



*Healthy Buildings: Migliorare la qualità della vita progettando spazi interni sani*

# Healthy Buildings

*Migliorare la qualità della vita progettando spazi interni sani*







**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA**  
**DIPARTIMENTO D'INGEGNERIA**

Dottorato in  
**INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E DELLA SICUREZZA**  
XXXVI CICLO

Coordinatore Prof. Gaetano Bosurgi

Curriculum

**SCIENZE E TECNOLOGIE, MATERIALI, ENERGIA E SISTEMI COMPLESSI PER IL  
CALCOLO DISTRIBUITO E RETI**

Tesi di Dottorato

S.S.D. ICAR/10

# Healthy Buildings

*Migliorare la qualità della vita progettando spazi interni sani*

Dottoranda:

**Ludovica Maria Sofia Savoca**

Tutor:

**Prof. Ing. Fabio Minutoli**

Co-Tutor

**Prof.ssa Ing. Ornella Fiandaca**

Licenza



Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale



Anno Accademico 2022/2023



# INDICE

## ABSTRACT

Italiano .....	9
Inglese .....	9

## 1



### INTRODUZIONE.....13

1.1. Inquadramento del problema scientifico.....	15
1.2. Obiettivo della ricerca.....	17
1.3. Metodologia della ricerca.....	19

## 2



### STATO DELL'ARTE.....23

2.1. Da <i>Sick Building Syndrome</i> a <i>Healthy Building</i> .....	25
2.2. Analisi dei fattori microclimatici e identificazione delle sostanze inquinanti.....	31
2.3. Valutazione <i>post</i> occupativa.....	33

## 3



### METODOLOGIA.....47

3.1. Importanza dell' <i>Healthy Building</i> e dei fondamenti che lo costituiscono.....	49
3.2. Individuazione di tre nuovi fondamenti per edifici sani applicabili con i sistemi di certificazione .....	95
3.3. Sintesi dei parametri individuati e delle possibili variabili.....	105
3.4. Protocolli, <i>standard</i> e certificazioni.....	111

## 4



### APPLICAZIONE, RISULTATI E PROPOSTE.....117

4.1. Criteri di selezione del caso studio .....	119
4.2. Strumenti di analisi e valutazione <i>post</i> occupativa delle condizioni di benessere ambientale .....	149
4.3. Elaborazione dei dati acquisiti tramite sondaggio.....	161
4.4. Proposta di intervento/i e certificazione della qualità ambientale raggiunta .....	175

## 5



### CONCLUSIONI.....195

### RIFERIMENTI/BIBLIOGRAFIA/SITOGRAFIA.....203

### ELENCO ABBREVIAZIONI/ACRONIMI/SIGLE.....223

### ELENCO FIGURE.....227

### ELENCO TABELLE.....233

### ELENCO GRAFICI.....235

### RINGRAZIAMENTI.....239

### APPENDICE.....243

## *ABSTRACT*

Il presente studio analizza il *comfort* e la qualità globale degli ambienti interni negli edifici storici con destinazione per uffici, cercando di elaborare una definizione il più possibile ampia e realistica. A tal fine si è pensato di basarsi sullo strumento dei “protocolli” già attivati per tale scopo, che tentano di superare una definizione nozionistica a vantaggio di una puntualizzazione di tutti i contenuti in grado di connotare realisticamente il *comfort*.

La ricerca mira a: studiare quali sono i parametri e i concetti alla base di tali strumenti, su scala nazionale e internazionale, che definiscono la qualità e il *comfort* negli ambienti interni; indagare i nove fondamenti che nella letteratura tecnica esistente caratterizzano un Healthy Building, tanto approfonditamente da arrivare a prefigurare l'introduzione di altri tre nuovi; formulare un sondaggio *ad hoc* sulla base dei nove più tre fondamenti studiati, per applicarlo a un caso reale e in

This study analyzes the comfort and overall quality of the indoor spaces in historic office buildings, in an attempt to develop a definition of comfort that is as broad and realistic as possible. To this end, it was decided to rely on the “protocols” that are already being implemented for this purpose, whose aim is to overcome a notional definition in favor of a more detailed and punctual insight concerning what realistically comfort consists of.

The research is aimed at: looking into the parameters and concepts underlying the protocols, on a national and international level, which define quality and comfort in indoor spaces; investigating the nine key aspects that, according to the existing specialised literature, characterize a Healthy, so thoroughly as to envisage the introduction of three new ones; formulating an ad hoc survey based on the nine plus three principles studied, applying it to a real case and, lastly, finding and applying the most suitable certification for

fine trovare e applicare la certificazione più adeguata al caso studio scelto.

Nella prima parte del lavoro condotto sono state approfondite le tematiche inerenti: all'evoluzione della *Sick Building Syndrome*, alla valutazione dei fattori microclimatici e all'identificazione delle sostanze inquinanti; in particolare si è intuiva la potenzialità di una risorsa utilizzata di frequente per la valutazione della qualità ambientale interna, rappresentata dalla formulazione di questionari da somministrare agli occupanti di edifici, per ottenere una "valutazione post occupativa" (POE).

Nella seconda sono stati esaminati i nove fondamenti per edifici sani (qualità dell'aria, ventilazione, umidità, qualità illuminotecnica, qualità termo-igrometrica, qualità acustica, polveri e parassiti, qualità dell'acqua, sicurezza e protezione) come enunciati dell'università di Harvard, individuandone tre nuovi (salute mentale, nutrizione e fitness). La successiva indagine sui vari protocolli su scala nazionale e internazionale (p. es. GBC Italia, LEED, BREEAM, WELL) ha consentito di valutare quali dei suddetti fondamenti sono più utilizzati e come vengono articolati in criteri e/o parametri (p. es. destinazione d'uso o età dell'edificio, riduzione del consumo dell'acqua, prestazioni energetiche minime) e di verificare l'uso che tali protocolli fanno dei questionari. In seguito, è stata rintracciata la certificazione che li potrebbe racchiudere tutti, completando a pieno la

the chosen case study.

The first part of the analysis provides an indepth look into the issues relating to the evolution of the Sick Building Syndrome, the evaluation of microclimatic factors and the identification of polluting substances. In particular, it sheds light on the potential of a tool that is often used for the assessment of indoor space quality, the drafting of questionnaires to be administered to the occupants of buildings, in order to put together a "post occupancy assessment" (POE).

In the second part, the nine foundations for healthy buildings (air quality, ventilation, humidity, lighting quality, thermohygrometric quality, acoustic quality, dust and parasites, water quality, safety and security) were examined based on the definition given by the university of Harvard, and three new ones are identified (mental health, nutrition and fitness). The subsequent investigation into the various protocols on a national and international scale (e.g. GBC Italia, LEED, BREEAM, WELL) made it possible to evaluate which of the aforementioned aspects are most used and how they translate into criteria and/or parameters (e.g. intended use or age of the building, reduction in water consumption, minimum energy performance) and to verify the use that these protocols make of the questionnaires. As a next step, a certification was identified that could be as comprehensive as possible, which would

tematica del *comfort* e del benessere, e per di più adatta all'obbiettivo di indagare la qualità di edifici storici.

La terza costituisce la fase applicativa della ricerca motivando il caso selezionato: sono stati individuati l'edificio-caso di studio (con relativa storia, rilievo e riproduzione di planimetria, piante e prospetti dello stato di fatto) e i partecipanti all'indagine; sono stati definiti i metodi, le procedure, le tempistiche e i tipi di analisi da condurre; è stato predisposto un sondaggio dedicato, verificando al contempo di persona lo stato degli ambienti (uffici e spazi comuni).

La quarta parte riporta i risultati delle analisi condotte con lo strumento del sondaggio; inoltre sono state realizzate delle piante arredate relativamente agli uffici in esame per un confronto tra lo stato di fatto e di progetto, quest'ultimo basato sui fondamenti dell'edificio sano (9+3); in fine la proposta e l'applicazione della certificazione ambientale ritenuta più adeguata (GBC *Historic Building*, per la valenza storica dell'edificio e per i suoi criteri quanto più completi e vicini ai temi dei fondamenti).

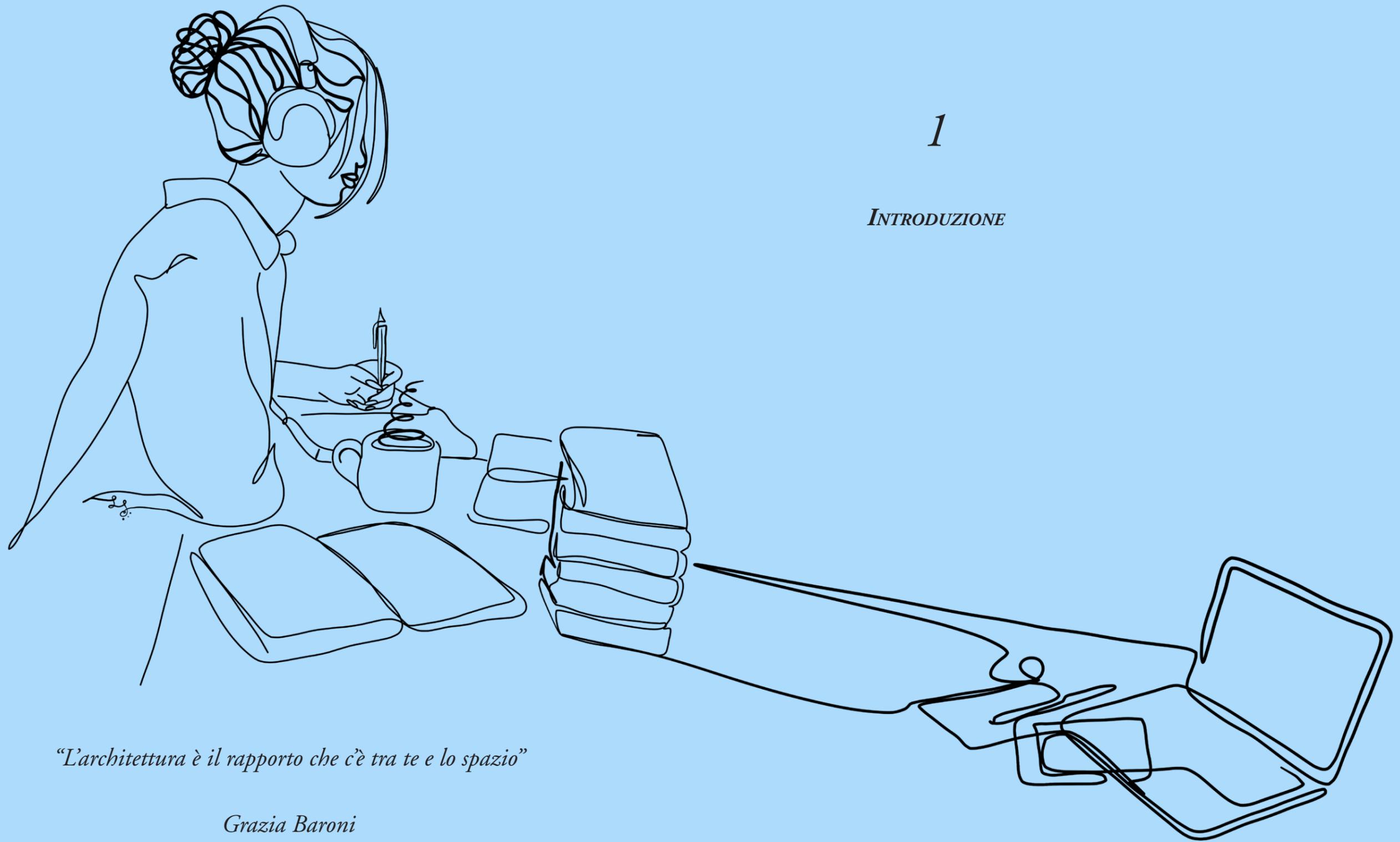
**Parole chiave:** *Comfort* e benessere, edifici sani, certificazioni, edifici per uffici, *toolbox*

**Key words:** Comfort and well-being, healthy buildings, certifications, office buildings, toolbox

allow for a full understanding of comfort and wellbeing and help investigate the quality of historic buildings.

The third part describes the application phase of the research and provides backing towards the selected case: the case study building (with its history, survey and reproduction of the plan, plans and elevations of the current state) and the participants in the investigation were identified; the methods, procedures, timing and types of analyzes to be conducted were de-fined; a dedicated survey was prepared while an on-site inspection of the spaces (offices and communal areas) was also carried out.

The fourth part reports the results of the analyses conducted with the survey tool as well as the tables with the plans of the office furniture at present and the plans with the possible proposals, based on the enumerated key principles (nine plus three). Finally, the environmental certification considered most appropriate is put forth and applied (GBC *Historic Building*, in view of the historical value of the building and since its criteria are the closest to the topics covered by the principles).



# 1

## INTRODUZIONE

*“L'architettura è il rapporto che c'è tra te e lo spazio”*

*Grazia Baroni*



## 1.1.



### Inquadramento del problema scientifico

Il futuro della società contemporanea e l'ambiente in cui viviamo sono fortemente collegati agli sviluppi socioeconomici in genere e in particolare al cambiamento climatico e ai suoi effetti. Il mondo scientifico ha dichiarato da tempo che l'attuale alterazione è il risultato di migliaia di anni di attività umana, dimostrando il legame tra inquinamento antropico e costante aumento delle temperature globali specialmente per la produzione sempre più elevata di gas serra.

La causa principale di questo aumento dei gas a effetto serra è identificata nell'utilizzo dei combustibili fossili e l'edilizia risulta essere un settore che presenta un impatto notevole sull'ambiente per tutto il ciclo di vita dei manufatti. Per affrontare questo problema, negli ultimi 20 anni, tra le altre misure, sono state incrementate le normative, le linee guida e gli strumenti per realizzare edifici sempre meno energivori e più rispettosi dell'ambiente.

Se l'attenzione nei confronti della valutazione dell'impatto ambientale e del contenimento dei consumi energetici, senza rinunciare al *comfort*, rappresenta ormai da decenni un tema centrale nel settore delle costruzioni, l'interesse verso la salute degli edifici è invece una conquista del XXI secolo, anche in ragione al modo in cui determinati materiali possono influire sullo stato fisico dell'individuo e sul benessere dell'uomo e dell'ambiente; questa tematica sta diventando sempre più centrale sia nella fase di progettazione e realizzazione degli edifici sia nella fase di produzione di materiali e componenti, migliorando la trasparenza in merito alle sostanze chimiche pericolose così da incentivare l'innovazione dei prodotti, sempre più orientata a una lungimirante salvaguardia della salute; in sostanza ciò rappresenta di fatto un completamento della nozione di benessere e della fruizione degli edifici. Proponendo l'uso di questionari con la finalità di ottenere indicazioni per migliorare il *comfort*, quindi anche la produzione, la progettazione, la realizzazione, la gestione e la fruizione degli ambienti.

Sono stati sviluppati molti strumenti per determinare indicatori e criteri di prestazione per edifici sani e confortevoli, concentrandosi in generale sulla prevenzione dei problemi di salute e sul *comfort*. Era necessario quindi sia concepire un approccio diverso o almeno adattato alla valutazione della salute e del *comfort* degli occupanti nell'ambiente interno, sia adottare una



visione multidisciplinare integrativa capace di tenere conto degli stimoli positivi e negativi, nonché di occuparsi dei bisogni “reali” delle persone.

Una conseguenza di questa impostazione è stato il decollo di diverse certificazioni, che hanno utilizzato svariati sistemi per definire i parametri con cui gli edifici possono migliorare la nostra vita, focalizzandosi sull’agio del singolo.

Nel 2017 è stato condotto uno studio sugli *Healthy Buildings*, da Joseph G. Allen e Ari Bernstein della *Harvard TH Chan School of Public Health* [1], con il quale sono state individuate molte componenti distinte che possono supportare il benessere dell’individuo e la condizione negli edifici. Mentre il movimento per l’edilizia “verde” ha affrontato tematiche come l’energia, i rifiuti e l’acqua, quello per l’edilizia “sana” si è concentrato sulla risorsa più importante (e costosa) a qualsiasi livello: le persone.

## 1.2.



### Obiettivi della ricerca

Il percorso di ricerca intrapreso è stato innescato dall’incontro con il termine *discomfort* e dal desiderio di comprenderne a fondo il significato e l’essenza. In effetti, mentre il *comfort* può vantare una ormai storica quantità di studi e ricerche, il termine che lo nega, per l’appunto *discomfort*, ha apportato un elemento di novità implicando l’introduzione del concetto di *Sick Building* ovvero edificio malato.

Il percorso è dunque iniziato dallo studio della definizione di *Sick Building* e dei suoi successivi sviluppi, che ne rappresentano la progressiva evoluzione, testimonianza di una crescente attenzione di progettisti e ricercatori nei confronti di un’edilizia “sana”. È poi proseguito con l’analisi e l’approfondimento delle certificazioni ambientali esistenti, che rappresentano lo strumento di verifica e qualificazione degli edifici, in quanto mirano a quantificare la risposta di questi ultimi nei termini di edifici confortevoli e sani.

Allo scopo di semplificare, ma senza impoverire l’argomento, di per sé particolarmente ricco di spunti e variabili e caratterizzato dall’intrinseca necessità di un approccio olistico, la disamina delle certificazioni, combinata con le risultanze dello studio sugli *Healthy Buildings* condotto da Joseph G. Allen e Ari Bernstein, ha consentito di ridurre le variabili da considerare come presupposti basilari a un numero limitato di “invarianti”: sono questi i nove “fondamenti” sui quali si è basata la gran parte della ricerca, arricchitasi durante lo svolgimento dalla considerazione che a questi nove se ne dovevano aggiungere degli altri. Completata la parte prettamente analitica si è passati alla scelta del caso studio applicativo e del sistema più adatto ad effettuare l’indagine, con la premessa di voler operare nell’ambito non tanto delle costruzioni ex novo quanto dell’edilizia esistente e datata, privilegiando una tipologia per il terziario rispetto a quella residenziale, anche per la maggiore potenzialità del sistema d’indagine scelto: lo strumento del sondaggio.

I principali obiettivi di questa ricerca possono dunque essere così sintetizzati:

a) individuare e sintetizzare i nove fondamenti già noti per rendere un edificio sano, partendo dallo studio sugli *Healthy Buildings*, di Joseph G. Allen e Ari Bernstein [1]; introdurne di



nuovi, qualitativamente notevoli, per definire in maniera completa un edificio sano;

- b) studiare i parametri e i concetti alla base di vari protocolli su scala nazionale e internazionale, avendo individuato tra i più significativi il protocollo WELL [2] e quello GBC *Historic Building* [3] (GBC Italia [4]); il primo certifica la qualità e il *comfort* di un ambiente interno, mentre il secondo non soltanto certifica ma tutela anche la valenza storica di un edificio seguendo specifiche linee guida;
- c) analizzare i sistemi di indagine che sono stati elaborati nel tempo per verificare la rispondenza degli spazi costruiti ai criteri di *comfort* e di *healthy building*, in genere rappresentati da questionari somministrati ai fruitori degli spazi presi in esame. Sviluppare, a scopo migliorativo rispetto a quelli esistenti, un nuovo sondaggio, cioè una *toolbox*, in questo caso specifico costruita come una “valutazione post occupativa”, che metta al centro dell’attenzione il benessere e la salute degli occupanti negli edifici per il terziario. Attraverso lo sviluppo di questa “cassetta degli attrezzi” si mira a ottenere dati e risultati che possano essere utili per descrivere la misura in cui un edificio promuove e protegge efficacemente le istanze di salute e *comfort* dei suoi occupanti con riferimento ai fondamenti individuati (9 già noti + 3 conseguenti alla ricerca = 12 totali);
- d) proporre un unico sistema di certificazione basato sui fondamenti individuati, che soddisfi i parametri di *health* e *comfort* in maniera completa e sintetica, con particolare riferimento all’edilizia preesistente vista la disponibilità di un edificio per il terziario, all’interno dell’Ateneo messinese, che farà da caso studio.

Il raggiungimento di questi obiettivi deve consentire di ottimizzare l’uso dell’edificio nell’ottica di un maggiore benessere fisico e psicofisico degli occupanti, di migliorare la gestione quotidiana, di identificare e correggere comportamenti problematici o prestazioni inferiori alle attese, oltre che procurare a costruttori e progettisti uno strumento di *feedback* per l’affinamento dei vari protocolli.

In una prospettiva a lungo termine, il lavoro di ricerca svolto nell’ambito della ricerca condotta dovrebbe fornire un contributo innovativo alla valutazione degli edifici esistenti, con riferimento ai fondamenti per rendere un ambiente di lavoro confortevole e sicuro, quindi a sua volta un edificio sano, e alle certificazioni, offrendo una *toolbox* innovativa pensata e testata per essere utilizzata specificatamente nella valutazione degli edifici storici.

### 1.3.



#### Metodologia della ricerca

Il lavoro di ricerca è stato incentrato, in una prima fase, sulla lettura e sull’analisi della letteratura scientifica, di testi universitari, di articoli e riviste di settore, di siti web, di normative e protocolli. Ulteriore approfondimento della tematica *Healthy Buildings* è stato fatto con la partecipazione, in qualità di relatore e non a convegni, seminari e corsi specialistici.

Ciò ha permesso di puntualizzare e aggiornare i vari aspetti che concorrono a definire il concetto di *comfort*, individuare i criteri (spesso definiti con il termine fondamenti) già utilizzati nei principali protocolli; al tempo stesso ha evidenziato la necessità di ampliare il ventaglio di tali criteri, aggiungendone di nuovi destinati a rappresentare meglio le esigenze dei fruitori degli “edifici per il lavoro organizzato”<sup>1</sup>; in particolare, oltre a tenere conto di quanto sia cambiata da parte dell’utenza la percezione del *comfort* e di quanti elementi aggiuntivi si siano venuti a integrare o sovrapporre rispetto a quelli classici del *comfort* termo-igrometrico e di purezza dell’aria, ci si è accorti che nel caso scelto, cioè degli edifici per uffici, le attuali modalità d’uso comportano la compresenza di numerose persone, che vanno ad occupare tanto spazi singoli quanto spazi comuni o di socializzazione, come avviene in quasi tutta l’edilizia per il terziario, delineando così un quadro esigenziale più complesso.

L’analisi svolta ha immediatamente evidenziato una prevalenza di protocolli destinati alle costruzioni ex novo rispetto a quelli finalizzati all’esistente, in particolare quello storico, che invece sappiamo essere oggi oggetto di grande interesse per tutti coloro che perseguono gli obiettivi del consumo di suolo zero e della valorizzazione/recupero funzionale del costruito.

A questo punto la ricerca ha rivelato la necessità di intrecciare tra loro due strade: la prima, più teorica, rivolta all’analisi critica dei vari “fondamenti” che sono alla base dei protocolli analizzati; la seconda, più applicativa, orientata a trovare e testare un edificio/caso di studio adatto a far emergere le potenzialità delle “valutazioni post occupative” degli edifici in uso.

La prima strada è quella che ha consentito non soltanto di enucleare e approfondire i

<sup>1</sup> Si è scelta l’espressione introdotta da Pasquale Carbonara nella sua monumentale opera *Architettura pratica*, ritenendo che oggi rappresenti meglio di quella “edifici per uffici” la complessità e le diverse declinazioni che questo tipo di lavoro può assumere.





fondamenti già noti (qualità dell'aria, ventilazione, umidità, qualità illuminotecnica, qualità termo-igrometrica, qualità acustica, qualità dell'acqua, polveri e parassiti, sicurezza e protezione) ma anche di aggiungerne di nuovi (salute mentale, nutrizione, fitness) come già indicato nel paragrafo 1.2: obiettivi *a*) e *b*).

La seconda ha condotto a selezionare un edificio esistente e con destinazione d'uso per uffici, sul quale testare il metodo di valutazione individuato: è stato scelto nel costruito messinese di proprietà dell'Ateneo un edificio edificato dopo il sisma del 1908 (tra il 1913 - 1927) e pertanto classificabile come storico, che ha già subito un intervento di adeguamento energetico passivo, limitato alla sostituzione degli infissi, coibentazione del terrazzo con l'aggiunta dei parapetti. È stata quindi verificata non soltanto l'attuale risposta dell'edificio ma anche e soprattutto se gli interventi apportati dall'amministrazione hanno fatto realmente conseguire i miglioramenti sperati (come p. es. maggiore *comfort* per gli utenti, eventuali risparmi energetici, componenti impiantistiche adeguatamente funzionanti, ecc.). Per ottenere la valutazione degli interventi è stato predisposto un sondaggio *ad hoc* sulla falsa riga di BUS<sup>2</sup>, CBE Survey<sup>3</sup>, HOPE<sup>4</sup> (questionari inerenti alla valutazione post occupativa, descritti in seguito) tarato per testare se l'intervento messo in atto abbia effettivamente raggiunto obiettivi migliorativi o non abbia piuttosto prodotto risultati modesti, se non addirittura peggiorato talvolta la situazione. Dall'analisi delle risposte del sondaggio somministrato e dopo il rilevamento dell'eventuale stato di *discomfort* percepito verrà individuata, proposta e applicata la certificazione ambientale più adeguata, a valle di quanto l'analisi della letteratura scientifica, implementata dalla ricerca condotta, suggerisce sull'edificio oggetto di esame.

<sup>2</sup> BUS (*Building Use Studies*) è stato sviluppato da *Building Use Studies Ltd* nel 1985, con lo scopo di essere applicato agli edifici ritenuti "da risanare". È stato utilizzato in seguito anche per il progetto PROBE di cui si parlerà in seguito. Il sondaggio ha per oggetto l'analisi di edifici residenziali e di uffici da risanare. Indaga *comfort* termico e percepito, IAQ, salute degli occupanti e produttività autostimata. La compilazione è avvenuta sia su supporto cartaceo che on-line, in lingua inglese.

<sup>3</sup> CBE Survey (*Center for the built Environment*) è stato sviluppato dall'Università della California, *Center for the Built Environment*, US già dal 1996, ed è tuttora in uso, ha per oggetto edifici per uffici, commerciali, residenziali, scuole, ospedali, carceri, banche, supermercati - centri commerciali. I temi indagati sono soddisfazione generale, *layout* degli ambienti, *comfort* termico, qualità dell'aria, illuminazione, qualità acustica, pulizia e manutenzione. È stato redatto in diverse lingue (inglese, italiano, spagnolo, cinese, tedesco, danese e finlandese, con compilazione on-line).

<sup>4</sup> Il sondaggio HOPE (*Health Optimisation Protocol for Energy-efficient Building*) è stato sviluppato da European project HOPE dal 2002 al 2005, avendo per oggetto l'indagine di edifici residenziali (con ventilazione meccanica e naturale) e uffici. Indagava: *comfort* acustico, termico, visivo, qualità dell'aria e salute degli occupanti. La compilazione era cartacea e successivamente le risposte venivano rilevate tramite un lettore e acquisite al computer. Redatto in lingua inglese.

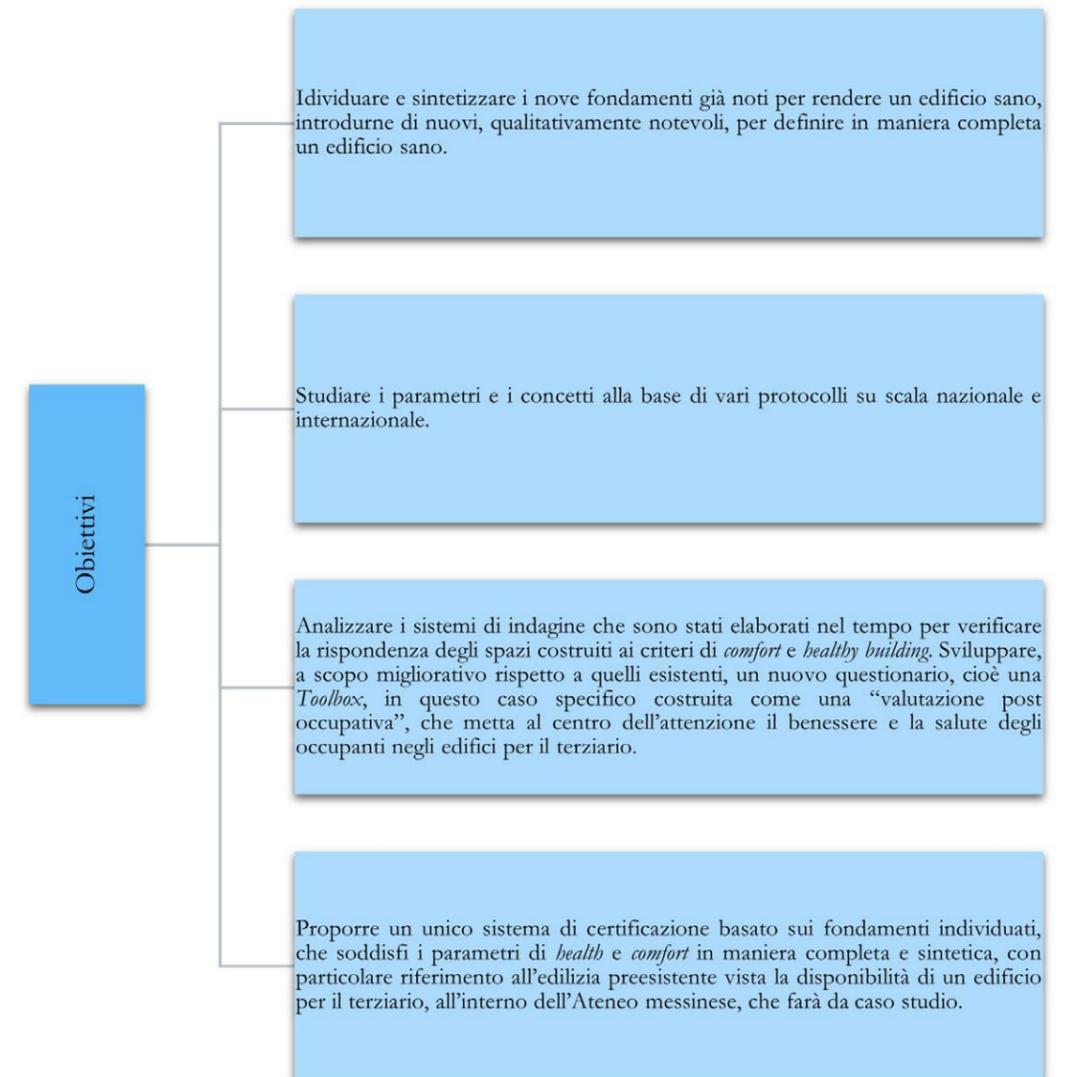
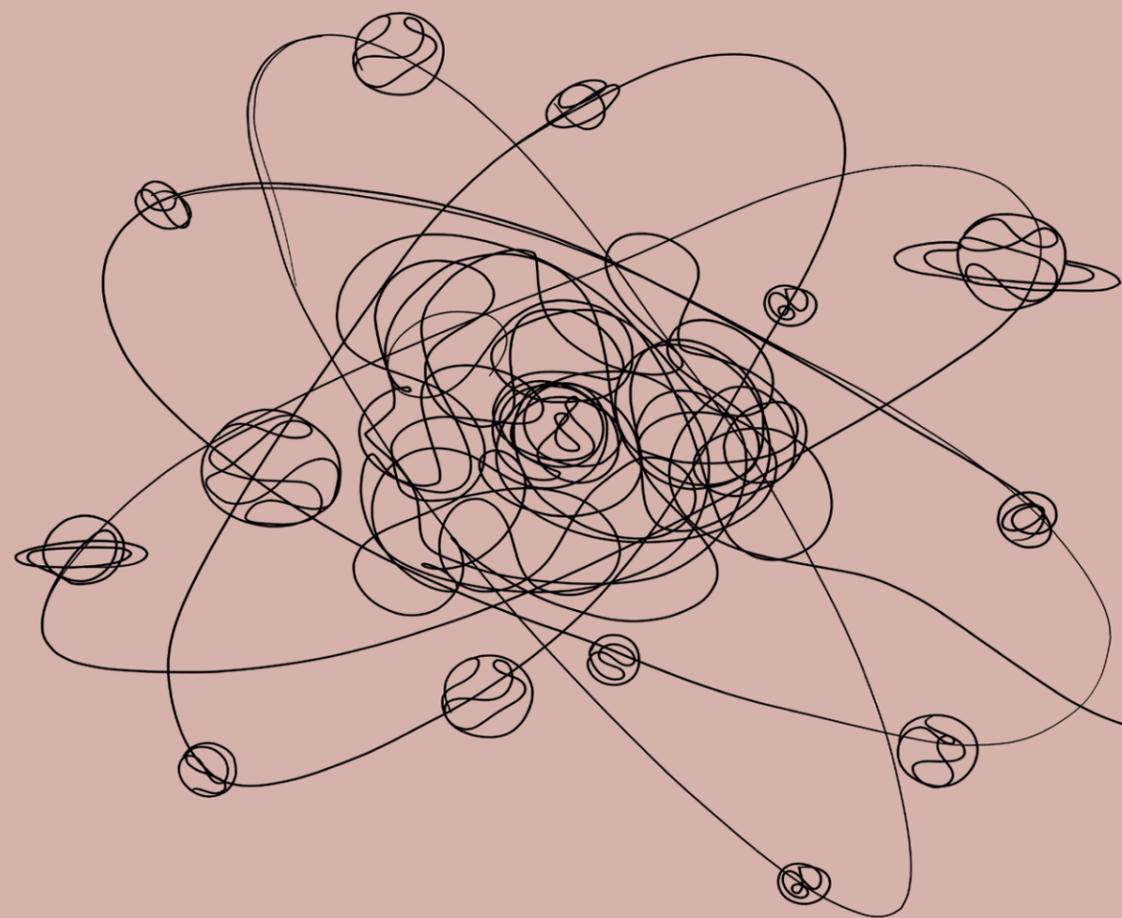


Grafico 1 - Principali obiettivi di questa ricerca così sintetizzati



2

*STATO DELL'ARTE*



*“Guardate le stelle invece dei vostri piedi. Cercate di dare un senso a ciò che vedete, e interrogatevi sull’esistenza dell’universo. Siate curiosi.”*

*Stephen Hawking*



## 2.1.



### Da *Sick Building Syndrome* a *Healthy Building*

L'emergenza da Covid-19 ha accentuato in maniera significativa l'attenzione nei confronti sia delle condizioni igienico-sanitarie degli ambienti, in particolare dei locali interni maggiormente frequentati, sia dei sintomi riconducibili alla *Sick Building Syndrome* – SBS, traducibile come Sindrome dell'Edificio Malato, anche se la versione anglosassone è la preferita, riconosciuta dall'OMS<sup>5</sup> (Organizzazione Mondiale della Sanità) nel 1986 e considerata la patologia associata alla permanenza in luoghi di operosità e di residenza "insalubri".

La sindrome raggruppa una serie di disturbi legati a quegli aspetti del microclima a cui sono regolarmente esposte le persone che trascorrono la maggior parte del loro tempo in ambienti "confinati", a tal proposito è stato intrapreso questo percorso di ricerca e di analisi, per compensare le insufficienti o addirittura mancate attenzione, informazione e tutela riguardanti, in un primo momento, il settore dell'edilizia residenziale circa i requisiti dei nostri ambienti domestici, in seguito il settore del terziario (uffici) sul fabbisogno e sul benessere degli utenti: si voleva comprendere sia come siamo arrivati a parlare di *Healthy Buildings* e quali sono i fondamenti che definiscono un edificio sano; sia in che modo si intende certificare la qualità del costruito e cosa è stato dedotto dalle esperienze passate. Cosicché le generazioni future, in prospettiva del nuovo piano d'azione adottato dall'*European Commission*, possano raggiungere, all'interno di edifici sani, il traguardo di inquinamento zero, *Green Deal*, fissato per il 2050 [5].

Nell'ulteriore vulnerabilità indotta dall'attuale situazione pandemica, la ricerca ripercorre il quadro storico sulla tematica della SBS, giungendo a delineare le "specifiche" dell'edificio sano, al fine di comprendere come prevenire o eventualmente risolvere le problematiche indotte, tenendo sempre presente che virus, batteri, microparticelle, allergeni e inquinanti sono da prendere tutti in considerazione, dal momento che già la presenza di una sola categoria implica segnali dovuti alla SBS, causando negli ambienti chiusi un generico stato di malessere (mal di testa, capogiri, nausea, difficoltà di concentrazione, stanchezza,

<sup>5</sup> È l'istituto specializzato dell'ONU (Organizzazione delle Nazioni Unite) per la salute. L'Organizzazione Mondiale della Sanità è stata istituita con il trattato adottato a New York nel luglio del 1946, entrato in vigore nel 1948. La sua sede è in Svizzera, a Ginevra. In: <https://www.who.int/>



prostrazione, facile irritabilità e sonnolenza) e sintomi di tipo nervoso, oculare (secchezza, eccessiva lacrimazione, congiuntiviti, bruciore, debolezza e difficoltà a mettere a fuoco), respiratorio e di iperreattività bronchiale aspecifica (tosse, aumento delle secrezioni nasali, spasmi della muscolatura liscia dei bronchi, respiro pesante, asma e affanno), eruzioni cutanee (eritemi, pruriti, ecc.), possibile alterazione del gusto e dell'olfatto. Sono decisamente più complesse e richiedono segnalazioni alle autorità sanitarie alcune patologie più significative legate a infezioni (legionella, corona-virus, eccetera), alcuni trattamenti igienici dei pazienti e l'adozione di precise misure di contenimento.

I primi studi risalgono al 1970, quando si manifestarono condizioni di malattie polmonari, alcune anche letali, in edifici dotati di impianti di condizionamento dell'aria, come nel caso dell'epidemia proprio di legionella al *Bellevue Stratford Hotel di Philadelphia* nel 1976 [6], mentre oggi il discorso può essere esteso ai sintomi dell'infezione provocata dal Covid19.

La Sick Building Syndrome fu chiamata in passato Office Illness, in seguito all'embargo petrolifero del 1973 [7], il quale prevedeva che i nuovi edifici limitassero l'aerazione interna dai precedenti 17 m<sup>3</sup>/h (*Standard ASHRAE 62-1973, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) agli 8,5 m<sup>3</sup>/h a persona (*Standard ASHRAE 62-1981*), per motivi di risparmio energetico; poiché sempre più architetture incorporavano sistemi meccanizzati, il costo dell'energia per la ventilazione dell'aria interna doveva essere sottoposto a contenimento [8]. Questi due esempi già bastano a supportare pienamente il ragionamento che ci induce a considerare corretto compendiare in una visione unitaria i concetti di *comfort* termo-igrometrico e di sindrome da edificio malato.

La prima stima dei tassi di ventilazione minimi fu sviluppata da Thomas Tredgold (1788-1829) nel 1836 [9], secondo il quale una quantità di 6,8 m<sup>3</sup>/h (2 L/s per persona) era il requisito minimo degli spazi di ventilazione, tutto calcolato in base ai fabbisogni metabolici di base, frequenza respiratoria e l'uso di candele accese. A questa prima stima seguirono altri studi sull'argomento da parte di John Shaw Billings (1838-1913) nel 1886 [10], il quale calcolò il tasso in base all'igiene dell'aria interna in prevenzione della diffusione di malattie. Carl Flügge (1847-1923) nel 1905 considerò una temperatura interna eccessiva causa di *discomfort* termico; entrambi prevedevano un tasso di 51 m<sup>3</sup>/h (15 L/s per persona).

Le ricerche di Billings e Flügge furono incorporate in numerosi codici di costruzione, pubblicati come *standard* industriali da ASHVE (*American Society of Heating and Ventilating Engineers* predecessore di ASHRAE) nel 1914, il Massachusetts riportò che il tasso minimo per legge sarebbe stato 51 m<sup>3</sup>/h per occupante.



Nel 1925, questo minimo è stato adottato in 22 stati e ASHVE pubblicò il primo codice dei requisiti minimi per il riscaldamento e la ventilazione domestica.

Nel 1935, ASHVE finanziò la ricerca condotta da Lemberg, Brandt e Morse, utilizzando ancora soggetti umani nelle camere di prova: si determinò che il componente principale dell'aria cattiva fosse l'odore, percepito dai nervi olfattivi umani [11]. Nel 1936, Yaglou, Riley e Coggins, utilizzarono anch'essi una camera di prova umana, all'interno di un laboratorio di ingegneria della ventilazione, quando la standardizzazione, negli anni tra le guerre mondiali, segnò l'apice dello scientismo: il punto centrale di questo studio era la stanza psicométrica, separata dal resto del laboratorio per formare un ambiente isolato e sigillato ermeticamente, così da definire una "scatola vuota". La prova era incentrata sulla valutazione di parametri oggettivi, come: volume della stanza, età degli occupanti, e parametri soggettivi, come odori percepiti, effetti delle apparecchiature di raffreddamento e dell'aria di ricircolo [12]. Le ricerche successive di Fanger [13], W. Cain e Janssen consolidarono il modello Yaglou, delineando così lo *Standard ASHRAE 62-1989* [14]. L'ente internazionale ASHRAE più tardi conìò la norma *IAQ (Indoor Air Quality)*, determinando quale fosse un adeguato ricambio d'aria fresca e misurando quanta anidride carbonica potesse essere accettabile [15]. Questi accorgimenti ridussero e in alcuni casi annientarono l'epidemia da SBS negli Stati Uniti [16]. (Tabella 1)

Autore	Anno	Tasso di Ventilazione (IP)	Tasso di ventilazione (SI)
Tredgold	1836	6,8 m <sup>3</sup> /h a persona	2 L/s per persona
Billings	1895	51 m <sup>3</sup> /h a persona	15 L/s per persona
Flügge	1905	51 m <sup>3</sup> /h a persona	15 L/s per persona
ASHVE	1914	51 m <sup>3</sup> /h a persona	15 L/s per persona
Primi codici statunitensi	1925	51 m <sup>3</sup> /h a persona	15 L/s per persona
Yaglou	1936	25,5 m <sup>3</sup> /h a persona	7,5 L/s per persona
ASA	1946	25,5 m <sup>3</sup> /h a persona	7,5 L/s per persona
ASHRAE 62-1973	1973	17 m <sup>3</sup> /h a persona	4,7 L/s per persona
ASHRAE 62-1981	1981	8,5 m <sup>3</sup> /h a persona	2,4 L/s per persona
ASHRAE 62-1989	1989	25,5 m <sup>3</sup> /h a persona	7,5 L/s per persona

Tabella 1 - Sintesi dell'evoluzione dei tassi di ventilazione



Contribuiscono potenzialmente alla Office Illness i contaminanti chimici che includono composti organici volatili emessi da moquette, tappezzeria, agenti di pulizia eccetera, prodotti di combustione, tra cui particolato [17] e monossido di carbonio, generati da dispositivi di riscaldamento come caminetti e stufe; i contaminanti biologici come muffe, pollini, virus e batteri; i contaminanti fisici come radon, radiazioni UV, radiazioni ionizzanti, radiazioni elettromagnetiche, temperatura, umidità e rumore.

Mentre fino al 1989 l'ASHRAE aveva definito lo *standard* 62.1, per gli spazi non residenziali, e lo *standard* 62.2 per le residenze, nel 2004 questo è stato completamente rivisto, poiché il metodo di calcolo iniziò a includere componenti di contaminazione basati sia sugli occupanti, sia sull'area [18], per arrivare a un tasso di ventilazione globale. La modifica è stata apportata per riconoscere che le aree densamente popolate a volte erano sovra ventilate, con conseguente aumento di energia e costi.

Dal 2004 al 2019 c'è stato un notevole sviluppo sull'applicazione dello *standard* per i tassi di ventilazione, basati sugli occupanti e sui processi, sull'efficacia della ventilazione della stanza e su quella del sistema [19], [20].

Negli ultimi anni del secolo scorso, vennero presentati vari studi [21] che si contrapposero tra "Sick Buildings" e "Healthy Buildings", alcuni produttori di materiali edili modificarono le composizioni chimiche e le regole di buon funzionamento dei sistemi di aerazione allo scopo di ridurre l'utilizzo di materiali associabili alla produzione di sostanze nocive. Nel 1999, uno studio dell'Istituto Karolinska di Stoccolma mise in discussione il termine SBS come sindrome e nel 2006 il *National Board of Health and Welfare* svedese discusse nella rivista medica *Läkartidningen* il fatto che l'espressione *Sick Building Syndrome* non poteva più essere usata come una diagnosi clinica [22]; in seguito, diventò sempre meno comune usare termini come *Sick Buildings* e *Sick Building Syndrome* in ricerca, ma il concetto rimase e rimane tuttora vivo nella cultura popolare ed è usato per designare la serie di sintomi collegati a *poor house* o *work environment engineering* (casa povera o ingegneria dell'ambiente di lavoro).

All'inizio del XXI secolo cominciò a crescere un notevole interesse nei confronti sia della salute degli edifici, sia del modo con cui determinati materiali utilizzati per la loro realizzazione possano influire sul benessere dell'uomo e dell'ambiente, incentivando il miglioramento della trasparenza in merito alle sostanze chimiche pericolose e l'innovazione dei prodotti nel rispetto della salute degli individui e del pianeta.

Un esempio degli sviluppi di questa nuova sensibilità è rappresentato dalla *Healthy Building Network* (HBN), organizzazione fondata nei primi anni 2000, che fino a oggi ha prodotto



continue ricerche sulla sostenibilità dei materiali da costruzione ecocompatibili e su pratiche edili sane [23], e che dal 2005, supportata da diversi partner tra cui *Boston Green* e *Building Green*, ha presentato il progetto *Pharos* definito come uno strumento di valutazione dei materiali di facile utilizzo, con caratteristiche di trasparenza, completezza, indipendenza, accuratezza ed equità [24].

Nel 2009, tale progetto ricevette un premio dall'Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti (EPA), come strumento online rivoluzionario per valutare e confrontare gli impatti sanitari, ambientali e sociali dei materiali da costruzione in modo completo e chiaro. In seguito, ottenne vari risultati su larga scala e ad alto impatto come l'eliminazione dell'arsenico dal legno trattato a pressione e degli ftalati dai pavimenti vinilici - con la positiva conseguenza di ridurre, così, l'effetto di tali inquinanti sulla qualità dell'aria interna - ispirando e guidando i primi sistemi a crediti per i materiali basati sulla salute, adottati da LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) [25].

Sono stati sviluppati molti modi/strumenti/concetti per determinare indicatori e criteri di prestazione per edifici sani e confortevoli, concentrandosi in generale sulla prevenzione dei problemi di salute e *comfort*; l'osservazione più importante di questi modi/strumenti/concetti è stata che, dal momento che le relazioni tra domanda e risposta in generale erano incomplete, la maggior parte dei criteri non sembrava essere utile. Era necessario quindi sia concepire un approccio diverso o almeno adattato alla valutazione della salute e del *comfort* degli occupanti nell'ambiente interno, sia adottare una visione multidisciplinare integrata capace di tenere conto degli stimoli positivi e negativi e di occuparsi dei bisogni "reali" delle persone.

Una conseguenza di questa impostazione è stato il decollo di diverse certificazioni come WELL, lanciata nel 2014, uno dei primi sistemi a definire i parametri con cui gli edifici possono migliorare la nostra vita, focalizzandosi sull'agio del singolo individuo; tale protocollo è stato articolato in dieci categorie denominate *Concept*: Aria, Acqua, Nutrizione, Luce, Movimento, *Comfort* termico, Suono, Materiali, Mente, Comunità.

Nel 2017 è stato condotto un altro studio sugli *Healthy Buildings*, da Joseph G. Allen e Ari Bernstein della *Harvard TH Chan School of Public Health* [26], con il quale sono stati individuati molti componenti distinti che possono supportare il benessere dell'individuo negli edifici. Mentre il movimento per l'edilizia "verde" ha affrontato tematiche come l'energia, i rifiuti e l'acqua, il nuovo movimento per l'edilizia "sana" si concentra sulla risorsa più importante (e costosa) di qualsiasi azienda: le persone.

Considerando il quadro epidemico attuale e i continui progressi nel campo dell'innovazione,



bisognerà quindi riflettere per poi proiettarsi verso una più chiara concezione di salute, al fine di definirla uno stato di completo vigore fisico, mentale e sociale, ovvero attuare una presa di coscienza globale del rapporto di interdipendenza che si instaura tra ambiente e individuo e che ha fortemente influenzato sia le tematiche generali relative alla promozione della condizione corporea, sia gli studi che sono stati condotti per comprendere i fondamenti che regolano l'adozione di stili di vita salutari e i processi di cambiamento dei comportamenti a rischio. Pensando a un futuro prossimo, nel moderno approccio alla promozione della sanità, gli stili di vita, che determinano lo stato di *comfort* e benessere del singolo, devono assumere un ruolo centrale di cui tenere conto nella ricerca sociosanitaria, nelle azioni politiche e nei programmi di educazione, oltre che fare sempre parte, di diritto, della nozione di quadro esigenziale indispensabile ai fini della progettazione.

## 2.2.



### **Analisi dei fattori microclimatici e identificazione delle sostanze inquinanti**

Da analisi bibliografiche, sitografiche e dalla consultazione di numerosi rapporti europei e internazionali è emerso che l'inquinamento atmosferico domestico è responsabile del 7,7% della mortalità globale, un bilancio che supera le morti per malaria, tubercolosi e Hiv/Aids: numeri che, tratti dal *report* dell'OMS, rendono tale contaminazione il rischio per la salute più trascurato e diffuso del nostro tempo [27].

Riassumendo e razionalizzando in un quadro unitario quanto già accennato, le sostanze in grado di alterare la qualità dell'aria indoor possono essere classificate come: agenti chimici, fisici e biologici, provenienti in parte dall'esterno (inquinamento atmosferico *outdoor*, pollini), ma molte volte prodotte dall'ambiente interno; le principali fonti interne di inquinamento sono rappresentate da: occupanti (uomo, animali), polvere, strutture, materiali edili, arredi, impianti (condizionatori, umidificatori, impianti idraulici) senza ovviamente trascurare l'effetto dell'aria esterna, che comunque "entra" negli spazi confinati. Sono stati riassunti in tabella gli inquinanti ambiente per ambiente, per comprendere quali sono i luoghi più soggetti e le cause rinvenute. (Tabella 2)



Agente	Ambiente	Inquinante	Fonte	Prevenzione/Soluzione
Chimico	Cucina Soggiorno Bagno	Ossido e biossido di Azoto (NOx, NO <sub>2</sub> ), Ossidi di Zolfo (SOx), Monossido di Carbonio (CO).	Fumo di tabacco, radiatori a cherosene, stufe e radiatori a gas privi di scarico, caldaie, scaldabagni, caminetti e stufe a legna.	Non fumare in ambienti chiusi, attuare una adeguata ventilazione degli ambienti e efficiente evacuazione dei fumi.
Chimico	Cucina Soggiorno Studio Letto	Ozono (O <sub>3</sub> )	Strumenti elettrici ad alto voltaggio (motori elettrici, stampanti laser e fax), apparecchi che producono raggi ultravioletti, non installati correttamente e senza una adeguata manutenzione.	Utilizzare un sistema di ventilazione meccanica dotato di filtri speciali al carbone attivo o charcoal in grado di convertire l'ozono in ossigeno.
Chimico	Cucina Soggiorno	Particolato aereo disperso (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> )	Origine naturale o antropica (per es. fuliggine, processi di combustione, fonti naturali ed altro).	Corretta areazione verso l'esterno, controlli regolari dei dispositivi, scelta di sistemi di ventilazione meccanica dotati di idonei filtri verificabili regolarmente.
Chimico	Cucina Soggiorno Studio Letto Bagno	COV: Propano, Butano, Esano, Cloroformi, Cloruro di metilene, Benzene, Toluene, Alcolatilico, Formaldeide, e altri.	Combustibili, refrigeranti, basi di profumi, aromatizzanti; propellenti ad aerosol, pesticidi, vernici, pitture, colle, smalti, detersivi, diluenti, adesivi, cosmetici, fungicidi, isolanti, germicidi, resine, disinfettanti, arredi a base di truciolato.	Ridurre al minimo l'uso di materiali che possono contenere COV (composti organici volatili), usare vernici a base di acqua, ventilare adeguatamente i locali.
Chimico	Cucina Soggiorno Studio Letto Bagno	Amianto	Impiegato come isolante, coibente, materiale di rinforzo e supporto per altri manufatti sintetici, inglobato in una matrice cementizia, utilizzato come insonorizzante o isolante su controsoffitti e/o pareti.	Essendo un agente cancerogeno occorre evitare l'esposizione, anche a bassi livelli di concentrazione, poiché basta una esposizione anche minima per subire gli effetti nocivi.
Biologico	Cucina Soggiorno Studio Letto Bagno	Microorganismi, allergeni indoor e muffe.	Le fonti sono: corpo umano, abiti, legno, materiali isolanti, carta da parati, manufatti tessili per arredamento, tappezzerie, acqua stagnante, residui di alimenti e rifiuti.	Mantenere accuratamente pulite tutte le superfici, effettuare regolare manutenzione, pulizia e sostituzione di filtri di ventilazione, condizionamento, umidificatori e vaporizzatori.
Fisico	Cantine	Radon	Proviene dalle rocce presenti nel sottosuolo o da materiali da costruzione ricchi di radionuclidi naturali.	In nuovi edifici adottare accorgimenti costruttivi per ridurre l'ingresso e in edifici esistenti installare sistemi di rimozione.

Tabella 2 - Possibili fonti di inquinanti presenti nei diversi ambienti confinanti ed eventuali soluzioni

## 2.3.

Valutazione *post occupativa*

La qualità ambientale interna (*Indoor Environment Quality - IEQ*) rappresenta da tempo una delle principali tematiche da considerare negli ambienti costruiti, poiché ha la capacità di influenzare fortemente la salute, la produttività, il *comfort* degli occupanti e il risparmio energetico, assumendo grande importanza in particolare negli edifici pubblici come uffici, scuole, biblioteche, ecc. La sua valutazione risulta molto difficile poiché sono coinvolti parametri diversi: psicologici, fisici e ambientali, sia oggettivi che soggettivi.

La valutazione *post occupativa*, dall'inglese *Post Occupancy Evaluation (POE)*, è stata implementata negli ultimi decenni al fine di guidare la riqualificazione degli spazi nella progettazione architettonica futura degli edifici, e viene definita come una valutazione sistematica dell'efficacia degli elementi di progettazione nell'ambiente costruito dal punto di vista degli occupanti [28]. La POE è una metodologia utilizzata per fornire *feedback* importanti durante il ciclo di vita di un edificio, grazie a cui queste informazioni possono essere finalizzate a informare i progettisti e i costruttori.

In generale, fornisce un metodo per raccogliere e diffondere dati su edifici esistenti che sono stati occupati per un certo periodo e risulta di grande interesse per tutti coloro che sono coinvolti nel ciclo di vita di un edificio, dal progettista, al costruttore, agli occupanti; comprende diversi argomenti di ricerca: *comfort* termico, relazione tra *comfort* e temperatura interna/esterna; influenza degli utenti (in particolare le modalità di utilizzo dell'edificio sono connesse a determinate richieste prestazionali da parte degli occupanti in relazione al *comfort* termo-igrometrico, al visivo, alla qualità dell'aria, ecc.) attraverso il controllo delle temperature e dell'umidità dell'aria e della qualità acustica.

Al giorno d'oggi, strategie e metodologie per la realizzazione di una POE sono ancora al centro di molte ricerche, orientando in generale lo strumento più utilizzato ai questionari, la cui importanza è quindi estremamente rilevante.

La POE può essere quindi impiegata per vari scopi come sintetizzato in Tabella 3:



<i>Benefici a breve termine</i>	<i>Benefici a medio termine</i>	<i>Benefici a più lungo termine</i>
Individuazione e ricerca di soluzioni ai problemi negli edifici	Capacità integrata per la costruzione dell'adattamento ai cambiamenti	Miglioramenti a lungo termine nelle prestazioni degli edifici
Risposta alle esigenze dell'utente	Responsabilità per le prestazioni degli edifici da parte dei progettisti	Miglioramento della qualità del <i>design</i>
Migliorare l'utilizzo dello spazio in base al feedback derivante dall'uso	-	Revisione strategica

Tabella 3 - Possibili benefici del POE

Le informazioni procurate dalle POE possono fornire non solo approfondimenti sulla risoluzione dei problemi, ma anche dati di riferimento per confrontare altri progetti. Questa risorsa offre quindi l'opportunità di individuazione dei problemi, comparazione fra soluzioni possibili, ottimizzazione delle riqualificazioni prestazionali.

### **L'avvento della valutazione post occupativa**

La valutazione post occupativa ha cominciato ad attirare il mondo accademico a metà del 1960, con una maggiore attenzione verso le relazioni tra gli occupanti e il comportamento nella progettazione degli edifici (tenendo sempre presente della reciproca e importante connessione), che successivamente ha portato alla creazione di un campo di ricerca nuovo.

Strumenti di valutazione sistematici e multimetodo sono stati definiti in seguito negli anni '70 con un aumento dell'uso di tecniche di misurazione, attraverso interviste e osservazione; in un primo momento con particolare riferimento alla soddisfazione degli utenti in ambito domestico e poi con la redazione e la formazione di guide di progettazione nel settore militare per scuole e uffici.

Con l'avvento degli anni '80, la pratica POE nei settori pubblici e privati ha dato enfasi agli effetti fisici e organizzativi dell'ambiente di lavoro portando alla seguente definizione: «Le *Post Occupancy Evaluation* si concentrano sulla costruzione, gli occupanti e i loro bisogni, e quindi forniscono spunti sulle decisioni progettuali del passato e le prestazioni dell'edificio risultanti», da cui si deduce che questo apprendimento forma una base solida per la progettazione/realizzazione di edifici migliori in futuro e, nel caso dell'esistente, per la ristrutturazione/restaurazione [29], [30].



