibile costruire un'ellisse con riga e compasso?

Iniziamo definendo quello che è il nostro mondo del possibile, cioè la cornice entro la quale possiamo muoverci: i logici e i matematici chiamerebbero questa cornice *sistema assiomatico*.

La riga va immaginata come una guida rigida rettilinea che ha un'estensione infinita, non graduata, cosicché non è possibile misurare distanze; il compasso ha un'apertura finita, ma grande a piacere. Inoltre può essere vincolato a ruotare attorno ad un punto dato e l'apertura può essere determinata solamente da un altro punto. Ogniqualvolta viene usato, dobbiamo immaginare che esso si richiuda da solo, in modo da non poter tener conto dell'ampiezza: in questo mondo non ci è permesso misurare lunghezze.

Una volta definite le proprietà che hanno i nostri strumenti ideali, dobbiamo chiarire le operazioni permesse. Tali operazioni sono descritte nei tre postulati che troviamo nel I libro degli *Elementi*:

1. Per due punti assegnati passa una e una sola retta.
2. Si può prolungare un segmento indefinitamente.
3. Dati due punti A e C, è possibile costruire una circonferenza di centro C passante per A.

Traducendo i tre postulati nelle azioni che possono compiere i nostri strumenti mentali, otteniamo le operazioni elementari con le quali possiamo costruire, a partire da punti dati, ulteriori punti del piano:

1. Dati due punti, tramite l'uso della riga è possibile tracciare un segmento o una retta.
2. Dati due punti, tramite l'uso del compasso, è possibile tracciare una circonferenza con il centro uno dei due punti e passante per l'altro.
3. Date due rette, è possibile individuare, se esiste, il punto di intersezione.
4. Data una retta e una circonferenza, è possibile individuare, se esistono, i punti di intersezione.
5. Date due circonferenze, è possibile individuare, se esistono, i punti di intersezione.

Adesso possiamo tradurre nel formalismo matematico quello che intendiamo con "costruzione tramite riga e compasso".

A partire da un insieme finito di oggetti geometrici predefiniti, diciamo che un punto P del piano è *costruibile* se esso è ottenibile tramite una o più delle cinque operazioni elementari. Infine, diciamo che una figura $\mathcal{F}$ è *costruibil*e tramite riga e compasso se ogni suo punto è costruibile in un numero **finito** di operazioni.

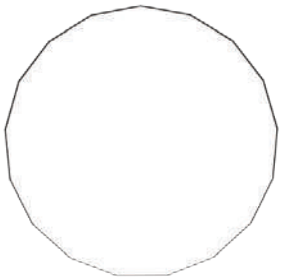


Figura 12. Eptadecagono

Osserviamo che nel problema della costruzione con riga e compasso, si richiede che il numero di operazioni sia limitato, per quanto complicata e lunga possa risultare la costruzione. Un esempio affascinante è la costruzione dell'*eptadecagono*. Si tratta di un poligono regolare con 17 lati effettivamente costruibile tramite riga e

compasso, come dimostrato nel 1796 da Carl Friedrich Gauss, matematico, astronomo e fisico tedesco.

Adesso siamo in grado di rispondere se è possibile costruire l'ellisse tramite riga e compasso.

Diamo prima la definizione:

Definizione. Chiamiamo *Ellisse* il luogo geometrico dei punti del piano la cui somma delle distanze da due punti fissi, detti fuochi, rimane costante.

Siano F_1 ed F_2 punti del piano, $2c$ la distanza fra F_1 ed F_2 e a un numero reale positivo maggiore di c. Sia, inoltre, $\mathcal{C}$ la circonferenza di centro F_1 e raggio $2a$.

Vediamo come costruire tramite le operazioni elementari sopra descritte un punto dell'ellisse $\mathcal{E}$ con fuochi F_1 ed F_2 ed eccentricità $e = c/a$.

In primo luogo, mostriamo nella seguente figura gli oggetti iniziali da cui partiamo.

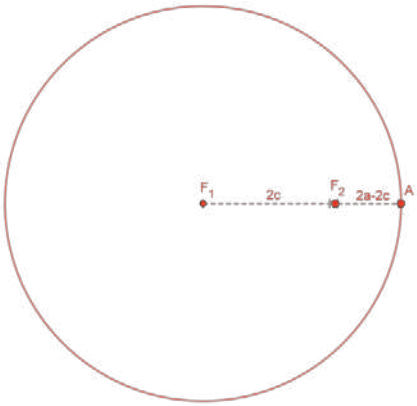


Figura 13. Costruzione punti di un'ellisse

Prendiamo adesso un qualunque punto H della circonferenza e tramite la nostra riga ideale costruiamo due segmenti congiungenti H ed F_1 e H ed F_2. Costruiamo adesso l'asse del segmento HF_2, cioè la retta passante per il punto medio del segmento HF_2 e perpendicolare ad esso. Ricordiamo che la nostra riga non è graduata, quindi non ci è permesso trovare il punto medio prendendo la misura $\overline{HF_2}$ e dividerla in due parti uguali. Dobbiamo in qualche modo costruirlo con le regole del gioco che abbiamo fissato all'inizio!

Questa volta il compasso ci viene in aiuto: fissiamo l'ago in H e la mina in F_2, tracciamo così la circonferenza di centro H passante per F_2. Facciamo la stessa cosa scambiando i ruoli dei punti, così costruiamo una circonferenza di centro F_2 passante per H. Usando l'operazione 5, i punti di intersezione tra le due circonferenze costruite ci permettono di individuare due nuovi punti. Allora, tramite l'operazione 1, è possibile costruire il segmento che li congiunge: è proprio l'asse che cercavamo!

L'asse arancione interseca il segmento HF_1 costruito in precedenza, quindi sfruttando l'operazione 3 è possibile individuare il punto di intersezione. Questo punto, che in figura è chiamato E_1, è proprio un punto della nostra ellisse! La prova di quest'affermazione è la seguente: da definizione, l'ellisse è il luogo geometrico dei punti la cui somma delle distanze dai fuochi rimane costante, nel formalismo matematico questo si traduce nella formula

$$d(E_1, F_1) + d(E_1, F_2) = k,$$

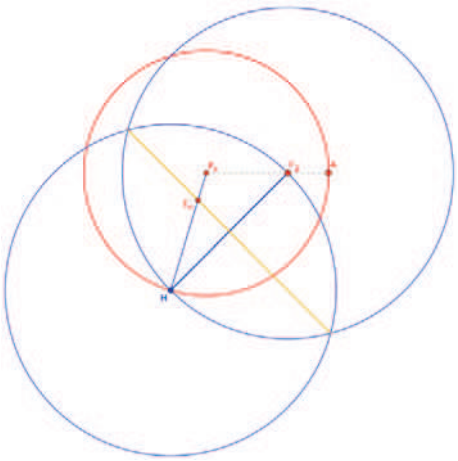


Figura 14. Costruzione punti di un'ellisse

con k costante. Nel nostro caso, k è uguale a $2a$, dove a è il numero reale che abbiamo fissato all'inizio. Infatti dalla figura ci accorgiamo che, per simmetria, la distanza tra E_1 ed F_2 è uguale alla distanza tra E_1 e H. Quindi

$$d(E_1, F_1) + d(E_1, F_2) = d(E_1, F_1) + d(E_1, H) = \overline{HF_1} = 2a,$$

e $2a$ è esattamente il raggio della circonferenza. Osserviamo che questo ragionamento lo abbiamo fatto per un punto H della circonferenza, ma esso è stato scelto senza un criterio

prestabilito, o meglio dire, è stato *scelto arbitrariamente*. Scegliendo un qualsiasi altro punto di $\mathcal{C}$ e ripetendo le operazioni in modo del tutto analogo, otterremo un punto E_2 con la stessa proprietà di E_1, cioè varrà

$$d(E_2, F_1) + d(E_2, F_2) = 2a.$$

Iterando l'argomento più e più volte, costruiremo punti che avranno la seguente proprietà: la somma delle distanze tra essi e i due fuochi coincide **sempre** con il valore costante $2a$. Questi punti, per definizione, non sono altro che punti dell'ellisse!

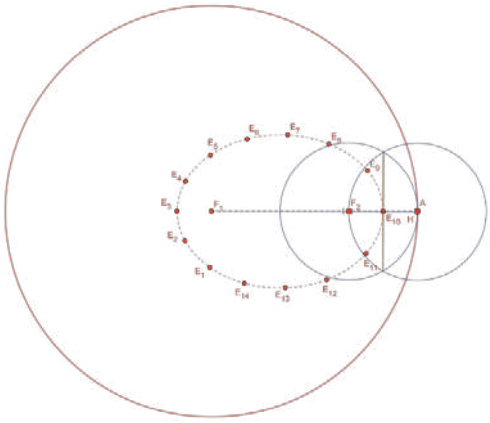


Figura 15. Costruzione punti di un'ellisse

Nell'eptadecagono, una volta individuati i suoi 17 vertici, è possibile ottenere tutti i lati e completare la costruzione in un numero finito di passaggi, tramite l'uso della sola riga. Invece, nel caso dell'ellisse, la costruzione può essere effettuata solo punto per punto. Chiaramente, essendo l'ellisse costituito da un'infinità di punti, si evince l'impossibilità teorica della sua costruzione tramite riga e compasso. Tuttavia, questo esempio ci suggerisce la possibile realizzazione, tramite meccanismi concreti, di *macchine* capaci di ottenere tale conica.

Esistono veramente un'infinità di modi per rappresentare l'ellisse e gli strumenti che sono volti alla sua costruzione sono detti *macchine ellittiche*.

Possiamo classificarli in tre categorie:

- Le costruzioni grafiche dell'ellisse, basate sulle proprietà geometriche dell'ellisse.

- Le macchine ellittiche, che costruiscono l'ellisse tramite proiezione di una luce su una sfera.
- Le macchine ellittiche, basate su principi di meccanica.

3. Macchine geometriche: un punto di vista pratico!

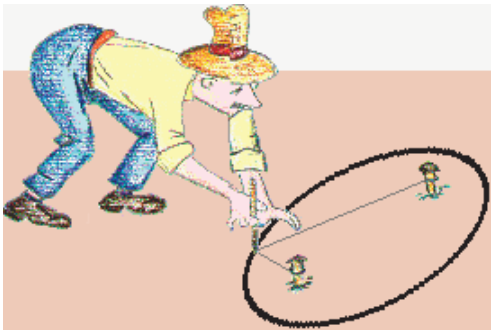


Figura 16. L'ellissi del giardiniere
(Immagine presa da Internet)

Una prima macchina che fa uso delle proprietà geometriche dell'ellisse è detta *corda del giardiniere*; essa viene realmente usata dai giardinieri per costruire giardini di forma ellittica.

Il giardiniere fissa due punti sul terreno, che rappresentano i fuochi. Lega ai fuochi un filo e fa scorrere lungo il filo una matita, mantenendo il filo ben teso. La punta della matita è quindi vincolata a muoversi in un certo modo. Se consideriamo le distanze della punta dai due fuochi, la loro somma rimane costante, man mano che facciamo scorrere la matita. Il risultato che si vede sul terreno è proprio un'ellisse.

Un altro interessante metodo è quello di costruire l'ellisse come inviluppo attraverso un foglio di carta. Iniziamo ritagliando il foglio a forma circolare e segniamo un punto P a piacere all'interno del nostro disco. Adesso, effettuiamo una piega del foglio in modo da sovrapporre un punto A del bordo con il punto P fissato precedentemente. Nella piega del foglio ricalchiamo la linea che si è formata, come mostrato nella seguente figura:

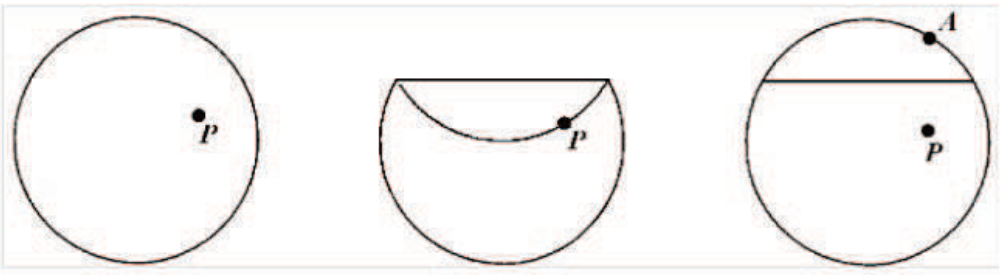


Figura 17. Costruzione dell'ellissi mediante un punto interno alla circonferenza 1
(Immagine presa da Internet)

Successivamente, possiamo scegliere un altro punto del bordo ed effettuare la stessa operazione. Ripetendo varie volte tale procedimento, vedremo apparire l'ellisse *disegnato* come inviluppo delle rette rappresentate dalle pieghe.

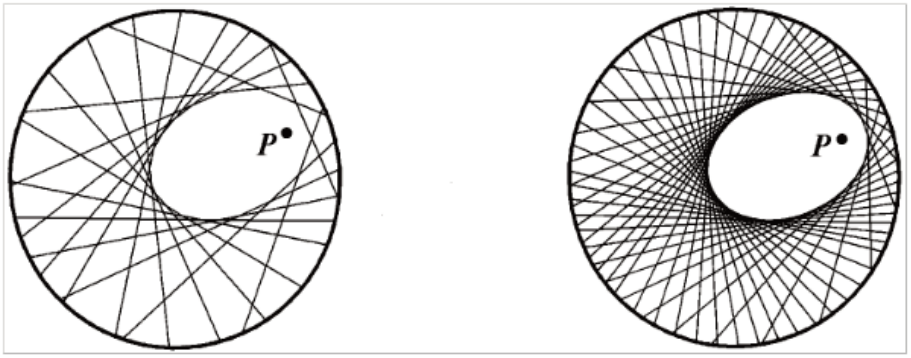


Figura 18. Costruzione dell'ellissi mediante un punto interno alla circonferenza 2
(Immagine presa da Internet)

Variando la posizione del punto P inizialmente scelto, si otterranno ellissi con eccentricità diverse e, nel caso in cui il punto P coincide con il centro del disco, si otterrà proprio una circonferenza.

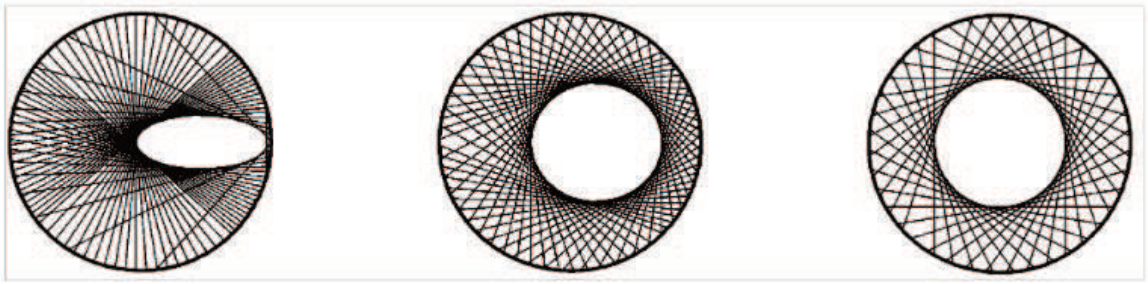


Figura 19 Costruzione dell'ellissi mediante un punto interno alla circonferenza 3
(Immagine presa da Internet)

4. Macchine ellittiche tramite proiezione di una luce su una sfera

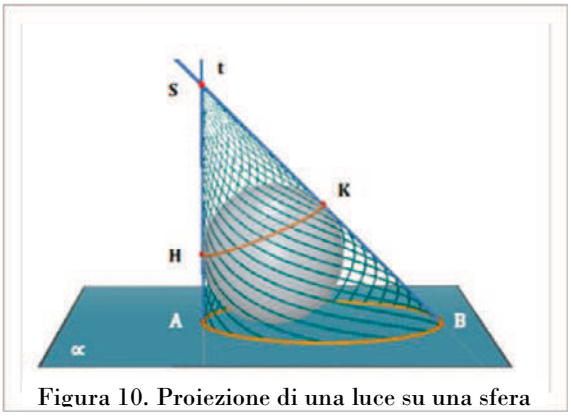
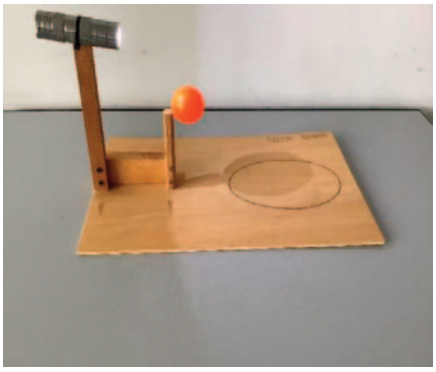


Figura 10. Proiezione di una luce su una sfera

Ricordiamo che l'ellisse, la parabola e l'iperbole si ottengono per sezione nello spazio di un cono con un piano inclinato, ciascuna al variare dell'inclinazione del piano. Sulla base di questa proprietà vengono costruite le macchine ellittiche che sfruttano la proiezione di un fascio di luce su una sfera. Per comprendere nel dettaglio come avviene la costruzione dell'ellisse, consideriamo la Figura 10, in cui dal punto sorgente, *S*, parte un fascio luminoso, che colpisce la sfera. La conformazione della sfera fornisce al fascio la forma di un cono, le cui generatrici sono tangenti alla sfera. Si nota in figura una circonferenza nella sfera di diametro *HK*. Quando il fascio interseca il piano orizzontale, proietta su di esso un'ombra ellittica. Geometricamente parlando, l'ellisse sul piano è la proiezione della circonferenza di diametro *HK* sul piano e l'asse maggiore *AB* dell'ellisse è la proiezione del diametro *HK* sul piano. Abbassando il punto sorgente *S* e quindi facendo variare l'inclinazione del fascio di luce rispetto al piano, si ottengono per proiezione le altre due curve, la parabola e due rami di iperbole. Coinvolgendo gli studenti delle classi III C, a.s. 2018/19, Indirizzo Scientifico dell'I.I.S. Liceo Medi, Barcellona Pozzo di Gotto (ME) e le classi III H, a.s. 2016/17 e 2018/19, Indirizzo Scientifico del Liceo Archimede di Messina sono state realizzate, in occasione del progetto di lavoro (PCTO), tante macchine ellittiche di questo tipo. Di seguito ne mostriamo alcune.

La Figura 11 mostra la macchina ellittica che riproduce l'ellisse per proiez ione di un fascio di luce su un piano. Su una tavola di legno sono fissate due aste, a cui sono agganciate una torcia e una sfera. Accendendo la torcia, il fascio di luce colpisce la sfera come in Figura 10 e definisce un cono, che quando raggiunge il piano, proietta un'ombra di forma ellittica.


Figura 11. Torcia e sfera

Uno strumento alternativo per ottenere la stessa ombra è in Figura 12, dove si nota una torcia che colpisce un foglio blu, con un foro a forma di cerchio. Il meccanismo è lo stesso, la luce passa attraverso il foro e diventa un fascio conico.

A seconda dell'inclinazione del foglio, si può vedere che l'ombra è un'ellisse, una parabola o un ramo di iperbole.

Nella Figura 13 vi è una macchina ellittica basata sempre sulla proiezione della luce, ma dall'effetto sicuramente più dinamico e sorprendente. Su un'impalcatura in legno è posto un piano, che può essere inclinato. Sulla sommità della macchina è presente un laser, che è in grado di ruotare, per effetto di un motorino elettrico. Azionando il laser e inclinando opportunamente il piano, si vede che la luce laser proietta su di esso a grande velocità un'ellisse.

In Figura 14 si vede infine una macchina ellittica in cui il fascio di luce non è reale, ma è stato riprodotto con dei fili trasparenti. Alla base è presente un'impalcatura in legno in cui è fissato un piano. In alto a destra, nel punto S, vengono agganciati dei fili trasparenti, che vengono tesi, in modo da costituire le tangenti dell'ideale cono di luce, che viene a costituirsi quando i fili attraversano un piano verticale, passando da alcuni fori che sono punti di una circonferenza. I fili poi raggiungono il piano orizzontale e passano attraverso altri fori, che individuano la proiezione ellittica del fascio di luce. Per rendere tesi i fili trasparenti, alla base del piano, gli studenti hanno agganciato ad essi dei pesetti.

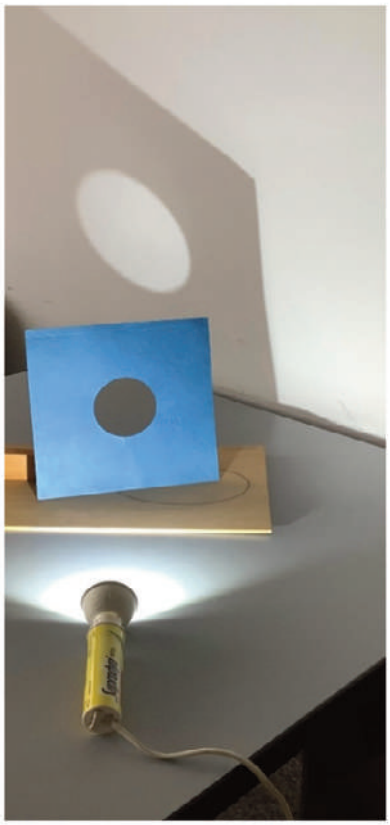


Figura 12. Torcia e cerchio

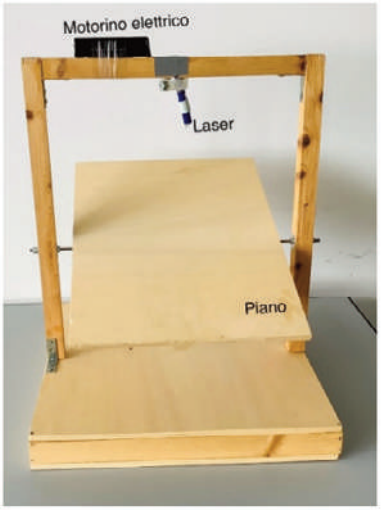


Figura 13. Macchina laser

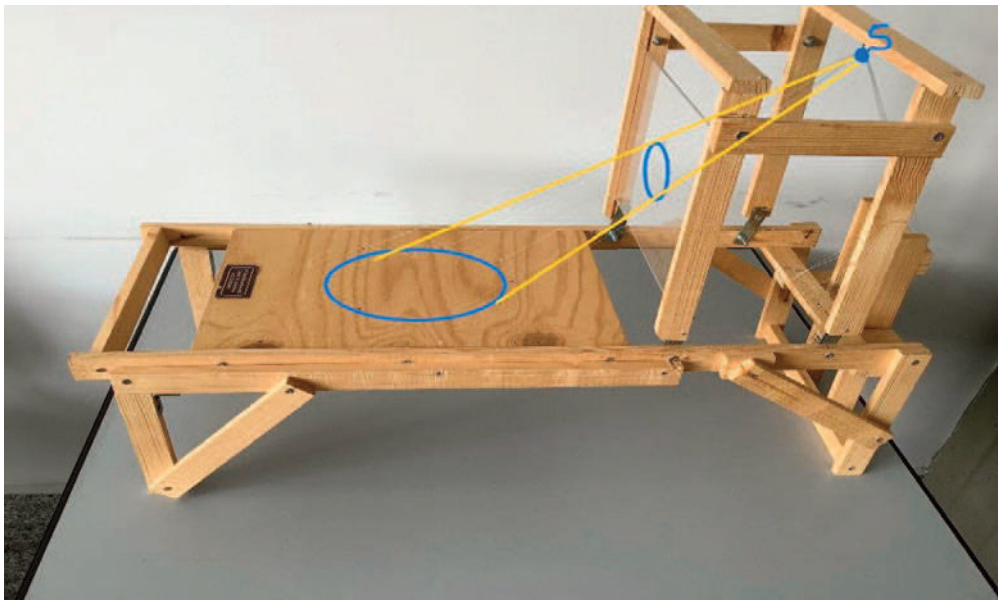


Figura 14. Modellino macchina

5. Le macchine matematiche dal punto di vista della meccanica

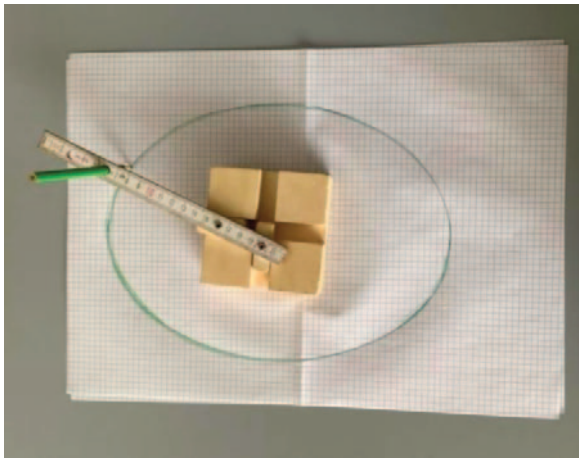


Figura 15. Ellissoide di Archimede

Alcune macchine matematiche permettono di disegnare un'ellisse sfruttando il moto di aste vincolate ad effettuare determinati movimenti. È stato richiesto ai ragazzi delle classi del PCTO di riprodurne alcune. La prima è una macchina matematica chiamata l'ellissoide di Archimede, nota anche come ellissoide di Proclo a cui si attribuisce l'invenzione.

Nella Figura 15 è mostrata la foto di un modellino creato con materiali poveri da uno studente della 3H a.s.2016/17 del Liceo Scientifico Archimede di Messina durante un progetto PCTO.

Il principio di funzionamento di questa macchina è molto semplice: un'asta (nella foto un metro) ha due punti vincolati a scorrere su due guide perpendicolari. Nel modellino le due guide sono state create mediante delle scanalature nel legno. E' possibile dimostrare che, preso un qualunque punto C dell'asta, questo descrive durante il moto un'ellisse. Nella Figura 15

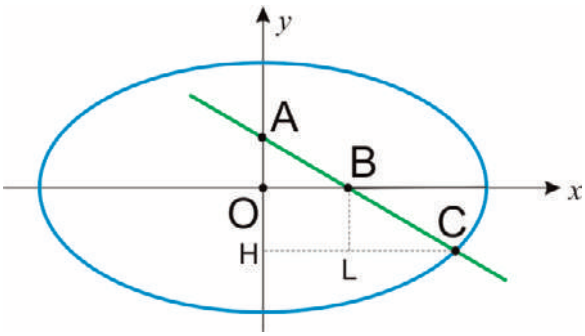


Figura 16. Modello matematico dell'ellissoide di Archimede

questa proprietà è stata messa in evidenza effettuando un foro nell'asta e inserendo una matita. Nella Figura 16 il punto A si muove sull'asse y mentre il punto B sull'asse x. La dimostrazione che la curva ottenuta sia un'ellisse è molto semplice: poniamo $\overline{\mathrm{AC}} = a$ e $\overline{\mathrm{BC}} = b$ e indichiamo rispettivamente con x e y l'ascissa e l'ordinata del punto C.

Dal teorema di Pitagora si ha

$$\overline{\mathrm{OA}}^2 + \overline{\mathrm{OB}}^2 = \overline{\mathrm{AB}}^2$$

mentre dalle proprietà dei triangoli applicate ai triangoli simili AHC e OAB e ai triangoli simili OBA e LBC segue

$$\frac{x}{\overline{\mathrm{OB}}} = \frac{a}{\overline{\mathrm{AB}}}, \quad \frac{y}{\overline{\mathrm{OA}}} = \frac{b}{\overline{\mathrm{AB}}}.$$

Sostituendo si ottiene

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$$

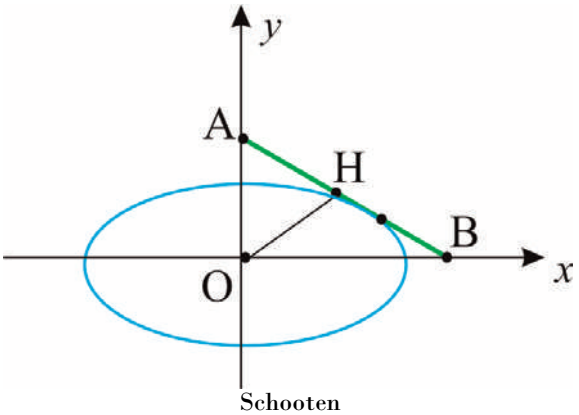
che rappresenta l'equazione di un'ellisse con asse maggiore uguale ad $\overline{AC}$ e asse minore $\overline{BC}$.

Una macchina simile a quella vista in precedenza è l'ellissoide di Van Schooten. La macchina è costituta da due aste. La prima asta ha un estremo incernierato in un punto fisso O.

Il secondo estremo H descrive una circonferenza di centro O e raggio $\overline{OH}$.


Figura 17. Ellissoide di Van Schooten

Nell'estremo H è incernierata nel suo punto medio una seconda asta di lunghezza $2\overline{OH}$. La seconda asta ha gli estremi A e B vincolati a muoversi su due guide ortogonali.



Schooten

Questa macchina è un semplice esempio di biella-manovella. La manovella è rappresentata dalla prima asta che ruota attorno ad O, la biella invece è la seconda asta. Seguendo la dimostrazione fatta in precedenza, è possibile mostrare che preso un qualsiasi punto della seconda asta, questo descriverà al variare del moto un'ellissi.

Un'altra macchina matematica è l'ellissoide di Delaunay (Figura 19), che è costituta da cinque aste incernierate tra loro come illustrato in maniera schematica in Figura 20.

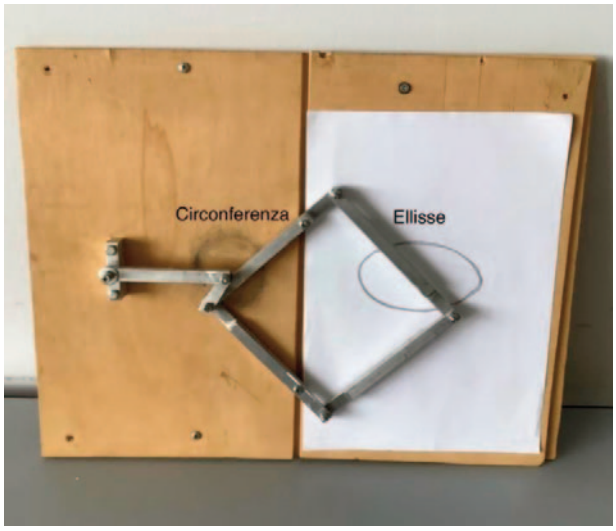


Figura 19. Ellissoide di Delaunay

La prima asta ha un estremo fisso O. L'altro estremo P descrive una circonferenza di raggio $\mathrm{OP} = r$. Due aste di uguale lunghezza l hanno un estremo incernierato in P e i punti S e T vincolati a scorrere sull'asse x. Altre due aste, sempre di lunghezza l hanno un estremo incernierato in B o in A e il secondo estremo incernierato in Q. È possibile provare che il punto Q descrive un'ellisse avente asse minore uguale al diametro $2r$ della circonferenza. In particolare questa macchina effettua una trasformazione geometrica che consiste in una dilatazione della circonferenza nella direzione y. Se si indicano con x e y le coordinate del

punto P e con h l'ordinata di O, l'equazione della circonferenza descritta da P è $x^2 + (y - h)^2 = r^2$. Usando delle semplici relazioni trigonometriche si può facilmente provare che nella trasformazione illustrata in figura il punto P viene trasformato nel punto Q di coordinate $Q = \left(x, -\frac{2l-d}{d}y\right)$, dove $d = \overline{PT} = \overline{PS}$. Pertanto l'equazione della circonferenza viene trasformata in

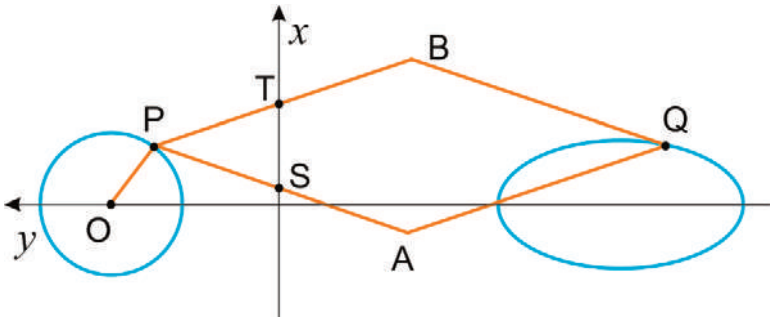


Figura 20. Modello matematico ellissoide di Delaunay

$$x^2 + \left(h + \frac{d}{2l-d}y\right)^2 = r^2,$$

che rappresenta l'equazione di un'ellisse.

6. L'ellisse: dall'arte all'astronomia



Figura 21. Piazza San Pietro, Roma

La morbidezza delle curve dell'ellisse rispetto ad altre figure geometriche ha fatto sì che sia stata usata come pianta di anfiteatri romani, piazze medievali e rinascimentali. Uno degli esempi più importanti di piazza a forma ellittica è piazza San Pietro, progettata da Bernini nel XVII secolo. L'artista ha scelto per la piazza più importante del Cristianesimo una pianta ellittica per esprimere l'abbraccio che la Chiesa rivolge ai fedeli. Tantissime chiese barocche presentano navate a forma ellittica. Ne è un esempio la chiesa barocca di Santa Chiara a Noto. Virtuosismi, dinamismi e movimenti a chiocciola sono una cifra distintiva dell'arte barocca e l'ellisse, nella sua forma virtuosa, ne è uno dei principali rappresentanti. Per arrivare ai giorni nostri citiamo lo street artist, Julian Beever che ha riprodotto su una strada di Edimburgo un globo terrestre per portare avanti una campagna di sensibilizzazione sulla povertà nel mondo. Per rappresentare il globo ha disegnato una forma ellittica che per effetto di un'illusione ottica appare ai pedoni come una sfera.



Figura 22. Opera di Street Art

Un altro campo in cui l'ellisse riveste una notevole importanza è l'astronomia. Tutti sappiamo che per la prima legge di Keplero ogni pianeta descrive un'orbita ellittica di cui il Sole occupa uno dei due fuochi.

Una rilevante conseguenza delle orbite ellittiche dei pianeti, specialmente della Terra, è che la distanza del pianeta dal Sole cambia durante l'anno. Precisamente, quando nell'emisfero boreale è inverno, la Terra si trova in perielio, il punto più vicino al Sole. Invece quando nell'emisfero boreale è estate, la Terra si trova in prossimità del punto più distante dal Sole, l'afelio. L'alternarsi delle stagioni non dipende dalla posizione della Terra rispetto al Sole, ma dall'inclinazione dell'asse terrestre. Però proprio per la forma ellittica dell'orbita accade che la Terra sia più veloce in perielio che in afelio. Questo comporta che l'inverno boreale duri circa una settimana in meno rispetto all'estate boreale. Dal nostro punto di vista, è un vantaggio perché possiamo godere di qualche giorno estivo in più!



Figura 20. Interno della Chiesa di Santa Chiara, Noto

La panoramica delle macchine ellittiche che abbiamo qui presentato non certo si esaurisce. Ingegnandosi di creatività è possibile sperimentare con gli studenti tante attività e coinvolgerli in laboratori in cui la matematica prende forma in carne e ossa e non rimane reclusa nei concetti astratti e nei calcoli, che spesso allontanano molti allievi. La bellezza della matemica risiede nella potenza logica e deduttiva del pensiero ma anche nella capacità di dare una definzione coerente e precisa alle forme che ci circondano nella realtà, nella natura e nell'arte. Una di queste è l'ellisse, di cui abbiamo tentato di fornire una non convenzionale trattazione.

Maddalena Bonanzinga - Davide Giacopello

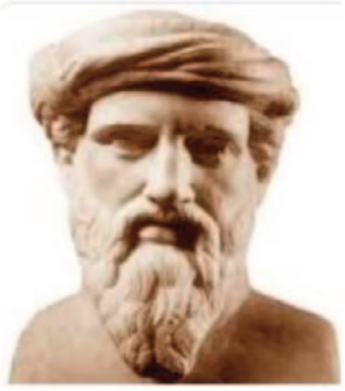
MATEMATICA E MUSICA

1. Sunto – 2. Introduzione – 3. La geometria: tra osservazione, intuizione e astrazione – 4. Il nastro di Möbius – 5. Rappresentare la musica – 6. Bach e l'astrazione geometrica.

1. Sunto

Nell'universo dell'arte, la geometria e la musica si intrecciano in un affascinante connubio di forme e suoni. Questo articolo divulgativo ci condurrà attraverso un viaggio emozionante alla scoperta di alcune sorprendenti relazioni tra la geometria e la rappresentazione della musica, rivelando come sia possibile giocare con la visualizzazione della musica in delle interessanti superfici con curiose caratteristiche geometriche. In ultimo vedremo come le geniali idee di un grande compositore, J. S. Bach, possano essere interpretate geometricamente in un affascinante esperienza multisensoriale che può coinvolgere vista e udito.

2. Introduzione



In età antica gli studiosi e gli uomini di cultura si muovevano tra campi scientifici e umanistici con grande leggiadria di pensiero, osservando le varie connessioni tra essi. Questi uomini venivano chiamati filosofi, parola derivante dal greco antico "*philosophos*" che significa "amante del sapere". E' noto il contributo di Pitagora alla matematica, ma egli amava anche interrogarsi sui possibili collegamenti tra matematica e musica. Poiché sosteneva che il mondo fosse regolato dall'armonia dei numeri e da proporzioni matematiche si chiese anche quale fosse la natura del suono e come l'armonia musicale fosse esprimibile attraverso i numeri.