Il settore del terziario, si apre alle POE, a partire dalla metà degli anni '80, per perseguire obiettivi di miglioramento dell'immagine complessiva e delle condizioni operative, ottimizzare l'uso degli spazi e ridurre i costi di esercizio [31] e per monitorare le condizioni di qualità degli ambienti interni [32]. La diffusione e la rilevanza di questa attività nel Regno Unito ha spinto il *British Council for Offices* a promuovere nel 2007 la pubblicazione di una guida alla *post occupancy evaluation* degli uffici [33].

In una prima fase, soprattutto enti e amministrazioni di servizi pubblici hanno utilizzato metodologie e procedure POE per valutare e monitorare il proprio patrimonio immobiliare, in funzione di successivi programmi o interventi di riqualificazione o, in alternativa, per perseguire un miglioramento della qualità dei progetti e dei processi per nuovi interventi, sulla base delle *lessons learned*<sup>6</sup> [34]. Tra questi si possono citare l'*U.S. Department of Army*, nel 1976 [35]; il *Public Works Department* in Canada, nel 1979 [36]; il *Ministry of Work and Development* in Nuova Zelanda, nel 1979 [37]; il *Commonwealth Dp. of Housing & Construction* in Australia nel 1983-85 [38].

In Italia le attività di valutazione post occupativa ricadono sempre nell'ambito delle ricerche sperimentali. I primi lavori riconducibili a queste metodologie fanno riferimento al settore residenziale partendo da quello sulla qualità dell'alloggio in relazione ai suoi termini d'uso e di funzionalità, presso la Facoltà di Architettura del Politecnico di Milano nel 1981-1982 [39], dall'indagine sugli interventi di recupero pubblico a Torino, del 1983 [40] fino alle prime applicazioni esplicite di valutazione post occupativa, condotte su complessi di edilizia residenziale pubblica, a Sesto Fiorentino nel 1989 [41] e in Veneto nel 1995 [42].

I successivi lavori, invece, riguardano gli ambienti di istruzione/studio, come per esempio, la valutazione della biblioteca universitaria della Facoltà di Architettura, sviluppata al Politecnico di Torino nel 1997 [43], a cui successivamente sono seguite una serie di applicazioni, sia in ambito scolastico che universitario svolte presso il Politecnico di Milano nel 2001, 2007 e 2015 [44]–[46].

Tuttavia, vi è molta difficoltà nel promuovere la cultura e la prassi delle valutazioni post occupative al di fuori delle attività di ricerca, e questo porta chiaramente uno scarso interesse

<sup>6</sup> L'espressione *lessons learned* vuol dire letteralmente "lezioni apprese". In pratica si parla di imparare dagli errori e non solo del passato. Le *lessons learned* sono informazioni documentate che riflettono le esperienze positive e negative acquisite partecipando a un progetto e completandolo. Rappresentano l'impegno dell'organizzazione ad assumere un comportamento sempre più orientato alla soluzione, sfruttando l'opportunità di imparare dalle esperienze proprie e degli altri. Lo scopo di documentare e applicare le lezioni apprese è quello di realizzare uno strumento per incoraggiare e guidare il miglioramento delle future pratiche impiegate nella gestione dei progetti. Il *Project Management Institute* (PMI) delinea il processo delle lezioni apprese nella gestione dei progetti caratterizzandolo in cinque *step*: identificare (identificare gli elementi da cui si può imparare), documentare (documentare e creare un *report* dettagliato dei dati catturati), analizzare (analizzare le lezioni apprese come verifica dell'applicabilità dei risultati raccolti), memorizzare (organizzare e archiviare i rapporti elaborati) e recuperare (usare parole chiave a fine *report* per rendere più facile la ricerca successiva).



nei loro confronti, da parte sia della possibile committenza (pubblica e/o privata) sia dei vari enti professionali, che in questo modo non favoriscono l'evoluzione verso modelli standardizzati o comunque il passaggio a una pratica corrente. Nel settore pubblico, infatti, la legislazione vigente prevede soltanto attività di "verifica del progetto preliminare", di "validazione del progetto esecutivo" e di "collaudo amministrativo e tecnico dei lavori"<sup>7</sup>, che hanno valenza solo sul singolo intervento e sono prettamente destinate a impedire possibili controversie tra i soggetti coinvolti. La reazione finalizzata al miglioramento dei processi o delle post verifiche invece non è prevista dalla normativa; quindi, di conseguenza non è pertanto finanziata o proposta.

L'edificio dovrebbe essere progettato e/o riqualificato con l'obiettivo di produrre un ambiente interno di alta qualità, in modo tale che la salute e la sicurezza degli occupanti non vengano compromesse.

Solitamente, le strategie per la valutazione della qualità interna degli ambienti seguono tre metodi: il primo ha semplicemente lo scopo di misurare i parametri fisici, relativi all'ambiente interno; il secondo, più veloce ed economico, coinvolge direttamente gli utenti e la loro soddisfazione fisica e psicologica attraverso l'uso di un sondaggio; infine, il terzo, tende a integrare entrambi i precedenti approcci.

Bisogna tenere presente che gli utenti degli edifici sono una preziosa fonte d'informazioni, sulla qualità ambientale interna e i suoi effetti su *comfort* e soddisfazione [47]. Inoltre, l'appagamento degli occupanti e la percezione dell'ambiente possono fornire reazioni per architetti, progettisti e proprietari, così da consentire al meglio di valutare le caratteristiche dell'edificio e le tecnologie presenti.

Il termine sondaggio è stato definito come «un mezzo per raccogliere informazioni su caratteristiche, azioni e opinioni di un folto gruppo di persone» [48]. I sondaggi possono essere utilizzati per valutare i bisogni, la domanda ed esaminare l'impatto [49].

In via generale, con riferimento alla letteratura esistente [50]–[52], sono state identificate alcune caratteristiche distintive, utilizzate nell'ambito di varie ricerche accademiche, inerenti all'uso di sondaggi, i quali possono essere ricondotti a una valutazione post occupativa:

- l'uso dei sondaggi viene destinato a descrivere quantitativamente aspetti specifici di una determinata popolazione; questi aspetti implicano spesso l'esame delle relazioni tra

<sup>7</sup> Cfr. D.Lgs. 163/2006, articoli 93.1 e 141, [https://www.bosettiogatti.eu/info/norme/statali/2006\\_0163.htm#093](https://www.bosettiogatti.eu/info/norme/statali/2006_0163.htm#093); D.P.R. 554/99, articoli 46 e 47, [https://www.bosettiogatti.eu/info/norme/statali/1999\\_0554.htm#03.02.05](https://www.bosettiogatti.eu/info/norme/statali/1999_0554.htm#03.02.05).



diverse variabili;

- i dati richiesti sono acquisiti direttamente dalle persone e sono, quindi, soggettivi;
- i sondaggi ricorrono a una parte selezionata della popolazione da cui i risultati possono essere successivamente generalizzati alla popolazione nel suo insieme [53].

Il sondaggio nella sua fase iniziale deve essere chiaro e innanzitutto definire tre principi fondamentali:

- strategia
- approccio
- obiettivi

Gli obiettivi precisano alcuni punti di forza e di debolezza (Tabella 4), e i possibili miglioramenti a lungo termine.

È possibile individuare tre fasi che vanno a rappresentare la valutazione post occupativa (Tabella 5).

<i>Punti di forza</i>	<i>Punti di debolezza</i>
Ottenere informazioni da grandi campioni della popolazione	Il verificarsi di pregiudizi a causa della mancata risposta da parte dei partecipanti
Ottenere informazioni su atteggiamenti (difficili da misurare usando le sole tecniche di osservazione)	Il verificarsi di pregiudizi a causa della natura e/o accuratezza delle risposte ricevute La possibile presenza di risposte intenzionalmente errate Il rischio di confondere i risultati del sondaggio e/o nascondere comportamenti inappropriati

Tabella 4 - Schematizzazione punti di forza e debolezza

<i>Processo di valutazione</i>	<i>Valutazione delle prestazioni funzionali</i>	<i>Revisione delle prestazioni tecniche</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progettazione del sondaggio</li> <li>• Sviluppo degli strumenti di rivelazione</li> <li>• Esecuzione del sondaggio</li> <li>• Analisi dei dati</li> <li>• Report dei risultati raccolti</li> </ul>	Individuare gli obiettivi di chi propone la POE (es. proprietario dell'edificio costruttore, ecc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifica dell'impianto di riscaldamento</li> <li>• Verifica dell'impianto di raffrescamento</li> <li>• Verifica dell'impianto di ventilazione</li> <li>• Verifica delle prestazioni illuminotecniche</li> </ul>

Tabella 5 - Le tre fasi che vanno a rappresentare la valutazione post occupativa



### Tipi di procedure e metodo di sviluppo

La scelta di come condurre una valutazione e dei metodi di monitoraggio si basa su diversi parametri come:

- posizione dell'edificio;
- tipologia edilizia (es. in linea, a torre, a schiera, a corte, ecc.);
- destinazione d'uso dell'edificio (es. ufficio, scuola, ospedale, residenza, ecc.);
- problematica da studiare (es. umidità, temperatura, ventilazione, qualità dell'aria, qualità acustica, ecc.).

Questi parametri definiscono la scelta di una delle seguenti procedure a oggi utilizzate e conosciute:

1. *trasversale*: viene usata quando sono richieste analisi semplici e veloci della soddisfazione degli occupanti, attraverso i parametri di qualità ambientali interni e le caratteristiche dell'edificio, alcuni esempi sono *CBE Survey* e *Comfortmeter* [54];
2. *point in time*: dette anche "*right now*" sono utilizzate principalmente quando le fonti di disagio degli occupanti sono causate da parametri di qualità ambientale interna, che devono quindi essere individuati e misurati all'interno dell'ambiente costruito [55];
3. *longitudinale*: usata principalmente per analizzare il *comfort* ambientale e la continua evoluzione dei parametri ambientali di un ambiente costruito in un determinato periodo di tempo, applicata a diversi tipi di edifici come: scuole, università, uffici ecc. Si prevedono domande con dei semplici *feedback* su aspetti specifici basati su una scala di valutazione tipo binario (ad es. sì/no, caldo/freddo, positivo/negativo, ecc.), questo tipo di sondaggio però non sempre è efficace poiché le risposte così semplificate possono essere insufficienti per la raccolta di una retroazione completa [56]–[58]. Le quali a sua volta possono essere utilizzate per un'ulteriore esplorazione delle cause dell'eventuale disagio ambientale percepito dagli occupanti di un dato ambiente confinato [59]–[62].

Il contesto influisce anche sulla selezione degli strumenti di monitoraggio a seconda dello stato attuale dell'edificio, dei suoi occupanti e delle risorse disponibili.

Per quanto concerne lo sviluppo del sondaggio (Tabella 5) sono previste delle fasi ben precise



che permettono di avere un approccio graduale, percorrendo diversi *step* che seguono una specifica disposizione e uno specifico schema, così da ottenere dei buoni risultati anche dal punto di vista analitico.

Dallo studio della letteratura sono emerse quattro fasi principali nel processo di elaborazione di un sondaggio:

1° Fase: In questa prima fase è essenziale individuare il tipo di progetto con il campo di dati da raccogliere, definendo così gli obiettivi che dovranno essere raggiunti e successivamente le necessarie analisi e valutazioni che verranno eseguite con i dati ottenuti. Lo scopo di questa prima fase è quindi definire gli obiettivi e le analisi necessarie, come da grafico 2.



Grafico 2 - Principi fondamentali per la stesura di un sondaggio nelle fasi iniziali

2° Fase: In questa fase viene prodotto ed elaborato lo strumento di rilevazione per condurre il sondaggio. È importante affrontare questa fase con conoscenza degli occupanti selezionati, in particolare i loro diversi livelli cognitivi e le loro capacità di elaborazione delle informazioni, considerando anche gli aspetti ambientali e sociali, che possono influenzare fortemente la percezione umana e le risposte delle persone.

3° Fase: In questa fase viene individuato il modo in cui procede l'esecuzione del sondaggio agli occupanti, nel dettaglio, per quanto riguarda la scelta dei luoghi in esame, i tempi rappresentativi e la modalità di consegna.

4° Fase: In quest'ultima fase vengono elaborati e analizzati i risultati del sondaggio, corrispondenti agli obiettivi fissati nella 1° Fase.

### Costruzione dello strumento di rilevamento: il sondaggio

Nei sondaggi sono comunemente utilizzati quesiti per raccogliere informazioni dagli utenti, è un modo molto semplice per raccogliere informazioni da un gran numero di persone; quindi, la buona progettazione del sondaggio è importante per garantire che vengano raccolti dati precisi in modo che i risultati siano successivamente interpretabili e generalizzabili. Il primo passo per la progettazione di un buon sondaggio è costruire un quadro concettuale nel



quale bisogna essere chiari sulle domande di ricerca e su quali fattori si intende indagare [63]. Il quadro generale per la progettazione di un sondaggio è stato sintetizzato nel grafico 3, in forma piramidale, con i principi generali nella parte superiore, e quelli specifici nella parte inferiore [64].

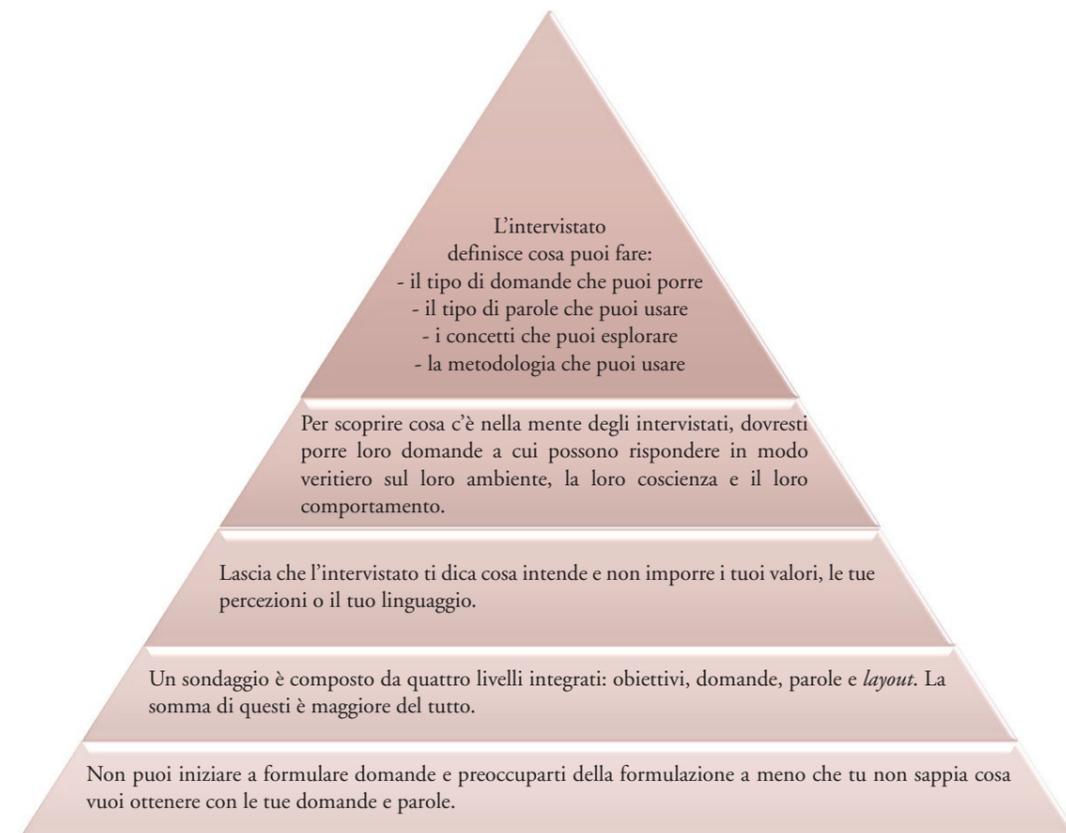


Grafico 3 - Principi generali per la progettazione di un sondaggio, in Philip Gendall, "A Framework for Questionnaire Design: Labaw Revisited", Marketing Bulletin, 1998, 9, 28-39

### Sintesi e comparazione delle POE analizzate

Nella revisione della letteratura, sono stati individuati otto sondaggi. Un riepilogo generale delle loro caratteristiche e funzionalità è stato sintetizzato di seguito (Tabella 6) per includere le informazioni su autori, tipo di valutazione, argomenti esaminati, numero di domande e struttura del sondaggio.

I questionari selezionati sono principalmente indirizzati alla valutazione di uffici pubblici



(REF<sup>8</sup>, PROBE<sup>9</sup>, ProKLIMA<sup>10</sup>, SCAT<sub>s</sub><sup>11</sup>, COPE<sup>12</sup>) ad eccezione di BUS, CBE Survey e HOPE che hanno lo scopo di stimare le condizioni di *comfort* anche nell'edilizia residenziale.

Il sistema di risposta più utilizzato nei sondaggi è basato su 7 livelli di punteggio come originariamente proposto da ASHRAE, mentre vengono utilizzati giudizi sintetici come "buono, cattivo, abbastanza buono" o "spesso, mai, a volte" solo per il test ProKlima tedesco (tassi di risposta tra il 73 e il 90%). Inizialmente i quesiti erano spesso somministrati in forma scritta, mentre il sistema on line era ancora insolito e sempre accompagnato da una forma scritta. In particolare, il test BUS è degno di nota perché i tassi di risposta sono diversi e mostrano un valore più elevato quando il test viene somministrato in forma scritta (80%), mentre il sondaggio online ha un tasso di circa il 30%. Un altro aspetto importante per la valutazione della POE è il rilevamento strumentale dei parametri fisici interni che caratterizzano l'ambiente costruito. Le misurazioni sono prescritte per la maggior parte dei test analizzati o almeno sono state considerate opzionali (indagine SCATs). Solo BUS non tiene conto di questi aspetti. Il *comfort* termico rappresenta il più comune dei test utilizzati nei sondaggi. Inoltre, il sistema REF indaga sulla *privacy* e solo il sondaggio PROBE e Proklima studiano argomenti relativi alla SBS, prevedendo misurazioni strumentali al fine di correlare concetti energetici e fattori psicologici relativi ai sintomi di disturbo e *comfort*. Il sondaggio COPE è associato a misurazioni strumentali per il rilevamento del livello di rumore, dell'illuminazione, delle condizioni termiche, e delle caratteristiche della postazione di lavoro in cui sono stati collocati gli strumenti necessari. Gli SCATs sono infine un esempio interessante in quanto si basano su un approccio di *comfort* adattivo<sup>13</sup>.

8 REF (*Ratings of Environmental Features*) è stato sviluppato da Daniel Stokols e Ted Scharf nel 1990 e ha come oggetto di indagine i luoghi di lavoro. Esamina la qualità ambientale (termica, acustica, visiva e dell'aria) e la struttura lavorativa (piacevolezza, *privacy*, accessibilità degli ambienti). È stato redatto in lingua inglese e si poneva l'obiettivo di analizzare quanto le condizioni ambientali influivano sulla performance e sulla produttività dei lavoratori in modo da migliorarle.

9 PROBE (*Post-occupancy Review of Buildings and their Engineering*) è stato sviluppato da *Building Use Studies Ltd* dal 1995 al 2002. L'oggetto della ricerca era l'indagine dei parametri ambientali: illuminamento, temperatura, umidità relativa, elettricità e consumo di energia. all'interno degli edifici in esame (con ventilazione naturale, meccanica e mista). La compilazione è stata sia cartacea che on-line in lingua inglese.

10 ProKlima è stato sviluppato da Fraunhofer IRB, Università di Ulm (Germania), il progetto ha analizzato dal 1995 al 2003 diversi edifici. Prevedeva un'analisi dei seguenti punti: IAQ, rumore, parametri di *comfort* termico e illuminamento. La compilazione era in forma cartacea in lingua tedesca., e l'obiettivo era quello di correlare concetti energetici e fattori psicologici legati ai sintomi di malattie e al *comfort* termico.

11 SCATs (*Smart controls and Thermal comfort*) si basa sulla teoria del concetto di *comfort* adattivo. Lo scopo del progetto era di trovare un metodo per ridurre i consumi energetici negli edifici condizionati meccanicamente, attraverso lo sviluppo di sistemi di controllo basati proprio sui principi del *comfort* adattivo. Sviluppato dall'*Oxford Centre for Sustainable Development* dal 1997 al 2000, il test aveva per oggetto gli edifici con destinazione d'uso uffici e indagava punti come: temperatura, movimento dell'aria, umidità, illuminazione, rumore, qualità dell'aria, *comfort* generale e percezione della produttività. Redatto in lingua inglese con compilazione solo cartacea.

12 Attraverso il progetto "*NRC's Cost-effective Open-Plan Environments project*", è stato condotto uno studio per valutare la soddisfazione degli occupanti negli ambienti. Il sondaggio è stato sviluppato da: NRC, *National Research Council of Canada*, e i temi indagati attraverso il test sono stati il *comfort* termico e illuminotecnico. La compilazione era esclusivamente on-line in lingua inglese e francese.

13 La sensazione di *comfort* adattivo/ *comfort* provato in un ambiente è legata: alla temperatura percepita dai nostri "sensori" e alla capacità del corpo umano di "adattarsi" alle condizioni di caldo. Segue la norma UNI EN ISO 15251:2008 Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica.



Test	Autori	Paese	Destinazione		Formato	
			Residenza	Ufficio	Cartaceo	On line
BUS Building Use Studies [65]	Building Use Study Ltd.	1985 Inghilterra	✓	✓	✓	✓
REF Ratings of Environmental Features [66]	D. Stokols, T. Sharf	1990 Inghilterra	✗	✓	✓	✗
PROBE Post-occupancy Review of Buildings and their Engineering [67]	Building Use Study Ltd.	1995-2002 Inghilterra	✗	✓	✓	✓
PROKLIMA [68]	Fraunhofer IRB and University of Ulm	1995-2003 Germania	✗	✓	✓	✗
CBE survey Centre for the Built Environmental survey [69]	Centre for the Built environ-ment, University of California	1996 USA	✓	✓	✗	✓
SCATs Smart Controls and Thermal Comfort [70]	Oxford Centre for Sustainability Development	1997-2000 Inghilterra	✗	✓	✓	✗
COPE Cost-effective Open-Plan Environments [71]	National Research Council of Canada	2003 Canada	✗	✓	✗	✓
HOPE Health Optimization Protocol for Energy-efficient Building [72]	European HOPE project	2002-2005 Netherlands	✓	✓	✓	✗

Tabella 6 - Confronto tra sondaggi



**Comfort** This section asks how comfortable you find the building in both winter and summer.

How would you describe typical working conditions in your normal work area in WINTER? If you have not worked here in winter then please leave these questions blank and just complete the questions on Temperature in Summer.

How would you describe typical working conditions in your normal work area in SUMMER? If you have not worked here in summer then please leave these questions blank and just complete the questions on Temperature in Winter.

**Temperature in winter** Please tick your rating on each scale

Uncomfortable 1 2 3 4 5 6 7 Comfortable

Too hot 1 2 3 4 5 6 7 Too cold

Stable 1 2 3 4 5 6 7 Varies during the day

**Air in winter**

Still 1 2 3 4 5 6 7 Draughty

Dry 1 2 3 4 5 6 7 Humid

Fresh 1 2 3 4 5 6 7 Stuffy

Odourless 1 2 3 4 5 6 7 Smelly

**Conditions in winter**

Unsatisfactory overall 1 2 3 4 5 6 7 Satisfactory overall

**Temperature in summer** Please tick your rating on each scale

Uncomfortable 1 2 3 4 5 6 7 Comfortable

Too hot 1 2 3 4 5 6 7 Too cold

Stable 1 2 3 4 5 6 7 Varies during the day

**Air in summer**

Still 1 2 3 4 5 6 7 Draughty

Dry 1 2 3 4 5 6 7 Humid

Fresh 1 2 3 4 5 6 7 Stuffy

Odourless 1 2 3 4 5 6 7 Smelly

**Conditions in summer**

Unsatisfactory overall 1 2 3 4 5 6 7 Satisfactory overall

Figura 1 - Sondaggio BUS (e PROBE), domande sul comfort termico

Environmental Feature	Your Rating of Each Feature						Productive Work Time Lost: Min./Day (Put # if no time lost)	Examples of Negative Impacts on Individual and Group Performance Resulting from this Feature of the Env't.
	Excel- lent	Very Good	Good	Fair	Poor	Very Poor		
1. Quality of lighting for the work you do	6	5	4	3	2	1	— min./day	
2. Brightness of the lighting for the work you do	6	5	4	3	2	1	— min./day	
3. Air quality and circulation in your work area	6	5	4	3	2	1	— min./day	
4. Air conditioning & heating control	6	5	4	3	2	1	— min./day	
5. Comfort of your chair	6	5	4	3	2	1	— min./day	
6. File storage space to suit your work requirements	6	5	4	3	2	1	— min./day	

Figura 2 - Sondaggio REF, domande sulle caratteristiche degli ambiente

Wie beurteilen Sie gerade jetzt das Raumklima an Ihrem Arbeitsplatz?

Bitte in jeder Zeile zwischen der rechten und linken Beschreibung Zutreffendes ankreuzen.

	sehr	eher	weder noch	eher	sehr	
gut ausgeleuchtet	<input type="checkbox"/>	schlecht ausgeleuchtet				
warm	<input type="checkbox"/>	kalt				
unangenehme Gerüche	<input type="checkbox"/>	angenehme Gerüche				
laut	<input type="checkbox"/>	leise				
trockene Luft	<input type="checkbox"/>	feuchte Luft				
viele störende Geräusche	<input type="checkbox"/>	wenig störende Geräusche				
hell	<input type="checkbox"/>	dunkel				
unbehagliche Temperatur	<input type="checkbox"/>	behagliche Temperatur				
frische Luft	<input type="checkbox"/>	verbrauchte Luft				
blendendes Licht	<input type="checkbox"/>	arbeitsgerechtes Licht				

Figura 3 - Sondaggio Proklima - domande sul ambiente interno



### Quanto è soddisfatto della temperatura nella sua postazione di lavoro?

Molto soddisfatto Molto insoddisfatto

### Nel complesso, il comfort termico nella sua postazione di lavoro migliora o peggiora la sua capacità di svolgere il suo lavoro?

Migliora Peggiora

Figura 4 - Sondaggio CBE Survey, domande su: comfort termico

Table 2 Scale of air quality and its coding

Air quality (AQ)						
How would you describe the quality of the air in your office at present?						
Very bad (0)	Bad (0)	Slightly bad (1)	Neither bad nor good (1)	Slightly good (2)	Good (2)	Excellent (2)

Note: The decision to code the responses in the above manner was influenced by the fewness of responses in the category 'excellent'.

#### Questionario trasversale SCATS

SCHOOL OF ARCHITECTURE  
OXFORD BROOKES UNIVERSITY  
OXFORD OX3 0BP  
Tel. (01865) 483318

THERMAL COMFORT SURVEY  
DAILY CHECKLIST  
(Building Name)

Your name:- Code:- Todays date:-

Time: .....am .....am .....pm .....p

<b>FEELINGS</b> at present I feel:				
Cold				
Cool				
Slightly Cool				
Neutral				
Slightly Warm				
Warm				
Hot				
<b>PREFERENCE</b> I would prefer to be:				
Much warmer				
A bit warmer				
No change				
A bit cooler				
Much cooler				

Figura 5 - Sondaggio SCATS

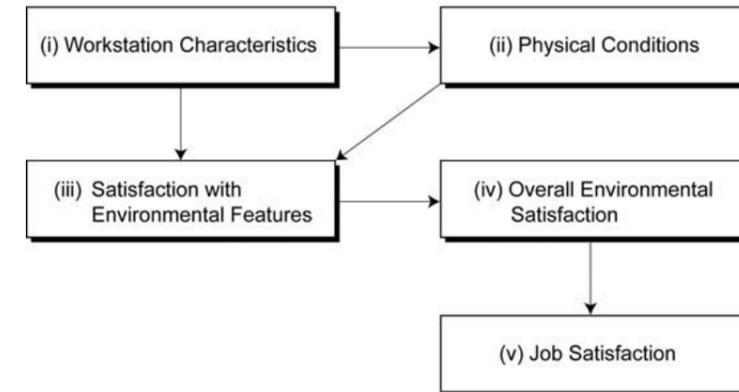


Figura 6 - Modello concettuale del sondaggio COPE

Do you ever keep your windows closed in **WINTER** for any of the following reasons?  
(mark one box on each line)

Can't open them  (If marked miss out the next question and continue with the one about pets).

	Never	Sometimes	Often	All the time
Cold	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Draughts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noise outside	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Security (fear of intruders getting in)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Smells of air pollution outdoors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Saving energy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Do you ever keep your windows closed in **SUMMER** for any of the following reasons?  
(mark one box on each line)

Can't open them  (If marked miss out the next question and continue with the one about pets).

	Never	Sometimes	Often	All the time
Keeping cool	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Noise outside	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Security (fear of intruders getting in)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Smells of air pollution outdoors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Saving energy	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 7 - Sondaggio HOPE, domande relative alla gestione delle finestre



### 3

#### METODOLOGIA

*“Non dobbiamo dimenticare che quando il radio venne scoperto nessuno sapeva che si sarebbe rivelato utile negli ospedali. Era un lavoro di pura scienza. E questa è la prova che il lavoro scientifico non deve essere considerato dal punto di vista della diretta utilità dello stesso. Deve essere svolto per se stesso, per la bellezza della scienza, e poi c'è sempre la probabilità che una scoperta scientifica possa diventare come il radio un beneficio per l'umanità.”*

*Maria Salomea Skłodowska*





### 3.1.



#### **Importanza dell'*Healthy Building* e dei fondamenti che lo costituiscono**

La protezione della salute e la possibilità di intervenire sulla base di parametri certi passano attraverso l'elaborazione dei valori che definiscono l'*Healthy Building*, potendo avere carattere vincolante o di raccomandazione. Si tratta quindi di porre delle regole, delle ipotesi di lavoro, che devono continuamente essere riviste al progredire della conoscenza nello specifico settore. Il problema fondamentale è stabilire valori che garantiscano la salvaguardia della salute, ma che siano anche gestibili in situazioni talvolta fortemente compromesse.

Tra le ricerche condotte nel 2016, la *Harvard Business School* e la *Harvard T. H. Chan School of Public Health* hanno tenuto un colloquio congiunto, per cercare di dare un contributo da parte di entrambi i settori (business e salute) che ne connotano l'essenza al concetto di "una cultura della salute".

Lo scambio di idee è stato finanziato dalla RWJF (*Robert Wood Johnson Foundation*), riunendo CEO (*Chief Executive Officer*) e accademici, per considerare in che modo le aziende potrebbero intraprendere azioni intenzionali così da guidare i risultati sanitari in quattro declinazioni: salute dei consumatori, salute dei dipendenti, salute della comunità e salute ambientale [73].

Tutto questo con l'obiettivo di costruire/restaurare/rigenerare edifici in modo sostenibile durante l'intero ciclo di vita, dando priorità al nostro pianeta, alla salute e al benessere dei futuri occupanti [74]. L'attuale definizione di salute è alla base di una visione collettiva della medicina, la quale perde il carattere di disciplina isolata, ma diventa strettamente interconnessa con fattori sociali, culturali, ambientali ed economici. La volontà di abbandonare il concetto di salute come assenza di malattia porterebbe molteplici discipline a occuparsi non tanto dello scopo di debellare le malattie, quanto di prevenirle attraverso la cura della persona e degli spazi abitativi.

L'individuo è stato considerato oltre la sua condizione puramente biologica, come una entità in equilibrio tra sé, il proprio corpo e l'ambiente circostante. Da un lato si ha quindi un riferimento chiaro nel considerare la persona come un tutt'uno mente/corpo. Dall'altro si considera la salute dal punto di vista del singolo: il benessere va dunque inteso come



strettamente legato a una particolare e indiscutibile aspettativa sulla propria condizione fisica e mentale, che dipende principalmente dall'idea che un individuo ha di sé. Ci riteniamo in salute se ci sentiamo bene sulla base di quello *standard* che per noi è la condizione ideale. Deviazioni da questo parametro di benessere personale possono essere dovute a problemi tanto individuali, sia fisici sia psicologici, quanto ambientali: per ristabilire la salute del singolo la cura deve quindi considerare tutti questi punti.

Perseguire un tale obiettivo comporta la necessità di non limitarsi al curare una malattia, ma significa andare oltre, verso un completo benessere. Ciò, se da un lato ha determinato una maggior difesa per gli individui, dall'altro ha causato una maggiore medicalizzazione della società.

Per favorire maggiore sviluppo e attenzione a questa continua evoluzione, il movimento *Healthy Buildings* promuove un nuovo approccio olistico che sottolinei e approfondisca una serie di fattori e sistemi, caratterizzando e incoraggiando le interazioni tra vari campi di competenza. A tal fine, l'*Harvard T.H. Chan School of Public Health* ha condotto uno studio sugli *Healthy Buildings*, con la finalità di stilare alcuni punti chiave - o fondamentali - che determinano e rappresentano lo stato di salute in un edificio.

I nove fondamentali, qui di seguito riportati, sono frutto di molte interazioni tra tecnici del settore immobiliare, ricercatori universitari, proprietari di appartamenti, proprietari di edifici e amministratori di ospedali [1], [75], [76]. Vengono quindi sintetizzati di seguito i nove fondamentali e riassunte le principali soluzioni individuate in letteratura.



## 1. Qualità dell'aria

Il fondamento denominato "qualità dell'aria" mira a garantire per l'ambiente interno alti livelli prestazionali per tutta la vita di un edificio; ciò è possibile attraverso diverse strategie che includono: l'eliminazione o la riduzione delle fonti inquinanti, la progettazione di edifici attivi e passivi, le strategie operative e gli interventi sul comportamento umano.

Le persone trascorrono circa il 90% del loro tempo in spazi chiusi [77]: case, uffici, scuole o altre destinazioni. Durante questo periodo, l'esposizione per inalazione agli inquinanti dell'aria interna può portare a una varietà di esiti negativi per la salute e il benessere a breve e lungo termine, che possono variare in gravità. Sintomi meno pesanti di esposizione possono comportare mal di testa, secchezza della gola, irritazione agli occhi, naso che cola, mentre manifestazioni più gravi possono includere attacchi di asma, infezione da batteri (p. es. della



legionella) e avvelenamento da monossido di carbonio [78] – [81].

L'inquinamento *indoor* contribuisce annualmente a decessi per cancro e a problemi di salute respiratoria, che portano a 7 milioni di morti premature all'anno, di cui circa 400.000 in Europa [82].

I più comuni contaminanti dell'aria interna derivano da fonti di combustione, quali candele, tabacco, stufe, fornaci e caminetti, che rilasciano nell'aria sostanze inquinanti come monossido di carbonio, biossido di azoto e piccole particelle [83]. Anche i materiali da costruzione, i mobili, i tessuti, i prodotti per la pulizia, i prodotti per la cura personale e i deodoranti per ambienti possono emettere composti organici volatili (o VOC dall'inglese *Volatile Organic Compounds*) o composti organici semi-volatili (o SVOC dall'inglese *Semi-Volatile Organic Compounds*) nell'ambiente interno [84], [85].

Raggiungere l'obiettivo di una qualità dell'aria interna pulita richiede sia ai professionisti che agli utenti dell'edificio un impegno non solo nella comunicazione, ma anche nell'implementazione di approcci adeguati. Premesso che la qualità dell'aria interna può essere in primo luogo migliorata tramite l'eliminazione delle fonti di inquinamento atmosferico - attraverso adeguate soluzioni progettuali e con la modifica del comportamento umano [86], [87] - l'ottimizzazione di alcune caratteristiche *indoor* richiede invece il ricorso a metodi e/o tecnologie di trattamento specifici.

È evidente che il miglioramento della qualità dell'aria interna ha un impatto sostanziale [88]. In uno studio sul carico globale di malattia, infatti, l'inquinamento atmosferico domestico è stato valutato come la decima causa più importante di cattiva salute per la popolazione mondiale [89]. Inoltre, l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha stimato che, a livello globale, l'inquinamento atmosferico ha contribuito a circa sette milioni di morti premature nel 2012 [90] e circa 600.000 di queste erano bambini sotto i 5 anni [91].

Risulta difficile accettare che l'aria contenuta nelle abitazioni o nei luoghi di lavoro non industriali possa costituire una vera e propria minaccia per la salute delle persone. Le difficoltà sono dovute a due ordini di motivi: da una parte si riscontra una insufficiente informazione tanto dei progettisti quanto degli utenti, dall'altra pesa una forma di resistenza psicologica, o addirittura un rifiuto, nei confronti del problema inquinamento che di solito viene attribuito allo spazio *outdoor*. È infatti profondamente radicata l'idea che lo spazio costruito, per l'appunto l'ambiente *indoor*, debba costituire un riparo dagli agenti aggressivi o comunque inquinanti, di ogni tipo, presenti all'esterno.



A differenza della casa, che viene vista come un prolungamento del nostro corpo, come un luogo in cui ricrearsi e rigenerarsi nell'attesa di affrontare nuovamente l'ambiente esterno; l'ufficio viene considerato un ambiente di passaggio e giornaliero, spesso asettico e freddo, un luogo dove l'uomo deve semplicemente produrre per la società. Ma proprio per questo, l'ambiente di lavoro deve essere considerato come una seconda casa, vissuta quotidianamente, quella casa in cui l'attività produttiva del singolo per la collettività viene favorita e migliorata con uno spazio che soddisfi a pieno il benessere della persona.

La possibilità, quindi, che proprio il "dentro" possa costituire una minaccia è quasi inconcepibile, anche se non è una situazione nuova. Il livello delle conoscenze ad oggi raggiunto nel settore della qualità dell'aria consente di affermare che l'introduzione di nuove tecniche, nuovi materiali da costruzione, nuovi materiali sintetici per i rivestimenti e per l'isolamento, sia acustico che termico, abbia giocato un ruolo determinante nell'insorgere di tali problemi; si sa inoltre che anche alcuni materiali da costruzione tradizionali possono emettere sostanze inquinanti, talune persino radioattive (radon e suoi derivati): nel complesso, circa il 90% dei materiali utilizzati nell'edilizia e nell'arredamento presenta effetti inquinanti più o meno marcati. Oltre a queste fonti, dobbiamo ricordare che gli esseri umani, con la loro semplice respirazione ed emissione pressoché continua di secrezioni, con le loro abitudini igieniche, con pratiche di pulizia spesso inutilmente esagerate e una sanificazione più presunta che reale degli ambienti e delle superfici, sono certamente da ascrivere all'elenco delle sorgenti inquinanti.

La qualità dell'aria interna è determinata da più fattori, oltre a quelli dovuti agli contaminanti interni, già descritti, in particolare aspetti microclimatici quali il cambiamento dei parametri ambientali come temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, che condizionano lo scambio termico tra individuo e ambiente.

Altri fattori, indipendenti dalle condizioni *indoor*, sono quelli macroclimatici, l'altitudine e la latitudine del sito dove l'edificio insiste; infatti, per la progettazione di un edificio sono rilevanti il regime dei venti, delle precipitazioni atmosferiche, il soleggiamento, la pressione atmosferica, la flora e la fauna o il contesto urbano in cui è inserito. Tutti fattori che, se valutati nel loro insieme e presi in analisi, possono favorire il ricorso alle cosiddette tecniche "passive", e, combinando correttamente le caratteristiche di ciascuno, favorire l'equilibrio tra ambiente naturale, ambiente costruito e abitante.

Per quanto concerne l'inquinamento esterno, l'Italia ha recepito le direttive europee che ne fissano limiti di emissione e misure di contenimento. Tuttavia, non si dispone ancora di una normativa specifica per il controllo della qualità dell'aria negli ambienti chiusi. Le norme per



la salubrità delle abitazioni sono prerogativa, per ogni comune, del regolamento di igiene e sanità. Seppure esistano linee guida realizzate su iniziativa del Ministero della Salute, norme relative alla salubrità degli ambienti di lavoro, raccomandazioni per la popolazione per alcuni inquinanti e un recente decreto che fissa i requisiti minimi di emissione dei materiali utilizzati negli edifici pubblici, tuttavia si nota una mancata sistematizzazione.

### **Soluzioni per migliorare la qualità dell'aria interna**

In ambienti davvero sani, la qualità dell'aria interna dovrebbe essere un criterio irrinunciabile: a tal fine, è possibile individuare alcune regole e alcuni accorgimenti capaci di garantire questo tipo di salubrità durante la fase di esercizio di un edificio, anche nel caso in cui la progettazione di quest'ultimo non abbia pienamente tenuto conto di queste esigenze; un simile approccio consente margini di miglioramento nella fruizione dell'edilizia esistente.

- 📌 Areare continuamente i locali e cambiare l'aria *indoor*: scarsi ricambi d'aria favoriscono l'esposizione a inquinanti chimici, fisici e biologici, mentre ricambi frequenti consentono di abbassare la concentrazione;
- 📌 tenere sotto controllo il microclima: le condizioni termo-igrometriche di un ambiente *indoor* vanno mantenute in equilibrio per assicurare il massimo *comfort*; i parametri su cui muoversi sono temperatura, umidità e velocità dell'aria, tenendo sempre conto di attività svolta, metodi di lavoro, sforzi fisici e tipo di abbigliamento;
- 📌 rilevare la qualità dell'aria *indoor* eseguendo un monitoraggio periodico e un campionamento dell'aria interna, tramite specifici sensori in grado di rilevare le concentrazioni di sostanze e composti nocivi (come CO<sub>2</sub> e VOC), ma anche i livelli di temperatura e umidità. Non bisogna trascurare neppure il monitoraggio microbiologico ambientale (MMA) che serve a misurare la contaminazione da agenti patogeni;
- 📌 ispezionare in modo regolare e fare una corretta manutenzione degli impianti aeraulici, che servono ambienti chiusi di lavoro. L'inquinamento *indoor*, infatti, spesso è dovuto a impianti trascurati, sporchi, con filtri inefficienti, che non solo non garantiscono ricambi d'aria ma sono essi stessi veicolo di contaminazione interna di inquinanti, polvere e patogeni;
- 📌 sanificare periodicamente e approfonditamente i canali aria: dall'Allegato IV del Decreto Legislativo n. 81/2008 (Requisiti dei luoghi di lavoro), la pulizia e la sanificazione periodica degli impianti di aerazione meccanica sono tra le misure di tutela previste. Tale pratica consiste in primo luogo in un'ispezione tecnica e visiva per valutare lo stato



igienico dell'impianto e i punti critici; in secondo luogo, viene fatta la pulizia meccanica per asportare polvere e sedimenti, seguita poi dalla sanificazione completa di ogni parte dell'impianto con specifici disinfettanti;

impiegare materiali naturali prodotti e trattati senza ricorrere a sostanze chimiche potenzialmente nocive. Per certificare la naturalezza dei prodotti commercializzati o le loro prestazioni, molte aziende li sottopongono ad appositi iter per ottenere certificazioni che ne attestino la qualità;

impiegare vernici e finiture possibilmente a base di prodotti naturali, atossiche e antibatteriche. Ad esempio, per le pavimentazioni, si sono affermati elementi ceramici con finitura agli ioni d'argento, il cui potere antibatterico li rende molto adatti ad ambienti di ingresso, di passaggio o dove soggiornano bambini; per le pareti, sono state proposte vernici ecologiche i cui componenti sono di origine naturale; in particolare non contengono sostanze di origine petrolchimica, nocive o ammorbanti, e addirittura, grazie a formule innovative, possono avere la capacità di migliorare la qualità dell'ambiente in cui vengono utilizzate (Tabella 7).

Vernici	Caratteristiche	Certificazioni
Max Meyer [92]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indoor air quality classe A+</li> <li>HACCP protocollo di prevenzione di tipo igienico sanitario</li> <li>ISO 9001:2015 sistema per la gestione della qualità</li> <li>UNI EN 15457 efficacia antimuffa</li> <li>UNI EN 15458 efficacia antialga</li> <li>ISO 22196 certificato batteriostatico</li> <li>ISO 14001:2015 tutela dell'ambiente nei processi di produzione industriale</li> <li>Dichiarazione ambientale di prodotto</li> <li>Ecolabel</li> <li>100% green energy certification</li> <li>ISO 45001:2018 sistema di gestione per la salute e sicurezza sul lavoro</li> <li>DLGS 231/2001 responsabilità amministrativa delle imprese</li> </ul>	Eco Platform EPD <sup>13</sup> Verified.
Luxens [93]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecolabel</li> <li>EN 16640:2017 prodotto a base biologica Contenuto di carbonio di origine biologica Determinazione del contenuto di carbonio di origine biologica tramite un metodo basato sul radiocarbonio <sup>14</sup>C</li> <li>Qualità dell'aria &lt; 1 g/L di COV</li> </ul>	

14 L'EPD (*Environmental Product Declaration* - Dichiarazione Ambientale di Prodotto) è una certificazione volontaria che permette di calcolare l'impatto ambientale di prodotti e servizi. In: [www.certificazionesepd.it](http://www.certificazionesepd.it)



Airlite [94]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raccomandata dal D.M. Ministero Ambiente del 1° aprile 2004, "Linee guida per l'utilizzo dei sistemi innovativi nelle valutazioni di impatto ambientale (G.U. n. 84 del 9 aprile 2004) – Sistemi e Tecnologie innovative per la mitigazione e abbattimento dell'inquinamento ambientale."</li> <li>Permeabilità al vapore V1 alta NF EN ISO 7783   447,4 g/m<sup>2</sup> / 24h</li> <li>Reazione al fuoco Classe Euro A2 s1, d0 UNI EN 135011:2009 classe 0 BS 476: Part 6:1989+A1:2009 e BS 476: Part 7:1997</li> <li>Contenuto VOC &lt; 0,1 g/l UNI EN ISO 11890/2</li> <li>Emissione VOC &lt; 2 µg/m<sup>3</sup> UNI EN ISO 160006:2011</li> <li>Contenuto di metalli pesanti ≤ 0,00082 % (Cd, Pb, Hg, As, Cr) ICPMS</li> <li>Resistenza alle muffe. Elimina ed impedisce lo sviluppo di muffe ASTM D 3273</li> <li>Resistenza ai batteri. Elimina ed impedisce lo sviluppo di batteri JIS Z2801</li> <li>Resa 1012 m<sup>2</sup>/kg singola mano in condizioni <i>standard</i></li> <li>Resistenza agli alcali. Nessuna alterazione di colore o brillantezza ISO 28124</li> <li>Resistenza all'umidità. Nessun danno ISO 6270</li> </ul>	EPD, LEED, WELL, BREEAM, Cradle to Cradle Certified™ <sup>14</sup> livello Gold.
CalceMadre [95]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Impedisce naturalmente la formazione delle muffe senza additivi aggiunti</li> <li>Alta traspirabilità</li> <li>VOC solo 1,5 g/L</li> <li>Inodore</li> </ul>	ICEA <sup>15</sup> , ANAB <sup>16</sup> .
FASSA BORTOLO Pothos 003. [96]–[98]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Classe di emissioni del prodotto secondo il Decreto della Repubblica Francese del 19/05/2011 classe A+</li> <li>Valore limite UE per il contenuto di COV (Direttiva 2004/42/ CE) Cat. A/a, BA: COV max 30 g/l; COV prodotto bianco &lt; 3 g/l, colorato &lt;20 g/l</li> <li>Testata secondo norma ISO 1600023</li> <li>Traspirante</li> <li>Esente da solventi</li> <li>Inodore</li> <li>Riduce l'inquinamento indoor</li> </ul>	Klima Haus Casa clima, GBC Italia.

Tabella 7 - Riepilogo di alcune vernici naturali sul mercato ad alta qualità ambientale

privilegiare arredi o elementi di *design* innovativi con bassa emissione di VOC o con caratteristiche di purificazione dell'aria. Ne sono un esempio le AIR PURIFIER PLANTS [99] (Figura 8) cioè delle piante decorative stampate con stampante 3D, è il risultato della ricerca condotta da uno studio di architettura, External Reference, guidato da Carmelo Zappulla, nel campo del *design* sperimentale e dei nuovi materiali. La particolarità di queste piante, oltre alle diverse forme, è la composizione del filamento di stampa, un

15 *Cradle to Cradle Certified™* è lo *standard* utilizzato a livello globale in tutti i settori dai progettisti, da grandi marchi e da produttori per ideare e realizzare prodotti che consentano un futuro sano, equo e sostenibile. In: <https://c2ccertified.org/>

16 ICEA Certifica – Istituto per la Certificazione Etica ed Ambientale è un consorzio senza fini di lucro al quale partecipano enti, associazioni, imprese e organizzazioni della società civile, le quali da anni hanno generato la spinta e lo sviluppo dell'agricoltura biologica nel territorio italiano ancor prima che questa venisse normata. ICEA controlla e certifica diverse migliaia di aziende che svolgono le proprie attività nel rispetto dell'uomo e dell'ambiente, tutelando la dignità dei lavoratori e i diritti dei consumatori. In: <https://icea.bio/>

17 Anab – Associazione Nazionale Architettura Bioecologica è un'associazione indipendente, costituita da un gruppo di soci. L'Anab si occupa di promuovere e insegnare i buoni modi del costruire e dell'abitare; del vivere sano e sostenibile, tutto attraverso la condivisione dei principi dell'Architettura Naturale e della Bioedilizia. In: <https://www.anab.it/>



biomateriale intelligente in grado di assorbire più di 15 kg di CO<sub>2</sub> in un anno, attraverso la fotolisi<sup>18</sup>. Il filamento utilizzato è stato progettato dall'azienda WEARPURE.TECH [100], che ha realizzato un polimero in grado di assorbire e neutralizzare CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e COV, tutto a diverse fasi di azione, per catalisi, fotocatalisi, carbonatazione e nitrificazione. Altro esempio sono i pannelli decorativi *Heflomi Health Flow di Missaglia* [101], che migliorano la salute dell'utente aumentando la qualità dell'aria interna, un prodotto della ricerca svolta in collaborazione con il Dipartimento di Scienze e Ingegneria della Materia, dell'Ambiente e dell'Urbanistica dell'Università delle Marche;



Figura 8 - AIR PURIFIER PLANTS famiglia di piante decorative stampate in 3D, In: <https://externalreference.com/>

uso di verde in ambienti interni, vanta interessanti potenzialità nel trattamento passivo dei fluidi mediante comportamenti di purificazione e condizionamento dipendenti da fisiologia e fisicità vegetale. Le modalità con cui le piante esercitano una azione sulla qualità dell'aria fanno riferimento a due fattori: umidificazione atmosferica naturale e biofiltraggio degli inquinanti. Alcuni studi [102]–[104] hanno evidenziato come non siano solo gli apparati fogliari e la fisiologia vegetale a provvedere ad un'azione purificante dell'aria, ma anche i microrganismi che presenziano sui rispettivi apparati

<sup>18</sup> Decomposizione o dissociazione di un composto per effetto della luce. Chiamata anche fotodecomposizione è un processo fotochimico in cui le entità molecolari si rompono assorbendo la radiazione elettromagnetica, solitamente vicino allo spettro ultravioletto. In: Enciclopedia Treccani, <https://www.treccani.it/>



radicali: tali ricerche hanno dimostrato come il contatto tra masse d'aria inquinata e le colonie di microrganismi che popolano le radici di alcune specie, possano provocare una depurazione atmosferica naturale derivante dalle attività fisiologiche messe in gioco dai microrganismi stessi. Avviene quindi un vero e proprio biofiltraggio dell'aria, in modo totalmente naturale e interamente passivo, prodotto non tanto dai vegetali quanto piuttosto dagli organismi al loro interno presenti. Ne sono un esempio le *BioWall*<sup>19</sup>, utilizzate come pareti verticali, sia in ambienti interni che esterni, come in figura 9 [105], [106]. Da aggiungere anche l'uso di pannelli decorativi composti da muschi e/o licheni stabilizzati.

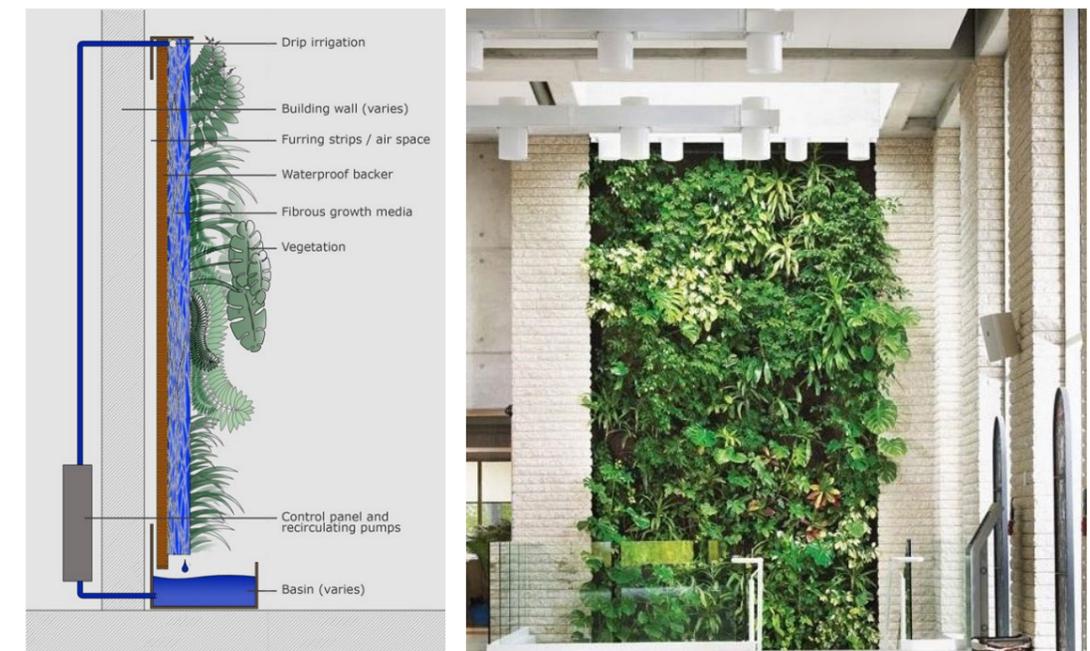


Figura 9 - Esempi di BioWall. In: Biofiltro di NEDLAW Living Wall <https://awesomehvacs.wordpress.com/typical-uses-3/>



## 2. Ventilazione

Il fondamento della ventilazione permette il ricircolo e il ricambio d'aria in ambienti chiusi: l'aria fresca viene immessa dall'esterno attraverso mezzi meccanici e/o naturali al fine di

<sup>19</sup> Il principio base di funzionamento delle *BioWall* è abbastanza semplice e consiste nel far passare l'aria estratta da un ambiente attraverso il substrato in feltro di un muro vegetale: la cooperazione tra l'attività fisiologica delle piante e le azioni messe in gioco dai microrganismi che stanziato sulle radici genera una purificazione passiva dell'aria, la quale, di conseguenza all'azione filtrante, sarà pronta per essere reimessa nello stesso ambiente. Le piante, sfruttando l'energia fornitagli dal sole (o, in alternativa, da lampade elettriche specifiche che riproducono lo spettro solare), metabolizzano e mineralizzano le molecole organiche o inorganiche presenti nell'atmosfera, mentre l'azione dei batteri contribuisce ad eliminare sia le normali polveri sospese nell'aria che alcuni inquinanti, quali formaldeide, benzene, toluene, monossido di carbonio, xilene, tricloroetilene, ossidi di azoto. In: <https://www.nedlawlivingwalls.com/>



diluire gli inquinanti generati dall'uomo e da prodotti o materiali presenti all'interno o che entrano dall'esterno (in caso di ricambi naturali dell'aria). Si è ampiamente espresso che spazi scarsamente ventilati contribuiscono a sintomi quali mal di testa, affaticamento, vertigini, nausea, tosse, starnuti, mancanza di respiro e irritazione di occhi, naso, gola e pelle. Una scarsa ventilazione è anche collegata: all'aumento dei tassi di assenze dei dipendenti dai posti di lavoro, a costi operativi più elevati per le imprese e alla diminuzione della produttività degli studenti [107], [108].

Uno studio condotto negli Stati Uniti ha riportato che il congedo per malattia attribuibile all'insufficiente fornitura di aria fresca negli edifici è stimato essere il 35% dell'assenteismo totale [109]. Pertanto, i costi economici di SBS negli edifici poco ventilati sono significativi e superano di gran lunga i risparmi sui costi legati all'energia [110], [111].

Per mantenere ambienti interni salubri e una qualità dell'aria accettabile per gli utenti degli edifici, è necessario fornire una ventilazione sufficiente [112], [113]. Oltre a una corretta progettazione del sistema HVAC (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*), i progetti con ventilazione meccanica devono eseguire una regolare manutenzione del sistema, poiché una manutenzione inadeguata è associata a prestazioni di ventilazione ridotte e a un deterioramento della qualità dell'aria interna, nonché delle condizioni termiche [114].

A differenza della ventilazione meccanica o del condizionamento dell'aria, i metodi naturali non richiedono tubazioni o condotti che comportano consumi energetici (con eventuale emissione di inquinanti), ma implicano un maggior onere nella progettazione. Qualora le soluzioni impiantistiche siano sovrapposte ad un edificio esistente, il problema è aggravato spesso da un impatto estetico deficitario.

Premesso che le aperture non soltanto portano aria naturale, ma anche irraggiamento e luce naturale, indispensabili per la nostra salute perché riducono la produzione di batteri nocivi, favorendo la sintesi delle vitamine B e D, migliorando la circolazione, aumentando le endorfine e la serotonina, stimolando il sistema immunitario e regolando il ritmo circadiano del corpo. Quindi, per quanto concerne la ventilazione naturale possiamo così sintetizzare i fattori estrinseci che la influenzano, a loro volta legati alla latitudine, all'altitudine, alla zona geografica: direzione dei venti dominanti, orografia e topografia, vegetazione, paesaggio; mentre possiamo considerare fattori intrinseci l'orientamento dell'edificio, le dimensioni, la posizione reciproca e i tipi di aperture, la distribuzione interna.