Si racconta che un giorno, passando davanti alla fucina di un fabbro, notò che martelli diversi in dimensione e peso, battendo sull'incudine, producevano suoni diversi. Allora, tornato a casa, sospese orizzontalmente un palo, vi appese delle corde con dei pesi e si rese conto che i rapporti armonici consonanti si ottenevano quando i pesi erano legati da precisi rapporti numerici. Ciò avvalorò la sua tesi che anche la musica sottostà alla "legge dei numeri"!

Uno degli esperimenti più famosi ed esegetici è quello con il monocordo, uno strumento costituito da una corda (di circa 40 cm) tesa su una cassa armonica. Facendo vibrare tale corda, Pitagora ottenne un primo suono. Poi, dividendo la corda a metà mediante un ponticello, smorzando uno dei due lati della corda e facendo vibrare l'altro, ottenne un secondo suono che era in stretta relazione con il primo: le vibrazioni della corda dimezzata erano raddoppiate rispetto a prima. Il secondo suono si trovava all'*ottava superiore* rispetto al primo. Pertanto dimezzando la corda la frequenza raddoppia. L'intervallo di ottava è dunque rappresetato dal rapporto 2:1.

Pitagora poi mise il ponticello nella corrispondente posizione a 2/3 della corda, smorzò il lato più corto e fece vibrare la parte più lunga (pari circa a 26,6 cm) ottenendo così un terzo suono che si trovava alla *quinta superiore* rispetto al primo. I pitagorici partirono dai rapporti numerici corrispondenti agli intervalli consonanti di ottava, quinta e quarta e, scelta una nota di riferimento, iniziarono a generare le altre note della scala attraverso un procedimento per quinte ascendenti e discendenti. Nel procedimento per quinte ascendenti (o discendenti) i suoni vengono generati moltiplicando (rispettivamente dividendo) la frequenza per 3/2. Già con la seconda moltiplicazione però, si ottengono frequenze di suoni che si trovano nell'ottava superiore rispetto quella che contiene il suono di partenza. Per riportare tali frequenze nell'ambito dell'ottava di partenza si divide la frequenza ottenuta per 2^n, dove n è il numero di ottave che si sono "percorse". Analogamente, nel procedimento per quinte discendenti si trovano frequenze nelle ottave inferiori rispetto a quella che contiene il suono di partenza e, per riportarle nell'ottava di partenza, occorre moltiplicare la frequenza ottenuta per 2^n.

Così facendo Pitagora si accorse che dividendo con precisi rapporti la corda di uno strumento musicale si potevano *ascoltare le frazioni*!

Dunque, la scala musicale costruita secondo lo schema pitagorico è basata, con rigore matematico, sugli intervalli di quinta (rapporto 3:2) e di ottava (rapporto 2:1). Essa contiene però un inconveniente. Partendo da un qualsiasi suono e salendo di 12 quinte si dovrebbe ottenere lo stesso suono che si ottiene salendo di 7 ottave; tuttavia i due suoni non coincidono perché si ha che $(3/2)^{12} \approx 129.7$, mentre $2^7 = 128$. Questo errore è detto *comma pitagorico*. Accade che, riportando all'interno dell'ottava i suoni ottenuti per quinte, si ottengono suoni che dividono l'ottava in 12 parti "non uguali" (sistema non equabile) e dunque, seguendo la costruzione della scala pitagorica, la distanza tra i suoni nelle diverse totalità cambia. Nel 1600, questo inconveniente convinse i contemporanei di Werckmeister, inventore del *temperamento equabile*, compreso J.S. Bach stesso, ad accettare il compromesso di discostarsi lievemente dalla scala naturale per poter costruire ed utilizzare strumenti che potessero avere una maggiore versalitilità. Il *sistema temperato* modifica i reciproci rapporti fisici offerti dalla natura, ora alzando ora abbassando ciascun suono, per rendere i 12 semitoni di un'ottava ugualmente distanziati l'uno dall'altro.

Quanto detto ribadisce l'esistenza di un rapporto intimo tra matematica e musica, talmente intimo che nel medioevo la musica faceva parte, insieme all'aritmentica, alla geometria e all'astronomia del Quadrivium, cioé del versante scientifico del sapere umano. Nei secoli, molte sono state le attestazioni di legami inscindibili tra la matematica e le arti. Ricordiamo a tal proposito il libro di Douglas R. Hofstadter dal titolo *Godel, Esher, Bach: un'eterna ghirlanda brillante*, Ed. Adelphi (1990) in cui si intrecciano musica, logica, arti figurative, ma anche le tecniche di scrittura di L. Carroll.

3. La geometria: tra osservazione, intuizione e astrazione

La parola chiave in matematica è *intuizione*. C'è un settore della geometria, noto come *topologia*, che si può considerare l'emblema di questo aspetto. Nel corso degli anni i matematici hanno provveduto a portare la topologia nell'ambito della matematica più rigorosa, ma l'aspetto dell'intuizione è rimasto.

Felix Klein (1849-1925) descriveva la geometria come lo studio delle proprietà delle figure aventi proprietà invarianti rispetto ad un particolare gruppo di trasformazioni. La geometria più nota è quella *euclidea* che è lo studio delle proprietà delle figure invarianti rispetto al

gruppo di trasformazioni rigide (traslazioni e rotazioni). Alla base di una geometria vengono posti degli assiomi. J. H. Poincaré, nel 1902, affermava che "Gli assiomi geometrici non sono né giudizi sintetici a priori, né fatti sperimentali. Sono convenzioni; la nostra scelta, fra tutte le convenzioni possibili, è guidata da fatti sperimentali, ma resta libera .... Pertanto, la domanda: "*è vera la geometria euclidea?* " non ha alcun senso.... Una geometria non può essere più vera di un'altra; può solo essere più comoda. La geometria euclidea è, e resterà, la più comoda". Aggiungiamo che, nonostante la geometria euclidea è la più comoda per descrivere la realtà più vicina a noi, altri tipi di geometrie, che sembravano solo frutto di astrazioni matematiche, hanno trovato applicazioni per la descrizione di fenomeni, ad esempio nell'ambito della Relatività.

Si deve a Poincaré la nascita della *topologia*, introdotta nel volume *Analysis Situs* (ovvero, analisi del luogo) del 1895, che ebbe la sua completa affermazione nel 1900 e che oggi è una scienza autonoma. Poincaré definiva la topologia come la scienza che studia le proprietà delle figure geometriche che, sottoposte a deformazioni così profonde da perdere tutte le loro proprietà metriche e proiettive (per esempio la forma) restano invariate. Poincaré parlava sostanzialmente di *proprietà qualitative* delle figure geometriche.

Per comprendere di che si tratta, consideriamo il seguente esempio.

Deformando in vari modi senza strappi una ciambella di gomma, l'oggetto risultante presenta sempre un buco che rappresenta una proprietà qualitativa intrinseca della ciambella. Poiché tra le varie deformazioni c'è pure la tazzina da caffè, se ne deduce che una ciambella ed una tazzina da caffé hanno la stessa proprietà qualitativa intrinseca. Ecco perché *uno studioso di topologia è un uomo che non conosce la differenza esistente tra una ciambella ed una tazzina da caffé!*



Dividere il piano in due regioni è una proprietà intrinseca di una curva chiusa. Infatti, se consideriamo ad esempio una circonferenza, essa divide il piano in due regioni e se trasformandola, senza romperla, in una elisse o un triangolo, tale proprietà si conserva; ***possedere in ogni punto la tangente*** non è invece una proprietà intrinseca di una curva chiusa perché, mentre la circonferenza ha questa proprietà, esiste un suo "trasformato", il perimetro di un triangolo, che non gode di tale proprietà poiché i suoi vertici non ammettono tangente. Dagli esempi citati si evince come le proprietà qualitative intrinseche delle configurazioni, enti geometrici o insiemi, sono quelle proprietà che non variano quando questi ultimi vengono sottoposti ad una *deformazione continua*, cioè, grossolanamente parlando, ad una deformazione della figura tale che punti distinti rimangono distinti e punti vicini si scambiano in punti vicini. Questo tipo di trasformazioni vengono dette *omeomorfismi* e le proprietà qualitative intrinseche si chiameranno *proprietà topologiche*.

Alcune delle idee della topologia come le deformazioni continue sono state intuite prima dagli artisti e in seguito dagli architetti nel corso dei decenni. Le opere di Mauritz Cornelius Escher, visionario illustratore olandese (1898-1972), presentano una forte componente ideologica matematica. In molte delle sue opere, si rintracciano elementi di ispirazione topologica. Egli pose una marcata attenzione allo strumento dell'omeomorfismo che si può rintracciare nel quadro "metamorfosi".



Questo quadro è definito come una lunga serie di mutevoli forme che si ottengono attraverso trasformazioni continue senza lacerazioni. I quadrati bianchi e neri vengono trasformati in sagome di animali, forme ben più complesse. Questi poi, attraverso ulteriori deformazioni, diventano esagoni tornando dunque ad essere semplici figure geometriche.

Topologicamente parlando, i quadrati sono omeomorfi agli animali che, a loro volta, risultano essere omeomorfi agli esagoni.

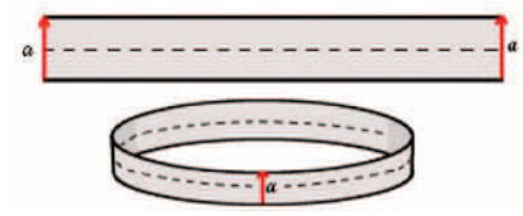
Due dei principali artifici di cui i topologi si servono sono lo *sviluppo* e l'*immersione*.

Il primo consiste nel rappresentare un oggetto partendo da una figura facilmente concepibile e immaginando identificazioni di alcune sue parti. Questo procedimento permette di apprezzare le proprietà intrinseche dell'oggetto che si vuole studiare. Il secondo consiste nel raffigurare l'oggetto in questione in uno spazio più "grande", come ad esempio il nostro spazio euclideo tridimensionale.

L'immersione è forse più naturale dello sviluppo, ma più scomoda perché guardando un oggetto geometrico, non riusciamo a osservarlo nella sua integrità.

Pur non volendo approfondire tutti i dettagli, è opportuno almeno menzionare quali sono i termini corretti con cui si descrivono in modo rigoroso gli aspetti considerati.

Dato un insieme A, una relazione binaria R su A è un sottoinsieme del prodotto cartesiano $A \times A = \{ (x,y): x,y \in \mathrm{A}\}$ e $(x,y) \in R$ si scrive anche xRy. R si dice essere una relazione d'equivalenza su A se gode delle proprietà riflessiva, cioè xRx, simmetrica, cioè se xRy allora yRx e transitiva, cioè se xRy e yRz allora xRz . Se R è una relazione d'equivalenza, xRy si legge x *è equivalente a* y. Il sottoinsieme di A formato da tutti gli elementi equivalenti a un suo elemento x si dice *classe di equivalenza di* x e tutti gli elementi di esso sono tra loro equivalenti. L'insieme delle classi di equivalenza così ottenuto si dice *insieme quoziente modulo* R e si denota con A/R. Per comprendere tutto ciò facciamo il seguente esempio: se X è l'insieme di tutte le automobili e R la relazione di equivalenza "ha lo stesso colore di", allora, ad esempio, una classe di equivalenza sarà quella delle automobili verdi. L'insieme quoziente, ovvero l'insieme delle classi d'equivalenza, potrebbe essere identificato intuitivamente con l'insieme dei colori delle automobili.



Data una striscia rettangolare di tela, esistono diversi modi di cucire insieme due suoi lati. Il più semplice dà luogo al cilindro (in geometria solida è la superficie laterale di un cilindro). Questa costruzione è indicata nella parte superiore della figura a lato dalle due

frecce verticali: esse devono essere identificate (cucite insieme) rispettando il verso delle frecce.

Osserviamo che il cilindro ha il bordo formato da due curve separate ed ha due facce: una interna ed una esterna.

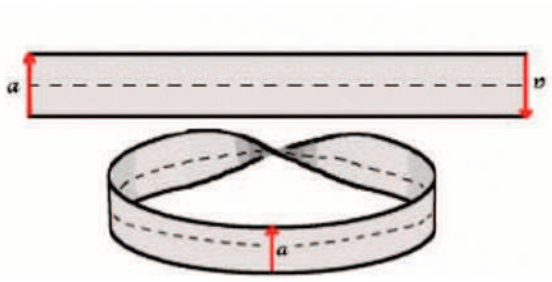
Con rigore matematico, il cilindro si può ottenere come quoziente del quadrato unitario $I \times I$, dove $I = [0,1]$, rispetto alla relazione d'equivalenza

$$R = \{\big((t,s),(t,s)\big), \big((0,s),(1,s)\big), \big((1,s),(0,s)\big) : t,s \in I\}$$

che identifica due punti alla stessa altezza sui lati verticali di $I \times I$. Intuitivamente è come se incollassimo i lati verticali del quadrato. Si prova che $(I \times I)/R$ (sviluppo) è omeomorfo al cilindro $C \times I$ (immersione), dove C indica la circonferenza.

4. Il nastro di Möbius

Ci occupiamo adesso di un oggetto topologicamente interessante: il nastro di Möbius. La costruzione del nastro di Möbius è intuitivamente molto semplice: invece di identificare i due lati verticali "direttamente" come abbiamo fatto per ottenere il cilindro, eseguiamo prima una torsione di mezzogiro, rovesciando uno dei due lati, come nella parte inferiore della figura a lato; questo è indicato anche questa volta dal verso delle frecce: la freccia di destra è rovesciata rispetto a prima.

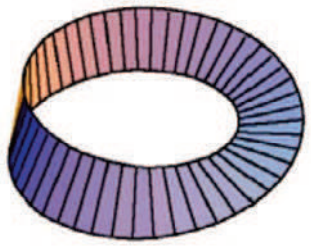


Rigorosamente, consideriamo sul quadrato unitario $I \times I$ la relazione d'equivalenza

$$R = \{\big((t,s),(t,s)\big), \big((0,s),(1,1-s)\big), \big((1,s),(0,1-s)\big) : t,s \in I\}$$

che identifica il punto di un lato verticale di ordinata s col punto del lato opposto di ordinata $1-s$.

Si prova che lo spazio quoziente $(I \times I)/R$ è omeomorfo alla superficie nota come spazio di Möbius.



Il nastro di Moebius come luogo di segmenti.

Tale superficie viene definita formalmente come il luogo geometrico dei punti dello spazio che appartengono alla traiettoria di un segmento descritta come segue: mentre il punto medio M del segmento si muove lungo una fissata circonferenza, il segmento compie un movimento di rotazione sul piano ortogonale alla circonferenza C, passante per M e per il centro di C in modo che, quando M torna al punto iniziale, il segmento ritorna alla posizione originaria con gli estremi invertiti.

Nel 1858, il matematico e astronomo tedesco A.F. Möbius scrisse il trattato sui poliedri in cui introdusse per la prima volta il nastro di Möbius.

Il cilindro ed il nastro di Möbius si differenziano per due importanti aspetti geometrici: il primo presenta due facce e due bordi mentre il secondo ha una sola superficie ed il suo bordo è costituito da una sola curva.



Le proprietà del nastro di Möbius sono splendidamente illustrate dalla stampa "Bandvan Möbius II" di M.C. Escher (1963). In tale figura la formica percorre tutta la superficie senza attraversare il nastro e senza saltare il bordo. Dopo un giro completo la formica si ritroverà a testa in giù, dalla parte opposta rispetto al punto iniziale e solo dopo aver percorso due giri completi si ritroverà al punto di partenza.

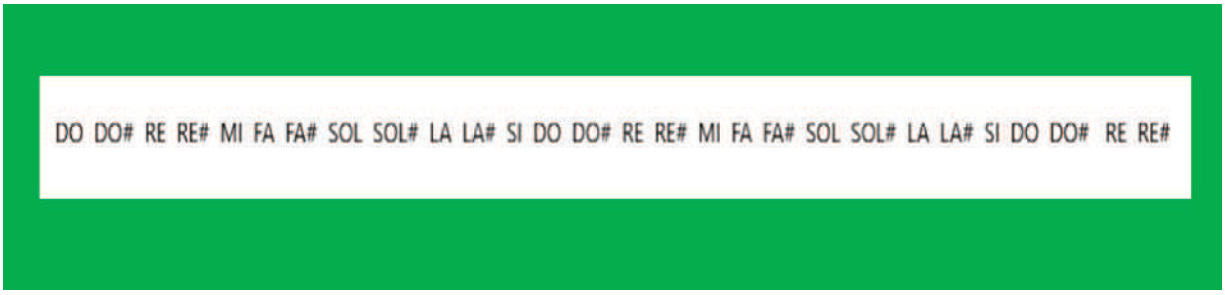
L'aspetto che salta subito la nostra attenzione è l'attinenza di questa figura con il concetto di infinito. Questo aspetto ha esercitato ed esercita tutt'oggi un singolare fascino per molti artisti. Max Bill, grande artista e architetto del novecento

scomparso nel 1994, studiando le superfici a faccia unica scoprì il nastro di Möbius rimanendo attratto dall'idea di una superficie infinita che tuttavia è limitata in una regione dello spazio, dunque dall'idea di un *infinito-finito*!

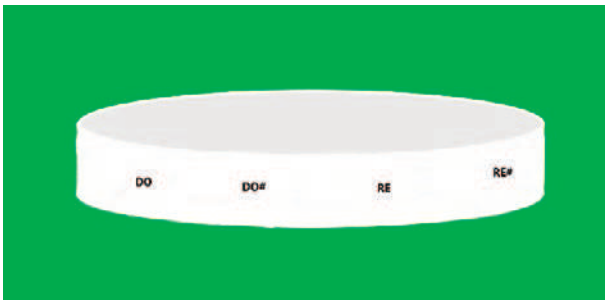
5. Rappresentare la musica

Alla base del parallelismo tra musica e topologia vi è la struttura ripetuta della scala musicale: partendo da un suono, dopo i 12 semitoni di una scala si torna al suono di partenza ma all'ottava superiore.

L'esempio geometrico che più si avvicina a quest'immagine è la circonferenza, dove dopo una rotazione di 360°, si ritorna al punto di partenza. Rappresentando su una striscia il sistema dei dodici semitoni della scala cromatica, ogni singolo suono si presenta a diverse altezze.



Considerando equivalenti (identificando) i suoni che si trovano a differenti altezze, possiamo arrotolare la nostra scala in modo da sovrapporli: si sovrapporranno tutti i "DO", tutti "DO#", ecc.



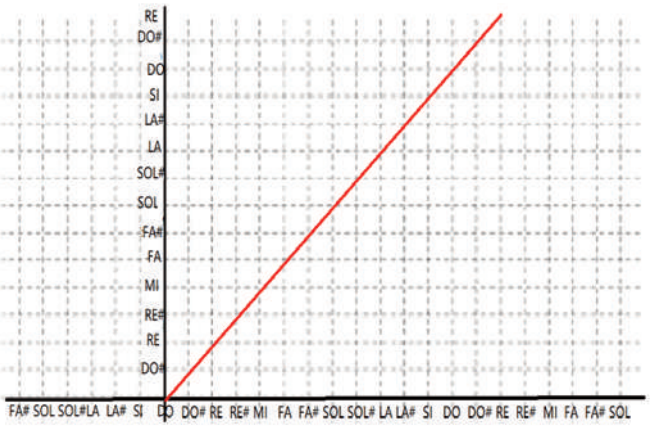
L'insieme di tutte le classi d'equivalenza così ottenute appare come una circonferenza su cui si muovono, su diverse altezze, i suoni di una melodia. *La circonferenza è dunque lo spazio di tutte le possibili melodie!*

Il ragionamento appena proposto è però valido quando si ha a che fare con una sola linea melodica. Quando le linee melodiche aumentano, non basta più ricorrere a una figura semplice come la circonferenza per descrivere tutti i possibili percorsi che un compositore può compiere
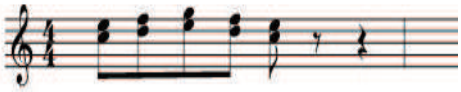
per spostarsi tra gli accordi. Vedremo che, sorprendentemente, lo spazio degli accordi a due note (bicordi) è un nastro di Möbius.

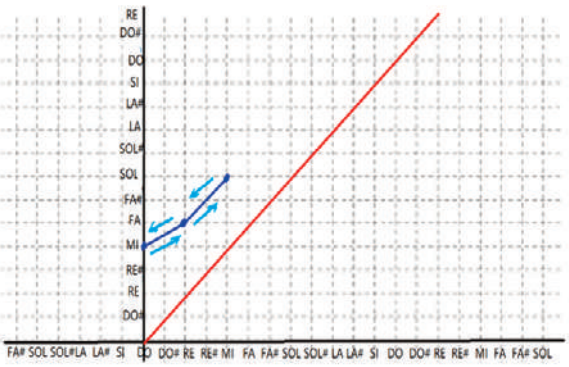
Prendendo spunto dal lavoro di D.Tymoczko, "*A Geometry of Music*", Oxford University Press 2011, i ricercatori della Simons Foundation hanno prodotto un video http://youtu.be/8bgvRvh88-w che spiega come le proprietà del nastro di Möbius possano essere utilizzate per descrivere tutti i possibili percorsi per spostarsi tra bicordi.

Seguendo il ragionamento dei ricercatori della Simons Foundation, consideriamo un sistema di rifermento formato da due assi, ciascuno dei quali rappresenta il sistema dei semitoni della scala cromatica. I punti di questo piano rappresentano bicordi. La bisettrice (linea rossa) rappresenta gli accordi all'unisono mentre altrove i bicordi sono formati da due suoni distinti.
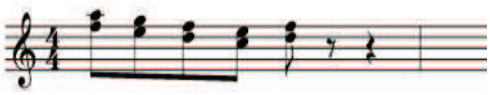


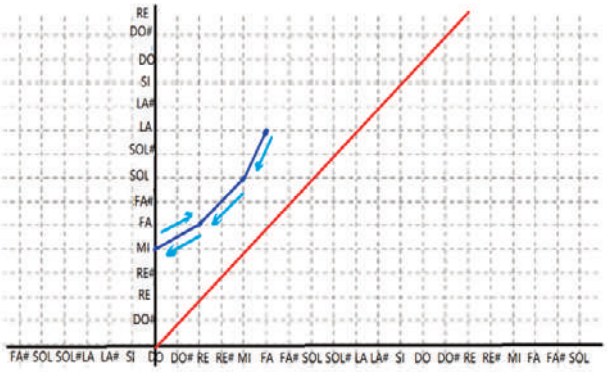
Immaginiamo di suonare la seguente sequenza di bicordi e pensare di rappresentarla in "modo dinamico" sul nostro piano (figura accanto).
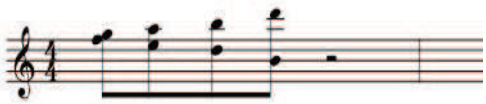




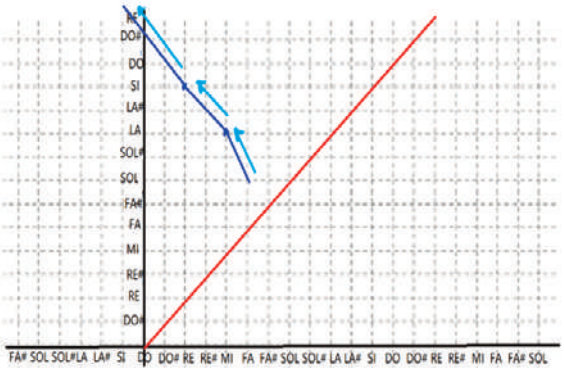
Facciamo lo stesso con la seguente successione.
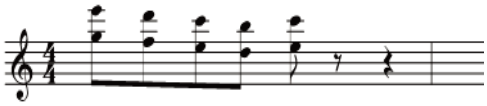




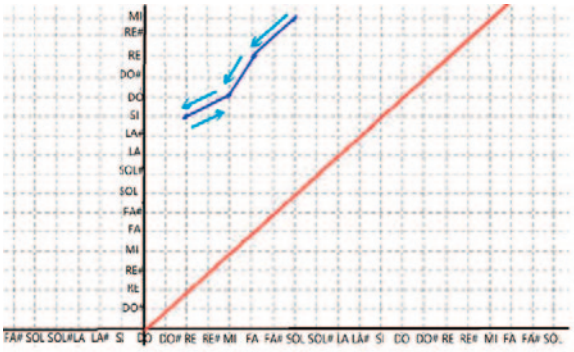
La successione sotto sul nostro piano risulterà perpendicolare alla diagonale.





Infine, consideriamo la seguente successione di bicordi che procedono per seste parallele.

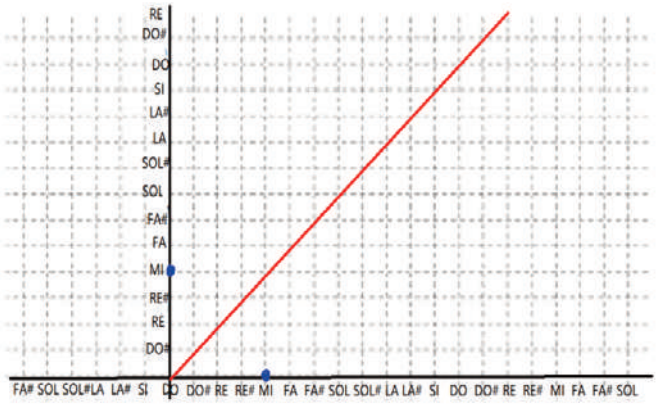


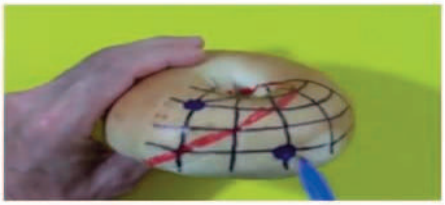


Arrotolando ora il nostro piano prima nella direzione dell'ascissa e poi in quella dell'ordinata otteniamo una ciambella. Supponendo che si tratti di una ciambella di gomma su cui trasportiamo il reticolato costruito, come prima ogni punto del reticolato rappresenta un bicordo e la linea rossa rappresenta le coppie di suoni uguali.



Osserviamo che, ad esempio, il bicordo formato dai suoni DO e MI coincide con il bicordo formato da MI e DO mentre sul nostro reticolato (DO,MI) e (MI,DO) rappresentano due punti distinti.





Dobbiamo dunque identificare i punti (DO, MI) e (MI, DO) e, in generale, le coppie che rappresentano i bicordi uguali. In tal modo si ottieme un insieme di classi di equivalenza che produce una figura che si può ridurre ad un triangolo in cui bisogna identificare in modo opportuno i lati.





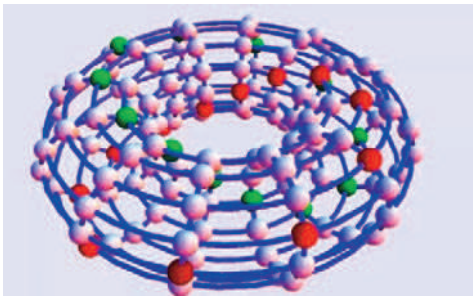
Il risultato finale è il nastro di Möbius.

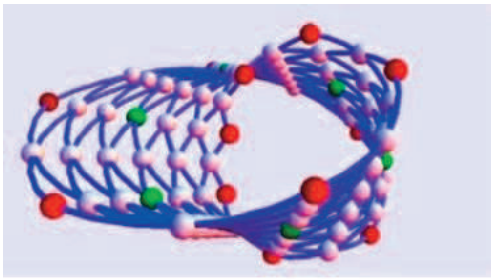


Utilizzando la ciambella di gomma costruita in precedenza, il procedimento fatto si traduce a incollare i punti che rappresentano i bicordi uguali.



Nel video prodotto dai ricercatori della Simons Foundation, viene descritta la seguente superficie in cui i pallini rossi rappresentano due suoni all'unisono, i pallini verdi rappresentano i "tritoni" ovvero le quarte aumentate (o quinte diminuite) e tra questi intervalli (unisono e tritono) si trovano tutte le possibili combinazioni di bicordi.



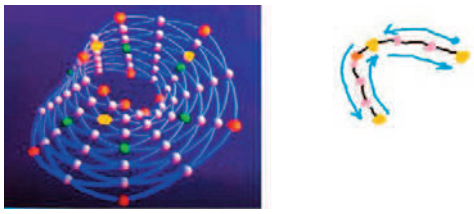


Identificando i bicordi uguali, la superficie passa attraverso se stessa dando origine al nastro di Möbius su cui possono essere descritti tutti i possibili bicordi, ignorando le permutazioni, e tutti i possibili percorsi da un bicordo all'altro.

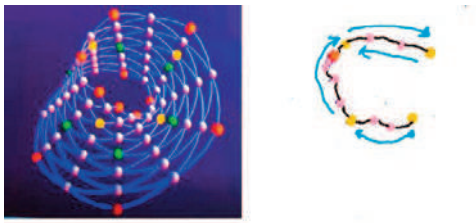
Nel nastro di Möbius così ottenuto si possono ritrovare i bicordi delle sequenze considerate in precedenza. Nelle seguenti immagini tali bicordi vengono indicati con pallini gialli e

accanto a ciascuna immagine viene riprodotto con frecce azzurre il percorso che porta da un bicordo all'altro della sequenza.

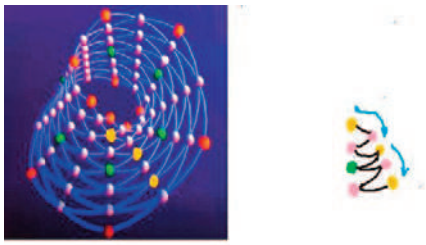
Sequenza 1



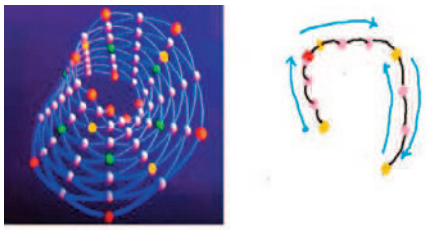
Sequenza 2



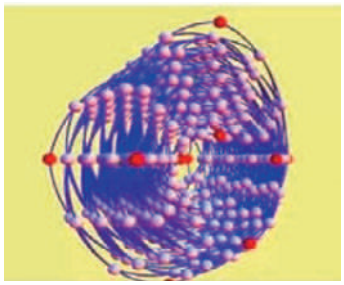
Sequenza 3



Sequenza 4



Si può fare un procedimento simile per accordi di tre, quattro o più suoni ma il procedimento è più complesso. Per accordi di tre note si dovrà considerare la torsione di un toro.
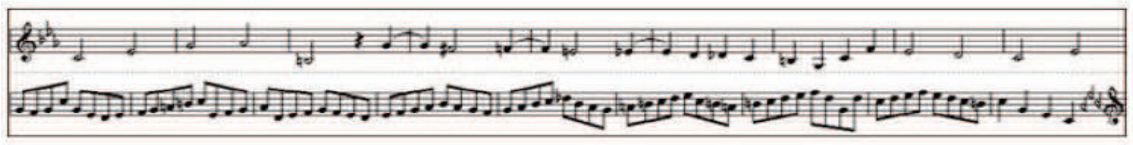


6. Bach e l'astrazione geometrica

Concludiamo fornendo un interessante rapporto tra il nastro di Möbius e una particolare composizione musicale: il *Canone No. 1. a 2 cancrizzante dell'Offerta musicale di J. S. Bach (1747)*. Nella musica classica, un canone è una composizione contrappuntistica che unisce a

una melodia una o più melodie, che le si sovrappongono progressivamente formando assonanze. La voce che inizia la melodia viene detta *antecedente*, mentre quella o quelle che seguono vanno sotto il nome di *conseguenti*. Le melodie vengono ripetute indefinitamente. Tra i vari tipi di canone vi è quello *retrogrado*. In un canone retrogrado, noto anche come *cancrizzante*, la voce conseguente inizia dall'ultima nota della voce antecedente e prosegue all'indietro terminando con la nota iniziale. Il termine cancrizzante deriva dal latino "cancer" che significa gambero: come il gambero procede all'indietro così fa la voce conseguente di questo tipo di canone. Bach scrive la sua musica su un unico pentagramma alla fine del quale pone una chiave di violino rovesciata per indicare la melodia della voce conseguente.

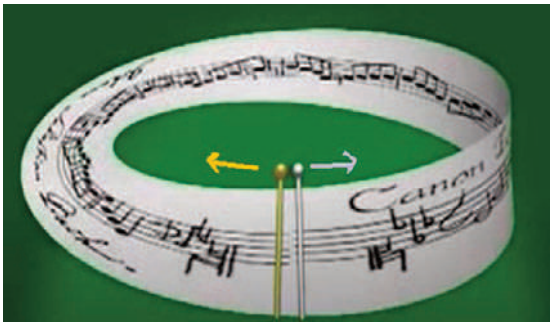
Vediamo come ottenere da questo spartito il nastro di Möbius.

Scriviamo il rigo musicale di Bach nel seguente modo:



Tagliamo questo spartito lungo la linea tratteggiata, incolliamo poi le due parti in maniera tale che la musica sia visibile da ambo i lati, avvolgiamo la striscia compiendo una mezza torsione, e poi mettiamo insieme le estremità del nastro in maniera tale che le due chiavi di violino avanti e indietro siano sovrapposte.

Si ottiene così un nastro di Möbius su cui le due voci procedono in versi opposti e all'infinito.



Nella immagine a lato (estratta dal video http://youtu.be/Y0_DeHSTLHU) le frecce indicano i versi (opposti) che le due voci seguono.

Giancarlo Consolo - Gabriele Grifò

MATEMATICA E BIOLOGIA

1. Introduzione. – 2. Costruzione di un modello matematico. – 2.1. Alcuni esempi di termini di produzione netta $r(u)$ per le dinamiche di popolazioni. – 2.2. Alcuni esempi di termini di interazione per dinamiche di tipo preda-predatore. – 3. Dinamiche preda-predatore nello stretto di Messina. – 4. Una applicazione divulgativa. – 5. Conclusioni. – 6. Bibliografia.

1. Introduzione.

Un'accurata e dettagliata analisi di un fenomeno biologico, così come lo studio della resilienza dei sistemi a perturbazioni esterne, richiede sempre più l'utilizzo di approcci multidisciplinari che nascono da interazioni tra sperimentali e teorici e coinvolgono numerose competenze trasversali, tra cui quelle di biologi, ecologi, fisici e matematici.

Piero Angela ha prodotto nelle varie edizioni della serie SuperQuark innumerevoli esempi calzanti di studio interdisciplinare. Ricordiamo, infatti, il vivo interesse con cui il dott. Angela ci guidava all'esplorazione di dinamiche di interazione-competizione tra individui del regno animale o di intriganti processi biologici che avvengono tra specie del regno vegetale e ci illustrava possibili interpretazioni che coinvolgono vari rami della scienza della vita. Ciò ha costituito un valido elemento formativo che ha contribuito a far sviluppare in noi la curiosità circa il processo logico che, scaturendo da osservazioni sperimentali, giunge ad una interpretazione e giustificazione del fenomeno, anche dal punto di vista fisico e matematico.

Ogni fenomeno osservato in natura presenta, difatti, una grande complessità tale che uno studio approfondito risulta essere spesso proibitivo a causa delle numerose componenti che ne influenzano la dinamica. Per questo motivo, gli scienziati preferiscono talvolta fornirne una descrizione semplificata tramite strumenti atti a riprodurre, almeno qualitativamente, le principali caratteristiche osservate. In questo contesto, l'impiego di modelli matematici si è rivelato un valido ausilio per: (i) compiere previsioni (es. evoluzione di una malattia o di una epidemia, estinzione di una specie, disastri ecologici); (ii) simulare protocolli (es. vaccinazioni

o utilizzo di farmaci); (iii) stimare parametri caratterizzanti l'evoluzione del fenomeno (es. capacità portante di un habitat, tasso di mortalità e/o natalità di una popolazione, costanti relative alla cinetica di reazioni biochimiche, numero di riproduzione di base tipico della diffusione di epidemie); (iv) ricercare correlazioni tra variabili; (v) individuare proprietà emergenti di sistemi complessi; (vi) coprire il gap tra descrizione microscopica e macroscopica; (vii) ricercare configurazioni di equilibrio di ecosistemi ed analizzare la loro sensibilità a perturbazioni esterne; (viii) studiare le variazioni dinamiche del sistema al variare di alcuni parametri di controllo.

Lo strumento "modello matematico" trova così applicazioni in svariate aree di ricerca che coprono dalla dinamica di popolazioni allo sviluppo di epidemie, dalla diffusione di sostanze inquinanti allo studio dei cambiamenti climatici, giusto per citarne alcune.

In questo articolo prenderemo in esame lo studio matematico delle dinamiche di popolazioni che, condividendo una medesima area geografica, inevitabilmente interagiscono tra loro. In particolar modo è noto che popolazioni interagiscono mediante diversi meccanismi, tra cui mutualismo, commensalismo, competizione, parassitismo e predazione. Il mutualismo, da un punto di vista biologico, è caratterizzato da una relazione tra specie che traggono reciprocamente vantaggio dalla convivenza e tale da essere irreversibile e necessaria alla sopravvivenza di entrambe. Il commensalismo, invece, presenta un'interazione in cui una specie trae vantaggio, in quanto approfitta del nutrimento o degli scarti dell'altra, senza tuttavia procurarne sofferenza o disturbo. Differentemente, la competizione si manifesta come un antagonismo tra specie che interagiscono per accedere ad una stessa risorsa e dal quale ne risulta una modificazione delle condizioni di sopravvivenza e di accrescimento. Infine, le ultime due classi sono accomunate dal fatto che l'interazione conduce ad un vantaggio esclusivo di una specie a danno dell'altra. Sebbene predazione e parassitismo mostrino meccanismi simili, le attività parassite sono caratterizzate da tassi riproduttivi più alti ed una maggiore specificità dell'ospite rispetto ai predatori.