Come esempio di corretta ventilazione è stato analizzato un edificio di edilizia residenziale dell'architettura moderna, collocato nel quartiere Harar-Dessì a Milano, il rione popolare



alla periferia ovest della città nei pressi dello Stadio San Siro, che può essere considerato uno degli esiti più riusciti del programma INA Casa<sup>20</sup> [115]. La varietà delle tipologie edilizie impiegate, la disposizione attorno ad ampie aree verdi e la dotazione di alcuni servizi essenziali conferiscono alla contrada un buon coefficiente di vivibilità, unitamente all'interesse specifico per la presenza di alcune soluzioni abitative sperimentali [116]. Tra queste vi è quella adottata nel "grattacielo orizzontale" - uno dei nove edifici in linea lunghi circa 150 metri previsti dal piano urbanistico - progettato da Luigi Figini e Gino Pollini<sup>21</sup> ai civici 7 e 7c di via Harar, che sintetizza alcuni degli aspetti della ricerca razionalista sul tema della casa economica ad alta densità [117]. (Figura 10)

L'edificio è organizzato in tre segmenti, con le scale d'accesso poste tra un segmento e l'altro; le singole unità abitative sono impostate sulle grandi zone giorno a doppia altezza, sopra le quali sono ricavate le camere da letto con i servizi. Dall'aggregazione modulare di due differenti versioni del *duplex* - con camera unica o doppia - si sviluppa il disegno lineare dell'edificio, parallelo a via Harar con affaccio nord e sud. Il fattore vento e la posizione dell'edificio consentono una buona ventilazione naturale: poiché la destinazione residenziale implica che di notte non ci siano attività, ha senso privilegiare un asse longitudinale da est a ovest con i lati maggiori esposti a nord ed a sud, collocando a nord bagni, scale, corridoi, vani tecnici (al piano terra) e, perché no, in questo caso le camere da letto, mentre a sud cucine, soggiorni e studi. In tal modo, in inverno si sfrutta il sole basso permettendogli di entrare attraverso i vetri, la luce piatta e omogenea che si ha a nord interesserà locali che vengono limitatamente vissuti. Il forte irraggiamento delle esposizioni est ed ovest avrà effetti molto modesti sul surriscaldamento estivo degli edifici. A questo proposito nel corso degli anni, i vari mutamenti climatici hanno reso la zona presa in esame molto calda e afosa nel periodo estivo; dall'analisi fotografica e bibliografica si evince che sono state effettuate installazioni di

20 L'Italia, a seguito della Seconda guerra mondiale, versava in gravi condizioni: dilagava la disoccupazione, vi era carenza di alloggi, e in generale l'economia era in seria difficoltà. Bisognava ricostruire un'intera nazione, e l'attività di edilizia pubblica e popolare assunse così un ruolo fondamentale sul piano sociale e politico. Nel 1948, in Parlamento venne presentato un nuovo progetto di legge, su proposta di Amintore Fanfani, ministro del Lavoro e della Previdenza sociale dal maggio 1947 al gennaio 1950 per il IV e il V governo De Gasperi. Il disegno di legge, intitolato "Provvedimenti per incrementare l'occupazione operaia, agevolando la costruzione di case per lavoratori," oggetto di un duro confronto parlamentare, fu tramutato in legge il 28 febbraio 1949, durante il governo De Gasperi V. Entrò così in vigore la legge n. 43. «Il provvedimento aveva l'obiettivo prioritario di apportare un contributo per la riduzione della disoccupazione, oltre all'affrontare la crisi abitativa mediante la costruzione di case per i lavoratori.» tratto da C. Beguinot, *La ricostruzione e il Piano INA Casa*, in Fanfani e la casa cit., p. 169. «Nel 1949 ebbe inizio, dunque, quello che poi venne denominato "Piano Fanfani" o "Piano INA Casa" o "Fanfani-Case", che oltre all'occupazione e alla realizzazione di nuovi alloggi, si sarebbe attivato un circolo virtuoso di domanda di materiali e beni di consumo durevole e incrementato così gli investimenti. Oltre a ciò, la casa costituiva la struttura fondamentale per il consolidamento della famiglia, considerata la cellula base della società e il fulcro dello Stato nell'ottica democristiana.» in C. F. Casula, *Sviluppo e modernità urbana nell'Italia Repubblicana*, in Fanfani e la casa cit., pp. 16.

21 Esponenti di primo piano del Razionalismo italiano, impegnati nel campo della progettazione alle diverse scale (oggetto, edificio, città e territorio), Luigi Figini e Gino Pollini hanno costituito il sodalizio più duraturo e produttivo tra gli anni Trenta e il secondo dopoguerra. Nei lavori di Figini e Pollini è possibile vedere l'approfondimento della relazione tra architettura e ambiente, natura e storia, alimentata dalla continua ricerca di una relazione allo stesso tempo fisica e simbolica tra natura e architettura, inaugurando un fecondo interesse sugli studi attorno al tema del paesaggio. Da Gentili Tedeschi E., Figini e Pollini, *Architettura del movimento moderno*, Il balcone, Milano, 1959.



Figura 10 - Grattaciello Orizzontale di Figini e Pollini, Quartiere Harar, Milano (MI) - fotografia di Introini, Marco (2005)  
In: <https://www.lombardiabeniculturali.it/architetture900/schedel/p4010-00247/>

pompe di calore, prevalentemente nei piani bassi. Questa scelta è quasi certamente dovuta al contesto climatico e urbano mutato, che ha alterato le azioni dei venti sull'edificio, ma non dobbiamo dimenticare le accresciute aspettative di *comfort* da parte degli utenti. Il sistema distributivo è a ballatoio sul quale, grazie all'ingegnosa ideazione della doppia altezza, non sono ricavate altre aperture ad eccezione della porta d'ingresso (l'illuminazione dell'interno corrispondente al piano d'accesso è comunque assicurata da un'apertura posta al livello superiore della doppia altezza e dalle finestre sul lato opposto). Per consentire lo sviluppo del corpo edilizio in linea - lungo 145,22 metri - il piano terra è libero, sospeso sui pilastri, eccetto le parti adibite a cantine e gli accessi ai vani scala (dato il rischio di infiltrazioni non è stato possibile realizzare piani interrati) [118]. Il fronte nord presenta anche dei piccoli balconi, posti al di sopra dei ballatoi, che servono i bagni ai piani superiori delle abitazioni; il lato sud, meglio esposto all'irraggiamento solare e rivolto verso il verde (altro fattore che influisce positivamente permettendo sicuramente di raffrescare l'ambiente circostante e lo spazio residenziale), presenta un sistema di logge sulle quali affacciano gli ambienti delle zone giorno alle quote d'accesso e le camere al secondo livello<sup>22</sup> [118]. Tornando al fronte nord

<sup>22</sup> Questo prospetto è caratterizzato dall'arretramento delle superfici di tamponamento che lasciano in evidenza il reticolo strutturale in cemento armato: una soluzione che, rafforzata dalle scelte cromatiche, valorizza in modo espressivo la separazione delle parti portanti da quelle portate, generando così un disegno reticolare dalla singolare eleganza, con ovvia ispirazione razionalista, e denunciando in facciata la peculiare distribuzione interna a duplex. Da Gentili Tedeschi E., Figini e Pollini, Architettura del movimento moderno, Il

- caratterizzato da maggior chiusura e dall'orizzontalità della sequenza dei lunghi ballatoi alternati alle fasce dei balconi - è stata attuata, in tempi successivi, la collocazione di tre vani ascensore esterni, appoggiati agli stessi ballatoi in corrispondenza delle scale e con involucri in struttura metallica, modificando la percezione originaria del prospetto e con una lieve azione di ostacolo all'azione del vento, che sappiamo essere fattore fondamentale per una migliore ventilazione naturale.

L'edificio, individuato dal piano urbanistico generale del quartiere come "casa A ad alloggi duplex", può essere considerato un interessante saggio della varietà di soluzioni abitative sviluppate nel dopoguerra nell'ambito della ricerca sulle case popolari. Un'esperienza ingente e vitale, che testimonia l'aggiornamento e l'originalità della cultura italiana di quegli anni: il modello di riferimento al quale si sono ispirati i progettisti è la celebre Unité d'Habitation<sup>23</sup> (1947-1952) di Marsiglia, che era stata realizzata da Le Corbusier solo pochi anni prima [119], [120]. A differenza del Grattaciello Orizzontale, l'Unité d'Habitation è orientata rivolgendosi i suoi fronti principali a est e ovest; il piccolo fronte settentrionale, maggiormente soggetto all'azione dei venti e alle dispersioni di calore, è completamente cieco: a Marsiglia il progettista ha voluto sfruttare i fattori caratteristici del luogo per migliorare la ventilazione degli ambienti interni scegliendo un orientamento opposto a quello descritto per il "Grattaciello Orizzontale", cioè un orientamento longitudinale nord-sud e quindi con i lati maggiori esposti ad est e ad ovest, soluzione più tradizionale e comunque migliore. (Figura 11)

Volendo leggere in abbinamento fattori intrinseci ed estrinseci possiamo notare che generalmente l'orientamento del vento verso Nord-Est e Sud-Ovest e rispettivamente a favore del vento di grecale e di libeccio, sono generalmente considerati i più consoni per favorire un'ottima ventilazione. Pertanto, il posizionamento delle aperture in un edificio dovrebbe essere fatto considerando queste direzioni. Il vento provoca una pressione positiva sul lato sopravento e una pressione negativa sul lato sottovento degli edifici e per equalizzare la pressione, l'aria fresca entrerà in qualsiasi apertura sopravento e sarà espulsa da qualsiasi apertura sottovento. In estate, il vento<sup>24</sup> viene utilizzato per fornire quanta più aria fresca

balcone, Milano, 1959.

<sup>23</sup> Costruita tra il 1947 e il 1952, patrimonio dell'UNESCO dal 2016, l'Unité d'Habitation di Le Corbusier a Marsiglia, nota anche come Cité Radieuse e soprannominata dai marsigliesi *maison des fadas* (la casa dei pazzi), è un parallelepipedo rettangolare in *brut beton* cemento armato grezzo di 137 metri di lunghezza, 24 di larghezza per un totale di diciotto piani. Considerato un nuovo modo di abitare, siamo nella Francia del dopoguerra, le abitazioni sono state distrutte dai bombardamenti e vi è la necessità di nuovi alloggi, l'idea di Le Corbusier risponde prima di tutto a questo bisogno, ma va ben oltre. Creare un complesso abitativo che sia una città ideale, una comunità che si espande in verticale. Al suo interno sono disponibili tutti i servizi: scuola dell'infanzia, palestra, lavanderia, negozi, alimentari, parrucchiere, medico, percorso *running* sul tetto e una piccola piscina riservata ai bambini; composto da oltre 335 appartamenti. Tratto da J. Sbriglio, Le Corbusier: *l'Unité d'Habitation de Marseille et les autres unités d'habitation à Rezéles-Nantes, Berlin, Briey en Forêt et Firminy*, Birkhäuser, 2004.

<sup>24</sup> Un esempio di ventilazione naturale è quella da "effetto camino", prodotta dalla suzione dell'aria generata dal differenziale di pressione determinato dalla diversa densità dell'aria stessa tra ambiente esterno ed interno, o tra spazi interni diversi. Tale comportamento dipende dalla temperatura: se l'aria in un ambiente confinato è più calda di quella esterna, cioè meno densa, tende a salire, lasciando spazio

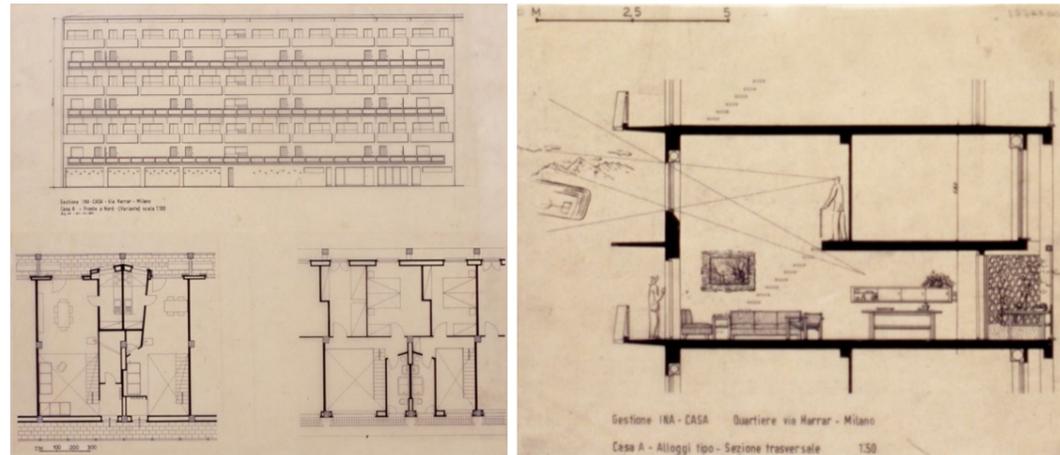


Figura 11 - A sinistra: Casa A, alloggi tipo, sezione trasversale. Scala 1:100, 1951. (Archivio Civico, Milano); a destra: Casa A, alloggi tipo, pianta piano inferiore e piano superiore. Scala 1:50, 1951. (Archivio Civico, Milano).

possibile mentre, in inverno, la ventilazione è normalmente ridotta a livelli sufficienti per rimuovere l'umidità in eccesso e gli inquinanti.

La ventilazione, come è stato accennato, può essere naturale o forzata; di seguito una sintesi delle due definizioni, delle caratteristiche e delle condizioni ambientali che la determinano.

*Ventilazione naturale:* si ha nella maggior parte degli ambienti residenziali, è dovuta alla differenza di pressione che si instaura tra interno ed esterno dell'edificio, a causa del vento, delle differenze di temperatura, delle posizioni delle aperture e della permeabilità all'aria degli infissi. Facendo riferimento all'elemento più semplice e più diffuso per realizzare la ventilazione naturale, è spontaneo pensare ai serramenti

all'immissione d'aria più fredda (se vi è un'apertura nella parte bassa della stanza); un'apertura posta in alto produce un flusso in uscita dell'aria più calda accumulata nella parte superiore del vano, innescando, quindi, un movimento dell'aria continuo, fino a quando perdurano le condizioni iniziali di temperatura e d'apertura. A parità di condizioni geometriche e operative delle aperture, l'inversione della differenza di temperatura dell'aria tra esterno ed interno produce un flusso di direzione contraria (dall'alto al basso), all'interno del vano. A differenza della ventilazione naturale da vento, entrambi i sistemi ad "effetto camino" possono essere efficaci; la portata d'aria, infatti, non dipende dalla posizione planimetrica delle aperture, ma dai seguenti parametri: differenza di temperatura tra esterno ed interno, area netta delle aperture, area di sezione del "camino termico" (in tal caso, l'area della stanza) e distanza verticale tra il baricentro delle aperture. Anche per la "ventilazione naturale da effetto camino", si possono avere due sistemi di flusso: la "ventilazione a lato singolo", quando le aperture multiple sono poste ad altezze diverse e collocate sulla stessa parete esterna e la "ventilazione passante verticale" quando le aperture multiple sono poste ad altezze diverse e collocate su pareti esterne non complanari. Esempio notevole di combinazione dei due meccanismi, che può essere sinergica (quando nella ventilazione passante l'apertura più bassa è sopravento e quella più alta è sul lato sottovento) o conflittuale (nel caso di ventilazione a lato singolo e, nella passante, se l'apertura più alta, è sopravento) sono i torrioni di ventilazione. Nei sistemi a torrione, che in genere, hanno aperture multiple, esposte a vari orientamenti, si può evitare la condizione conflittuale tra vento ed effetto camino, tramite l'ausilio di meccanismi tecnologici quali attuatori di controllo del flusso flessibili, ad apertura mono-direzionale. Vi sono, altresì, sistemi in grado di utilizzare entrambi i meccanismi, alternandone l'attivazione secondo il ciclo giorno-notte: è il caso delle "Torri del vento" tipicamente iraniane.[9] Tali torri – costruite con chiusure verticali sufficientemente massive da impedire il trasferimento diurno, all'interno della torre stessa, del calore generato dall'irraggiamento solare incidente sulle superfici esterne – funzionano come torri del vento, di giorno, e come torri d'estrazione dell'aria, di notte. In: Grosso, M., Il raffrescamento passivo degli edifici, Maggioli Ed., Rimini, 1997, Cap. X, p. 347, Cap. V, pp. 186-188.



finestra, la cui evoluzione negli ultimi cinquant'anni ha privilegiato sempre più la tenuta, ottenendo una riduzione delle dispersioni, e di conseguenza anche delle spese energetiche, un miglioramento dell'isolamento termico e acustico, ma anche una drastica diminuzione delle portate d'aria di rinnovo e quindi un aumento della concentrazione degli inquinanti. Altro fattore che incide sulla ventilazione è l'influenza delle masse oceaniche sulla costa; poiché gli oceani esercitano un notevole effetto moderatore sul clima (anche masse d'acqua più ridotte hanno comunque un effetto regolatore). L'acqua ha un calore specifico maggiore di quello della superficie terrestre, contribuendo così, insieme ad altri fattori, a modificare il riscaldamento degli strati dell'atmosfera sul suolo [121]. (Figura 12)

*Ventilazione meccanica:* consente di agire su più parametri non solo di ricambio; partendo da impianti di semplice ventilazione l'aria viene fornita all'ambiente interno senza essere trattata, mentre negli impianti di termoventilazione l'aria viene riscaldata o raffreddata, a seconda della stagione e infine gli impianti di condizionamento sono in grado di riscaldare e di umidificare l'aria nella stagione invernale e di raffreddarla e deumidificarla in quella estiva.

Esistono fondamentalmente due sistemi di ventilazione meccanica: impianti con unità a singolo flusso o a doppio flusso.

Gli impianti VMC (ventilazione meccanica controllata) a singolo flusso sono caratterizzati da canali e bocchette di sola mandata dell'aria di rinnovo. L'espulsione avviene invece attraverso appositi fori, presenti solitamente nei serramenti, i quali permettono la sola fuoriuscita dell'aria a causa della leggera sovrappressione dell'ambiente interno, rispetto a quello esterno, che viene generata dall'assenza della ripresa dell'aria dai locali.

Gli impianti VMC a doppio flusso differiscono da quelli a singolo flusso poiché viene installata un'unità di ventilazione che gestisce l'immissione e la ripresa di aria dai singoli locali, completa di sistema di recupero di calore. In particolare, i recuperatori di calore a flussi incrociati sono sistemi di recupero di tipo statico, cioè non hanno alcun elemento in movimento e trovano larga diffusione negli impianti VMC, soprattutto per il loro ridotto bisogno di spazio in termini di altezza. Essi, infatti, permettono di realizzare unità di ventilazione di



modesto spessore, consentendo una migliore collocazione delle stesse anche in zone dell'immobile nelle quali si prevede l'installazione a soffitto, senza necessariamente dover predisporre un locale specifico [122], [123].

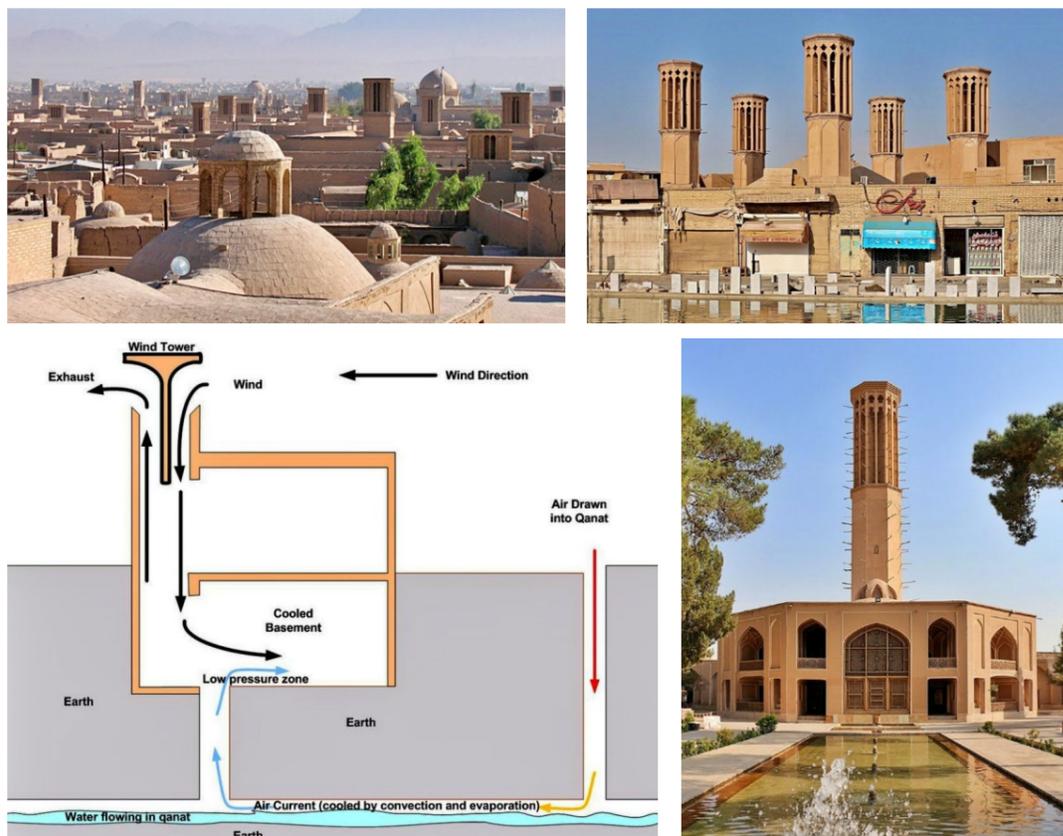


Figura 12 - In alto a sinistra: panorama della città di Yazd, nel quale sono chiaramente visibili le tante torri captavento insieme alle cupole; in alto a destra: torri captavento della cisterna d'acqua situata nell'ambito del grande complesso religioso Amir Chakhmaq; in basso a sinistra: schema di funzionamento delle torri captavento e del sistema di irrigazione sotterraneo chiamato qanat; in basso a destra: torre captavento dei Dowlatabad Gardens, considerata una delle più alte del mondo.

### Soluzioni per migliorare la qualità dell'aria interna

Di seguito si ricordano alcune soluzioni per poter migliorare la ventilazione:

- 📎 aumentare la velocità di ventilazione ad un minimo di  $0,84 \text{ m}^3/\text{min}$  per persona (ovvero, secondo la notazione anglosassone, 30 cfm per persona);
- 📎 verificare le prestazioni di ventilazione con il monitoraggio in tempo reale della  $\text{CO}_2$ ;
- 📎 eseguire il sistema di trattamento dell'aria durante tutte le ore in cui l'edificio è occupato, preferibilmente utilizzando la ventilazione di controllo della domanda;



- 📎 selezionare il filtro più adatto in rapporto alla posizione dell'edificio [124].



### 3. Umidità

Una delle principali priorità nella progettazione e nel funzionamento degli edifici è il controllo dell'umidità. Non c'è problema più grande che un edificio deve affrontare dei danni causati dall'acqua in forma liquida o di vapore. Il compito di controllare l'acqua e l'umidità domina la nostra progettazione e costruzione: dalle fondazioni al tetto, dal seminterrato alla facciata, dalle tubazioni impiantistiche in genere ai locali maggiormente esposti al rischio umidità a causa della destinazione d'uso.

Il motivo per cui ci preoccupiamo dell'umidità o delle infiltrazioni idriche è che comportano la potenziale formazione di muffe. Tre condizioni devono essere presenti affinché la muffa cresca: umidità, temperatura e fonte di nutrienti; per esempio, negli edifici in cui vi sono infiltrazioni d'acqua a intervalli con cambi di temperatura repentini ma costanti, superfici di cartongesso e tappeti che fungono da fonte di nutrienti, si ha un ambiente ideale per l'umidità.

La muffa è un problema inerente alla salute perché può causare reazioni allergiche o può essere irritante: come allergene, la muffa ha dimostrato di essere un fattore scatenante e promotore dell'asma, poiché causa sintomi respiratori superiori come tosse e respiro sibilante; come irritante, può agire sulle membrane mucose dei nostri occhi, naso e gola, e in alcuni casi anche mal di testa.

In casi estremi, la muffa può anche erodere o danneggiare il materiale sottostante, come il legno, causando danni strutturali irreparabili, ma anche la sola formazione di condensa può compromettere alcune prestazioni essenziali, come quelle relative all'isolamento termico, soprattutto in materiali porosi.

### Soluzioni per prevenire e risolvere il problema dell'umidità

- 📎 Cercare di prevenire attraverso una corretta progettazione dell'involucro dell'edificio, dall'impermeabilizzazione del tetto alle fondamenta, per evitare l'ingresso dell'acqua, controllare regolarmente l'impianto idraulico interno, installare un sistema di HVAC che permetta il ricircolo dell'aria e, se già presenti, verificare spesso eventuali segni di perdite o d'acqua stagnante. Utilizzare sistemi di bloccaggio della risalita dell'acqua;
- 📎 verificare se vi sono segni di danni causati dall'acqua da fonti interne o esterne; fare caso



agli odori che ci sono all'interno; utilizzare dei sensori a pavimento per rilevare perdite d'acqua nelle aree con impianti idraulici;

- ☞ pulire, in caso formazione di muffa: i materiali porosi danneggiati dall'acqua, asciugandoli, ma nel caso in cui non è possibile pulirli poiché risultano troppo danneggiati rimuoverli provvedendo allo smaltimento. Per i materiali non porosi che erano a contatto con i materiali porosi bagnati, pulirli e asciugarli semplicemente;
- ☞ considerare l'uso di sistemi ad hoc, come quello denominato CNT® (*Charge Neutralization Technology*) una tecnologia a neutralizzazione di carica che agisce tramite un apparecchio di piccole dimensioni (24 x 20 x 7,4 cm), che viene installato all'interno dell'edificio e collegato alla corrente domestica. Più specificamente, il principio scientifico utilizzato dalla CNT® per contrastare il fenomeno della risalita capillare, si basa sull'applicazione di particolari fenomeni fisici: "l'elettro-capillarità o *electrowetting* [125], [126]. (Figura 13)



Figura 13 - In alto: sistema CNT® Domodry®; in basso: scatto di un sopralluogo, durante il quale è stato rilevato, dai tecnici INBAR e da un tecnico Domodry®, lo stato di recessione della risalita di capillarità dell'acqua a distanza di 5 anni del posizionamento della tecnologia CNT - apps



Poiché i primi tre fondamenti, qualità dell'aria, ventilazione e umidità, sono l'uno collegato all'altro, si è ritenuto opportuno creare di seguito una sintesi unica di riepilogo dei riferimenti legislativi e delle norme. (Tabella 8)

Norme e Legislazione	
Documento	Contenuto
UNI 10339:1993	Impianti aerulici per la climatizzazione - Classificazione, prescrizioni e requisiti prestazionali per la progettazione e la fornitura: La norma specifica la classificazione degli impianti, la definizione dei requisiti minimi degli stessi e i valori delle grandezze di riferimento per il loro funzionamento, l'individuazione degli elementi che il committente deve indicare nella richiesta di offerta e di quelli che il progettista e/o fornitore degli impianti devono indicare nella relazione di progetto e/o nella presentazione dell'offerta. Lo scopo della norma è la corretta individuazione dei requisiti ambientali e delle caratteristiche impiantistiche, atti a consentire gli auspicati livelli di <i>comfort</i> , di tutela della salute delle persone e di efficienza energetica del sistema edificio-impianto.
EN 779:2012	Filtri d'aria antipolvere per ventilazione generale: La norma contiene i requisiti che devono essere soddisfatti dai filtri antipolvere e descrive sia i metodi che il banco di prova per misurare le prestazioni di un filtro. Questa normativa europea si applica ai filtri d'aria con un'efficienza iniziale minore del 98% rispetto a particelle di 0.4 micron. I filtri devono essere sottoposti a prova con portata d'aria compresa tra 0.24 m <sup>3</sup> /s (850 m <sup>3</sup> /h) e i 1,5 m <sup>3</sup> /s (5400 m <sup>3</sup> /h). (Norma ritirata e sostituita da EN ISO 16890)
UNI EN ISO 16890-1:2017	Filtri d'aria per ventilazione generale - Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM): La norma stabilisce un sistema di classificazione dell'efficienza dei filtri per ventilazione generale basato sul particolato (PM). Questa parte della norma fornisce una descrizione delle procedure di prova, specifica i requisiti generali per la valutazione e la marcatura dei filtri così come per la documentazione dei risultati di prova. La norma è destinata ad essere utilizzata congiuntamente con la ISO 16890-2, ISO 16890-3 e ISO 16890-4. La norma si applica agli elementi filtranti aventi un'efficienza di filtrazione del PM1 non superiore al 99% quando testati con le procedure definite dalla norma stessa.
UNI EN ISO 16890-2:2022	Filtri d'aria per ventilazione generale - Parte 2: Misurazione dell'efficienza spettrale e della resistenza al flusso d'aria: la norma specifica la produzione di aerosol, l'apparecchiatura e la procedura di prova per misurare l'efficienza spettrale e la resistenza al flusso d'aria dei filtri per ventilazione generale. Non si applica agli elementi filtranti utilizzati in purificatori d'aria portatili.
UNI EN ISO 16890-3:2016	Filtri dell'aria per la ventilazione generale - Parte 3: Determinazione dell'efficienza gravimetrica e della resistenza del flusso d'aria rispetto alla massa di polvere di prova catturata: la norma specifica le apparecchiature di prova e i metodi di prova utilizzati per misurare l'efficienza gravimetrica e la resistenza al flusso d'aria del filtro dell'aria per la ventilazione generale.
UNI EN ISO 16890-4:2022	Filtri d'aria per ventilazione generale - Parte 4: Metodo di condizionamento per determinare l'efficienza spettrale minima di prova: la norma stabilisce un metodo di condizionamento per determinare l'efficienza spettrale minima di prova dei filtri per ventilazione generale. Fornisce i requisiti per l'apparecchiatura di prova e la camera di condizionamento nonché le procedure da seguire per il condizionamento.
UNI EN 15251:2008	Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica: la norma va a specificare i parametri relativi all'ambiente interno che influiscono sulla prestazione energetica degli edifici; la modalità per definire dei parametri di input relativi all'ambiente interno per la valutazione dell'edificio inteso come sistema; i metodi per la valutazione a lungo termine dell'ambiente interno ottenuta, a partire dal calcolo o da risultati di misure; i criteri di misurazione che potrebbero essere utilizzati, se necessario, per valutare la conformità per mezzo di un'ispezione e i parametri da utilizzare ed esporre negli ambienti interni negli edifici esistenti. La norma viene applicata essenzialmente agli edifici non industriali per cui i criteri relativi all'ambiente interno sono definiti dall'occupazione umana, nei quali l'attività produttiva o di processo non abbia un impatto sostanziale sull'ambiente interno. I tipi di edificio sono i seguenti: abitazioni individuali, condomini, uffici, scuole, ospedali, alberghi e ristoranti, impianti sportivi, edifici ad uso commerciale all'ingrosso e al dettaglio.



UNI EN 13779:2008	Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di climatizzazione: Adottata come <i>standard</i> nazionale in tutti i paesi europei per la ventilazione meccanica, la presente norma si applica alla progettazione e alla realizzazione dei sistemi di ventilazione e climatizzazione per gli edifici non residenziali caratterizzati dall'occupazione umana, ad esclusione delle applicazioni in processi industriali. La norma definisce i principali parametri rilevanti per tali impianti. Non si occupa degli edifici a ventilazione naturale.
UNI 9182:2014	Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Progettazione, installazione e collaudo: la norma specifica i criteri tecnici ed i parametri da considerare per il dimensionamento delle reti di distribuzione dell'acqua destinata al consumo umano, i criteri di dimensionamento per gli impianti di produzione, distribuzione e ricircolo dell'acqua calda, i criteri da adottare per la messa in esercizio degli impianti e gli impieghi dell'acqua non potabile e le limitazioni per il suo impiego. Inoltre, contiene le informazioni per la progettazione anti-legionella degli impianti.
UNI EN 806-1:2008	Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano - Parte 1: Generalità
UNI EN 806-2:2008	Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano - Parte 2: Progettazione
UNI EN 806-3:2008	Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano - Parte 3: Dimensionamento delle tubazioni - Metodo semplificato
UNI EN 806-4:2010	Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano - Parte 4: Installazione
UNI EN 806-5:2008	Specifiche relative agli impianti all'interno di edifici per il convogliamento di acque destinate al consumo umano - Parte 5: Esercizio e manutenzione
UNI 7129:2015	Impianti a gas per uso domestico e similare alimentati da rete di distribuzione: la norma si occupa di tutti gli aspetti della progettazione, in particolare dei sistemi di evacuazione dei prodotti della combustione, della ventilazione e aerazione dei locali di installazione.
UNI EN ISO 16000-9:2006	Aria in ambienti confinati - Parte 9: Determinazione delle emissioni di composti organici volatili da prodotti da costruzione e da prodotti di finitura - Metodo in camera di prova di emissione.
UNI EN 13986:2015	Pannelli a base di legno per l'utilizzo nelle costruzioni - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura: Contiene anche i requisiti di emissione di formaldeide per questi prodotti che rappresentano una minaccia per la qualità dell'aria interna.
UNI EN 14342:2013	Pavimentazioni di legno e parquet - Caratteristiche, valutazione di conformità e marcatura: Contiene anche i requisiti di emissione di formaldeide, pentaclorofenolo PCF e altre sostanze pericolose per la qualità dell'aria interna.
D.Lgs. 155 del 13/08/2010	Recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.
D.Lgs. 152 del 03/04/2006	Recepisce le Direttive Europee concernenti le misure per il contenimento degli inquinanti, inclusi i composti organici volatili rilasciati da attività industriali e depositi di benzina, gli inquinanti da impianti industriali e da impianti di combustione.
D.Lgs. 161 del 27/03/2006,	Attuazione della direttiva 2004/42/CE per la limitazione delle emissioni di composti organici volatili conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria.
Accordo Ministero della Salute, Regioni e Province autonome del 27/09/2001	Linee guida per la tutela e la promozione della salute negli ambienti confinati, fornisce le linee di indirizzo tecnico indispensabili per la realizzazione di un Programma Nazionale di Prevenzione negli ambienti indoor.
Le Fibre Artificiali Vetrose (FAV)	Linee guida per l'applicazione della normativa inerente ai rischi di esposizioni e le misure di prevenzione per la tutela della salute. Conferenza Stato/Regioni, su proposta del Ministero della Salute, 10/11/2016



D.Lgs. 626 del 19/09/1994	Attuazione delle direttive europee riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. Il decreto è stato completamente trasfuso nel cosiddetto Testo Unico Sicurezza Lavoro (D.Lgs. 81/2008 <sup>25</sup> ), a sua volta successivamente integrato dal D.Lgs. n. 106 del 3 agosto 2009 e poi con l'ultimo aggiornamento a gennaio 2023.
D.Lgs. 50 del 18/04/2016	Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture. Stabilisce i criteri minimi ambientali per la progettazione e la ristrutturazione di edifici pubblici e in particolar modo stabilisce i limiti di emissione dei materiali come pitture e vernici, pavimenti e rivestimenti, adesivi, sigillanti, ecc.

Tabella 8 - Sintesi principali norme e legislazioni sulla qualità ambientale



#### 4. Qualità illuminotecnica

La luce è stata oggetto di studio in diverse discipline e nel campo dell'architettura le si è attribuito più volte un grande valore artistico, simbolico e progettuale. L'illuminotecnica è la disciplina che studia l'illuminazione degli spazi interni ed esterni e richiede competenze interdisciplinari legate alla natura dell'occhio umano, all'elettrotecnica, al mondo impiantistico e ai principi di progettazione architettonica. L'obiettivo di un progetto illuminotecnico è offrire una condizione di *comfort* tale per cui siamo in grado di svolgere al meglio le attività che siamo chiamati a compiere in un determinato luogo, in cui l'equilibrio tra luce naturale ed artificiale sia il migliore possibile.

La luce è un'onda elettromagnetica che si propaga nel vuoto, è quello stimolo fisico che ci permette di percepire il colore e le forme degli oggetti. Questa energia si diffonde attraverso delle radiazioni ondulatorie e il nostro occhio è sensibile in modo differente alle diverse lunghezze d'onda, che appartengono all'intervallo detto spettro del visibile. Ogni oggetto che è in grado di emanare una radiazione diviene una sorgente luminosa.

Quando si realizza un progetto illuminotecnico si fa riferimento ad alcune grandezze fotometriche che influenzano le caratteristiche della luce e dell'illuminazione, sia artificiale che naturale. Tra queste:

- il flusso luminoso, cioè la quantità di energia emessa da una sorgente luminosa in un'unità di tempo;
- il livello di illuminamento, che possiamo intendere come la quantità di luce in un ambiente o su una superficie;

<sup>25</sup> È il decreto legislativo che regola la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori sui luoghi di lavoro; esso è il risultato di un serie di norme in materia di sicurezza che si sono, di volta in volta, susseguite nel tempo.



- la luminanza, quindi l'entità della luce emessa in direzione del soggetto;
- l'intensità luminosa emessa da una sorgente in un ambiente;
- la distribuzione della luce e la sua incidenza sugli oggetti;
- la resa cromatica e la temperatura della luce.

Una corretta regolazione di questi fattori permette una condizione di benessere visivo, da studiare in relazione alle attività previste nei diversi ambienti.

Gli studi effettuati nel tempo hanno dimostrato che gli effetti della luce sull'uomo non si limitano a una pura questione visiva, ma incidono fortemente sulle funzioni cognitive di ciascun individuo, sulla sua condizione psicologica e soprattutto sul suo ritmo biologico (ritmo circadiano<sup>26</sup>); ne sono un esempio gli studi condotti dai tre genetisti, Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash e Michael W. Young (Premio Nobel per la Fisiologia e la Medicina nel 2017), che sono stati in grado di "sbirciare" all'interno del nostro orologio biologico tanto da chiarirne i meccanismi: le loro scoperte spiegano come le piante, gli animali e gli esseri umani adattano il loro ritmo biologico in modo che sia sincronizzato con le rivoluzioni della Terra [127]–[133].

Da tempo si parla di *Human Centric Lighting*<sup>27</sup> (HCL) ovvero di come ottimizzare l'impatto biologico ed emotivo della luce sugli esseri umani attraverso progetti di illuminazione che mettano al centro il benessere delle persone. Consapevole che la luce ha una forte influenza sull'uomo, sulla sua salute, sul suo stato psico-fisico, sulla sua produttività e sul suo umore, l'HCL studia quindi le modalità e gli strumenti per consentire l'illuminazione più corretta a ogni ora del giorno e dell'anno attraverso una pianificazione olistica. Un esempio è l'intervento di \ per gli uffici di Edison a Milano (Figura 14), nei quali è stata adottata una

<sup>26</sup> Il ritmo circadiano è il complesso sistema che regola i ritmi biologici degli esseri viventi in sintonia con l'ambiente. Il cambiamento dei parametri fisiologici come temperatura e pressione sanguigna nei mammiferi, la perdita delle foglie in autunno o la fioritura in primavera di alcune piante, così come l'alternanza tra fase di sonno e veglia negli animali, sono eventi controllati dagli orologi endogeni per rispondere ai cambiamenti ambientali causati in primo luogo dalla rotazione terrestre. Riferendosi a una persona, il ritmo circadiano è prettamente legato al suo orologio biologico. Dal latino, *circa diem* "di un giorno circa", indica il ciclo sonno-veglia e le variazioni dei parametri fisici umani presenti nell'arco temporale di un giorno solare (24 ore). La circadianità è data sia da elementi esterni, come la rotazione terrestre e quindi l'alternarsi di giorno e notte, sia da caratteristiche interne all'individuo. Nell'arco delle 24 ore, le variazioni che coinvolgono il ritmo circadiano non si riferiscono soltanto al ciclo sonno-veglia, ma anche altri aspetti molto importanti dell'individuo: il metabolismo, il rilascio di alcuni ormoni, la pressione sanguigna e la temperatura corporea. Tanto è vero che c'è una correlazione molto stretta tra la qualità del sonno e lo stato di salute di una persona. Le persone che soffrono di insonnia o di apnee notturne, ad esempio, aumentano il loro stato di *stress* (per il rilascio di alcuni ormoni durante la notte) e di conseguenza il rischio di ipertensione arteriosa. La luce interviene in modo determinante nel processo di regolazione dell'orologio biologico. Ogni fase sonno/veglia viene resettata grazie alla presenza di luce per essere sincronizzata al ciclo giorno/notte. Infatti, in assenza di stimolazione luminosa e per alcune persone non vedenti, tale sincronizzazione viene a mancare con possibili conseguenze nocive sulla salute.

<sup>27</sup> L'associazione internazionale *Lighting Europe* ha dato la seguente definizione di *Human Centric Lighting*: «Un insieme di soluzioni e sistemi di illuminazione che combinano effetti visivi, biologici ed emozionali della luce, influenzando il benessere e le prestazioni individuali delle persone.»; In: <https://www.lightingeurope.org/>



soluzione all'avanguardia in grado di riprodurre la luce naturale all'interno dello spazio e armonizzandola al ritmo circadiano [134], [135].

Aspetti come la temperatura del colore e l'intensità della luce combinati con il materiale illuminato e la percezione umana giocano un nuovo ruolo. L'attenzione ora è rivolta prima di tutto all'uomo e alle sue esigenze specifiche e personali.

Un uso consapevole della luce può contribuire a migliorare la concentrazione, la sicurezza e l'efficienza non solamente negli appartamenti, ma anche nei luoghi di lavoro [136], [137] e di apprendimento (edifici scolastici). Un esempio è il caso italiano della scuola media A. Brancati di Pesaro, l'unica scuola italiana su 200 progetti in gara provenienti da tutto il mondo ad aver vinto il più alto riconoscimento per gli edifici ecologici: il *Green Solution Awards International*, categoria "Energy temperate Climate" [138]; costruita su un sito abbandonato, la scuola è dotata di un tetto verde, di un sistema di controllo solare automatizzato, di vasche per il recupero dell'acqua piovana, di un involucro ad alte prestazioni rivestito da una parete ventilata in grès porcellanato che abbate i consumi ed elimina il problema della manutenzione, dotata di pannelli fotovoltaici che forniscono energia pulita e di pompa di calore ed impianti ad alta efficienza che mantengono sotto controllo i consumi [139].

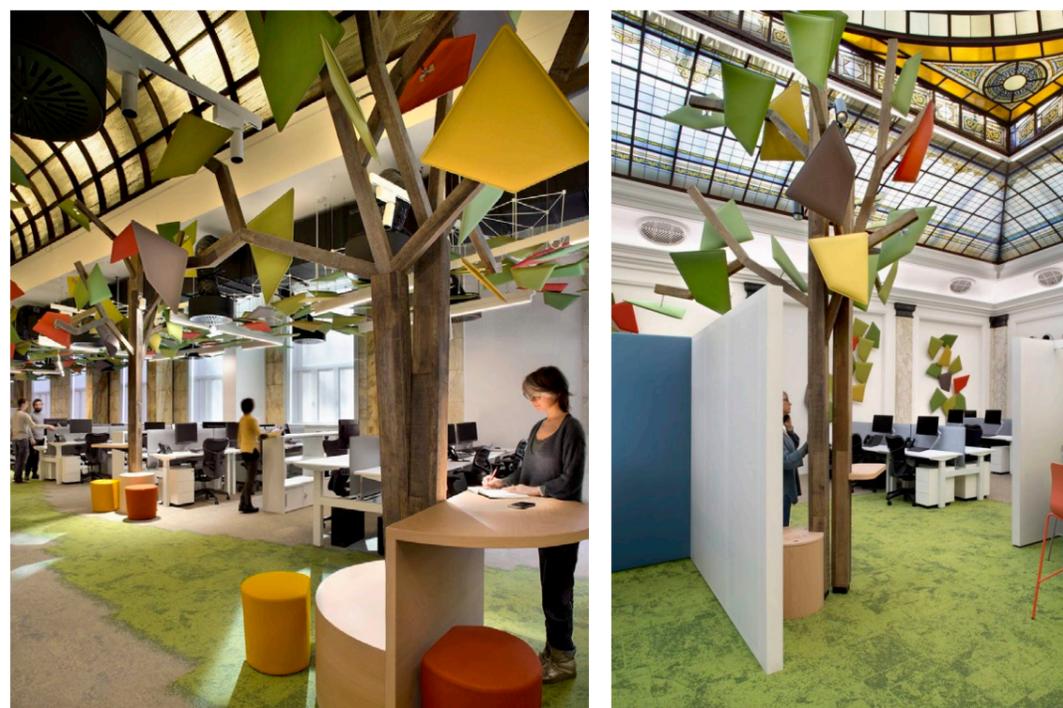
Addirittura, la luce può essere usata come terapia (si parla di *Light Therapy*) [140]–[142] per curare stati di ansia o depressione [137] e anche per i disturbi del sonno [143].

### Soluzioni per un'illuminazione ottimale

- 📎 Migliorare livelli di luce e una porzione blu più alta nella distribuzione spettrale durante le ore del mattino;
- 📎 preimpostare l'area per diverse attività, ad esempio per lavori che richiedono una particolare concentrazione (uso di lampade con maggiore intensità luminosa, con un colore che tende al blu) o spazi per attività "sedentaria/pigra" (uso di lampade con minore intensità della luce, quindi una luce più calda e rilassante); si raccomandano sempre temperature di colore non superiori a 3.000 - 4.000 K;
- 📎 dare la possibilità di personalizzazione o adattamento alla situazione in un contesto limitato;
- 📎 permettere l'adattamento automatico all'illuminazione esterna;
- 📎 implementare i sistemi di illuminazione per ottenere una regolazione dinamica delle



Figura 14 - Uffici di Edison a Milano, l'idea era quella di "progettare un ambiente artificiale che riproducesse la complessità dell'ambiente naturale", il progettista architetto Cristiana Cutrona di Revalue, in collaborazione con Consuline, ha ideato



un sistema integrato di illuminazione e acustica battezzato “La Pergola”, che riproduce l’attività della luce naturale in un bosco; è uno dei primi esempi di questo genere in Europa, basato su recenti dati scientifici



caratteristiche della luce durante il giorno. Programmare una regolazione dell’intensità e della temperatura del colore per supportare le attività degli utenti riguardo alle attività da svolgere; in base alle destinazioni d’uso si potrebbe prevedere una soluzione “*plug & play*<sup>28</sup>” con illuminazione dinamica a LED, che potrebbe essere un’opportunità per risparmiare;

- 📎 evitare l’affaticamento agli occhi: considerare gli angoli di impatto della luce con l’occhio umano, con le superfici di mobili e pareti e con i dispositivi retroilluminati;
- 📎 integrare luce naturale e luce artificiale: tenere conto dei valori minimi e massimi di illuminamento stabiliti per legge riguardo a salute e benessere sul posto di lavoro;
- 📎 scegliere soluzioni a risparmio energetico: evitare sprechi, dato che il sistema di illuminazione di un ufficio rimane acceso per molte ore al giorno.



### 5. Qualità termo-igrometrica

I fattori che determinano l’ambiente termo-igrometrico in uno spazio confinato sono principalmente: le caratteristiche termiche e di permeabilità al vapore degli elementi di confine (l’involucro edilizio), le sorgenti di calore e di vapore presenti all’interno, il clima esterno, le caratteristiche dell’impianto di climatizzazione.

Il dato finale da valutare è il grado di benessere percepito dagli occupanti nello spazio considerato, ovvero il grado di *comfort* termico. Lo strumento utile a questo fine è costituito dai principi teorici e dai metodi di misura per la previsione della sensazione termica percepita dalle persone. L’ambiente termo-igrometrico è descritto tramite opportune grandezze fisiche; ovviamente parlando di “sensazione” percettiva assumono valore anche l’attività e l’abbigliamento. Dal punto di vista operativo le metodologie da utilizzare sono ben sintetizzate in alcune norme tecniche. (Tabella 9)

Le norme citate sono di particolare interesse nella progettazione dell’involucro edilizio e degli impianti di climatizzazione, perché permettono la previsione e la verifica della sensazione percepita dall’essere umano per effetto dell’azione combinata del clima esterno, dell’involucro edilizio, dell’impianto di climatizzazione e del comportamento individuale (attività fisica e tipo di vestiario).

<sup>28</sup> È una locuzione inglese, «attacca [la spina] e gioca», usata in italiano come aggettivo di computer, o altro apparato elettronico, il quale si può mettere in funzione subito dopo averlo attaccato alla presa di corrente, come segno della sua semplicità d’uso. In: Enciclopedia Treccani, <https://www.treccani.it/>



Norme Tecniche		
Documento	Contenuto	Indicazioni
UNI EN ISO 11399: 2001	Ergonomia degli ambienti termici - Principi e applicazione delle relative norme internazionali	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 7726:2002	Specifica i metodi per la misura delle grandezze fisiche che influenzano le sensazioni termiche.	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 10551: 2002	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'influenza dell'ambiente termico mediante scale di giudizio soggettivo	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 12894: 2002	Ergonomia degli ambienti termici - Supervisione medica per persone esposte ad ambienti molto caldi o molto freddi	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 9886: 2004	Ergonomia - Valutazione degli effetti termici ( <i>thermal strain</i> ) mediante misurazioni fisiologiche	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 13731: 2004	Ergonomia degli ambienti termici - Vocabolario e simboli	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 8996:2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione del metabolismo energetico	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 15265: 2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Strategia di valutazione del rischio per la prevenzione dello <i>stress</i> o del disagio termico in condizioni di lavoro	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 9920:2009	Ergonomia degli ambienti termici - Valutazione dell'isolamento termico e della resistenza evaporativa dell'abbigliamento	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 28803: 2012	Ergonomia degli ambienti fisici: Applicazione di norme internazionali alle persone con speciali necessità	Applicabile a tutti gli ambienti climatici
UNI EN ISO 7730: 2006	Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV ( <i>Predicted Mean Vote</i> ) e PPD ( <i>Predicted Percentage of Dissatisfied</i> ) e dei criteri di benessere termico locale. Specifica i metodi per la previsione della sensazione termica percepita da un essere umano all'interno degli ambienti confinati di tipo "moderato" (sono esclusi gli ambienti cosiddetti "estremi" nei quali sono possibili sollecitazioni termiche nocive: <i>stress</i> termico, disidratazione, ecc.).	Applicabile agli ambienti moderati
UNI EN ISO 7933: 2005	Ergonomia dell'ambiente termico - Determinazione analitica ed interpretazione dello <i>stress</i> termico da calore mediante il calcolo della sollecitazione termica prevedibile	Applicabile agli ambienti severi caldi
UNI EN ISO 7243:2017	Ambienti caldi. Valutazione dello <i>stress</i> termico per l'uomo negli ambienti di lavoro, basata sull'indice WBGT (temperatura a bulbo umido e del globotermometro)	Applicabile agli ambienti severi caldi
UNI EN ISO 11079: 2008	Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione e interpretazione dello <i>stress</i> termico da freddo con l'utilizzo dell'isolamento termico dell'abbigliamento richiesto (IREQ) e degli effetti del raffreddamento locale	Applicabile agli ambienti severi freddi
UNI EN ISO 15743: 2008	Ergonomia dell'ambiente termico - Posti di lavoro al freddo - Valutazione e gestione del rischio	Applicabile agli ambienti severi freddi
UNI EN 16798-2:2017	Prestazione energetica degli edifici - Parte 2: Parametri di input per l'ambiente interno per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici riguardanti la qualità dell'aria interna, l'ambiente termico, l'illuminazione e l'acustica - Modulo M1-6 - Relazione tecnica - Interpretazione dei requisiti nella EN 16798-1	Criteri per la valutazione dell'ambiente termico in relazione alla destinazione d'uso degli edifici
UNI EN ISO 16798-1:2018	Prestazione energetica degli edifici - Parte 1: Parametri di input ambientali interni per la progettazione e la valutazione delle prestazioni energetiche degli edifici riguardanti la qualità dell'aria interna, l'ambiente termico, l'illuminazione e l'acustica	

Tabella 9 - Sintesi principali norme



Gli indici maggiormente utilizzati derivano da un approccio teorico basato sull'applicazione dell'equazione di bilancio termico al corpo umano, cercando così di stabilire una relazione tra la sensazione termica ed i 6 parametri fondamentali. (Tabella 10)

Parametro	Intervallo
Attività metabolica $M$	46 W/m <sup>2</sup> +232 W/m <sup>2</sup> (0.8 Met +4 Met)
Isolamento termico $I_{cl}$	0 (m <sup>2</sup> ·K)/W+0.31 (m <sup>2</sup> ·K)/W (0 clo+2 clo)
Pressione parziale di vapore $p_a$	0 Pa +2700 Pa
Temperatura dell'aria $t_a$	10°C+30°C
Temperatura della media radiante $t_r$	10°C+40°C
Velocità relativa $v_r$	0 m/s+1 m/s

Tabella 10 - Intervalli di applicabilità dei sei parametri fondamentali per l'applicazione del PMV. Sintesi tratta dall'UNI EN ISO 7730

La condizione di benessere microclimatico coincide con la sensazione di neutralità termica (omeotermia = temperatura interna costante). Scostamenti dalla condizione di omeotermia producono sensazioni crescenti di *discomfort*[144].

L'indice più utilizzato è il *Predicted Mean Vote*<sup>29</sup>: rappresenta il giudizio medio previsto che verrebbe espresso da un ampio gruppo di persone esposte alle medesime condizioni microclimatiche in esame, in una scala di sensazione termica a sette punti[145].

+3	Molto caldo
+2	Caldo
+1	Leggermente caldo
0	Neutro
-1	Leggermente freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo

L'indice PMV è ritenuto un indicatore affidabile quando assume valori compresi nell'intervallo tra -2 e +2.

Considerato che il PMV quantifica un voto medio, esiste, quindi, una percentuale di persone che non sono soddisfatte rispetto alle condizioni termiche in esame e che voterebbero caldo,

<sup>29</sup> *Predicted Mean Vote* (PMV) è un indice che deriva dagli studi condotti da Ole Fanger (1934–2006) nella seconda metà degli anni '60. Fanger creò un modello predittivo confrontando i risultati ottenuti applicando l'equazione di bilancio termico al corpo umano con i voti di sensazione termica ottenuti dal campione di studenti del college che espose in camera climatica per tre ore, facendogli eseguire attività standardizzate.



molto caldo, o freddo, molto freddo. Tale percentuale viene quantificata dall'indice *Predicted Percentage of Dissatisfied*. L'indice PPD viene calcolato attraverso la seguente equazione, una volta noto il PMV:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0.03353 \cdot PMV^4 - 0.179 \cdot PMV^2)}$$

L'andamento dell'indice PPD in funzione del PMV è illustrato in figura 15

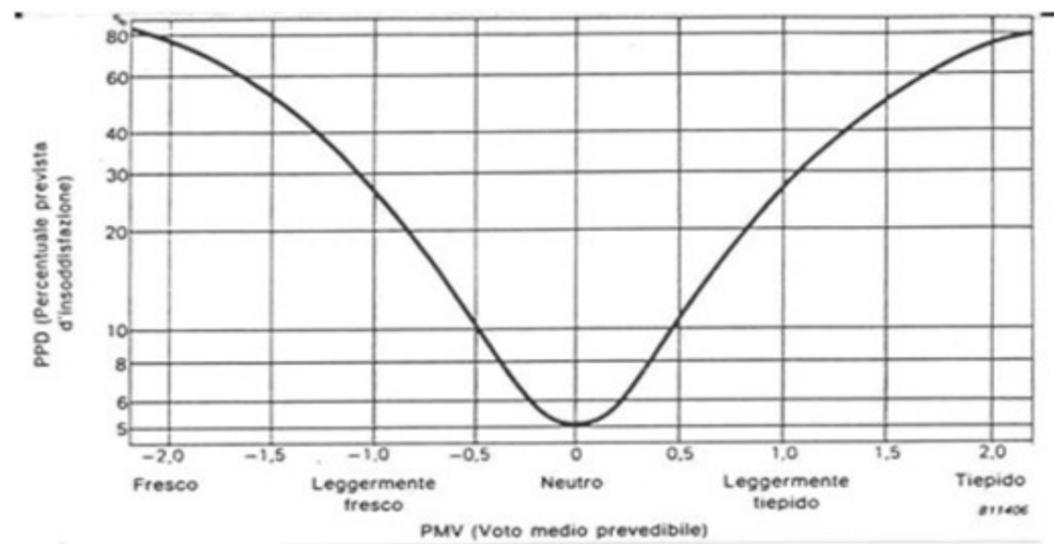


Figura 15 - Andamento della percentuale di insoddisfatti (PPD) in funzione del PMV (Voto medio prevedibile), l'indice PMV fornisce un giudizio medio sulla condizione di *comfort/discomfort* globale, ovvero relativo al corpo nella sua interezza, non tiene, quindi, conto di specifiche disomogeneità che possono essere presenti nell'ambiente e che possono determinare dei disagi locali per il soggetto.

La UNI EN ISO 7730 individua quattro principali cause di *discomfort* locali:

- a) Correnti d'aria;
- b) Differenza verticale di temperatura tra la testa e le caviglie;
- c) Pavimento troppo caldo o troppo freddo;
- d) Asimmetria della temperatura radiante.