In particolare, focalizzeremo qui l'attenzione sulle dinamiche di tipo preda-predatore che avvengono in un determinato habitat all'interno di catene trofiche. Ad esempio, in ambienti acquatici, il livello più basso di tale catena è costituito dal plancton essendone il produttore primario. Percorrendo verso l'alto gli altri livelli della catena troviamo molluschi, granchi e

pesci, che costituiscono i consumatori primari, secondari e terziari, rispettivamente. È opportuno notare che specie collocate in livelli adiacenti danno luogo a interazioni preda-predatore.

In dettaglio, la predazione è caratterizzata dalla rimozione di individui dal livello trofico inferiore al fine di aumentare la sopravvivenza della specie presente al livello trofico superiore. Tuttavia, l'attività di predazione, pur comportando una riduzione del numero di individui, non svolge un'azione negativa all'interno dell'ecosistema. Infatti, diversi studi sperimentali hanno mostrato come la predazione abbia un ruolo fondamentale a favore della biodiversità tramite un meccanismo noto come "principio del raccolto" (Smee, 2010). È stato difatti osservato come l'assenza di predatori conduce all'attivazione di nuovi meccanismi di competizione tra le specie non più predate e ad un'improvvisa riduzione della biodiversità dell'ecosistema. I predatori esercitano, pertanto, un vero e proprio controllo naturale sulle prede. La predazione risulta dunque essere un fenomeno che: (i) produce un effetto di selezione naturale favorendo i predatori più efficaci e le prede meno vulnerabili, (ii) mantiene un controllo sull'evoluzione delle popolazioni di prede e predatori, (iii) influenza le dinamiche interne all'intera catena trofica basandosi sulle abitudini alimentari dei predatori e (iv) promuove la biodiversità.

Il presente articolo si sviluppa come segue. Nel Capitolo 2 vengono illustrate le fasi di costruzione di un modello matematico con particolare riguardo alla legge di bilancio della massa. Nel Capitolo 3 trattiamo, sia dal punto di vista biologico che matematico, un particolare caso di interazione preda-predatore che caratterizza le dinamiche che sono state osservate sperimentalmente tra popolazioni di molluschi e di granchi in una particolare area della costa dello Stretto di Messina che prende il nome di "beachrock". Nel Capitolo 4 presentiamo un software da noi creato, indirizzato a bambini ed adolescenti, finalizzato alla divulgazione delle potenzialità ed applicazioni dei modelli matematici alla biologia ed, al tempo stesso, all'illustrazione dell'importanza della tutela degli ecosistemi marini.

2. Costruzione di un modello matematico

La costruzione di un modello matematico si articola in più fasi. Dapprima, occorre definire le cosiddette "variabili di stato", cioè le variabili che descrivono la configurazione del sistema

in una data posizione ed in ogni istante di tempo (es. densità di popolazioni, concentrazioni di un sistema chimico o stato di deformazione di un corpo). Successivamente, occorre definire le interazioni tra i vari elementi del sistema e le componenti esterne attraverso le "variabili di processo" (es. forze agenti sul sistema, flussi e termini di sorgente in sistemi biologici o termini di reazione in sistemi chimici). Occorre poi determinare il modo in cui le variabili di processo interagiscono tra di loro tramite la formulazione di leggi di bilancio (es. legge di bilancio della massa o della quantità di moto). Quindi, occorre stabilire il legame tra variabili di stato e di processo, mediante le cosiddette "relazioni costitutive" che caratterizzano il fenomeno (es. il flusso in funzione del gradiente di concentrazione). Infine, introducendo le relazioni costitutive nelle equazioni di bilancio si ottiene il culmine del processo di modellizzazione, che è generalmente rappresentato da equazioni differenziali (ordinarie o alle derivate parziali) in termini delle variabili di stato.

Al fine di meglio comprendere la procedura di costruzione di un modello matematico, consideriamo per semplicità un fenomeno caratterizzato da un'unica variabile di stato $u(\mathbf{x},t)$, generalmente rappresentativa di densità di una grandezza fisica, ove con $\mathbf{x}$ indichiamo il vettore che identifica le variabili spaziali e con t la variabile temporale. Fissiamo una regione dello spazio Ω nella quale intendiamo studiare il fenomeno scelto. Definiamo quindi le variabili di processo mediante le funzioni $\mathbf{h}(\mathbf{x},t)$ e $r(\mathbf{x},t)$, dove il campo vettoriale $\mathbf{h}$ prende il nome di flusso e identifica la quantità della variabile di stato u che attraversa la regione Ω nell'unità di tempo, mentre la funzione r rappresenta il tasso di produzione netta di u dovuto alla presenza di eventuali "pozzi" o "sorgenti" (reazioni cinetiche, tassi di mortalità o di natalità, competizione interna alla specie). Una volta definite le variabili che prendono parte al fenomeno che vogliamo descrivere, identifichiamo la legge fisica che possa definire la loro interazione sotto forma di legge di bilancio. Nel caso in analisi, adoperiamo la legge di bilancio della massa mediante la quale la variabile u assume il significato di densità di massa e la sua variazione temporale in un dominio Ω è uguale alla somma del flusso $\mathbf{h}$ entrante attraverso il bordo $\partial\Omega$ e della produzione netta r di u in Ω. Dal punto di vista matematico, è possibile formalizzare il tutto nella cosiddetta forma integrale di legge di bilancio di massa:

$$\frac{d}{dt}\int_{\Omega} u \, d\Omega = -\int_{\partial\Omega} \mathbf{h}\cdot\mathbf{n}\, dl + \int_{\Omega} r \, d\Omega \tag{1}$$

È possibile notare come il segno negativo innanzi all'integrale di flusso è dovuto al fatto che quest'ultimo rappresenta il flusso uscente dal dominio attraverso l'elemento d'area di normale **n**.

Infine, per completare la descrizione del fenomeno è necessario assegnare il flusso **h** ed il termine di sorgente r in funzione di u e delle sue derivate, ovvero assegnare le cosiddette relazioni costitutive tra le variabili di stato e quelle di processo. Occorre notare che, a fenomeni diversi corrispondono relazioni costitutive diverse che servono a caratterizzare il fenomeno sotto indagine. Esempi significativi di caratterizzazione del termine di flusso sono: (i) $\mathbf{h}=\mathbf{v}(\mathbf{x},t)u$, che prende il nome di trasporto passivo con velocità $\mathbf{v}(\mathbf{x},t)$ (detta "velocità di trasporto") ed utilizzata in fenomeni che presentano una propagazione anisotropa; (ii) $\mathbf{h}=\mathbf{g}(u)$, che prende il nome di flusso convettivo determinato dalla funzione non lineare $\mathbf{g}(u)$; (iii) $\mathbf{h}=-D\nabla u$, che prende il nome di flusso diffusivo e caratteristico di fenomeni regolati da una dispersione isotropa dettata da un gradiente di concentrazione e proporzionale ad un coefficiente di diffusività D. D'altra parte, la produzione netta r può essere posta nella seguente forma:

$$r = r_{\text{int}}(u, \nabla u) + r_{ext} \tag{2}$$

ove con r_{int} indichiamo il contributo "interno", dovuto ad esempio a reazioni chimiche o a fattori di nascita e/o morte, mentre con r_{ext} identifichiamo quello "esterno", cioè indipendente dalla variabile di stato, come accade nel caso di fenomeni di immigrazione/emigrazione in dinamica di popolazioni.

È possibile dimostrare che la legge di bilancio in forma integrale (1) può essere riscritta, mediante il teorema del trasporto, in forma "locale" sotto forma di equazione differenziale alle derivate parziali. Inoltre, nel caso particolare che considereremo da qui in avanti in cui il flusso **h** sia identicamente nullo, cioè allorquando la densità u sia spazialmente uniforme, ovvero $u=u(t)$, l'equazione di bilancio della massa si riduce ad una equazione differenziale ordinaria del primo ordine della forma:

$$\frac{du}{dt} = r\,(u) \tag{3}$$

Nel caso più generale di n variabili di stato, il modello è costituito da un sistema di n equazioni differenziali che dà origine al cosiddetto "sistema dinamico". Tale sistema risulterà

accoppiato nel caso in cui le variabili di stato interagiscono tra loro ed i termini di interazione sono generalmente rappresentati da funzioni che coinvolgono il prodotto tra le variabili di stato.

2.1. Alcuni esempi di termini di produzione netta $r(u)$ per le dinamiche di popolazioni

In questa sezione intendiamo mostrare alcuni esempi illustrativi di termini di produzione netta che vengono comunemente adoperati nell'ambito delle dinamiche di popolazioni. In particolare, vogliamo qui evidenziare come la dipendenza funzionale di $r(u)$ possa modellizzare diversi fenomeni di crescita della popolazione stessa. In tal caso, supponiamo che $u(t)$ identifichi la densità di individui di una specie all'istante t.

Uno dei primi modelli matematici riguardante le dinamiche di popolazioni risale a Thomas Robert Malthus (Malthus, 1798) che ipotizzò un tasso di crescita interno proporzionale al numero di individui presenti all'interno della popolazione:

$$r(u) = r_0\, u \tag{4}$$

dove r_0 identifica la differenza tra il tasso di natalità e quello di mortalità. In alcuni contesti biologici, il coefficiente r_0 è noto sotto il nome di potenziale biotico. Questo modello descrive, per $r_0 > 0$, una crescita esponenziale, incontrollata, della popolazione che si verifica in assenza di fattori limitanti, cioè in presenza di una disponibilità illimitata di risorse. Sebbene tale modello possa apparire fisicamente irrealistico, esso può descrivere taluni processi di crescita rapida, limitatamente a brevi periodi di tempo, dopo i quali intervengono fattori limitanti (come nel caso della fase iniziale di sviluppo di una epidemia). Nel caso $r_0 <0$, invece, il numero di decessi supera quello delle nascite e, di conseguenza, la popolazione si estingue nel tempo.

D'altra parte, nella maggior parte dei casi, accade che le risorse di cui dispone un ecosistema non risultano infinite, pertanto la crescita di una popolazione subisce processi autolimitanti. Per tenere conto di tale fenomeno, Pierre Francois Verhulst (Verhulst, 1938) propose il modello logistico come una generalizzazione della precedente legge esponenziale. Esso si esprime come:

$$r\,(u) = r_0 u\left(1 - \frac{u}{k}\right) \tag{5}$$

dove r_0 è una costante positiva e k prende il nome di capacità portante dell'ambiente. Quest'ultima rappresenta la massima dimensione della popolazione di una data specie biologica che può essere sostenuta da un dato ambiente per un tempo infinito, sulla base delle risorse ivi disponibili. La caratteristica saliente di tale modello è che, se una popolazione si trova inizialmente al di sotto del livello di capacità portante, essa cresce asintoticamente verso il valore di saturazione ($u = k$) senza superarlo. Al contrario, se la popolazione iniziale è al di sopra di tale livello, essa decresce asintoticamente nel tempo tendendo al livello di saturazione. È opportuno osservare come il modello matematico proposto da Verhulst ha posto le basi per la descrizione matematica di innumerevoli fenomeni che si diffondono in una regione "chiusa", come ad esempio lo sviluppo di malattie infettive ed epidemie.

Ulteriori generalizzazioni sono state proposte in letteratura, come ad esempio quello proposto da Warder Clyde Allee (Allee, 1949) per tenere in considerazione alcuni fenomeni di soglia, al di sotto della quale la popolazione tende all'estinzione. Tale fenomeno si osserva, ad esempio, nelle piante che sfruttano il vento o gli insetti per la propagazione del polline. Difatti, qualora non venga prodotto un livello sufficiente di polline da assicurare la riproduzione, la presenza di predatori può eliminare definitivamente gli ultimi elementi della popolazione, rendere impossibili future riproduzioni ed esporre la popolazione stessa a rischio di epidemie causate dalla mancanza di diversità genetica. Dal punto di vista matematico, l'effetto Allee si esprime nella seguente forma:

$$\frac{du}{dt} = r\,u\left(1-\frac{u}{k}\right)\left(\frac{u}{\theta}-1\right) \tag{6}$$

ove con $0 < \theta < k$ si individua il coefficiente di "sopravvivenza".

2.2. Alcuni esempi di termini di interazione per dinamiche di tipo preda-predatore

In questa sezione focalizziamo l'attenzione sulla caratterizzazione dei termini che descrivono le interazioni tra variabili di stato. Per semplicità, analizziamo il caso di due specie interagenti, $P(t)$ e $C(t)$, rappresentative, rispettivamente, di popolazioni di prede e predatori. Il sistema dinamico che descrive l'evoluzione di tali specie prende la forma seguente:

$$\begin{cases} \dfrac{dP}{dt} = r_1(P) + f_1(P,C) \\ \dfrac{dC}{dt} = r_2(C) + f_2(P,C) \end{cases} \tag{7}$$

dove $r_1(P)$ ed $r_2(C)$ rappresentano i tassi di produzione netta delle due specie mentre le funzioni $f_1(P,C)$ e $f_2(P,C)$ descrivono le interazioni tra le due popolazioni. In letteratura, tali interazioni sono generalmente descritte da funzioni di risposta di tipo Holling (Holling, 1959) che permettono di tenere in considerazione diverse strategie di attacco e di difesa. Le risposte funzionali di tipo Holling possono essere classificate in:

1) tipo I: $f(P,C) = \lambda PC$
2) tipo II: $f(P,C) = \dfrac{\lambda P}{\mu + P} C$
3) tipo III: $f(P,C) = \dfrac{\lambda P^2}{\mu^2 + P^2} C$

con λ e μ opportuni coefficienti costanti. In particolare, la risposta funzionale di tipo I prevede una relazione lineare tra la densità delle prede ed il massimo numero di prede cacciate ed è caratteristica di quei predatori che non cercano attivamente le loro prede (Seitz et al., 2001). In altri termini, essa sottintende che il tempo di predazione è trascurabile o che il tempo necessario per la consumazione della preda non interferisca con il tempo richiesto per la ricerca della stessa. Differentemente, quella di tipo II si riscontra tipicamente nei predatori che trascorrono più tempo a manipolare la preda piuttosto che a cacciarla. In questo caso, la tattica anti-predatore più comune è l'utilizzo di armature. Al contrario, nel caso di Holling di tipo III, il tempo utilizzato per cacciare costituisce l'aspetto più rilevante. Rientrano in questo ambito le tattiche anti-predatore come il camuffamento e l'utilizzo di rifugi. Questa risposta funzionale tiene anche in considerazione la capacità di apprendimento dei predatori che li conduce ad un processo di ottimizzazione del tasso di predazione, come una più efficiente capacità di focalizzare la ricerca delle prede in particolari aree dell'ecosistema (Dawes e Souza, 2013). È stato altresì osservato che la risposta funzionale Holling di tipo II ha effetti destabilizzanti e può portare all'estinzione localizzata di prede a bassa densità (Holling, 1959; Rindone e Eggleston, 2011). Al contrario, l'Holling di tipo III ha effetti stabilizzanti e si traduce in un rifugio a bassa densità per le prede. Quest'ultima è stata anche proposta come

rappresentativa del comportamento alimentare di taluni predatori in presenza di almeno una fonte di cibo alternativa (Brentnall et al., 2003).

3. Dinamiche preda-predatore nello stretto di Messina

In questo capitolo presentiamo un esempio illustrativo di modello matematico adoperato per la descrizione delle dinamiche di popolazioni interagenti osservate in alcuni ecosistemi acquatici dello Stretto di Messina. In particolare, focalizziamo l'attenzione su un particolare habitat, denominato "beachrock", cioè quella formazione di roccia sedimentaria, di varia consistenza, che consiste in una miscela variabile di sedimento ghiaioso, sabbioso e limoso, cementata da carbonati, che si forma lungo la costa (Bottari et al., 2005; Cosentino and Giacobbe, 2015; Capillo et al., 2018; Savoca et al., 2020). Tali strutture risultano essere distribuite in varie aree geografiche, possono verificarsi in zone intertidali e subtidale superiori (Al-Zamel et al., 2007; Spurgeon et al., 2003) e sono caratterizzate da ampie fluttuazioni delle condizioni biotiche e abiotiche dovute, ad esempio, ai cicli di maree e tempeste (Kelletat, 2006). In particolare, il beachrock presente a Messina è caratterizzato da un regime microtidale, simile a quello riscontrato nel Mediterraneo orientale (Vousdoukas et al., 2009), ed è essenzialmente formato da strutture rocciose come quelle raffigurate in Fig.1. Il grande interesse riscosso da parte degli studiosi per l'analisi di tali zone proviene dal fatto che esse rappresentano indicatori sensibili degli effetti del cambiamento climatico sugli ecosistemi costieri (Mauersberger, 1993; Menge et al., 2008; Wethey et al., 2011; Xu et al., 2011).



Figura 1: Immagini del beachrock nello Stretto di Messina.

Clibanarius erythropus (Latreille, 1818). È stato, infatti, osservato che queste specie si collocano in livelli adiacenti della catena trofica acquatica dove il mollusco costituisce la preda

del granchio. Inoltre, è stato appurato che, una volta terminata la fase di predazione, il granchio si impossessa del guscio del mollusco, che adopera come difesa dai suoi predatori (Abrams, 2019).

Le dinamiche biologiche che hanno luogo tra queste specie sono state descritte mediante un modello matematico che ha permesso di catturare qualitativamente gli aspetti comportamentali più rilevanti (Capillo et al., 2018; Savoca et al., 2020). Tale modello assume la seguente forma di un sistema di equazioni differenziali ordinarie:

$$\begin{cases} \dfrac{dP}{dt} = \beta P\left(1 - \dfrac{P}{k}\right) - \dfrac{\lambda P^2}{\mu^2 + P^2} C \\ \dfrac{dC}{dt} = \varepsilon\left(\dfrac{\lambda P^2}{\mu^2 + P^2} - m\right) C \end{cases} \tag{8}$$

ove indichiamo con $P(t)$ e $C(t)$ le densità di prede e predatori al tempo t, rispettivamente; β il tasso di crescita delle prede; k la capacità portante dell'ambiente; ε il tasso di efficienza di crescita dei predatori; εm la mortalità dei predatori; λ e μ il tasso di massima predazione e la costante di saturazione per la cattura, rispettivamente.

Il modello prevede una crescita di tipo logistico per le prede, una interazione tra preda e predatore retta da una Holling di tipo III ed un tasso di mortalità lineare per i predatori. Nel caso specifico, l'utilizzo della risposta funzionale Holling di tipo III tiene conto del fatto che predatore (granchio) possa facilmente manipolare la preda (mollusco) ma necessiti di molto tempo per individuarla a causa della presenza di notevoli rifugi determinati dalla particolare struttura del beachrock. Il mollusco presenta difatti un guscio assai sottile che non gli assicura una protezione adeguata contro le chele dal granchio e, dunque, lo costringe a adottare tattiche difensive alternative, quali fughe temporanee al di fuori dell'ambiente acquatico in zone inaccessibili ai predatori. Questo modello si è rivelato particolarmente utile in quanto, una volta effettuata la calibrazione dei parametri mediante confronto con i dati sperimentali, è stato possibile riprodurre qualitativamente le principali dinamiche osservate nei diversi periodi dell'anno, come ad esempio periodi di riproduzione, di migrazione, oscillazioni temporali, coesistenza di equilibri tra le popolazioni, nonché compiere predizioni basate su specifiche fluttuazioni dei parametri ambientali (Savoca et al., 2020).

4. Una applicazione divulgativa

Allo scopo di divulgare le applicazioni della matematica in ambito biologico e di simulare strategie di prevenzione degli ecosistemi marini è stata creata un'applicazione software indirizzata a bambini e ragazzi, denominata "*Un giorno da Nettuno*!".

Tale software è stato sviluppato in linguaggio MATLAB® (Matlab, ver2020a) ed è reso disponibile dagli autori sotto richiesta. L'app permette all'utente di identificarsi con il dio romano del mare "Nettuno" che, in quanto tale, dispone del potere di modificare a proprio piacimento l'ecosistema marino. Pertanto, l'utente può modificare alcuni parametri ambientali in modo da delineare il proprio habitat e così variare le dinamiche che hanno luogo tra le prede (molluschi) ed i predatori (granchi).

L'interfaccia grafica progettata è illustrata in Fig.2.



Figura 2: Interfaccia grafica dell'applicazione "Un giorno da Nettuno!".

In dettaglio, nella parte a sinistra, sono presenti alcune manopole che consentono all'utente di definire: numero di giorni di osservazione del fenomeno; tasso di crescita delle prede (parametro β del modello (8): β=2 se "alto", β=1 se "medio" e β=0.4 se "basso", valori espressi

in [giorni^{-1}]); capacità portante dell'ambiente (parametro k: k=0.11 se "alto", k=0.07 se "medio" e k=0.02 se "basso", in [specie/dam^2]); tasso di mortalità dei predatori (parametro m: m=1.2 se "alto", m=0.7 se "medio" e m=0.35 se "basso", in [giorni^{-1}]) e popolazione iniziale di granchi (predatori) e molluschi (prede). I restanti parametri del modello sono stati fissati nel seguente modo: μ = 0.015 [specie/dam^2], ε = 0.6935 e λ = 1.55 [giorni^{-1}].

Agendo sul tasto "RESET", l'applicazione aggiorna i parametri del modello ai valori selezionati e rappresenta graficamente lo scenario iniziale. Cliccando, quindi, su "VISUALIZZA ACQUARIO", l'utente può osservare l'ecosistema da lui creato e corrispondente ai parametri selezionati. Ad esempio, modificando la capacità portante da "basso" ad "alto", l'ecosistema diviene progressivamente più ricco di risorse. Analogamente, aumentando la crescita delle prede, aumentano le risorse presenti al livello trofico inferiore (plancton). Invece, aumentando il tasso di mortalità dei predatori, l'ambiente si scurisce a causa di un maggiore tasso di inquinamento.

Una volta creato il proprio ecosistema, l'utente può procedere con l'avvio della simulazione agendo sul tasto "PLAY". Il semaforo passerà da rosso a giallo e dopo qualche istante necessario al completamento della simulazione (integrazione numerica del sistema (8)) diverrà verde, rendendo fruibili i risultati ottenuti. A tal fine, si agisce sulla barra di scorrimento orizzontale "avanzamento" posta in basso per visualizzare le dinamiche all'interno del periodo di osservazione. Quando la barra raggiunge il valore 100%, viene anche mostrata una icona rappresentativa della specie che, al termine della simulazione, esibisce la maggiore densità.

Per comprendere in maniera più approfondita il processo di interazione mollusco-granchio proponiamo ora qualche esempio illustrativo. Fissiamo un periodo di osservazione pari a 100 giorni, consideriamo una popolazione iniziale bilanciata formata da 10 molluschi e 10 granchi ed impostiamo un tasso di crescita "alto" delle prede. Analizziamo, quindi, tre distinti scenari ecologici:

a) "alta" mortalità dei predatori e "bassa" capacità portante dell'ambiente;
b) "media" mortalità dei predatori e "media" capacità portante dell'ambiente;
c) "alta" mortalità dei predatori e "alta" capacità portante dell'ambiente.

I risultati del setup (a) sono raffigurati in Fig.3 e mostrano che, a causa dell'alto tasso di mortalità dei predatori, questi tendono verso l'estinzione mentre le prede evolvono verso un valore di equilibrio. Nel caso (b), illustrato in Fig.4, si osserva che, a causa di un bilanciamento dei parametri del modello, si delinea, dopo un transitorio iniziale, una configurazione di coesistenza tra prede e predatori che perdura per tutto il periodo di osservazione. Infine, nel caso (c), vedi Fig.5, i risultati evidenziano un evento assai interessante sia dal punto di vista biologico che matematico. Infatti, le due specie non convergono ad una configurazione di equilibrio ma esibiscono delle dinamiche oscillatorie che, in termini di sistemi dinamici, sono legate all'occorrenza di una biforcazione di Hopf. È opportuno notare che il picco di una specie avviene, pressoché, in corrispondenza del minimo dell'altra. Tale fenomeno è biologicamente consistente in quanto un numero molto alto di prede produce grande disponibilità di cibo per i predatori che, di conseguenza, incrementano il tasso di sopravvivenza e di riproduzione.

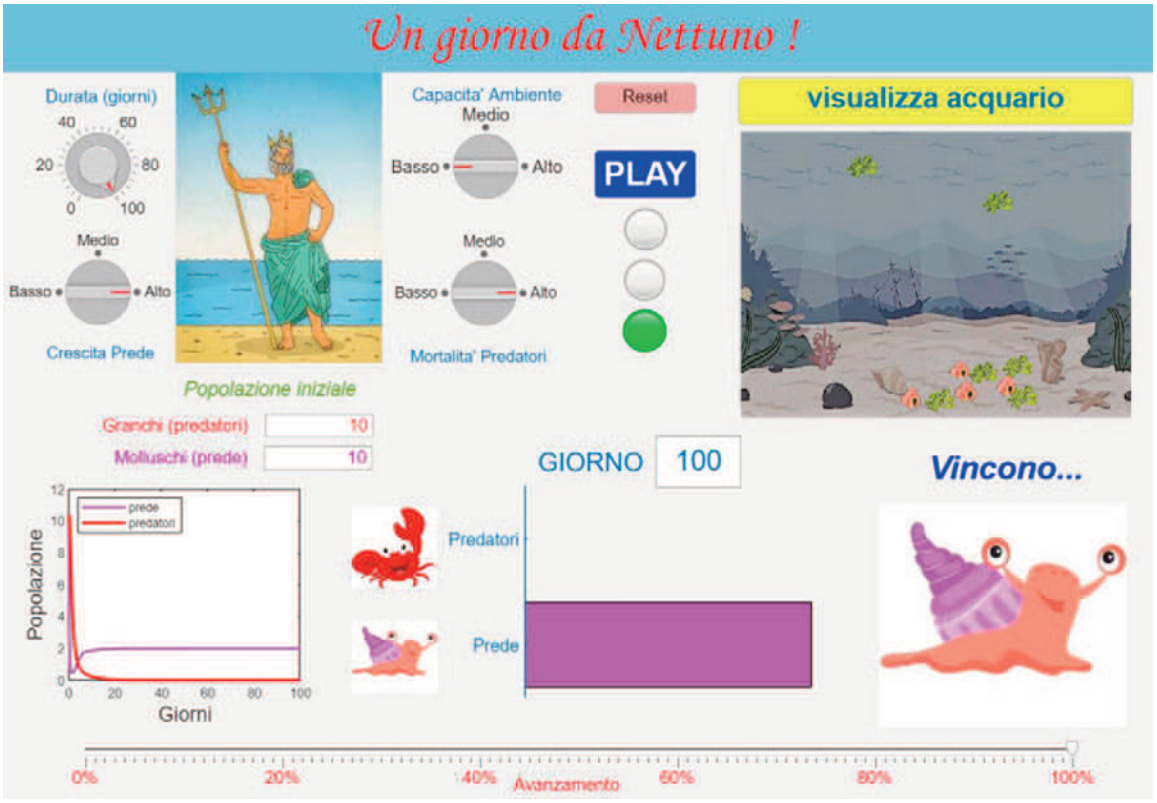


Figura 3: Risultati della simulazione nel caso dell'estinzione dei predatori (setup (a)).

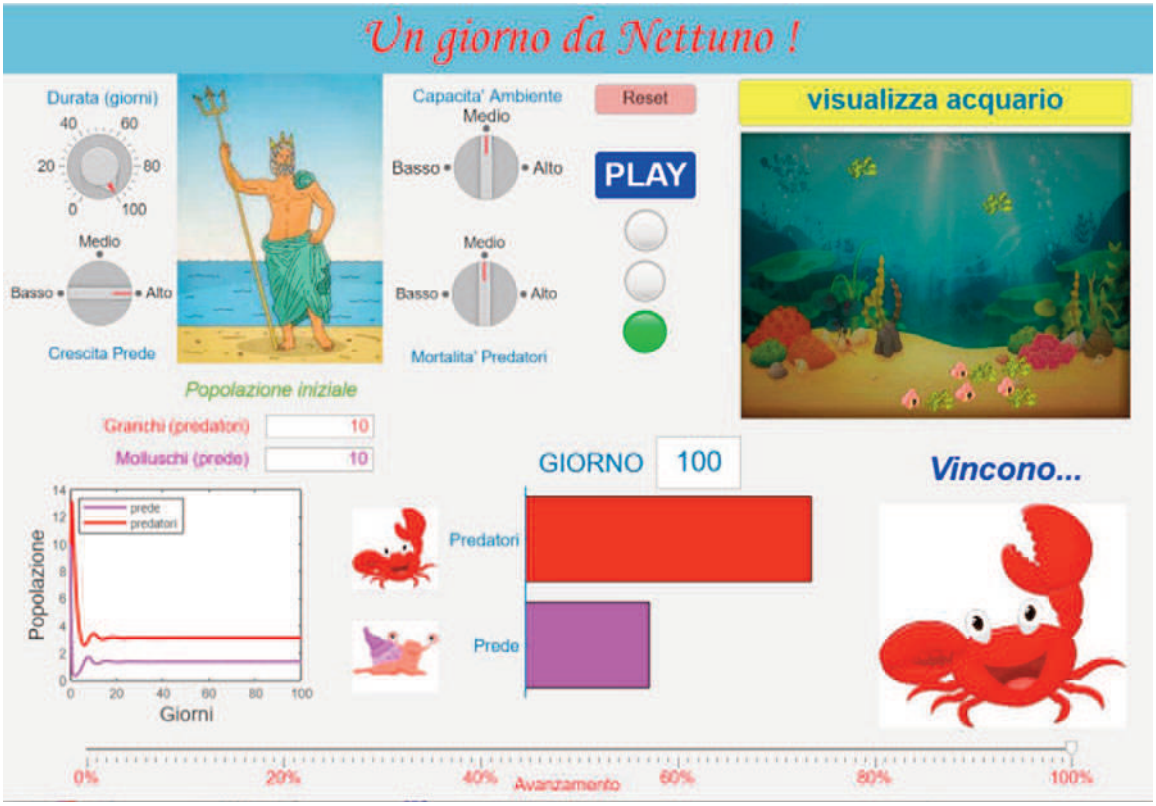


Figura 4: Risultati della simulazione nel caso della coesistenza delle specie (setup (b)).

Ciò conduce ad un aumento dei predatori e ad una diminuzione delle prede. Al contrario, la presenza di un numero elevato di predatori e di scarsità di prede conduce inevitabilmente allo scenario opposto. L'alternanza periodica di questi processi genera il comportamento oscillatorio mostrato nel grafico in basso a sinistra in Fig.5.

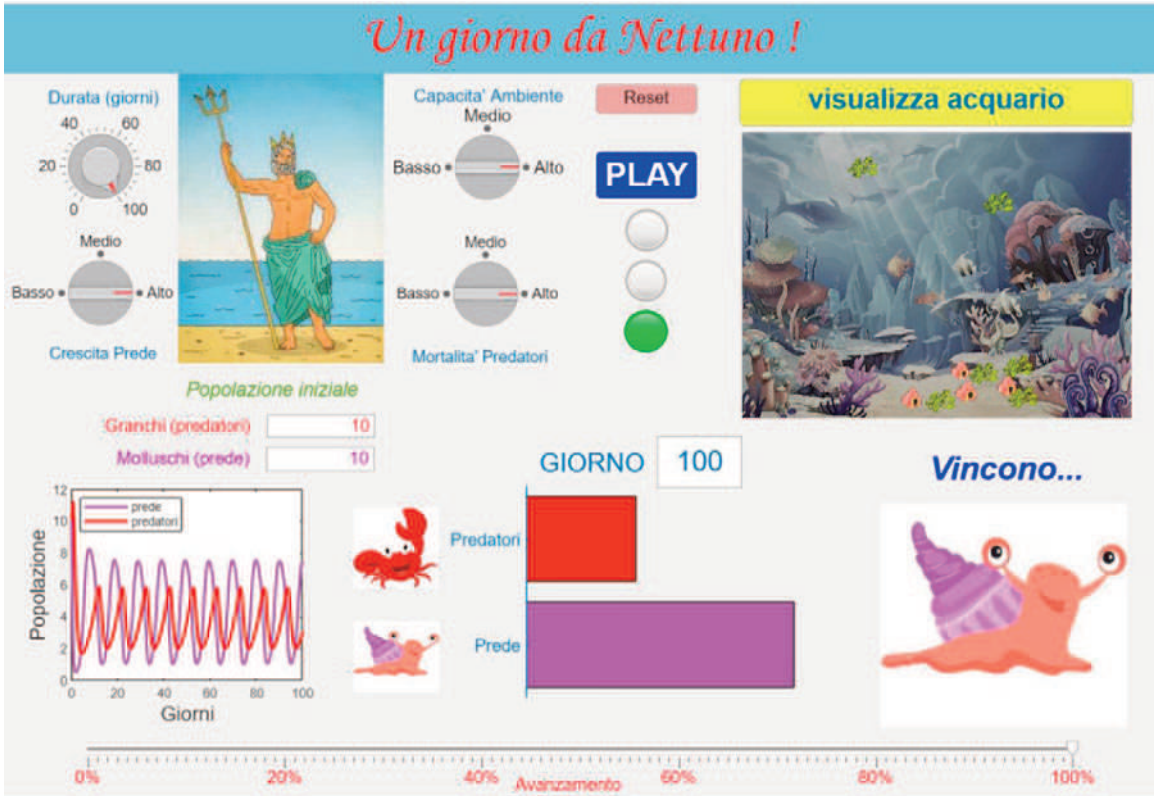


Figura 5: Risultati della simulazione nel caso in cui le due specie coesistono e danno vita ad un comportamento oscillatorio (setup (c)).

5. Conclusioni

In questo lavoro abbiamo proposto alcuni elementi che mettono in relazione il mondo della matematica con quello della biologia. In particolare, abbiamo illustrato brevemente una procedura per la costruzione di un modello matematico, basato sulla legge di bilancio della massa, evidenziandone le potenziali applicazioni in diversi ambiti delle scienze della vita e sottolineandone il prevalente impiego ai fini predittivi. Abbiamo posto particolare enfasi sulla dinamica delle popolazioni e, più in particolare, sulle interazioni di tipo preda-predatore. In questo contesto, abbiamo altresì presentato una app divulgativa, orientata a bambini ed adolescenti, in cui vengono simulate le dinamiche tra molluschi e granchi, che sono state osservate sperimentalmente nell'ecosistema "beachrock" presente nello Stretto di Messina. Questa app rappresenta un valido strumento per la divulgazione delle applicazioni della matematica in ambito biologico ed, al tempo stesso, per la simulazione di strategie di prevenzione degli ecosistemi marini.

6. Bibliografia

Allee W.C., Emerson A.E., Park T., Park O., Schmidt K.P., *Principles of Animal Ecology*, Philadelphia: W.B. Saunders 837/1949, 14.

Al-Zamel A., Al Sarkawi M., Khader S., *Coastal geomorphology, hydrodynamics, and biofacies in the intertidal and subtidal areas of Umm Al-Namil Island, Kuwait Bay*, Kuwait J. Coast. Res. 23/2007, 501–514.

Bottari A., Bottari C., Carveni P., Giacobbe S., Spanó N., *Genesis and geomorphologic and ecological evolution of the Ganzirri salt marsh (Messina, Italy)*, Quatern Interv. 140141/2005, 150–158.

Brentnall S.J., Richards K.J., Brindley J., Murphy E., *Plankton patchiness and its effect on larger-scale productivity*, J. Plank. Res. 25/2003, 20–41.

Capillo G., Panarello G., Savoca S., Sanfilippo M., Albano M., Li Volsi R., Consolo G., Spanò N., *Intertidal ponds of Messina's beachrock faunal assemblage, evaluation of ecosystem dynamics and communities' interactions*, Atti Accad. Pelor. Peric. - Cl. Sci. Fis. Mat. Nat. 96/2018, A4.

Cosentino A., Giacobbe S., *Mollusc assemblages of hard bottom subtidal fringe: a comparison between two coastal typologies*, Biol. J. 6/2015, 353-364.

Dawes J.H.P., Souza M.O., *A derivation of Holling's type I, II and III functional responses in predator–prey systems*, J. Theor. Biol. 327/2013, 11–22.

Kelletat D., *Beachrock as sea-level indicator remarks from a geomorphological point of view*, J. Coast. Res. 226/2006, 1558–1564.

Malthus T.R., *An Essay on the Principle of Population*, 1798.

Matlab, *The MathWorks Inc. ver 2022b*, Natick, Massachusetts.

Mauersberger P., *Intertidal and littoral ecosystems*, 1993 In: Mathieson A.C., Nienhuis P.H. (Eds.), Ecosystems of the World 24. Elsevier, Amsterdam, 306–307.

Menge B.A., Chan F., Lubchenco J., *Response of a rocky intertidal ecosystem engineer and community dominant to climate change*, Ecol. Lett. 11/2008, 151–162.

Rindone R.R., Eggleston D.B., *Predator-prey dynamics between recently established stone crabs (menippe spp.) and oyster prey (crassostrea virginica)*, J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 407/2011, 216–225.

Savoca S., Grifò G., Panarello G., Albano M., Giacobbe S., Capillo G., Spanò N., Consolo G., *Modelling prey-predator interactions in Messina beachrock pools*, Ecol. Model. 434/2020, 109206.

Seitz R.D., Lipcius R.N., Hines A.H., Eggleston D.B., *Density-dependent predation, habitat variation, and the persistence of marine bivalve prey,* Ecology 82/2001, 2435–2451.

Smee D.L., *Species with a Large Impact on Community Structure*, Nat. Ed. Know. 3/2010, 40.

Spurgeon D., Davis Jr. R.A., Shinnu E.A., *Formation of beach rock' at siesta key, Florida and its influence on barrier island development*, Mar. Geol. 200/2003, 19–29.

Verhulst P.F., *Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement,* Correspondance mathématique et physique 10/1838, 113-121.

Vousdoukas M.I., Velegrakis A.F., Karambas T.V., *Morphology and sedimentology of a microtidal beach with beachroks: vatera, lesbos, NE Mediterranean*, Cont. Shelf Res. 29/2009, 1937–1947.

Wethey D.S., Brin L.D., Helmuth B., Mislan K.A.S., *Predicting intertidal organism temperatures with modified land surface models,* Ecol. Model. 222/2011, 3568–3576.

Xu S., Chen Z., Li C., Huang X., Li S., *Assessing the carrying capacity of tilapia in an intertidal mangrove-based polyculture system of pearl river delta,* China. Ecol. Model. 222/2011, 846–856.

Antonio Ficarra - Giancarlo Rinaldo

MATEMATICA E CRITTOGRAFIA

1. Introduzione – 2. Orologi – 3. Moltiplicazioni e patologie – 4. Potenze in Z_p con p primo – 5. Un generatore di numeri casuali – 6. Scambio di chiavi Diffie-Hellmann – 7. Soluzioni – 8. Bibliografia

1. Introduzione

Nella crittografia moderna si fa un ampio uso della matematica per trovare "funzioni" che nascondano in modo sicuro le informazioni sensibili, quali transazioni bancarie, messaggi privati, navigazione web sicura. Una delle principali caratteristiche che tale funzione deve avere è di essere pseudo-casuale. Cioè che, dato un input di qualunque genere, sia esso testo, immagini, suono o video, il suo output abbia un andamento il più possibile (pseudo-)casuale, e dunque non riconducibile all'input.

Ad esempio, dato un testo, il suo cifrato dovrà essere una serie di numeri che appariranno come se fossero generati da una sorgente casuale, quale il lancio di un dado. In tale modo, un malintenzionato che viene in possesso del solo cifrato, non riesce ad ottenere alcuna informazione relativamente al testo originario, alla chiave di cifratura utilizzata, etc. , anche conoscendo perfettamente la funzione stessa di cifratura. Infatti, nella crittografia moderna buona parte della sicurezza del sistema è data dalla segretezza della chiave di cifratura.

In queste note vedremo che particolari operazioni algebriche elementari, facilmente definibili su insiemi numerici finiti, hanno in modo sorprendente comportamenti pseudo-casuali.

Tali operazioni sono utilizzate in modo efficace per generare chiavi crittograficamente sicure che nessuno al mondo può ottenere tranne coloro i quali le hanno generate. Per esempio, il protocollo Diffie-Hellman che viene descritto in queste note.

I principali attori in un sistema crittografico sono classicamente tre. Alice, Bob e Eve. Alice vuole mandare un messaggio crittato a Bob. Eve che intercettando il messaggio vorrebbe decrittarlo, senza conoscere la chiave di decrittazione.

2. Orologi

Accanto all'aritmetica elementare che abbiamo imparato nella scuola primaria, esiste una aritmetica legata a fenomeni che hanno una loro *ciclicità*. Ad esempio, le ore del giorno, i giorni della settimana, le note musicali, le stagioni, etc. Tale aritmetica viene chiamata aritmetica modulare, o in modo più familiare, aritmetica dell'orologio. A proposito di orologi consideriamo l'orologio analogico con le lancette e le classiche 12 ore. Inoltre, etichettiamo le ore nel modo normale, con la sola eccezione che il 12 lo rappresenteremo con l'ora 0. Avremo dunque le ore

$$\{0,1,...,11\}.$$

Sin dalle scuole elementari abbiamo imparato a rappresentare le ore, anche maggiori di 12, su un quadrante avente solo 12 ore. Ad esempio, le 13 sono equivalente all'una, le ore 2 sono equivalenti alle 14, le 12 sono equivalenti alle 24 che sono equivalenti all'ora 0. Cioè possiamo scrivere

$$1=13,\ 2=14,\ 12=24=0.$$

Analogamente, sommando o sottraendo, ottengo nuove ore ma sempre all'interno delle 12 fissate. Cioè

$$2+3=5,\ 7+3=10,\ 11+3=14=2.$$

È interessante a tal proposito notare come il primo metodo per crittografare, risalente a Giulio Cesare, detto appunto Codice Cesare, si riconduca alla somma in un particolare orologio. Quello che ha al posto dei numeri le lettere dell'alfabeto. Immaginiamo di avere un alfabeto in cui ogni lettera corrisponda ad un numero. Usando 21 lettere e un'etichettatura analoga al caso di 12 ore avremo:

$$\{a=1,\ b=2,\ c=3,\ \dots\ ,\ v=20,\ z=0\}.$$

Il Codice Cesare somma ad ogni singola lettera del nostro messaggio originale il numero 3, che chiameremo la chiave di cifratura, ottenendo uno "slittamento" dell'intero testo di 3 posizioni.

Supponiamo che Alice voglia mandare a Bob il seguente messaggio:

Per sempre tu ed io

Alice crittando tramite il codice Cesare (con chiave 3) ottiene il seguente, testo (gli spazi si possono eventualmente togliere):

shu vhpsuh za hg nr

Cioè ad ogni lettera/numero nell'orologio con 21 ore corrisponde una nuova lettera numero nello stesso orologio come nella seguente tabella:

1=a	→	4=d
2=b	→	5=e
3=c	→	6=f
4=d	→	7=g
5=e	→	8=h
.	→	.
.	→	.
.	→	.
.	→	.
18=t	→	0=z
19=u	→	1=a
20=v	→	2=b
0=z	→	3=c

Tale tabella è molto utile sia ad Alice (per crittare) che a Bob (per decrittare). Anche usando una qualunque chiave diversa da 3, Eve potrà facilmente scoprire il messaggio originale.

Ad esempio, prova a decrittare il messaggio, inviato da Alice a Bob, crittato tramite il codice Cesare, ma con una chiave diversa da 3:

lr rulvudbrhtv ru zhsncdbh hssh orun mnssn sngrvur

Pochi minuti, sicuramente meno di 30, sono sufficienti a decrittare il messaggio. Nota che, anche togliendo gli spazi il codice Cesare può essere facilmente decrittato. Esso è svelato alla fine di queste note.

Infatti, una delle fondamentali caratteristiche di una buona funzione crittografica è stata violata. L'output della funzione non è assolutamente casuale. Infatti, la frequenza delle lettere nel messaggio crittato è esattamente quella delle lettere nel messaggio non crittato. Questo è un grave errore per un sistema crittografico moderno! Ad esempio in italiano le vocali sono molto frequenti, quindi se la loro frequenza non è occultata possiamo decifrare il messaggio tramite queste.

Il limite del Codice Cesare è quello di sommare sempre la stessa chiave per ogni lettera. Se invece sommiamo tanti numeri distinti e casuali, per l'intera lunghezza del messaggio, otteniamo un cifrato inattaccabile. Facciamo un esempio. Consideriamo il messaggio:

nel mezzo del cammin di nostra vita

e generiamo 3+5+3+6+2+6+4=29 numeri casuali nell'intervallo 0, ..., 20. Ad esempio,

10, 14, 10, 9, 11, 14, 20, 1, 13, 16, 4, 18, 17, 9, 5, 19, 10, 13, 6, 20, 6, 12, 4, 16, 12, 2, 15, 9, 1,

togliamo gli spazi e sommiamo la prima lettera, cioè *n* con 10, *n*+10=12+10=22=1=a, la seconda lettera con 14, e+14=5+14=19=u e così via otterremo, un cifrato realmente inattaccabile. Esso è:

auvvrmspsupztvrgasomnhamoacfb

D'altra parte, questo metodo è spesso inutilizzabile. Infatti, Bob come può conoscere l'esatta sequenza casuale utilizzata da Alice?

Un metodo della crittografia moderna è quello di utilizzare una funzione pseudo-casuale che genera, a partire da una chiave data, una sequenza di numeri pseudo-casuali legati all'alfabeto. Cosicché sia Alice che Bob, essendo gli unici a conoscere tale chiave, possono produrre la stessa sequenza pseudo-casuale. Tramite la somma dell'orologio possono da una parte crittare (Alice) e dall'altra decrittare (Bob). Eve che conosce la funzione che genera numeri pseudo-casuali, ma non la chiave, non riesce a decrittare.

Dunque, l'intera sicurezza del sistema è basata su due fattori. Trovare una buona funzione che generi una sequenza pseudo-casuale, che "tenda" ad una reale casualità e scambiare la chiave tra Alice e Bob in modo sicuro anche su un canale insicuro, ad esempio internet. Alla fine di questo articolo risolveremo questo secondo problema.

3. Moltiplicazioni e Patologie

Abbiamo visto nella precedente sezione che la somma si comporta "bene" dal punto di vista crittografico. Per essere più precisi possiamo dire che usando un numero qualunque di ore il codice Cesare definisce una funzione biiettiva. Cioè Alice può crittare tramite la somma, con qualunque chiave, e Bob potrà decrittare usando la somma stessa.

Nel nostro caso abbiamo utilizzato un alfabeto con 21 lettere ma lo stesso accadrebbe per qualunque alfabeto. Una naturale domanda sorge:

"Cosa succede se invece della somma uso la moltiplicazione nell'orologio?"

Per semplicità consideriamo gli orologi con 7 e 12 ore. Le seguenti due tabelle rappresentano il prodotto di due elementi dello stesso orologio, nel primo caso di 7 ore e nel secondo di 12 ore. Ad esempio, se volessi conoscere il risultato del prodotto 2x5, dovrò guardare la riga contraddistinta dal 2 e la colonna contraddistinta dal 5. Al loro incrocio troverò il valore 3, infatti 10=3 nell'orologio con 7 ore (Z_7). Allo stesso modo per tutti i possibili prodotti ottenendo dunque una tabella con 49 caselle.

$(Z_7,\cdot)$	0	1	2	3	4	5	6
0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6
2	0	2	4	6	1	3	5
3	0	3	6	2	5	1	4
4	0	4	1	5	2	6	3
5	0	5	3	1	6	4	2
6	0	6	5	4	3	2	1

Posso allo stesso modo ottenere la tabella dei prodotti nell'orologio con 12 ore.

$(Z_{12},\cdot)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
3	0	3	6	9	0	3	6	9	0	3	6	9
4	0	4	8	0	4	8	0	4	8	0	4	8
5	0	5	10	3	8	1	6	11	4	9	2	7
6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
7	0	7	2	9	4	11	6	1	8	3	10	5
8	0	8	4	0	8	4	0	8	4	0	8	4
9	0	9	6	3	0	9	6	3	0	9	6	3
10	0	10	8	6	4	2	0	10	8	6	4	2
11	0	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Si può osservare che il comportamento del primo prodotto è più regolare. Ad esempio, in qualunque riga o colonna, tranne quella associata allo 0 ho tutti gli elementi di Z_7. Dunque, il prodotto per un dato elemento fisso non nullo determina l'intero insieme Z_7, la funzione di prodotto per un valore a fissato è biettiva per ogni a non nullo. Ciò non accade in Z_{12}. Infatti, 2x6=3x4=6x6=3x8=0. Quindi possiamo osservare che il secondo orologio è "patologico". Inoltre, nelle righe 1,5,7,11 il comportamento è analogo al caso degli elementi non nulli di Z_7.

Ciò che accade è che tutti gli elementi che non hanno fattori comuni con 12 hanno un comportamento regolare. Inoltre, dato che 7 è primo, tutti gli elementi non nulli in Z_7, cioè 1,2,3,4,5,6 non hanno fattori comuni con 7 stesso. Questo ci porta a preferire orologi nei quali il numero di ore è primo.

4. Potenze in Z_p con p primo

In questa sezione ci occuperemo delle potenze in Z_p scegliendo p primo per eliminare le patologie dell'operazione di moltiplicazione osservate nella precedente sezione. Osserviamo che esistono particolari elementi di Z_p le cui potenze "generano" tutti gli elementi non nulli di Z_p, tali elementi vengono detti *primitivi*. Inoltre, il comportamento di tali potenze è pseudo-casuale, dunque utile ai fini della crittografia.

Iniziamo considerando la seguente tabella che raffigura le potenze la cui base è presente nelle righe. Ad esempio, se la base è 1 tutte le sue potenze sono sempre 1.

Z_7 , a^b	1	2	3	4	5	6	…
1	1	1	1	1	1	1	…
2	2	4	1	2	4	1	…
3	3	2	6	4	5	1	…
4	4	2	1	4	2	1	…
5	5	4	6	2	3	1	…
6	6	1	6	1	6	1	…

Osserviamo che gli unici elementi primitivi sono 3 e 5 in Z_7. Ora consideriamo un secondo esempio un pò più grande dove il comportamento delle potenze inizia ad essere meno controllabile. Si può verificare che 13 è primitivo in Z_{31}. Inoltre, le potenze successive di 13 sono nell'ordine

13, 14, 27, 10, 6, 16, 22, 7, 29, 5, 3, 8, 11, 19, 30, 18, 17, 4, 21, 25, 15, 9, 24, 2, 26, 28, 23, 20, 12, 1.

I numeri hanno un andamento pseudo-casuale. Ovviamente, usando primi più grandi il comportamento diviene sempre meno controllabile. Per applicazioni crittografiche si utilizzano primi lunghi nell'ordine di 10^3 bit. Il problema, che viene definito *difficile* è appunto il seguente:

dati c, b e p calcolare l'esponente e dove

$$c=b^e \quad \text{in} \quad Z_p.$$

Tale problema viene detto *Problema del logaritmo discreto*. La difficoltà di tale problema è la base di parecchi protocolli crittografici.

5. Un generatore di numeri casuali

È interessante osservare come l'andamento pseudo-casuale delle potenze di 13 in Z_{31} possa essere utilizzato per definire un algoritmo per la generazione di numeri pseudo-casuali.

Tale algoritmo è stato inventato nel 1951 da D.H. Lehmer. L'idea è di considerare un numero primo di ore p, e quindi le potenze di un elemento primitivo a in Z_p, nel seguente modo. Si sceglie un numero di partenza x_0, che viene detto seme, e che noi possiamo immaginare come la chiave.

Tramite x_0 posso calcolare $x_1=ax_0$ in Z_p. Analogamente $x_2=ax_1$ in Z_p. Ed in generale

$$x_i=ax_{i-1} \quad \text{in} \quad Z_p.$$

per ogni valore di i. Ad esempio sia $p=13$, $x_0=8$ e $a=6$. La successione di numeri che verranno generati sarà

8, 9, 2, 12, 7, 3, 5, 4, 11, 1, 6, 10.

Inoltre $10x6=60=8$ in Z_{13}, e la sequenza si ripete. Ovviamente perché l'algoritmo sia utilizzabile si considera un numero primo sufficientemente grande.

Tale algoritmo può essere utilizzato come generatore di numeri casuali in un sistema crittografico come nell'esempio finale della sezione 2.

Effettivamente l'algoritmo è utilizzato in tutti i computer moderni, con delle sue opportune varianti per generare numeri casuali ma non è consigliato in applicazioni crittografiche. Sai dire perché? Confronta la tua risposta con quella presente alla fine di queste note.

6. Scambio di chiavi Diffie-Hellmann

Come detto nell'introduzione uno dei problemi che hanno Alice e Bob è quello di scambiarsi le chiavi che permetteranno loro di definire il punto di partenza del generatore di numeri pseudo casuali. Cioè:

"Come possono Alice e Bob scambiarsi una chiave tramite un canale insicuro (Internet)?"

Il problema del logaritmo discreto ci fornisce una possibile soluzione. Alice calcola un numero primo p sufficientemente grande. Inoltre, trova un numero primitivo g in Z_p, pubblica questi valori su Internet. Sia Bob che Eve possono leggere questi valori.

Alice inoltre definisce e tiene segreto un esponente segreto a in Z_p. Analogamente Bob definisce e tiene segreto un esponente segreto b in Z_p.

A questo punto Alice e Bob possono concordare la chiave segreta che solo loro possono calcolare su Internet.

Alice calcola $A=g^a$ in Z_p e spedisce A a Bob. Eve intercetta A.

Bob calcola $B=g^b$ in Z_p e spedisce B ad Alice. Eve intercetta B.

Alice calcola $K_a=B^a$, analogamente Bob calcola $K_b=A^b$. Eve non può calcolare né K_a né K_b infatti non conosce né a né b, e il problema del loro calcolo è "difficile".

Inoltre, $K_a=B^a=(g^b)^a=g^{ab}=(g^a)^b=A^b=K_b$. Dunque, $K_a=K_b=K$ è la chiave segreta che solo Alice e Bob conoscono su Internet!

Un breve esempio numerico. Alice sceglie $p=31$ e $g=13$. Abbiamo già visto che 13 è primitivo. Inoltre, sceglie come esponente $a=5$ segreto. Pubblica inoltre $p=31$ e $g=13$.

Bob riceve p e g e sceglie $b=3$ come esponente segreto.

Alice invia a Bob $A=13^5=6$ in Z_{31}. Bob invia ad Alice $B=13^4=27$ in Z_{31}.

Alice essendo l'unica al mondo a conoscere a può calcolare $K=27^a=27^5=30$ in Z_{31}. Analogamente, Bob essendo l'unico al mondo a conoscere b può calcolare $K=6^3=30$ in Z_{31}. Dunque la chiave segreta condivisa da Alice e Bob sarà $K=30$. Tale chiave potrà essere utilizzata come seme per il generatore di numeri casuali descritto nella precedente sezione e il suo output usato per crittare e/o decrittare un testo come descritto alla fine della sezione 2.

7. Soluzioni

Testo in chiaro del cifrato in sezione 2:

Ci incontriamo in palestra alla fine delle lezioni

Soluzione al quesito in sezione 5. Nella crittografia moderna Eve conosce la funzione pseudo-casuale. Quindi, se in qualunque punto del messaggio riesce a scoprire il valore di x_i, potrà calcolare ogni x_j con $j>i$, ottenendo così la parte finale del messaggio. Inoltre, risolvendo l'equazione

$$x_i = a\, x_{i-1}$$

con unica incognita x_{i-1}, potrà in modo semplice calcolare anche la parte iniziale del messaggio, calcolando successivamente x_{i-1}, x_{i-2}, x_{i-3}, e così via.

8. Bibliografia

Ceria M., Rinaldo G., Sala M., *Bits, bytes and friends*, Aracne editrice, 2022, pp. 1-88.

Childs, L., *A concrete introduction to higher Algebra*, UTM Springer, 2009.

Pierandrea Vergallo - Alessandra Rizzo

Matematica e Cartografia

1. Introduzione. – 2. Le geometrie non Euclidee – 3. La geometria sulla sfera. – 4. Cartografia matematica. – 5. La mappa di Mercatore. – 6. Formulazione matematica della proiezione cilindrica della Mappa di Mercatore. – 7. Esempi di mappe distorte. – 8. Conclusioni. – 9. Bibliografia.

1. Introduzione

La matematica è una scienza che ben si presta a rispondere alle domande più disparate ed intriganti. La grande presenza sui social di divulgatori scientifici sta, infatti, evidenziando sempre maggiormente come l'applicazione di nozioni apparentemente aride, studiate durante i noiosi anni scolastici, possa risultare illuminante per la comprensione di fenomeni fisici e sociali. A rigor di logica, però, dovremmo invertire questa prospettiva. In effetti, la matematica (come tutte le scienze) nasce proprio con lo scopo di rispondere ai quesiti dell'uomo, non con l'idea di spaventarlo con immense formule e arroganti asserzioni.

In questo breve articolo, ci soffermeremo su come la matematica in generale (e la geometria nello specifico) possano giustificare scelte apparentemente non intuitive e, forse, poco dibattute nel campo della geografia. Ad esempio, se controllassimo la rotta tracciata da un aereo di linea che viaggia tra Londra e New York saremmo molto sorpresi nello scoprire che questa non disegna affatto una linea retta sul planisfero, tutt'altro. E le motivazioni non sono affatto accidentali o politiche, sono puramente geometriche. Ma ancora: perché alcuni territori apparentemente giganteschi sulla cartina geografica, hanno un'estensione di poco superiore alla "piccola" India? E' una distorsione del nostro occhio, oppure è proprio la cartina ad essere sbagliata? Ma poi, restando sul tema delle cartine geografiche: perché ne esistono delle tipologie

più disparate? Si tratta di una scelta puramente estetica o di una scelta che riflette l'esistenza di una certa ambiguità?

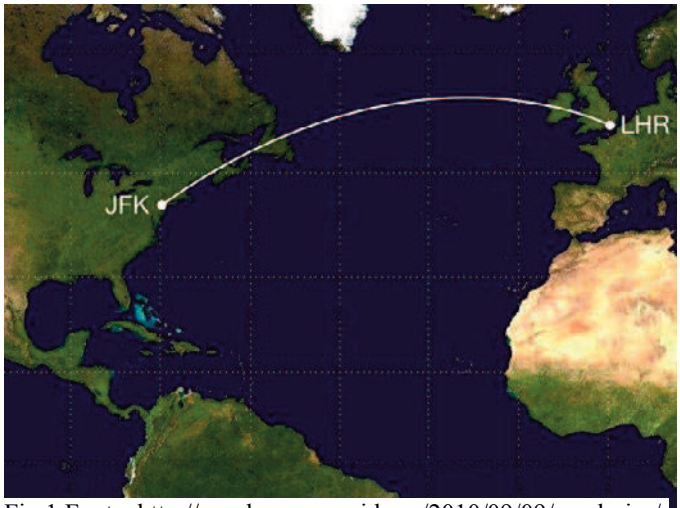


Fig.1 Fonte: http://wordpress.mrreid.org/2010/09/09/geodesics/

Il nostro obiettivo sarà proprio quello di cercare di dare una risposta concreta a queste domande. Come conseguenza, riusciremo ad evidenziare concretamente un legame indissolubile ed essenziale tra matematica e cartografia. A tal fine, è necessaria una piccola dose di nozioni di geometria. Non basterà, però, rivedere le idee di retta, triangolo e cerchio per come le abbiamo sempre studiate, ma sarà necessario adottare una nuova prospettiva. La geometria classica del piano e dello spazio, introdotta da Euclide molti secoli fa, dovrà lasciare spazio a geometrie non-standard (per questo anche dette non Euclidee). L'esigenza di scomodare queste nuove geometrie nasce dai limiti della geometria euclidea, in cui lo spazio è essenzialmente piatto e quindi mal si presta alla descrizione del nostro pianeta. Avremo bisogno di una geometria diversa, con curve e raggi, cerchi e un nuovo concetto di triangolo: in una parola, avremo bisogno di una geometria *sferica*.

2. Le geometrie non Euclidee

La pietra miliare della geometria di Euclide è rappresentata sicuramente dagli "Elementi", l'opera maestra del celebre matematico. Si tratta di una raccolta di tredici volumi (di cui gli

ultimi tre sono dedicati alla geometria solida) e può essere considerata la "summa" di tutto il sapere geometrico a disposizione dell'uomo fino al III secolo a.C.

Il valore dell'enciclopedico lavoro di Euclide risiede principalmente nell'utilizzo di metodi rigorosi e formali, che consentono di giustificare i risultati raccolti tramite un processo logico-deduttivo che rappresenta, a tutti gli effetti, la base del linguaggio matematico.

Teoremi, proposizioni, corollari vengono ricavati rigorosamente da alcune "verità di partenza", scelte come tali da Euclide per la loro chiarezza e immediatezza intuitiva: gli assiomi e i postulati.

Nella prima classe, quella degli assiomi, l'autore raccoglie le evidenze logiche mentre nella seconda trovano spazio le evidenze geometriche. Ad esempio, il primo assioma recita: "*cose uguali ad una medesima cosa sono uguali tra loro*". Il che risulta palese anche ai non esperti del settore.

Meritano un discorso a parte i postulati, Euclide ne evidenzia cinque differenti:

1. *Si possa tracciare una retta da un punto qualsiasi a un punto qualsiasi.*
2. *Si possa prolungare indefinitamente una linea retta.*
3. *Si possa costruire una circonferenza di centro e raggio qualsiasi.*
4. *Tutti gli angoli retti sono tra loro congruenti.*
5. *Se una retta che taglia altre due rette determina dallo stesso lato angoli interni minori di due angoli retti, prolungando le due rette, esse si incontreranno dalla parte dove i due angoli sono minori di due retti.*

Già ad una prima lettura, si osserva che i primi quattro rispecchiano una scelta stilistica semplice: chiarezza ed economia. L'asserzione che questi evidenziano è facilmente riscontrabile con carta e penna in pochi secondi. L'ultimo, al contrario, si palesa per una lettura più complessa e decisamente meno immediata.

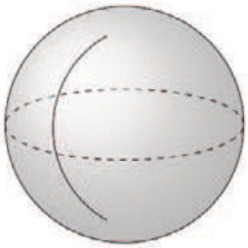
Diversi studiosi e matematici (coevi e successivi ad Euclide) hanno avanzato una certa insicurezza circa l'assunzione di questo postulato, aprendo una *querelle* storica nota come *questione delle parallele*. I principali "schieramenti" (se così vogliamo simpaticamente definirli) sono stati essenzialmente due: da un lato coloro i quali ritenevano che la scelta di Euclide fosse giusta e incontestabile, dall'altro coloro i quali più audacemente sostenevano che la quinta asserzione di Euclide non soddisfacesse i principi di economia e chiarezza

richiesti per i postulati e gli assiomi e dovesse piuttosto essere ottenuta dai postulati precedenti, come conseguenza degli stessi. A sostegno di questa posizione, sicuramente va sottolineato come lo stesso lo Euclide scelga a volte di non utilizzare il quinto postulato, rinunciando a dedurre alcuni risultati in maniera diretta e preferendo far ricorso ad altri postulati e a loro combinazioni in modo da verificare (seppure in più passaggi) le proposizioni presentate.

Più di un dubbio, quindi, doveva essere affiorato anche alla mente del matematico.

Facciamo però un piccolo passo indietro e rileggiamo l'enunciato da noi presentato del quinto postulato: non è per nulla chiara neppure la scelta di denominare la querelle "questione delle parallele". Euclide stesso verificò che esistono varie asserzioni equivalenti a quella del quinto postulato. Tra queste, una delle più semplici afferma: *data una retta ed un punto esterno ad essa, esiste una ed una sola retta parallela a quella data e passante per il punto fissato*. Questa formulazione, per il suo legame evidente con il concetto di parallelismo, è anche stata soprannominata *postulato delle parallele* e ciò chiarisce la denominazione scelta per la questione.

La questione delle parallele restò aperta per diversi secoli. Furono personalità emblematiche della matematica del XIX secolo a sciogliere ogni dubbio. Si provò, infatti, come il postulato di Euclide fosse indipendente dagli altri e che quindi, in linea di principio, stesse al singolo geomètra scegliere o meno di assumerlo. In particolare, Karl Friedrich Gauss (1777-1855), Nikolaj Ivanovic Lobacevskij (1792-1856) e Giovanni Bolyai (1802-1869), in maniera indipendente ed autonoma, iniziarono a concepire la possibilità di fare geometria senza considerare il postulato delle parallele, così da descrivere spazi mai studiati fino a quel momento. Nacquero così le geometrie non euclidee.



3. La geometria sulla sfera

Tra tutte le possibili geometrie che possiamo costruire scegliamo di descrivere quella relativa alla sfera, il cui legame con la cartografia è di intuitiva spiegazione. Una prima domanda però può sorgere spontanea: perché storicamente è stata introdotta solo in un secondo momento? Sembrerebbe, infatti, più naturale studiare la geometria dell'*oggetto matematico* che più si avvicina alla forma del nostro pianeta. Eppure anche qui la matematica riesce a darci una spiegazione. Per brevi distanze (per le piante di un appartamento, per l'estensione di un piccolo appezzamento di terra, per descrivere la nostra cameretta), la geometria piatta del piano di Euclide approssima meglio la realtà. A pensarci, il fatto che il raggio terrestre sia davvero molto grande rende più facile e utile pensare ad una superficie planare, senza incorrere in grosse discordanze tra calcoli matematici e misure effettive. D'altro canto, però, si intuisce come per lo spostamento di un aereo questa approssimazione debba venir meno.

Consideriamo quindi una superficie sferica. Valgono tutti i postulati di Euclide?

Prima di analizzarli è necessario sostituire al concetto di retta, che perde il suo significato nello spazio curvo, quello di *geodetica,* che definiamo come il tragitto più breve da percorrere su una particolare superficie per unire due punti della stessa. In poche parole, la geodetica del piano e dello spazio è proprio la retta. Quella della sfera non può che essere un arco di circonferenza di raggio massimo (pari quindi al raggio terrestre). L'equatore, ad esempio, è una una circonferenza di raggio massimo. Non lo sono, invece, tutti gli altri meridiani. La figura 2 può essere d'aiuto.

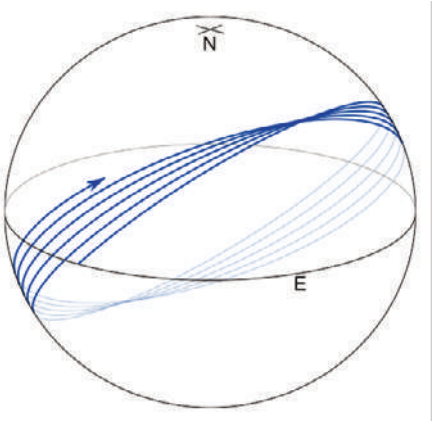


Fig. 2 Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Long_geodesic_on_an_oblate_ellipsoid.svg

Possiamo adesso dare una risposta alla prima domanda posta nell'introduzione: perché la traiettoria descritta da un aereo non disegna una linea retta? Semplicemente perché il concetto di retta sulla sfera non è più quello che noi immaginiamo. Per tracciare, infatti, la tratta che congiunge Londra e New York è necessario disegnare la circonferenza con centro corrispondente a quello della Terra e passante per le due città. L'arco più breve descritto sulla circonferenza sarà quello a minore spesa di carburante per la compagnia, perché è la via più corta in assoluto che si può percorrere. E' matematico!

E' lecito chiedersi se in questa geometria esistano delle *rette* parallele. La risposta è negativa. Infatti, ogni volta che considero due circonferenze di raggio massimo queste si incontrano sempre in due punti opposti (antipodali). Immaginando infatti i meridiani terrestri come metà di una circonferenza sulla sfera, questi si incontrano sempre nei due poli (nord e sud). Analogamente succederebbe per ogni possibile coppia di nuove geodetiche. La geometria di Euclide perde, in questo contesto, ogni valore.

L'aver osservato che la geometria sul piano e quella sulla sfera sono intrinsecamente differenti e incompatibili per le proprietà che posseggono, amplifica un problema che direttamente influisce sul lavoro del cartografo: come rappresentare un modello sferico (la Terra) su uno planare (la cartina)? Questa domanda non è affatto banale e merita uno studio specifico.

4. Cartografia Matematica

Ma cos'è una mappa? Tecnicamente, possiamo scegliere di chiamare mappa una corrispondenza biunivoca tra (una parte di) una sfera ed (una parte di) un piano e quindi tra il planisfero e un foglio di carta. Matematicamente, il concetto di mappa si fonda su quello di proiezione. In effetti, mappare una sfera su un piano equivale a proiettare la prima sul secondo, tramite un'apposita funzione matematica.

Sfortunatamente, il fatto che la geometria sferica e quella euclidea abbiano una natura differente implica che nessuna mappa possa essere davvero accurata. E', in sostanza, lo stesso principio per cui non è possibile incartare un pallone senza creare delle grinze. Possiamo allora concludere che la mappa perfetta non esiste.

Ecco spiegata l'esistenza di mappe così differenti: dal momento che nessuna mappa è corretta e vera in senso assoluto, quando si proietta la Terra (o una sua parte) su un foglio è necessario scegliere quale proprietà preservare. Ad esempio, esistono mappe che conservano le distanze da un punto fissato (come la proiezione *stereografica*) e quelle che mantengono invariata l'ampiezza degli angoli scelti (in tal caso si parla di mappa conforme). Pertanto, si possono creare mappe con le proprietà più disparate, a seconda delle necessità.

Nella storia, le prima mappe costruite per rappresentare grandi distanze sono servite per lo più per tracciare le rotte marittime di grandi navi militari o commerciali: la ricerca di una mappa conforme è stato, quindi, l'obiettivo primario dei primi cartografi. Infatti, per gli antichi marinai era importante, più che conoscere la distanza esatta da percorrere, poter raggiungere la destinazione nella maniera più accurata possibile. Da qui la necessità di tracciare rotte sfruttando le giuste angolazioni con punti di riferimento universali, come ad esempio le costellazioni. A tale scopo, una delle proiezioni più utilizzate è sicuramente quella di Mercatore, che merita un particolare approfondimento.

5. La mappa di Mercatore

La mappa di Mercatore rappresenta ancora oggi una delle rappresentazioni cartografiche più autorevoli ed è sicuramente la mappa più diffusa negli istituti scolastici italiani. Risale alla seconda metà del XVI secolo e si deve al lavoro del matematico, geografo, cartografo e

astronomo fiammingo *Gerhard Kremer* (1512-1594) , il cui nome venne poi latinizzato in *Gerardus Mercador*.

Si tratta, come accennato in precedenza, di una proiezione isogona, che conserva quindi le ampiezze degli angoli riportati.

Pubblicata nel 1569, la mappa nacque sostanzialmente con l'intento puramente pratico di migliorare le attività connesse al settore nautico.



Fig. 3 Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mercator_projection_SW.jpg

Osservando la proiezione di Mercatore (Figura 3) si nota subito come meridiani e paralleli (che nella realtà convergono ai poli) appaiano sempre perpendicolari.

L'idea alla base dello sviluppo di questa mappa lavora tramite la proiezione cilindrica: immaginiamo di inserire una lampadina al centro della Terra e di proiettare punto per punto la sfera come farebbero le sue ombre.

Le conseguenze negative di questa approssimazione sono sostanzialmente due: anzitutto, la rappresentazione proietta i poli a una distanza infinita e rende perciò impossibile la loro rappresentazione; in secondo luogo, è evidente una distorsione delle dimensioni delle aree geografiche rappresentate man mano che ci si allontana dall'equatore. Ad esempio,

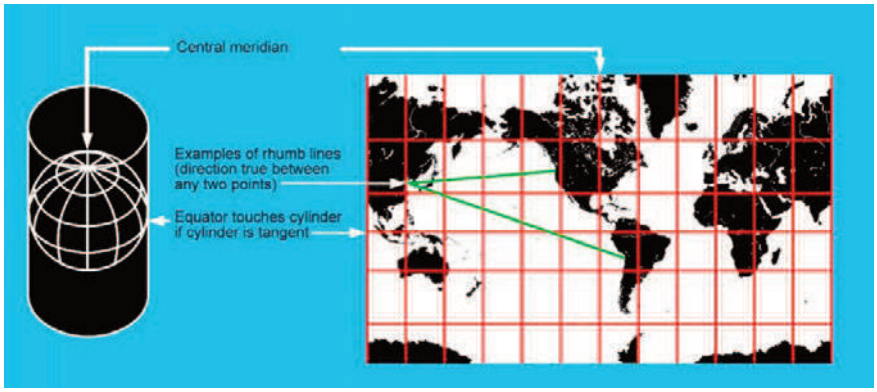
osservando la mappa di Mercatore, non ci aspetteremmo di scoprire che l'Algeria ha una estensione maggiore dell'apparentemente gigantesca Groenlandia!

6. Formulazione matematica della proiezione cilindrica della Mappa di Mercatore

In questo paragrafo definiamo brevemente la proiezione cilindrica alla base della costruzione della mappa di Mercatore. Essa è descritta dalla funzione F, definita dalla sfera S^2 a valori nella cartina C:

$$F : S^2 \to C$$
$$(\lambda, \varphi) \mapsto \left(\lambda - \lambda_0, \log\left(\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}\right)\right)\right)$$

Ricordiamo che la funzione tangente tende a $\pm\infty$ quando il suo argomento è uguale a $\pi/2$ o $3\pi/2$. D'altro canto, la funzione logaritmo tende a -∞ quando il suo argomento (ossia la



tangente) si annulla: ciò avviene in corrispondenza di un angolo pari a π o 2π. . Queste due degenerazioni della mappa si verificano quando il valore di ϕ individua uno dei due poli: ecco perché man mano che ci si allontana dall'equatore la distorsione delle dimensioni risulta sempre più evidente. E' matematico!

Fig. 4 Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Usgs_map_mercator.svg

7. Esempi di mappe distorte

L'entità della distorsione delle aree rappresentate sulla mappa di Mercatore è confermata anche dal confronto tra le misurazioni relative alle estensioni effettive dei territori in analisi (si veda Tab.1). E' interessante osservare come le misure dei Paesi della penisola Scandinava,

raccolte in tabella, siano paragonabili a quelle dell'Italia: guardando una mappa di Mercatore, l'impressione è ben lontana dalla realtà!