La norma appena citata condiziona l'accettabilità dell'ambiente termico in esame al soddisfacimento simultaneo dei criteri globali e locali, secondo le 3 categorie di *comfort*, che sono riportate nella tabella di seguito (Tabella 11). I criteri devono essere soddisfatti contemporaneamente per ogni categoria.



Categoria	Stato tecnico del corpo nella sua interezza		<i>Discomfort</i> locali			
	PPD %	PMV	DR %	PD % Causato da		
				Differenza verticale di temperatura dell'aria	Pavimento caldo o freddo	Asimmetria radiante
A	<6	-0.2 < PMV < +0.2	<10	<3	<10	<5
B	<10	-0.5 < PMV < +0.5	<20	<5	<10	<5
C	<15	-0.7 < PMV < +0.7	<30	<10	<15	<10

Tabella 11 - Accettabilità dell'ambiente termico in esame al soddisfacimento simultaneo dei criteri globali e locali, secondo le 3 categorie di comfort; DR (*Draught Rate*) corrisponde alla percentuale di soggetti disturbati, mentre PD alla percentuale di insoddisfatti. Da UNI EN ISO 7730

### Soluzioni per migliorare la qualità termo-igrometrica

In fase di progettazione, valutazione dell'ambiente luminoso e verifica del rispetto dei principi di prevenzione occorre affidarsi a normative e a documenti tecnici di riferimento che definiscono valori limite e requisiti dei parametri illuminotecnici di interesse, tuttavia per mantenere delle buone condizioni di illuminazione occorre intervenire su diversi punti.

Anche negli edifici già esistenti è sempre valida la strategia di bloccare il calore prima che penetri nell'abitazione e innalzi le temperature. Per questo possono essere d'aiuto alcuni semplici accorgimenti come:

- 📎 Utilizzare schermature solari esterne come tapparelle o veneziane interne, possibilmente di colore chiaro, da tenere abbassate durante il giorno;
- 📎 usare ventilatori a bassi giri per movimentare l'aria, per alleviare la sensazione di caldo ed evitare di utilizzare climatizzatori compatti che consumano molta energia elettrica e preferirne di nuova generazione a basso consumo;
- 📎 utilizzare un buon isolamento a cappotto per la protezione dell'involucro dell'edificio e per evitare la formazione di ponti termici, che comporterebbero delle perdite prestazionali alle fonti di calore presenti all'interno;
- 📎 potenziale progettazione di una facciata ventilata, ovvero quel sistema di pareti perimetrali caratterizzate dalla presenza, tra il materiale isolante e il paramento murario di un'intercapedine d'aria. L'intercapedine consente il passaggio d'aria determinato da un effetto camino naturale.



- 🔗 installare un buon impianto di riscaldamento (pompe di calore, pannelli radianti, ecc.)
- 🔗 coibentare gli infissi, spesso i punti deboli dell'edificio nel trasferimento del calore tra l'ambiente interno e quello esterno. Per ridurre questo effetto negativo oggi sono obbligatori gli infissi a taglio termico che interrompono la conduzione.

## 6. Qualità acustica

L'isolamento acustico è l'insieme degli accorgimenti presi per ridurre la trasmissione di energia a partire dalle fonti che la producono fino ai luoghi che devono essere protetti. Pertanto, la finalità dell'isolamento acustico è proteggere l'uomo dai rumori, attenuandone o eliminandone la percezione attraverso la dissipazione dell'energia sonora.

Da diversi anni il rumore è considerato una delle prime fonti di inquinamento: di conseguenza l'uomo ha il bisogno di proteggersi dai suoni e dai rumori. Un rumore rappresenta un insieme di vibrazioni sonore che corrispondono a delle variazioni della pressione dell'aria udibili da parte dell'uomo.

Ecco solo alcuni esempi di fonti di rumore con cui ci confrontiamo quotidianamente: rumori provenienti dall'esterno (traffico stradale, ferroviario, aereo, navale; attività industriali o artigianali dislocate in posizioni non sufficientemente distanti dall'abitato); rumori provenienti dall'interno (impianti *hi-fi*, tecnologici, di riscaldamento, di ventilazione, voci e attività varie nella stessa unità immobiliare o in altre contigue; rumori da impatto generati dalla caduta di oggetti sui pavimenti, rumore dei tacchi delle scarpe).

La capacità di prestazione in rapporto all'isolamento acustico indica l'attitudine dell'involucro edilizio, nonché delle partizioni interne verticali e orizzontali, a garantire un adeguato livello di *comfort* acustico nello spazio abitativo in termini di una sufficiente attenuazione dei rumori esterni e di assenza di rumori "indotti" nello stesso involucro poco tollerabili. Considerato che alle abitazioni viene specificatamente richiesto di evitare o comunque ridurre le interferenze sonore tra esterno e interno, tale capacità di prestazione è rilevante per tutti i componenti dell'involucro con particolare riferimento all'isolamento dai rumori aerei (cioè quelli emessi nell'aria), che rappresentano per le pareti d'ambito e le coperture l'agente di maggior disturbo ai fini del *comfort* acustico; per quanto riguarda i rumori d'urto, sono invece rilevanti le prestazioni di altri elementi di fabbrica, come per esempio le chiusure orizzontali intermedie tra un piano e l'altro tipicamente soggette a calpestio.



Prima di passare a considerare a quali criteri costruttivi è possibile riferirsi per limitare la diffusione dei rumori occorre premettere alcune considerazioni di carattere generale, che devono guidare nella progettazione e nella realizzazione dell'involucro abitativo.

Una prima considerazione è che la sensazione di "fastidio" indotta dai rumori e dalla quale ci si vuole difendere per avere un adeguato livello di *comfort* non è facilmente quantificabile in modo assoluto e dipende in maniera sostanziale non soltanto dal livello sonoro ma anche da altri fattori, tra cui il rumore di fondo, le modalità di emissione del rumore disturbante nel tempo, la distanza della sorgente e più in generale la posizione nei confronti dell'ambiente disturbato, la natura del rumore, nonché da fattori di carattere psicofisico personali, per cui la tollerabilità dei rumori è tuttora argomento controverso.

In pratica il problema dell'isolamento si compone di due aspetti essenziali: da un lato il livello sonoro, che può essere misurato con strumenti, dall'altro la 'sensazione' sonora che rappresenta la risposta individuale al rumore e risulta quindi di più difficile valutazione. Tuttavia, la misura con fonometri del livello sonoro globale in scala A consente di disporre di un indice sufficientemente attendibile (e operativamente "comodo") per stimare il grado di sensazione.

Le norme maggiormente impiegate per le misure fonometriche sono quelle della IEC (Commissione Internazionale di Elettronica) e alcune norme internazionali. La dizione "fonometro di precisione" significa che la tolleranza di misura rientra in un certo grado prestabilito da specifiche norme relative ai fonometri. Per quanto concerne specificatamente i criteri di misura e valutazione, si ricorda che in Italia si seguono in genere le raccomandazioni ISO alle quali fanno espresso riferimento circolari ministeriali (come la n. 1769 del Ministero LL. PP. e quella del Ministero PP. TT. sui Centri Postali Meccanizzati e sugli Uffici Postali) e alcune norme tecniche (come quelle relative all'edilizia scolastica, D.M. 18 dicembre 1975).

La ISO ha stabilito criteri di rumorosità, detti appunto criteri ISO, che si traducono in pratica, come già accennato, in due metodi di misura.

Un primo metodo consiste nel misurare con il fonometro i livelli sonori in decibel limitatamente a determinati intorni di frequenze (bande di ottava). Si ottiene così su un quadrante cartesiano (livelli sonori in ordinate e frequenze in ascisse, figura 16) la curva caratteristica del rumore, cioè lo "spettro acustico". La ISO propone i suoi *standard* di rumorosità mediante curve criterio, ogni curva e contrassegnata da un numero indice NR coincidente con il livello sonoro in dB a 1.000 Hz. In pratica le curve ISO sono delle isofone



(simili a quelle di Fletcher-Munson<sup>30</sup>), che assumono il significato di curve limite del rumore per un certo tipo di ambiente. La corrispondenza tra le curve criterio e gli ambienti è riportata nella tabella seguente (Tabella 12) [146].

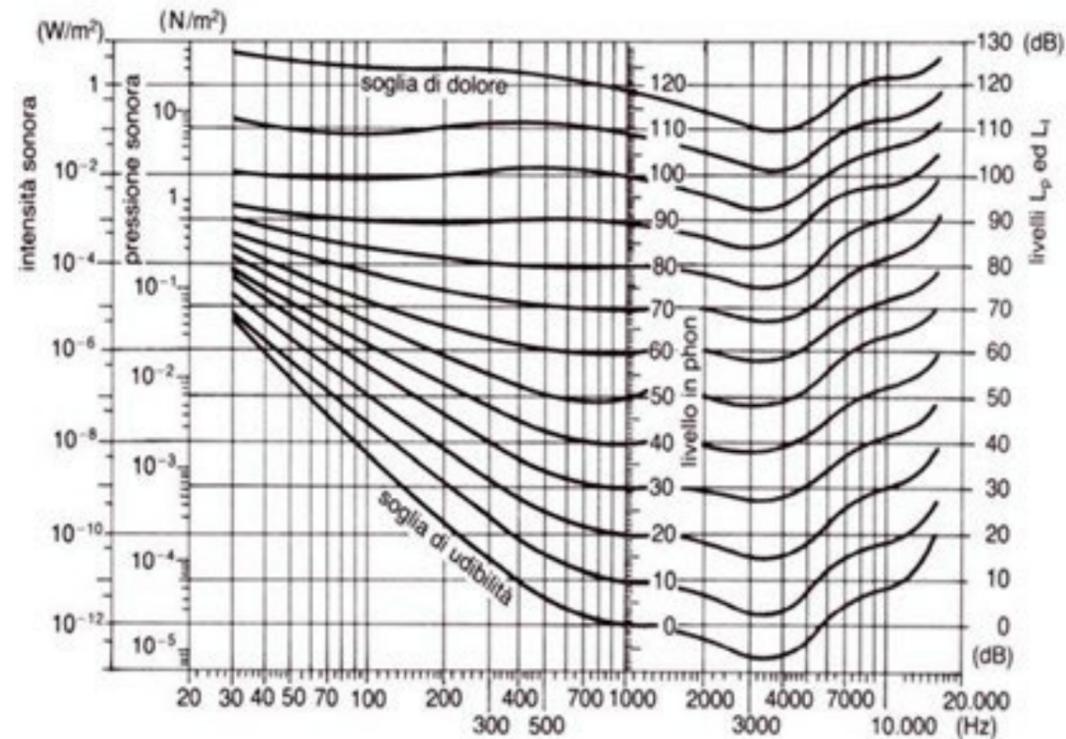


Figura 16 - Audiogramma normale secondo la norma ISO 226, in Requisiti acustici degli edifici di Luciano Mattevi, p. 5, [www.inquinamentoacustico.it](http://www.inquinamentoacustico.it)

In pratica l'applicazione del metodo suddetto consiste nel verificare se lo spettro acustico di un ambiente è al di sotto (o coincide) con la curva criterio: in tal caso il rumore si considera accettabile (in senso statistico, cioè si considera che quel rumore è ritenuto normale dalla media delle persone).

Corrispondenza tra curve ISO e Ambienti diversi		
	NR (Numero indice)	dB (A)
Studi radio e televisione	20	25
Sale di riposo	25	30
Camere da letto	30	35
Sale di conferenza, studi privati, gabinetti medici, teatri	35	40
Cinema, sale di riunione, laboratori chimici e fotografici	40	45

<sup>30</sup> I diagrammi di uguale intensità sonora furono prodotti per la prima volta da Fletcher e Munson usando delle cuffie nel 1933. Nel loro studio gli ascoltatori erano sottoposti a suoni puri di varia frequenza, per ogni frequenza l'intensità era gradualmente incrementata in un intervallo 10 dB.



Soggiorni, uffici, piccoli magazzini	50	55
Piccole industrie, laboratori meccanici	60	65
Negozi, industrie elettroniche	70	-
Industrie meccaniche, sale meccaniche	80	-
Forgiatura, fonderia	90	-
Rumori di compressori e motori a scoppio a 1 m	100	-
Sala prova motori	120	-

Tabella 12 - Corrispondenza fra curve ISO e ambienti diversi

Il secondo metodo consiste in una sola misurazione globale effettuata con il fonometro in "scala A"; è evidente che questo metodo contrappone alla maggiore rapidità una minore precisione.

Occorre ricordare che la sensazione sonora non dipende soltanto da pressione e frequenza, ma anche da: forma dello spettro acustico, rumore di fondo, durata e modalità di emissione (rumore continuo, intermittente, impulsivo), posizione dell'ascoltatore rispetto alla sorgente sonora, variazioni in frequenza e in durata.

Tuttavia, si può osservare che in genere le diverse modalità di reazione ad un suono si possono tradurre comunque in variazioni di intensità sonora percepita. Sulla base di queste considerazioni, sono stati formulati fattori correttivi in decibel, i quali, in pratica, traslano verso l'alto o verso il basso del quadrante le curve ISO in funzione delle diverse e specifiche condizioni di ascolto. Nella raccomandazione ISO R 1966 sono elencati tali fattori correttivi, riportati nella tabella seguente (Tabella 13).

Fattori di correzione dei criteri ISO del rumore (Raccomandazione ISO R 1966)		
Caratteristiche dello spettro sonoro	Rumore composto da toni puri udibili	-5 dB
	Rumore privo di toni puri udibili	0 dB
Variazioni di intensità (punte sonore)	Rumore ad impulsi	-5 dB
	Rumore continuo	0 dB
Durata delle otto ore lavorative (discontinuità del rumore)	100%	0 dB
	50%	+5 dB
Distribuzione nelle 24 ore	Solo durante il giorno	+5 dB
	Giorno e notte	0 dB
	Solo notte	-5 dB
Stato di adattamento al disturbo	Nessun adattamento	0 dB
	Medio adattamento	+10 dB
	Forte adattamento	+10 dB
Stagione:	-	-
	-	-
Rumori trasmessi per via aerea (finestra)	Inverno	+5 dB
	Estate	0 dB



Rumori trasmessi per via solida (strutture)	Inverno	0 dB
	Estate	+5 dB
Condizioni dei luoghi	Zona rurale	-5 dB
	Zona suburbana	0 dB
	Zona urbana residenziale	+5 dB
	Zona medio residenziale	+10 dB
	Zona industriale	+15 dB

Tabella 13 - Fattori di correzione dei criteri ISO del rumore (Raccomandazione ISO R 1966)

Una soluzione teoricamente ideale ai fini del *comfort* acustico sarebbe, ovviamente, l'intervento sulla sorgente del rumore disturbante; infatti, il metodo più efficace per limitare il livello di rumorosità consiste nel rendere la sorgente meno rumorosa. Purtroppo ciò non è quasi mai realizzabile, in particolare se il rumore proviene dall'esterno degli ambienti e dipende dalla presenza di attività particolarmente rumorose, come fabbriche, mercati, strade di grande traffico, non vi è praticamente alcuna possibilità di diminuire il disturbo all'origine se non intervenendo a livello urbanistico e ambientale; inoltre si possono prendere delle misure che fanno ricorso al comune buon senso: si può cercare di ubicare, ad esempio, le zone destinate al riposo il più lontano possibile dalle fonti di rumore; ancora si può cercare di ostacolare la propagazione del rumore dalla fonte all'ambiente e ridurre la possibilità di successive riflessioni delle onde sonore mediante l'uso di elementi assorbenti (Figure 17,18,19,20) e di idonee tecnologie. Il fattore sul quale si può invece intervenire nel modo più incisivo ed efficace è il livello di isolamento di tutti gli elementi che separano l'interno dall'esterno, come appunto quelli costituenti l'involucro.

L'isolamento acustico di un elemento (ad esempio una parete) che separa l'ambiente esterno dove si trova la sorgente sonora disturbante e nel quale si abbia una intensità sonora  $I_1$  dall'ambiente (interno) disturbato e in cui si abbia una intensità  $I_2$  è dato da:

$$D = \log I_1/I_2 \text{ [dB]} \text{ ossia: } D = L_1 - L_2 \text{ [dB]}$$

$L_1$  e  $L_2$  = livelli sonori rilevati negli ambienti (disturbante e disturbato)

L'isolamento acustico è dato dunque dalla differenza dei livelli sonori rilevati negli ambienti disturbante e disturbato.

### Soluzioni per migliorare la qualità acustica

- 📌 Progettare un isolamento a cappotto;
- 📌 ricorrere a una facciata ventilata;



- 📌 usare infissi con vetro camera a triplo vetro;
- 📌 isolare i cassonetti degli avvolgibili;
- 📌 prevedere la presenza di controsoffitti (efficaci contro la trasmissione di rumori aerei);
- 📌 introdurre pavimenti galleggianti o sistemi simili contro i rumori da impatto (calpestio).



Figura 17 - In alto: *Green Walls Dense Forest*, pareti mobili fonoassorbenti in muschio di Greenmood; in basso a sinistra: *Indoor Moss | Moss ceiling*, pareti vegetali di Greenworks; in basso a destra: *Rings*, oggetti fonoassorbenti di Greenmood, disegnati da Alain Gilles

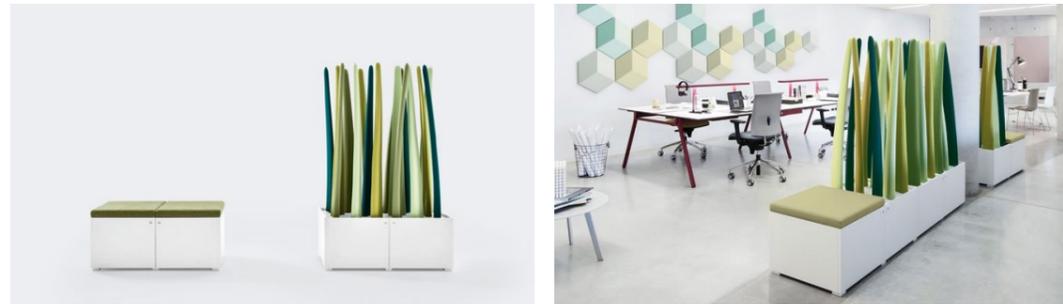


Figura 18 - PRA', elementi fonoassorbenti modulari, per ufficio ed ambienti pubblici, di Fonology un brand di Ares Line SpA



Figura 19 - FUTON, pannelli fonoassorbenti con luce incorporata, di Fonology a brand of Ares Line SpA. In: <https://www.caimi.com/>



Figura 20 - A sinistra: Snowpouf, pouf fonoassorbente, di Caimi Brevetti Spa; a destra: Blade, Sistema di mensole componibili, con pannelli fonoassorbenti, di Caimi Brevetti Spa. In: <https://www.caimi.com/>



## 7. Qualità dell'acqua

L'Agenda 2030 è composta da 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile (*Sustainable Development Goals – SDGs*) da raggiungere entro il 2030 (Figura 21), a loro volta articolati in 169 Target e oltre 230 indicatori, per uno sviluppo sostenibile a livello mondiale. Gli obiettivi, interconnessi e indivisibili, sono stati sviluppati secondo le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile: economica, sociale ed ambientale.



Figura 21 - I 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals – SDGs) In: <https://sdgs.un.org/goals>

Il tema dell'acqua è trattato principalmente nell'Obiettivo 6: “Garantire a tutti la disponibilità e la gestione sostenibile dell'acqua e delle strutture igienico-sanitarie”<sup>31</sup>.

<sup>31</sup> Di seguito si riportano i vari sotto punti inerenti all'Obiettivo 6:

- 6.1 Ottenere entro il 2030 l'accesso universale ed equo all'acqua potabile che sia sicura ed economica per tutti.
- 6.2 Ottenere entro il 2030 l'accesso ad impianti sanitari e igienici adeguati ed equi per tutti e porre fine alla defecazione all'aperto, prestando particolare attenzione alle esigenze di donne e bambine e a chi si trova in situazioni di vulnerabilità.
- 6.3 Migliorare entro il 2030 la qualità dell'acqua eliminando le scariche, riducendo l'inquinamento e il rilascio di prodotti chimici e scorie pericolose, dimezzando la quantità di acque reflue non trattate e aumentando considerevolmente il riciclaggio e il reimpiego sicuro a livello globale.
- 6.4 Aumentare considerevolmente entro il 2030 l'efficienza nell'utilizzo dell'acqua in ogni settore e garantire approvvigionamenti e forniture sostenibili di acqua potabile, per affrontare la carenza idrica e ridurre in modo sostanzioso il numero di persone che ne subisce le conseguenze.
- 6.5 Implementare entro il 2030 una gestione delle risorse idriche integrata a tutti i livelli, anche tramite la cooperazione transfrontaliera, in modo appropriato.
- 6.6 Proteggere e risanare entro il 2030 gli ecosistemi legati all'acqua, comprese le montagne, le foreste, le paludi, i fiumi, le falde acquifere e i laghi.
  - 6.6.a Espandere entro il 2030 la cooperazione internazionale e il supporto per creare attività e programmi legati all'acqua e agli impianti igienici nei paesi in via di sviluppo, compresa la raccolta d'acqua, la desalinizzazione, l'efficienza idrica, il trattamento delle acque reflue e le tecnologie di riciclaggio e reimpiego.
  - 6.6.b Supportare e rafforzare la partecipazione delle comunità locali nel miglioramento della gestione dell'acqua e degli impianti igienici. In: <https://unric.org/it/>



La gestione delle acque è caratterizzata da una particolare complessità data dal coinvolgimento di numerosi *stakeholders*<sup>32</sup> – gestori dei servizi, autorità governative a diverso livello oltre alla filiera del settore delle costruzioni – e dalla stratificazione di livelli di competenza ed autorità in materia. Se infatti i servizi idrici sono regolamentati a livello comunitario e nazionale, la gestione sul territorio è invece di competenza di Enti Locali e aziende private, così come la determinazione delle tariffe e degli *standard* di qualità del servizio ricadono sotto la responsabilità delle municipalità. Di conseguenza, al fine di perseguire gli obiettivi in materia, è necessario un approccio integrato che coinvolga i diversi *stakeholders* nelle attività di pianificazione, ricerca e sperimentazione su lungo e medio periodo [147]. Attingere alle risorse idriche e utilizzarle in modo sostenibile, conservandole quantitativamente e qualitativamente è un obiettivo su cui c'è ancora molto da fare. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità l'Italia è considerato un paese con *stress* idrico medio alto, in quanto utilizza, in media, tra il 30% e il 35% delle sue risorse idriche rinnovabili. Negli ultimi decenni si è assistito ad un aumento dell'uso di queste risorse (con un incremento del 6% ogni 10 anni), e questa tendenza, unita all'urbanizzazione, l'inquinamento e gli effetti dei cambiamenti climatici, come le persistenti siccità, possono mettere a dura prova l'approvvigionamento idrico e la sua qualità. Il settore civile, dopo quello agricolo, è quello che presenta la domanda più elevata di risorsa idrica e nell'ottica di preservarla è necessario un cambio di passo nella sua gestione anche nella pianificazione urbanistica delle città e, in particolare, nel settore edilizio. Di pari passo alla tutela ci deve essere un rafforzamento della protezione della salute attraverso la convergenza delle istituzioni e la sinergia delle azioni funzionali a una maggiore protezione e controllo delle risorse idriche nelle filiere idro-potabili e nel ciclo idrico integrato, anche attraverso l'applicazione dei Piani di Sicurezza dell'Acqua (PSA) nell'intero territorio nazionale. I PSA (dall'inglese *Water Safety Plans o WSP*<sup>33</sup>), introdotti con la direttiva 2015/1787 e recepiti con il DM 14/06/2017, prevedono un sistema integrato di prevenzione e controllo esteso

32 In economia lo *stakeholder* (inglese, lett. "portatore di bastone") o portatore di interesse, è qualsiasi individuo, gruppo o organizzazione che può influenzare, essere influenzato o percepire di essere influenzato in una prospettiva formale da una decisione o attività. In: *Entry ID 900023*

33 Il concetto di *Water Safety Plan* è stato introdotto per la prima volta nel 2004 dall'Organizzazione mondiale della Sanità e nel 2014 sono arrivate le linee guida dell'Istituto Superiore di Sanità italiano. Infine, la direttiva dell'unione europea n. 2020/2184 del 2020 (dir. UE 2020/2184) sulle acque potabili ha introdotto l'obbligo dell'analisi e gestione del rischio. Questo studio riguarda tre grandi parti del sistema idrico: i bacini idrografici da cui viene estratta l'acqua (ad esempio sorgenti, pozzi, fiumi, torrenti, invasi, ecc.); i sistemi di fornitura, dai punti di estrazione, alla potabilizzazione, alla rete dell'acquedotto fino al contatore; i sistemi di distribuzione domestici, dal contatore al rubinetto di casa. In particolare, il piano di sicurezza dell'acqua per il secondo punto spetta alle società che si occupano del sistema idrico. Per creare un piano di sicurezza dell'acqua possono servire anche anni, poiché viene richiesto l'intervento di un pool di esperti di diverse discipline e di differenti enti, tra cui anche Asl e Agenzie regionali per l'ambiente. Vedremo le fasi che permettono la redazione di un PSA. La prima fase di pianificazione definisce la squadra di lavoro e l'ambito che si vuole analizzare. La seconda, è quella di investigazione del sistema, cioè si passa a "scattare" delle fotografie aggiornate del sistema, studiando infrastrutture, dati di qualità e processi di potabilizzazione, soprattutto con sopralluoghi sul campo. La terza è quella di identificazione, che permette di rilevare e individuare i possibili pericoli di contaminazione per ogni parte della rete e valutare il rischio, prendendo in considerazione la probabilità che un determinato problema si verifichi e quanto grave potrebbe risultare. A questo punto i tecnici hanno davanti uno studio dettagliato, in base al quale decidere le azioni per migliorare i punti deboli della rete. L'ultima fase è il costante controllo per verificare che il *Water Safety Plan* funzioni e, nel corso del tempo, dia i risultati sperati: per questo motivo un piano di sicurezza dell'acqua è uno strumento in continua evoluzione, aggiornato progressivamente. In: <https://www.salute.gov.it/>



all'intera filiera idropotabile e permettono di superare l'approccio del controllo "a valle" e di prevenire fenomeni di inquinamento e le situazioni di rischio connesse con la contaminazione delle fonti. Un modello che deve essere applicato al sistema idrico: dall'estrazione fino al punto di erogazione e ai sistemi di distribuzione domestici, tale da permettere un approccio sistematico per gestire i rischi derivanti dai cambiamenti climatici e ambientali, strutturando misure di prevenzione e controllo di breve-medio e lungo termine [148].

### **Soluzioni per migliorare la qualità dell'acqua**

Tralasciando le acque di ottima qualità (che sono rare) e quelle che richiedono trattamenti di potabilizzazione, di seguito vengono proposte brevemente le tecnologie che consentono di migliorare la qualità di un'acqua potabile.

- 📎 creare un Piano di Sicurezza dell'Acqua;
- 📎 installare un sistema di filtraggio dell'acqua di rubinetto al punto di ingresso dell'edificio, sulla tubazione di arrivo, per un trattamento completo di tutto il flusso;
- 📎 installare un apparecchio al punto d'uso, ovvero sul singolo rubinetto, dal quale prelevare acqua per bere di ottima qualità;
- 📎 verificare tramite laboratori specializzati la qualità dell'acqua in uso. Il servizio idrico integrato, che fornisce l'acqua "del rubinetto" ne garantisce la qualità e potabilità fino all'ingresso su strada. Inoltre, è possibile controllare la qualità dell'acqua fornita su molti siti web dei servizi idrici di molte città italiane. Esiste però il problema del cosiddetto "ultimo miglio" (tubature dei condomini e delle abitazioni; pompe; autoclavi; rubinetteria ecc);
- 📎 usare nuove tecnologie certificate per la purificazione dell'acqua, le quali certificazioni richiedono controlli periodici di tali sistemi, attraverso profondi monitoraggi che vengano utilizzati secondo le istruzioni e le prescrizioni del produttore.



## 8. Polveri e parassiti

Amuchina, candeggina, alcol e disinfettanti a base di questi, riportano nella loro scheda d'uso, in riferimento agli effetti ambientali, diciture come: inquinante per le acque, tossico per gli organismi acquatici e per l'ecosistema marino, persistente. E per quanto riguarda gli effetti sulla salute: tossico o irritante per le vie respiratorie, può provocare ustioni o lesioni alla cornea, corrosivo (candeggina). Così questi prodotti, con il dilavamento o gettati direttamente negli scarichi, entrano all'interno del ciclo delle acque, avendo un effetto devastante in primo luogo sull'ecosistema marino, ma anche sui microorganismi della catena alimentare. Possono inoltre essere tossici se respirati o a contatto con la pelle, ma anche causare avvelenamenti accidentali, specialmente nei bambini. Non sembra solo una coincidenza, infatti, che in concomitanza con l'esplosione dell'epidemia di Covid-19, i Centri di controllo per le malattie e la prevenzione<sup>34</sup> abbiano denunciato un aumento del 20% rispetto allo stesso periodo del 2019, e l'Italia non fa eccezione. I primi a lanciare l'allarme a marzo sono stati i medici del Centro Antiveneni dell'ospedale Niguarda a Milano, il cui servizio di consulenza telefonica ha raccolto il 65% in più di richieste di consulenza per intossicazione da disinfettanti, fino al 135% in più nella fascia di età inferiore ai 5 anni.

L'elemento inquinante, e anche la tossicità per gli operatori, diventa ancor più centrale se si considera la disinfezione massiva e a spruzzo che è stata praticata, in Italia e nel mondo, negli ambienti esterni: strade, giardini pubblici, piazze e addirittura spiagge. In una nota diffusa dall'ISS<sup>35</sup> e ARPA<sup>36</sup> Veneto avente ad oggetto "Disinfezione degli ambienti esterni e utilizzo di disinfettanti (ipoclorito di sodio) su superfici stradali e pavimentazione urbana per la prevenzione della trasmissione dell'infezione da SARS-CoV-2" viene evidenziato come siano state diffuse informazioni contrastanti circa l'utilizzo di ipoclorito e la sua capacità di distruggere il virus su superfici esterne (strade) e in aria.

L'invito a non eccedere nell'uso di prodotti di sanificazione è venuto anche da Silvio Brusaferrò, presidente dell'Istituto Superiore di Sanità, il quale, durante l'audizione della

<sup>34</sup> Solitamente sono indicati come CDC, che è l'acronimo di Centers for Disease Control and Prevention. Si tratta dell'ente governativo americano che è responsabile delle principali decisioni e raccomandazioni in tema di salute pubblica.

<sup>35</sup> L'ISS (Istituto superiore di sanità) è un ente di diritto pubblico che, in qualità di organo tecnico-scientifico del Servizio sanitario nazionale in Italia, svolge funzioni di ricerca, sperimentazione, controllo, consulenza, documentazione e formazione in materia di salute pubblica.

<sup>36</sup> L'ARPA (Agenzia regionale per la protezione ambientale) è un ente della pubblica amministrazione italiana, costituito e operante in ogni Regione d'Italia. Ciascuna Regione ha costituito la propria Agenzia. Le 19 ARPA regioni, le due APPA (Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente) delle province autonome di Trento e Bolzano e ISPRA (Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale) compongono il Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente (SNPA) istituito dalla legge 132/2016.



Commissione Ecomafie per l'inchiesta sui rifiuti Covid-19 ha invitato a non esagerare con i disinfettanti in quanto responsabili di numerosi effetti indesiderati se utilizzati in modo intensivo ed estensivo. E anche perché, ha specificato, l'eccesso è inutile: laddove le superfici siano mantenute pulite, il virus è già facilmente inattivabile.

Questo eccesso d'uso, oltre a una mancanza di conoscenza degli effetti e delle ripercussioni sulla salute e sull'ambiente, potrebbe essere anche imputabile alla mancata chiarezza della normativa riguardo alle responsabilità penali e civili da parte dei datori di lavoro (non solo imprenditori, ma anche dirigenti di enti pubblici o scuole, sindaci, direttori di musei, gestori di aeroporti, cinema, teatri, ecc.). I decreti emanati fin dall'inizio dell'epidemia (9 marzo 2020) hanno rimesso in capo a questi soggetti le responsabilità in caso che un dipendente, o un cliente, si ammalasse di Covid-19. E, anche se in seguito l'art. 29 bis della Legge n. 40/2020 stabilì che, ai fini della tutela contro il rischio di contagio da Covid-19, il datore di lavoro adempie all'obbligo dell'articolo 2087 del Codice Civile mediante l'applicazione delle prescrizioni contenute nel protocollo condiviso (DPCM<sup>37</sup> 24 aprile 2020) rettificando di fatto questa posizione, è probabile che, per "maggiore tranquillità" si sia preferito in molti casi eccedere nella disinfezione piuttosto che limitare.

### Soluzioni per migliorare l'igiene

- Pulire regolarmente i pavimenti con un'aspirapolvere dotato di filtro HEPA - *High Efficiency Particulate Air filter* (per raccogliere grandi particelle di polvere);
- Integrare la pulizia effettuata con un'aspirapolvere HEPA con la pulizia periodica di altre superfici oltre il pavimento per aiutare a controllare l'accumulo di polvere e allergeni provenienti dalla polvere depositata. Il termine superfici riguarda non solo le scrivanie, ma tutte le superfici anche verticali, comprese le pareti, le cornici, le modanature, le partizioni e le porte, che sono tutte ricoperte da un sottile strato di polvere, dato che, mentre le persone si muovono, creano e sono circondate da una nuvola di polvere, cioè di particelle che alla fine si depositano non solo sul pavimento.
- usare un piano di gestione integrata dei parassiti, efficace nel controllare le infestazioni senza l'introduzione di pesticidi nocivi e sostanze chimiche rodenticide nella casa o nell'ufficio.

<sup>37</sup> DPCM - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri.



## 9. Sicurezza e Protezione

Strettamente legato ad aspetti culturali e sociali che accomunano aree e interi paesi assumendo significati e manifestazioni diverse, il senso di protezione e sicurezza, immateriale ma scritto nella genetica umana, è uno dei più importanti elementi che aiutano a mantenere la salute. La sua assenza costante (o anche la sola sensazione che manchi) può portare l'innalzamento cronico dei livelli di *stress* con influenze sul funzionamento del sistema immunitario, sullo stato di infiammazione generale, sui livelli della pressione sanguigna e sul sistema cardiovascolare, nonché depressioni e conseguenze nei comportamenti sociali. Gli edifici possono giocare un ruolo importante anche grazie alle influenze che determinati accorgimenti, quali inferriate e presenza di sistemi di sicurezza, hanno sulla riduzione della paura.

Lo scenario in cui oggi è inserita qualsiasi realtà lavorativa è caratterizzato da un uso massiccio delle tecnologie, dall'incremento della competizione internazionale, dall'incertezza dei mercati e dalle fluttuazioni demografiche; tutto ciò, tradotto nella pratica e rapportato alla realtà concreta, vuol dire innovazioni apportate alla progettazione, all'organizzazione e alla gestione del lavoro; aumento del carico di lavoro e del ritmo di lavoro; elevate pressioni emotive; precarietà del lavoro e scarso equilibrio tra lavoro e vita privata.

Con il D.Lgs. n. 81 del 2008, aggiornato al luglio 2023, si è puntata l'attenzione sul rischio *stress* lavoro correlato, richiamando espressamente l'Accordo Europeo del 2004, sottoscritto dalle quattro maggiori organizzazioni europee (ETUC<sup>38</sup>, UNICE<sup>39</sup>, UEAPME<sup>40</sup> e CEEP<sup>41</sup>) per definirne il valore e le politiche da adottare per prevenirlo, che lo identifica con uno "stato che si accompagna a malessere e disfunzioni fisiche, psicologiche o sociali e che consegue dal fatto che le persone non si sentono in grado di far fronte in maniera adeguata alle richieste o alle attese nei loro confronti".

Lo *stress* non è una malattia, ma una situazione prolungata di tensione può ridurre l'efficienza sul lavoro e può determinare un cattivo stato di salute, divenendo un rischio per la sicurezza,

38 *European Trade Union Confederation* (ETUC) è una organizzazione creata nel 1973 quale principale interlocutore delle istituzioni dell'Unione europea in materia di rappresentanza dei lavoratori a livello dell'Unione.

39 *Union of Industrial and Employers' Confederations of Europe* - Unione delle Confederazioni imprenditoriali dell'industria e dei datori di lavoro d'Europa. Organizzazione, fondata nel 1959, a cui aderiscono le associazioni dei datori di lavoro degli Stati membri dell'Unione europea e dell'EFTA (Associazione europea di libero scambio); è uno dei protagonisti del dialogo sociale, firmataria degli accordi quadro insieme alla Confederazione sindacale europea (CES) e al Centro europeo dell'impresa pubblica (CEEP).

40 *Union Européenne de l'Artisanat et des Petites et Moyennes Entreprises* - Unione Europea delle Associazioni dell'Artigianato e delle Piccole e Medie Imprese "UEAPMI", è un gruppo ombrello per le associazioni di PMI con sede a Bruxelles, in Belgio. SMEunited rappresenta gli interessi dell'artigianato, dei mestieri e delle PMI europei a livello dell'UE.

41 *Centre Européen des Entreprises Publiques* - Centro europeo delle imprese a partecipazione pubblica d'interesse generale è un'associazione europea che rappresenta le imprese che svolgono servizi di interesse generale, qualunque sia la loro proprietà o status. SGI Europe è una delle tre parti sociali intersettoriali a livello europeo, riconosciuta dalla Commissione Europea.



poiché fa diminuire la percezione del rischio e altera i processi comportamentali.

La sicurezza e la salute sui luoghi di lavoro rappresentano un importante obiettivo da raggiungere per garantire la massima tutela individuale e coinvolgono tutte le persone che operano negli ambienti di lavoro. Anche per quanto riguarda lo *stress* lavoro correlato i lavoratori sono coinvolti nel processo di attuazione delle misure per prevenirlo, eliminarlo o almeno ridurlo. A tal proposito, un'idea per trasmettere una corretta informazione sarebbe quella di realizzare degli opuscoli informativi, nei quali sono descritte le adeguate linee sul rischio *stress* lavoro correlato, ai sensi dell'art. 36<sup>42</sup>, per migliorare la consapevolezza e la comprensione nei confronti di questo rischio.

Nell'ambito della presente ricerca ci si è maggiormente concentrati sui problemi strettamente legati alle conseguenze psicologiche delle condizioni di lavoro utilizzando spesso il termine *stress*, ormai divenuto di moda. Comunque, non si deve tralasciare l'effetto che proprio sullo *stress* possono avere alcune situazioni di emergenza, quali terremoti, eventi meteorici eccezionali, allagamenti, incendi, nei confronti delle quali esiste un'ampia letteratura specialistica; pertanto a queste situazioni si farà riferimento in maniera molto sintetica nella tabella 14, in cui sono state riportate brevi notazioni per chiarire come all'interno degli spazi abitativi, residenziali o legati al lavoro organizzato, sia possibile, con modesti accorgimenti e soluzioni che non impattano eccessivamente a livello costruttivo, favorire negli utenti una percezione più tranquillizzante rispetto al livello di sicurezza possibile.

### Soluzioni per migliorare la sicurezza

Se ci si sente stressati per qualunque aspetto del proprio lavoro ma non è oggettivamente possibile modificare la condizione che lo determina ci sono alcune strategie che si possono adottare per tutelare la salute e per non entrare nella fase debolezza.

 Acquisire consapevolezza di cosa realmente induce *stress*. Cercare di identificare le fonti

42 1. Il datore di lavoro provvede affinché ciascun lavoratore riceva una adeguata informazione:  
a) sui rischi per la salute e sicurezza sul lavoro connessi alla attività della impresa in generale;  
b) sulle procedure che riguardano il primo soccorso, la lotta antincendio, l'evacuazione dei luoghi di lavoro;  
c) sui nominativi dei lavoratori incaricati di applicare le misure di cui agli articoli 45 e 46;  
d) sui nominativi del responsabile e degli addetti del servizio di prevenzione e protezione, e del medico competente.  
2. Il datore di lavoro provvede altresì affinché ciascun lavoratore riceva una adeguata informazione:  
a) sui rischi specifici cui è esposto in relazione all'attività svolta, le normative di sicurezza e le disposizioni aziendali in materia;  
b) sui pericoli connessi all'uso delle sostanze e delle miscele pericolose sulla base delle schede dei dati di sicurezza previste dalla normativa vigente e dalle norme di buona tecnica;  
c) sulle misure e le attività di protezione e prevenzione adottate."  
3. Il datore di lavoro fornisce le informazioni di cui al comma 1, lettere a) e al comma 2, lettere a), b) e c), anche ai lavoratori di cui all'articolo 3, comma 9.  
4. Il contenuto della informazione deve essere facilmente comprensibile per i lavoratori e deve consentire loro di acquisire le relative conoscenze. Ove la informazione riguardi lavoratori immigrati, essa avviene previa verifica della comprensione della lingua utilizzata nel percorso informativo. In D.Lgs. n. 81 del 2008/art. 36 n°1/2/3/4.



di *stress*, anche elencandole materialmente su un foglio. Quale aspetto della vita lavorativa crea maggior sofferenza o tensione? Quale preoccupa di più? È su questo o questi aspetti che è urgente intervenire;

- 📎 modificare la valutazione cognitiva dell'ambiente. Prima di tutto riconoscere la differenza tra le cose che si possono controllare e quelle che non si possono controllare. Chiedersi come si sta vivendo la situazione, se esistono modi alternativi di affrontarla. Se si ritiene la propria realtà lavorativa imm modificabile, cercare di dare minore importanza agli eventi che accadono quotidianamente;
- 📎 pianificare le attività e utilizzare il *time management*, ossia una gestione efficace del tempo. Spesso ciò che stressa è semplicemente la "quantità" di lavoro;
- 📎 prendersi delle pause. Fare dei *break* nel corso della giornata, anche semplicemente per fare dei respiri profondi e sentire che la mente si rilassa. Poi si sarà in grado di tornare al lavoro con rinnovata energia e lucidità;
- 📎 prendersi cura del proprio corpo. Dedicarsi ad un'attività fisica regolare, curare la propria alimentazione e prevedere degli adeguati periodi di riposo è la migliore cura antistress, sia esso lavorativo o di altro genere. In particolare, l'esercizio fisico costante libera endorfine endogene, una sorta di "droga naturale" che aiuta a sentirsi meglio e a prevenire sia i danni cardiovascolari che quelli muscolo-scheletrici dovuti allo *stress* lavorativo;
- 📎 pensare positivo. Prendere nota del lavoro fatto bene e ricompensarsi in qualche modo. Porsi degli obiettivi a breve termine e sentirsi soddisfatti quando vengono raggiunti. Cercare di non considerare le critiche come un attacco personale, pensare ad esse come ad un'opportunità per crescere nel proprio lavoro;
- 📎 rivedere la scala di valori e dare il giusto peso a ciò che esiste al di fuori del lavoro: la famiglia, gli amici, altri interessi. Tutti ambiti in cui la situazione può essere migliore e le soddisfazioni potrebbero compensare lo *stress* da lavoro;
- 📎 impegnarsi in attività esterne di gruppo: gruppi di sport, di volontariato, associazioni culturali, possono fornirci quelle gratificazioni che ci mancano in ambito lavorativo;
- 📎 ricorrere all'aiuto di un professionista esterno: il *counselling* e la psicoterapia sono gli strumenti più utili per la risoluzione delle tensioni interne che danno origine allo *stress*.

### 3.2.



#### **Individuazione di tre nuovi fondamenti per edifici sani applicabili con i sistemi di certificazione**

Dall'analisi della letteratura inerente i nove fondamenti per un edificio sano e dei diversi sistemi di indagine, valutazioni post occupative, utilizzati sempre più frequentemente nel campo ingegneristico, è emersa la poca attenzione verso alcuni argomenti, quali la salute mentale, l'alimentazione e il movimento, ritenuti oggi, nella società in cui viviamo, temi di un certo spessore, soprattutto da considerare centrali in materia di benessere psico-fisico. A tal proposito, si è ritenuto opportuno suggerire l'introduzione di 3 nuovi fondamenti, che prendono il nome di "salute mentale, nutrizione, fitness", considerati parte innovativa e principale del lavoro di ricerca, da utilizzare tramite le opportune certificazioni come parte integrante e completiva per rendere un edificio sano.



#### **10. Salute mentale**

La salute mentale è una componente fondamentale della sanità umana in tutte le fasi dell'esistenza ed è vitale per il benessere fisico e sociale di tutti gli individui, le comunità e le società. Non si tratta soltanto di evitare qualsiasi carenza di una condizione di salute mentale, ma piuttosto di cercare di garantire uno stato di benessere in cui gli individui sono in grado di raggiungere il loro pieno potenziale, far fronte ai normali fattori di *stress* della vita, lavorare in modo produttivo e contribuire alle loro comunità [149].

La salute mentale è determinata da una serie di fattori socioeconomici, biologici e ambientali, come le condizioni di lavoro, lo stile di vita e i comportamenti salutari. L'incorporazione di elementi naturali negli edifici può favorire il sollievo degli occupanti dallo *stress* e dall'affaticamento mentale, oltre a contribuire a stabilire un senso del luogo. I benefici di una maggiore connessione con la natura possono essere raggiunti attraverso numerosi percorsi, come quelli diretti (ad esempio, le piante in ufficio), indiretti (le finestre) o rappresentativi (le fotografie). Inoltre, incorporare altri elementi estetici chiave, come il giusto *design* ed elementi d'arte, può contribuire a celebrare l'identità unica del luogo, così da arricchire ulteriormente lo spazio per gli occupanti e per i visitatori.



Considerato che numerosi fattori aumentano la probabilità di *stress* sul posto di lavoro (scarso supporto da parte di supervisor e colleghi, insufficiente controllo sui processi lavorativi, richieste ingestibili e elevate, preoccupazione per la mancanza di sicurezza del lavoro e poche opportunità di avanzamento o sviluppo professionale), attraverso interventi di educazione alla salute mentale, sarà possibile creare un ambiente più favorevole: infatti, migliorare la conoscenza e la consapevolezza, nei dipendenti e nel datore di lavoro, può ridurre gli atteggiamenti stigmatizzanti e la discriminazione, nonché incrementare la salute mentale dei dipendenti stessi attraverso una maggiore e, nel migliore dei casi, potenzialmente precoce ricerca di aiuto [150].

La tensione fisica e i rischi associati possono essere ridotti attraverso interventi che regolano i fattori di nervosismo sul lavoro, come i cambiamenti nelle operazioni, l'aumento del supporto di colleghi e supervisor e la formazione dei dipendenti sullo sviluppo della resilienza. I dipendenti hanno bisogno di opportunità sufficienti per staccare psicologicamente, così da riprendersi durante le ore non lavorative, come i fine settimana, le vacanze e la sera.



## 11. Nutrizione

I nostri modelli alimentari sono influenzati da una complessa combinazione di fattori personali, culturali e ambientali, compresi gli edifici in cui risiediamo e le comunità in cui trascorriamo la maggior parte del nostro tempo e consumiamo la maggior parte dei nostri pasti.

Il modo in cui i nostri ambienti alimentari sono progettati e gestiti, così come la disponibilità e l'accesso a cibi e bevande, ha il potenziale per supportare diete sane e migliorare la salute umana tenendo presente la salute del pianeta. In effetti, la ricerca mostra che è più probabile che si verifichi un cambiamento individuale quando le condizioni e le influenze ambientali sono allineate per supportare i comportamenti dei singoli [151], [152]. Pertanto, il miglioramento della qualità della dieta e delle abitudini alimentari richiede un approccio olistico, che includa sia politiche di sostegno che cambiamenti ambientali. Mangiare con attenzione concentrandosi su questa attività può portare a un migliore controllo dell'assunzione di cibo.

Esiste anche una relazione positiva tra alimentazione consapevole e benessere mentale, che dovrebbe essere supportata all'interno degli edifici per il lavoro organizzato dalla presenza, negli spazi comuni, di aree dedicate per le pause ristoro: ciò può incoraggiare le persone a consumare insieme, prevenire il "mangiare distratto" nelle postazioni di lavoro e portare abitudini alimentari complessivamente migliori. Oltre agli spazi, avere periodi di pasto



designati può aiutare a garantire al lavoratore un adeguato tempo per consumare il proprio cibo in modo più consapevole.

Lo spazio che consente di riscaldare o assemblare pasti fatti in casa può supportare sane abitudini alimentari e abilità culinarie. Frigoriferi adeguati possono garantire la conservazione sicura degli alimenti e soddisfare le esigenze dei consumatori. Ulteriori servizi di supporto, come utensili e attrezzature per il riscaldamento degli alimenti, possono rendere i pasti cucinati in casa più gradevoli e incoraggiare sane abitudini alimentari, aiutando i lavoratori ad evitare il ricorso a cibi non salutari se non addirittura nocivi. Tenendo conto del ruolo che alimentazione/digestione/assimilazione dei cibi rivestono nel ciclo vitale, ivi compreso il rendimento lavorativo, appare più che ragionevole, anzi conveniente, il rapporto costi/benefici di un investimento su aree e tempi dedicati all'assunzione dei cibi.



## 12. Fitness

Il movimento è strettamente connesso a tutti gli aspetti della vita quotidiana. L'attività fisica abbraccia una vasta gamma di domini di dinamismo, comprese le attività lavorative, di trasporto, domestiche e del tempo libero. La nostra comprensione della relazione tra attività fisica e salute continua ad evolversi, sappiamo che tutti i movimenti sono importanti per la salute e che il benessere fisico può essere accumulato o compromesso durante il giorno in vari modi. Pertanto, è fondamentale che i nostri edifici, i nostri ambienti socioculturali e le nostre comunità considerino il movimento come una parte vitale della condizione umana e come uno strumento chiave per la promozione della salute stessa.

L'inattività fisica è stata per decenni un problema primario all'interno della comunità della sanità pubblica, a causa del suo contributo alla mortalità prematura e alle malattie croniche, tra cui il diabete di tipo II, le malattie cardiovascolari, la depressione, l'ictus, la demenza e alcune forme di cancro [153], [154].

Anche il comportamento sedentario è in aumento, da distinguere dall'inattività fisica, poiché è caratterizzato da attività di intensità molto bassa e di scarso sforzo fisico (lo stare seduti). In media il tempo trascorso seduti, tra ambiente di lavoro e casa, varia da 3 a 9 ore al giorno tra gli adulti, a livello globale, ed è stato ritenuto corresponsabile di molti scarsi risultati di salute o di effetti addirittura pericolosi, tra cui l'obesità, il diabete di tipo II, i rischi cardiovascolari e la mortalità prematura.

L'introduzione del fondamento "Fitness", quindi, mira a promuovere il movimento, a



favorire l'attività fisica e a sostenere la vita attiva, scoraggiando il comportamento sedentario, attraverso la creazione e il miglioramento di spazi, comuni e non, appositamente dedicati all'interno dei luoghi nei quali trascorriamo le nostre giornate. L'impatto del cambiamento del benessere fisico sul rapporto globale è sostanziale, poiché se l'inattività fisica fosse ridotta del 10% il tasso di mortalità potrebbe scendere di mezzo milione di persone, addirittura se ridotta del 25% di un milione. Si prevede che l'eliminazione dell'inattività fisica aumenterà la durata della vita globale in media di 0,68 anni [155]. Comunque, al di là del prevedibili allungamento della vita e dei possibili calcoli numerici, è indubbio che, evitando l'eccesso di sedentarietà e inattività, si possono conseguire risultati immediati di salute e *comfort*.

I temi della salute mentale, della nutrizione e del fitness, dunque, possono o meglio debbono essere inseriti come ulteriori fondamenti per definire un *Healthy Building*.

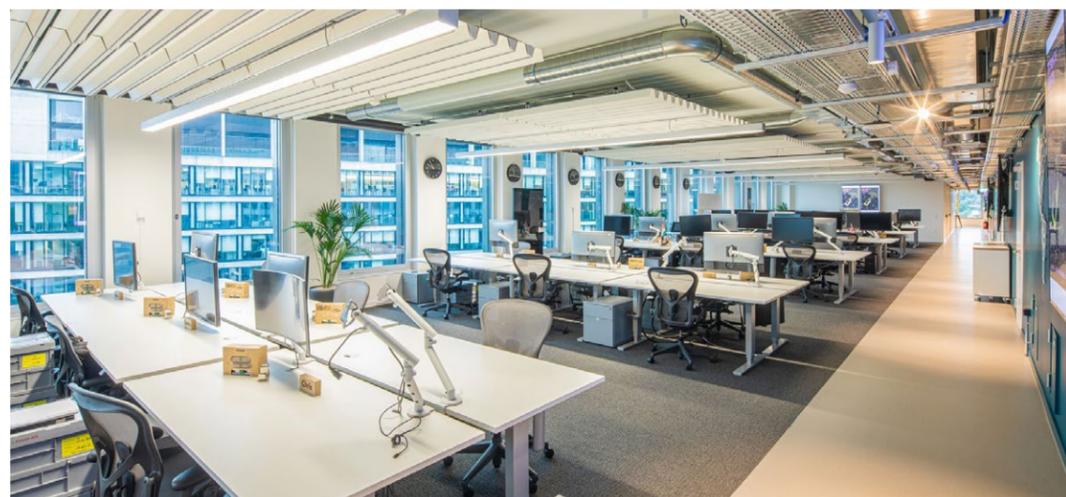
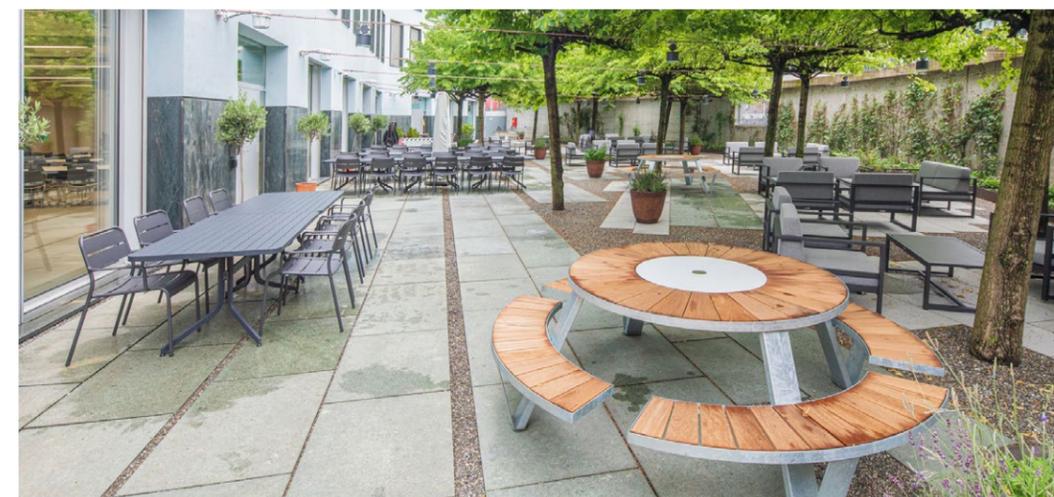


Figure 22 - Gli uffici di Facebook a Zurigo in cui nascerà il Metaverso. Facebook ha i propri uffici a Zurigo dal 2016, ma tre anni più tardi la sede al numero civico 30 di Giesshübelstrasse, ai piedi dell'Üetliberg, è stata ristrutturata e ampliata per



accogliere i 200 dipendenti (destinati a diventare 150 in più...), progetti sulla Realtà Aumentata, sulla Realtà Virtuale e sul "nuovo" Metaverso. In: <https://innovando.it/uffici-facebook-zurigo-nascita-metaverso/>

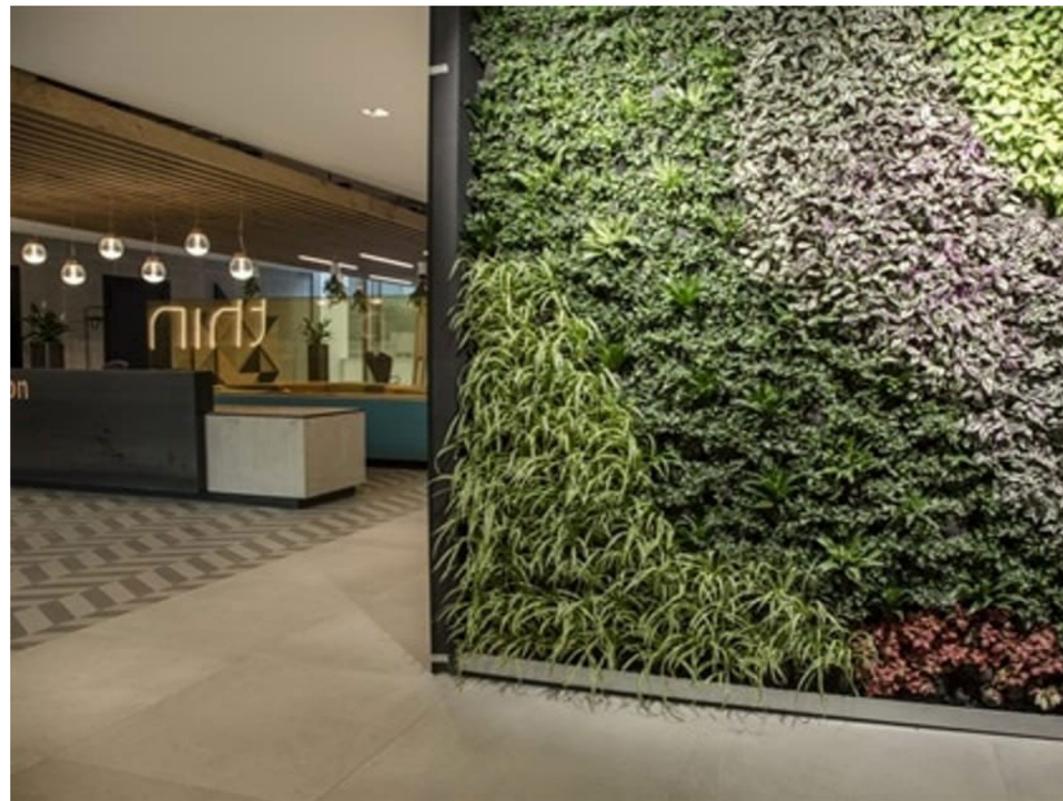
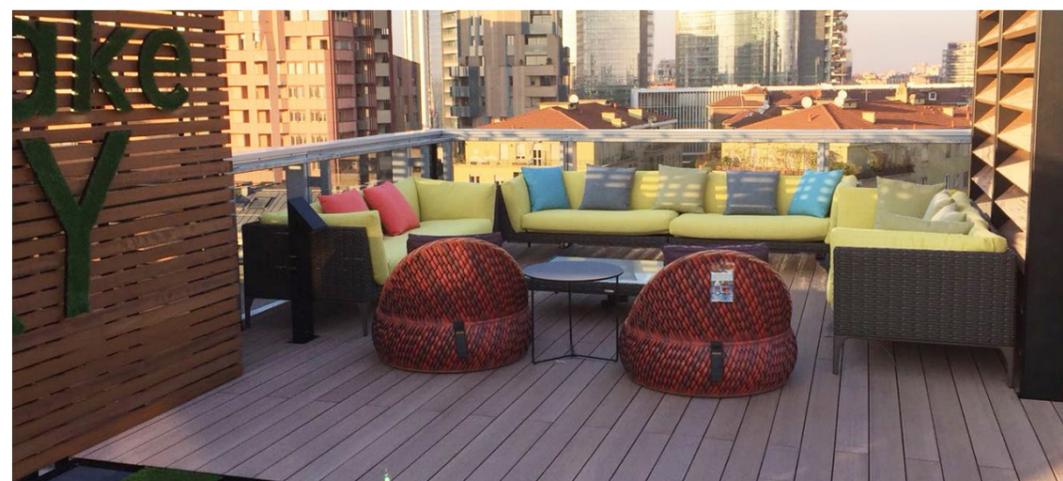


Figure 23 - Gli uffici di Amazon a Milano. La nuova sede di una delle più importanti piattaforme globali per la vendita di merce su internet è stata inaugurata in Viale Monte Grappa 3, a poca distanza dai grattacieli di Porta Nuova che già ospitano



alcuni dei marchi più importanti dell'*hi-tech*. Negli oltre 17.500 metri quadri di spazio, disposti su quindici livelli totali, trovano infatti spazio una piazza interna coperta da una grande volta, ampie terrazze panoramiche situate ai piani superiori



di entrambi gli edifici, molte Kitchenettes e aree per lo svago e una grande area lounge, posizionata al piano terra. In: <https://www.aboutamazon.it/notiziellavorare-ad-amazon/amazon-italia-alla-scoperta-degli-uffici-di-milano>



Figure 24 - Gli uffici di LinkedIn a Milano. Una delle aziende dove il lavoro agile è pianificato nei dettagli: dalle più piccole esigenze dei dipendenti, all'organizzazione degli spazi. Non ci sono regole. Non si timbra il cartellino, non ci sono orari da rispettare, solo obiettivi da raggiungere. La prima cosa che incontra chi esce dagli ascensori sono quattro biciclette a scatto



fisso parcheggiate al centro del corridoio a disposizione dei dipendenti. Di fianco alla cucina (che chiamano "il ristorante") c'è un tavolo da ping pong. Al muro una Smart tv cui è collegata una Xbox. In: <https://milano.repubblica.it>

### 3.3.



#### **Sintesi dei parametri individuati e delle possibili variabili**

Una definizione olistica di *comfort* umano è «*a pleasant state of physiological, psychological, and physical harmony between a human being and the environment*» [156], ovvero «un piacevole stato di armonia fisiologica, psicologica e fisica tra l'essere umano e l'ambiente», in cui obbiettivamente rientrano la possibilità di soddisfare i bisogni fondamentali, il benessere psicologico e la sensazione di svago dei lavoratori durante l'arco delle giornate di attività. Questo ragionamento è stato tradizionalmente studiato dal punto di vista della fisica ambientale e della fisiologia degli utenti, sulla base di parametri dell'ambiente interno come: *comfort* termico, *comfort* visivo, *comfort* acustico, *indoor air quality* (IAQ), ventilazione, umidità e altri [157]–[159]. Tuttavia, il *comfort* individuale in una stanza dipende non solo da tali parametri di base, ma anche da un'ampia varietà di elementi, tra cui il colore delle pareti, la disposizione degli arredi, l'aspetto dell'ufficio, l'odore dell'ambiente, l'area di lavoro, la riservatezza, la sicurezza, il rapporto con l'esterno, la presenza di verde, la biofilia e molti altri [160] che non sempre risultano facili da tradurre quantitativamente. Nel tempo sono state proposte varie linee guida di progettazione, tecnologie e sistemi per soddisfare gli *standard* inerenti al *comfort* nel contesto degli ambienti di lavoro.