Uno strumento interessante per valutare la deformazione delle aree dovuta alla proiezione utilizzata è sicuramente il sito internet www.thetruesizeof.com. Il lettore interessato può consultare gratuitamente il sito web nel quale è possibile selezionare un Paese del planisfero a piacere e traslarlo lungo la cartina. Quest'operazione metterà in chiara evidenza come la vicinanza ai poli comporti un aumento dell'estensione ed una conseguente distorsione del territorio selezionato. Ad esempio, dal confronto tra la tabella e la figura 5, paragonando le estensioni nella seconda immagine è facile osservare come la Groenlandia venga rappresentata con un'area paragonabile a quella del territorio africano, il quale in verità possiede un'estensione pari a 14 volte quella della Groenlandia. Nella terza immagine della stessa figura (fig. 5), si è scelto di traslare l'Alaska (rappresentata in verde) nelle vicinanze del Brasile. Confrontando nuovamente quanto ottenuto con i dati riportati in tabella, possiamo

Tab. 1

Aree geografiche	**Estensione (km^2)**
Groenlandia	2 166 086
Continente africano	30 221 532
Algeria	2 381 741
Italia	302 073
Svezia	528 447
Norvegia	385 207
Finlandia	338 424
Alaska	1 717 854
Brasile	8 514 876



notare che il Brasile, che nella mappa di Mercatore sembra avere dimensioni simili a quelle dell'Alaska, risulta invece possedere circa 5 volte la superficie di quest'ultima.

Fig 5 Fonte:





https://www.thetruesize.com

8. Conclusioni

In questo lavoro, abbiamo evidenziato il legame tra il mondo della matematica e quello della cartografia. Dopo aver richiamato i punti cardine della geometria euclidea, abbiamo sottolineato l'esigenza di adottare talvolta geometrie non-standard per ottenere una più adeguata descrizione del reale. Tra le geometrie non euclidee, ci siamo focalizzati sui dettagli relativi alla geometria sferica, che, per ovvi motivi, risulta la più adeguata per la descrizione del nostro pianeta.

Abbiamo inoltre sottolineato le inevitabili criticità che si incontrano nel tentativo di rappresentare la terra (sferica!) sul planisfero, evidenziando come ciascuna mappa sia in grado di preservare solo alcune delle proprietà in principio desiderate: da qui l'esistenza di cartine diverse (isogone, equivalenti, equidistanti..), realizzate per rispondere al meglio ad esigenze differenti. Abbiamo, in particolare, scelto di descrivere pregi e limiti della mappa conforme di Mercatore, gli ultimi legati soprattutto alla distorsione delle dimensioni che appare sempre più evidente via via che ci si avvicina ai poli. Per approfondire questo aspetto, abbiamo consigliato all'interessato lettore l'utilizzo del sito web "www.thetruesizeof.com", efficace e interattivo strumento che consente di traslare i diversi territori lungo il planisfero e di apprezzare quindi l'entità della distorsione delle aree dovuta alla proiezione cilindrica alla base dello sviluppo della mappa di Mercatore.

9. Bibliografia

[1] Evandro Agazzi, Dario Palladino: *Le Geometrie non Euclidee e i fondamenti della geometria*, 1978, Edizioni Scientifiche e Tecniche Mondadori;

[2] P. Vergallo, S. Pascali, R. Grande: *Atti e Lezioni del ciclo seminariale Altramatematica*, Novembre 2015, Dipartimento di Matematica e Fisica, Università del Salento;

[3] G. De Cecco, E. Mangino: *La sfera in Geometria e Geografia*, Quaderno n.1 anno 2001, Dipartimento di Matematica, Università degli studi di Lecce;

[4] *Euclide: il I libro degli elementi*, a cura di Lucio Russo, Emanuela Salciccia, Giuseppina Pirro, Carocci Editore, 2017;

[5] D. Palladino – C. Palladino, *Le geometrie non euclidee*, Carocci 2008;

[6] Anthony D. Stanley An elementary treatise of spherical geometry and trigonometry. Durrie and Peck, 1854;

[7] Manfredo P. Do Carmo Differential Geometry of Curves and Surface. Prentice-Hall, 1976.

[8] Matteo Fiorini: *Gerardo Mercatore e le sue carte geografiche*, in Bollettino della Società Geografica italiana, s. III, 3, Roma 1890;

[9] D. Passaro, P. Vergallo: *Matematica e cartografia: la proiezione di Mercatore per brevi spunti didattici*, Archimede n.1 (2018) 44-53, ISBN 978-88-00-88110, Mondadori Editore;

[10] M. Monmonier – R. Lines – Map Wars, A Social History of the Mercator Projection, University Chicago Press, 2004.

NONA SEZIONE
LE NUOVE TECNOLOGIE
TRA AFFIDABILITÀ E PROSPETTIVE INEDITE

Graziella Scandurra - Carmine Ciofi

L'affidabilità dell'Elettronica

1. Sunto. – 2. Introduzione. – 3. Il progresso dell'Elettronica. – 4. La complessità (affascinante) dell'Elettronica. – 5. L'affidabilità dell'Elettronica. – 6. Il rumore elettrico. – 7. Conclusioni. – 8. Bibliografia.

1. Sunto

L'elettronica è ormai pervasiva nella vita di ogni giorno e tutti utilizziamo, con estrema naturalezza, dispositivi e apparecchi elettronici. Elettrodomestici, TV, lettori di musica, telefoni, videogiochi, telecomandi, dispositivi medici e per lo sport sono esempi di come l'elettronica sia parte integrante della nostra vita. Eppure, quello che ci sembra ormai scontato è frutto di una continua attività di ricerca che parte dallo studio, dal progetto e dalla realizzazione del componente elementare dei sistemi elettronici, ovvero il "dispositivo elettronico". Ogni singolo dispositivo deve essere "affidabile", così come lo deve essere ogni collegamento tra dispositivi diversi, in modo che risulti affidabile il prodotto finale (che di singoli dispositivi ne può contenere miliardi!). A nessuno farebbe piacere se il proprio smartphone smettesse di funzionare dopo poche ore di utilizzo! In questo saggio vogliamo spiegare, facendo ricorso a similitudini ed analogie con suoni ed immagini che sono nel bagaglio di esperienza di ciascuno di noi, i meccanismi alla base del funzionamento dell'"elettronica", i motivi del progresso dell'elettronica integrata e cosa si intende per "affidabilità" dei dispositivi e dei sistemi elettronici, da cosa dipende e come si studia, evidenziando come particolari tecniche di caratterizzazione possano dare un ulteriore contributo al progresso tecnologico.

2. Introduzione

Chi è nato prima degli anni Settanta del secolo scorso conserva certamente il ricordo di un tempo in cui l'elettronica aveva un ruolo limitato nelle nostre vite. In casa l'elettronica era presente solo in apparecchi radio, nel televisore e in sistemi di riproduzione audio, ovvero in

registratori/riproduttori di cassette audio e/ o in giradischi. I più fortunati potevano disporre di un "impianto stereo" per la riproduzione ad alta fedeltà. Fino ai primi anni Ottanta, in ambito domestico non esistevano computer, gli apparecchi telefonici funzionavano sulla base di principi elettromeccanici, così come ogni altro elettrodomestico presente in casa. Anche nell'automobile, con rarissime eccezioni, la presenza dell'elettronica era limitata alla presenza dell'autoradio.

C'è chi pensa che fosse un tempo più semplice, un tempo in cui chi fosse dotato di un briciolo di manualità poteva comprendere facilmente il funzionamento di molti meccanismi e intervenire in prima persona a ripararli nei casi più facili. Anche chi non aveva questa manualità poteva sperare di trovare un amico o un conoscente che gli desse una mano a capire e a risolvere il problema prima di rivolgersi a un professionista. Per chi ha vissuto quel periodo, l'accensione della spia che segnala un guasto generico sul cruscotto di una moderna autovettura, è particolarmente frustrante e il pensiero va automaticamente ai "bei tempi senza l'elettronica in auto", ovvero ai tempi in cui "chiunque sapeva mettere le mani su una autovettura per ripararla", cosa che oggi è virtualmente impossibile. Se poi si scopre che il problema è effettivamente di natura elettronica (il classico "guasto alla centralina"), ci si ritrova a maledire la "modernità" e rimpiangere i tempi andati. La verità, però, è che le automobili moderne sono sistemi estremamente complessi e dotati di sistemi di comfort e di sicurezza che non sono assolutamente paragonabili a quelli presenti nelle auto di generazioni precedenti. La possibilità di regolare la temperatura interna all'abitacolo, il telecomando per l'apertura/chiusura, l'apertura del portabagagli con un gesto della gamba, la stessa chiusura centralizzata, il servosterzo regolabile, gli alzacristalli elettrici con i sistemi di sicurezza per bloccare la chiusura in caso che le dita rischino di essere schiacciate, la possibilità di segnalare il cambio di direzione in autostrada sfiorando la leva delle frecce senza innestare in maniera permanente, gli airbag, i comandi vocali, i sensori di parcheggio…… sono tutti "accessori" che diamo per scontati e che non sarebbero assolutamente possibili senza l'elettronica. E consideriamo che alle generazioni pre-anni Settanta (le generazioni dei così detti Boomers e parte della generazione X) si contrappongono i "Millennials" e, soprattutto, la generazione Z, popolo di ragazzini che imparano ad usare il dito sui touch-screen e la voce per azionare luci e musica prima ancora che a camminare o a conoscere colori, numeri e animali. La ragione per

la quale l'elettronica è diventata indispensabile compagna della nostra vita sta in una sua caratteristica peculiare e unica e che ha a che fare con il processo di miniaturizzazione dei dispositivi elettronici.

3. Il progresso dell'Elettronica

Sin dalla loro introduzione, nell'ormai lontano 1959, i circuiti integrati hanno rivoluzionato il modo di concepire e costruire i sistemi elettronici e hanno dato il via al processo che ha portato l'elettronica diventare ingrediente insostituibile di ogni prodotto industriale e di consumo. In un circuito integrato tutti i componenti elettronici necessari alla costruzione di un sistema elettronico sono realizzati su una piastrina di silicio mediante complessi processi fotolitografici (ovvero processi in grado di riprodurre le geometrie circuitali, disegnate su lastre di vetro dette "maschere", sul substrato di silicio grazie all'uso di materiali fotosensibili opportunamente illuminati). Quello che è interessante in questo approccio è che il processo interessa "fette" di materiale di area fissata, sulla superficie delle quali sono ricavati più circuiti integrati, uno a fianco all'altro (Figura 1).

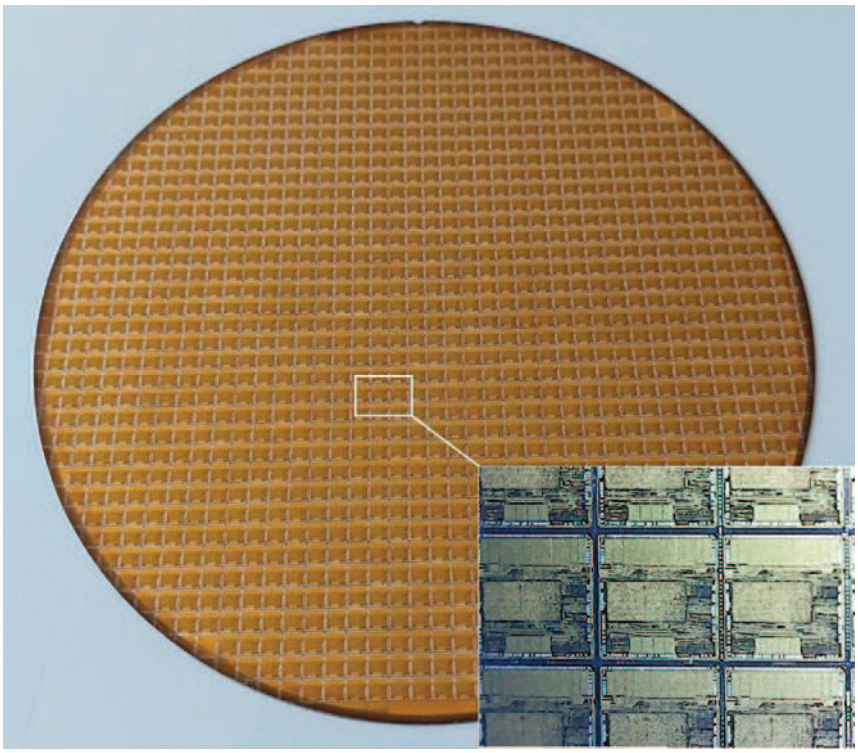


Figura 1: Esempio di fetta (wafer) di silicio sulla superficie della quale sono realizzati oltre 400 circuiti integrati identici. Il fatto che lo stesso circuito viene replicato più e più volte sulla stessa superfice è

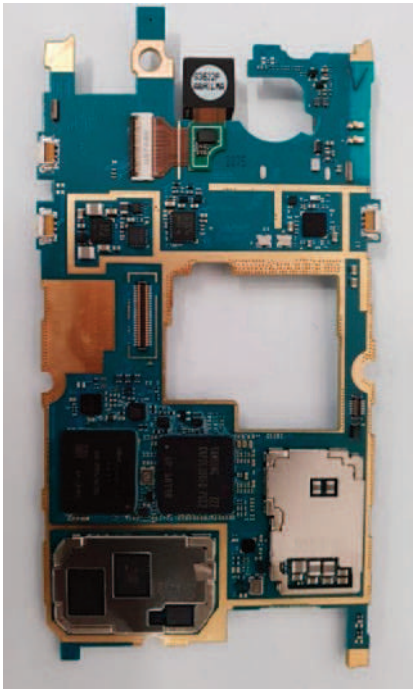
maggiormente evidente nell'ingrandimento in basso a destra. Alla fine del ciclo produttivo i singoli circuiti integrati vengono separati ottenendo centinaia/migliaia di piastrine di silicio con dimensioni di alcuni mm di lato (i così detti "chip" di silicio), dopo di che ciascuna piastrina viene messa all'interno di un contenitore o "package" che consente il collegamento dei circuiti interni ai circuiti esterni, come mostrato nella successiva Figura 2.

Il costo per lavorare una singola fetta di materiale non dipende dal numero di circuiti presenti sulla fetta stessa, ma è fisso. Questo significa che tanti più circuiti mettiamo su una singola fetta, tanto minore è il costo per circuito. Come si fa ad incrementare il numero di singoli circuiti integrati su una singola fetta? Si cerca di farli di area più piccola, cosa che può avvenire se si è in grado di ridurre le dimensioni dei singoli dispositivi e delle interconnessioni che compongono il circuito. Questa tendenza alla riduzione delle dimensioni è stata costante nel tempo, tanto da dare origine a una famosa legge empirica (legge di Moore) secondo la quale il numero di elementi attivi (transistor) in un singolo circuito integrato raddoppia ogni anno e mezzo! Un altro modo di enunciare questa legge è che a parità di numero di elementi attivi (transistor), l'aera occupata da un chip su una fetta si dimezza ogni anno e mezzo. Siccome il costo di un circuito dipende dall'area, questo significa che, in teoria, nell'arco di 15 anni, il costo di un dato sistema elettronico si riduce di oltre 1000 volte! Alternativamente, siccome a parità di area in 15 anni il numero di transistor che si possono usare è 1000 volte più grande, possiamo avere un circuito che, a parità di costo, è 1000 volte più potente! Questa rapidità esponenziale nell'aumento del rapporto prestazione/costo non si sperimenta in nessun altro settore tecnologico! Si rifletta su questo fatto: se si prendono in considerazione 30 anni, l'aumento del rapporto prestazioni/costo di un dispositivo elettronico complesso, secondo la legge di Moore, aumenta di oltre un milione di volte! In quale altro settore si può vantare un progresso che sia anche solo minimamente confrontabile con quello dell'elettronica? In fondo è per questo che l'elettronica viene usata ovunque sia possibile: per svolgere semplici funzioni, l'uso dell'elettronica è estremamente più conveniente dell'uso di sistemi elettromeccanici. Vale per la lavatrice, dove un piccolo microprocessore (un piccolissimo computer) e un display con funzione touch sostituisce il voluminoso timer elettromeccanico con decine e decine di contatti per codificare mediante fili i "programmi di lavaggio"; vale per l'adozione dei display touch per calcolatori e telefono cellulari, per evitare il costo dei sistemi meccanici collegati

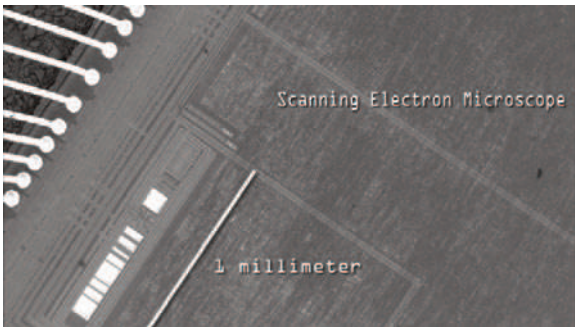
all'uso di una testiera. Ovviamente, l'aumento di prestazioni a parità di costo è un altro fattore che favorisce l'uso dell'adozione di sistemi elettronici nei più disparati campi.

4. La complessità (affascinante) dell'Elettronica

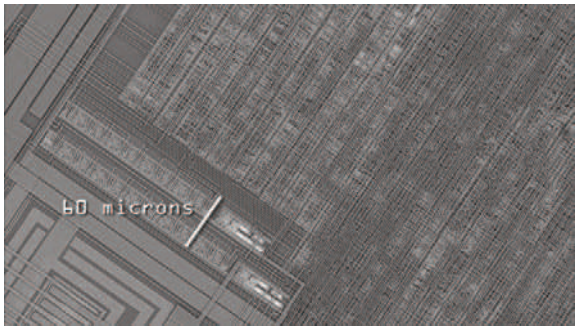
Nei circuiti elettronici presenti in un moderno smartphone, il numero complessivo di transistor (l'elemento fondamentale per la costruzione di un sistema elettronico) è nell'ordine di alcune decine di miliardi! È grazie a questo numero enorme di singoli dispositivi che gli smartphone moderni sono in grado di offrirci tutti i servizi ai quali siamo ormai così abituati da considerarli come normale parte della nostra quotidianità. Lo stesso vale per la centralina elettronica di una moderna autovettura, per tornare all'esempio da cui siamo partiti. Se ora riflettiamo sul fatto che perché uno smartphone (o la centralina di una autovettura) continuino a funzionare correttamente è necessario che ciascuno delle decine di milioni/miliardi di transistor che compongono il singolo circuito funzioni correttamente, c'è da meravigliarsi non del fatto che uno smartphone (o una centralina) subisca un guasto di tanto in tanto, ma che sistemi così complessi riescano effettivamente a funzionare, visto che basta il guasto di uno solo fra le decine di miliardi dei singoli dispositivi che li compongono per comprometterne il funzionamento. In Figura 2 proviamo a dare una idea di quanto sia complesso uno smartphone.



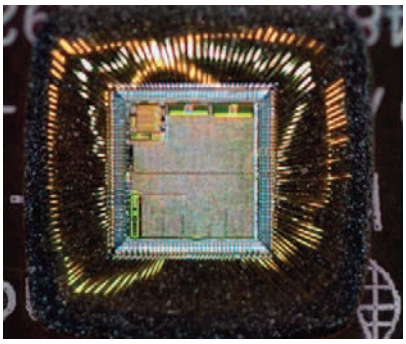
a)



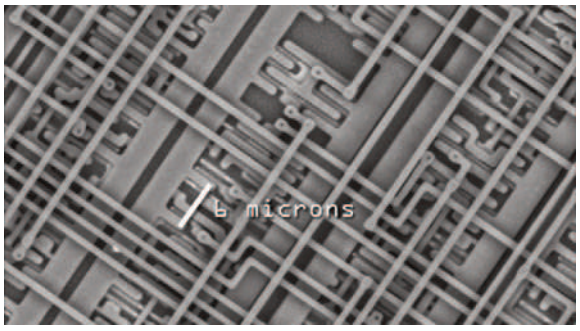
c)



d)



b)



e)

Figura 2: a) struttura interna di uno smartphone (data di produzione 2013). Sebbene gli smartphone più moderni abbiano prestazioni superiori a quelli prodotti nel 2013, al loro interno sono presenti diversi circuiti integrati (memorie, processore, moduli di comunicazione), che sono visibili come i rettangoli (o quadrati) neri nella figura 2 a). Aprendo un circuito integrato, ovvero uno di quei rettangoli (quadrati) neri, si vede qualcosa di simile alla figura 2 b) (un chip tagliato dal wafer, come spiegato in Figura 1). Andando ad indagare all'interno di un circuito integrato (chip) con un microscopio a scansione elettronica, si vede quanto riportato nelle figure c), d) ed e), con diversi gradi di ingrandimento. Si ricorda che un micron è un millesimo di millimetro. Le foto riportate sono a solo titolo di esempio e sono tratte da un video realizzato da NISE NET (The National Informal STEM Education Network) e riportato in bibliografia. Le tecnologie attuali hanno già raggiunto la scala dei nanometri, ovvero di un milionesimo di millimetro.

Nonostante le considerazioni fatte, come è sotto gli occhi di ciascuno di noi, i dispositivi elettronici funzionano eccome e, salvo rari casi, è davvero difficile assistere a un guasto che

non sia causato da danneggiamento meccanico (lo smartphone che ci cade sul pavimento) o da condizioni ambientali estreme (come la centralina elettronica di una automobile). Intendiamoci: il guasto di un sistema elettronico senza che siano presenti cause esterne è certamente possibile, ma a pensarci bene è molto più raro di quanto sarebbe lecito aspettarsi in base alle premesse che abbiamo appena riassunto. Il fatto è che lo sviluppo di nuovi dispositivi e nuove tecnologie elettroniche è stato sempre affiancato da una estrema e quasi ossessiva, se guardata dal punto di vista di altri settori industriali, attenzione alla qualità e ripetibilità dei processi produttivi e all'affidabilità dei dispositivi prodotti.

Per avere una idea del livello di sofisticazione tecnologica che è necessario per la produzione dei circuiti integrati moderni, possiamo per esempio fare riferimento alla necessità di avere uno stretto controllo dell'atmosfera nell'ambiente di produzione. Per realizzare un circuito integrato moderno è spesso necessario definire geometrie sulla superficie del circuito integrato stesso che hanno dimensioni inferiori a 10 nm. Per chi non avesse una cultura tecnica, stiamo parlando di dimensioni (10 nanometri) che sono meno di un decimillesimo dello spessore di un capello umano. Qualunque particella di polvere che si depositi sulla superfice dei dispositivi mentre questi vengono prodotti è tale da comprometterne il funzionamento. Per avere un'idea delle dimensioni del problema, basti pensare che in un metro cubo d'aria in una stanza "pulita" sono tipicamente presenti oltre 35 milioni di particelle con dimensioni superiori a 500 nm, ovvero con una dimensione che è 50 volte più grande delle dimensioni da realizzare per ottenere un dispositivo. Il problema della "polvere" che galleggia nell'aria è così grande che già agli albori della microelettronica, quando le dimensioni tipiche dei dispositivi erano migliaia di volte più grandi, sarebbe stato impossibile ottenere dispositivi funzionanti senza ricorrere a sistemi di filtraggio e di depurazione dell'atmosfera in cui vengono fabbricati i circuiti integrati. Oggi, viste le dimensioni estremamente ridotte dei dispositivi, il livello di decontaminazione dell'atmosfera deve essere tale da ridurre di un fattore centomila le particelle di polvere presenti in un metro cubo d'aria, ovvero passare da 35 milioni a meno di 350 per metro cubo. Se si osserva una foto panoramica di un moderno impianto di produzione di circuiti integrati, il volume occupato dai sistemi di filtraggio dell'aria è di gran lunga preponderante rispetto a quello occupato dai macchinari necessari per la produzione vera e propria.

Per un altro esempio che può servire a intuire quale sia il livello di sofisticazione che si raggiunge nell'industria microlettronica, possiamo fare riferimento al livello di purezza che deve essere ottenuto per il materiale di partenza (prevalentemente silicio) perché sia possibile realizzare dispositivi elettronici. Crediamo che la maggior parte di noi giudicherebbe una sostanza con un grado di purezza del 99.99% come indistinguibile dalla sostanza pura. Certo, si può immaginare che in un laboratorio chimico o farmaceutico possa essere necessario raggiungere livelli di purezza superiore ed effettivamente, eseguendo una ricerca su un catalogo di sostanze chimiche, è possibile trovare elementi chimici o sostanze per le quali, a un costo elevato, viene garantito un grado di purezza superiore al 99.999999% (ovvero puri a meno di 10 parti per miliardo). Nel caso della microelettronica, tuttavia, se si vogliono realizzare dispositivi elettronici funzionanti, il silicio di partenza non può contenere più di una parte su un miliardo di miliardi di impurezze, ovvero deve essere puro al 99.9999999999999999 %, e stiamo parlando delle condizioni minime di purezza!

Qualunque sia il livello di pulizia degli ambienti di produzione e la sofisticazione dei processi produttivi, la resa produttiva non è mai pari al 100% ed è anzi da considerare fisiologico che una percentuale, spesso non esigua, dei dispositivi realizzati su una singola fetta di silicio debbano essere scartati alla fine del processo. La percentuale di dispositivi funzionanti rispetto a quelli scartati prende il nome di "resa" ed è il parametro sul quale si gioca la fortuna o la rovina di una compagnia di semiconduttori. Come accennato in precedenza, il costo per produrre una "fetta" di dispositivi è sempre lo stesso. Se la resa è alta, il costo viene ripartito su un numero di dispositivi elevati che possono essere venduti a un costo competitivo ricavandone un profitto; se la resa è bassa il costo per dispositivo rischia di essere eccessivo e il prezzo di vendita per ricavare un guadagno risulta fuori mercato, con ingentissima perdita di investimenti e, in molti casi, rischio di fallimento dell'azienda.

Ma supponiamo di essere stati bravi e fortunati e che al termine del processo riusciamo ad ottenere una resa sufficiente: il fatto che un dispositivo elettronico dimostri di funzionare correttamente alla fine del ciclo produttivo non è garanzia sufficiente di "buona qualità" del prodotto ottenuto.

5. L'affidabilità dell'Elettronica

I dispositivi elettronici devono essere affidabili. Cosa si intende per affidabilità in elettronica? Il concetto di affidabilità non è diverso da quello che conosciamo nel linguaggio di uso comune. Una persona è affidabile se merita fiducia. Anche un dispositivo è affidabile se merita fiducia, ovvero se funziona correttamente durante un tempo ragionevolmente lungo. Lo studio dell'affidabilità è quindi un ramo cruciale nel settore dell'elettronica perché, se i sistemi più complessi, quelli di cui parlavamo nell'introduzione e che tutti usiamo quotidianamente, fossero realizzati con dispositivi non affidabili, ne sperimenteremmo la rottura subito dopo l'acquisto. Come si studia l'affidabilità dei dispositivi elettronici? Così come per le persone possiamo dedurne l'affidabilità osservandone il comportamento in diverse situazioni, lo stesso vale per i dispositivi elettronici. Per studiarne l'affidabilità, dobbiamo sottoporre i dispositivi a diverse condizioni di funzionamento ed osservare come reagiscono e quanto tempo resistono prima di rompersi. Ma se è vero, come spesso di dice, che "non basta una vita per conoscere una persona", è altrettanto vero che i tempi di osservazione necessari per studiare l'affidabilità di un dispositivo che operi in condizioni normali sarebbero troppo lunghi. I tempi di vita medi dei dispositivi elettronici, infatti, potrebbero essere anche anni o decenni. Se dovessi osservare un dispositivo per anni prima di decidere se sia affidabile o no, rallenterei incredibilmente il progresso tecnologico oppure il progresso tecnologico andrebbe avanti con la velocità a cui ci ha abituato, ma con risultati nettamente più "scarsi" e fallaci, mancando l'esito dello studio di affidabilità. Per risolvere questo problema, gli studi di affidabilità si eseguono spesso in "condizioni di stress accelerato". Cerchiamo di capire cosa significa. Quando si va a comprare una lampadina per sostituirne una non funzionante, è generalmente possibile provare l'accensione della lampadina stessa per essere sicuri che essa non sia difettosa. È vero che il produttore di lampadine ha verosimilmente già fatto una cernita, scartando le lampadine difettose alla fonte, ma è anche vero che una lampadina può essersi danneggiata successivamente all'uscita dalla fabbrica durante il trasporto o la sistemazione sugli scaffali del negozio. Il fatto che la lampadina si accenda al momento dell'acquisto non ci dà alcuna informazione sulla sua durata una volta che sarà stata istallata a casa. Da utenti ci piacerebbe che la durata fosse molto lunga, così da non dover sostenere il fastidio e la spesa di una nuova sostituzione in breve tempo. Da produttori di lampadine il

punto di vista può essere diverso. Se noi fossimo gli unici produttori di lampadine, tutto sommato non avremmo un eccessivo interesse nel produrre lampadine estremamente affidabili perché questo si tradurrebbe in una diminuzione delle vendite nel tempo. In un regime di concorrenza, tuttavia, è presumibile che gli utenti si rivolgano a quei produttori che sono in grado di garantire una maggiore durata a parità di costo e questa è la spinta che garantisce, o dovrebbe garantire, un miglioramento generale della qualità delle lampadine nel tempo. Il punto critico, in questo processo, è la capacità di individuare materiali e processi che consentano effettivamente di migliorare l'affidabilità delle lampadine, e questo processo è sicuramente reso più semplice se si riescono a individuare chiaramente i fattori che influiscono sulla durata delle lampadine. All'inizio della commercializzazione delle lampadine (1880) per l'illuminazione elettrica, la loro durata era di poche decine di ore. Con relativa rapidità, sperimentando nuovi materiali per il filamento e comprendendo che la composizione dell'atmosfera all'interno del bulbo aveva una importante influenza sulla longevità delle lampadine, nei primi anni 20 del Novecento la durata delle lampadine si stava avvicinando alle 2000 ore. Questo fatto causò una enorme preoccupazione nelle aziende produttrici a livello mondiale, che nel 1924 si riunirono segretamente per stipulare un accordo, passato alla storia con il nome di "The great lightbulb conspiracy", con il quale si impegnavano a mantenere il tempo di vita medio delle lampadine a circa 1000 ore, proprio per non ridurre le vendite (M. Krajewski, 2014)! L'accordo ebbe durata relativamente breve, per la concorrenza di nuovi attori sul mercato, ma è un importante esempio del fatto di come grandi interessi economici possano limitare o bloccare completamente lo sviluppo e il progresso in specifici campi scientifici e tecnologici.

Se supponiamo di essere in un contesto sano e in assenza di complotti, migliorare il prodotto, dal punto di vista dell'affidabilità, richiede spesso che si eseguano test proprio per valutare il grado di affidabilità di un tipo di dispositivo rispetto a un altro. A prima vista, i test da eseguire sono relativamente semplici. Continuiamo, per semplicità, a fare riferimento al caso delle lampadine a filamento. Supponiamo di aver raggiunto una durata media di 5000 ore e di voler introdurre una modifica di processo (un materiale diverso, un processo di produzione del vetro modificato ecc.) e di volerne verificare l'efficacia. Per essere sicuri che il test non sia affetto da eventi casuali eseguiamo il test su un numero elevato di lampadine del

lotto A (quello prodotto senza le modifiche di processo) e un numero uguale di lampadine appartenenti al lotto B (quello prodotto con le modifiche di processo introdotte). Il test è semplice: teniamo accese tutte le lampadine del lotto A e del lotto B e stabiliamo di identificare la durata media come il tempo al quale il 50% di lampadine di ciascun lotto smettono di funzionare. Il problema è che dovremo aspettare almeno 5000 ore (oltre venti giorni) per avere la risposta. È certamente un tempo lungo, tenuto anche conto del fatto che generalmente sono necessari più test ripetuti per individuare le modifiche di processo che portano a un effettivo aumento dell'affidabilità. Il problema è però che tanto più aumenta il grado di affidabilità richiesto, tanto più lungo è il tempo di test. Nel caso della microelettronica, si richiede tipicamente un tempo medio di guasto non inferiore a 10 anni in condizioni di normale funzionamento. Per essere sicuri di poter garantire un tempo medio di guasto non inferiore a 10 anni si dovrebbero prendere un centinaio di dispositivi, farli funzionare ininterrottamente in condizioni vicine a quelle operative e solo se dopo un periodo di 10 anni si verifica che più della metà dei dispositivi sono ancora funzionanti si può dire di aver raggiunto l'obiettivo! E se non lo si fosse raggiunto? Evidentemente bisogna cambiare quel processo e fare una seconda prova per vedere se le modifiche fatte hanno portato a un miglioramento dell'affidabilità. Con il piccolo problema che un eventuale cliente non può restare in attesa 10 anni (se va bene) per ottenere la certificazione di affidabilità e in ogni caso, con la rapidità con cui si evolvono le tecnologie elettroniche, dopo dieci anni, i prodotti sviluppati e le tecnologie usate in partenza sarebbero certamente obsoleti.

Il problema di chi si occupa di affidabilità nel campo dei dispositivi elettronici è proprio questo: come si fa a parlare di tempi di vita medi di 10 anni e oltre quando non è materialmente possibile eseguire un test diretto che garantisca il raggiungimento di questo livello di affidabilità?

Qui entrano in gioco i test "accelerati" di cui parlavamo all'inizio del paragrafo. Per capire più semplicemente di cosa si tratti possiamo ancora fare riferimento all'esempio delle lampadine a filamento.

Nelle lampadine a filamento l'emissione di luce avviene perché la corrente elettrica che passa nel filamento stesso ne causa il riscaldamento fino al punto in cui esso diventa incandescente ed emette luce. Ci sono diverse ragioni ed evidenze sperimentali per ritenere

che, se una lampadina viene collegata a una tensione più alta di quella per la quale è progettata, la sua durata (ovvero il tempo necessario affinché smetta di operare) si riduce. Allora noi potremmo prendere 100 lampadine e alimentarle a una tensione del 10% più alta di quella nominale (per "nominale" si intente quella per la quale sono state progettate), altre 100 lampadine e alimentarle a una tensione che è più alta del 20 % di quella nominale e così via. Osserviamo ora lo svolgersi dell'esperimento e noteremo probabilmente che le lampadine alimentate alla tensione più alta (quelle che subiscono lo stress maggiore) sono quelle che per prime smettono di funzionare, magari dopo solo pochi secondi dall'accensione. Proseguendo nell'esperimento verificheremo che i tempi medi di vita diventano via via più lunghi in corrispondenza di stress via via inferiori. Se riportiamo su un grafico o in una tabella i tempi di vita medi in funzione dello stress applicato (ovvero della tensione applicata in eccesso) è possibile che individuiamo una linea di tendenza per cui, a mano a mano che raccogliamo i dati, riusciamo a prevedere o a "estrapolare" quello che ci aspettiamo per stress via via inferiori. Se i dati che raccogliamo mostrano una chiara linea di tendenza possiamo sentirci autorizzati a estrapolare il tempo di vita che ci aspettiamo di ottenere in condizioni normali senza bisogno di completare l'esperimento. In molti casi le "tendenze" osservate in questo tipo di esperimenti sono riconducibili a funzioni analitiche non troppo complicate per cui, facendo rapidamente qualche esperimento a livelli di stress elevato, si riescono a ricavare i parametri che consentono di stimare il tempo di vita medio in condizioni nominale senza la necessità di attendere alcune settimane.

Questo modo di procedere si applica anche alla verifica dell'affidabilità dei dispositivi elettronici ed è in questo modo, seguendo in molti casi procedure standardizzate, che si riesce a estrapolare il valore di un tempo di vita medio di alcuni anni o alcune decine di anni a partire da esperimenti che durano solo pochi giorni.

Quanto sono affidabili queste stime? La verità è che nessuno lo sa! Proprio perché gli unici esperimenti di verifica che potrebbero confermarne la validità non si possono fare perché richiedono tempi troppo lunghi! E se anche decidessimo di iniziare esperimenti per verificare la validità dei metodi accelerati di verifica sui circuiti prodotti oggi, i risultati che avremo fra dieci anni non sarebbero più applicabili ai processi di produzione che sarebbero stati nel frattempo sviluppati!

Quando si parla di ridurre tempi di test che richiederebbero 10 anni a 10 giorni, si deve necessariamente operare con condizioni di stress significativamente superiori a quelle sperimentate nelle condizioni di funzionamento reale. Per un dispositivo elettronico, i fattori che contribuiscono ad aumentare lo stress sono una temperatura di funzionamento più elevata di quella nominale e livelli di corrente e/o tensione più elevati di quelli nominali.

Il problema più grande che si incontra nell'impiego di test accelerati come quello descritto nel caso delle lampadine, è che non è per niente scontato che la natura dei fenomeni che hanno luogo all'interno di un dispositivo ad alte temperature e ad alte tensioni/correnti siano della stessa natura di quelli che avvengono a condizioni di stress più basse: si corre il rischio, in altre parole, di studiare fenomeni che diventano predominanti in condizione di alto stress e che mascherano i meccanismi di guasto effettivamente attivi in condizione di funzionamento nominale. Se ci trovassimo in questa condizione, i dati ottenuti da stress accelerati sarebbero del tutto fuorvianti e non applicabili alla situazione di funzionamento reale.

Questo è in effetti il grande dilemma di chi deve indagare l'affidabilità di dispositivi elettronici: se non si vogliono alterare i meccanismi di deterioramento che portano al guasto in condizionamento di funzionamento nominale, l'accelerazione del test deve essere modesta, col rischio di avere tempi di test lunghissimi e incompatibili con lo sviluppo industriale dei prodotti; se si vogliono ottenere risultati in tempi brevi, il grado di accelerazione del test deve essere significativo, con il rischio che i risultati ottenuti non abbiano assolutamente nulla a che vedere con quanto accade realmente nel dispositivo quando questo opera in condizioni nominali.

Nell'affrontare questo problema, una dettagliata comprensione dei meccanismi fisici che sono alla base del deterioramento dei dispositivi è di grande aiuto, ed è per questa ragione che anche nel caso di test brutali di tempo di vita si cerca di ricondurre quanto osservato alla fisica del dispositivo. Se si ha infatti una idea dei meccanismi che avvengono a livello microscopio e che portano, in tempi lunghi, alla rottura catastrofica del dispositivo, si può cercare di individuarne le fasi iniziali, e questo può avvenire in tempi relativamente brevi con test solo moderatamente accelerati che non si allontanino troppo dalle condizioni di funzionamento nominali. D'altro canto, tanto meno accelerate sono le condizioni di test, tanto più piccole sono le modifiche dei parametri del dispositivo che bisogna riuscire ad apprezzare per poter

formulare conclusioni sul suo stato di salute. Facciamo un esempio in un contesto che può essere più familiare. Supponiamo che un produttore di pneumatici invernali voglia fare dei test per garantire una durata di 10 anni in funzionamento continuo, ovvero con l'automobile sempre in viaggio. Le condizioni che stiamo ponendo sono evidentemente poco verosimili, ma ci servono per illustrare i concetti esposti fino ad ora. Il test diretto consisterebbe nel prendere un gran numero di automobili e farle viaggiare in condizioni invernali per dieci anni fino a che lo pneumatico non diventa inservibile. Un criterio per definire lo pneumatico non più "funzionante" potrebbe essere quello di avere un residuo di battistrada inferiore a 3 mm a partire da, poniamo, 13 mm di spessore iniziale. A parte la difficoltà di trovare condizioni invernali giorno e notte e ininterrottamente per 10 anni, il tempo e il costo di una operazione del genere sarebbe proibitiva. Allora ci si mette a studiare e magari si scopre che il consumo degli pneumatici è lineare nel tempo e che, se nel nostro caso vogliamo garantire 10 anni di vita, basta verificare che il battistrada non si riduca di più di 1 mm per anno (da 13 a 3 mm in 10 anni). Ma non è neanche necessario che aspettiamo la conclusione del primo anno per fare la verifica. Con lo stesso ragionamento, per garantire una durata di 10 anni basta che il battistrada non si riduca di più di 83 micron per ciascun mese (83 micron al mese per dodici mesi corrisponde a 1 mm per anno). E qui però andiamo incontro a un altro problema. Probabilmente possiamo essere sicuri di riuscire a misurare correttamente una riduzione del battistrada di 1 mm, ma se eseguiamo il test per un solo mese, dovremmo essere in grado di valutare con precisione una riduzione di meno di un decimo di mm, cosa che diventa complicata. A questo punto però ci rivolgiamo di nuovo ai fisici, ai chimici e agli ingegneri che studiano il comportamento degli pneumatici e, grazie a degli studi approfonditi, si arriva alla conclusione (attenzione, si tratta di numeri inventati e usati solo a scopo esemplificativo) che il consumo del battistrada raddoppia per ogni 10 °C di temperatura ambiente superiore a quella di riferimento per l'inverno (diciamo 5 °C) e che aumenta anche se si fanno i test con l'automobile in condizioni di sovraccarico, con un consumo che raddoppia per ogni 100 kg oltre il carico massimo previsto. A questo punto, se per noi è importante raggiungere un consumo di almeno un 1 mm per trarre delle conclusioni (per il fatto che non riusciamo a misurare altrettanto bene dimensioni inferiori), potremmo eseguire i test d'estate, con una temperatura di 35 °C (30 °C in più del riferimento invernale e quindi un consumo 2x2x2=8

volte maggiore di quello invernale); se inoltre sovraccarichiamo l'auto con una zavorra di 200 kg, introduciamo un ulteriore fattore 4. Nelle nuove condizioni, pertanto, se i fattori di accelerazione sono accurati, eseguendo il test in condizioni di stress accelerato (35 °C e sovraccarico di 200 kg) il consumo sperimentato deve essere inferiore a 32 mm per anno, ovvero a 2.7 mm al mese o a 1 mm in poco più di 10 giorni. Siccome noi abbiamo supposto di saper misurare bene 1 mm, con le ipotesi fatte (consumo uniforme del battistrada nel tempo) e se sono corretti i fattori di accelerazione usati, bastano 10 giorni di test per prevedere il risultato di un esperimento di affidabilità che avrebbe richiesto, in teoria, almeno 10 anni. Ma non finisce qui. Noi abbiamo supposto di non essere in grado di misurare con precisione consumi inferiori a 1 mm. Ma se nel frattempo i sistemi per la misura del consumo di battistrada migliorano, e siamo per esempio in grado di valutare con precisione un consumo di un decimo di mm, allora possiamo ottenere il risultato, con le stesse condizioni di accelerazione usate in precedenza, in un solo giorno di test. Alternativamente, se ci vengono dubbi sulla correttezza dei fattori di accelerazione, ora che possiamo misurare un decimo di millimetro, e nello stesso tempo di prima (10 giorni) ottenere un risultato in condizione di test molto più vicine a quelle reali.

Nell'esempio fatto abbiamo semplificato moltissimo, ma il compito di chi si occupa di affidabilità è proprio quello di trovare il bilancio migliore fra la sensibilità necessaria per i test e il grado di accelerazione dei test stessi, in modo da massimizzare la confidenza nei risultati ottenuti.

Esistono anche altri modi indiretti che possono consentire di valutare l'affidabilità. Sempre con riferimento al caso degli pneumatici, supponiamo che nell'esecuzione dei test qualcuno abbia notato che gli pneumatici che si consumano più velocemente, sono quelli che producono un rumore di rotolamento più intenso. Ora può non esser facile separare il rumore di rotolamento dal rumore complessivo generato da una autovettura in movimento. Ma se anche in questo caso introduciamo fattori di accelerazione è possibile che il rumore degli pneumatici che rotolano diventi chiaramente udibile e misurabile e il livello e il tipo di suono prodotti possono anche rappresentare un indicatore fortemente collegato al consumo del battistrada e, quindi, all'affidabilità dello pneumatico. Se questo fosse vero, i test di durata di diversi

giorni o settimane diverrebbero inutili: basterebbe ascoltare il "rumore che fa lo pneumatico" per risalire alla durata prevista per lo stesso!

Non è un caso che abbiamo fatto riferimento all'esempio del rumore prodotto da uno pneumatico, perché anche nel caso dei dispositivi elettronici uno dei metodi più sensibili e raffinati per la valutazione della qualità e affidabilità si basa sulla valutazione del "rumore elettrico" prodotta dal dispositivo quando questo viene sottoposto a stress. Nel prossimo paragrafo, seguendo un approccio estremamente semplificato e intuitivo, cercheremo di fornire un'idea della natura del "rumore elettrico", che non ha nulla a che vedere con il rumore acustico che possiamo avvertire con le nostre orecchie e di quali siano i fondamenti alla base del suo utilizzo per la valutazione della qualità e dell'affidabilità dei dispositivi elettronici.

6. Il rumore elettrico

Il rumore elettrico (o elettronico) ha origine dalle interazioni fisiche fondamentali tra materia e particelle cariche, portando informazioni preziose sui fenomeni che si verificano a livello microscopico. Per questo motivo la possibilità di poter misurare il rumore prodotto da materiali e dispositivi è una valida tecnica per lo studio dell'affidabilità degli stessi. Essendo infatti legato al funzionamento microscopico dei dispositivi, fornisce utili informazioni sulle strutture e sul funzionamento degli stessi. Per capire come, ricorriamo ad una analogia con l'acqua.

Iniziamo col dire che qualunque sia il dispositivo di cui parliamo, una cosa è certa: il suo funzionamento si basa sul passaggio di corrente elettrica. La corrente elettrica si definisce come la quantità di carica elettrica che attraversa una superficie nell'unità di tempo e si misura in Ampere. Per capire meglio questo concetto, assimiliamo il flusso di cariche elettriche ad un flusso d'acqua. Il condotto in cui scorre l'acqua (il letto di un fiume, un tubo) è il "conduttore" di elettricità. Per scorrere in un tubo, o nel letto di un fiume, l'acqua ha bisogno di una pendenza, di una differenza di quota. Questa differenza di quota è l'analogo di una "differenza di potenziale" o tensione, che è necessaria per far passare corrente in un conduttore. La differenza di potenziale si misura in Volt. Sicuramente tutti abbiamo fatto esperienza dei Volt, se abbiamo cambiato una batteria, se abbiamo caricato un telefonino…o se abbiamo sentito dire, a proposito della rete elettrica di casa, "220 Volt". Così come la

batteria (o il caricatore…) crea la differenza di inclinazione del tubo che fa scorrere l'acqua verso il basso, allo stesso tempo funziona da pompa e fa sì che l'acqua, una volta arrivata a valle, possa tornare in cima e riprendere il suo percorso.

"Ascoltando" un corso d'acqua che scorre siamo in grado di capire se il suo letto è libero, oppure se l'acqua incontra degli ostacoli, se qualche pesce salta nell'acqua…Allo stesso modo, "ascoltando" (facendo opportune misure) un dispositivo, siamo in grado di capire come avviene il trasporto di cariche elettriche, se ci sono difetti nella struttura o come può avvenirne la rottura. Prima di proseguire, è importante sottolineare una cosa. Supponiamo che il nostro obiettivo sia proprio studiare un determinato corso d'acqua. Per far ciò, ci sistemiamo sulla riva pronti ad ascoltare. Quindi, siamo noi stessi lo strumento di misura del suono (rumore) del torrente. Se durante il periodo di studio, però, ci mettiamo a canticchiare o a chiacchierare con qualcuno che ci fa compagnia, la nostra voce rischia di coprire i suoni che dobbiamo invece rilevare. Come risultato finale, non riusciamo a sentire il rumore del corso d'acqua e, pertanto, non siamo in grado di ottenere risultati sullo stesso. Questo esempio ci fa capire, tornando all'elettronica, che lo strumento o gli strumenti che decidiamo di utilizzare per eseguire le misure di rumore elettronico non devono produrre un rumore superiore a quello che ci proponiamo di misurare. Non è facile, perché ogni sistema elettronico produce rumore elettronico. Questo è un punto chiave per chi lavora nel settore, in quanto la strumentazione disponibile in commercio spesso non ha i requisiti di prestazione necessari per poter svolgere attività di ricerca o di caratterizzazione accurata e, pertanto, i ricercatori devono progettare e sviluppare gli strumenti necessari presso i propri laboratori. Per poter realizzare, però, strumentazione a bassissimo livello di rumore sono necessarie competenze di ingegneria elettronica che non tutti i gruppi di ricerca posseggono. Per sopperire a questo problema si attivano diverse collaborazioni interdisciplinari che hanno portato anche a pubblicazioni scientifiche utili per la realizzazione di set-up di misura (G. Scandurra et al., 2022).

Dando per scontato, a questo punto, di avere a disposizione la strumentazione necessaria per eseguire le misure di rumore, cerchiamo di capire in che condizioni eseguirle e che informazioni possano darci, nel dettaglio. Per prima cosa osserviamo che, se volessimo studiare una massa d'acqua ferma, non riusciremmo ad ascoltare nulla. Pensiamo a un lago.

Il lago non fa rumore, almeno in assenza di vento e di onde. È importante, perciò, che l'acqua sia in movimento. Per il dispositivo elettronico, si dice che deve essere "polarizzato". Polarizzare un dispositivo significa fare in modo che sia collegato a qualcosa (una batteria ad esempio) che generi una tensione e faccia passare corrente.

Il corso del fiume non è immutabile. Con il tempo o per effetto di fenomeni esterni (piogge intense, siccità, rifiuti che ostruiscono il percorso) il letto del fiume può subire modifiche più o meno lente. Nel tempo si possono anche erodere gli argini e il fiume può esondare con l'acqua che modifica il suo percorso anche in modo drammatico, interferendo con altri fiumi o con terreni che devono rimanere asciutti. Ci aspettiamo che un fiume con un letto con una sezione regolare, poche rocce sporgenti e che contiene pochi corpi estranei continui a scorrere placidamente anche se la portata d'acqua diventa particolarmente intensa. Ma se il letto del fiume è irregolare e l'acqua incontra molti ostacoli, è facile che si formino piccoli vortici che, più o meno velocemente, causano modifiche nel tempo del percorso originale. Per tornare alla nostra similitudine, non è detto che queste irregolarità provochino un rumore facilmente distinguibile per chi ascolta, specialmente se l'ambiente circostante non è completamente silenzioso. Ma supponiamo ora di poter agire sulla portata del fiume aumentandola artificialmente. Tanto più il percorso del fiume è irregolare, tanto più facile è iniziare a sentire il rumore causato da queste irregolarità e, per chi fosse particolarmente allenato, distinguerne, entro certi limiti, l'origine: se dovuto a un restringimento del corso del fiume, alla presenza di ostacoli lungo il percorso ecc. Il caso estremo di rumorosità per un fiume, in una situazione in cui persino una piccola portata d'acqua è immediatamente individuabile anche a distanza, è la presenza di una cascata! Ed è evidente che l'effetto di erosione di una cascata è elevatissimo, così come elevato è il livello di rumore prodotto. Il rumore elettrico in un dispositivo elettronico sotto test, specialmente se con livelli di stress significativo, ha caratteristiche molto simili e tecnicamente si chiama rumore "flicker". Se nel caso del fiume l'idea di aumentare artificialmente la portata è solo ipotetica, nel caso dei dispositivi elettronici questo è possibile e costituisce, nel senso che abbiamo spiegato più sopra, uno dei più sensibili metodi di analisi che consentono di individuare la presenza di difetti che possono portare al deterioramento del dispositivo stesso. Come abbiamo spiegato, tanto minore è lo stress a cui è sottoposto un dispositivo in fase di analisi, tanto più rilevanti sono le informazioni ottenute.

Per "sentire il rumore" con poco stress, però, è necessario sviluppare strumenti e metodi di analisi estremamente sofisticati. I ricercatori del Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli studi di Messina che si occupano di affidabilità di dispositivi elettronici lo fanno proprio utilizzando il metodo alternativo delle misure di rumore e, nel corso degli anni, hanno progettato e realizzato strumentazione adatta allo scopo con prestazioni tra le migliori riportate nella letteratura scientifica ed hanno caratterizzato diversi tipi di dispositivi elettronici, da quelli convenzionali a quelli di ultima generazione, anche organici e flessibili (M. Johnson-Groh, 2022, 481101).

7. Conclusioni

In questo lavoro abbiamo cercato di presentare e spiegare un aspetto dell'elettronica che è spesso nascosto dalla sua pervasività e dalla semplicità di utilizzo: l'affidabilità. Con esempi di cui tutti abbiamo fatto, direttamente o indirettamente, esperienza, abbiamo evidenziato quanto lavoro ci sia dietro ai dispositivi elettronici di cui non possiamo più fare a meno. Sebbene sia la parte meno esposta e conosciuta dell'elettronica, forse perché la si considera scontata, la sua affidabilità e tutte le attività di studio e di ricerca ad essa legate sono imprescindibili per il futuro del progresso tecnologico.

8. Bibliografia

Krajewski M., *The great lightbulb conspiracy*, in *IEEE Spectrum*, 51 (10), art. no. 6905492, pp. 56 - 61, (2014). DOI: 10.1109/MSPEC.2014.6905492

Scandurra G., Ciofi C., Smulko J., Wen H., *A review of design approaches for the implementation of low-frequency noise measurement systems,* in *Rev. Sci. Instrum.*, 2022; 93 (11): 111101. https://doi.org/10.1063/5.0116589

Johnson-Groh M., *Layman's guide to low frequency noise measurements*, in *Scilight*, 2022; 48: 481101. https://doi.org/10.1063/10.0015400

QR code per visualizzare il video "Zoom Into a Microchip", prodotto da NISE NET (The National Informal STEM Education Network)

Francesco Astone

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE APPLICATA ALLE DECISIONI AMMINISTRATIVE

1. Introduzione. – 2. Dall'algoritmo al machine learning: verso un'intelligenza artificiale. – 3. La posizione della giurisprudenza. – 4. Una volta formulata la decisione a chi è attribuibile? E chi risponde per i danni derivanti dalla sua illegittimità? – 5. Conclusioni.

1. Introduzione

Le sfide poste dall'avvento della tecnologia sono molteplici.

La transizione digitale è ormai attualità nell'ambito degli studi scientifici e giuridici, in quanto l'utilizzo delle più moderne e sofisticate tecnologie nella quotidianità pone questioni interdisciplinari, all'attenzione, quindi, di filosofi[1], informatici giuristi ecc.

La scienza "algoritmica", che attiene al linguaggio, alla veicolazione delle informazioni, impatta nelle relazioni ma potrebbe alla lunga presentare un rischio di snaturamento del diritto, con conseguenziali effetti anche sulle opzioni metodologiche[2].

Se da ultimo anche il PNRR ha previsto, tra gli obiettivi, l'attuazione della piena transizione digitale, va comunque riconosciuto che l'applicazione della tecnologia ha comportato sin da subito rilevanti vantaggi, in termini di efficienza, efficacia, semplificazione ed economicità delle procedure.

Ma non poche sono le criticità che nelle prime applicazioni sono state riscontrate dalla dottrina, a cui la giurisprudenza ha provato a dare delle soluzioni.

Nell'ambito del presente contributo, pertanto, premesso un esame in ordine alla genesi ed evoluzione dell'intelligenza artificiale nell'ambito dell'attività pubblica, ci si soffermerà sull'applicazione della stessa alle decisioni amministrative.

[1] C. Accoto, *Il mondo dato, cinque brevi lezioni di filosofia digitale*, Milano, 2017.
[2] V. recentemente, A. Condello, *Il diritto come metodo e la scienza algoritmica, una critica a partire da Bobbio e Scarpelli,* edizioni ETS, Rifrazioni, *Studi critici di storia della filosofia del diritto*, percorsi, 2022, Pisa, 13/14.

2. Dall'algoritmo al machine learning: verso un'intelligenza artificiale

Il padre fondatore dell'intelligenza artificiale è il matematico Alan Turing[3] il quale si chiedeva se le macchine potessero pensare in un tempo in cui era poco tangibile lo sviluppo tecnologico.

Ed infatti, vi è stata una profonda evoluzione che ha portato all'attuale fase di applicazione dell'intelligenza artificiale.

Inizialmente, infatti, in una prima fase si è utilizzata la tecnologia al fine di trasformare i file cartacei in digitale, operando la c.d. dematerializzazione dei dati[4], in una seconda fase con il CAD si è dato avvio all'informatizzazione, per poi arrivare alla terza fase in cui attraverso l'applicazione dell'IA si è proceduto all'interconnessione dei dati, ossia alla combinazione degli stessi al fine di giungere ad un risultato.

L'evoluzione storica ha, quindi, mostrato un rapido passaggio da una tecnologia di supporto, c.d. algoritmo tradizionale, che abbraccia tutte le ipotesi in cui le nuove tecnologie rendono possibile l'accesso alle informazioni, ad una tecnologia sostitutiva, c.d. intelligenza artificiale, in cui si inizia a sostituire alcune parti di attività svolte dalla persona mediante l'automatizzazione di alcuni processi decisionali, fino ad arrivare alla tecnologia dirompente, come il machine learning[5].

Un particolare e innovativo sistema di IA che utilizza i computers per implementare modelli predittivi che apprendono a partire dai dati esistenti per prevedere comportamenti risultati e tendenze future.

[3] *Alan* Mathison *Turing*, (Londra, 23 giugno 1912 – Manchester, 7 giugno 1954) è stato un matematico, logico, crittografo e filosofo britannico. Il momento della nascita dell'IA è la pubblicazione nel 1950 dell'articolo "*computing machinary and intellligence*".

[4] In particolare, il ricorrere alle tecnologie più innovative per arrivare alla definitiva eliminazione della carta, ha trovato una collocazione di ampio rilievo con l'introduzione del CAD (Codice dell'amministrazione digitale) nel 2005 dove nell'art. 42 si fa esplicitamente riferimento al concetto di dematerializzazione. Art. 42: "*Le pubbliche amministrazioni valutano in termini di rapporto tra costi e benefici il recupero su supporto informatico dei documenti e degli atti cartacei dei quali sia obbligatoria o opportuna la conservazione e provvedono alla predisposizione dei conseguenti piani di sostituzione degli archivi cartacei con archivi informatici, nel rispetto delle regole tecniche adottate ai sensi dell'articolo71.*" Inoltre la progressiva eliminazione del cartaceo, attraverso l'informatizzazione dei processi, consente di semplificare i rapporti tra PA e cittadini e imprese e rappresenta uno degli obiettivi prioritari contenuti nell'ambito del Piano e-gov 2012; prima ancora anche nell'ambito del d.lgs. 23/92 in materia di privatizzazione della pubblica amministrazione.

[5] G. D'Acquisto, *Intelligenza artificiale, i diritti nella rete della rete*, Giappichelli editore.

La logica della sequenza norma, fatto, potere, effetto viene sostituita in questo quadro da una sovrapposizione di inferenze che è elaborata e poi espressa in un altro linguaggio, ossia il linguaggio della macchina[6].

Nella tecnologia sostitutiva e/o dirompente, infatti, l'algoritmo è chiamato a svolgere una rielaborazione ed una valutazione che porterà ad una nuova acquisizione di dati ed immediata rielaborazione del contesto secondo una catena potenzialmente infinita di azioni che neutralizzano il peso dell'uomo.

L'avvento della tecnologia dirompente, con la progressiva sostituzione dell'attività umana con quella artificiale, ha trovato impreparati i giuristi, atteso che manca allo stato una normativa che regolamenta l'utilizzo della stessa.

L'ordinamento francese[7] ha sviluppato prima di altri una disciplina specifica in ordine al ricorso ad algoritmi nelle decisioni ammnistrative e tutela delle posizioni dei privati.

L'avvento dell'IA è stato sicuramente salutato con favore, poiché notevoli sono i vantaggi che genera all'attività quotidiana, ed in particolare all'attività pubblica.

Nel dettaglio, infatti, la decisione amministrativa effettuata mediante l'utilizzo dell'IA è poco costosa, è più rapida, è imparziale ed è certa.

Quindi da questo punto di vista si potrebbe pensare che il guadagno che si ottiene in termini di efficienza, ivi compresa la fornitura di servizi migliori, fuga ogni dubbio nell'ottica di utilizzo della stessa, atteso che nel bilanciamento degli interessi l'esigenza di una semplificazione e celerità dei processi decisionali è prevalente rispetto ad ogni altro interesse e rientra nell'ambito del principio di buon andamento di cui all'articolo 97 della costituzionale.

[6] M. Corradino, *Intelligenza artificiale e pubblica amministrazione: sfide concrete e prospettive future*, in "*il diritto amministrativo*".

[7] Lo scorso 15 gennaio 2020 è stata presentata al Parlamento francese la proposta di legge costituzionale n. 2585 relativa alla "*Charte de l'intelligence artificielle et des algorithmes*". Si tratta della prima iniziativa che mira a costituzionalizzare le implicazioni giuridiche dell'Intelligenza Artificiale. Richiamando la Dichiarazione universale dei diritti umani del 10 dicembre 1948, come base giuridica a presidio dei diritti umani, la proposta di legge, infatti, formalizza il fondamento costituzionale del nucleo generale dei principi applicabili in materia di Intelligenza Artificiale, come intervento regolatorio di adeguamento del quadro normativo vigente all'evoluzione tecnologica per garantire la tutela delle libertà fondamentali degli individui con lo sviluppo di algoritmi sempre più sofisticati in grado di esercitare forme di controllo massivo sulla generalità degli utenti.

Parte della dottrina[8], infatti, nega l'esigenza di un'apposita normativa in ordine all'utilizzo di questa nuove tecnologie, poiché rientranti nell'ambito della potestà organizzativa della p.a. ed in particolare nell'ambito del principio di buon andamento ex articolo 97 della Carta costituzionale.

Tuttavia, nelle prime applicazioni derivanti dall'utilizzo dell'IA non poche sono le criticità riscontrate da altre parte della dottrina[9] la quale, invece, sostiene l'esigenza della previsione di una specifica normativa in grado di tutelare il privato.

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale di tipo sostitutivo ha posto, infatti, all'attenzione della dottrina e della giurisprudenza peculiari problemi, nella volontà di assicurare che lo sviluppo dei moderni sistemi di IA e delle tecnologie algoritmiche si svolga in armonia con la tutela dei diritti e delle libertà individuali.

Nel dettaglio, una delle prime problematiche sollevate è stata quella relativa alla tutela della riservatezza[10], in quanto occorre elaborare un'enorme quantità di dati.

Ma non solo, l'utilizzo dell'IA comporta inevitabilmente un'opacità della decisione[11].

Molti prodotti vengono infatti sviluppati da aziende private poiché le amministrazioni pubbliche non hanno le competenze per generare questi sofisticati modelli, con conseguente lesione del principio di trasparenza, non solo verso il cittadino che non è in grado di comprendere l'iter logico giuridico seguito per addivenire alla decisione, ma anche nei confronti delle stesse pubbliche amministrazioni alle quali le aziende private possono opporre il segreto industriale.

Da ciò deriva anche la difficoltà per il destinatario del provvedimento informatico di comprendere eventuali errori.

La dottrina mette, infatti, in luce che se l'algoritmo fornisce una risposta grazie all'impiego della statistica, senza che a noi umani sia permesso di capire perché quella risposta è stata fornita, non è possibile comprendere se in quel passaggio si annidano degli errori[12].

[8] A. Masucci, *L'atto amministrativo informatico*, Napoli, 1993; G. Carullo, *Decisione amministrativa e intelligenza artificiale*, in *Diritto dell'informazione e dell'informatica*, 2021.
[9] S. Civitarese, Matteucci, P*ublic Administration Algorithm Decision-Making and the rule of low*, in *European public low*, 2021.
[10] S. Calzolaio, *Protezione dei dati personali* (voce) in *Disc. Pubbl*, agg.to, 2017.
[11] F. Patroni Griffi, *La decisione robotica ed il g.a.*, in *Giust.amm.it*.
[12] N. Bostrom, *Super intelligenza. Tendenza, pericoli, strategia*, Torino 2014.

Pregiudicando così anche il diritto di difesa costituzionalmente previsto, atteso che si creerebbero delle zone franche nell'ambito del procedimento amministrativo, in grado si apportare un vulnus all'interesse legittimo.

A livello europeo ormai da qualche anno si cerca di intervenire sul punto.

Molteplici sono, infatti, gli interventi normativi [13], come atti di soft law e le proposte.

Nel febbraio 2017 il Parlamento europeo ha emanato una risoluzione volta ad invitare gli Stati membri a disciplinare in maniera omogenea gli aspetti civilistici della robotica; viene suggerita la creazione di un'Agenzia europea per la robotica e l'IA composta da regolatori ed esperti esterni in grado di assicurare "*le competenze tecniche, etiche e normative necessarie per sostenere gli attori pubblici interessati, sia a livello dell'Unione che degli Stati membri, nel loro sforzo di garantire una risposta tempestiva, etica e ben informata alle nuove opportunità̀ e alle nuove sfide*".

La Risoluzione auspica una serie di cautele etiche, per assicurare che lo sviluppo e l'utilizzo dei robot avvenga in condizioni tali da preservare la dignità, l'autonomia e l'autodeterminazione degli individui, la tutela della *privacy* e che si presti attenzione "*alla*

[13] A livello europeo, due documenti - assimilabili alla *soft law* - sono dedicati al *Suptech*. Il primo è la *Strategia in materia di finanza digitale per* l'*UE* (Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni, "Strategia in materia di finanza digitale per l'UE", 24 settembre 2020, COM(2020) 591). La Strategia, pur contenendo uno scarno riferimento al *Suptech* ("tecnologia applicata alla vigilanza"), ne offre una definizione in termini di "un sottoinsieme della Fintech che utilizza tecnologie innovative a sostegno dei processi di vigilanza, [che] aiuta le autorità̀ di vigilanza a digitalizzare i processi di segnalazione e di regolamentazione". Il secondo, invece, è la *Strategia in materia di dati di vigilanza nel settore dei servizi finanziari dell'UE* del 2021 (Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni "Strategia in materia di dati di vigilanza nel settore dei servizi finanziari dell'UE", Bruxelles, 15 dicembre 2021 COM(2021) 798 final). Quest'ultima delinea una serie di iniziative che la Commissione intraprenderà nel prossimo futuro: tra le molte, quella di cooperare con il forum europeo dei facilitatori dell'innovazione per sviluppare e sperimentare soluzioni tecniche innovative, di valutare la fattibilità̀ di pubblicare i requisiti per le segnalazioni in un formato *machine readale* all'interno di quadri normativi selezionati sulla base del progetto pilota, nonché di sviluppare nuovi approcci alla raccolta dei dati, richiamando l'attività̀ delle autorità̀ di vigilanza che riescono a monitorare in modo più̀ efficace le operazioni tramite le tecnologie di registro distribuito. La Commissione s'impegna poi ad invitare l'ESMA a valutare l'uso di tecnologie di registro distribuite nell'attività̀ di segnalazione a fini di vigilanza. A tal proposito, la Strategia richiama in nota la Proposta di Regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio relativo ad un regime pilota per le infrastrutture di mercato basate sulla tecnologia di registro distribuito, COM/2020/594 final. Il Regolamento è stato adottato in via definitiva nel maggio 2022 (Reg. UE 2022/858 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2022 relativo a un regime pilota per le infrastrutture di mercato basate sulla tecnologia a registro distribuito e che modifica i Reg. UE n. 600/2014 e Reg. UE n. 909/2014 e la Dir. 2014/65/UE). Sulle iniziative della Commissione, si vedano M. Rabitti - A. Sciarrone - Alibrandi, *Reg Tech e SupTech*, in F. Donati, A. Pajno, A. Perrucci, *Intelligenza artificiale e diritto: una rivoluzione?* Bologna, 2022, 3, 451ss.

possibilità che nasca un attaccamento emotivo tra gli uomini e i robot, in particolare per i gruppi vulnerabili (bambini, anziani, disabili), per attenuare gli impatti emotivi e fisici".

Nel 2018, la Commissione europea ha delineato tre pilastri fondamentali su cui deve basarsi lo sviluppo di un'"*IA made in Europe*".

Per la Commissione, la via europea all'intelligenza artificiale - passa per lo sviluppo di un'IA "*etica, sicura e all'avanguardia*", posta al servizio dell'uomo e delle sfide cruciali del XXI secolo, "*dalla cura delle malattie alla lotta contro i cambiamenti climatici e alla previsione delle catastrofi naturali, dall'aumento della sicurezza dei trasporti alla lotta alla criminalità al miglioramento della cybersicurezza".*

Si tratta di interventi attenti alla tutela della persona e della dignità umana, in ossequio ai principi europei così come sanciti anche dalla carta di Nizza.

Infine, nel 2021 la Commissione europea ha pubblicato una Proposta di regolamento[14]sull'approccio europeo all'Intelligenza Artificiale (COM/2021/206 final). Il regolamento nasce dall'esigenza di definire un quadro giuridico dell'Unione che stabilisca norme armonizzate sull'intelligenza artificiale per promuovere lo sviluppo, l'uso e la diffusione dell'intelligenza artificiale nel mercato interno, al contempo assicurando un elevato livello di protezione degli interessi pubblici, come la salute e la sicurezza e tutela dei diritti fondamentali, riconosciuti e protetti dal diritto dell'Unione.

Nell'attesa di una legge europea sull'IA a livello interno la Banca d'Italia è stata pioneristica, in quanto ha emanato un regolamento disciplinante il ricorso all'intelligenza artificiale nell'elaborazione delle informazioni.

Si tratta certamente di un timido passo avanti che, tuttavia, non è sufficiente.

Le nuove sfide poste dal PNRR impongono ora più che mai un intervento interno che riesca a trovare il giusto equilibrio tra l'utilizzo di questa tecnologia dirompente e la tutela della dignità umana e dei diritti fondamentali.

[14] L'obiettivo dichiarato dell'UE è quello di porsi come *leader* mondiale nello sviluppo di un'intelligenza artificiale sicura, affidabile ed etica. La Proposta muove dal presupposto che, oltre ai molti usi benefici, l'IA può anche essere usata in modo improprio e fornire strumenti nuovi e potenti per pratiche manipolative di sfruttamento e di controllo sociale. Tali pratiche sono particolarmente dannose e dovrebbero essere vietate perché contraddicono i valori dell'Unione di rispetto della dignità umana, libertà, uguaglianza, democrazia e Stato di diritto e diritti fondamentali dell'Unione, compreso il diritto alla non discriminazione, i diritti del bambino.

L'intervento normativo, infatti, nell'ambito dell'utilizzo dell'IA di tipo sostitutivo nell'attività pubblica risulta di fondamentale importanza, poiché l'autonomia dell'IA nell'assunzione delle decisioni viola il principio di legalità, di sovranità e democrazia.

3. La posizione della giurisprudenza

In questo quadro privo di riferimenti certi, in cui manca allo stato una regolamentazione chiara e precisa, un ruolo fondamentale è stato svolto, e sta svolgendo, la giurisprudenza[15], ed in particolare la giurisprudenza amministrativa, la quale, tuttavia, è intervenuta soprattutto con riferimento agli algoritmi di supporto.

Ciò in quanto la stessa giurisprudenza amministrativa[16] ha avuto modo di sottolineare come ai sistemi informatici vada riservato tutt'oggi un ruolo strumentale e meramente ausiliario in seno al procedimento amministrativo e giammai dominante o surrogatorio dell'attività dell'uomo; ostando alla deleteria prospettiva orwelliana di dismissione delle redini della funzione istruttoria e di abdicazione a quella provvedimentale, il presidio costituito dal baluardo dei valori costituzionali scolpiti negli artt. 3, 24, 97 della Costituzione oltre che all'art. 6 della Convezione europea dei diritti dell'uomo.

Nel dettaglio, infatti, dall'esame del formante giurisprudenziale è possibile trarre alcuni punti fermi nella ricerca di quell'equilibrio tra la transazione digitale, la tutela della persona[17], ed i principi costituzionali in materia.

[15] B. Marchetti, *La garanzia dello human in the loop alla prova della decisione amministrativa algoritmica*, in *BioLaw Journal - Rivista di BioDiritto*, 2021, 2, 370, che osserva: "*sono, infatti, i giudici a trovarsi nella condizione di dover ricavare dall'ordinamento i principi e le regole che disciplinano il fenomeno e ad assicurare la protezione dei diritti e degli interessi lesi dall'applicazione dell'IA, non solo per i profili di responsabilità (civile e penale) ma anche - per ciò che qui maggiormente interessa - per stabilire se e in quale misura l'impiego di sistemi di IA sia compatibile con i valori costituzionali di un dato ordinamento e con le garanzie, nello specifico, tipiche del diritto pubblico*".

[16] T.A.R. Lazio, Roma, Sez. III- *bis,* 10 settembre 2018, n. 9224

[17] Il giudice amministrativo ha recentemente ritenuto illegittima la scelta dell'Amministrazione di affidare la gestione della procedura di mobilità straordinaria per il personale docente ad un algoritmo, constatando l'assenza di una vera e propria attività amministrativa, "essendosi demandato ad un impersonale algoritmo lo svolgimento dell'intera procedura di assegnazione dei docenti alle sedi disponibili nell'organico dell'autonomia della scuola" e precisando che "alcuna complicatezza o ampiezza, in termini di numero di soggetti coinvolti ed ambiti territoriali interessati, di una procedura amministrativa, può legittimare la sua devoluzione ad un meccanismo informatico o matematico del tutto impersonale e orfano di capacità valutazionali delle singole fattispecie concrete, tipiche invece della tradizionale e garantistica istruttoria procedimentale che deve informare l'attività amministrativa, specie ove sfociante in atti provvedimentali incisivi di posizioni giuridiche soggettive di soggetti privati e di conseguenziali ovvie ricadute anche sugli apparati e gli assetti della pubblica amministrazione T.A.R. Lazio, Roma, Sezione III *bis* , 24 giugno 2021, n. 7589, che richiama le precedenti

La giurisprudenza ha avuto modo di apprezzare e mettere in luce i vantaggi derivanti dall'utilizzo dell'IA di supporto nell'ambito dell'attività amministrativa. È indubbio, infatti, che la stessa comporti semplificazione, celerità e risparmio con riferimento alla spesa pubblica.

Tuttavia, ha messo in luce[18] l'esigenza che ciò non rappresenti motivo di elusione dei principi che regolano lo svolgersi dell'attività amministrativa.

Secondo i giudici, infatti, la regola algoritmica possiede una piena valenza giuridica e amministrativa, anche se viene declinata in forma matematica, e come tale deve soggiacere ai principi generali dell'attività amministrativa, quali quelli di pubblicità e trasparenza, di ragionevolezza, di proporzionalità, etc.; e non può lasciare spazi applicativi discrezionali (di cui l'elaboratore elettronico è privo)".

Le criticità sopra individuate, così come riscontrate dalla dottrina, sono state portate anche all'attenzione della giurisprudenza, che ha tentato di trovare delle soluzioni.

In particolare, in ordine alla criticità derivante dalla mancanza di trasparenza il Consiglio di stato[19] ha messo in luce la necessità che le decisioni assunte dall'IA siano riconoscibili e che quindi venga applicata la trasparenza rafforzata[20].

Gli algoritmi usati devono essere spiegabili.

Ciò non è affatto agevole, in quanto, spesso, come detto, gli strumenti vengono predisposti dalle aziende private che possono opporre il segreto industriale.

Interessante, a tal riguardo, è stata una pronuncia del Tar Lazio[21]in merito al diritto di accesso difensivo[22] nell'ambito di una procedura informatizzata.