La presente ricerca ha identificato diversi parametri rilevanti e sono stati raggruppati utilizzando i nove fondamentali per un *Healthy Building*, sviluppati dall'*Harvard TH Chan School of Public Health* [161], ai quali è apparso opportuno integrarne altri tre, precedentemente descritti, che sono stati individuati dall'analisi di varie valutazioni *post* occupative e numerosi articoli su luoghi di lavoro qualitativamente non gradevoli e/o in cui i dipendenti sono sotto *stress*. L'insieme dei 9+3 fondamentali potrà essere utilizzato attraverso la certificazione più adatta all'eventuale applicazione (uffici, scuole, ospedali, biblioteche, residenze, ecc.), attribuendo ai nove i vari punteggi per ottenere il grado di certificazione finale e assegnando ai tre un peso considerevole di valenza premiale.

La ricerca è stata sintetizzata di seguito in uno schema, nel quale sono stati individuati i parametri (parole chiave), successivamente ricondotti ai fondamentali che li caratterizzano e in fine determinate le possibili accorgimenti e soluzioni ambientali di ognuno. (Tabella 15)



Fondamenti	Icona	Parametri
Qualità dell'aria		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Purezza come assenza di inquinanti solidi e volatili (polveri sottili, VOC, CO<sub>2</sub>, formaldeide, radon, ecc.) provenienti da mobili, componenti edili, finiture, sottosuolo, caminetti, ecc.</li> <li>- Esempi di valori limite: la UNI EN ISO 11890/2 contenuto alle vernici prescrive VOC &lt; 0,1 g/l</li> <li>- Purezza come assenza di odori sgradevoli</li> </ul>
Ventilazione		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ricambi aria Esempio: numero di ricambi d'aria orari in uffici <math>n \geq 0,5</math> (UNI 10339:1995)</li> <li>- Velocità dell'aria (espressa in m/s) Esempio: secondo UNI 10339:1995 valore minimo 0,05 m/s, comunque si ritiene fino a 0,25 m/s: impercettibile; 0,25-0,50 m/s: piacevole; 0,50-1,00 m/s: sensazione di aria in movimento; 1,00-1,50 m/s: corrente d'aria da lieve a fastidiosa; oltre 1,50 m/s: fastidiosa</li> </ul>
Umidità		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umidità relativa (espressa in percentuale, %, come rapporto tra quantità di vapore contenuto in un ambiente e quantità massima che può essere disciolta nell'aria nel medesimo ambiente nelle stesse condizioni di temperatura e pressione) Esempio: per tutti i periodi stagionali è raccomandata un'umidità relativa compresa tra il 40% e 60%</li> <li>- Permeabilità al vapore (espressa in m<sup>2</sup>sPa/kg)</li> </ul>
Qualità illuminotecnica		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Illuminamento: quantità di energia incidente su una superficie (espresso in lux, lumen/m<sup>2</sup>, valori normati in funzione delle destinazioni d'uso)</li> <li>- Luminanza: la sensazione luminosa percepita dall'occhio umano quando osserva una superficie illuminata (si misura in cd/m<sup>2</sup>)</li> <li>- Flusso luminoso: quantità d'energia emessa da una sorgente luminosa, naturale o artificiale, nell'unità di tempo (espressa in lumen, lm)</li> <li>- Intensità luminosa: rappresenta il flusso luminoso emesso da una sorgente nell'unità di tempo per un determinato angolo solido (si misura in candela, dove una candela equivale a 1 lumen per steradiano, cd=lm/sr)</li> <li>- Quantità di luce naturale (p.es. in Italia per le abitazioni si prescrive che la superficie finestra non sia inferiore di 1/8 della superficie pavimento)</li> <li>- Colore della luce e resa cromatica, espressa in R<sub>a</sub> (resa cromatica); temperatura della luce espressa in gradi Kelvin, K (p.es. 3.000/4.000 K)</li> <li>- Distribuzione della luce e la sua incidenza sugli oggetti</li> </ul>
Qualità termo-igrometrica		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura media interna (espressa in °C, come media delle temperature di pareti interne, soffitto e pavimento dell'ambiente)</li> <li>- Temperature superficiali interne Esempio: lo scarto rispetto alla temperatura media non dovrebbe superare 2-3°C (in più o in meno) rispetto alla temperatura dell'aria interna. (UNI EN ISO 13788 e UNI EN 15026)</li> <li>- Umidità relativa in quanto responsabile della sensazione di calore percepito (vedi Umidità)</li> <li>- Velocità dell'aria (vedi Ventilazione)</li> </ul>
Qualità acustica		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Livello di rumore (espresso in decibel, dBA):</li> <li>- trasmissione del rumore per via aerea (il rumore si propaga liberamente nell'aria senza incontrare ostacoli solidi)</li> <li>- trasmissione del rumore per via strutturale (il rumore si propaga attraverso le strutture solide come vibrazione elastica)</li> <li>- Caratteristiche acustiche dei materiali (capacità di assorbimento), in particolare di quelli delle superfici interne dei locali (espresso in Alpha, W)</li> <li>- Proprietà meccaniche delle strutture</li> </ul>



Accorgimenti	Soluzioni
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitare componenti edili e d'arredo contenenti materiali inquinanti</li> <li>- Evitare la concentrazione eccessiva di persone in uno stesso ambiente (in base alla destinazione d'uso)</li> <li>- Controllare la pulizia degli eventuali filtri presenti (cappe, condizionatori, ecc.)</li> <li>- Ricambi aria (vedi Ventilazione)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rispettare i rapporti m<sup>3</sup>/ occupanti oppure m<sup>3</sup>/ persona in base alle attività svolte</li> <li>- Verificare periodicamente le condizioni interne dei condotti di raffrescamento, riscaldamento, ventilazione;</li> <li>- Arricchire l'ambiente outdoor con specie vegetali capaci di collaborare all'abbattimento degli inquinanti</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Favorire la ventilazione naturale</li> <li>- Evitare o compensare la tenuta eccessiva dei serramenti</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agire sulla posizione/dimensione delle aperture di ventilazione</li> <li>- Favorire la corrispondenza tra le aperture su lati apposti</li> <li>- Utilizzare serramenti con micro-apertura/chiusura temporizzate o con sistema incorporato di micro-ventilazione</li> <li>- Installare impianti di ventilazione meccanizzata</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controllare le fonti interne di umidità (infiltrazioni d'acqua, risalita capillare, perdita da impianti, fenomeni condensativi, ecc.) ed evitare gli involucri a tenuta stagna</li> <li>- Effettuare frequenti ispezioni/manutenzioni degli impianti idraulici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sanificare le infiltrazioni, verificare l'integrità delle tubazioni, installare sistemi di blocco della risalita capillare dell'acqua</li> <li>- Favorire nella stratificazione degli involucri la successione di strati a permeabilità crescente dall'interno verso l'esterno (fino alle pareti ventilate)</li> <li>- Eliminare i possibili ponti termici</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nell'alternanza ore di luce/ore di buio, all'interno degli ambienti cercare di rispettare il ritmo circadiano</li> <li>- Disposizione arredi per una corretta illuminazione</li> <li>- Integre luce naturale e luce artificiale</li> <li>- Evitare l'affaticamento degli occhi a causa degli angoli d'impatto della luce o di fenomeni di abbagliamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Predisporre sistemi automatizzati per ottenere una regolazione dinamica della luce naturale e di quella artificiale</li> <li>- Preferire corpi illuminanti dimmerabili</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controllare che i ponti termici siano assenti o quanto meno ridotti</li> <li>- Controllare la presenza di eventuali spifferi</li> <li>- Verificare il posizionamento degli elementi di arredo (p. es. evitare il posizionamento di postazioni di lavoro o di letti in vicinanza di serramenti con modesta tenuta)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Progettare rivestimenti a cappotto (esterno o interno)</li> <li>- Verificare posizioni e funzionamento degli apparecchi e/o dei sistemi di riscaldamento/raffrescamento</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insonorizzazione tra i vari ambienti interni (in assenza di soluzioni più radicali, prevedere tappeti e feltri sotto elementi di arredo in particolare quelli amovibili come sedie e tavolini)</li> <li>- Insonorizzazione dall'ambiente esterno (in assenza di soluzioni più radicali, prevedere la piantumazione di barriere verdi)</li> <li>- Abituare gli abitanti di uno spazio a utilizzare calzature con suola in feltro o gomma (p. es. nelle abitazioni indossare le pantofole appena si entra)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interruzione della continuità tra componenti che possono ricevere urti e altri componenti che li possono trasmettere in ambienti contigui (lateralmente o sottostanti, esempio tipico è il pavimento galleggiante)</li> <li>- Disposizione di un cappotto esterno/interno fonoassorbente</li> </ul>



Fondamenti	Icona	Parametri
Qualità dell'acqua		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Standard di potabilità dell'acqua</li> <li>- Consumo pro-capite o per tipo di attività</li> </ul>
Polveri e parassiti		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Presenza di sporcizia e muffa</li> <li>- Presenza di microrganismi e allergeni indoor</li> </ul>
Sicurezza e protezione (Safety & Security)		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado di esposizione al rischio di effrazioni e furti</li> <li>- Presenza di sistemi di protezione</li> <li>- Grado di esposizione a emergenze ambientali e sismiche (zone ad alto rischio alluvioni, eventi meteorici estremi, sismi)</li> <li>- Rispetto delle norme di sicurezza sul lavoro e prevenzione dagli infortuni, antincendio</li> </ul>
Salute mentale		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Salubrità dell'ambiente (vedi Qualità dell'aria, Ventilazione, Umidità, Polveri e Parassiti, ecc.)</li> <li>- Adattabilità dell'area di lavoro al singolo individuo (p. es. possibilità di collocare fotografie, quadri, ecc.)</li> <li>- Colore (vedi anche Qualità illuminotecnica)</li> <li>- Verde indoor e outdoor (rispetto dei principi della biofilia)</li> <li>- Presenza di spazi esterni</li> <li>- Vista esterna</li> </ul>
Nutrizione		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corretta alimentazione in termini di: assunzione di sostanze nutrienti prive di effetti collaterali negativi; tempi sufficienti per la consumazione dei pasti</li> </ul>
Fitness		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Attività /inattività fisica</li> <li>- Tempo libero</li> </ul>



Accorgimenti	Soluzioni
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Educazione al risparmio idrico</li> <li>- Controlli periodici dell'acqua, p. es. con uso di per la valutazione della purezza dell'acqua (solitamente rilevano la presenza di cloro, nitrati, minerali e la durezza dell'acqua)</li> <li>- Sistemi domestici di filtraggio (applicati a rubinetti o contatori)</li> <li>- Sistemi domestici di potabilizzazione</li> <li>- Controlli periodici delle condotte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemi di depurazione a scala urbana</li> <li>- Sistemi di recupero</li> <li>- Diminuzione dell'uso di recipienti e attrezzature in materie plastiche</li> <li>- Piani di sicurezza dell'acqua (PSA o WPS)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizzo mirato e moderato di detersivi e/o disinfettanti</li> <li>- Corretta pulizia e sanificazione periodica dei locali</li> <li>- Controllo delle zone (angoli rientranti, aree difficili da raggiungere con gli attrezzi per la pulizia) che possono essere ricettacolo di polvere e possono favorire l'insediamento di parassiti</li> <li>- Uso di elettrodomestici con filtri ad alta efficienza e loro controllo periodico</li> <li>- Pulizia abituale con aspirapolvere HEPA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pulizie periodiche profonde di tutte le superfici orizzontali e verticali indoor (pavimenti, pareti, soffitti, mobilia e imbottiti)</li> <li>- Adottare un piano di gestione integrata dei parassiti per controllare le eventuali infestazioni senza l'uso di pesticidi tossici o nocivi e sostanze rodenticida negli ambienti indoor</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificare le fonti di stress</li> <li>- Organizzarsi tramite il team management</li> <li>- Responsabilizzazione degli utenti in genere e in particolare del personale per garantire comportamenti coerenti ai principi di tutela della salute e della sicurezza propria e dei propri colleghi</li> <li>- Attuazione delle attività di formazione e informazione al personale</li> <li>- Ricorso a sistemi di video sorveglianza</li> <li>- Attivazione su smartphone e iPhone di app che rilevano possibili vibrazioni anomale da sisma; ancoraggio a parete dei mobili alti (Eurocodice 8, cap. 7.2.3.); dispositivi di blocco contro l'apertura accidentale degli sportelli dei mobili</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemi di allarme antifurto collegati con le forze dell'ordine</li> <li>- Installazione di grate, inferriate, vetrate di sicurezza, portoni e serramenti blindati</li> <li>- Corsi periodici di formazione e aggiornamento sulle tematiche della sicurezza e protezione</li> <li>- Installazione di impianti di rilevamento e, per determinate destinazioni d'uso, spegnimento di incendi</li> <li>- Sistemi (attivati automaticamente dalle scosse sismiche) di sezionamento delle tubazioni di distribuzione dell'energia elettrica e del gas</li> <li>- Installazione di porte e luci di emergenza antipatico</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sollecitazioni culturali</li> <li>- Mantenere condizioni di lavoro adeguate: il benessere di un dipendente deriva anche dal "sentirsi bene" durante il proprio lavoro</li> <li>- Cercare di favorire rapporti di lavoro non ostili</li> <li>- Migliorare la comunicazione interna: se inefficace e unita alla mancanza di supporto da parte dei dirigenti e dei colleghi può essere un fattore negativo</li> <li>- Riconoscimento delle mansioni, delle attività e dei risultati</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Individuare correttamente, da parte del datore di lavoro, le inclinazioni e le potenzialità del singolo lavoratore; adeguare il carico di lavoro alle capacità del singolo</li> <li>- Dotare gli spazi interni ed esterni di verde (vedi Qualità dell'aria)</li> <li>- Promuovere l'educazione alla salute mentale anche tramite l'organizzazione di corsi specifici</li> <li>- Implementare la presenza e l'utilizzo di spazi comuni (ricreativi, ristoro, relax, ecc.)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitare l'uso di alcol</li> <li>- Evitare orari prolungati o irregolari, straordinari eccessivi</li> <li>- Controllare l'offerta delle mense (escludendo i cibi mediocri e limitando quelli ripetitivi) e dei distributori automatici (contenenti di solito cibi poco salubri)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aree dedicate alle pause ristoro e zone pranzo arredate adeguatamente</li> <li>- Controllare periodicamente la qualità dei cibi e delle bevande, all'occorrenza dedicando a questa funzione una unità di personale</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consentire pause, soprattutto per evitare un eccesso di lavoro sedentario, spesso dovuto ad un uso continuativo del computer</li> <li>- Ricavare spazi esterni o interni per attività fisica</li> <li>- Migliorare la consapevolezza dei benefici legati al movimento, anche organizzando all'interno dell'ambiente di lavoro brevi incontri motivazionali e corsi di avvicinamento all'attività fisica singola o di gruppo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Garantire negli edifici per il lavoro organizzato lo spazio per il parcheggio e il ricovero di biciclette e monopattini</li> <li>- Dotare gli edifici di spazi interni ed esterni adatti allo svolgimento di attività fisiche di vario tipo</li> </ul>

Tabella 15 - Sintesi dei parametri (parole chiavi) individuati del comfort ambientale interno, fondamentali per definire un ambiente di lavoro sano e possibili variabili



### 3.4.



#### **Protocolli, standard e certificazioni**

La filosofia che sta alla base di questa ricerca è quella di porre al centro del processo normativo i fondamenti dell'*Healthy Building*. La normativa esigenziale-prestazionale o qualitativa stabilisce che, a partire dai bisogni che si creano nel rapporto tra abitante e ambiente costruito, si determinino le prestazioni minime che l'edificio deve avere per poter soddisfare i suddetti bisogni. Le norme che riguardano il benessere ambientale, e che quindi controllano le condizioni fisico-tecniche degli spazi costruiti, stabiliscono quali prestazioni gli ambienti devono possedere per garantire lo svolgimento delle attività in condizioni di benessere. Le norme UNI 8289 del 1981 e successivamente UNI 11277 del 2008 determinano invece le esigenze dell'utenza finale e le classificano definendo il benessere come: «Insieme delle condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute e allo svolgimento delle attività degli utenti» [162].

Dalla ricerca è emerso che la maggior parte delle certificazioni ambientali funziona attraverso l'individuazione di macroaree, a loro volta suddivise in subaree alle quali viene assegnato un punteggio.

#### ***Le certificazioni più diffuse su scala internazionale e nazionale***

In un primo luogo, è stata fatta una panoramica delle varie certificazioni in ambito nazionale ed internazionale, osservando come i protocolli si differenziano tra loro: per i criteri utilizzati, per il tentativo di individuare le *checklist* più appropriate in relazione al contesto ambientale e per le tematiche affrontate negli ambiti di energia, di sostenibilità e di *comfort*.

È emerso che la maggior parte delle certificazioni ambientali (Tabella 14) funziona attraverso l'assegnazione a macroaree di punteggi, i quali sono determinati tramite l'indagine dei fattori caratterizzanti di ogni area di studio. Il risultato finale del punteggio ottenuto consente di collocare l'edificio in una scala di "certificazione ambientale", differente a seconda del tipo di ente e di attestazione effettuata. L'obiettivo principale è quello di fornire gli strumenti e le conoscenze che consentano all'edificio di raggiungere la sostenibilità ambientale in termini progettuali, realizzativi e manutentivi.



Di seguito le certificazioni più diffuse, con applicazione su scala internazionale:

- Building Research Establishment Environmental Assessment Method® (BREEAM®), inglese [163]
- Leadership in Energy and Environmental Design® (LEED®), statunitense [164]
- Well Building Institute™ (WELL™), statunitense [165]
- Fitwel®, statunitense [166]
- Regenerative Ecological, Social, and Economic Targets international standard for healthy buildings® (Reset®), cinese [167]
- Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency® (CASBEE®), giapponese [168]

Invece con applicazione anche su scala nazionale sono state individuate:

- Green Star™, australiana e neozelandese [169]
- Green Mark®, singaporiana [170]
- Green Pass®, austriaca [171]
- Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen (DGNB), tedesca [172]
- Haute Qualité Environnementale™ (HQE™), francese [173]
- Sustainable assessment system® (LiderA®), portoghese [174]
- L'Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale (ITACA), italiana [175]
- Green Building Council Italia® (GBC Italia®), italiana [4]

Tra tutte queste l'unica a livello nazionale che si occupa di edifici storici (intesa come manufatto edilizio che costituisce testimonianza materiale avente valore di civiltà) è la GBC Italia®.

I manufatti edilizi che possono utilizzare tale protocollo devono essere riconducibili all'interno dell'ultimo ciclo storico concluso, che per il territorio europeo termina con l'industrializzazione edilizia, convenzionalmente iniziata nel 1945, e quindi realizzati prima di tale data. Tali edifici presentano un processo edilizio preindustriale in termini di fasi, di operazioni, di operatori, di materiali, di tecniche costruttive e di elementi tecnici realizzati. Qualora negli edifici esistenti costruiti dopo il 1945 si dimostri che vi è presente un processo edilizio preindustriale è possibile applicare il protocollo GBC HB®. GBC Italia® è stato considerato il primo ente al mondo ad occuparsi di certificazioni del livello di sostenibilità degli interventi di conservazione, recupero, manutenzione e integrazione degli edifici storici, poiché gran parte d'Europa, ma in particolare l'Italia gode di un vasto patrimonio dal valore



storico-testimoniale da rispettare e tutelare; infatti, da anni ricopre ruoli di eccellenza nel panorama internazionale nel campo delle conoscenze del mondo del restauro.

Tuttavia, per gli edifici non esistono ancora sistemi di etichettature universali che dichiarino i materiali con cui sono stati prodotti, il consumo, la vivibilità, quali sono il *comfort* acustico, termico, visivo, eccetera. I sistemi di certificazione della *WorldGBC* [176], per esempio, rappresentano un buono strumento di partenza per misurare varie *performance* del "sistema edificio" nel complesso, tramite l'analisi di parametri standardizzati.

Certificazione	Anno	Criteri	Punteggi	Tipo di Valutazione
BREEAM (Regno Unito) 	1990	10 categorie: - Energia - Salute e benessere - Innovazione - Uso del suolo - Materiali - Gestione - Inquinamento - Trasporto Riciclo e Acqua	Base: da 40 a 49 punti Argento: da 50 a 59 punti Oro: da 60 a 79 punti Platino: oltre gli 80 punti	Stima l'edificio rispetto al suo intero ciclo di vita, valutando in modo complessivo la sostenibilità.
LEED (USA) 	1993	6 categorie: - Sostenibilità del Sito - Gestione efficiente di acqua - Energia ed ambiente - Materiali e risorse - Qualità dell'aria - Luogo e Trasporti	Base: da 40 a 49 punti Argento: da 50 a 59 punti Oro: da 60 a 79 punti Platino: da 80 a 110 punti	Stima l'edificio rispetto al suo intero ciclo di vita, valutando in modo complessivo la sostenibilità.
HQE (Francese) 	1994	4 temi: - Bioedilizia - Ecogestione - Comfort - Salute	Pre-requisiti: PASS 1 stella: Bon 2 stelle: Tres Bon 3 stelle: Excellent 4 stelle: Exceptionnel	Questa certificazione valuta l'impatto di un edificio su energia, ambiente, salute e comfort.
LIDER A (Portogallo) 	2000	6 criteri: - Integrazione Sociale - Risorse - Carichi Ambientali - Comfort Ambientale - Aspetti Socio-Economici - Uso Sostenibile	Classe G: Poco Efficiente Classe F Classe E: Common practice Classe D Classe C Classe B Classe A, A+, A++: More efficient	Utilizzato per certificare edifici sia residenziali, sia non (hotel, edifici commerciali, etc.).
ITACA (Italia) 	2002	5 aree: - Qualità del sito - Consumo di risorse - Carichi ambientali - Qualità ambientale - interna - Qualità del servizio	da -1 a +5 per ogni criterio considerato	Strumento di valutazione del livello di sostenibilità energetica e ambientale degli edifici. Favorisce la realizzazione di edifici sempre più innovativi, a energia zero, a ridotti consumi di acqua, nonché materiali che nella loro produzione comportino bassi consumi energetici e nello stesso tempo garantiscano un elevato comfort.



 CASBEE (Giappone)	2002	3 macroaree: - Q1 Ambiente interno (rumore e acustica, comfort termico, illuminazione, qualità dell'aria) - Q2 Qualità del servizio (funzionalità, durata, affidabilità, flessibilità) - Q3: Ambiente esterno (conservazione e creazione di biotopo, paesaggio urbano e paesaggistico, servizi esterni)	1 stella: meno di 0,5 2 stelle: tra 0,5 e 1,0 3 stelle: tra 1,0 e 1,5 4 stelle: tra 1,5 e 3,0 5 stelle: da 3,0 in su	Si basa su un indicatore chiamato Building Environmental Efficiency (BEE) per determinare la classificazione di un edificio. Il BEE considera un ipotetico confine in modo che l'edificio stesso possa essere valutato nel contesto dell'ambiente circostante. Il confine ipotetico viene scelto in base al confine del sito e alla scala considerata nel sistema di classificazione.
 GREEN STAR (Australia - Nuova Zelanda)	2003	9 macroaree: - Gestione - Qualità dell'ambiente interno - Energia - Trasporto - Acqua - Materiali	1 stella: 10-19 punti 2 stelle: 20-29 punti 3 stelle: 30-44 punti 4 stelle: 45-49 punti 5 stelle: 60-74 punti	Esso si occupa di certificare varie tipologie di edifici, sia nuovi, sia esistenti, residenziali e non.
 GREEN MARK (Singapore)	2005	5 Categorie: - Design sensibile al clima - Prestazioni energetiche degli edifici - Gestione delle risorse - Edificio intelligente e sano - Promuovi gli sforzi ecologici	Gold: da 50 a 60 Gold+: da 60 a 70 Platinum: da 70 in su	Fornisce un quadro completo per la valutazione delle prestazioni ambientali complessive di edifici nuovi ed esistenti per promuovere la progettazione sostenibile e le migliori pratiche nella costruzione e nelle operazioni negli edifici.
 DGNB (Germania)	2007	6 categorie: - Qualità ecologica - Qualità socioculturale e funzionale - Qualità del processo di pianificazione - Qualità tecnica - Qualità economica - Qualità dell'ubicazione	Bronzo: da 0 a 35% Argento: da 35% a 50% Oro: da 50% a 65% Platino: da 65% a 80%	E' una certificazione che bilancia in modo equo gli aspetti ecologici economici e socio culturali di un edificio. Oltre al certificato <i>standard</i> per edifici esistenti, è possibile eseguire un "pre-certificato" per la valutazione di progetti di edifici in fase di progettazione e di costruzione.
 GBC Italia (Italia)	2009	6 categorie: - Sostenibilità del Sito - Gestione delle Acque - Energia e Atmosfera - Materiali e Risorse - Qualità Ambientale Interna - Innovazione nella Progettazione	Base: da 40 a 49 punti Argento: da 50 a 59 punti Oro: da 60 a 79 punti Platino: oltre gli 80 punti	Valuta l'edificio attraverso parametri che stabiliscono precisi criteri di progettazione e realizzazione di: edifici salubri, energeticamente efficienti e ad impatto ambientale contenuto.



 Reset (Cinese)	2013	5 <i>standard</i> : - Materiali - Aria - Acqua - Energia e Circolarità	Non è composto da punteggio, <i>checklist</i> , percorsi obbligatori, ma dà priorità ai risultati operativi attraverso un monitoraggio continuo.	Valuta l'ambiente costruito basandosi su sensori e sulle prestazioni.
 WELL (USA)	2014	10 <i>concept</i> : - Aria - Acqua - Nutrizione - Luce - Movimento - Comfort Termico - Suono - Materiali - Mente - Comunità	Bronzo: 40 punti Argento: 50 punti Oro: 60 punti Platino: 80 punti	Valuta il comfort, la salute e il benessere delle persone.
 Fitwel (USA)	2016	7 categorie: - Impatto sulla comunità - Riduce la morbilità e l'assenteismo - Supporta l'equità sociale per le popolazioni vulnerabili - Incrementa lo stato di benessere - Fornisce opzioni alimentari sane - Promuove la sicurezza degli occupanti - Aumenta l'attività fisica.	1 stella: da 90 a 104 punti 2 stelle: da 105 a 124 punti 3 stelle: da 124 a 144 punti	Valuta il comfort, la salute e il benessere delle persone.
 GREEN PASS (Austria)	2018	6 categorie: - Clima - Acqua - Aria - Biodiversità - Energia - Costo	Greenpass Certificated Greenpass Silver Greenpass Gold Greenpass Platinum	La certificazione funge da prova di qualità per l'implementazione di immobili e spazi aperti adatti al clima. Con un controllo di pre-certificazione, i progetti possono essere ottimizzati in termini di costi/benefici per ottenere migliori condizioni di finanziamento dei progetti.

Tabella 14 - Sintesi delle principali certificazioni presentate in ordine cronologico



# 4

## APPLICAZIONE, RISULTATI E PROPOSTE

*“Non ci devono essere barriere per la libertà di indagine. Non c'è posto per i dogmi nella scienza. Lo scienziato è libero, e deve essere libero di porre qualsiasi domanda, di dubitare ogni affermazione, di cercare qualsiasi prova di correggere qualsiasi errore.”*

*Julius Robert Oppenheimer*





#### 4.1.



#### **Criteri di selezione del caso studio**

Per la selezione del caso studio nell'ambito dell'edilizia pubblica di proprietà dell'Ateneo messinese sono state considerate diverse caratteristiche che l'edificio doveva avere:

- *storicità*, avere un'età superiore a 70 anni;
- *destinazione d'uso*, avere al suo interno un ambiente per il lavoro organizzato (uffici);
- *stato di conservazione*, essere stato sottoposto a un recente intervento di restauro;
- *accessibilità*, avere la possibilità di effettuare vari sopralluoghi durante gli interventi di restauro;
- *tipologia e numero di utenti*, essere un campione significativo di lavoratori aventi diverso genere ed età compresa tra i 40 e 60 anni.

Sono stati analizzati diversi edifici sul territorio messinese e alla fine uno solo andava a soddisfare a pieno, al momento dell'inizio della ricerca, tutti i requisiti. È stato selezionato l'edificio che soddisfaceva a pieno i requisiti sopra indicati dell'Università degli Studi di Messina.

#### **Complesso della Regia Università degli Studi di Messina**

Il progetto dei nuovi fabbricati dell'Università di Messina si inserisce a pieno titolo nella fase di avvio di ricostituzione dell'immagine pubblica civica dopo il terremoto del 1908, che rade al suolo le città di Messina e Reggio Calabria, e costituisce un esempio di particolare rilevanza sia per ciò che riguarda le procedure amministrative varate dal Governo allo scopo di snellire l'iter burocratico preliminare alla realizzazione della nuova edilizia pubblica sia per gli aspetti tecnico-costruttivi che informeranno l'opera in questione. Tutto ciò nell'ottica di un rinnovato interesse nei confronti delle tematiche inerenti la fruibilità degli edifici rielaborate proprio in conseguenza di questo evento catastrofico. Così come era avvenuto per gli altri edifici sedi di istituzioni pubbliche anche nel caso della Regia Università la procedura prevedeva la stipula di un contratto tra il progettista e l'Amministrazione in cui, tra l'altro, si stabiliva che "l'architetto prescelto dovesse studiare e presentare un progetto tale da consentire di regola al Genio Civile di curarne l'attuazione senza l'intervento diretto dell'Autore" [177]. In questo caso il progetto di massima viene affidato all'ingegnere Giuseppe Botto, ispettore superiore



del Genio Civile [178] che, il 30 marzo 1913, lo presenta al Ministero dei Lavori Pubblici per l'approvazione per un importo complessivo di 7.000.00 di lire. Il progetto viene ripresentato il 30 maggio dello stesso anno con un importo dimezzato a seguito delle osservazioni prodotte dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici che lo approva definitivamente il 16 giugno 1913. Nel successivo mese di agosto l'incartamento passa al Genio Civile cui viene affidato l'incarico per la stesura degli elaborati esecutivi.

All'interno dell'isolato 268, in un'area di circa due ettari, esistevano ancora brani della città pre-terremoto, come i resti della chiesa di S. Maria dell'Idria (XVI sec.) e quelli della chiesa di S. Giovanni Battista (XVIII sec.) nonché, a testimonianza dell'originaria destinazione del sito, il portale e parte del colonnato del loggiato dell'antico Collegio dei Gesuiti (XVII sec.) ma anche costruzioni private e baracche realizzate subito dopo il sisma: il primo provvedimento messo in atto da parte del Genio Civile, per consentire di dare l'avvio ai lavori di costruzione del nuovo plesso universitario, sarà quindi lo sgombero del terreno. A tale scopo l'Ente stipulerà un atto di convenzione con l'Unione Edilizia Messinese [179] che si impegnava a reperire nuovi alloggi, anche se provvisori, destinati alle persone che abitavano negli edifici all'interno dell'isolato, e a demolire le fabbriche esistenti.

Lo schema messo a punto dall'ingegnere Botto e, successivamente rielaborato dall'ingegnere Giuseppe Colmayer che ne predispose gli elaborati esecutivi, prevedeva sette corpi di fabbrica "disposti a ferro di cavallo" [180] lungo il perimetro dell'isolato e collegati fra loro tramite gallerie di comunicazione. Sarebbe rimasta libera l'area prospiciente via dei Verdi, che avrebbe permesso, in futuro, un eventuale ampliamento della struttura (Figura 25).

L'edificato avrebbe occupato una superficie di circa 5.100 m<sup>2</sup>. A causa del dislivello esistente (circa 9 metri) tra i due angoli opposti dell'isolato (incrocio via Portalegni e via Università e incrocio via Cardines e via dei Verdi) nel progetto vengono previste due quote principali: una per lo spiccatto degli edifici prospicienti la via Portalegni e l'altra per la corte e per lo spiccatto degli altri corpi di fabbrica. Una scalinata avrebbe raccordato l'edificio "A" con l'atrio al quale viene assegnata una leggera pendenza verso via dei Verdi e, in senso trasversale, altre due in direzione della Biblioteca (corpo "H") e dell'Istituto di Zoologia (corpo "F"), oggetto di approfondimento della ricerca, tutto ciò con l'obiettivo di concedere maggiori possibilità di illuminazione anche per i vani cantinati dei due edifici.

A oggi la nomenclatura dei fabbricati, per comodità ed ordine, è stata aggiornata partendo dal corpo centrale, il rettorato, sempre identificato come "Edificio A" e continuando in senso antiorario, ad eccezione dell'edificio di più recente costruzione, il quale ospita il dipartimento di economia e che prende il nome di Edificio H, quindi l'edificio attualmente scelto come

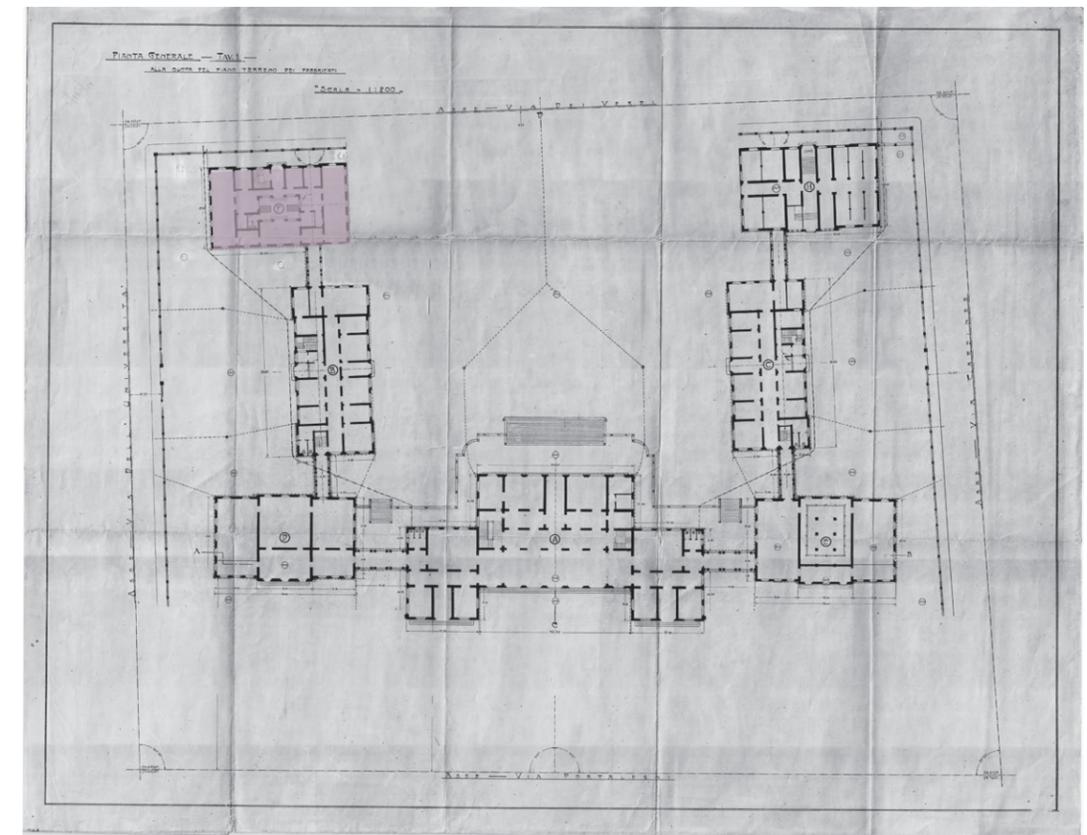


Figura 25 - Planimetria generale in scala 1:200 con in evidenza il fabbricato F (Archivio del Genio Civile di Messina)

caso studio nei documenti più recenti risulta con denominazione "Edificio E".

Rispetto al progetto di massima, in fase esecutiva vengono apportate alcune modifiche tra cui, per ciò che riguarda il fabbricato di nostro interesse, la realizzazione di un piano cantinato che, secondo il progettista, sarebbe servito per il disimpegno dei servizi e soprattutto per ospitare gli impianti di riscaldamento. Altra funzione giudicata assolutamente necessaria sarebbe stata la destinazione di questi locali per l'alloggiamento dei laboratori o, in alcuni casi, per le aule. L'illuminazione di questi ambienti era prevista con luce diretta, così come previsto dal Regolamento d'Igiene del 1914, tranne nei casi in cui la disposizione altimetrica non lo avesse consentito; in tali circostanze erano previsti dei pozzi luce realizzati tra la superficie esterna del fabbricato e un apposito muro di sostegno al terrapieno. Sotto il profilo strutturale la costruzione di questi ambienti avrebbe consentito inoltre, in fase di scavo, di verificare la natura del terreno che si sarebbe rivelata artificiale poiché costituita da resti di murature sovrapposte risalenti a epoche differenti o da materiale di riporto. La realizzazione del cantinato si sarebbe dimostrata indispensabile quindi per permettere un adeguato approfondimento dello scavo per l'appoggio del telaio di fondazione con il vantaggio di "avvicinare al suolo, quanto più è



possibile, il centro di gravità degli edifici, già di per sé eccezionali nei riguardi delle norme tecniche” [180].

Inaugurata nel 1927, la nuova sede universitaria è stata oggetto, già a partire dagli anni '50 del secolo scorso, di ampliamenti e rimaneggiamenti [181] che ne hanno in parte compromesso l'immagine originaria ideata dal suo progettista.

**Caso studio: L'ex Istituto di Zoologia e di Anatomia e Fisiologia Comparate**

Analizzando gli elaborati grafici rinvenuti presso l'archivio del Genio Civile di Messina (faldoni nn. 87-88-89-152-156) si desume che l'edificio in esame, originariamente destinato all'Istituto di Zoologia e di Anatomia e Fisiologia Comparate, fosse concepito su tre livelli, due fuori terra e un cantinato, ricoprendo complessivamente una superficie di 528 m2, con lati di 30,00 m per 17,60 m e un'altezza di 11,40 m. I prospetti est e ovest presentano caratteristiche simili con cinque bucatore al piano inferiore mentre al piano superiore sono presenti tre grandi aperture con balcone a petto e, lateralmente, due trifore. Le altre due facciate (nord e sud) sono caratterizzate da sette grandi aperture al piano inferiore di cui, nel prospetto nord, quella centrale costituisce l'ingresso principale e sette al piano superiore (Figure 26).

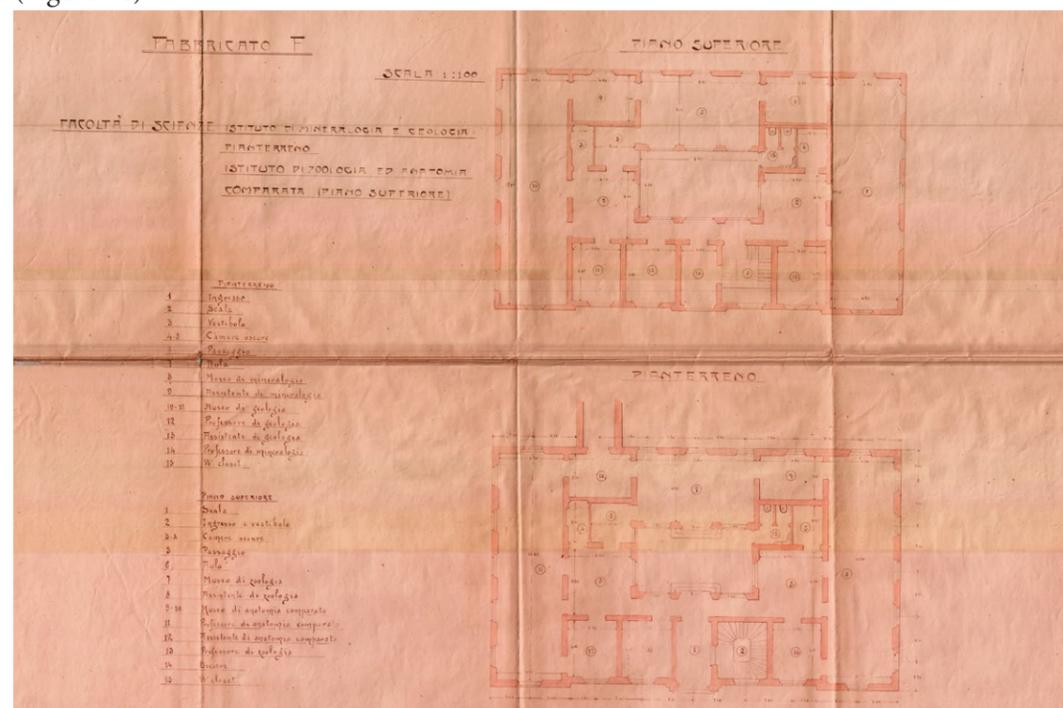


Figura 26 - Pianta piano terra e primo piano del fabbricato F secondo il progetto originario (Archivio del Genio Civile di Messina)



Figura 27 - Vista del fabbricato F lungo la via dei Verdi: in alto lo stato originario (1914), in basso il render dello stato attuale



L'ingresso principale allora come adesso risultava collocato sul fronte nord lungo la via dei Verdi; entrando all'interno dell'istituto subito a destra era collocata la scala principale che consentiva l'accesso ai piani, mentre di fronte si trovava, disposto parallelamente rispetto alla facciata, un lungo corridoio alle cui estremità si aprivano due grandi vestiboli, che fungevano sia da disimpegno che da area di sosta per gli studenti diretti verso le aule e gli altri ambienti del fabbricato. Partendo dall'ingresso e percorrendo il corridoio verso sinistra si trovavano, di seguito, gli studi del docente e del suo assistente, mentre lungo il lato minore dell'edificio si sviluppava un'ampia superficie destinata al museo di Mineralogia.

Lo spazio espositivo proseguiva anche nella parte posteriore dell'edificio, precisamente nell'atrio antistante il passaggio che fungeva da collegamento con il padiglione che ospitava l'Istituto di Matematica e Fisica (corpo C). La stessa disposizione interna la si ritrova nel lato opposto a ovest: spazi dedicati al docente e al museo di Geologia che si concludevano sul retro dell'edificio con lo studio dell'assistente. Al centro un grande spazio filtro con ai lati i servizi igienici e le camere oscure e, in posizione più arretrata, l'unica aula del piano terra. Al piano superiore la distribuzione degli spazi coincideva con quella del piano sottostante, diversificandosi soltanto per la destinazione d'uso, poiché il lato sinistro ospitava l'istituto di Anatomia Comparata mentre il destro quello di Zoologia (Figura 27).

Il piano cantinato era destinato agli archivi, magazzini e laboratori: purtroppo la documentazione grafica relativa alla distribuzione di questi ambienti è andata perduta, ma è stato possibile ricostruirla tramite le descrizioni desunte dalle relazioni tecniche allegate al progetto originario. Nel corso degli anni Trenta la distribuzione interna dei vari piani subisce le prime variazioni, con la chiusura e la creazione di alcuni spazi per piccoli laboratori e aule didattiche senza però stravolgere totalmente la pianta originaria [182].

### ***Rilievo dello stato di fatto***

Le operazioni di rilievo diretto, eseguite con metodologia tradizionale (metro, rotella metrica, metro laser, aste metriche, filo a piombo, livelle, ecc.), hanno consentito di prendere atto della nuova distribuzione interna del fabbricato conseguenza delle modifiche apportate a metà degli anni '90 per adeguare l'edificio a nuove esigenze di carattere amministrativo: al posto degli originari istituti troveranno spazio uffici e segreterie e, nello specifico: l'Unità Organizzativa Trattamenti Economici, l'Unità di Coordinamento Tecnico Talent management e formazione e il Dipartimento Amministrativo Affari Generali.

Le principali partizioni interne sono state mantenute, ma gli ambienti che in passato

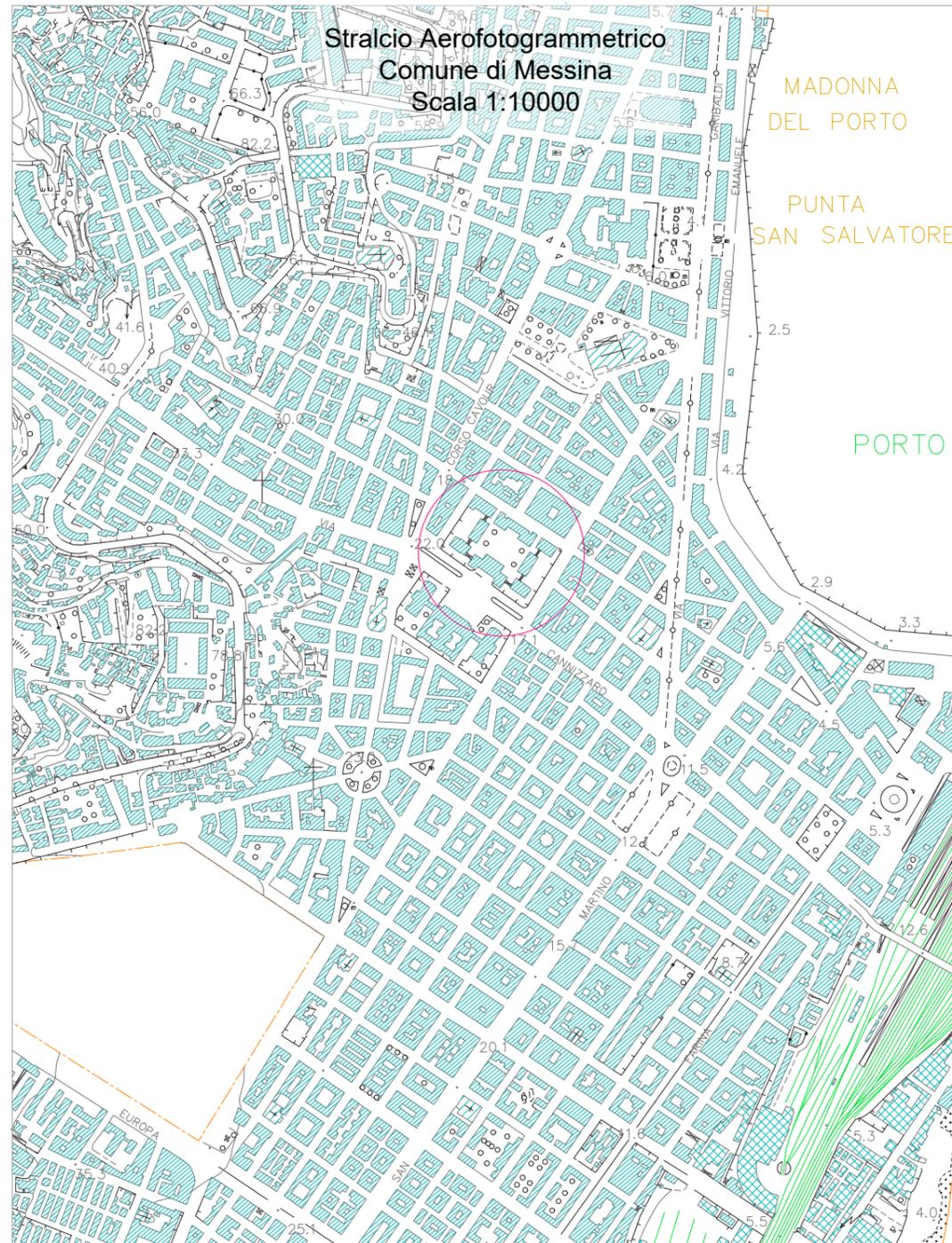


ospitavano gli spazi espositivi sono stati frazionati per ricavarne i vari uffici. Non esistono più i grandi vestiboli, poiché sostituiti da piccoli locali da utilizzare come centro stampa o per implementare il numero dei servizi igienici; la parte centrale al piano terra funge da magazzino mentre al primo piano da sala riunioni e archivio. I soffitti di tutti gli studi e le aule hanno mantenuto l'altezza originaria di 4,80 m al piano terra e di 4,60 m al primo piano; tale caratteristica, insieme alle importanti dimensioni delle finestre, determinava una percezione dello spazio interno maggiore di quanto effettivamente lo fosse nella realtà.

La posizione dell'edificio permetteva anche di avere un'ottima illuminazione naturale a tutte le ore del giorno e un'ideale ventilazione naturale al suo interno, poiché nell'area circostante si trovavano solo gli spazi verdi dell'Università e le due strade (via Verdi e via G. Venezian). La presenza di alberi di piccole dimensioni non rappresentava un ostacolo al passaggio dell'aria che quindi era continuo e favorevole, indipendentemente dalla direzione del vento.

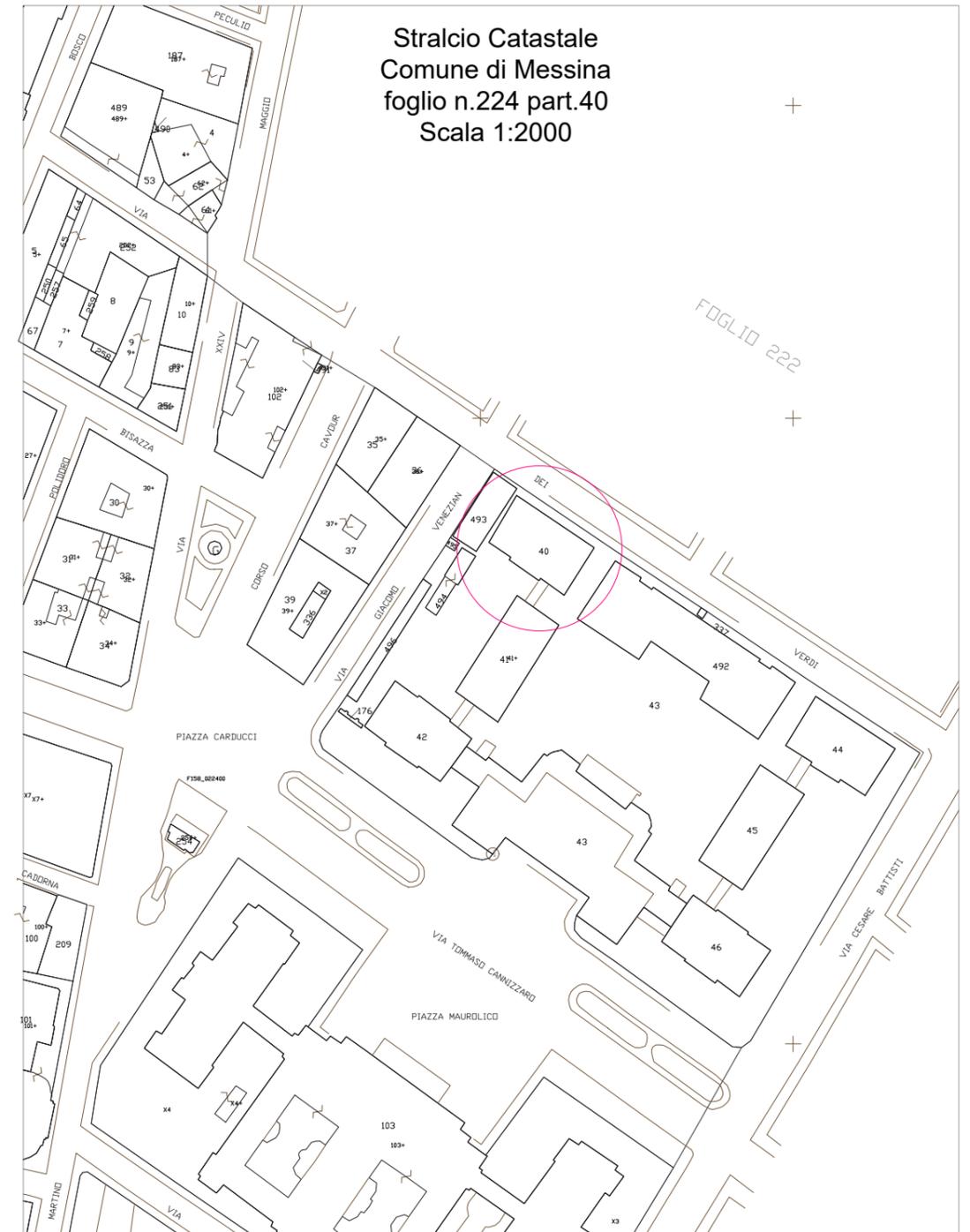
Oggi purtroppo l'edificio è circondato a est dal nuovo fabbricato (con altezza doppia rispetto all'edificio preso in esame), che ospita il Dipartimento di Economia, mentre a nord e a ovest, il sistema alberato lungo le due vie è diventato più grande e fitto; entrambi questi due fattori hanno compromesso la corretta valutazione effettuata in fase di esecuzione del progetto originario in merito al problema della ventilazione e dell'illuminazione naturale.