A fronte di un diniego in ordine ad un'istanza di accesso ex art. 22 della L. 241/90, sulla base del fatto che il software utilizzato era stato realizzato da una società privata ed era tutelato quale opera d'ingegno e della proprietà intellettuale, il giudice amministrativo, dopo

pronunce nn. 9224, 9225, 9226, 9227, 9228, 9229 e 9230 del 2018, nn. 4649, 4650, 5139, 10963 e 10964 del 2019, con conferma in appello ad opera delle pronunce nn. 8472/2019, 8473/2019, 8474/2019 e 881/2020)

[18]C.D.S, sez. VI, n.2270/2019.

[19] C.D.S, sez. VI, n.2270/2019.

[20] A. Cassatella, *Il dovere della motivazione nell'attività amministrativa*, Cedam, 2013; F.G. Scoca, *Punteggio numerico e principio di buon andamento*, in giur. Cost. 2011.

[21] Tar Lazio, sez. III bis, 14 febbraio 2017, n. 3769, con commento di I. Forgione, *il caso dell'accesso al software Miur per l'assegnazione dei docenti*, in giorn. Dir. Amm., 2018.

[22] G. Avanzini, *Il principio di trasparenza nell'esercizio della funzione pubblica: dal diritto di accesso ai documenti amministrativi al diritto di conoscenza dell'azione amministrativa*, in G. Avanzini- G. Mattucci, *L'informazione le sue regole. Libertà pluralismo e trasparenza*, Napoli 2016.

aver ricondotto l'algoritmo nell'ambito dell'atto informatico, ha accolto il ricorso, dichiarando l'illegittimità del diniego, atteso che la tutela della proprietà intellettuale non può rappresentare un ostacolo al diritto di accesso, poiché la normativa è funzionale a garantire gli interessi economici dell'autore ovvero la titolarità dell'opera e non impedisce la semplice riproduzione ma solo la riproduzione cui consegue lo sfruttamento economico da parte di un soggetto diverso dall'autore.

Prevale, quindi, il diritto all'accesso che è strumentale alla difesa e non comporta uno sfruttamento economico.

Nell'ambito del catalogo di principi da applicare in ordine all'utilizzo dell'IA assume particolare rilievo anche il principio di non esclusività della decisione algoritmica, in base al quale deve esistere nel processo decisionale un contributo umano capace di controllare la decisione umana[23].

Ciò al fine di evitare una completa deresponsabilizzazione della pubblica amministrazione.

Si richiede, dunque, che nell'ambito del procedimento amministrativo sia riscontrabile un seppur minimo intervento umano.

Si tratta, questo, di uno dei temi più controversi e più dibattuti.

Nella proposta di legge europea[24] sull'intelligenza rafforzata nelle ipotesi di intelligenza artificiale di tipo sostitutivo la sorveglianza umana è uno dei requisiti più importanti.

Nonostante lo sforzo giurisprudenziale sul punto, dalle pronunce non si rinviene, infatti, una specificazione in ordine al rapporto tra la macchina e l'uomo, né tantomeno sul grado di predominanza dell'uno rispetto all'altro.

Ma non solo, l'intervento umano è possibile nell'ambito dell'IA dirompente?

Sulla base di tale principio sembra riscontrabile nell'ambito della giurisprudenza amministrativa un atteggiamento di chiusura verso l'applicazione dell'IA dirompente e/o sostitutiva.

[23] C.D.S, sez. VI, 4 febbraio 2020 n. 881, p. 10.3.

[24] Il riferimento europeo è all'art. 22, comma 1, del GDPR, che sancisce il diritto dell'interessato di «*non essere sottoposto a una decisione basata unicamente sul trattamento automatizzato, compresa la profilazione, che produca effetti giuridici che lo riguardano o che incida in modo analogo significativamente sulla sua persona*». Tuttavia, tale norma prevede un'ampia gamma di eccezioni, in virtù delle quali si finisce per ammettere in molti casi lo svolgimento di procedure decisionali interamente automatizzate, pur con le debite garanzie.

Infine, ulteriore principio che emerge dal catalogo[25] è quello relativo alla non discriminazione, atteso che risulta opportuno che il titolare del trattamento utilizzi procedure matematiche o statistiche appropriate per la profilazione, mettendo in atto misure tecniche e organizzative adeguate al fine di garantire, in particolare, che siano rettificati i fattori che comportano inesattezze dei dati e sia minimizzato il rischio di errori e al fine di garantire la sicurezza dei dati personali, secondo una modalità che tenga conto dei potenziali rischi esistenti per gli interessi e i diritti dell'interessato e che impedisca tra l'altro effetti discriminatori nei confronti di persone fisiche sulla base della razza o dell'origine etnica, delle opinioni politiche, della religione o delle convinzioni personali, dell'appartenenza sindacale, dello status genetico, dello stato di salute o dell'orientamento sessuale, ovvero che comportano misure aventi tali effetti.

Il catalogo rinvenibile dall'esame giurisprudenziale è sicuramente un primo passo importante per garantire la riconduzione a sistema delle nuove tecnologie.

Si tratta, tuttavia, di un catalogo applicabile all'algoritmo e non alle ipotesi di IA dirompente, che restano allo stato prive di riferimenti normativi e giurisprudenziali.

Come sopra detto, la giurisprudenza mostra un atteggiamento di chiusura verso questo tipo di intelligenza artificiale, ciò in quando l'autonomia della macchina rischia di compromettere il principio di legalità dell'azione amministrativa.

4. Una volta formulata la decisione a chi è attribuibile? E chi risponde per i danni derivanti dalla sua illegittimità?

L'avvento della tecnologia di tipo sostitutivo ha posto agli interpreti un altro grande problema che rimane, allo stato, forse una delle questioni aperte e più dibattute.

Ossia l'imputazione della decisione e delle conseguenti responsabilità.

La questione interessa non solo i giuristi[26] ma anche i filosofi.

[25] Corte d'Appello Roma, sez. lav., sent. n. 834/2023.

[26] A. Giuseppe Orofino - G. Gallone, *L'intelligenza artificiale al servizio delle funzioni amministrative: profili problematici e spunti di riflessione*, in *Giur. it.*, 2020; F. Costantino, *Algoritmi, intelligenza artificiale e giudice amministrativo*, in *Giur. it.*, 2022.

Ci si chiede[27], infatti, se una macchina capace di manipolare simboli è capace di comprenderne il significato?

La risposta che viene data nella letteratura è negativa, poiché sapere riprodurre simboli non significa saperli comprendere.

Per quanto la macchina sia assimilabile alla mente umana è, infatti, priva di intenzioni.

All'interrogativo posto in ordine al se l'IA abbia modificato il soggetto, la risposta che dovrebbe darsi è negativa.

Sicuramente, però, ha trasformato il dibattito[28] poiché l'imputazione della responsabilità derivante dalla decisione amministrativa presa dall'IA rimane ad oggi un problema aperto.

L'istituto della responsabilità trae le sue origini nell'antichità e rappresenta uno strumento fondamentale non solo per garantire la corretta gestione delle relazioni sociali nell'ambito della comunità, ma anche per la tutela del mercato, poiché indirizza l'impresa nel reperire capitale, innovare, fare ricerca, al fine di offrire nuovi prodotti e servizi.

Il tema, quindi, desta interesse e preoccupazione anche a livello europeo.

Il problema della responsabilità nasce in quanto da sempre l'istituto si basa sull'elemento soggettivo ed in particolare sulla volontà.

Che sia civile o penale, in linea generale, l'imputazione della responsabilità richiede una *suitas*, la cui mancanza comporterebbe, soprattutto nell'ordinamento penalistico, una violazione del principio costituzionale di colpevolezza, in base al quale tutti gli elementi della fattispecie penale devono essere coperti dall'elemento soggettivo.

L'avvento dell'Intelligenza artificiale ed in particolare dell'IA dirompente ha posto problemi di applicazione della tradizionale normativa, poiché è difficile riscontrare l'elemento soggettivo in capo alla macchina. Come lo stesso Turing metteva in luce la macchina non ha intenzioni.

[27] G. D'Acquisto, *I diritti nella rete della rete, Intelligenza artificiale*, Giappichelli editore.

[28] Si vedano i più recenti contributi di Alpa G. (a cura di), *Diritto e* intelligenza artificiale, *Profili generali – Soggetti – Contratti – Responsabilità civile – Diritto bancario e finanziario – Processo civile*, Pisa, Pacini, 2020; Ruffolo U. (a cura di), *Intelligenza artificiale, Il diritto, i diritti, l'etica*, Milano, 2020; G. Teubner, *Soggetti giuridici digitali? Sullo status privatistico degli agenti software autonomi* a cura di P. Femia, Napoli, 2019.

In dottrina si è sottolineato[29], infatti, che se fino a qualche anno fa nessuno si sarebbe mai sognato di ritenere responsabile della morte di un uomo la sola automobile perché tecnicamente è essa che ha causato l'evento morte, oggi la questione dinanzi ad un'auto senza guidatore si pone.

Diverse sono le ricostruzioni dottrinarie che si dibattono il campo nelle more di un intervento chiarificatore.

Nel dettaglio, secondo una prima ricostruzione[30], definita come responsabilità by design, risulta indispensabile individuare e comunicare al privato mediante il primo atto del procedimento il creatore e/o il progettista della macchina, al fine di imputare a lui l'eventuale responsabilità.

Secondo tale ricostruzione l'errore non è della macchina ma dell'uomo, atteso che la macchina viene costruita e progettata dall'uomo.

Secondo una diversa prospettiva[31], definita funzionalista, occorre staccarsi dal substrato storico e sociale per il quale bisogna radicare la responsabilità, ciò che conta è riparare i danni.

Questa ricostruzione postula, dunque, una spersonalizzazione dell'elemento soggettivo ed una oggettivizzazione dell'atto che diviene fonte dell'obbligazione prescindendo dalla natura soggettiva della scelta.

La pubblica amministrazione, quindi, qualora scelga di operare tramite sistemi di IA deve far fronte ad una copertura assicurativa.

Sul fonte europeo si è tentato di applicare la normativa in materia di responsabilità da prodotto difettoso[32], la quale tuttavia richiede delle specificazioni al fine di applicarla alle ipotesi di IA, atteso che la stessa prevede un rigoroso onere della prova in capo al danneggiato che rischierebbe di compromettere la tutela del privato cittadino a fronte della complessità della moderna tecnologia.

[29] A. Simoncini, S. Suweis, *Il cambio di paradigma nell'IA ed il suo impatto sul diritto costituzionale,* in *Rivista di filosofia del diritto*, 2019, n.1.
[30] J. M. Bolkin, *The three laws of robotics in the age of big data*, in *Ohio stat e law journal*, 78, 2017.
[31] G. Tebner, *Ibridi e attanti. Attori collettivi ed enti non umani nella società e nel diritto*, Mimesis edizioni, Milano, 2018.
[32] Si veda: Proposta di direttiva sulla responsabilità per danno da prodotto difettoso e sull'adattamento della responsabilità civile alla responsabilità derivante dall'utilizzo dell'IA, Comm. 2022, considerando 31.

Sempre a livello europeo nell'ambito delle raccomandazioni del Parlamento alla Commissione[33] sono state individuate due tipologie di responsabilità, oggettiva nell'ipotesi di IA forte e/o di tipo sostitutivo, e responsabilità per colpa presunta nel caso di IA debole e/o di tipo ausiliario.

5. Conclusioni

Nata per sostituire l'uomo nell'ambito dei lavori caratterizzati dalle cosiddette tre D, "*Dull, dirty or dangerous*", oggi l'IA ha iniziato a sfidare l'uomo anche nelle attività cognitive, riuscendo ad ottenere risultati importanti in notevoli ambiti della vita quotidiana, con la prospettiva e/o il rischio di prendere il suo posto in un numero sempre più elevato di situazioni.

Ed infatti, nonostante in termini prospettici l'utilizzo sempre maggiore di Intelligenza artificiale anche di tipo dirompente genera indubbi vantaggi nella società, notevoli sono i rischi a cui si va incontro.

Per tale ragione è necessario al più presto un intervento normativo chiaro e preciso in grado di consegnare agli interpreti e soprattutto ai cittadini delle certezze in ordine all'utilizzo di questi strumenti, al fine di riportare l'attività amministrativa nei binari della legalità.

L'occasione posta dal PNRR non può andare perduta.

Gli sforzi della dottrina e della giurisprudenza, infatti, non sono sufficienti, in quanto i sistemi di IA per la complessità tecnica che li caratterizza rimangono oscuri e di difficile comprensione.

Dati i risvolti anche di tipo economico e concorrenziale risulta decisivo l'avvento di una regolamentazione europea in grado di uniformare la disciplina sulla materia, anche tenuto conto del fatto che l'evoluzione tecnologica viaggia ad una velocità superiore rispetto alle procedure legislative, con il rischio di rendere l'intervento normativo obsoleto poco dopo l'introduzione dello stesso.

Occorre, quindi, una regolamentazione europea prima che interna, in grado di garantire attraverso l'utilizzo di principi e clausole generali una normativa che sia in grado di guardare al futuro, anche e soprattutto nell'ottica di quella responsabilità intergenerazionale a cui fa riferimento lo stesso PNRR e da ultimo anche la Carta costituzionale.

[33] Risoluzione del Parlamento del 20 ottobre 2020.

Maria Francesca Tommasini

LE OPERE D'ARTE NFT ED IL MERCATO DIGITALE

1. Inquadramento degli NFT native e di quelli tratti da opere reali. – 2. Creazione dell'NFT native e sua tutela. I diritti dei creatori dell'opera digitale. – 3. Gli NFT tratti da opere reali: il caso del Tondo Doni di Michelangelo. La disciplina applicabile. – 4. La commercializzazione degli NFT. La natura delle informazioni inserite nei blocchi. – 5. Gli *smart contract* quali strumenti di transazione degli NFT e le licenze di sfruttamento economico. – 6. *Segue*. Il problema relativo alla protezione dei dati personali nel mercato dell'arte. – 7. Impossibilità di risolvere lo *smart contract* avente ad oggetto un NFT ed esclusione del diritto di recesso. Il nuovo standard ERC-721R. – 8. NFT e costi ambientali delle piattaforme. La necessità di una disciplina ecosostenibile. – 9. Bibliografia.

1. Inquadramento degli NFT *native* e di quelli tratti da opere reali.

Un NFT o *non fungible token* (gettone non fungibile o non riproducibile) è un asset digitale che identifica la proprietà di un prodotto digitale (Moleti A., *Chi ha inventato gli NFT (Non fungible token)?*, in *https://www.trend-online.com)*. Generalmente gli NFT, unici nel loro genere, vengono venduti ed acquistati *on line* spesso utilizzando criptovalute. Gli NFT vengono commercializzati attraverso siti che utilizzano la tecnologia Blockchain, un registro pubblico distribuito in cui vengono annotate tutte le transazioni (Boucher P., *Come la tecnologia blockchain può cambiarci la vita*, in *Servizio di ricerca del Parlamento Europeo*, 2017, 4; Crisci S., *Intelligenza artificiale ed etica dell'algoritmo*, in *Foro amm.* 2017, 10, 1787 ss.; Iansiti M.-Lakhani K.R., *The truth about Blockchain, in Harvard Business Review* 2017; Millard C., *Blockchain and law: incompatible codes?*, in *Computer Law & Security Review*, 2018, 843 ss.). Nello specifico, l'accezione opera NFT (o *Cripto art*) si riferisce, sia ad un'opera d'arte digitalizzata (c.d. *native*) ovvero anche ad un'opera d'arte reale che, attraverso un processo di tokenizzazione, viene dotata di un codice identificativo capace di provarne l'autenticità e la proprietà digitale e tale da rendere impossibile qualsiasi tentativo di falsificazione (Livelli F.M., *Tokenizzazione degli asset: scenari e sfide*, in *https://www.blockchain4innovation.it)*. Se,

dunque, una prima forma di utilizzo della tokenizzazione nel mercato dell'arte consiste nell'attestare l'autenticità dell'opera e la sua provenienza, è da dire che essa ha, peraltro, reso possibile la commercializzazione o di *res* illimitatamente riproducibili sul piano materiale (NFT *native* come i meme o i tweet) ovvero di *res* unitarie ed infungibili (opere d'arte reali). In quest'ultimo caso il processo di tokenizzazione consente di scomporre l'opera d'arte in molteplici unità destinate a circolare separatamente dall'opera reale *(*Benjamin W., *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino, 2000, 12). Sul piano giuridico, gli NFT, pur potendo essere attratti nell'orbita degli strumenti finanziari in quanto potenziali oggetto di *option*, *future*, contratti derivati su opere d'arte e quote di fondi comuni d'investimento, non sono, però, né merci né strumenti finanziari (Trovatore G., *L'opera d'arte e il suo valore nell'epoca della blockchain*, in *Arte e diritto* 2022, 1, 81). Ne dà conferma il fatto che la Direttiva 2014/65/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 15 maggio 2014 relativa ai mercati degli strumenti finanziari modificativa della direttiva 2002/92/CE e della direttiva 2011/61/UE (c.d. MiFID II), non indica e non disciplina tra gli strumenti finanziari gli NFT. Essi, dunque, costituiscono entità a sé stante, l'equivalente delle *cose incorporali*, suscettibili di traffici giuridici ad un prezzo di mercato che può divergere dal valore intrinseco e potenzialmente in grado di circolare anche al di fuori della Blockchain (almeno le opere d'arte reali).

2. Creazione dell'NFT *native* e sua tutela. I diritti dei creatori dell'opera digitale.

L'impatto delle nuove tecnologie e la possibilità di creare NFT hanno fatto emergere numerosi problemi legati alla disciplina applicabile vista la frammentarietà dell'impianto normativo di riferimento e la inadeguatezza di alcuni strumenti di tutela non pensati per essere adattati all'attuale evoluzione digitale.

A seconda che l'opera NFT sia *native* (cioè nasca direttamente dal *web* come opera d'arte digitalizzata) ovvero riproduca un'opera fisica reale, le considerazioni da svolgersi sono differenti. Se l'NFT è *native* nulla impedisce che esso sia considerato opera dell'ingegno di carattere creativo ed in quanto tale sia protetto dalla legge sul diritto d'autore (Legge n. 633 del 22 aprile 1941). Ciò in quanto nel testo normativo il legislatore, evitando accuratamente di dare una definizione di opera d'arte, ha accordato una protezione a tutte le opere

dell'ingegno di carattere creativo che, a prescindere dalla loro natura, siano conformi ai requisiti di originalità, creatività ed unicità. Gli NFT *native*, generati con tecnologia blockchain, in quanto token non fungibili, posseggono tutti questi requisiti. Né costituisce ostacolo a considerare un'opera nativa NFT come opera d'arte il fatto che si tratti di un'opera virtuale. La materialità, infatti, non è requisito imprescindibile per godere della tutela del diritto d'autore.

L'opera d'arte NFT *native*, ovviamente, diventa oggetto di protezione solo nel momento in cui il creatore procede alla sua creazione (o coniazione). Una volta coniato l'NFT, il creatore diventa titolare dei diritti morali sull'opera e, in particolare, conserva il diritto di rivendicare la paternità dell'opera e di opporsi a qualsiasi deformazione, mutilazione od altra modificazione, ed a ogni atto a danno dell'opera stessa, che possano essere di pregiudizio al suo onore o alla sua reputazione (articolo 20 della Legge sul diritto d'autore). Questi diritti sono tutti inalienabili. Tuttavia una volta che il creatore abbia conosciute ed accettate le modificazioni della propria opera non può più agire per impedirne l'esecuzione o per chiederne la soppressione. (articolo 22 L.d.a.). Dopo la morte del creatore i diritti morali sull'opera possono essere fatti valere, senza limite di tempo, dal coniuge e dai figli e, in loro mancanza, dai genitori e dagli altri ascendenti e da discendenti diretti; mancando gli ascendenti ed i discendenti, dai fratelli e dalle sorelle e dai loro discendenti (articolo 23 L.d.a.). Al creatore dell'NFT è, altresì, riconosciuto il diritto di utilizzare economicamente l'opera (articolo 12 L.d.a.) ed ha il diritto esclusivo di riprodurla in tutto o in parte, in copie dirette o indirette, temporanee o permanenti, ed in qualunque modo o forma (articolo 13). Il creatore, pertanto, potrà riprodurre l'opera NFT un numero indefinito di volte venendo ogni volta remunerato per la vendita delle singole copie. Il diritto di utilizzazione economica dell'opera dura tutta la vita e sino al termine del settantesimo anno solare dopo la sua morte (articolo 25 L.d.a.). Quando il creatore dell'opera decide di concedere a terzi lo sfruttamento economico della sua opera, egli ha diritto a percepire una percentuale sui proventi incassati. I diritti patrimoniali d'autore sono diritti a titolo originario (che nascono automaticamente al nascere dell'opera) che possono essere trasferiti dal creatore stesso sia mediante contratto o atto stipulato tra le parti, sia per successione in caso di morte. Con il trasferimento di tali diritti, gli unici soggetti legittimati a farli valere sono, ovviamente, coloro che li hanno ricevuti.

3. Gli NFT tratti da opere reali: il caso del Tondo Doni di Michelangelo. La disciplina applicabile

Quando gli NFT sono il risultato della trasformazione di un'opera d'arte reale, le problematiche da affrontare sono di natura diversa a seconda che il creatore dell'NFT sia anche autore dell'opera ovvero sia un soggetto terzo.

Se a dar vita all'opera digitale sia l'autore dell'opera reale, solo costui o un suo delegato sono autorizzati alla vendita dell'NFT e/o dell'opera sottostante. Questi, infatti, possono cedere l'FNT insieme all'opera reale ovvero in modo disgiunto riconoscendo all'acquirente diritti il cui contenuto è regolato, al pari di quanto accade per la generalità degli NFT, dai termini di servizio delle piattaforme ove gli stessi sono negoziati. Se l'NFT viene venduto contestualmente all'opera sottostante *nulla quaestio* perché l'acquirente diventa destinatario dei diritti di sfruttamento economico e di copyright che attengono sia all'opera reale che all'NFT (Cardella P.L., *Prime osservazioni in tema di non fungible token (NFT) e imposta sul valore aggiunto,* in *https://www.rivistadirittotributario.it*). Se, viceversa viene alienato solo l'NFT ed il creatore si riserva la proprietà dell'originale, in tal caso può accadere che il creatore riconosca all'acquirente il solo diritto di mostrare, promuovere e condividere l'NFT senza trasferirgli il diritto di sfruttamento economico sullo stesso. In tal caso l'acquirente non avrà la possibilità di utilizzarlo commercialmente, perché i diritti di sfruttamento dell'NFT al pari del diritto di copyright sullo stesso resteranno nella disponibilità del creatore (artt. 20-22 L.d.a).

Differente è il caso in cui a creare l'NFT sia un soggetto terzo, diverso dall'autore dell'opera d'arte reale da cui esso è tratto. Il *creator* che agisce su incarico dell'autore dovrà eseguire l'opera (realizzazione dell'NFT) a regola d'arte e dovrà consegnarla entro i termini prestabiliti (articolo 2224 c.c.). In relazione al risultato ottenuto ed al tempo impiegato l'autore dovrà corrispondere al *creator* il corrispettivo convenuto (articolo 2225 c.c.). Una volta ottenuto il *token* ed i diritti sulla proprietà intellettuale dello stesso, il proprietario potrà utilizzarlo come se si trattasse di un NFT da lui stesso creato.

La necessità di apprestare delle regole che disciplinassero siffatta materia in modo più puntuale, si è sentita prepotentemente quando si è percepita la possibilità di riprodurre

digitalmente le immagini di beni appartenenti al patrimonio dello Stato e di sfruttarne economicamente gli NFT (Manfredi G., *La tutela proprietaria dell'immateriale economico nei beni culturali*, in *Dir. econ.* 2017, 29 ss.; Morbidelli G., *Il valore immateriale dei beni culturali*, in AA.VV, *I beni immateriali tra regole privatistiche e pubblicistiche*, Napoli 2014, 171; Barile S., *Verso una nuova ipotesi di rappresentazione del concetto di bene culturale*, in Aa.Vv., *Patrimonio culturale e creazione di valore. Verso nuovi percorsi*, Padova 2012, 71; Resta G., *L'immagine dei beni*, in AA.VV., *Diritti esclusivi e nuovi beni immateriali*, Torino 2011, 554). Nel maggio 2021, per la prima volta al mondo, la Galleria degli Uffizi di Firenze ha dato, infatti, incarico ad un *creator* di riprodurre in forma digitale una serie numerata di nove esemplari del dipinto di Michelangelo Buonarroti, *Tondo Doni (*Hecker S.-Vanzetti M., *L'originale nell'arte come concetto mutevole nel tempo e nell'ambito della sua attuale tutela*, in *Arte e diritto* 2022, 1, 29). Il contratto intercorso tra la Galleria Uffizi di Firenze e l'Azienda Cinello prevedeva che quest'ultima realizzasse l'NFT da un dipinto scelto tra le opere selezionate dal Museo e dal ricavo netto della vendita di ogni NFT ne versasse il 50 % agli Uffizi. L'NFT del Tondo Doni, realizzato attraverso un brevetto esclusivo di cui rimaneva proprietaria l'Azienda Cinello, è stato corredato da un certificato di autenticità firmato dal direttore del museo detentore dell'opera originale. Tutti i diritti sull'opera d'arte reale e sulla sua riproduzione rimanevano, ovviamente, in capo al proprietario-concedente e, nel caso del *Tondo Doni*, in capo agli Uffizi. Questo accadimento ha spinto il Ministero, per un verso, a chiedere temporaneamente alle sue istituzioni di sospendere i contratti con le società tecnologiche riguardanti la riproduzione digitale delle opere delle proprie collezioni, e per altro, ad istituire una Commissione di esperti per l'elaborazione di linee guida utili a orientare gli istituti e i luoghi della cultura nella valutazione delle proposte progettuali di NFT, in modo da verificarne la compatibilità con le esigenze di tutela dei beni culturali, nonché con il carattere artistico o storico degli stessi e con il loro decoro.

In attesa che il legislatore interno si pronunci sui diversi aspetti della materia, l'interprete può solo limitarsi a verificare se la legislazione in vigore sia compatibile con il caso di specie. Il fenomeno della riproduzione digitalizzata di opere d'arte ancor prima dell'avvento degli NFT era stato oggetto della legge n. 106 del 29 luglio 2014 la quale ha statuito che le riproduzioni dei beni culturali e la successiva divulgazione delle immagini — con qualsiasi

mezzo, dunque anche *on line*, su *blog* e *social media* — siano "libere" quando siano svolte "senza scopo di lucro, per finalità di studio, ricerca, libera manifestazione del pensiero o espressione creativa, promozione della conoscenza del patrimonio culturale" (comma 3 bis articolo 108 del Codice dei beni culturali). L'attività di riproduzione deve, peraltro, essere attuata con modalità tali da non comportare alcun pericolo per la conservazione del bene (DE MEO R., *La riproduzione digitale delle opere museali fra valorizzazione culturale ed economica*, in *Diritto dell'informazione e dell'informatica* 2019, 3, 669). Nella previsione *de qua* non può certamente ricadere la creazione degli NFT del *Tondo Doni* in quanto, come è dato evincere dal contratto stipulato tra gli Uffizi e l'Azienda creatrice, essa è avvenuta per mere finalità di lucro e non per scopi culturali e/o di studio. Da ciò che le restrizioni imposte dalla normativa interna impediscono, al momento, lo sfruttamento economico delle opere immateriali tratte da opere reali esposte nei musei e, dunque, anche degli NFT.

4. La commercializzazione degli NFT. La natura delle informazioni inserite nei blocchi.

I creatori di NFT *native* o di NFT che riproducono opere d'arte reali, una volta generato o "coniato" il token, possono commercializzarlo, su diversi siti di compravendite che si definiscono orizzontali se i prodotti o i servizi commercializzati sono di diverso genere, ovvero verticali se permettono il commercio di un solo tipo di prodotto.

I siti di compravendite utilizzano la tecnologia blockchain che, secondo i principi fissati nella Risoluzione del Parlamento europeo del 3 ottobre 2018 (in tema di *Tecnologie di registro distribuito e blockchain: creare fiducia attraverso la disintermediazione*), consente di annotare tutte le informazioni riguardanti l'opera e, in particolare, la paternità della stessa; la titolarità dei diritti di autore (morale e patrimoniale); in caso di morte dell'artista, le informazioni relative ai soggetti che acquisiscono, *iure proprio* in occasione della morte, il diritto morale di autore; le immagini e il titolo dell'opera, l'anno di realizzazione, i materiali usati, le misure e la denominazione di "pezzo unico" oppure di "opera in serie"; le informazioni sulla proprietà dell'opera e sui successivi trasferimenti tramite contratto; i certificati di autenticità; l'arte c.d. immateriale. In sostanza l'utilizzo di questa tecnologia non solo consente di rappresentare l'NFT con tutte le caratteristiche proprie della *res* corporale, come se si trattasse di un

prodotto artistico tangibile, ma permette all'artista di certificarne la paternità senza incappare nella farraginosità della attuale burocrazia.

Il carattere immutabile dei blocchi può, però, generare non pochi problemi quando le attestazioni di autenticità indicate non siano veritiere, o perché lo stesso artista rinneghi, in un tempo successivo, l'autenticità dell'opera, o, perché un'opera venga certificata falsa da un giudice o attribuibile ad autore diverso. In tali circostanze, fatta salva la possibilità per l'ignaro acquirente che ha acquistato un NFT privo della qualità essenziale (autenticità) di esperire verso l'alienante l'azione risarcitoria ex articolo 1497 c.c., è necessario che le informazioni corrette siano annotate in blocchi successivi, "pena la non veridicità dell'informazione diffusa nel network, con quanto consegue in ordine ai trasferimenti successivi e alla loro certezza" (Frezza G., *Blockchain, autenticazione ed arte contemporanea*, in *Diritto di famiglia e delle persone* 2020, 2, 489). Vanno, così, indicati in blocchi successivi tutti gli accadimenti che hanno coinvolto l'opera NFT, se, cioè, essa sia stata oggetto di un contratto che abbia perso di efficacia a seguito di recesso, annullamento o risoluzione, ovvero se il contratto di vendita dell'opera d'arte sia stato coevo alla realizzazione di una fattispecie di reato punibile *ex* articolo 178 del Codice dei beni culturali (contraffazione di opere d'arte). Solo procedendo con successive e costanti annotazioni nel registro, le transazioni, principalmente ove siano "interne" all'ambiente virtuale, potranno dirsi sicure e controllate.

5. Gli *smart contract* quali strumenti di transazione degli NFT e le licenze di sfruttamento economico

Se non è escluso che l'NFT di un'opera d'arte possa essere oggetto di un contratto stipulato tra le parti al di fuori del *web* e sia disciplinato, dunque, alle regole di cui all'articolo 1321 e ss. del codice civile, è più comune che esso venga concluso *on line* attraverso *smart contract* la cui piena validità è stata affermata dal legislatore nazionale dapprima con legge n. 59 del 15 marzo 1997e con il D.P.R. n. 513 del 10 novembre 1997, poi trasfuso nel D.P.R. n. 445 del 28 Dicembre 2000, e poi con il CAD. Attraverso uno *smart contract*, dunque, le parti possono esprimere una dichiarazione intesa a realizzare un contenuto giuridicamente vincolante, imputabile direttamente ai soggetti ai quali i codici digitali sono legati e che si attua secondo quanto programmato.

Poiché lo *smart contract* va redatto con un linguaggio informatico, esso non è strutturato per messaggi complessi e può contenere solo l'indicazione delle parti, la determinazione o determinabilità dell'oggetto e la causa (articolo 1325 c.c.). Lo *smart contract*, dunque, ha uno scheletro minimo sufficiente che non ammette formule ambigue o dal significato oscuro. Il linguaggio crittografico deve essere espresso in maniera chiara e le parti devono essere in grado di intendere il contenuto del testo (Rampone F., *Smart contract: né smart né contract*, in *Rivista di diritto privato* 2020, 10; Stazi A., *Automazione contrattuale e contratti "intelligenti". Gli smart contract nel diritto comparato*, Torino 2019, 147).

Con lo *smart contract* il creatore/autore dell'opera o un suo delegato possono trasferire ad un soggetto acquirente/utilizzatore la proprietà dell'opera NFT. Non necessariamente devono essere trasferiti i diritti d'autore legati all'opera stessa che possono rimanere in capo al creatore dell'NFT. In tale circostanza, l'opera NFT acquistata viene connessa alla identità digitale del compratore/utilizzatore, ma il diritto di *copyright* è sempre riconducibile al suo creatore/autore. Poiché, però, i rapporti tra l'autore dell'opera e gli utilizzatori della stessa possono risultare di difficile gestione in quanto l'NFT per sua natura può avere rapidissima capacità di diffusione tanto da renderne difficile il controllo, spesso nello *smart contract* viene incorporata la licenza di sfruttamento economico dell'opera. Un tale accordo aggiuntivo prevede a carico del licenziatario l'obbligo di versare una somma di denaro *una tantum* o un canone periodico che può essere commisurato in tutto o in parte ai ricavi del licenziatario per lo sfruttamento del diritto immateriale. La licenza può essere esclusiva, ossia a favore di un solo soggetto per un determinato ambito territoriale, ovvero, non esclusiva qualora il licenziante conceda il diritto di sfruttamento economico del diritto a più soggetti all'interno di un determinato ambito territoriale. La licenza, inoltre, può essere limitata in relazione al tempo, alla tipologia, alla destinazione e alle caratteristiche tecniche degli NFT. Le parti, peraltro, possono stabilire che la licenza sia liberamente cedibile a terzi ovvero, *a contrario*, possono escludere le sublicenze. Tutte queste indicazioni, che dovranno essere inserite nei blocchi, consentono al titolare del diritto d'autore di gestire i rapporti con gli utilizzatori e di controllare le eventuali cessioni dell'NFT. La transazione, dunque, comprensiva eventualmente di licenza d'uso, una volta generata dal sistema è trasparente, immutabile, ha data certa ed è validata dal meccanismo della decentralizzazione.

6. *Segue.* Il problema relativo alla protezione dei dati personali nel mercato dell'arte.

Problema di non secondaria importanza legato all'utilizzo degli *smart contract* per commercializzare gli NFT è rappresentato dal fatto che chi acquista opere d'arte, spesso, ha interesse a tenere celati i propri dati personali, preferendo operare nell'anonimato, soprattutto nel caso in cui oggetto della transazione sia un bene di particolare importanza e valore economico. Se dal punto di vista tecnico è prospettabile la possibilità di non stoccare i dati personali memorizzando nella *blockchain* soltanto un rinvio ad essi tramite *hash* (stringa), dal punto di vista normativo occorre verificare se tutto ciò sia conciliabile con il Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR). Seppure l'applicazione del GDPR sembri apparentemente incompatibile con la *blockchain* che si connota per decentralizzazione, accessibilità ed immutabilità dei dati in essa inseriti, ciò non deve far ritenere che la riservatezza di questi ultimi sia *a priori* da escludere; al contrario, essa può essere garantita da altre caratteristiche della *blockchain* che consentono la anonimizzazione dei dati relativi ai soggetti che hanno posto in essere una determinata operazione e la minimizzazione dei dati che vengono condivisi.

Le transazioni che hanno ad oggetto gli NFT, nello specifico, possono essere anonimizzate attraverso la rimozione, la sostituzione e la distorsione degli identificatori diretti (ad esempio il nome completo delle parti o altre caratteristiche rilevanti delle persone fisiche). Questa singola operazione spesso viene utilizzata in combinazione con altre tecniche di anonimizzazione. All'eliminazione degli identificatori diretti si può aggiungere, infatti, la tecnica della generalizzazione che comporta la riduzione del grado di dettaglio di una determinata variabile e la eliminazione degli identificatori indiretti (cioè delle altre informazioni disponibili che rendono identificabile una persona in base all'occupazione, allo stipendio, all'età etc.).

La tecnica di anonimizzazione non esclude comunque che *i dati personali trattati debbano essere adeguati, pertinenti e limitati a quanto necessario rispetto alle finalità del trattamento (minimizzazione dei dati)*. Per non correre il rischio che il trattamento dei dati personali degli acquirenti di NFT avvenga in maniera non rispondente ai summenzionati requisiti, alcuni operatori del settore hanno provveduto ad individuare *team* di specialisti con il compito di verificare che le informazioni inserite nella *blockchain* vengano trattate in modo corretto. Si

tratta di una forma di tutela piuttosto interessante posto che le *blockchain* operanti nel settore dell'arte devono fornire, più di altre, garanzie di riservatezza e sicurezza.

7. Impossibilità di risolvere lo smart contract avente ad oggetto un NFT ed esclusione del diritto di recesso. Il nuovo standard ERC-721R.

La complessità delle tecnologie utilizzate e l'automaticità dell'adempimento che si realizza a prescindere da un comportamento delle parti, fa sì che il contratto avente ad oggetto il trasferimento di un NFT non possa essere risolto ai sensi dell'articolo 1453 del codice civile né che il bene possa essere restituito con conseguente ristoro delle spese sostenute. Agli NFT non è, infatti, applicabile neanche il diritto di recesso previsto all'articolo 52 del Codice del Consumo. L'articolo 59 del Codice del Consumo statuisce espressamente che il diritto di recesso è escluso con riferimento alla fornitura di contenuto digitale (come l'NFT) mediante un supporto non materiale (come ad esempio una chiave privata per un NFT o altro codice di riscatto dell'NFT) se l'esecuzione è iniziata con l'accordo espresso del consumatore e con la sua accettazione del fatto che in tal caso avrebbe perso il diritto di recesso (lett. o).

Poiché, però, non può aversi la certezza che i consumatori-acquirenti che si registrano sulle piattaforme virtuali nate per lo scambio di NFT leggano effettivamente le condizioni generali del servizio o comprendano le clausole in essi inserite ed accettate (ad esempio quella che prevede l'esclusione del diritto di recesso), i fornitori di servizi commerciali, allo scopo di promuovere con maggiore sicurezza le proprie attività, hanno creato un nuovo standard NFT denominato "ERC-721R" che conferisce all'acquirente il diritto di recedere dal contratto entro un termine di scadenza prestabilito e di ottenere il rimborso del prezzo corrisposto per l'NFT coniato. In particolare, questo meccanismo si realizza tramite un vincolo sul deposito delle somme poste a garanzia dallo *smart contract*. Coloro che coniano l'NFT non possono prelevare il prezzo fino a quando non sia scaduto il periodo di attesa implementato; così, entro il termine previsto, l'acquirente ha la possibilità di effettuare un reso dell'NFT di cui è diventato titolare ottenendo automaticamente il rimborso di quanto corrisposto. Questa soluzione innovativa rappresenta una valida possibilità sia per riconoscere finalmente all'utente il diritto di recesso, sia per combattere le truffe realizzate

dagli sviluppatori di un progetto creato col solo scopo di abbandonarlo e scappare con i fondi pagati dagli investitori-acquirenti.

8. NFT e costi ambientali delle piattaforme. La necessità di una disciplina ecosostenibile

Se, dunque, la tecnologia *blockchain* offre la possibilità di realizzare opere d'arte NFT *native* in unico esemplare o in edizioni limitate; di creare NFT tratte da opere reali; di tracciare e conservare in modo sicuro (ed a prova di manomissione) le informazioni riguardanti le opere d'arte digitali; di vendere gli NFT o nella loro interezza o anche solo *pro quota* (attraverso *smart contract* o, più recentemente, a mezzo di aste digitali); e, non ultimo, di certificarne in modo rapido l'autenticità; è pur vero, però, che l'utilizzo della *blockchain* e la logica creditizia ad essa sottesa crea non poche preoccupazioni in merito al fatto che la *crypto art* possa generare bolle speculative e che il mercato possa essere influenzato artificialmente dai dati immessi sulla catena.

Come ogni tecnica innovativa, l'utilizzo della *blockchain* presenta, dunque. un intreccio inestricabile di vantaggi e rischi, che avvicinano artisti e fruitori (acquirenti). Il rapporto tra questi ultimi non si fonda sulla fiducia reciproca, essi, infatti, poiché nella maggior parte dei casi vogliono mantenere l'anonimato, non si conoscono e non si conosceranno mai. Piuttosto il rapporto tra i partecipanti al sistema (artisti-venditori e fruitori-acquirenti) poggia sul *mutuo controllo* delle reciproche attività, e sull'osservanza di impegni adottati all'atto della sottoscrizione delle condizioni contrattuali. In tale contesto, lo scambio di informazioni si rivela funzionale alla realizzazione degli accordi assunti ed alla successiva verifica della loro attuazione. Ecco perché le informazioni devono essere affidabili, sicure e corrette. Utile in tale direzione è il controllo operato dai *miner* che operano per conto delle piattaforme e verificano le informazioni e le transazioni inserite nella catena. Questo processo necessita dell'utilizzo di macchine con elevata potenza di calcolo e ad alto consumo di energia elettrica. Poiché la maggior parte dei computer che servono le *blockchain* non sono alimentati con energia rinnovabile ma con energia di origine fossile, i costi ambientali di tali processi risultano essere elevatissimi. Per denunciare gli impressionanti costi ambientali della *Crypto Art* un gruppo di artisti ha pubblicato un manifesto sottolineando la necessità di una regolamentazione apposita volta all'adozione di una disciplina unitaria ed armonizzata per il controllo dei

mercati che sfruttano risorse limitate senza riserve. Poiché è facile prevedere che in un futuro prossimo la fruizione delle opere d'arte si svilupperà prevalentemente per mezzo di immagini digitali, è auspicabile che, di là dalle soluzioni più sostenibili proposte dagli esperti del settore gli Stati dell'Unione pongano fine in tempi rapidi al vuoto normativo regolamentando i processi che avvengono nelle piattaforme e limitando il consumo energetico che essi comportano (PARENTI G., *Il recente fenomeno della crypto art, l'impatto ambientale e la necessaria regolamentazione*, in *https://rgaonline.it*).

9. Bibliografia

Barile S., *Verso una nuova ipotesi di rappresentazione del concetto di bene culturale*, in Aa.Vv., *Patrimonio culturale e creazione di valore. Verso nuovi percorsi*, Padova 2012.

Benjamin W., *L'opera d'arte nell'epoca della sua riproducibilità tecnica*, Torino, 2000.

Boucher P., *Come la tecnologia blockchain può cambiarci la vita*, in *Servizio di ricerca del Parlamento Europeo*, 2017, 4.

Cardella P.L., *Prime osservazioni in tema di non fungible token (NFT) e imposta sul valore aggiunto*, in *https://www.rivistadirittotributario.it*).

Crisci S., *Intelligenza artificiale ed etica dell'algoritmo*, in *Foro amm.* 2017, 10, 1787.

De Meo R., *La riproduzione digitale delle opere museali fra valorizzazione culturale ed economica*, in *Diritto dell'informazione e dell'informatica* 2019, 3, 669.

Frezza G., *Blockchain, autenticazione ed arte contemporanea*, in *Diritto di famiglia e delle persone* 2020, 2, 489.

Hecker S.-Vanzetti M., *L'originale nell'arte come concetto mutevole nel tempo e nell'ambito della sua attuale tutela*, in *Arte e diritto* 2022, 1, 29.

Iansiti M.-Lakhani K.R., *The truth about Blockchain, in Harvard Business Review* 2017.

Livelli F.M., *Tokenizzazione degli asset: scenari e sfide*, in *https://www.blockchain4innovation.it*.

Manfredi G., *La tutela proprietaria dell'immateriale economico nei beni culturali*, in *Dir. econ.* 2017, 29.

Millard C., *Blockchain and law: incompatible codes?*, in *Computer Law & Security Review*, 2018, 843.

Moleti A., *Chi ha inventato gli NFT (Non fungible token)?*, in *https://www.trend-online.com*.

Morbidelli G., *Il valore immateriale dei beni culturali*, in AA.VV, *I beni immateriali tra regole privatistiche e pubblicistiche*, Napoli 2014.

Parenti G., *Il recente fenomeno della crypto art, l'impatto ambientale e la necessaria regolamentazione*, in *https://rgaonline.it*.

Rampone F., *Smart contract: né smart né contract*, in *Rivista di diritto privato* 2020, 10.

Resta G., *L'immagine dei beni*, in AA.VV., *Diritti esclusivi e nuovi beni immateriali*, Torino 2011, 554.

Stazi A., *Automazione contrattuale e contratti "intelligenti". Gli smart contract nel diritto comparato*, Torino 2019.

Trovatore G., *L'opera d'arte e il suo valore nell'epoca della blockchain*, in *Arte e diritto* 2022, 1, 81.

Profilo biografico degli autori

Albergamo Ambrogina
Area 03 - Scienze Chimiche, 03/D1 – SSD CHIM/10 – Ricercatore t.d. di tipo B di Chimica degli Alimenti - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Alberghina Daniela
Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H1 – SSD Vet/02 – Professoressa Associata in Fisiologia ed Etologia Veterinaria - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Aliberti Davide
Area 10 - Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/I1 – SSD: L-LIN/07 – Ricercatore t.d. di tipo B di Lingua e Traduzione – Lingua Spagnola – Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Alibrandi Simona
Area 05 - Scienze Biologiche - SC 05/F1– SSD: BIO/13 – Dottoranda di ricerca in Biologia applicata - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Aloi Matteo
Area 11 - Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E4 – SSD: M-PSI/08 – Ricercatore t.d. di tipo B di Psicologia Clinica - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Anello Giovanni

Area 01 - Scienze matematiche e informatiche – S.C. 01/A3 – SSD: MAT/05 - Professore Ordinario di Analisi Matematica - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Angelino Caterina

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 - 12/C1 – SSD: Ius/01 – Ius/09 - Borsista di ricerca Progetto Smartjust - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Arangio Alessandro

Area 11 - Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/B1 - SSD: M-GGR/02– Professore Associato di Geografia economico-politica – Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Astone Antonino

Area 12 - Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS/01 – Professore Associato di Diritto Privato – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Astone Francesco

Area 12 - Scienze giuridiche – S.C. 12/D1 – SSD: IUS/10 – Professore Ordinario di Diritto Amministrativo – Università degli Studi di Messina

Avena Giuseppe

Area 13 – Scienze Economiche e Statistiche – S.C. 13/D3 – SSD: SECS-S/05 – Ricercatore di Statistica Sociale - Dipartimento di Economia – Università degli Studi di Messina

Azzarelli Attilio

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/H1 – SSD: ING-INF/05 - Ingegnere informatico - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Baglieri Daniela

Area 13 – Scienze Economiche e Statistiche – S.C. 13/B2 – SSD: Secs-P/08 – Professoressa Ordinaria di Economia e Gestione delle Imprese - Dipartimento di Economia – Università degli Studi di Messina

Baglio Antonio

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/A3 – SSD: M-STO/04 - Ricercatore a tempo indeterminato e professore aggregato di Storia contemporanea - Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Baldari Sergio

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/I1– SSD: MED/36– Professore Ordinario di Diagnostica per immagini e radioterapia – Direttore Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Barbera Elvira

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – S.C. 01/A4 – SSD: MAT/07 - Professoressa Ordinaria di Fisica Matematica - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Bellone Federica

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/B1– SSD: MED/09 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Medicina Interna - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Benedetto Loredana

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E1 – SSD: M-PSI/04 – Professoressa Associata di Psicologia dello sviluppo e psicologia dell'educazione - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Biondi Vito

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H4 – SSD: VET/08 – Ricercatore t.d. di tipo A - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Bitto Alessandra

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/G1– SSD: BIO/14 – Professoressa Ordinaria di Farmacologia - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Bombaci Barbara

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS 01 – Dottoranda di ricerca in Scienze Giuridiche - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Bonanzinga Maddalena

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – S.C. 01/A2 – SSD: MAT/03 - Professoressa Ordinaria di Geometria - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Borsellino Chiara

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/B1 – SSD: ING-IND/16 – Professoressa Associata di Tecnologie e sistemi di lavorazione - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Borzì Iolanda

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 –12/C1 – SSD: Ius/01 – Ius/09 – già Borsista di ricerca Progetto Smartjust - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina - Dottoressa di ricerca in Scienze Giuridiche, *curriculum* Diritto della Navigazione e dei Trasporti - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Bucca Antonino

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/C4 – SSD: M-FIL/05 - Professore Associato di Filosofia e teoria dei linguaggi - Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Buscema Luca

Area 12 – Scienze giuridiche – settore GIUR-05/A - Professore di II fascia di Diritto costituzionale e pubblico - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Calabrese Luigi

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/D1 – SSD: ING-IND/22 – Professore Associato di Scienza e Tecnologia dei Materiali - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Capomolla Chiara

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS 01 – Assegnista di ricerca di Diritto privato - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Cappuccio Susanna

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS 01 – Dottoranda di ricerca in Scienze Giuridiche - Assegnista di ricerca di Diritto privato - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Carbone Silvia

Area 14 – Scienze Politiche e Sociali - S.C. 14/C1 – SSD: SPS/07 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Sociologia Generale - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Cardali Salvatore Massimiliano

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/E3– SSD: MED/27– Professore Ordinario di Neurochirurgia - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Carnevale Alex

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/C1– SSD: BIO/07 – Dottorando di ricerca in Ecologia - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche ed ambientali – Università degli Studi di Messina

Catalano Antonino

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/B1– SSD: MED/09 – Professore Associato di Medicina Interna - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Cava Antonia

Area 14 – Scienze Politiche e Sociali - S.C. 14/C2 – SSD: SPS/08 - Professoressa Associata di Sociologia dei processi culturali e comunicativi – Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Cavalieri Rosalia

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/C4 - SSD: M-FIL/05 – Professoressa ordinaria di Filosofia e Teoria dei linguaggi – Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Cavallaro Filippo

UOC Medicina Fisica e Riabilitativa AOU "G. Martino" Messina

Cavallaro Mauro

Museo della fauna - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Cervino Gabriele

Area 06 – Scienze Mediche- SC 06/F1– SSD: MED/28 – Ricercatore t.d. di tipo A di Malattie odontostomatologiche- Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Cicero Nicola

Area 03 – Scienze Chimiche - SC 03/D1 – SSD: CHIM/10 – Professore associato di Chimica degli Alimenti - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Cinici Maria Cristina

Area 13 – Scienze Economiche e Statistiche – S.C. 13/B2 – SSD: Secs-P/08 – Professoressa Associata di Economia e Gestione delle Imprese - Dipartimento di Economia – Università degli Studi di Messina

Ciofi Carmine

Area 09 – Ingegneria Industriale e dell'Informazione - S.C. 09/E3 – SSD: ING-INF/01 – Professore Ordinario di Elettronica – Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Consolo Giancarlo

Area 01 – Scienze matematiche ed informatiche – S.C. 01/A4 – SSD: MAT/07 – Professore Associato di Fisica matematica - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Corigliano Pasqualino

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/A1 – SSD: ING-IND/02 – Ricercatore t.d. di tipo B di Costruzioni e Impianti Navali e Marini - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Correnti Antonella

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/E2 – SSD: IUS 02 - Assegnista di ricerca di Diritto Privato comparato - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Cosoleto Maria Stella

Psicologa – Dottoressa magistrale in Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita, Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Costanzo Mariachiara

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/B1– SSD: BIO/05 – Dottoranda di ricerca in Zoologia - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche ed ambientali – Università degli Studi di Messina

Crisafulli Michele

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS 01 – Dottorando di ricerca in Scienze Giuridiche - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Crupi Vincenzo

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/A1 – SSD: ING-IND/02 - Professore Ordinario di Costruzioni e Impianti Navali e Marini - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Cucinotta Filippo

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/A3 – SSD: ING-IND/15 - Professore Associato di Disegno e metodi dell'ingegneria industriale - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

D'Angelo Rosalia

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/F1– SSD: BIO/13 – Professoressa associata di Biologia applicata - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Dattilo Giuseppe

Area 06 – Scienze Mediche- SC 06/D1– SSD: MED/11 – Ricercatore t.d. di tipo B in Malattie dell'apparato cardiovascolare - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Di Blasi Elena

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/B1 - SSD: M-GGR/02– Professoressa Ordinaria di Geografia economico-politica – Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Donato Luigi

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/F1– SSD: BIO/13 – Assegnista di ricerca e Cultore della Materia in Biologia applicata - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

De Caro Salvatore

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/E2 – SSD: ING-IND/32 – Professore Associato di Convertitori, Macchine e Azionamenti Elettrici - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

De Maria Laura

Area 07 - Scienze Veterinarie – Dottoranda di Ricerca XXXVII Ciclo in Sanità Pubblica Veterinaria e Sicurezza Alimentare - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Denaro Antonio

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/B1 – SSD: ING-IND/16 – Dottorando di ricerca in Tecnologie e sistemi di lavorazione - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Di Bella Gianluca

Area 06 – Scienze Mediche- SC 06/D1– SSD: MED/11 – Professore Ordinario di Malattie dell'apparato cardiovascolare - Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale– Università degli Studi di Messina

Di Bella Giuseppa

Area 03 – Scienze Chimiche - SC 03/D1 – SSD: CHIM/10 - Professore Ordinario di Chimica degli Alimenti - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Di Bella Guido

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/B1 – SSD: ING-IND/16 – Professore Associato di Tecnologie e sistemi di lavorazione - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Di Fresco Dario

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/C1– SSD: BIO/07 – Dottorando di ricerca in Ecologia - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche ed ambientali – Università degli Studi di Messina

D'Iglio Claudio

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/B1– SSD: BIO/05 – Dottorando di ricerca in Zoologia - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche ed ambientali – Università degli Studi di Messina

Di Mauro Paola

Area 10 – Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/M1 – SSD: L-Lin 13 – Professoressa associata di Lingue, letterature e culture germaniche - Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Dionisio Alessandra

Responsabile Comunicazione, URP e Ufficio Stampa Azienda Ospedaliera Universitaria Federico II di Napoli - Dottore di Ricerca in Scienze della Comunicazione

Epasto Grabiella

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/A3 – SSD: ING-IND/14 - Professoressa Associata di Progettazione Meccanica e Costruzione di Macchine - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Famulari Sergio

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/C1– SSD: BIO/07 – Dottorando di ricerca in Biologia Applicata e Medicina Sperimentale - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche ed ambientali – Università degli Studi di Messina

Favaloro Federica

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/B1 – SSD: ING-IND/16 – Dottoranda di ricerca in Tecnologie e sistemi di lavorazione - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Ferluga Loredana

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/B2 – SSD: IUS 07 - Professoressa Ordinaria di Diritto del lavoro – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Ficarra Antonino

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – Dottorando XXXVI ciclo in "Matematica e Scienze Computazionali" - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Ficarra Giovanni

Area 06 – Scienze mediche – Dottorando XXXVI ciclo in "Translational Molecular Medicine and Surgery" - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Fiore Angela

Area 10 - Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/C1 – SSD: L-ART/07 – Ricercatore t.d. di tipo B di Musicologia e Storia della Musica - Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Fiorillo Luca

Area 06 – Scienze Mediche- SC 06/F1– SSD: MED/28 – Assegnista di ricerca di Malattie odontostomatologiche - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Foti Cristina

Laureata in "Scienze e tecniche psicologiche cliniche e preventive" e iscritta al corso di laurea magistrale in "Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita" presso l'Università degli Studi di Messina.

Freni Fortunato

Area 12 – Scienze Giuridiche – S.C. 12/C2 – SSD: IUS/11- Professore Ordinario di Diritto ecclesiastico e canonico – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Gambino Sonia

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/B1 - SSD: M-GGR/01– Professoressa Associata di Geografia – Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Gangemi Sebastiano

Area 06 – Scienze mediche – S.C. 06/B1 – SSD: MED/09 – Professore ordinario di Medicina interna – Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale – Università degli Studi di Messina

Gargano Romana

Area 13 – Scienze Economiche e Statistiche – S.C. 13/D1– SSD: SECS-S/01– Ricercatrice di Statistica - Dipartimento di Economia – Università degli Studi di Messina

Garufi Giada

Neurochirurgo - Azienda Ospedaliera "Papardo", Messina

Germanò Antonio

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/E3 – SSD: MED/27 – Professore Ordinario di Neurochirurgia - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Gervasi Teresa

Area 03 – Scienze Chimiche - SC 03/D1 – SSD: CHIM/11 – Ricercatore t.d. di tipo B di Chimica e Biotecnologia delle Fermentazioni - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Giacopello Angelica

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/G1– SSD: BIO/14 – Specializzanda in Farmacologia e Tossicologia clinica, Area Medica - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Giacopello Davide

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – Dottorando XXXVII ciclo in "Matematica e Scienze Computazionali" - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Gianelli Claudia

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E1 – SSD: M-PSI/01 – Ricercatrice t.d. di tipo B di Psicologia Generale - Dipartimento di Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Giarratana Filippo

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H2 – SSD VET/04 – Professore Associato di Ispezione degli alimenti di origine animale - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Girasella Elena

Area 12 - Scienze giuridiche – S.C. 12/C1 – SSD Ius/09 – Dottoressa di ricerca in Scienze Politiche - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Giuffrida Alessandro

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H2 – SSD VET/04 – Professore Ordinario di Ispezione degli alimenti di origine animale - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Giunta Fabiola

Medico Veterinario, Esperto in Comportamento Animale FNOVI, Agira (EN)

Grifò Gabriele

Area 01 – Scienze matematiche ed informatiche – SSD: MAT/07 – Dottore di Ricerca in "Matematica e scienze computazionali" - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Guarneri Fabrizio

Area 06 – Scienze mediche – S.C. 06/D4 – SSD: MED/35 - Professore Ordinario di Malattie cutanee e veneree – Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Ingrassia Massimo

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E2 – SSD: M-PSI/04 – Professore Associato di Psicologia dello Sviluppo e Psicologia dell'Educazione - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Irrera Natasha

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/G1– SSD: BIO/14 – Ricercatrice t.d. di tipo B di Farmacologia - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Isola Stefania

Dirigente medico specialista in Allergologia ed immunologia clinica presso AOU Policlinico G. Martino di Messina

Labadessa Paola

Area 10 – Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche - S.C. 10/H1 – SSD: L-LIN/04 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Lingua e Traduzione - Lingua Francese - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Landi Alessandra

Specializzanda in Medicina e Chirurgia del Cavallo - Università degli Studi di Torino

Laudicella Riccardo

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/I1– SSD: MED/36– Dirigente medico di Diagnostica per immagini e radioterapia – Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Lauro Rita

Area 06 – Scienze mediche – Dottoranda XXXVII ciclo in "Translational Molecular Medicine and Surgery" - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Lazzaro Anna

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/D1 – SSD: IUS/10 - Ricercatrice di Diritto Amministrativo – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Lo Giudice Letizia Valentina

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/G1 – SSD: IUS/17 – Dottore di ricerca in Scienze Giuridiche – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Longo Francesco

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/H1 – SSD: ING-INF/05 - Professore Associato di Sistemi di elaborazione delle informazioni - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Lo Turco Vincenzo

Area 03- Scienze Chimiche, 03/D1 – SSD CHIM/10 – Professore Associato di Chimica degli Alimenti - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Macidonio Stefania

Psicologa - Laureata in Psicologia – Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale - Università degli Studi di Messina

Madaudo Mariapia

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS/01 – Dottoranda di ricerca in Scienze Giuridiche - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Madera Adelaide

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/C2 – SSD: IUS 11 - Professoressa Ordinaria di Diritto canonico – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Mannino Federica

Area 06 – Scienze mediche – Specializzanda in Genetica Medica e Assegnista di ricerca - – Dipartimento di Medicina Clinica e Sperimentale – Università degli Studi di Messina

Marabello Gabriele

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/B1 – SSD: ING-IND/16 – Dottorando di ricerca in Tecnologie e sistemi di lavorazione - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Marcianò Angela

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/B2 – SSD: IUS 07 - Professoressa Associata di Diritto del lavoro – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Marino Alba

Area 13 – Scienze Economiche e Statistiche – S.C. 13/B2 – SSD: SECS-P/08 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Economia e Gestione delle Imprese - Dipartimento di Economia – Università degli Studi di Messina

Marra Cinzia

Area 04 - Scienze della Terra - S.C. 04/A2 - SSD: GEO/01 – Professoressa Associata di Paleontologia e Paleoecologia - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Marrara Sonia

Area 02 - Scienze fisiche – S.C. 02/B1– SSD: FIS/01 – Dottoranda di ricerca in Fisica sperimentale - Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra (MIFT) – Università degli Studi di Messina - Istituto per i Processi Chimico-fisici (IPCF), CNR, Messina.

Martino Gabriella

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E4 – SSD: M-PSI/08 – Professoressa Associata di Psicologia Clinica - Dipartimento di Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Mazzeo Anna Teresa

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/L1– SSD: MED/41– Professoressa Associata di Anestesiologia - Dipartimento di Patologia umana dell'adulto e dell'età evolutiva Gaetano Barresi – Università degli Studi di Messina

Mento Carmela

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E4 – SSD: M-PSI/08 – Professore Associato di Psicologia Clinica - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Messina Giovanni

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/B1 - SSD: M-GGR/01 – Ricercatore t.d. di tipo B di Geografia – Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Messina Nunziata

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche, psicologiche - S.C. 11/B1 – SSD: M-GGR/01– Ricercatrice t.d. di tipo A di Geografia - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Micari Antonio

Area 06 – Scienze Mediche- SC 06/D1– SSD: MED/11 – Professore Ordinario di Malattie dell'apparato cardiovascolare - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Milardi Demetrio

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/H1– SSD: BIO/16 – Professore Ordinario di Anatomia umana - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Milone Candida

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 03/B2 – SSD: CHIM/07 – Professoressa Ordinaria di Fondamenti Chimici delle Tecnologie - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Monaca Mariangela

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/A6 - SSD: M-STO/06 – Professoressa ordinaria di Storia delle religioni - Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Montanini Roberto

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/E4 – SSD: ING-IND/12 – Professore Ordinario di Misure meccaniche e termiche - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Monti Salvatore

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H5 – SSD: VET/10 - Dottorando di Ricerca in Scienze Veterinarie - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Morabito Alessia

Psicologa - Laureata in Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita – Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale - Università degli Studi di Messina

Morabito Nunziata

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/B1– SSD: MED/09 – Professore aggregato di Medicina Interna - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Mordà Domenico

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/F1– SSD: BIO/13 – Tirocinante volontario in Biologia applicata - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Moschella Giovanni

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/C1 – SSD: IUS 09 – Professore ordinario di Istituzioni di diritto pubblico - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche –Università degli Studi di Messina

Nalbone Luca

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H2 – SSD Vet/04 – Ricercatore t.d. di tipo A di Ispezione degli alimenti di origine animale - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Nava Vincenzo

Area 03- Scienze Chimiche, 03/D1 – SSD CHIM/10 – Dottore di ricerca in Scienze Chimiche - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Nicosia Enrico

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/B1 - SSD: M-GGR/01– Professore Ordinario di Geografia – Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Novarese Daniela

Area 14 – Scienze Politiche e Sociali - S.C. 14/B1 – SSD: SPS/03 - Professoressa Ordinaria di Storia delle istituzioni politiche - Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Ofria Ferdinando

Area 13 – Scienze Economiche e Statistiche – S.C. 13/A2– SSD: SECS-P/02– Professore Associato di Politica economica - Dipartimento di Economia – Università degli Studi di Messina

Orecchio Barbara

Area 04 - Scienze della Terra – S.C. 04/A4 – SSD: GEO/10 – Professoressa ordinaria di Geofisica della terra solida - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Oteri Giacomo

Area 06 – Scienze Mediche- SC 06/F1– SSD: MED/28 – Professore ordinario di Malattie odontostomatologiche- Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Palomba Giulia

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/A1 – SSD: ING-IND/02 – Assegnista di ricerca in Costruzioni e Impianti Navali e Marini - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Panfiglio Simone

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – Ricercatore industriale

Panzera Michele

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H1 – SSD VET/02 – Professore Ordinario in Fisiologia ed Etologia Veterinaria - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Parrinello Concetta

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS 01 - Professoressa Ordinaria di Diritto privato - Coordinatore Dottorato di Ricerca in Scienze Giuridiche - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Passantino Annamaria

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H4 – SSD: VET/08 - Professore Ordinario di Clinica Medica Veterinaria - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Peditto Matteo

Area 06 – Scienze Mediche- SC 06/F1– SSD: MED/28 – Assegnista di ricerca di Malattie odontostomatologiche- Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Pellegrino Francesca

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/B1 – SSD: IUS 06 - Professoressa Ordinaria di Diritto della navigazione - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Pellicanò Bruna

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/C1 – SSD: Ius/09 – Dottoranda di ricerca in Scienze delle Pubbliche Amministrazioni - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Pennisi Feliciana

Area 10 - Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/ D3 – SSD: L-FIL-LET /04 – Ricercatrice di Lingua e Letteratura latina – Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Pennisi Rosamaria

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/I1– SSD: BIO/19 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Microbiologia - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche e ambientali – Università degli Studi di Messina

Pergolizzi Laura

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/D1 – SSD: IUS 10 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Diritto amministrativo - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Piperopoulos Elpida

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/D3 – SSD: ING-IND/27 – Professoressa Associata di Chimica Industriale e Tecnologica - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Pipitone Antonio

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – S.C. 01/B1 – SSD: INF/01 – Dottore in Informatica - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Pira Francesco

Area 14 – Scienze Politiche e Sociali - S.C. 14/C2 – SSD: SPS/08 - Professore Associato di Sociologia della Comunicazione - Delegato del Rettore alla Comunicazione - Dipartimento Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Plebe Alessio

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/C2 – SSD: Fil/02 – Professore Ordinario di Logica e filosofia della scienza - Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Pollino Annamaria

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – Dottoranda XXXVI ciclo in "Matematica e Scienze Computazionali" - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Porto Carmelo Maria

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/B1 - SSD: M-GGR/02– Professore Ordinario di Geografia economico-politica – Direttore del Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Potenza Daniela

Area 10 - Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/N1 – SSD: L-OR/12 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Lingua e letteratura araba – Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Potortì Angela Giorgia

Area 03- Scienze Chimiche, 03/D1 – SSD CHIM/10 – Ricercatore t.d. di tipo B di Chimica degli Alimenti - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Presti Debora

Area 04 - Scienze della Terra – S.C. 04/A4 – SSD: GEO/10 – Professoressa ordinaria di Geofisica della terra solida - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Proverbio Edoardo

Area 09 – Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/D1 – SSD: ING-IND/22 – Professore Ordinario di Scienza e Tecnologia dei Materiali - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Pugliese Antonio

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H4 – SSD: VET/08 - Professore Ordinario in quiescenza di Clinica Medica e Farmacologia Veterinaria - Dipartimento di Scienze Veterinarie – Università degli Studi di Messina

Pugliese Michela

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H4 – SSD: VET/08 - Professore Associato di Clinica Medica Veterinaria - Dipartimento di Scienze Veterinarie – Università degli Studi di Messina

Raffaele Marcello

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/A3 – SSD: ING-IND/15 – Dottore di ricerca in Ingegneria e chimica dei materiali e delle costrruzioni – XXXIV Ciclo - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Ricciardi Luisa

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/B1– SSD: MED/09 – Professore aggregato di Medicina Interna - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Rinaldi Carmela

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/F1– SSD: BIO/13 – Ricercatrice di Biologia applicata - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Rinaldo Giancarlo

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – S.C. 0/A2 – SSD: MAT/02 – Ricercatore t.d. di tipo B di Algebra - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Risitano Giacomo

Area 09 - Ingegneria industriale e dell'informazione – S.C. 09/A3 – SSD: ING-IND/14 - Professore Associato di Progettazione meccanica e costruzione di macchine - Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Rizzo Alessandra

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – Dottoranda XXXVII ciclo in "Matematica e Scienze Computazionali" - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Rizzo Giuseppina

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/H1– SSD: BIO/16 – Professoressa Ordinaria di Anatomia umana - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Rizzo Rosalba

Area 10 – Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche - S.C. 10/L1 – SSD: L-LIN/12 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Lingua e traduzione – Lingua inglese - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Ruello Elisa Venera

Area 02 - Scienze fisiche – S.C. 02/B3 – SSD: FIS/07 – Ricercatrice di Fisica applicata (a beni culturali, ambientali, biologia e medicina) – Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali– Università degli Studi di Messina

Russo Marina

Area 03- Scienze Chimiche, 03/D1 – SSD CHIM/10 – Professoressa Associata di Chimica degli Alimenti - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche e ambientali – Università degli Studi di Messina

Salmeri Francesca Maria

Funzionario Tecnico, Dottore in Medicina e Chirurgia – Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Sansotta Carlo

Area 02 - Scienze fisiche – S.C. 02/B3 – SSD: FIS/07 – Professore aggregato di Fisica applicata (a beni culturali, ambientali, biologia e medicina) – Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali– Università degli Studi di Messina

Santoro Rosa

Area 10 - Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/ D3 – SSD: L-FIL-LET /04 – Ricercatrice di Lingua e Letteratura latina – Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Sarnelli Fulvia

Area 10 - Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/L1 – SSD: L-LIN/11 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Lingue e letterature anglo-americane – Dipartimento di Civiltà antiche e moderne – Università degli Studi di Messina

Scandurra Graziella

Area 09 – Ingegneria Industriale e dell'Informazione - S.C. 09/E3 – SSD: ING-INF/01 – Professore Associato di Elettronica – Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi di Messina

Scimone Concetta

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/F1– SSD: BIO/13 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Biologia applicata - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Sciortino Maria Teresa

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/I1– SSD: BIO/19 – Professoressa Ordinaria di Microbiologia - Dipartimento di Scienze chimiche, biologiche, farmaceutiche e ambientali – Università degli Studi di Messina

Scolaro Silvia

Area 04 - Scienze della Terra – S.C. 04/A4 – SSD: GEO/10 - Assegnista di Ricerca - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Scopelliti Federica

Psicologa - Laureata in Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita – Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale -Università degli Studi di Messina

Sergi Alessandro

Area 02 - Scienze fisiche – S.C. 02/A2 – SSD: FIS/02 – Professore Associato di Fisica Teorica e Modelli Matematici – Adjunct Professor Institute of System Science, Durban University of Technology, South Africa - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Settineri Salvatore

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E4 – SSD: M-PSI/08 – Professore Associato di Psicologia Clinica - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Sidoti Antonina

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/F1– SSD: BIO/13 – Professoressa associata di Biologia applicata - Dipartimento di Scienze biomediche, odontoiatriche e delle immagini morfologiche e funzionali – Università degli Studi di Messina

Sgroi Emanuele

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – Dottorando XXXVII ciclo in "Matematica e Scienze Computazionali" - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Sorrentino Giorgia

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H2 – SSD VET/04 - Dottoranda di Ricerca in Scienze Veterinarie - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Spadaro Giuseppe

Area 05 – Scienze Biologiche - SC 05/G1– SSD: BIO/14 – Specializzando in Farmacologia e Tossicologia clinica, Area Medica - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Spadola Filippo

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H5 – SSD VET/09 – Professore associato di Clinica chirurgica veterniaria - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Spatari Giovanna

Rettrice dell'Università degli Studi di Messina per il sessennio 2023-2029.

Spatola Chiara

Area 11 - Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche – S.C. 11/E4 – SSD: M-PSI/08 – Ricercatrice t.d. di tipo B di Psicologia Clinica - Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Spinola Federica

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H2 – SSD VET/04 - Dottoranda di Ricerca in Scienze Veterinarie - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Testa Laura Natalia Anna

Area 12 - Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS 01 – Dottoranda di ricerca in Scienze Giuridiche - Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Tigano Marta

Area 12 - Scienze giuridiche – S.C. 12/C2 – SSD: IUS 11 - Professoressa Ordinaria di Diritto canonico – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Tomaiuolo Francesco

Area 11- Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche - SC 11/E1– SSD: M-PSI/02 – Professore Ordinario di Psicobiologia e psicologia fisiologica- Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

Tommasini Maria Francesca

Area 12 - Scienze giuridiche – S.C. 12/A1 – SSD: IUS 01 - Professoressa Ordinaria di Diritto privato - Dipartimento di Scienze politiche e giuridiche – Università degli Studi di Messina

Toscano Gianni

Area 12 – Scienze giuridiche – S.C. 12/B2 – SSD: IUS 07 – Ricercatore t.d. di tipo A di Diritto del lavoro – Dipartimento di Giurisprudenza – Università degli Studi di Messina

Totaro Cristina

Area 04 - Scienze della Terra – S.C. A4/04 – SSD: GEO/10 – Ricercatrice t.d. di tipo A di Geofisica della terra solida - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Trifirò Katia

Area 10 - Scienze dell'antichità, filologico-letterarie e storico-artistiche – S.C. 10/C1 – SSD: L-ART/05 – Ricercatrice t.d. di tipo B di Discipline dello spettacolo – Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Tripodi Vincenzo Francesco

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/L1– SSD: MED/41 – Dottore di ricerca e Cultore della materia in Anestesiologia – Dipartimento di Patologia umana dell'adulto e dell'età evolutiva Gaetano Barresi – Università degli Studi di Messina

Vadalà Mariacristina

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/L1– SSD: MED/41 – Dirigente Medico presso UOC Servizio di Anestesia, AOU Policlinico "G. Martino" di Messina

Valenzise Mariella

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/G1 – SSD: MED/38 – Professoressa Associata di Pediatria generale e specialistica - Dipartimento di Patologia Umana dell'adulto e dell'età evolutiva Gaetano Barresi – Università degli Studi di Messina

Vasi Sebastiano

Area 02 - Scienze fisiche – S.C. 02/B1– SSD: FIS/01 – Ricercatore t.d. di tipo A di Fisica sperimentale - Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra (MIFT) – Università degli Studi di Messina

Vergallo Pierandrea

Area 01 – Scienze matematiche e informatiche – S.C. 01/A4 – SSD: MAT/07 - Assegnista di Fisica Matematica - Dipartimento di Scienze matematiche e informatiche, scienze fisiche e scienze della terra – Università degli Studi di Messina

Vicario Carmelo Mario

Area 11 – Scienze storiche, filosofiche, pedagogiche e psicologiche - SC 11/E1– SSD: M-PSI/02 – Professore Ordinario di Psicobiologia e psicologia fisiologica- Dipartimento di Scienze cognitive, psicologiche, pedagogiche e degli studi culturali – Università degli Studi di Messina

Wasniewska Malgorzata

Area 06 – Scienze Mediche - SC 06/G1 – SSD: MED/38 – Professoressa ordinaria di Pediatria generale e specialistica - Dipartimento di Patologia Umana dell'adulto e dell'età evolutiva Gaetano Barresi – Università degli Studi di Messina

Ziino Graziella

Area 07 - Scienze Veterinarie – S.C. 07/H2 – SSD VET/04 – Professore Ordinario di Ispezione degli alimenti di origine animale - Dipartimento di Scienze veterinarie – Università degli Studi di Messina

Zurzolo Vittorio

Dottore magistrale in Psicologia clinica e della salute nel ciclo di vita, Dipartimento di Medicina clinica e sperimentale – Università degli Studi di Messina