Recentemente si sono conclusi i lavori di riqualificazione dell'edificio, interessato dagli effetti del deterioramento dell'intonaco sui prospetti, fregi decorativi e cornicioni; sono state risolte anche le problematiche legate al degrado, per carbonatazione, dei conglomerati cementizi e al distacco della copertura in calcestruzzo per ossidazione delle armature sottostanti. Dalla relazione tecnica è emerso anche: l'intervento sull'impermeabilizzazione della terrazza di copertura che non garantiva la necessaria protezione contro le infiltrazioni di acqua piovana, la sostituzione di tutti gli infissi in alluminio anodizzato con altri in legno e il posizionamento di parapetti al piano copertura.



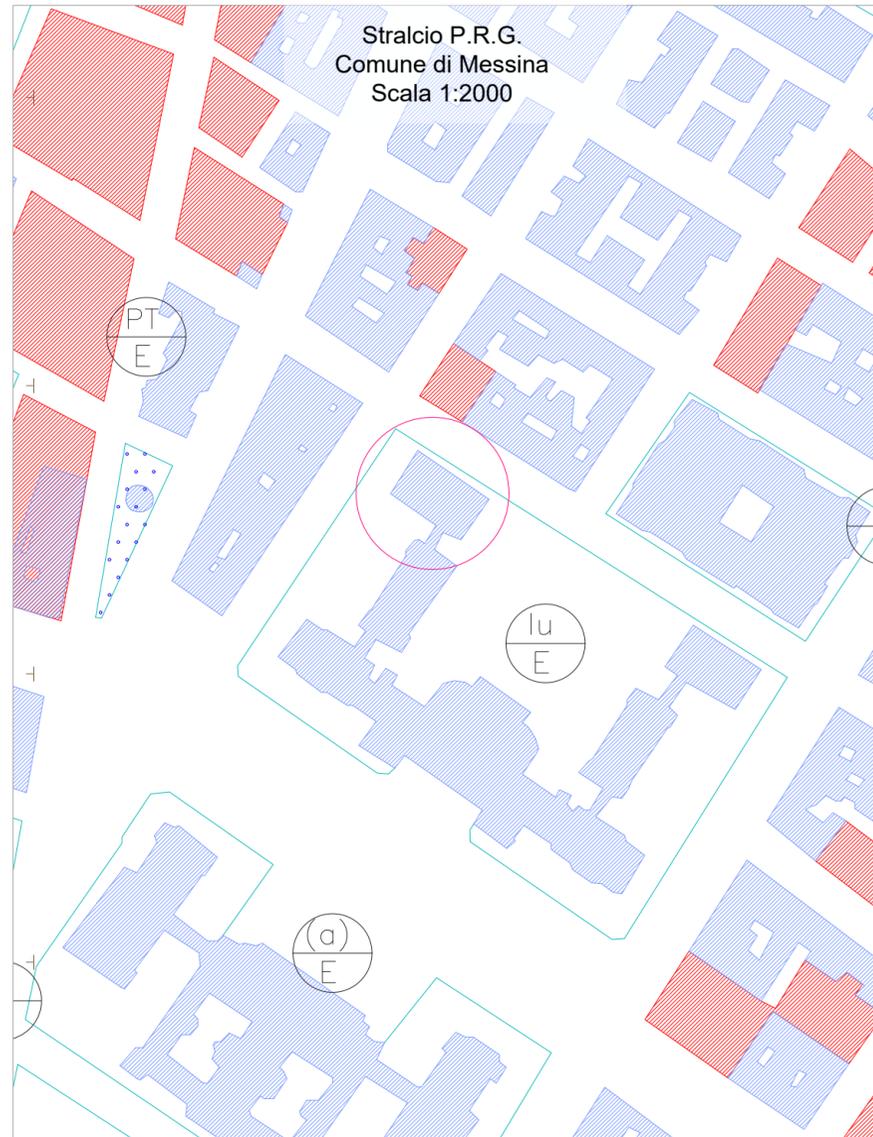
Nord

0 300 600 900m



Nord

0 30 60 90m



0 30 60 90m



Nord



0 10 20 30m



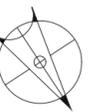
Nord



Figura 28 - Foto Edificio in fase di intervento



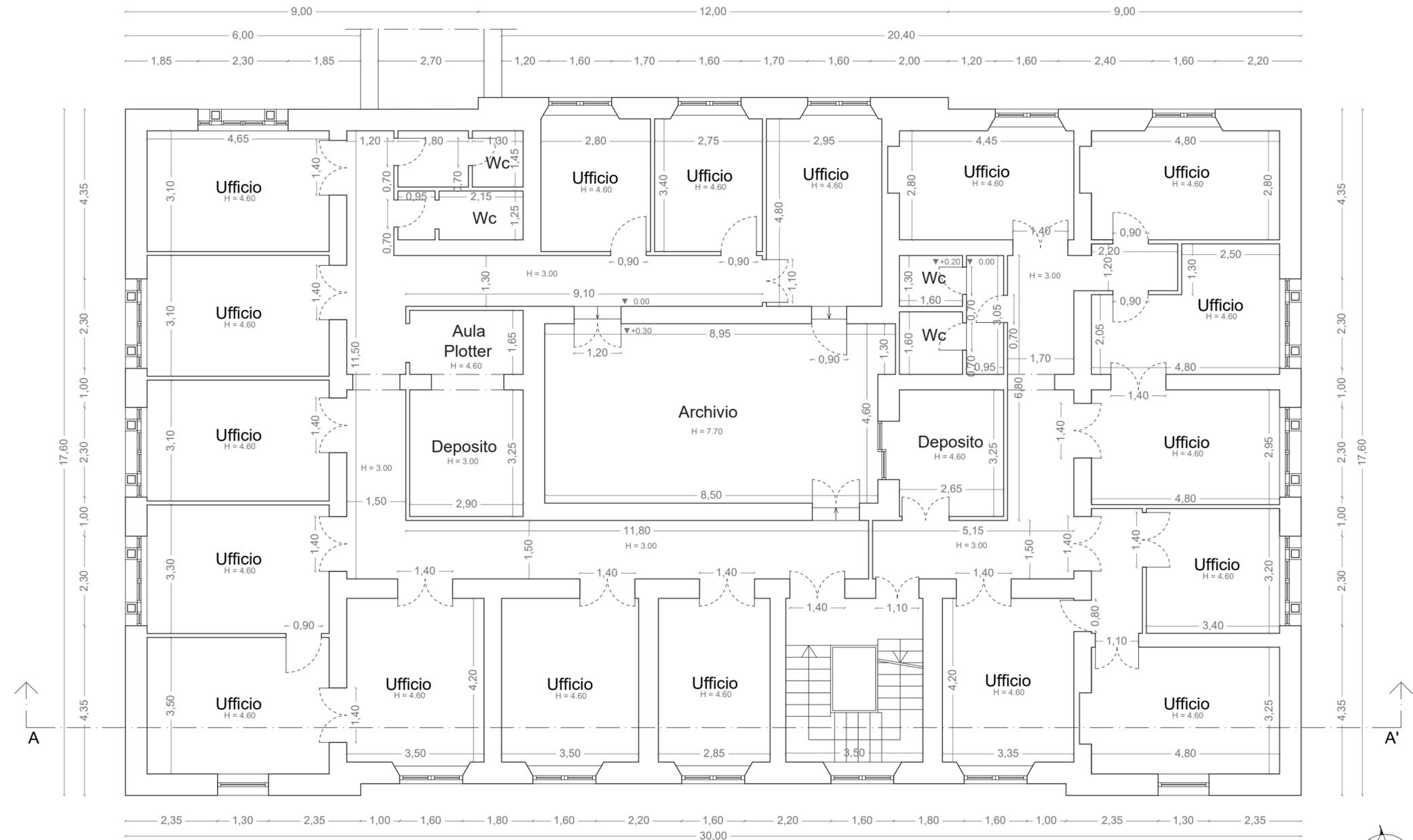
Pianta Piano Terra



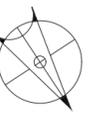
Nord



Figura 29 - Foto Edificio in fase di intervento



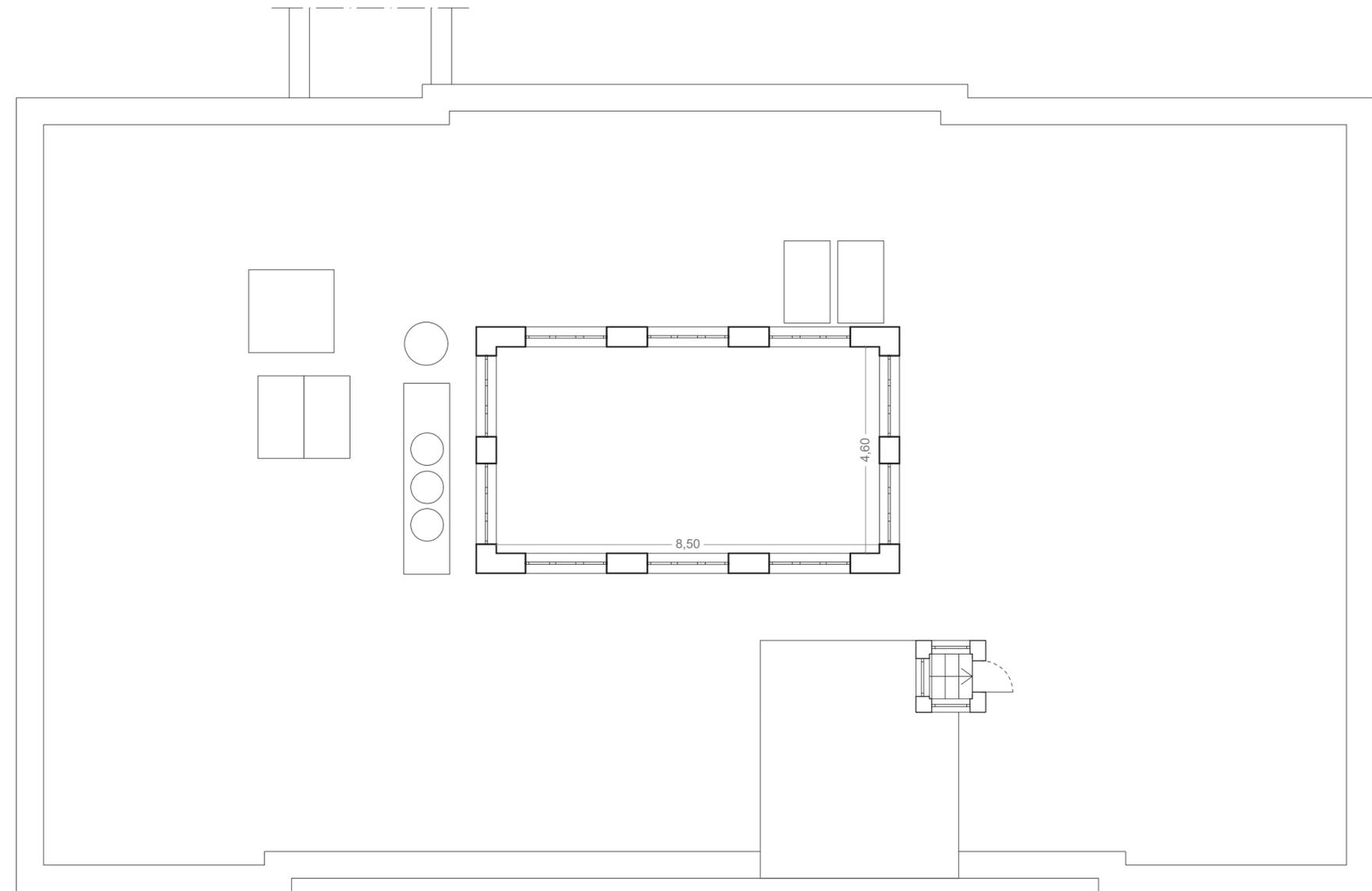
Pianta Piano Primo



Nord



Figura 30 - Foto Edificio in fase di intervento



Pianta Piano Copertura



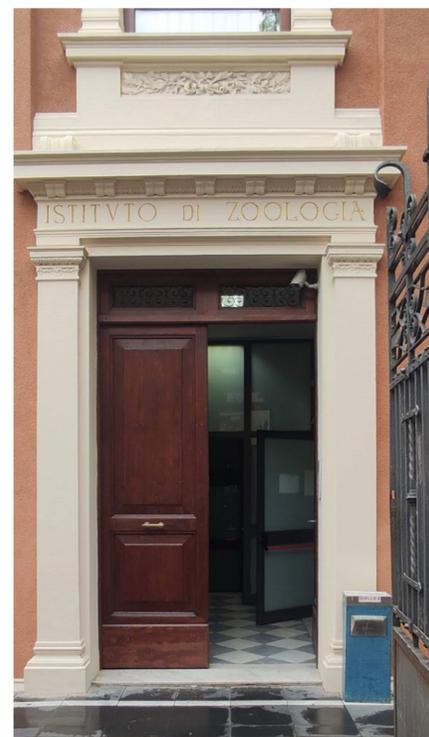


Figura 31 - Foto Edificio in fase di intervento



Prospetto Nord



Figura 32 - Foto Edificio in fase di intervento



Prospetto Sud



Figura 33 - Foto Edificio in fase di intervento



Prospetto Est



Figura 34 - In alto: Foto Edificio in fase di intervento; in basso: post-intervento





0 1 2 3m



0 1 2 3m

Pianta Piano Terra Spazi Funzionali Attuali



Nord



Uffici  
Bagni  
Aula Plotter  
Disimpegno  
Archivi  
Servizi

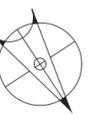


0 1 2 3m



0 1 2 3m

Pianta Piano Primo Spazi Funzionali Attuali



Nord



#### 4.2.



### **Strumenti di analisi e valutazione post occupativa delle condizioni di benessere ambientale**

In edifici nuovi è più semplice progettare considerando il *comfort*, poiché già in fase di progetto è possibile tenere conto di tutti i parametri che potrebbero influenzare l'ambiente; mentre in costruzioni un po' datate una verifica del piano e dello stato dei luoghi, prima dell'intervento, è fondamentale. Come lo è ancor di più approfondire lo studio pre-intervento con un eventuale colloquio con i residenti; giacché le modifiche necessarie per il miglioramento complessivo degli uffici possono riguardare svariate incognite (impianti, serramenti, materiali, disposizioni interne, temperature, umidità, scorretta illuminazione, ecc.), le quali possono essere opportunamente migliorate con integrazioni e/o sostituzioni totali o parziali. A tal proposito è stato ideato un sondaggio di gradimento (tenendo conto di tutti i sondaggi inerenti alla valutazione post occupativa discussi nel paragrafo 2.3.), che può essere considerato come una cassetta degli attrezzi (*Toolbox*), per avere una visione più ampia sullo stato di *comfort* o *discomfort* degli utenti.

Lo scopo della *toolbox* è stato quello di indagare sulle diverse condizioni di *comfort* ambientale a livello lavorativo, su un campione di soggetti interessati, al fine di individuare eventuali criticità di entità tali da innescare la sintomatologia tipica della *Sick Build Syndrome* e, contestualmente, influire, in maniera più o meno incisiva, sulla salute fisica e mentale dei lavoratori. Sulla base delle risposte date al suddetto sondaggio, i dati sono stati poi analizzati e messi in relazione a parametri prettamente tecnici e ad altri più sanitari, per mostrare come la progettazione e riqualificazione degli edifici (in questo caso particolare con destinazione d'uso uffici) debba tener conto di aspetti altrettanto rilevanti riscontrabili necessariamente da studi interdisciplinari. L'indagine prevede la compilazione di domande di breve durata ed è stata condotta nel pieno rispetto dell'anonimato; pertanto, le informazioni sono state raccolte nel pieno rispetto della normativa italiana sulla tutela dei dati personali (D.Lgs. 196/2003) [183].

La *toolbox*, in questa ricerca specifica, è stata distribuita grazie all'aiuto e alla collaborazione dell'Unità Organizzativa Analisi e *Reporting*, precisamente dalla Commissione *Customer Satisfaction* dell'Università degli Studi di Messina.



La modalità di somministrazione è stata ad accesso chiuso in forma anonima su piattaforma *Limesurvey*, tramite invito e-mail contenete il *link* con il *token* per partecipare all'indagine, il tutto inoltrato esclusivamente al target di riferimento.

La *Toolbox* proposta si compone di cinque sezioni:

1. Sezione - Informazioni generali in cui, oltre alle generalità, sono state inserite delle domande relative alla presenza di fumo di tabacco all'interno dell'ambiente lavorativo.
2. Sezione - Informazioni tecniche, volte a rilevare le caratteristiche costruttive dell'edificio, distributivo funzionali dell'ufficio e della propria stanza, così da poterle in seguito correlare ai parametri legati alla Sindrome dell'edificio malato e definirne l'effettiva presenza, l'incidenza e l'eventuale aggravamento avvenuto.
3. Sezione - Il sondaggio MM040 è stato originariamente e ampiamente utilizzato nei Paesi Scandinavi con «l'obiettivo di indagare la qualità dell'aria interna degli ambienti confinati» [184]. Sebbene le prime versioni estere fossero nate tra gli anni '80 e '90 per studiare gli ambienti indoor degli edifici pubblici adibiti esclusivamente ad attività lavorative, nel corso degli anni successivi si aggiunsero tutta una serie di adattamenti per lo studio specifico degli ambienti votati ad attività scolastiche, ospedaliere e infine all'edilizia abitativa [22], [185].
4. Sezione - Sondaggio sulla salute SF-12, permette di descrivere la salute di un gruppo di persone attraverso due indici sintetici calcolati su 12 domande. L'indice chiamato *Physical Component Summary* (PCS), rivede lo stato fisico, mentre l'indice *Mental Component Summary* (MCS) misura lo stato mentale. I punti di maggior forza del sondaggio riguardano la brevità e la facilità di somministrazione. Attualmente è disponibile un manuale, di guida all'impiego, nelle cui pagine finali è offerto un algoritmo di calcolo per ottenere gli indici per persona [186].
5. Sezione - L'*Insomnia Severity Index* (ISI) è un test che si prefigge l'obiettivo di valutare la natura, la gravità e l'impatto dell'insonnia. In particolare, indaga sull'eventuale insonnia iniziale, centrale o terminale, sul grado di insoddisfazione del proprio ritmo di sonno, sul grado di interferenza con la qualità della vita e con il funzionamento globale e infine sul grado di preoccupazione in merito ai lamentati disturbi del sonno [187].

Di seguito sono stati riportati: la descrizione introduttiva e il sondaggio somministrato.



## Il Comfort Ambientale Interno

Lo scopo del sondaggio è una indagine sulle diverse condizioni del *comfort* ambientale negli spazi di lavoro nel terziario, in particolare uffici, al fine di individuare se sussistono carenze tali da innescare la sintomatologia della Sindrome dell'edificio malato - *Sick Building Syndrome* (SBS). Il sondaggio presenta, quindi, domande atte ad evidenziare condizioni che possono incidere, in modi differenti, sulla salute fisica e mentale dei lavoratori.

Il sondaggio è diviso in più sezioni: la prima riguarda alcune informazioni (brevi e anonime) sulla persona che lo compila; la seconda è stata predisposta specificatamente per l'edificio in cui vi trovate; la terza, la quarta e la quinta ripropongono domande che si sono già rivelate molto utili in altri contesti per approfondire fattori inerenti alla salute e in particolare al sonno, sempre in collegamento con il benessere individuale e con l'ambiente.

Le risposte verranno analizzate per comprendere se l'intervento di riqualificazione dell'edificio ha tenuto conto di tutti gli aspetti inerenti al *comfort* e se ha effettivamente portato dei miglioramenti.

La compilazione del sondaggio impegnerà una durata complessiva di circa 10/15 minuti. L'elaborazione dei risultati sarà condotta nel pieno rispetto dell'anonimato e le informazioni verranno raccolte nella osservanza della normativa italiana sulla tutela dei dati personali (D.Lgs. 196/2003) e utilizzate solo per scopi di ricerca scientifica.

Chi volesse rispondere tramite telefono cellulare dovrà orientare lo schermo in senso orizzontale per visionare tutte le opzioni di risposta.

Nel ringraziarvi anticipatamente per la preziosa collaborazione, ci impegniamo a rendervi noti i risultati presente indagine!

### Sezione 1 - Informazioni di carattere generale

1. Sesso
2. Età
3. Stato civile
4. Titolo di studio
5. Fumatore?
6. Le è mai capitato di fumare in ufficio?
7. Ci sono persone che fumano dentro il suo ufficio?

### Sezione 2 - Informazioni tecniche

Questa sezione è volta a rilevare le soluzioni tecniche presenti nel proprio ufficio, così da poterle in seguito correlare alla eventuale manifestazione di sintomi legati alla "Sindrome dell'edificio malato" e valutarne l'incidenza e la scomparsa/aggravamento, prima e dopo l'intervento di ristrutturazione.

8. Dove lavora stabilmente?
  - Stanza singola
  - Stanza condivisa con uno o più colleghi
  - *Coworking*
9. Se non è in stanza singola, quante altre persone sono con lei?
  - 1
  - Da 2 a 4
  - 5 e oltre
10. Che dimensioni ha la stanza in cui lavora?
  - Fino a 6 m<sup>2</sup>
  - Maggiore di 6 m<sup>2</sup>
  - Maggiore di 9 m<sup>2</sup>



11. Rispetto al periodo pre-pandemico, terminata la fase di *lockdown* ma ancora in presenza di rischio COVID-19 (uso mascherine, guanti, disinfettanti), il numero di lavoratori è diminuito? Di quante unità?

- È rimasto uguale
- 1
- 2
- più di 2

12. Quante ore trascorre in media al giorno in ufficio attualmente?

- Meno di 6 ore
- Da 6 a 8 ore
- Più di 8 ore

13. Quanti spazi comuni ci sono in ufficio? (puoi indicare più risposte)

- Ingresso
- Corridoio
- Sala riunioni
- Archivio
- Angolo ristoro
- Zona stampanti
- Servizi Igienici
- Altro:

14. Il suo posto di lavoro dispone di un balcone/terrazza/spazio esterno?

15. Durante la pandemia che tipo di soluzioni ha adottato rispetto al solito modo di lavorare nella sua stanza?

- Accorgimenti per sfruttare maggiormente la luce naturale (per esempio: occupando una scrivania più vicina alla finestra in assenza del compagno di stanza)
- Accorgimenti per migliorare i sistemi di purificazione dell'aria negli ambienti interni (per esempio: collocando purificatori, piante verdi, aprendo spesso le finestre)
- Accorgimenti per diminuire l'affollamento negli spazi condivisi (p. es. turni)
- Nessuno
- Altro:

16. Come è cambiata la fruizione dopo l'emergenza pandemica? (Se vi è stato un cambiamento specificare quale nella sezione "altro")

- Nessun cambiamento
- Altro:

17. Che tipo di problemi erano presenti nella sua stanza prima dell'intervento di riqualificazione? (può dare più risposte)

- Nessuno
- Infiltrazione di acqua nel soffitto
- Infiltrazione di acqua nelle pareti
- Presenza di condensa
- Presenza di muffa
- Presenza di macchie da umidità
- Non so
- Altro:



18. Dopo l'intervento i suddetti problemi sono ancora presenti nella sua stanza? (può dare più risposte)

- Nessuno
- Infiltrazione di acqua nel soffitto
- Infiltrazione di acqua nelle pareti
- Presenza di condensa
- Presenza di muffa
- Presenza di macchie da umidità
- Non so
- Altro:

19. Che tipo di serramento finestra era presente nella sua stanza prima dell'intervento?

- In legno
- In ferro
- In alluminio
- In PVC
- Lastra Singola
- Vetro Camera
- Non so
- Altro:

20. Dopo l'intervento di manutenzione che tipologia di infisso è stato installato?

- In legno
- In ferro
- In alluminio
- In PVC
- Vetro Camera
- Non so
- Altro:

21. Ha notato problemi relativi alla tenuta degli infissi nella sua stanza prima dell'intervento? (può dare più risposte)

- Nessun problema
- Spifferi
- Ristagni o piccole infiltrazioni di acqua visibili sul lato interno
- Rumore causato dall'imperfetta chiusura degli infissi
- Rumore causato dalla vibrazione dei vetri
- Non so
- Altro:

22. Dopo l'intervento i suddetti problemi sono ancora presenti nella sua stanza? (può dare più risposte)

- Nessun problema
- Presenza di spifferi
- Ristagni o infiltrazioni di acqua visibili sul lato interno
- Rumore causato dall'imperfetta chiusura degli infissi
- Rumore causato dalla vibrazione dei vetri
- Non so

23. Qual era il sistema di riscaldamento nella sua stanza prima dell'intervento? (può dare più risposte)

- Nessuno
- Stufa elettrica
- Termoconvettore o simili (fisso a parete o trasportabile)
- Impianto di riscaldamento a elementi radianti a parete (termosifoni)
- Impianto di condizionamento con pompa di calore (climatizzatore inverter caldo/freddo)
- Sistema integrato di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata (detto HVAC)
- Non so



24. Qual era il sistema di raffrescamento nella sua stanza prima dell'intervento? (può dare più risposte)

- Nessuno
- Termoconvettore o simili (fisso o trasportabile)
- Impianto di condizionamento per aria condizionata (climatizzatore inverter caldo/freddo)
- Sistema integrato di riscaldamento, ventilazione e aria condizionata (detto HVAC)
- Non so

25. Quali sistemi di schermatura solare, di protezione della *privacy* e di sicurezza hanno le finestre della sua stanza? (può dare più risposte)

- Avvolgibili (plastica, alluminio, legno, altro)
- Scuri esterni
- Scuri interni
- Tende
- Inferriate o allarmi
- Nessuno

26. Quali fattori, secondo Lei, incidono maggiormente sul *comfort* nella sua stanza? (può dare più risposte)

- Luminosità
- Temperatura interna
- Silenziosità
- Qualità dell'aria
- Umidità relativa
- Velocità dell'aria (per esempio in presenza di ventilazione forzata)
- Pulizia e sanificazione
- Senso di sicurezza (presenza di antifurti, telecamere, porte corazzate, inferriate, etc.)
- *Privacy*
- Altro:

27. Quali suggerimenti darebbe per migliorare *comfort* e fruibilità dell'ufficio? (può dare più risposte)

- Quantità e qualità dei servizi igienici
- Disponibilità di acqua potabile di buona qualità
- Pulizia e sanificazione degli ambienti comuni
- Presenza di spazi comuni attrezzati (aree di riposo, socializzazione, punti ristoro, altro)
- Presenza di ascensori o altri sussidi per persone con disabilità

28. Cosa vorrebbe per avere un ufficio più confortevole? (può dare più risposte)

- Migliore illuminazione naturale
- Migliore illuminazione artificiale
- Presenza di piante naturali
- Vista sull'esterno
- Emanatori di oli essenziali e/o profumi
- Presenza di colori su pareti e/o soffitto
- Diversa disposizione degli arredi
- Migliore pulizia e sanificazione dell'ambiente
- Condizioni di temperatura e umidità costanti
- Migliore isolamento dall'ambiente esterno
- Migliore isolamento tra gli ambienti interni
- Migliore allestimento degli spazi comuni (aree di riposo, socializzazione, punti ristoro, altro)
- Altro:



**Sezione 3 - Sondaggio MM 040**

Si ripropone un sondaggio già utilizzato in altri contesti per indagare sulla qualità degli ambienti confinati e le relative condizioni di salute dei lavoratori.

Fonte: *Magnavita N. Sorveglianza sanitaria dei lavoratori che operano in ambienti confinati. Applicazione della versione italiana del sondaggio MM040/IAQ Med Lav. 2014 May-Jun;105(3):174-86*

29. È mai stato infastidito da uno dei seguenti fattori durante la permanenza nel suo ufficio?

	Sì, spesso (ogni settimana)	Sì, ogni tanto	No, mai
Correnti d'aria	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperatura delle stanze troppo alta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sbalzi di temperatura tra le stanze	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Temperatura delle stanze troppo bassa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aria viziata	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Aria secca	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Odori sgradevoli	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Elettricità statica con eventuali scosse elettriche	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fumo passivo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rumore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Problemi di illuminazione (luce scarsa o troppo intensa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Polvere e sporcizia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

30. Malattie allergiche:

	Sì, anche durante l'ultimo anno	Sì, ma non durante l'ultimo anno	No
Hai mai sofferto di asma allergica?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hai mai sofferto di febbre da fieno (forma di rinite allergica stagionale)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hai mai sofferto di dermatite atopica (forma di dermatite allergica, detta anche eczema atopico)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
È presente qualche altro componente della sua famiglia che soffre di malattie allergiche?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
È presente qualche altro componente della sua famiglia che soffre di malattie allergiche?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



31. Durante la permanenza nel suo ufficio le è capitato di accusare i seguenti sintomi e con quale frequenza?

	Sì, spesso e...	Sì, spesso ma non...	Sì, ogni tanto e...	Sì, ogni tanto ma non...	Mai	Non so
	...penso sia dovuto alle condizioni ambientali dell'ufficio					
Stanchezza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Stordimento e/o sensazione di testa pesante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mal di testa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Nausea e/o vertigini	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Difficoltà di concentrazione	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disturbi oculari: irritazione, prurito o bruciore	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disturbi nasali: irritazione, naso chiuso o colante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Gola secca e/o raucedine	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tosse	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cute del viso secca e/o arrossata	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cuoio capelluto secco e/o desquamato e/o pruriginoso	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cute delle mani secca e/o arrossata	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riduzione della vista	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fischi o ronzii alle orecchie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Riduzione dell'udito	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dolori al collo e/o alle braccia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dolori alla schiena	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Formicolii alle mani e/o alle gambe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

32. La gravità degli eventuali sintomi tende ad aumentare in ufficio e a migliorare o addirittura a scomparire dopo essersi allontanati da questo?

- Sì
- No
- Non ho sintomi



33. Qual è la sua opinione sulla sua stanza d'ufficio in merito a:

	Molto buona	Buona	Accettabile	Scarsa	Molto scarsa
Impressione generale	<input type="radio"/>				
Contatto con l'ambiente esterno	<input type="radio"/>				
Schemi dei colori della stanza	<input type="radio"/>				
Organizzazione dello spazio in generale	<input type="radio"/>				
Organizzazione dello spazio per le attività conviviali (parlare, mangiare)	<input type="radio"/>				

34. Qual è la sua opinione sull'illuminazione naturale (luce diurna, sole) della sua stanza?

- Molto buona
- Buona
- Accettabile
- Scarsa
- Molto scarsa

35. Può indicare i problemi relativi all'illuminazione naturale della sua stanza (può dare più risposte):

- Troppa luce diurna
- Problemi di abbagliamento
- Scarsa luce diurna
- Nessun ingresso di luce naturale
- Nessun problema
- Non so
- Altro:

36. Qual è la sua opinione sulla temperatura della sua stanza?

- Molto buona
- Buona
- Accettabile
- Scarsa
- Molto scarsa

37. Può indicare i problemi relativi alla temperatura della sua stanza (può dare più risposte):

- Troppo freddo durante l'inverno
- Troppo freddo durante altri momenti/periodi
- Troppo caldo durante l'estate
- Troppo caldo durante altri momenti/periodi
- Variazioni di temperatura tra mattina e pomeriggio (escursione termica)
- Variazioni di temperatura tra una stanza e l'altra (disuniformità termica interna)
- Nessun problema
- Non so
- Altro:

38. Qual è la sua opinione sull'isolamento acustico (assenza di rumori provenienti dall'esterno) della sua stanza?

- Molto buona
- Buona
- Accettabile
- Scarsa
- Molto scarsa



39. Qual è la sua opinione sui rumori interni alla sua stanza?

- Molto buona
- Buona
- Accettabile
- Scarsa
- Molto scarsa

40. Può indicare i problemi relativi al rumore della sua stanza (può dare più risposte):

- Il rumore proveniente dall'esterno è fastidioso
- Il sistema di ventilazione/condizionamento, se presente, è fastidioso
- Il rumore proveniente da dispositivi elettronici è fastidioso (stampanti, scanner, fotocopiatrici, ecc.)
- Nessun problema
- Non so
- Altro:

41. Qual è la sua opinione sulla qualità dell'aria della sua stanza?

- Molto buona
- Buona
- Accettabile
- Scarsa
- Molto scarsa

42. Può indicare i problemi relativi alla qualità dell'aria della sua stanza (può dare più risposte):

- È peggiore la mattina presto
- È peggiore il pomeriggio
- Varia da una stanza all'altra
- Non sempre è possibile aerare le stanze
- È presente odore di fumo di tabacco
- È presente odore di fumi di scarico (provenienti dall'esterno)
- È presente odore di scarichi e/o di deiezioni
- È presente odore di sostanze chimiche
- È presente odore di prodotti per la cosmesi o per la pulizia degli ambienti
- È presente odore di cibo
- È presente odore di muffa
- Nessun problema
- Non so
- Altro

43. Se crede, può indicare ulteriori commenti facoltativi: scrivendo su cosa i progettisti e i tecnici dovrebbero focalizzare maggiormente l'attenzione per migliorare la qualità dell'ambiente di lavoro

#### Sezione 4 - Sondaggio sulla salute SF-12

Si riporta un sondaggio destinato a valutare cosa l'utente pensa della propria salute: le informazioni raccolte permetteranno di tracciare un quadro aggiornato su come si sente e su come riesce a svolgere le sue attività consuete.

Fonte: Ware, Kosinski, & Keller, 1996

44. In generale, direbbe che la sua salute è:

- Eccellente
- Molto buona
- Buona
- Passabile
- Scadente

45. La sua salute la limita attualmente nello svolgimento di attività di moderato impegno fisico (come spostare un tavolo, fare un giro in bicicletta)?

- Sì, mi limita parecchio
- Sì, mi limita parzialmente
- No, non mi limita per nulla



46. La sua salute la limita attualmente nel salire qualche piano discale?

- Sì, mi limita parecchio
- Sì, mi limita parzialmente
- No, non mi limita per nulla

47. Nelle ultime 4 settimane, ha reso meno di quanto avrebbe voluto sul lavoro o nelle altre attività quotidiane, a causa della sua salute fisica?

Risposta: Sì o No

48. Nelle ultime 4 settimane, ha dovuto limitare alcuni tipi di lavoro od altre attività, a causa della sua salute fisica?

Risposta: Sì o No

49. Nelle ultime 4 settimane, ha reso meno di quanto avrebbe voluto sul lavoro o nelle altre attività quotidiane, a causa del suo stato emotivo (quale il sentirsi depresso o ansioso)?

Risposta: Sì o No

50. Nelle ultime 4 settimane, ha avuto un calo di concentrazione sul lavoro o nelle altre attività quotidiane, a causa del suo stato emotivo (quale il sentirsi depresso o ansioso)?

Risposta: Sì o No

51. Nelle ultime 4 settimane, in quale misura il dolore l'ha ostacolata nel lavoro che svolge abitualmente?

- Per nulla
- Molto poco
- Un po'
- Molto
- Moltissimo

52. Nelle ultime 4 settimane, per quanto tempo si è sentito calmo e sereno?

- Sempre
- Quasi sempre
- Molto tempo
- Una parte del tempo
- Quasi mai
- Mai

53. Nelle ultime 4 settimane, per quanto tempo si è sentito pieno di energia?

- Sempre
- Quasi sempre
- Molto tempo
- Una parte del tempo
- Quasi mai
- Mai

54. Nelle ultime 4 settimane, per quanto tempo si è sentito scoraggiato e triste?

- Sempre
- Quasi sempre
- Molto tempo
- Una parte del tempo
- Quasi mai
- Mai

55. Nelle ultime 4 settimane, per quanto tempo la sua salute fisica o il suo stato emotivo hanno interferito nelle sue attività sociali, in famiglia, con gli amici?

- Sempre
- Quasi sempre
- Molto tempo
- Una parte del tempo
- Quasi mai
- Mai

**Sezione 5 - Insomnia Severity Index (ISI)**

È un test che si prefigge l'obiettivo di valutare la natura, la gravità e l'impatto dell'insonnia. In particolare, indaga sul livello di insoddisfazione del proprio ritmo di sonno, sul grado di interferenza con la qualità della vita e con il funzionamento globale e infine sul grado di preoccupazione in merito ai lamentati disturbi del sonno.

Fonte: Bastien C, et al. *Medicina del sonno* 2001;2 pp.:297-307

I dati di questa sezione verranno correlati ai risultati delle domande tecniche riferite al rumore esterno e interno.

56. Ha difficoltà ad addormentarsi?

- Nessuna
- Lieve
- Moderata
- Grave
- Molto grave

57. Ha difficoltà a rimanere addormentato e si sveglia più volte durante la notte?

- Nessuna
- Lieve
- Moderata
- Grave
- Molto grave

58. Ha problemi di risveglio precoce la mattina?

- Nessuna
- Lieve
- Moderata
- Grave
- Molto gravi

59. Quanto è soddisfatto del suo attuale ritmo di sonno?

- Molto
- Abbastanza
- Moderatamente
- Insoddisfatto
- Molto insoddisfatto

60. Quanto è evidente agli altri che i suoi disturbi del sonno danneggino la sua qualità della vita?

- Per niente
- Poco
- Appena un po'
- Molto
- Moltissimo

61. Quanto è preoccupato dei suoi disturbi del sonno?

- Per niente
- Poco
- Appena un po'
- Molto
- Moltissimo

62. Quanto pensa che i suoi disturbi del sonno interferiscano con il suo funzionamento quotidiano (ad esempio stanchezza, umore, capacità di lavorare, memoria, concentrazione)?

- Per niente
- Poco
- Appena un po'
- Molto
- Moltissimo

**Grazie per aver compilato il sondaggio!**

Se desidera inviare dei commenti, che risulteranno sicuramente utili alla ricerca, può esprimere qualsiasi opinione qui di seguito.

**4.3.****Elaborazione dei dati acquisiti tramite sondaggio**

In questo paragrafo viene illustrato il processo di elaborazione dei dati del sondaggio, attraverso l'interpretazione dei risultati.

Sono stati ricevuti 15 sondaggi compilati su 44 somministrati agli utenti dell'ex Istituto di Zoologia e di Anatomia e Fisiologia Comparate, dal 22 maggio al 8 giugno 2023.

È ovvio specificare che: più l'edificio in esame è grande, più utenti saranno presenti e quindi maggiore sarà il numero di risultati ricevuti rispetto ai possibili ed eventuali casi studio più piccoli (come quello in esame). Di conseguenza, da una ricerca su *feedback management* [188] è emerso che risposte ottenute dai sondaggi possono variare anche in base al settore di interesse (educazione, energia, edilizia, shopping, cultura, ecc.) dal 23% al 77% e dalla modalità di distribuzione (URL, e-mail, siti web, cartaceo, ecc.). A tal proposito, i risultati ottenuti dalla *toolbox* sono del 35%, ritenuto secondo le statistiche sopra citate un buon risultato per la tematica interessata e la modalità di somministrazione del sondaggio.

Di seguito, la valutazione seguirà il principio dell'analisi descrittiva dei dati, secondo lo sviluppo delle cinque sezioni in cui il sondaggio è diviso, come visto nel paragrafo 4.2. , andando a valutare in percentuale il tipo di risposta ottenuta per ciascuna domanda al fine di fare considerazioni sul livello di soddisfazione (di *comfort* o di *discomfort*) dichiarato.

La sezione 1 destinata alle domande di carattere generale ha permesso di avere un quadro collettivo degli utenti che hanno aderito al sondaggio: il sesso, dal grafico si evince una buona copertura percentuale, sia di donne che di uomini (grafico 4); l'età, compresa tra i 48 e i 66 anni (grafico 5); lo stato civile, con la maggioranza "coniugato/a" (grafico 6); il titolo di studio, che permette di conoscere il livello medio di istruzione con la maggioranza di lauree quinquennali (grafico 7); per ultime le domande sul fumo, con una maggioranza di non fumatori (grafico 8).

La sezione 2 comprende i risultati di valore tecnico e quelli con rilevanza in campo di *comfort* ambientale interno. Sono presenti domande sugli spazi personali e comuni nei quali vengono

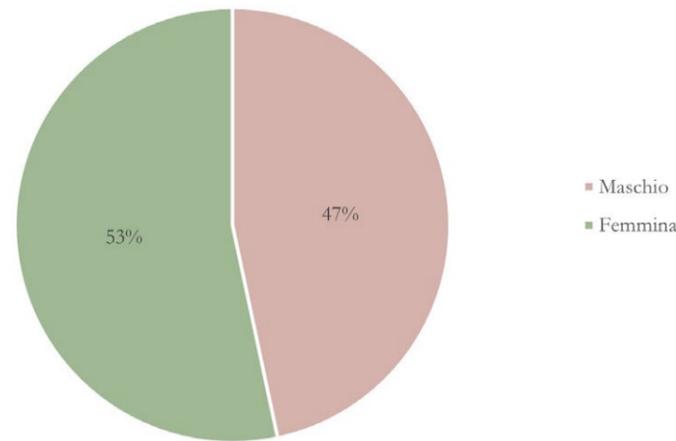
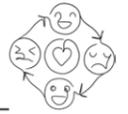


Grafico 4 - Domanda 1. Sesso

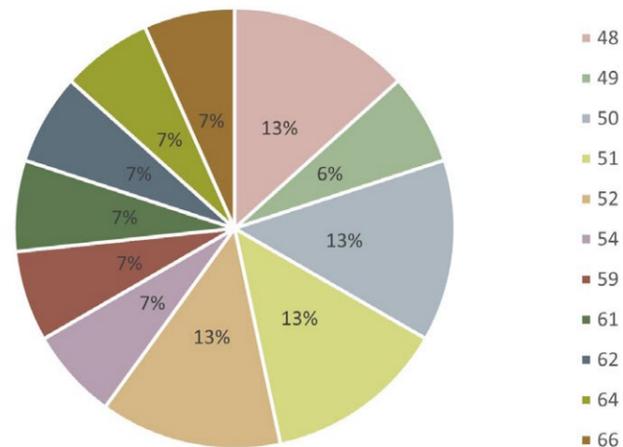


Grafico 5 - Domanda 2. Età

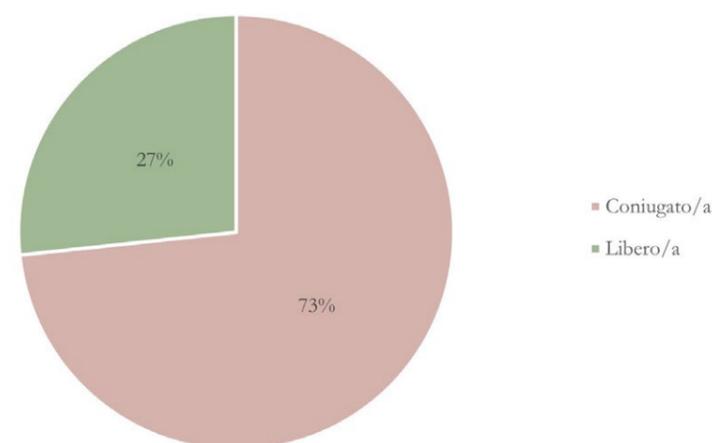


Grafico 6 - Domanda 3. Stato civile

svolte le attività lavorative quotidiane. Dall'analisi di queste sono emerse alcune percentuali di *discomfort*, partendo dai diversi fattori che incidono sull'andamento della produttività di lavoro durante la giornata (distrazioni dovute a vari rumori sia dall'ambiente interno sia esterno, cambiamenti repentini di temperatura nei vari ambienti, odori sgradevoli, ecc.), ai sistemi dei vari impianti presenti nell'edificio.

Il 53% degli utenti partecipanti al sondaggio ha una postazione in stanza singola, mentre la restante parte condivide la stanza di lavoro con 2 o più colleghi, ma è stato rilevato che rispetto al periodo pre-pandemico, oggi, terminata la fase di *lockdown*, il 53% dei lavoratori in stanza condivisa è diminuito di più di 1 o 2 unità (più spazio per lavorare), come mostra il grafico 9.

I dati più rilevanti sono inerenti alla qualità termo-igrometrica, alla qualità dell'aria, alla qualità acustica, alla qualità illuminotecnica e alla qualità della pulizia, come si evince dai seguenti grafici 10, 11, 12.

Sono stati rinvenuti problemi dovuti al mal funzionamento degli infissi, che causavano presenza di rumori provenienti dall'esterno per la loro imperfetta chiusura, presenza di spifferi, ristagni di acqua, piccole infiltrazioni all'interno delle stanze e macchie di muffa. Per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento e raffrescamento, si è notato che nell'edificio sono presenti differenti sistemi impiantistici: con la maggioranza di utenti con riscaldamento a elementi radianti a parete, mentre la restante parte provvisti di stufa elettrica o addirittura senza presenza di sistemi, il 44% con impianto di condizionamento, il 25% con termoconvettore o simili, la rimanete parte con sistema di ventilazione e aria condizionata o anche in questo caso impianto assente.

A tal proposito, in seguito sono state poste domande a ciascun utente su: quali fattori incidono maggiormente sul *comfort* individuale nella stanza, quali suggerimenti darebbe per migliorare il *comfort* e la fruibilità dell'ufficio e in fine cosa vorrebbe per avere un ufficio più confortevole. Dai dati è emerso che per il 73% degli intervistati uno dei fattori che incide in maggior misura sul *comfort* è la luminosità, il 60% la silenziosità, il 40% la qualità dell'aria, il 33% la temperatura interna e il 26% la pulizia e la sanificazione (Grafico 13). Inoltre, il 46% fa presente la carenza di spazi comuni attrezzati (aree di riposo, socializzazione, punti ristoro, altro) e il 40% la possibilità di installare dei distributori di acqua potabile (Grafico 14), ma l'esito più incidente è stato la richiesta di ascensori o sussidi per persone con disabilità.

Il grafico 15 sintetizza le proposte dei dipendenti per perfezionare il loro ufficio: il 46 % ha dichiarato che la presenza di verde è un fattore fondamentale per il benessere quotidiano

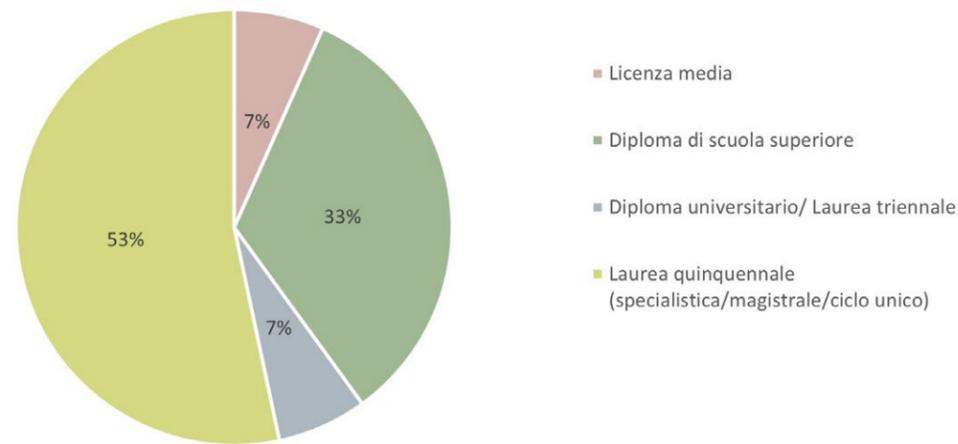
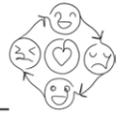


Grafico 7 - Domanda 4. Titolo di studio

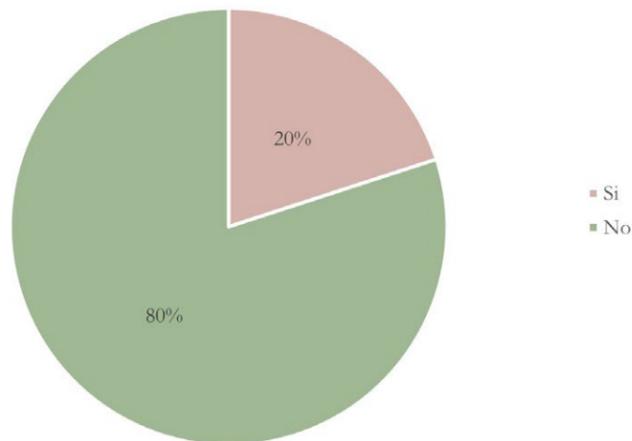


Grafico 8 - Domanda 5. Fumatori

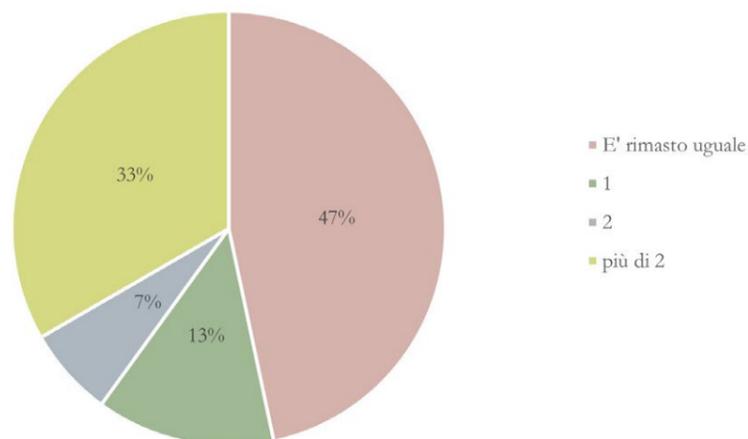


Grafico 9 - Domanda 11. Rispetto al periodo pre-pandemico, terminata la fase di *lockdown* ma ancora in presenza di rischio COVID-19 (uso mascherine, guanti, disinfettanti), il numero di lavoratori è diminuito? Di quante unità?

e per lavorare in un ambiente più sano, il 40 % ha nuovamente ribadito che la pulizia e la significazione dovrebbero essere migliorati, il 26% gradirebbe degli ambienti con pareti più colorate, ricche di decori, con *design* di particolare caratteristica, sia a livello estetico che funzionale, la stessa percentuale consiglia l'uso di arredi differenti che permettano disposizioni interne più comode e confortevoli.

Analizzando gli esiti della sezione 3, inerente al sondaggio MM 040, è stato riepilogato nei seguenti grafici 16,17 e 18 lo stato di salute dei lavoratori, partendo dai fattori disturbanti durante la permanenza in ufficio, passando alle malattie allergiche più comuni e concludendo con i sintomi che aumentano, diminuiscono o persistono durante la permanenza o l'allontanamento dal posto di lavoro. In fine, è stata chiesta la propria opinione in merito alla stanza d'ufficio in cui si trovano, facendo soprattutto riferimento ai possibili disagi avuti in varie situazioni e periodi dell'anno, chiedendo su: illuminazione naturale, temperatura, isolamento acustico e qualità dell'aria (Grafici 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25).

La sezione 4, SF-12, ha permesso di valutare cosa l'utente pensa della propria salute, nel complesso e tutti i fruitori del sondaggio hanno dichiarato di avere una "buona" condizione di salute, quindi nella media; ma, nonostante ciò, sono stati rilevati dei *discomfort* non inerenti a problemi fisici in sé, ben si legati proprio alla salute mentale, quindi all'umore, alla concentrazione e soprattutto agli stati d'animo. È stato possibile valutare quanto questi fattori hanno influito nelle ultime quattro settimane sul lavoro in ufficio e in alcuni casi anche nella vita privata. In media il 52% ha dichiarato di non essere stato molto calmo e sereno durante l'arco della giornata, il 45% non sempre al pieno delle energie e il 40% scoraggiato e triste, in fine la ricerca ha riportato che, i vari stati d'animo e i momenti di *down*, avuti dal 30% degli intervistati nelle ultime settimane, hanno interferito sulle attività sociali, sulla famiglia e sugli amici.

L'ultima sezione, ISI, ha permesso di determinare i disturbi del sonno e i relativi problemi del ritmo circadiano, dovuti sia alla salute mentale sia ai vari *discomfort* sul luogo di lavoro. Il 46% ha riportato una moderata difficoltà nell'addormentarsi, la stessa percentuale ha problemi a rimanere addormentato durante le ore notturne risvegliandosi più volte, il 72% degli utenti dichiara di avere tra "lievi, moderati e gravi" problemi di risveglio la mattina, quindi, visto che tale percentuale è più alta rispetto agli utenti con difficoltà nell'addormentarsi i problemi inerenti al risveglio non sono dovuti solo al "sonno spezzato". Il 60% dei dipendenti non è soddisfatto del proprio ritmo circadiano e si preoccupa per questi disturbi del sonno poiché possono interferire con il proprio funzionamento quotidiano.

Nel complesso, valutando tutte le sezioni e le varie percentuali di *discomfort* è emerso che

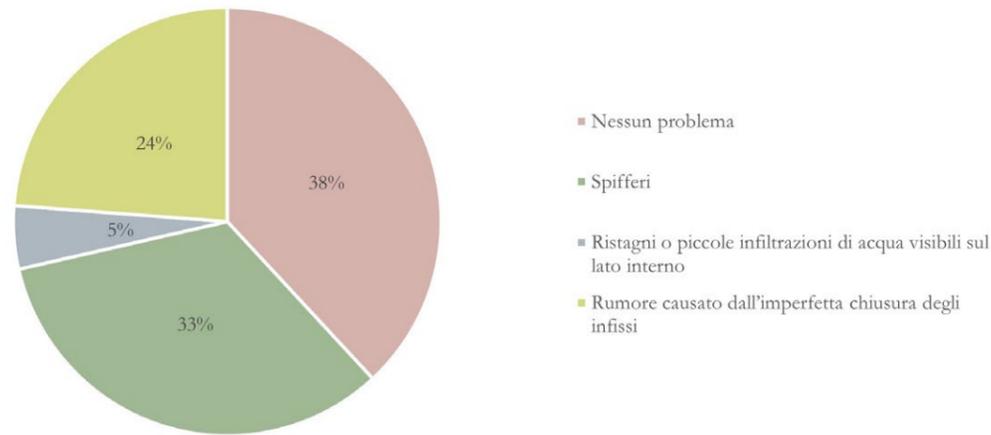


Grafico 10 - Domanda 21. Ha notato problemi relativi alla tenuta degli infissi nella sua stanza prima dell'intervento?

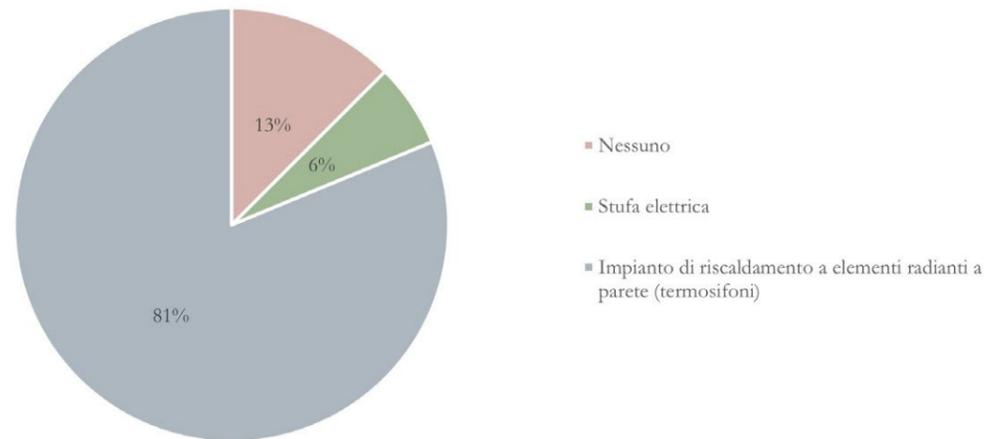


Grafico 11 - Domanda 23. Qual era il sistema di riscaldamento nella sua stanza prima dell'intervento?

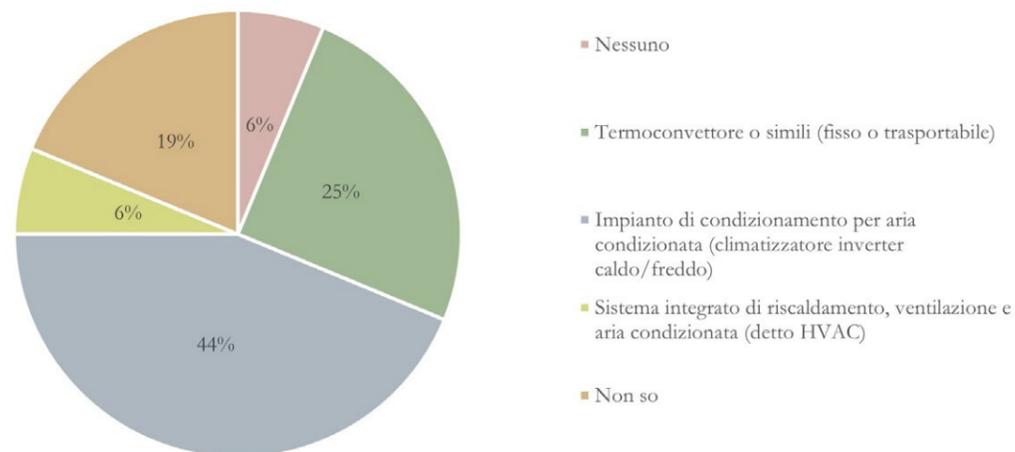


Grafico 12 - Domanda 24. Qual era il sistema di raffrescamento nella sua stanza prima dell'intervento?

gli interventi di riqualificazione sull'edificio, hanno migliorato diversi aspetti tecnici della struttura (cambio infissi, rifacimento terrazza, aggiunta di parapetti e ristrutturazione prospetti) importanti per il funzionamento dell'intero "sistema edificio", ma non sono stati eseguiti lavori impiantistici o inerenti al *comfort* dell'utente. Nel complesso gli utenti non sono pienamente soddisfatti, poiché la meta degli intervistati ha riportato svariati *discomfort*, i quali sono probabilmente (come ricavato dalle sezioni 4 e 5) causa sia di problemi alla salute mentale sia ai disturbi del ritmo biologico.

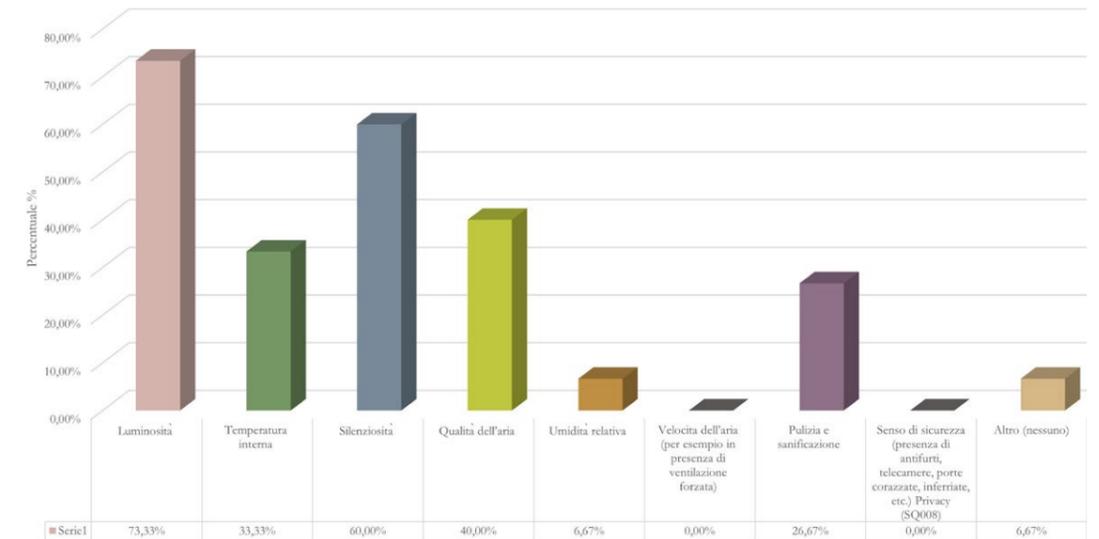


Grafico 13 - Domanda 26. Quali fattori, secondo Lei, incidono maggiormente sul comfort nella sua stanza?

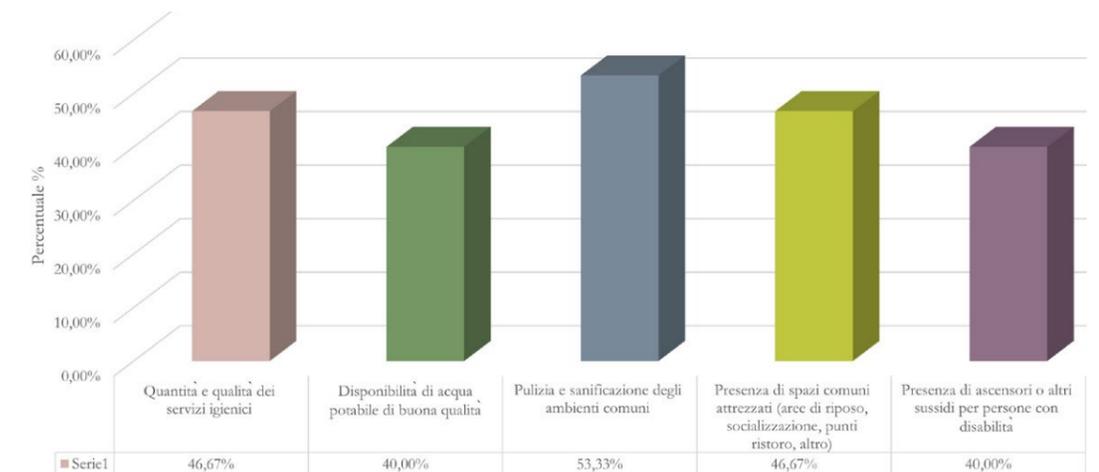


Grafico 14 - Domanda 27. Quali suggerimenti darebbe per migliorare comfort e fruibilità dell'ufficio?

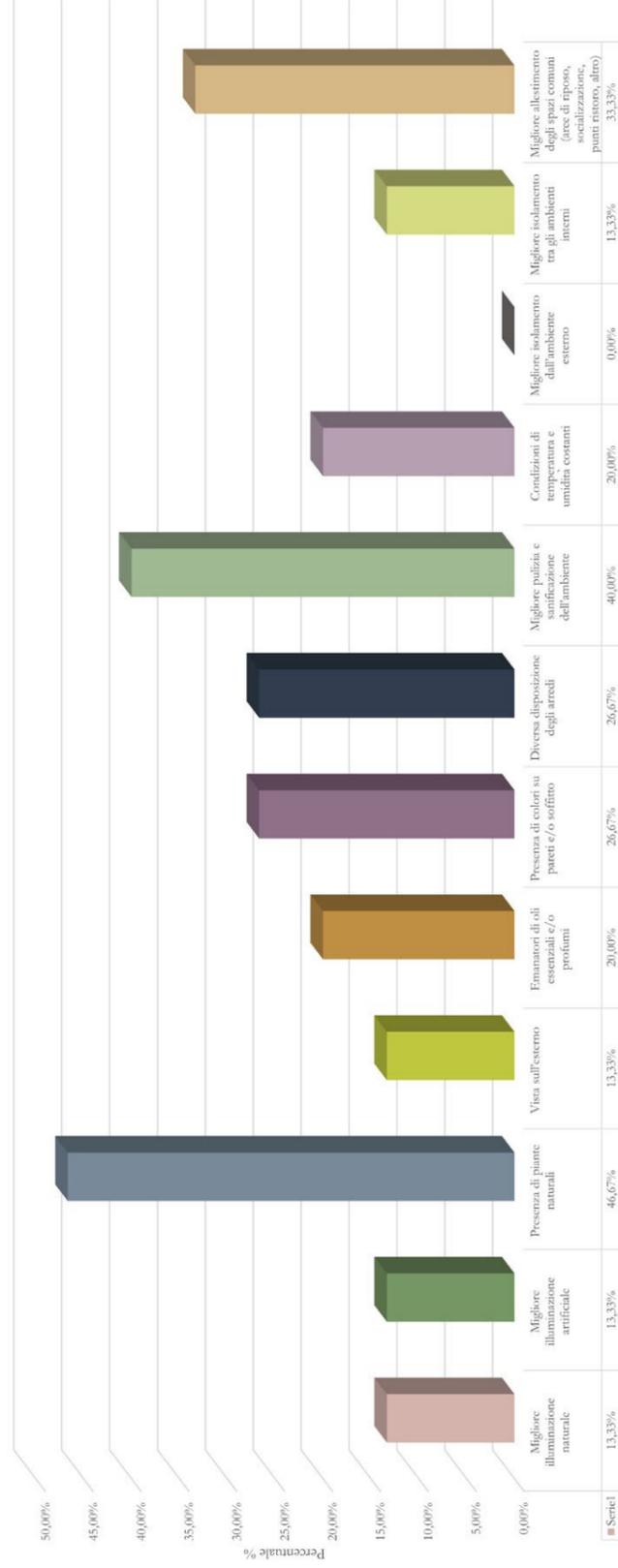


Grafico 15 - Domanda 28. Cosa vorrebbe per avere un ufficio più confortevole?

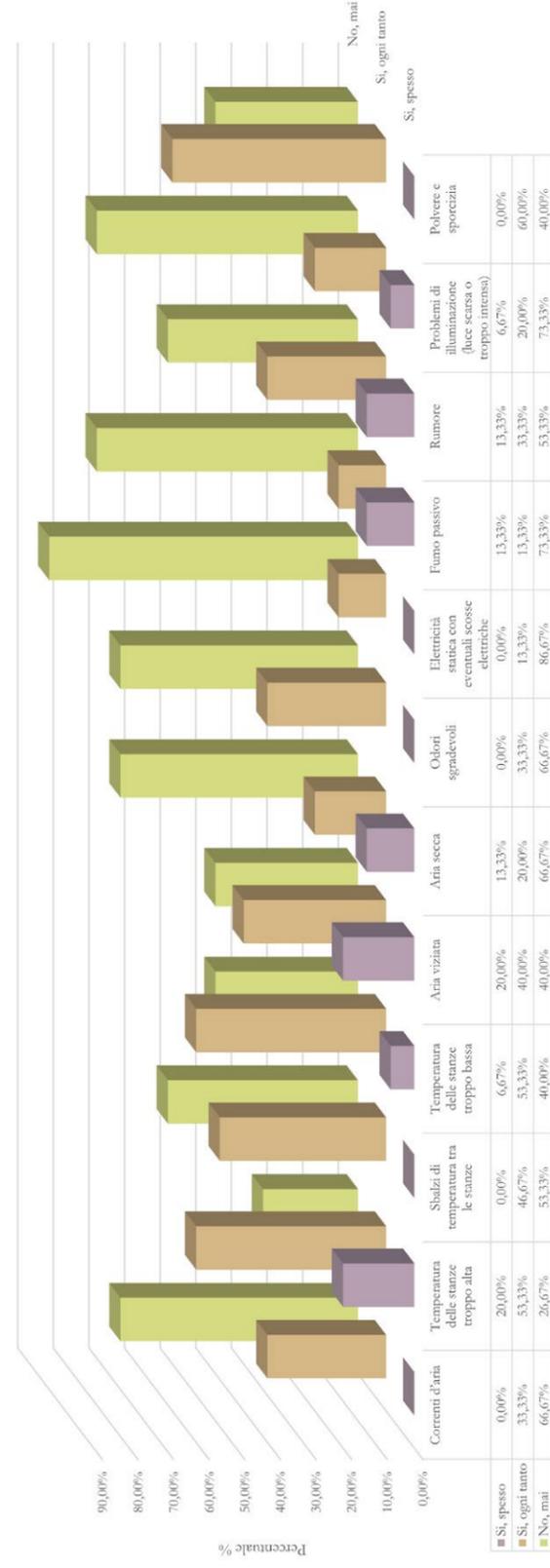
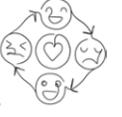


Grafico 16 - Domanda 29. È mai stato infastidito da uno dei seguenti fattori durante la permanenza nel suo ufficio?

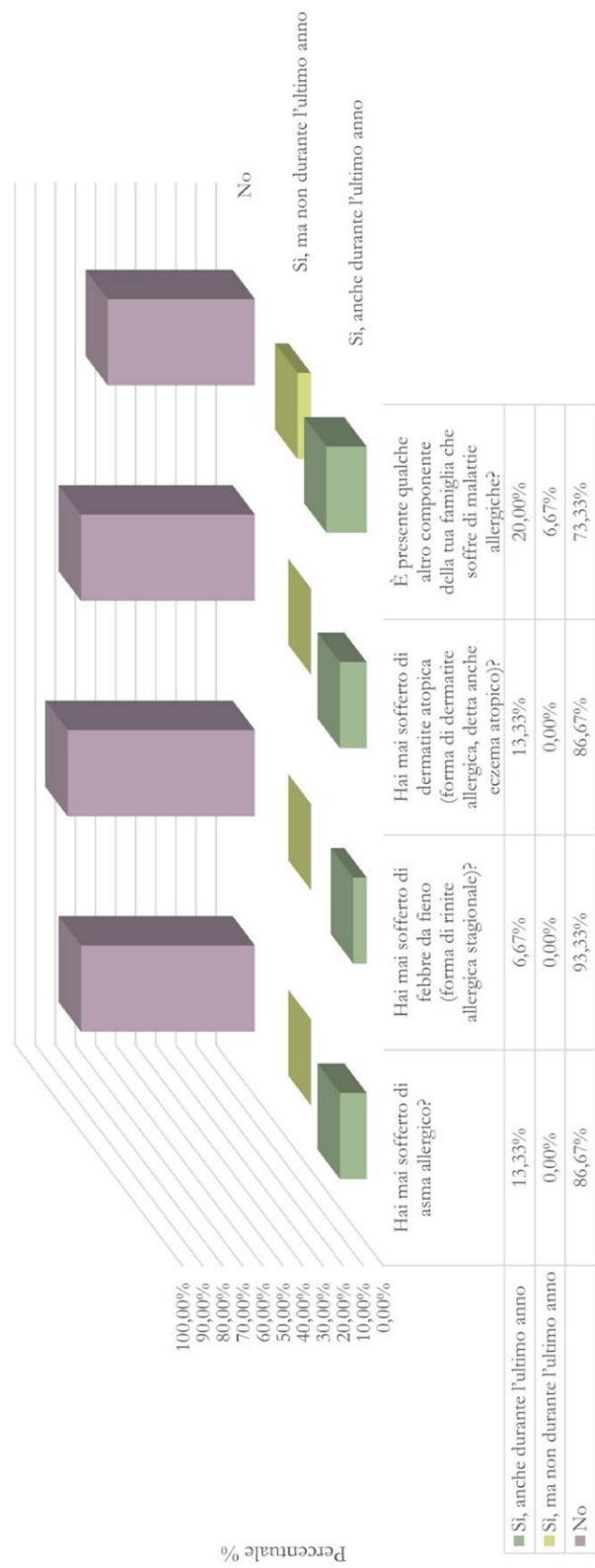


Grafico 17 - Domanda 30. Malattie allergiche

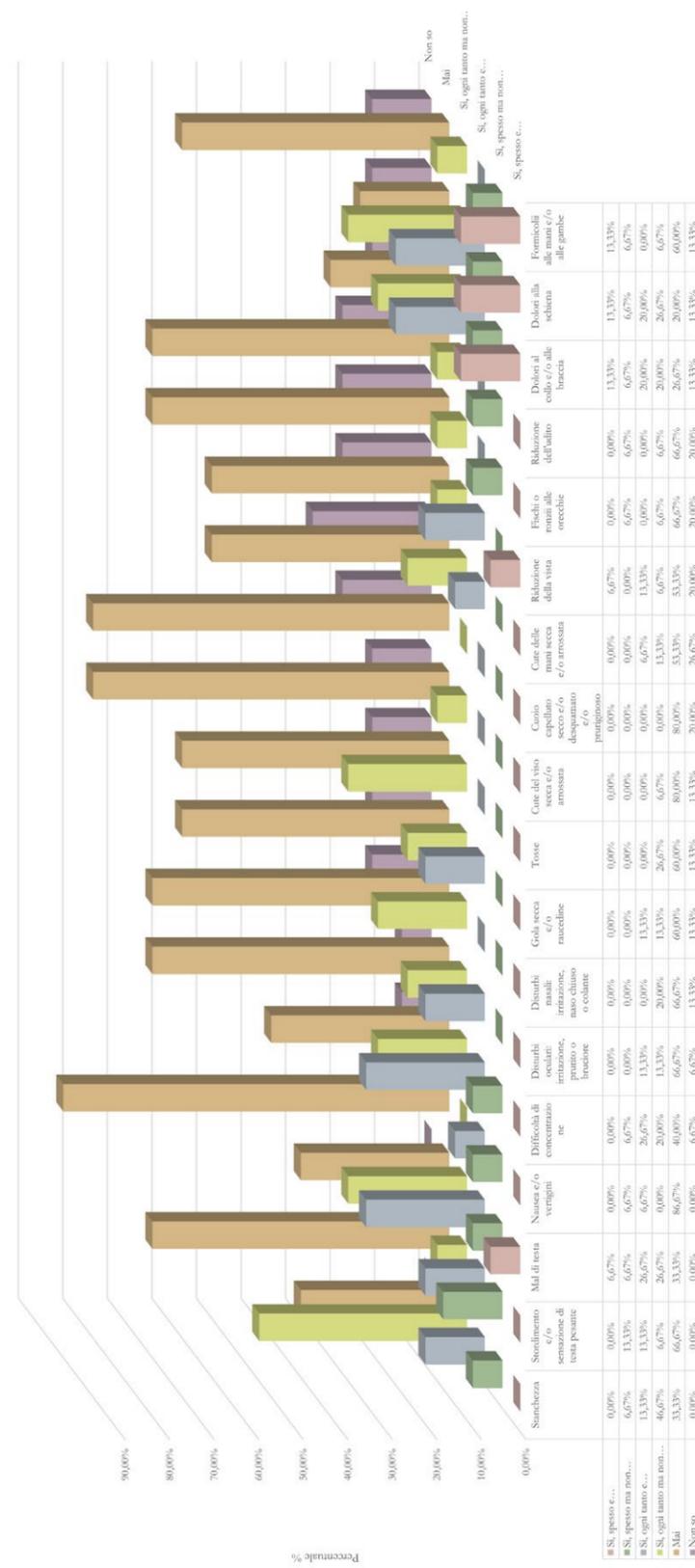
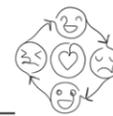


Grafico 18 - Domanda 31. Durante la permanenza nel suo ufficio le è capitato di accusare i seguenti sintomi e con quale frequenza?

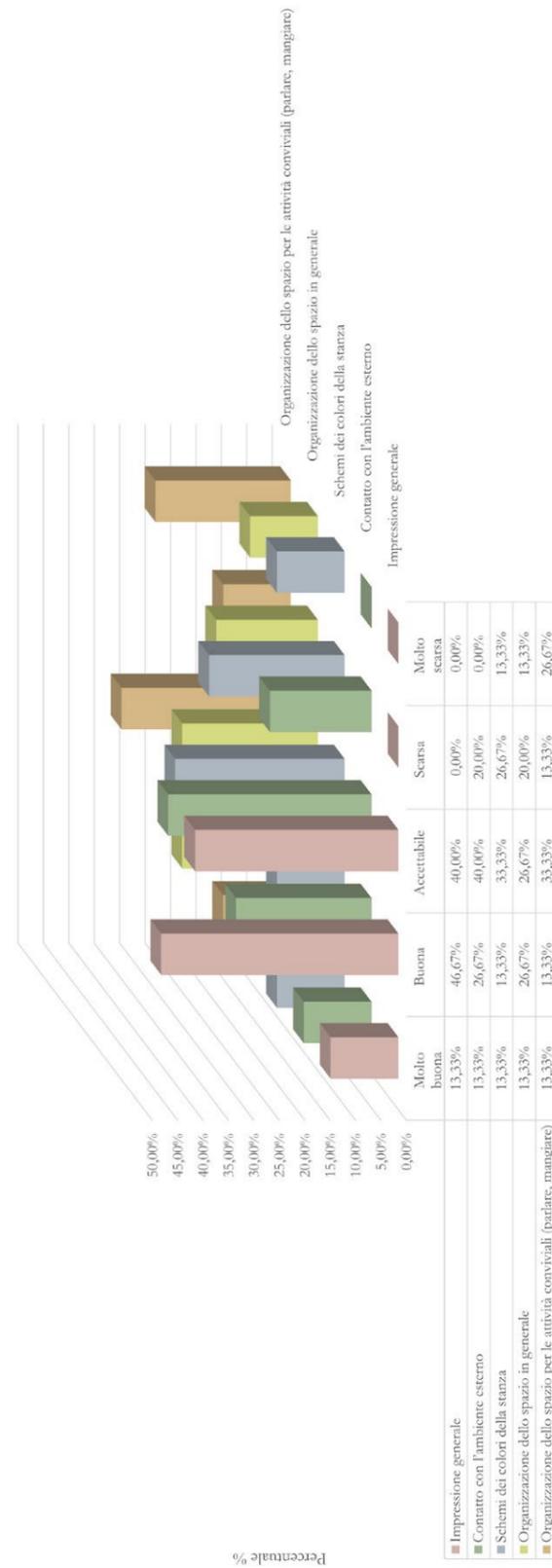


Grafico 19 - Domanda 33. Qual è la sua opinione sulla sua stanza d'ufficio in merito ai seguenti fattori

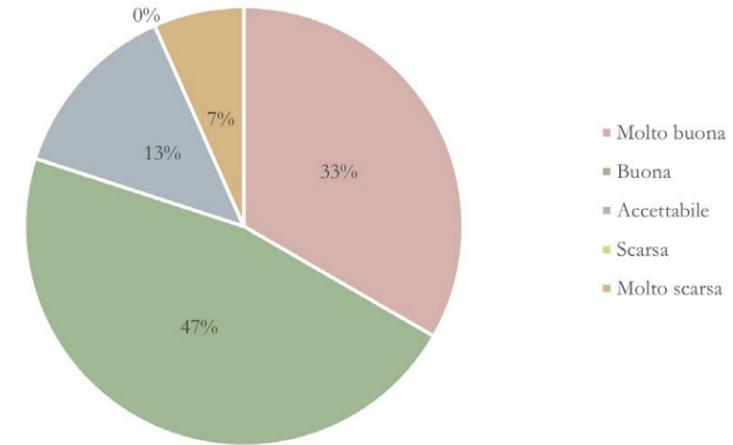
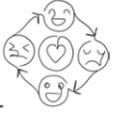


Grafico 20 - Domanda 34. Qual è la sua opinione sull'illuminazione naturale (luce diurna, sole) della sua stanza?

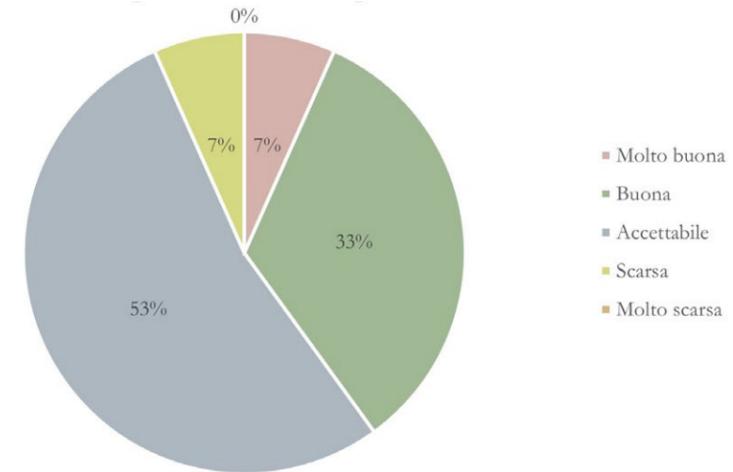


Grafico 21 - Domanda 36. Qual è la sua opinione sulla temperatura della sua stanza?

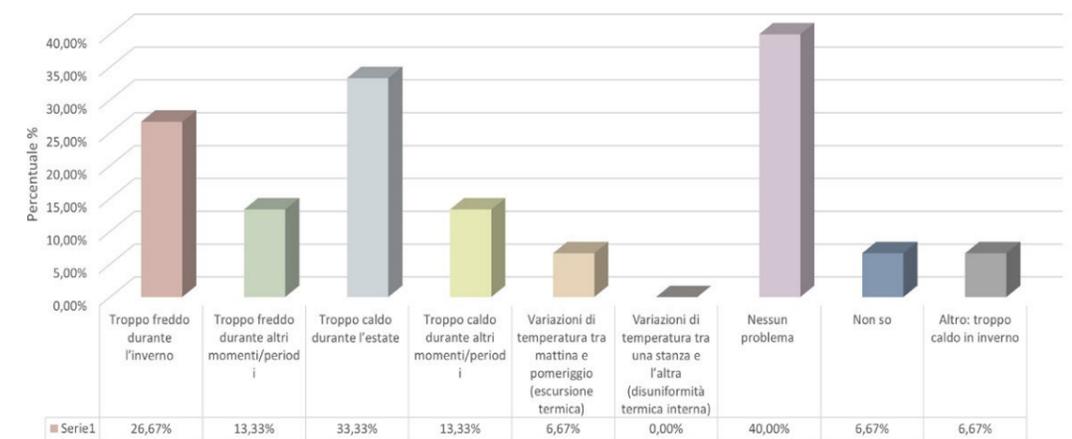


Grafico 22 - Domanda 37. Può indicare i problemi relativi alla temperatura della sua stanza

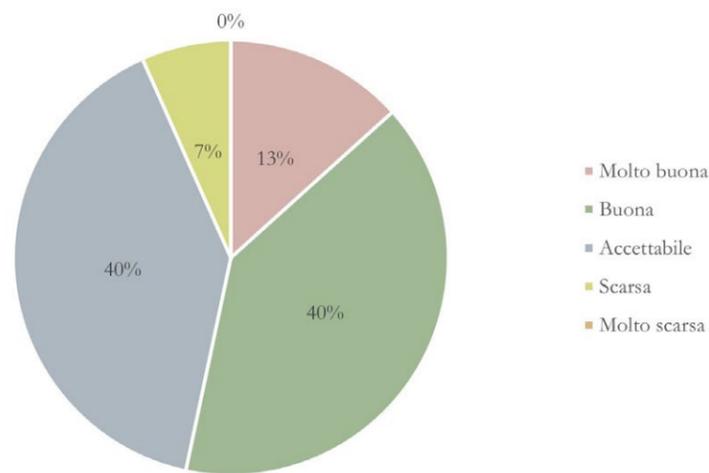


Grafico 23 - Domanda 38. Qual è la sua opinione sull'isolamento acustico (assenza di rumori provenienti dall'esterno) della sua stanza?

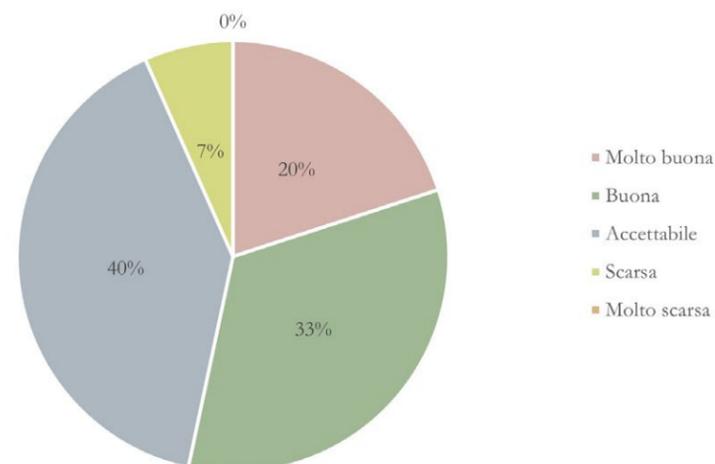


Grafico 24 - Domanda 39. Qual è la sua opinione sui rumori interni alla sua stanza?

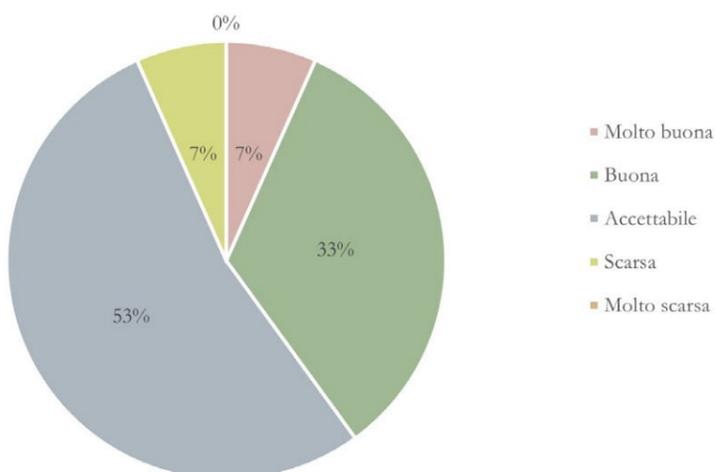


Grafico 25 - Domanda 41. Qual è la sua opinione sulla qualità dell'aria della sua stanza?

#### 4.4.



### Proposta di intervento/i e certificazione della qualità ambientale raggiunta

#### Nuove strategie riabilitative: ipotesi progettuali

Nel corso degli anni la casa è sempre stata vista come un prolungamento del nostro corpo, come un luogo in cui ricrearsi e rigenerarsi nell'attesa di affrontare nuovamente l'ambiente esterno; il luogo di lavoro invece, viene considerato un ambiente di passaggio giornaliero, spesso asettico e freddo, finalizzato alla produttività. A questo scopo questi spazi vengono progettati sulla base di alcuni *standard* dimensionali definiti per legge tra i quali i rapporti aeroilluminanti, le caratteristiche tecniche degli impianti tecnologici, le proprietà e le prestazioni dei materiali edili ecc.

Secondo le nuove teorie invece, che traggono ispirazione dai principi dell'architettura bioclimatica [189]–[192], la progettazione dei luoghi di lavoro deve considerare l'intera dimensione umana, ovvero l'interazione tra ambiente e fruitore nonché la sua evoluzione, per soddisfarne tutte le necessità biologiche.

L'ambiente di lavoro deve essere vissuto come una seconda casa, un luogo in cui l'attività produttiva del singolo per la collettività viene favorita e migliorata con uno spazio che soddisfi a pieno il benessere dello stesso. La possibilità, quindi, che proprio il "dentro" possa ancora costituire una minaccia è quasi inconcepibile. Il livello delle conoscenze a oggi raggiunto nel settore della qualità dell'aria consente di affermare che l'introduzione di nuove tecniche, nuovi materiali da costruzione, nuovi materiali sintetici per i rivestimenti e per l'isolamento, sia acustico che termico, abbia giocato un ruolo determinante nell'insorgere di tali problemi; si sa inoltre che anche alcuni materiali da costruzione tradizionali possono emettere sostanze inquinanti, talune anche radioattive (radon e suoi derivati): nel complesso, circa il 90% dei materiali utilizzati nell'edilizia e nell'arredamento presenta effetti inquinanti più o meno marcati. Oltre a ciò, dobbiamo ricordare che gli esseri umani con la loro semplice respirazione, con le loro abitudini igieniche, con pratiche di pulizia spesso inutilmente esagerate e con una sanificazione più presunta che reale degli ambienti e delle superfici, sono certamente da sommare all'elenco delle sorgenti inquinanti.

La qualità dell'aria interna è determinata da più fattori, oltre a quelli dovuti agli agenti



contaminanti interni, già descritti, in particolare aspetti microclimatici quali il cambiamento dei parametri ambientali come temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, che condizionano lo scambio termico tra individuo e ambiente. Altri fattori, indipendenti dalle condizioni indoor, sono quelli macroclimatici, l'altitudine e la latitudine del sito dove l'edificio insiste; infatti, per la progettazione di un fabbricato sono rilevanti il regime dei venti, delle precipitazioni atmosferiche, il soleggiamento, la pressione atmosferica, la flora e la fauna o il contesto urbano in cui è inserito. Tutti fattori che, se valutati nel loro insieme e presi in analisi, possono favorire il ricorso alle cosiddette tecniche "passive" e, combinando correttamente le caratteristiche di ciascuno di esse, favorire l'equilibrio tra ambiente naturale, ambiente costruito e abitante. Presi in considerazione tutti questi fattori e allo scopo di migliorare la qualità della prestazione dell'edificio in questione ammortizzando l'impatto sui rischi psicofisici dei lavoratori sono stati analizzati tre ambienti con caratteristiche differenti sotto il profilo dell'esposizione agli agenti atmosferici e con diversi livelli di fruibilità: il primo è situato al piano terra nell'angolo nord-est e gli altri due al primo piano nell'angolo nord-ovest.

Gli interventi proposti hanno come obiettivo prioritario il miglioramento del benessere e della produttività dei dipendenti:

- Qualità dell'aria/Ventilazione/Umidità: un sistema di ventilazione efficiente e la presenza di piante o aree verdi interne possono aiutare a mantenere la qualità dell'aria ottimale. Si prevede l'uso di pannelli composti da muschi e licheni stabilizzati (es. Olev, Heflomi, ecc.) [99], [100], [193], [194], oggetti di *design* prodotti con materiali a basso impatto inquinante e l'utilizzo di vernici (es. Arlite, Fassa Bortolo, ecc.) che catturano i componenti volatili [92]–[98]. Posizionare eventuali sistemi che permettono la neutralizzazione di carica dell'acqua per evitarne la risalita capillare, soprattutto nei sotterranei e al piano terra (es. CNT Domotry sistem) [125].
- Qualità acustica: il rumore eccessivo o la mancanza di isolamento acustico possono essere fonte di *stress* e disagio. D'altra parte, un ambiente troppo silenzioso può essere altrettanto fastidioso, poiché ogni suono anche piccolo diventa disturbante. Un buon bilanciamento acustico è fondamentale: nella proposta di progetto sono stati inseriti pannelli decorativi con particolari caratteristiche fonoassorbenti, realizzati con materiali naturali [195]–[198].
- Salute mentale: Arredamento e disposizione degli spazi, gli uffici con un arredamento ergonomico e flessibile permettono ai dipendenti di adattare gli spazi di lavoro alle proprie esigenze: nel caso specifico è stato previsto l'uso di pannelli divisorii modulabili ed ecosostenibili, che permettono di ricavare spazi più ampi per i momenti di condivisione. Sedie e scrivanie ergonomiche, sale *relax* e aree di socializzazione possono contribuire a ridurre lo *stress*, favorendo il *comfort* durante le pause [199]. L'edificio inoltre è privo di



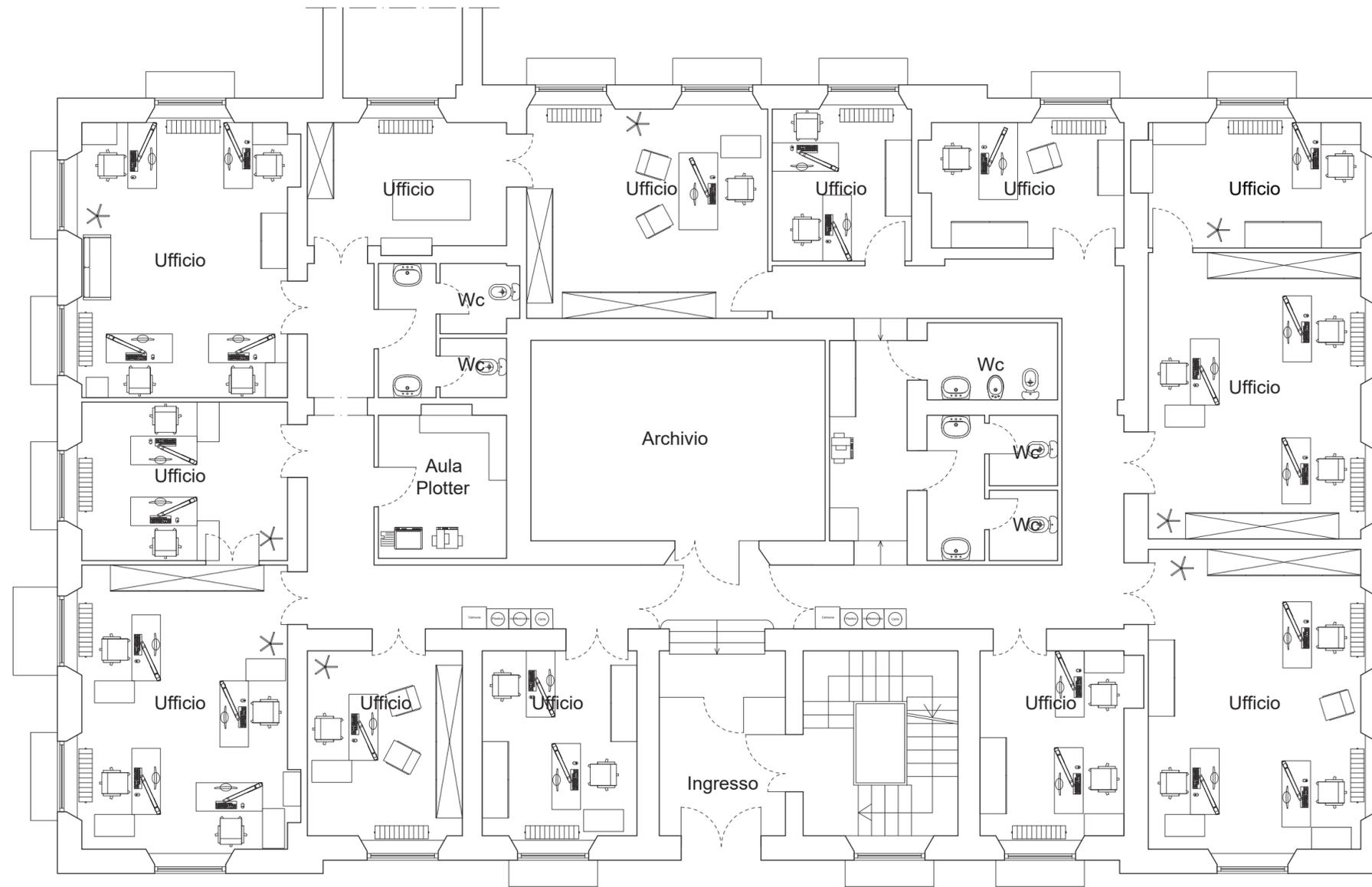
collegamenti verticali meccanizzati, per cui non è consentito non solo l'accesso al piano primo alle persone con disabilità, ma la medesima situazione si presenta per il piano terra, in quanto il piano di calpestio è situato al di sotto della quota d'ingresso di tre gradini. A tal proposito, quindi sarebbe opportuno introdurre un servo scala (per il dislivello al piano terra) e realizzare un ascensore per il collegamento al piano superiore.

- Qualità termo-igrometrica: un ambiente di lavoro con un sistema di climatizzazione adeguato è essenziale per mantenere una temperatura e un'umidità confortevole: a tale scopo è stato previsto un sistema di ventilazione forzata integrata con modalità di raffrescamento e riscaldamento, che preleva l'aria da trattare sia dall'esterno sia dall'interno, con installazione a pavimento.
- Qualità illuminotecnica: una adeguata illuminazione, sia naturale che artificiale, è fondamentale per ridurre l'affaticamento visivo e migliorare il *comfort* visivo complessivo (es. sistemi Vulox che seguono il ritmo circadiano). A questo proposito è stata migliorata la disposizione interna degli apparecchi e modificato il tipo di illuminazione (con intensità compresa tra i 300 Lux e i 500 Lux).
- Polveri e parassiti: un ambiente di lavoro ben organizzato e pulito contribuisce al *comfort* mentale dei dipendenti. Uno spazio ordinato riduce la confusione e facilita la concentrazione [200].

La necessità di far fronte agli elevati consumi e alla scarsa qualità ambientale che, molto



Figura 35 - Foto interni piano terra



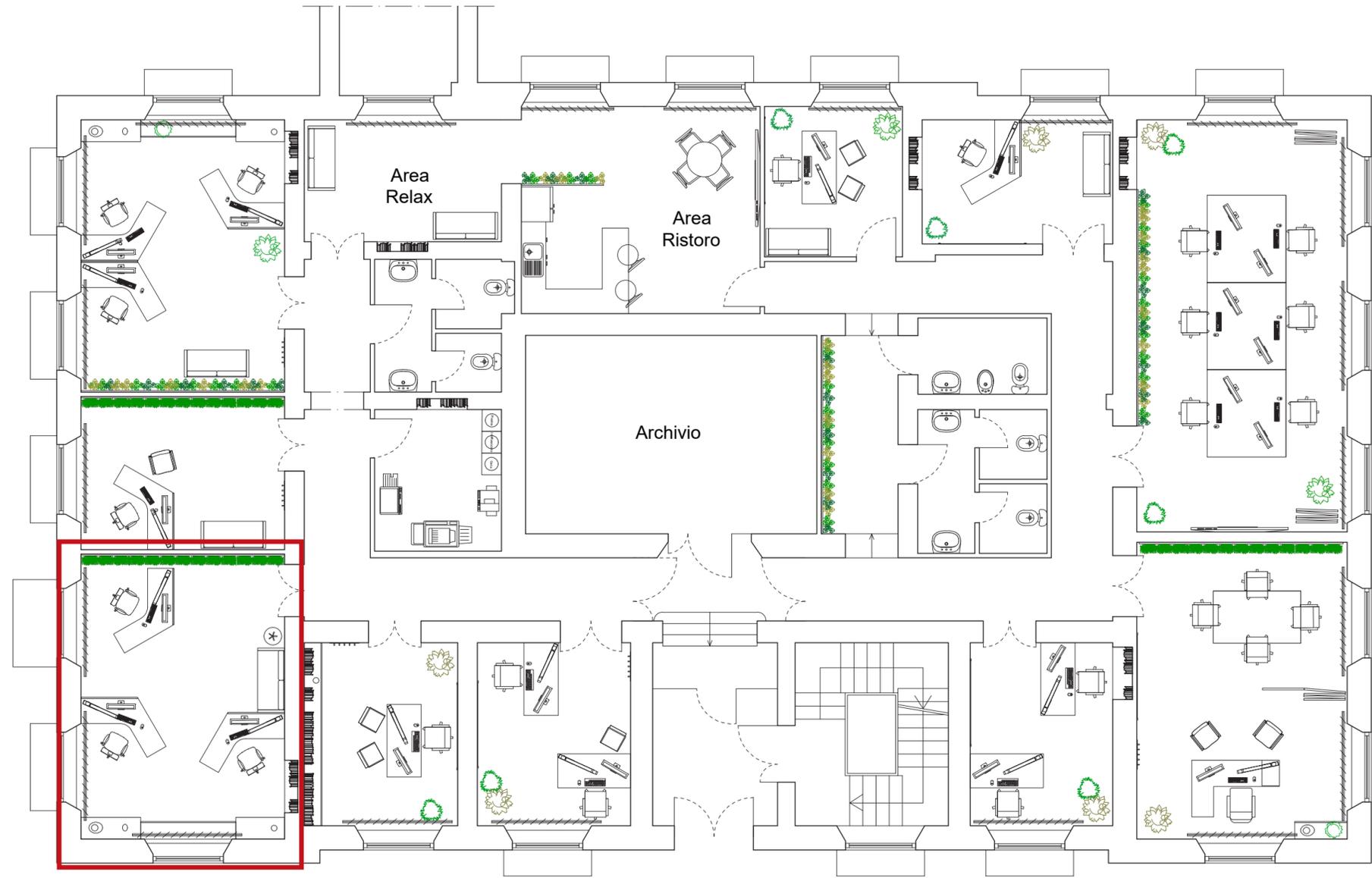
Pianta Piano Terra Arredi Stato di Fatto



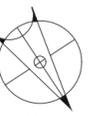
Nord



Figura 36 - In alto: Render con arredi stato di fatto; in basso Render proposta di intervento secondo i principi degli *Healthy Buildings* (stanza evidenziata in verde nell'elaborato grafico a destra)



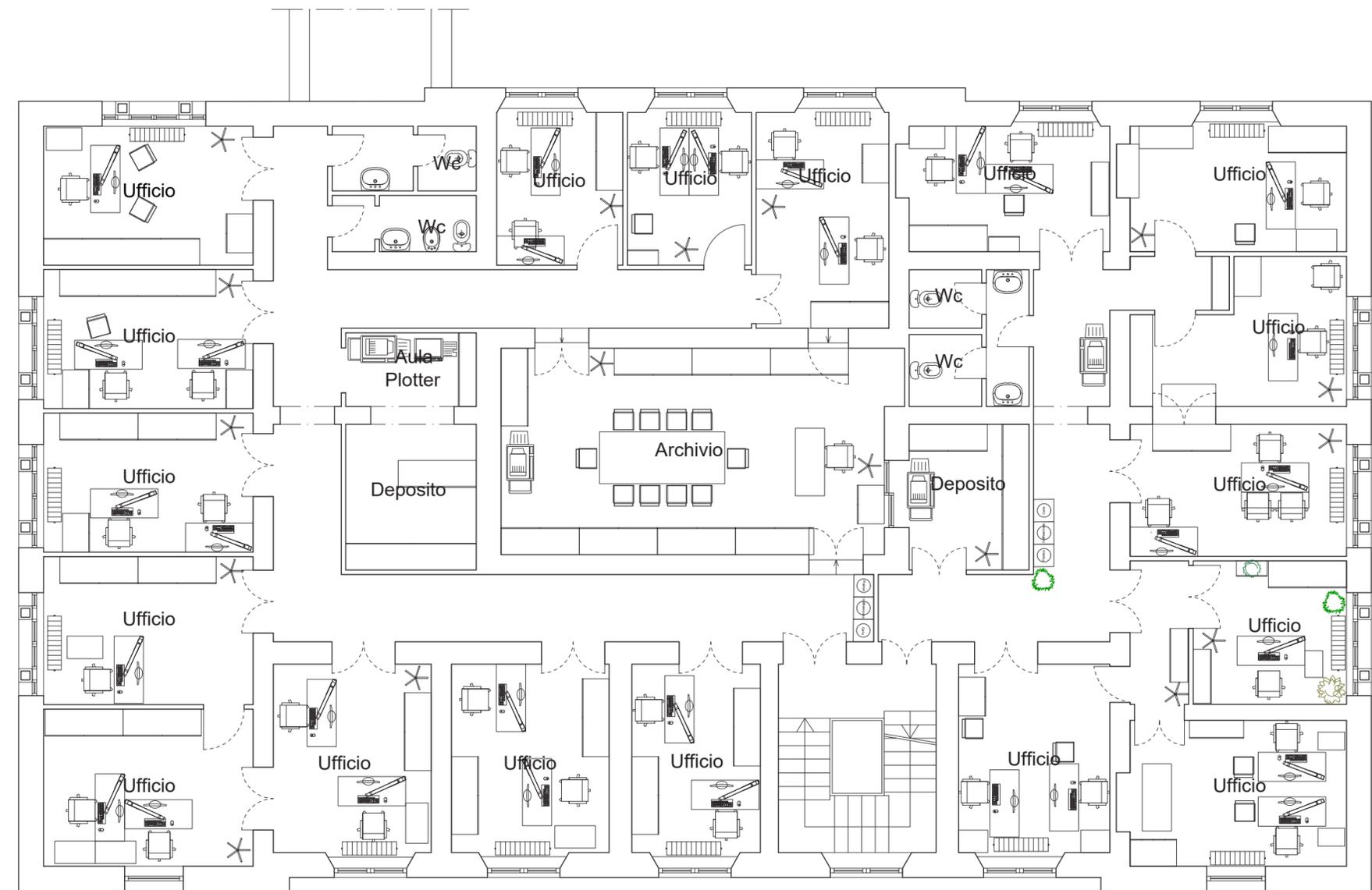
Pianta Piano Terra Proposta Arredi



Nord



Figura 37 - Foto interni piano primo



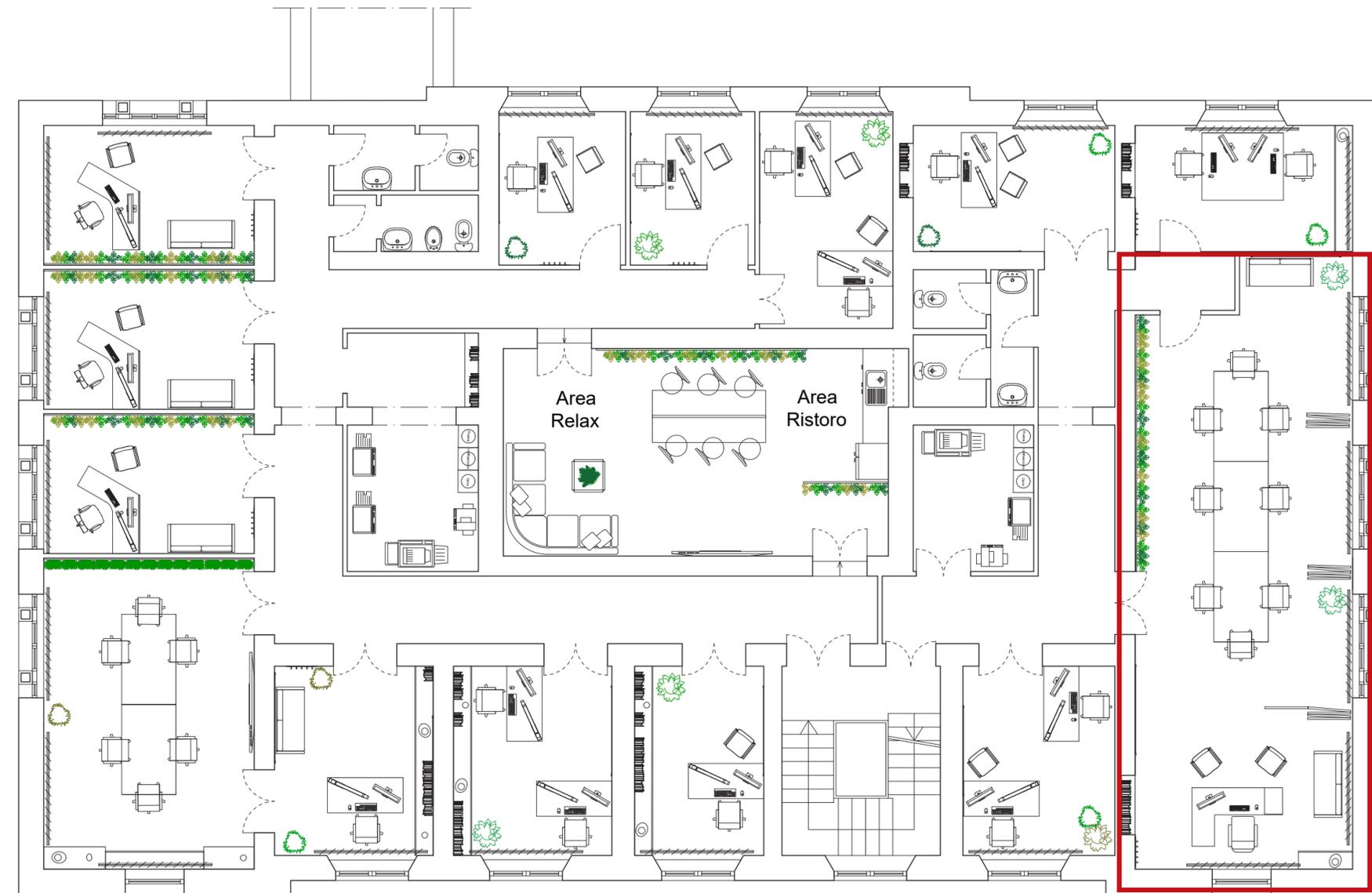
0 1 2 3m

Pianta Piano Primo Arredi Stato di Fatto





Figura 38 - In alto: Render con arredi stato di fatto; in basso Render proposta di intervento secondo i principi degli *Healthy Buildings* (stanza evidenziata in verde nell'elaborato grafico a destra)



Pianta Piano Primo Proposta Arredi



Nord



### Proposta certificazione GBC Historic Building

spesso, connotano il vasto patrimonio storico (con notevoli impatti sulla conservazione dei manufatti) impone, un cambiamento radicale nella concezione stessa degli interventi conservativi, considerando le azioni dedicate alla sostenibilità ambientale non più come un “atto di violenza” contro il patrimonio storico, ma, al contrario, come importanti ed efficaci forme di tutela. A tal proposito dopo un’attenta ricerca e analisi di numerose certificazioni, descritte e sintetizzate nel paragrafo 3.4., è stata scelta come certificazione più opportuna per testare la qualità dell’ex Istituto di Zoologia e di Anatomia e Fisiologia Comparete il protocollo GBC Historic Building.

L’analisi dei parametri progettuali è stata condotta tramite il manuale di GBC Historic Building, il regolamento di certificazione protocolli GBC Italia e la Check list per il restauro e la certificazione degli edifici storici, tutti presenti sul sito di GBC Italia, al fine di: elaborare la “Carta d’identità dell’edificio storico”, ritenuta fase fondamentale ed essenziale per ottemperare il primo requisito, obbligatorio, della categoria “Valenza Storica”, con l’obiettivo di conservare e tutelare l’architettura storica sottoposta ad intervento; raggiungere nella sezione “Qualità ambientale interna” le condizioni di salute e benessere le condizioni di salute e benessere per fornire agli occupanti un luogo di lavoro confortevole. Questi obiettivi consentono di rispettare gli ambienti storici e al tempo stesso, di raggiungere i massimi livelli di *comfort* e qualità dell’aria interna conseguibili, sfruttando al meglio il potenziale offerto dalle condizioni al contorno.

Di seguito sono descritte e riportate le varie categorie e i punteggi assegnati dal protocollo, così da stabilire quale livello di certificazione avrebbe raggiunto l’edificio in esame in due casi particolari:

1. Se l’edificio fosse stato sottoposto alla verifica prima dell’intervento di restauro, a cui recentemente è stato soggetto, senza tenere i presenti 9+3 fondamenti per un edificio sano.

2. Se l’edificio fosse stato sottoposto alla verifica prima dell’intervento di restauro, prendendo invece in considerazione i 9 fondamenti classici per un edificio sano. In questo caso bisogna tenere presente che il punteggio finale però non considera i 3 nuovi fondamenti proposti (nutrizione, salute mentale, fitness), poiché sono l’innovazione della presente ricerca e non sono contemplati nelle categorie della certificazione; quindi è possibile evidenziare che con la loro aggiunta il valore della certificazione da applicare sarebbe aumentato ulteriormente. Dando a questi 3 nuovi fondamenti un valore di carattere “premiale”, per i quali bisogna ancora stabilire degli eventuali punteggi, la certificazione avrebbe comunque un valore con



SI		?		NO		Valenza Storica		Punteggio massimo: 11/20	
SI		Prereq. 1		Indagini conoscitive preliminari				Obbligatorio	
2		Credito 1.1		Indagini conoscitive avanzate: indagini energetiche				1 - 3	
				Indagini di I livello				1	
				Indagini approfondite: termografia				2	
				Indagini approfondite: termografia e valutazione conduttanza termica in opera				3	
2		Credito 1.2		Indagini conoscitive avanzate: indagini diagnostiche su materiali e forme di degrado				2	
		0		Credito 1.3				1 - 3	
				Indagini diagnostiche sulle strutture e monitoraggio strutturale				1 - 2	
				Indagini diagnostiche e monitoraggio delle strutture				2 - 3	
2		Credito 2		Reversibilità dell’intervento conservativo				1 - 2	
		0		Credito 3.1				1 - 2	
				Compatibilità della destinazione d’uso e benefici insediativi				1 - 2	
2		Credito 3.2		Compatibilità chimico-fisica delle malte per il restauro				1 - 2	
				Valutazione di compatibilità con soddisfacimento dei requisiti fondamentali				1	
				Valutazione di compatibilità con soddisfacimento dei requisiti fondamentali e di almeno due requisiti complementari				2	
		0		Credito 3.3				2	
				Compatibilità strutturale rispetto alla struttura esistente				1	
1		Credito 4		Cantiere di restauro sostenibile				1	
2		Credito 5		Piano di manutenzione programmata				2	
		0		Credito 6				1	
				Specialista in beni architettonici e del paesaggio					
SI		?		NO		Sostenibilità del Sito		Punteggio massimo: 8/13	
SI		Prereq. 1		Prevenzione dell’inquinamento da attività di cantiere				Obbligatorio	
		0		Credito 1				2	
1		Credito 2.1		Trasporti alternativi: accesso ai trasporti pubblici				1	
1		Credito 2.2		Trasporti alternativi: portabiciclette e spogliatoi				1	
1		Credito 2.3		Trasporti alternativi: veicoli a bassa emissione e a carburante alternativo				1	
1		Credito 2.4		Trasporti alternativi: capacità dell’area di parcheggio				1	
2		Credito 3		Sviluppo del sito: recupero degli spazi aperti				2	
		0		Credito 4				2	
				Acque meteoriche: controllo della quantità e della qualità				2	
2		Credito 5		Effetto isola di calore: superfici esterne e coperture				2	
				Superfici esterne pavimentate				2	
				Coperture ad alta riflettanza				2	
				Tetti verdi				2	
				Combinazione di coperture ad alta riflettanza e tetti verdi				2	
		0		Credito 6				1	
				Riduzione inquinamento luminoso					
SI		?		NO		Gestione delle Acque		Punteggio massimo: 3/8	
SI		Prereq. 1		Riduzione dell’uso dell’acqua				Obbligatorio	
1		Credito 1		Riduzione dell’uso dell’acqua per usi esterni				1 - 3	
				Riduzione dei consumi del 50% per scopi irrigui oppure ornamentali				1	
				Riduzione dei consumi del 50% per scopi irrigui e ornamentali				2	
				Nessun utilizzo di acqua potabile per usi esterni e/o ornamentali				3	
2		Credito 2		Riduzione dell’uso dell’acqua				1 - 3	
		0		Credito 3				1 - 2	
				Contabilizzazione dell’acqua consumata				1	
				Interventi con presenza di più unità funzionali				1	
				Installazione di contatori per la misura dell’acqua				1	
SI		?		NO		Energia e Atmosfera		Punteggio massimo: 7/29	
SI		Prereq. 1		Commissioning di base dei sistemi energetici				Obbligatorio	
SI		Prereq. 2		Prestazioni energetiche minime				Obbligatorio	
SI		Prereq. 3		Gestione di base dei fluidi refrigeranti				Obbligatorio	
3		Credito 1		Ottimizzazione delle prestazioni energetiche				1 - 17	

SI		?		NO		Qualità ambientale Interna		Punteggio massimo: 1/16	
SI		Prereq. 1		Prestazioni minime per la qualità dell’aria (IAQ)				Obbligatorio	
SI		Prereq. 2		Controllo ambientale del fumo di tabacco				Obbligatorio	
		0		Credito 1				2	
		0		Credito 2				2	
		0		Credito 3.1				1	
		0		Credito 3.2				1	
		0		Credito 4.1				1	
		0		Credito 4.2				1	
		0		Credito 4.3				1	
		0		Credito 4.4				1	
1		Credito 5		Controllo delle fonti chimiche e inquinanti indoor				1	
		0		Credito 6.1				1	
		0		Credito 6.2				1	
		0		Credito 7.1				1	
		0		Credito 7.2				2	
SI		?		NO		Innovazione nella Progettazione		Punteggio massimo: 3/6	
3		Credito 1		Innovazione nella Progettazione				1 - 5	
		0		Credito 2				1	
				Professionista GBC HB AP					
SI		?		NO		Priorità Regionale		Punteggio massimo: 2/4	
2		Credito 1		Priorità Regionale				1 - 4	
41		Totale						Punteggio massimo: 41/110	

SI		?		NO		Energia e Atmosfera		Punteggio massimo: 7/29	
SI		Prereq. 1		Commissioning di base dei sistemi energetici				Obbligatorio	
SI		Prereq. 2		Prestazioni energetiche minime				Obbligatorio	
SI		Prereq. 3		Gestione di base dei fluidi refrigeranti				Obbligatorio	
3		Credito 1		Ottimizzazione delle prestazioni energetiche				1 - 17	

SI		?		NO		Materiali e Risorse		Punteggio massimo: 6/14	
SI		Prereq. 1		Raccolta e stoccaggio dei materiali riciclabili				Obbligatorio	
SI		Prereq. 2		Gestione dei rifiuti da demolizione e costruzione				Obbligatorio	
SI		Prereq. 3		Riutilizzo degli edifici				Obbligatorio	
		0		Credito 1				3	
		1		Credito 2				1 - 2	
				Riduzione del 75%				1	
				Riduzione del 95%				2	
		0		Credito 3				1 - 2	
				Riutilizzo dei materiali				1	
				Materiali riutilizzati per il 10%				1	
				Materiali riutilizzati per il 15%				2	
5		Credito 4		Ottimizzazione ambientale dei prodotti				1 - 5	
				Certificazioni di terza parte e impatti ambientali				2	
				Certificazione multicriterio				1 - 3	
		0		Credito 5				1 - 2	
				Materiali estratti, lavorati e prodotti a distanza limitata					

SI		?		NO		GBC Historic Building® - Edizione 2016		Punteggio massimo: 41/110	
41		Totale						Punteggio massimo: 41/110	
GBC Historic Building® - Edizione 2016									
100 punti base; 10 punti possibili per Innovazione nella Progettazione e Priorità Regionale									
Base 40 - 49 punti    Argento 50 - 59 punti    Oro 60 - 79 punti    Platino 80 e oltre									

Figura 39 - Check list per certificazione base



peso importante, ma un carattere tecnico più completo dovuto agli eventuali premi nei 3 fondamenti.

### Caso 1

Nella sezione “Valenza storica” è stato ottenuto un punteggio totale di 11/20, è stata data una rilevante importanza: alla conoscenza dei materiali e alle forme di degrado, attraverso l’individuazione delle principali cause dei processi di deterioramento, anche al fine di migliorare la durata nel tempo degli interventi progettuali; al contenimento degli effetti negativi generati dal cantiere, con l’adozione di strategie a ridotto uso di risorse non rinnovabili durante le fasi di lavoro; alla programmazione del piano di manutenzione

Per quanto riguarda la “Sostenibilità del sito” è stato raggiunto un punteggio di 8/13 si è puntato sugli aspetti ambientali legati: al contesto, così da incentivare e potenziare l’uso di trasporti alternativi; al recupero degli spazi aperti e la riduzione degli effetti dell’isola di calore locale con la realizzazione di alberature con elevata capacità di ombreggiamento, sempre verdi, con fogliame importante per l’intensità e dimensione e in fine con la gestione dei flussi di ventilazione urbana.

Nella categoria “Gestione delle acque” è stato ottenuto un punteggio di 3/8 si è pensato di ridurre i consumi d’acqua.

Nell’“Energia e Atmosfera” è stato assegnato un punteggio di 7/29, con dei riguardi sull’ottimizzazione delle prestazioni energetiche; sulla gestione avanzata dei fluidi refrigeranti e sulle misure di collaudo.

Per “Materiali e Risorse” è stato dato 6/14, si è prestato attenzione alla gestione dei rifiuti da demolizione e costruzione e all’uso di prodotti certificati.

Nella categoria “Qualità ambientale interna” è stato assegnato 1/16 unico punto per il controllo delle fonti chimiche e inquinanti indoor.

Alla categoria “Innovazione nella Progettazione” è stato assegnato 3/6, per l’approccio e l’analisi utilizzati per la valutazione dell’intera struttura.

In fine l’ultimo punto, “Priorità regionale” ottiene 2 punti.

Come totale l’edificio avrebbe ottenuto un punteggio di 41 punti e l’assegnazione della certificazione Base.



GBC HISTORIC BUILDING® - CHECK LIST									
Per il restauro e la riqualificazione degli edifici storici									
<b>Valenza Storica</b> Punteggio massimo: 12/20									
SI	?	NO	Prereq. 1	Indagini conoscitive preliminari	Obbligatorio				
2			Credito 1.1	Indagini conoscitive avanzate: indagini energetiche	1 - 3	6		Credito 2	Energie rinnovabili
				Indagini di I livello	1				1 - 6
				Indagini approfondite: termografia	2	1		Credito 3	Commissioning avanzato dei sistemi energetici
				Indagini approfondite: termografia e valutazione conduttanza termica in opera	3	3		Credito 4	Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti
2			Credito 1.2	Indagini conoscitive avanzate: indagini diagnostiche su materiali e forme di degrado	2			Credito 5	Misure e collaudi
		0	Credito 1.3	Indagini conoscitive avanzate: indagini diagnostiche sulle strutture e monitoraggio strutturale	1 - 3			<b>Materiali e Risorse</b> Punteggio massimo: 6/14	
				Indagini diagnostiche sulle strutture	1 - 2			SI	Prereq. 1
				Indagini diagnostiche e monitoraggio delle strutture	2 - 3			SI	Prereq. 2
2			Credito 2	Reversibilità dell'intervento conservativo	1 - 2			SI	Prereq. 3
		0	Credito 3.1	Compatibilità della destinazione d'uso e benefici insediativi	1 - 2				Credito 1
2			Credito 3.2	Compatibilità chimico-fisica delle malte per il restauro	1 - 2				Credito 2
				Valutazione di compatibilità con soddisfacimento dei requisiti fondamentali	1				Riduzione del 75%
				Valutazione di compatibilità con soddisfacimento dei requisiti fondamentali e di almeno due requisiti complementari	2				Riduzione del 95%
		0	Credito 3.3	Compatibilità strutturale rispetto alla struttura esistente	2				Credito 3
1			Credito 4	Cantiere di restauro sostenibile	1				Riutilizzo dei materiali
2			Credito 5	Piano di manutenzione programmata	2				Materiali riutilizzati per il 10%
1			Credito 6	Specialista in beni architettonici e del paesaggio	1				Materiali riutilizzati per il 15%
<b>Sostenibilità del Sito</b> Punteggio massimo: 8/13									
SI	?	NO	Prereq. 1	Prevenzione dell'inquinamento da attività di cantiere	Obbligatorio				
		0	Credito 1	Recupero e riqualificazione dei siti degradati	2				
1			Credito 2.1	Trasporti alternativi: accesso ai trasporti pubblici	1				
1			Credito 2.2	Trasporti alternativi: portabiciclette e spogliatoi	1				
1			Credito 2.3	Trasporti alternativi: veicoli a bassa emissione e a carburante alternativo	1				
1			Credito 2.4	Trasporti alternativi: capacità dell'area di parcheggio	1				
2			Credito 3	Sviluppo del sito: recupero degli spazi aperti	2				
		0	Credito 4	Acque meteoriche: controllo della quantità e della qualità	2				
2			Credito 5	Effetto isola di calore: superfici esterne e coperture	2				
				Superfici esterne pavimentate	2				
				Coperture ad alta riflettanza	2				
				Tetti verdi	2				
				Combinazione di coperture ad alta riflettanza e tetti verdi	2				
		0	Credito 6	Riduzione inquinamento luminoso	1				
<b>Gestione delle Acque</b> Punteggio massimo: 6/8									
SI	?	NO	Prereq. 1	Riduzione dell'uso dell'acqua	Obbligatorio				
1			Credito 1	Riduzione dell'uso dell'acqua per usi esterni	1 - 3				
				Riduzione dei consumi del 50% per scopi irrigui oppure ornamentali	1				
				Riduzione dei consumi del 50% per scopi irrigui e ornamentali	2				
				Nessun utilizzo di acqua potabile per usi esterni e/o ornamentali	3				
3			Credito 2	Riduzione dell'uso dell'acqua	1 - 3				
2			Credito 3	Contabilizzazione dell'acqua consumata	1 - 2				
				Interventi con presenza di più unità funzionali	1				
				Installazione di contatori per la misura dell'acqua	1				
<b>Energia e Atmosfera</b> Punteggio massimo: 15/29									
SI	?	NO	Prereq. 1	Commissioning di base dei sistemi energetici	Obbligatorio				
SI	?	NO	Prereq. 2	Prestazioni energetiche minime	Obbligatorio				
SI	?	NO	Prereq. 3	Gestione di base dei fluidi refrigeranti	Obbligatorio				
3			Credito 1	Ottimizzazione delle prestazioni energetiche	1 - 17				
<b>Qualità ambientale Interna</b> Punteggio massimo: 13/16									
SI	?	NO	Prereq. 1	Prestazioni minime per la qualità dell'aria (IAQ)	Obbligatorio				
SI	?	NO	Prereq. 2	Controllo ambientale del fumo di tabacco	Obbligatorio				
2			Credito 1	Monitoraggio dell'aria ambiente	2				
1			Credito 2	Valutazione della portata minima di aria esterna	2				
1			Credito 3.1	Piano di gestione della qualità dell'aria indoor: fase di cantiere	1				
1			Credito 3.2	Piano di gestione della qualità dell'aria indoor: prima dell'occupazione	1				
1			Credito 4.1	Materiali basso emissivi: adesivi e sigillanti, materiali cementizi e finiture per il legno	1				
1			Credito 4.2	Materiali basso emissivi: vernici e rivestimenti	1				
		0	Credito 4.3	Materiali basso emissivi: pavimentazioni	1				
		0	Credito 4.4	Materiali basso emissivi: prodotti in legno composito e fibre vegetali	1				
1			Credito 5	Controllo delle fonti chimiche e inquinanti indoor	1				
1			Credito 6.1	Controllo e gestione degli impianti: illuminazione	1				
1			Credito 6.2	Controllo e gestione degli impianti: comfort termico	1				
1			Credito 7.1	Comfort termico: progettazione	1				
2			Credito 7.2	Comfort termico: verifica	2				
<b>Innovazione nella Progettazione</b> Punteggio massimo: 3/6									
3			Credito 1	Innovazione nella Progettazione	1 - 5				
		0	Credito 2	Professionalista GBC HB AP	1				
<b>Priorità Regionale</b> Punteggio massimo: 4/4									
4			Credito 1	Priorità Regionale	1 - 4				
<b>Totale</b> Punteggio massimo: 67/110									
<b>GBC Historic Building® - Edizione 2016</b>									
100 punti base; 10 punti possibili per Innovazione nella Progettazione e Priorità Regionale									
Base 40 - 49 punti    Argento 50 - 59 punti    Oro 60 - 79 punti    Platino 80 e oltre									

Figura 40 - Check list per certificazione oro



## Caso 2

Nella sezione “Valenza storica” è stato aumentato il punteggio a un totale di 12/20, è stata data una rilevante importanza all’inserimento nel *team* di un esperto in beni architettonici.

Per quanto riguarda la “Sostenibilità del sito” è stato mantenuto un punteggio di 8/13.

Nella categoria “Gestione delle acque” è stato ottenuto un punteggio di 6/8 e, si è pensato, oltre a ridurre i consumi, di contabilizzarli attraverso l’installazione di appositi contatori.

Nell’“Energia e Atmosfera” è stato assegnato un punteggio di 15/29, con dei riguardi: sull’ottimizzazione delle prestazioni energetiche; sull’energie rinnovabili, proponendo un impianto fotovoltaico con moduli in silicio monocristallino dalla potenza singola di 0,5 kWp, 2094x1134x35 mm, composto da 30 moduli inclinati di 31° e orientati verso sud, che permettono di generare una potenza totale di 15kWp (vedi figura 42: stima rendimento energetico fotovoltaico)[201], [202]; sul *commissioning*<sup>43</sup> avanzato dei sistemi energetici; sulla gestione avanzata dei fluidi refrigeranti e sulle misure di collaudo.

Per “Materiali e Risorse” anche in questo caso è stato mantenuto un punteggio di 6/14.

Nella categoria “Qualità ambientale interna”, invece il punteggio è salito a 13/16, e tutte le voci che riguardano i fondamenti degli *Healthy Buildings* hanno ottenuto il punteggio massimo così da garantire un elevato *comfort* interno. Per esempio, per quanto concerne la qualità dell’aria interna, si propone un impianto di climatizzazione ad aria primaria e dei ventilconvettori, provvisti di ricambi per la salubrità degli ambienti. Per la ventilazione, invece, sono stati pensati degli impianti con filtri ad alta capacità filtrante così da permettere un ricircolo d’aria più efficace. Nei criteri riguardanti l’uso di “materiali basso emissivi” (crediti 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4) sono stati assegnati 2 punti su 4 poiché si è proposto l’utilizzo di materiali edili (adesivi, sigillanti, materiali cementizi, finiture, vernici, rivestimenti e pitture) scelti evitando l’utilizzo di prodotti chimici che possano e mettere quantità rilevanti di sostanze aeriformi inodori ma al contempo nocive come i VOC. Non si è ottenuto il punteggio massimo perché non era previsto un restauro delle pavimentazioni o di materiale in legno.

Si propone inoltre, durante le attività di restauro, un piano per la qualità dell’aria interna ponendo particolare attenzione a fonti di inquinamento interno dovute al processo dei lavori, così da garantire la salute degli installatori, la pulizia interna del cantiere e la protezione dei materiali da umidità ed eventuali contaminazioni.

<sup>43</sup> Termine utilizzato dalle certificazioni GBC Italia e LEED per indicare l’insieme di procedure, responsabilità e metodi per far progredire un sistema, dalla fase di installazione al pieno funzionamento in conformità con l’intento progettuale.



Alla categoria “Innovazione nella Progettazione” rimane 3/6.

In fine l’ultimo punto, “Priorità regionale” ottiene 4 punti, poiché nelle precedenti categorie recupera dei punti.

Nel complesso l’edificio avrebbe ottenuto una certificazione oro con punteggio 67/110, dove 19/24 riguardano soltanto i fondamenti degli *Healthy Buildings*.

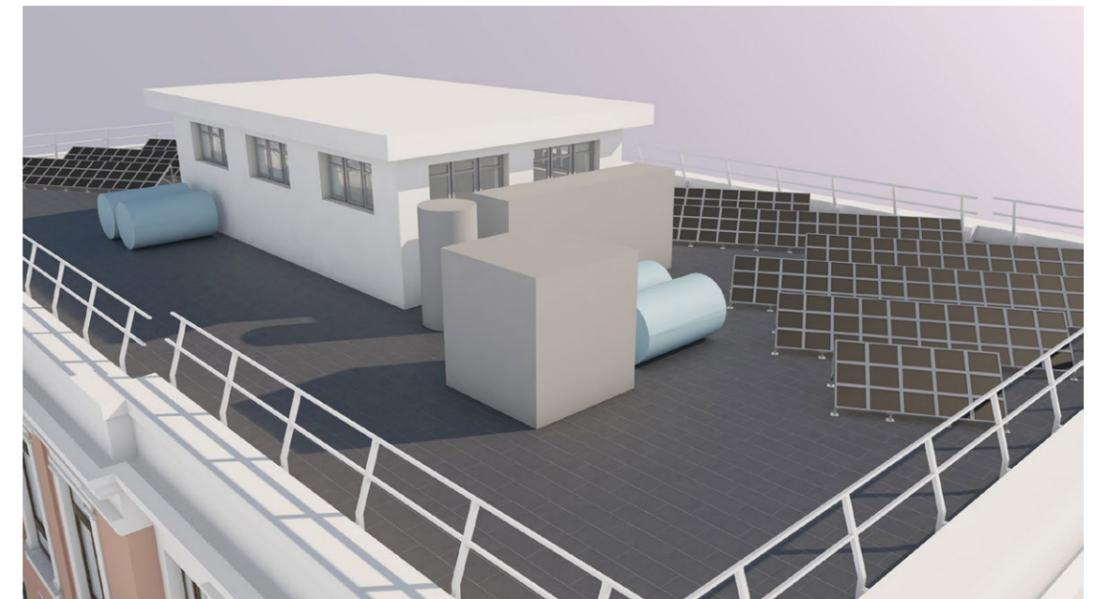


Figura 41 - Render della proposta di un impianto fotovoltaico

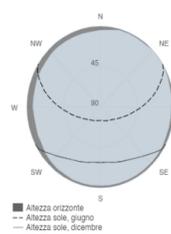


PVGIS-5 stima del rendimento energetico FV:

**Valori inseriti:**  
 Latitudine/Longitudine: 38.190,15.553  
 Orizzonte: Calcolato  
 Database solare: PVGIS-SARAH2  
 Tecnologia FV: Silicio cristallino  
 FV installato: 15 kWp  
 Perdite di sistema: 14 %

**Output del calcolo**  
 Angolo inclinazione: 31 °  
 Angolo orientamento: 0 °  
 Produzione annuale FV: 21524.31 kWh  
 Irraggiamento annuale: 1912.02 kWh/m<sup>2</sup>  
 Variazione interannuale: 690.00 kWh  
 Variazione di produzione a causa di:  
 Angolo d'incidenza: -2.68 %  
 Effetti spettrali: 0.74 %  
 Temperatura e irradianza bassa: -10.99 %  
 Perdite totali: -24.95 %

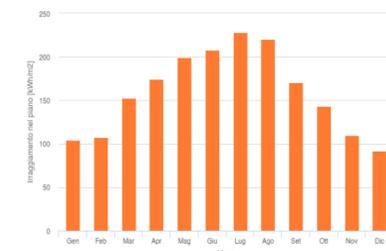
Grafico dell'orizzonte al luogo scelto:



Energia prodotta dal sistema FV fisso:



Irraggiamento mensile sul piano fisso:



Energia FV ed irraggiamento mensile

Mese	E_m	H(i)_m	SD_m
Gen	1238.3	104.0	175.8
Feb	1273.8	107.8	179.6
Mar	1770.9	153.0	177.1
Apr	1990.6	174.7	147.4
Maggio	2240.0	199.6	147.1
Giugno	2284.4	208.0	107.4
Luglio	2470.0	228.0	52.8
Agosto	2386.1	220.6	134.4
Settembre	1878.4	170.9	127.2
Ottobre	1616.2	143.4	178.7
Novembre	1273.6	110.1	114.1
Dicembre	1101.9	91.9	128.3

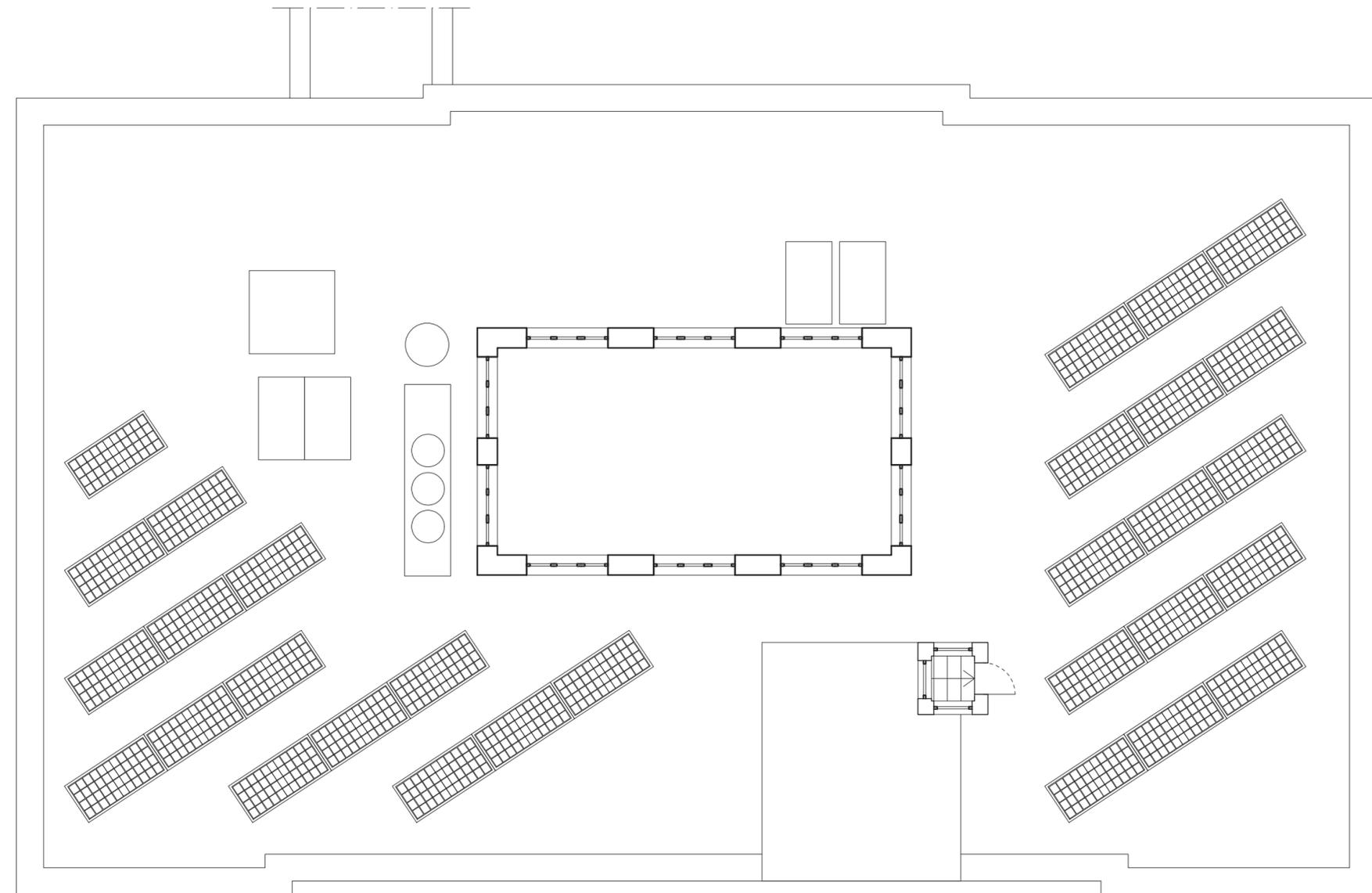
E\_m: Media mensile del rendimento energetico dal sistema definito [kWh].  
 H(i)\_m: Media mensile di irraggiamento al metro quadro sui moduli del sistem scelto [kWh/m<sup>2</sup>].  
 SD\_m: Variazione standard del rendimento mensile di anno in anno [kWh].

La Commissione europea garantisce questo sito per offrire al pubblico un sito aperto accessibile alle informazioni sulle sue iniziative e la politica dell'Unione europea in generale. L'Unione è autorizzata a pubblicare e a diffondere le informazioni e a riprodurle. Qualsiasi errore di stampa o di altra informazione sarà considerato come un errore di stampa. La Commissione europea, tuttavia, non è responsabile per quanto riguarda le informazioni ottenute consultando questo sito.

PVGIS ©Unione Europea, 2001-2023.  
 Reproductions is authorised, provided the source is acknowledged, save where otherwise stated.  
 Rapporto generato il 2023/07/27



Figura 42 - Stima rendimento energetico fotovoltaico (proposta)



Pianta Piano Copertura Proposta Posizionamento Fotovoltaico





5

*CONCLUSIONI*

*“The more that you read, the more things you will know.  
The more that you learn, the more places you’ll go.”  
Theodor Seuss Geisel (Dr. Seuss)*





## Conclusioni

Il lavoro presentato in questa dissertazione ha avuto come obiettivo principale quello di individuare, dopo aver analizzato la letteratura tecnica, i principali protocolli e gli attuali 9 “fondamenti” dell’*Healthy Building*, nuovi criteri per la certificazione di edifici esistenti che tengano in conto anche aspetti del benessere fisico e psichico degli occupanti e di testare tali criteri su un caso studio. È apparso opportuno soffermarsi sulle certificazioni in ambito nazionale e internazionale al fine di rintracciare le caratteristiche da mantenere e da implementare per la formulazione di una valutazione *post* occupativa, è stato quindi ideato e proposto un sondaggio dedicato agli edifici pubblici (ma plasmabile per eventuali altre applicazioni) con riferimento ai 9 “fondamenti” classici (qualità dell’aria, ventilazione, umidità, qualità illuminotecnica, qualità termo-igrometrica, qualità acustica, qualità dell’acqua, polveri e parassiti, sicurezza e protezione) ai quali ne sono stati aggiunti altri tre individuati durante l’elaborazione della tesi (salute mentale, nutrizione e fitness), che possono permettere di valutare a 360° il *comfort* ambientale interno degli utenti. In funzione dei risultati ottenuti è stata proposta una fase sperimentativa e relativa certificazione applicata ad un edificio per uffici, classificabile come storico e adeguato di recente, di proprietà dell’Ateneo di Messina.

Tenendo conto che le indagini attraverso l’utilizzo di sondaggi sugli occupanti continuano a essere un metodo efficace per valutare le prestazioni degli edifici e degli ambienti interni, il lavoro si è anche focalizzato sulla progettazione e validazione della *toolbox*, al fine di dimostrare la fattibilità nell’applicazione in un sondaggio *post* occupativo basato sui fondamenti per un *Healthy Building* e per testare l’efficacia sulla possibile certificazione futura.

In particolare, le indicazioni ottenute dai questionari sono state significative per definire e ordinare le azioni di miglioramento negli edifici, per restituire *feedback* importanti ai costruttori e progettisti, ma anche agli stessi occupanti, e per fornire linee guida e indicazioni per migliorare la qualità del *comfort indoor* e del benessere psico-fisico.

Dai risultati si evince come una maggiore insoddisfazione si ha tra gli occupanti riguardo a: manutenzione, pulizia, qualità acustica, qualità termo-igrometrica e qualità illuminotecnica.



Le sezioni del sondaggio relative a tematiche poco conosciute nella valutazione degli edifici ma fondamentali nella certificazione, hanno dato modo di individuare una serie di *feedback* importanti per capire le abitudini, le tendenze, le aspettative e i comportamenti degli occupanti in relazione a concetti quali movimento, salute mentale, acqua, alimentazione, interazione con la natura e con gli altri.

I risultati ottenuti dal sondaggio hanno permesso di individuare determinate problematiche dal punto di vista del sistema edificio-impianto, dove alcune delle quali possono essere risolte attraverso azioni mirate: per esempio, correggere i sistemi di risposta dei termostati negli ambienti, regolare i ricambi d'aria nei sistemi di ventilazione meccanica e migliorare la qualità illuminotecnica. I risultati ottenuti dai sondaggi hanno dato modo di individuare anche una serie di conseguenze dal punto di vista distributivo funzionale degli arredi, ritenuti molto importanti per lo sviluppo di una progettazione più consapevole.

Nello specifico, per raggiungere gli *standard* desiderati sono stati proposti degli spazi di aggregazione (aree *relax*, aree ristoro, ecc.) per garantire dei momenti di pausa dal lavoro, dei miglioramenti della disposizione degli arredi così da favorire la visione di un ambiente esterno, con conseguenze nell'ambito della biofilia e del *design*.

Infine, si è cercato di evidenziare quanto sia fondamentale utilizzare materiali sostenibili in grado di migliorare la qualità acustica, la qualità termo-igrometrica e la qualità dell'aria.

Dando uno sguardo al futuro, dove tematiche come il *comfort* e il benessere diventeranno sempre più comuni, i sondaggi *post* occupativi negli edifici pubblici (uffici, scuole, biblioteche, ecc.), ma eventualmente anche immobili a destinazione residenziale, presentano una grande potenzialità e dovrebbero diventare più flessibili e determinanti nel valutare l'efficacia dei fondamenti e delle certificazioni ambientali in materia di benessere.

Secondo i risultati ottenuti in questo lavoro, una possibile direzione da seguire, per gli sviluppi futuri della ricerca, dovrebbe essere: pensare al modo in cui le certificazioni e le valutazioni *post* occupative degli utenti possano essere, oltre che unificate in un singolare *iter* processuale, definite necessarie ed essenziali nelle fasi pre-intervento. Nel grafico sottostante, sono stati schematizzati i risultati dell'indagine sull'importanza, secondo gli utenti, dei "fondamenti" negli ambienti.

Per questo motivo uno degli obiettivi da perseguire, anche per la certificazione presa in esame, cioè la *GBC Historic Building*, deve essere l'implementazione di sondaggi (con questionari anche più brevi e diretti) che includano domande agli occupanti su quali fattori influiscono,

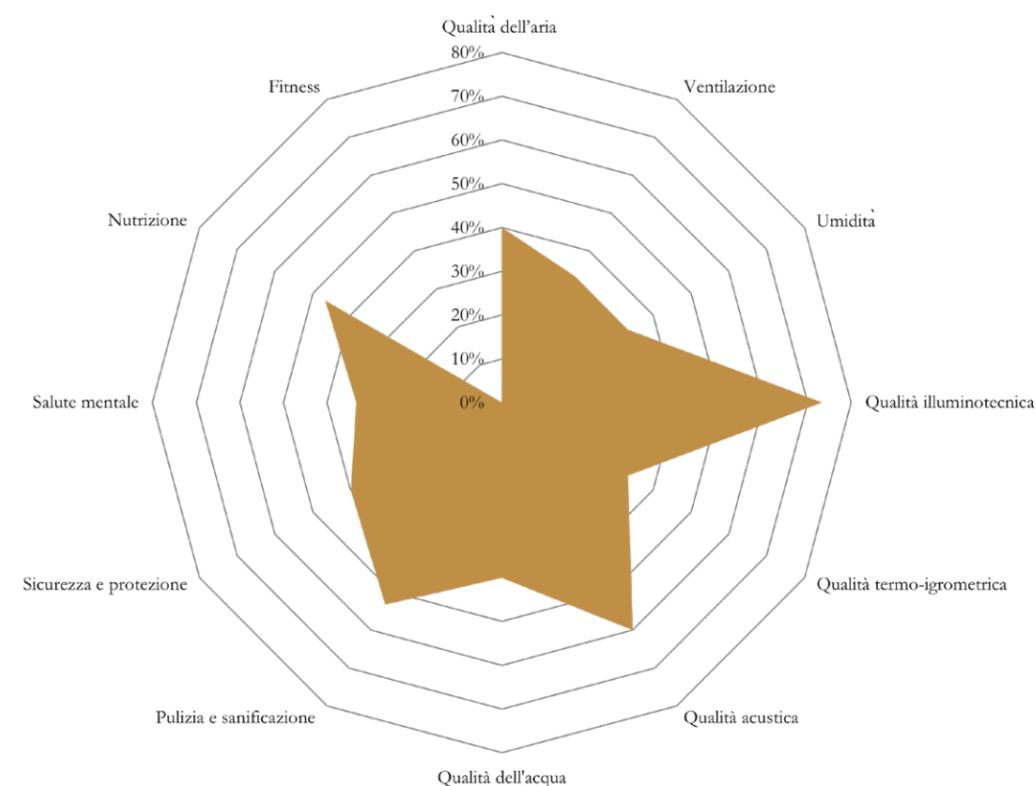


Grafico 26 - Sintesi in grafico Radar dei fondamenti ritenuti importanti per gli utenti del caso in esame

positivamente e negativamente, sulla qualità della vita nello spazio costruito.

In definitiva, l'utilizzo dello strumento di autovalutazione aiuterà aziende/singoli progettisti che vorranno intraprendere un percorso di *upload* certificativo dando la possibilità di individuare in modo immediato le macroaree in cui si è più carenti e, attraverso il sondaggio proposto e la consultazione delle tabelle di autovalutazione della certificazione più adeguata (in questo caso *GBC Historic Building* per edifici di valenza storica), capire le azioni che si possono intraprendere per: seguire i 9+3 "fondamenti" per un *Healthy Building*, garantire il *comfort* ambientale interno e migliorare il punteggio di una determinata subarea.

La soggettività delle risposte date al questionario, pur rappresentando un limite, è da considerarsi "implicita" visto la impossibile parametrizzazione di fattori basati sulla percezione individuale.

La certificazione *GBC Historic Building* avrà in futuro un ruolo centrale nel campo dell'edilizia storica, e anche la *toolbox* proposta, potrebbe avere un'importanza significativa in vari ambienti, poiché strutturata per avere un'ampia possibilità di interdisciplinarietà con gli altri ambiti legati alla qualità della vita in spazi confinati.



La caratteristica fondamentale di questa *toolbox*, d'altra parte, è che la metodologia diagnostica proposta può essere plasmata e adottata in scala anche più ampia (in edifici con altre destinazioni d'uso come aule universitarie, biblioteche, scuole, ospedali, residenze, ecc.) e le informazioni raccolte potranno fornire un'adeguata base per ulteriori indagini.

Nel corso degli anni, come è stato sintetizzato nei capitoli precedenti, si sono sviluppate diverse organizzazioni internazionali e linee guida per la gestione e il controllo della *indoor environmental quality* (IEQ) con cui informare gli addetti tecnici e i soggetti occupanti sulle procedure da adottare. Ma utilizzando la *toolbox* proposta e partendo dai risultati, si potranno meglio puntualizzare le aspettative degli utenti e le possibili contromisure "tecniche" in termini di materiali/componenti e dotazione/organizzazione degli spazi. Sarà così possibile identificare e applicare gli eventuali interventi da fare per migliorare la qualità ambientale e successivamente predisporre e adottare la certificazione più opportuna a valle di quanto previsto.

In conclusione, alla luce dell'indagine e del lavoro fatto, appare evidente come le scelte progettuali non solo influenzano, ma soprattutto determinano il benessere, e quindi la produttività, dei lavoratori. Inoltre, lo sviluppo di questo modello di misurazione è stato ampiamente influenzato dai 12 fondamenti dell'ambiente interno associati, che determinano: il comfort termico, il comfort acustico, lo stato di biofilia, la funzionalità dell'ufficio, la qualità dell'aria percepita, la quantità di luce naturale, il colore della luce e la resa cromatica, la pulizia, l'ergonomia degli arredi, la disponibilità di controllo personale dei vari impianti, la *privacy*, la preparazione alle eventuali emergenze e le possibili prevenzioni dagli infortuni e altri.

Quindi la *toolbox* prodotta aspira in sintesi a dare indicazioni certamente di carattere progettuale ma ottemperando maggiormente ai requisiti sul benessere, con le seguenti caratteristiche:

- informare i progettisti su come rendere più sano l'ambiente lavorativo;
- diffondere l'uso di protocolli come linee guida per una corretta e futura certificazione ambientale interna (GBC *Historic Building* o altre certificazioni in base alla destinazione d'uso fabbricato in esame);
- permettere agli occupanti di mantenere e/o gestire il proprio spazio vitale come più gli aggrada;
- suggerire ai lavoratori comportamenti più adeguati in determinate situazioni, per la sicurezza e la protezione (plasmando la *toolbox* per altre destinazioni d'uso sarà possibile



aiutare gli eventuali altri utenti);

- migliorare il design degli spazi personali e comuni negli ambienti;
- stimolare gli utenti e i progettisti nel perseguire i principi della biofilia.

La "cassetta degli attrezzi", quindi, avrà il compito di assistere i tecnici, soprattutto nelle fasi iniziali di analisi dello stato di fatto dei luoghi oggetto di interesse (vera e propria guida per gli interventi futuri in qualsiasi tipologia di edificio), valutando edifici sia di recente costruzione sia di valenza storica, così da ottenere un equilibrio tra *comfort* e benessere ambientale nell'ottica della salvaguardia e del soddisfacimento delle esigenze degli utenti.



*“Non ho particolari talenti,  
sono soltanto appassionatamente curioso.”  
Albert Einstein*

*RIFERIMENTI/  
BIBLIOGRAFIA/  
SITOGRAFIA*





## **Riferimenti/bibliografia/sitografia**

- [1] J. G. Allen and J. D. Macomber, Healthy buildings: how indoor spaces drive performance and productivity. 2020.
- [2] Istituto internazionale di costruzioni WELL, Lo standard di costruzione WELL, International WELL Building Institute, New York, NY, USA.
- [3] GBCItalia, Manuale GBC Historic Building, Per il restauro e la riqualificazione sostenibile degli edifici storici, 2017th ed. 2016.
- [4] GBC Italia, Certificazione GBC Italia. Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://gbcitalia.org/>
- [5] European Commission, Un Green Deal europeo. Puntare a essere il primo continente a impatto climatico zero. Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_it](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it).
- [6] D. W. Fraser, The challenges were legion, Lancet Infect Dis, vol. 5, no. 4, pp. 237–241, Apr. 2005, doi: [10.1016/S1473-3099\(05\)70054-2](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(05)70054-2).
- [7] Gli editori dell'enciclopedia, Embargo sul petrolio arabo, Encyclopedia Britannica. Britannica, Oct. 01, 2020. Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/event/Arab-oil-embargo>
- [8] J. E. Janssen, The History of Ventilation and Temperature Control The History of Ventilation and Temperature Control About the Author, 1973.
- [9] T. Tredgold, Principles of Warming and Ventilation – Ventilating Public Buildings, 3rd edn. London, 1836.
- [10] J. S. Billings, Ventilation and health, vol. Chapter V. London, 1893.
- [11] B. A. y M. K. Lemberg WH, Un estudio de laboratorio de requisitos mínimos de ventilación: experimentos de caja de ventilación, vol. V.41. 1935.



- [12] M. Murphy, Sick Building Syndrome and the Problem of Uncertainty. Duke University Press, 2006. *doi: 10.1215/9780822387831*.
- [13] C. P. F. PO. Berg-Munch B, Requisiti di ventilazione per il controllo dell'odore corporeo negli spazi occupati dalle donne, in Atti della terza Conferenza Internazionale sulla Qualità dell'Aria Indoor, Stoccolma, Svezia, 1984.
- [14] Stanke D., Ventilation Through the Years: A Perspective, ASHRAE J, vol. 41, pp. 40–44, Aug. 1999.
- [15] U. Epa and I. Environments Division, Indoor Air Facts No. 4 Sick Building Syndrome, 1991.
- [16] National Health Service, Sick Building Syndrome, [Online] Available: <https://www.england.nhs.uk/>.
- [17] Ministero della Salute, Particolato - Direzione generale della prevenzione sanitaria Direzione generale della comunicazione e dei rapporti europei e internazionali, 2015. [Online] Available: [www.salute.gov.it](http://www.salute.gov.it)
- [18] Stanke D, Explaining Science Behind Standard 62.1-2004, ASHRAE IAQ Applications. [Online] Available: <https://tpc.ashrae.org/?cmtKey=148b7480-59ee-44a2-b2b6-881594065e04>.
- [19] Standard ANSI/ASHRAE., Ventilazione per una qualità dell'aria interna accettabile. 62.1-2019, [Online] Available: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>.
- [20] Standard ANSI/ASHRAE., Ventilazione e qualità dell'aria interna accettabile negli edifici residenziali. 62.2-2019. [Online] Available: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standards-62-1-62-2>.
- [21] Studio svedese (SOU 1989:76), Prevenire l'allergia/ipersensibilità. [Online] Available: <https://lagen.nu/sou/1989:76#S5>.
- [22] K. Andersson, Epidemiological Approach to Indoor Air Problems, Indoor Air, vol. 8, no. S4, pp. 32–39, Dec. 1998, *doi: 10.1111/j.1600-0668.1998.tb00005.x*.
- [23] Healthy Building Network Foundation, Healthy Building Network Foundation. [Online] Available: [healthy-building.net](http://healthy-building.net).
- [24] Wendt A, GreenSpec and Pharos Partner on Green Building Product Information, Environmental Building News, Nov. 2010.



- [25] 2009 Environmental Awards, United States Environmental Protection Agency Region 9, [Online] Available: <https://www.epa.gov>.
- [26] J. G. Allen et al., THE 9 FOUNDATIONS OF A HEALTHY BUILDING, Boston, 2017. [Online]. Available: [www.ForHealth.org](http://www.ForHealth.org).
- [27] World Health Organization, WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. [Online] Available: [https://environment.ec.europa.eu/news/european-health-burden-attributable-air-pollution-fell-over-three-decades-1990-2019-2023-01-11\\_en](https://environment.ec.europa.eu/news/european-health-burden-attributable-air-pollution-fell-over-three-decades-1990-2019-2023-01-11_en).
- [28] W. Preiser, Post-occupancy evaluation: how to make buildings work better, vol. Vol. 13 n.11. Facilities, 1995.
- [29] W. F. E. Preiser, Built Environment Evaluation: Conceptual Basis, Benefits and Uses. Classic Readings in Architecture. Eds. Jay M. S, & Kent F. S. Boston: McGraw-Hill, 1999.
- [30] John Gray, Nigel Isaacs, David Kernohan, Graeme McIndoe, and George Baird, Building Evaluation Techniques. London: McGraw-Hill, 1995.
- [31] Strelitz Z., Talking to the building user. Banking staff gave good lessons to architects when asked about their new offices, in The architects' journal, vol. Vol. 196, N. 12, 1992, pp. 31–33.
- [32] Choia J., Loftness V., and Azizb A., Post-occupancy evaluation of 20 office buildings as basis for future IEQ standards and guidelines, in Energy and Buildings, vol. Vol. 46, 2012, pp. 167–175.
- [33] Oseland N. and Hayden S., How well does your office work? BCO Guide to Post-Occupancy Evaluation. London: National Launch, 2007.
- [34] K. Jugdev, "Learning from Lessons Learned: Project Management Research Program," 2012. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/258933493>
- [35] Shibley R.G., Building evaluation in the main stream, in Environment & Behaviour, vol. Vol. 17, N. 1, 1985, pp. 7–24.
- [36] Preiser Wolfgang F.E, Rabinowitz Harvey Z., and Whithe Edward T., Post Occupancy Evaluation, First publisher. New York, London: Van Nostrand Reinhold, 1988.
- [37] Daish J., Gray J., and Kernohan D., Post Occupancy Evaluation of Government Buildings, in Architectural-Science-Review, vol. Vol. 26, N. 2, 1983, pp. 50–55.



- [38] Boyd M.D. and James E.M., A Conceptual Framework for Post-Occupancy Evaluation and an Analysis of Eleven Studies, in *Architectural Science Review*, vol. Vol. 31, N. 4, 1988, pp. 133–143.
- [39] Baldini M.R., Il significato dell'abitare. Studio interdisciplinare per una nuova dimensione progettuale. Firenze, Alinea, 1988.
- [40] Belforte S. and Pavesi R., Famiglia e recupero: un frammento di complessità. Indagine sugli interventi di recupero pubblico a Torino, in *Recuperare*, vol. Vol. 16, 1985, pp. 96–101.
- [41] Esposito M.A., Valutazione della qualità post-occupativa, in Del Nord, R., Controllare la qualità in edilizia, in *Quaderni di ricerca*, vol. N.3, Dipartimento Processi e Metodi della Produzione Edilizia, 1989, pp. 182–205.
- [42] Mucelli G., Un caso di studio sulla qualità e sull'affidabilità: la Regione Veneto, in *Qualità e affidabilità in edilizia*, V., vol. Manfron, Milano: Franco Angeli, pp. 149–179.
- [43] Pavesi R., Valutare il costruito. La qualità ambientale di una biblioteca universitaria. Firenze: Alinea, 1997.
- [44] Fianchini M., Fitness for purpose: a performance evaluation methodology for the management of university buildings, in *Facilities*, vol. Vol. 25 N.3/4, 2007, pp. 137–146.
- [45] Dessì V. and Fianchini M., Visual condition in university: an experimental performance evaluation activity, in *Proc. of CISBAT 2013*, Switzerland: Lausanne, 2013, pp. 445–450.
- [46] Fianchini M., Valutare gli edifici in uso. Un'applicazione sperimentale di Post Occupancy Evaluation a Milano, in *L'analisi multicriteri tra valutazione e decisione*, Fattinnanzi E. and Mondì G, Eds., Roma: DEI, 2015, pp. 369–377.
- [47] C. Peretti and S. Schiavon, Indoor environmental quality surveys. A brief literature review. [Online]. Available: <http://tinyurl.com/IEQSurveyReview>.
- [48] A. Pinsonneault and K. Kraemer, Survey Research Methodology in Management Information Systems: An Assessment, *Journal of Management Information Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 75–105, Sep. 1993, [doi: 10.1080/07421222.1993.11518001](https://doi.org/10.1080/07421222.1993.11518001).
- [49] S. Sudman, P. Salant, and D. A. Dillman, How to Conduct Your Own Survey, *Journal*



- of Marketing Research, vol. 33, no. 1, p. 118, Feb. 1996, [doi: 10.2307/3152021](https://doi.org/10.2307/3152021).
- [50] S. Laaksonen, Designing a Questionnaire and Survey Modes, in *Survey Methodology and Missing Data*, Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 27–47. [doi: 10.1007/978-3-319-79011-4\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-79011-4_3).
- [51] D. L. Harrison, Improving the quality of survey research, *Journal of the American Pharmacists Association*, vol. 48, no. 4, pp. 458–459, Jul. 2008, [doi: 10.1331/JAPhA.2008.08531](https://doi.org/10.1331/JAPhA.2008.08531).
- [52] Chauncey E. Wilson, *Credible Checklists and Quality Questionnaires*. Elsevier, 2013. [doi: 10.1016/C2012-0-06210-2](https://doi.org/10.1016/C2012-0-06210-2).
- [53] A. Pinsonneault, K. L. Kraemer, and E. Org, UC Irvine I.T. in Government Title Survey Re-search Methodology in Management Information Systems: An Assessment Permalink, Publication Date, 1993. [Online]. Available: <https://escholarship.org/uc/item/6cs4s5f0>
- [54] R. Lollini and W. Pasut, Regenerative technologies for the indoor environment Inspirational guidelines for practitioners. COST Action CA16114 RESTORE: Working Group Four Re-port, 2020. Accessed: Aug. 07, 2023. [Online]. Available: [https://www.eurestore.eu/wp-content/uploads/2020/06/WG4\\_Final-Book\\_Regenerative-technologies-for-the-indoor-environment.pdf](https://www.eurestore.eu/wp-content/uploads/2020/06/WG4_Final-Book_Regenerative-technologies-for-the-indoor-environment.pdf)
- [55] F. Stevenson, Embedding building performance evaluation in UK architectural practice and beyond, *Building Research & Information*, vol. 47, no. 3, pp. 305–317, Apr. 2019, [doi: 10.1080/09613218.2018.1467542](https://doi.org/10.1080/09613218.2018.1467542).
- [56] J. Berquist, M. M. Ouf, and W. O'Brien, A method to conduct longitudinal studies on indoor environmental quality and perceived occupant comfort, *Build Environ*, vol. 150, pp. 88–98, Mar. 2019, [doi: 10.1016/j.buildenv.2018.12.064](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.064).
- [57] K. Konis, Evaluating daylighting effectiveness and occupant visual comfort in a sidelit open-plan office building in San Francisco, California, *Build Environ*, vol. 59, pp. 662–677, Jan. 2013, [doi: 10.1016/j.buildenv.2012.09.017](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.017).
- [58] J. Kim et al., Occupant comfort and behavior: High-resolution data from a 6-month field study of personal comfort systems with 37 real office workers, *Build Environ*, vol. 148, pp. 348–360, Jan. 2019, [doi: 10.1016/j.buildenv.2018.11.012](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.11.012).
- [59] T. Parkinson, A. Parkinson, and R. de Dear, Continuous IEQ monitoring system: Performance specifications and thermal comfort classification, *Build Environ*, vol. 149, pp. 241–252, Feb. 2019, [doi: 10.1016/j.buildenv.2018.12.016](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.016).



- [60] T. Parkinson, A. Parkinson, and R. de Dear, Continuous IEQ monitoring system: Context and development, *Build Environ*, vol. 149, pp. 15–25, Feb. 2019, [doi: 10.1016/j.buildenv.2018.12.010](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.010).
- [61] A. Gonzalez-Caceres, A. Bobadilla, and J. Karlshøj, Implementing post-occupancy evaluation in social housing complemented with BIM: A case study in Chile, *Build Environ*, vol. 158, pp. 260–280, Jul. 2019, [doi: 10.1016/j.buildenv.2019.05.019](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.05.019).
- [62] B. Gucyeter, Evaluating diverse patterns of occupant behavior regarding control-based activities in energy performance simulation, *Frontiers of Architectural Research*, vol. 7, no. 2, pp. 167–179, Jun. 2018, [doi: 10.1016/j.foar.2018.03.002](https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.03.002).
- [63] N. Chirk, J. Mmed, D. Ng, and C. Jenn, Research Notes DESIGNING A QUESTIONNAIRE, 2006. Accessed: Aug. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4797036/>
- [64] P. Gendall, A Framework for Questionnaire Design: Labaw Revisited, 1998. [Online]. Available: <http://marketing-bulletin.massey.ac.nz>
- [65] Building Use Study Ltd., BUS - Methodology, <https://busmethodology.org.uk/insight.html>. Accessed: Aug. 07, 2023. [Online]. Available: <https://busmethodology.org.uk/insight.html>
- [66] D. Stokols and T. Scharf, Developing Standardized Tools for Assessing Employees' Ratings of Facility Performance, in *Performance of Buildings and Serviceability of Facilities*, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959: ASTM International, pp. 55–55–25. [doi: 10.1520/STP18913S](https://doi.org/10.1520/STP18913S).
- [67] R. Cohen, M. Standeven, B. Bordass, and A. Leaman, Assessing building performance in use 1: the Probe process, *Building Research & Information*, vol. 29, no. 2, pp. 85–102, Mar. 2001, [doi: 10.1080/09613210010008018](https://doi.org/10.1080/09613210010008018).
- [68] Wolfgang Bischof, Monika Bullinger-Naber, Boris Kruppa, Müller Hans Bernd, and Rudolf Schwab, Expositionen und gesundheitliche Beeinträchtigungen in Bürogebäuden. Ergebnisse des ProKlimA-Projektes. 2004.
- [69] U. of C. Centre for the Built environment, CBE - survey Centre for the Built Environment-tal survey. Accessed: Aug. 07, 2023. [Online]. Available: <https://cbe.berkeley.edu/resources/occupant-survey/>
- [70] Oxford Centre for Sustainability Development, Smart controls and thermal comfort,” Regno Unito, 2000. Accessed: Aug. 07, 2023. [Online]. Available: <https://>



- [cordis.europa.eu/project/id/JOE3970066](https://cordis.europa.eu/project/id/JOE3970066)
- [71] J. A. Veitch, K. E. Charles, K. M. J. Farley, and G. R. Newsham, A model of satisfaction with open-plan office conditions: COPE field findings, *J Environ Psychol*, vol. 27, no. 3, pp. 177–189, Sep. 2007, [doi: 10.1016/j.jenvp.2007.04.002](https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2007.04.002).
- [72] European HOPE project, Health optimisation protocol for energy-efficient buildings: pre-normative and socio-economic research to create healthy and energy-efficient buildings (HOPE), Paesi Bassi, 2005. Accessed: Aug. 07, 2023. [Online]. Available: <https://cordis.europa.eu/project/id/ENK6-CT-2001-00505>
- [73] J. A. B. E. C. Quelch, *Building a Culture of Health: A New Imperative for Business*, 1st ed. Cham, Switzerland: Springer International Publishing AG, 2016.
- [74] Brandt K., The journey toward a circular economy: from Muir Beach to data centers, Accessed: Aug. 07, 2023. [Online]. Available: <https://blog.google/perspectives/kate-brandt/journey-toward-circular-economy-muir-beach-data-centers/>.
- [75] Allen JG. and Harvard TH Chan School of Public Health, *The 9 foundations of a Healthy Buildings*, Boston, 2017.
- [76] J. D. M. Joseph G. Allen, *Healthy Buildings: How Indoor Spaces Can Make You Sick or Keep You Well*. 2022.
- [77] N. E. KLEPEIS et al., The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants, *J Expo Sci Environ Epidemiol*, vol. 11, no. 3, pp. 231–252, Jul. 2001, [doi: 10.1038/sj.jea.7500165](https://doi.org/10.1038/sj.jea.7500165).
- [78] S. Joshi, “The sick building syndrome,” *Indian J Occup Environ Med*, vol. 12, no. 2, p. 61, 2008, [doi: 10.4103/0019-5278.43262](https://doi.org/10.4103/0019-5278.43262).
- [79] M. K. Selgrade, C. G. Plopper, M. I. Gilmour, R. B. Conolly, and B. S. P. Foos, Assessing The Health Effects and Risks Associated with Children’s Inhalation Exposures—Asthma and Allergy, *J Toxicol Environ Health A*, vol. 71, no. 3, pp. 196–207, Dec. 2007, [doi: 10.1080/15287390701597897](https://doi.org/10.1080/15287390701597897).
- [80] Qualità dell’ambiente urbano-XI Rapporto (2015). [Online]. Available: [www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)
- [81] Ministero della salute, Qualità dell’aria indoor, [Online]. Available: [https://www.salute.gov.it/portale/temi/p2\\_4.jsp?lingua=italiano&tema=Ambiente%20e%20salute&area=indor](https://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_4.jsp?lingua=italiano&tema=Ambiente%20e%20salute&area=indor).
- [82] Istituto Superiore della Sanità - EpiCentro - L’epidemiologia per la sanità pubblica,



- Qualità dell'aria: le nuove linee guida dell'OMS, Ambiente e Salute, [Online]. Available: <https://www.epicentro.iss.it/ambiente/qualita-aria-linee-guida-oms-2021>.
- [83] Cooperative Extension Service, Common Indoor Air Pollutants: Sources And Health Impacts Health Effects, 2000. Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <https://fcs-hes.ca.uky.edu/sites/fcs-hes.ca.uky.edu/files/hf-lra.161.pdf>
- [84] L. A. Wallace, E. Pellizzari, B. Leaderer, H. Zelon, and L. Sheldon, Emissions of volatile organic compounds from building materials and consumer products,” Atmospheric Environment (1967), vol. 21, no. 2, pp. 385–393, Jan. 1987, *doi: 10.1016/0004-6981(87)90017-5*.
- [85] U.S. Environmental Protection Agency, Volatile Organic Compounds’ Impact on Indoor Air Quality, Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality>.
- [86] T. K. Takaro, J. Krieger, L. Song, D. Sharify, and N. Beaudet, The Breathe-Easy Home: The Impact of Asthma-Friendly Home Construction on Clinical Outcomes and Trigger Expo-sure, Am J Public Health, vol. 101, no. 1, pp. 55–62, Jan. 2011, *doi: 10.2105/AJPH.2010.300008*.
- [87] Housing Interventions and Control of Asthma-Related Indoor Biologic Agents, Journal of Public Health Management and Practice, vol. 16, no. 5, Sep. 2010, *doi: 10.1097/PHH.0b013e3181fce56a*.
- [88] Health Effects Institute, State of Global Air 2017: A Special Report on Global Exposure to Air Pollution and Its Disease Burden, Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.ccacoalition.org/en/resources/state-global-air-2017-special-report-global-exposure-air-pollution-and-its-disease-burden>.
- [89] E. Gakidou et al., Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016, The Lancet, vol. 390, no. 10100, pp. 1345–1422, Sep. 2017, *doi: 10.1016/S0140-6736(17)32366-8*.
- [90] World Health Organization, 7 Million Premature Deaths Annually Linked to Air Pollution, Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>.
- [91] World Health Organization, Burden of Disease from Household Air Pollution for 2012,



- Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/Burden%20of%20disease%20from%20Household%20Air%20Pollution%20for%202012.pdf>.
- [92] Cromology, Dichiarazione ambientale di prodotto pura active pittura antiformaldeide - MaxMeyer, 2022. [Online]. Available: [www.environdec.com](http://www.environdec.com)
- [93] Luxens, IDROPITTURA LAVABILE LUXENS Scheda Tecnica, Jun. 2011.
- [94] Arlite, Purelight Interior Scheda Tecnica, Apr. 2018. [Online]. Available: [www.airlite.com](http://www.airlite.com)
- [95] La Calce Del Brenta dal 1920, CALCEMADRE pittura Scheda Tecnica, Padova, Nov. 2017.
- [96] Fassa Bortolo, Green VOCation - il benessere che ti circonda, Spresiano (TV), Jun. 2017.
- [97] Fassa Bortolo, Pothos 003cidropittura per interni ANTI-INQUINAMENTO, Spresiano (TV), Jun. 2020.
- [98] Fassa Bortolo, POTHOS 003 SCHEDA TECNICA Idropittura per interni anti-inquinamento, Spresiano (TV), May 2023. [Online]. Available: [www.fassabortolo.com](http://www.fassabortolo.com)
- [99] External Reference Studio, Carmelo Zappulla, Sebastian Amorelli, Elena Mitrofanova, Anton Koshelev, and Coll. with LAMÁQUINA di Noumena, AIR PURIFIER PLANTS, Accessed: Jul. 06, 2023. [Online]. Available: <https://externalreference.com/#home-1>
- [100] Aldo Sollazzo, Josep Sivera, Juan Carlos Llobregat, Laura Civetti, and Chirag Rangholia, WEARPURE.TECH. Accessed: Jul. 06, 2023. [Online]. Available: <https://wearpure.tech/>
- [101] Missaglia, Heflomi Health Flowow - Pannelli decorativi, Lissone (MB).
- [102] A. B. Darlington, J. F. Dat, and M. A. Dixon, The Biofiltration of Indoor Air: Air Flux and Temperature Influences the Removal of Toluene, Ethylbenzene, and Xylene, Environ Sci Technol, vol. 35, no. 1, pp. 240–246, Jan. 2001, *doi: 10.1021/es0010507*.
- [103] M. Tomaševi , Z. Vukmirovi , S. Rajši , M. Tasi , and B. Stevanovi , Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area, Chemosphere, vol. 61, no. 6, pp. 753–760, Nov. 2005, *doi: 10.1016/j.chemosphere.2005.03.077*.



- [104] D. J. Nowak, D. E. Crane, and J. C. Stevens, Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States, *Urban For Urban Green*, vol. 4, no. 3–4, pp. 115–123, Apr. 2006, [doi: 10.1016/j.ufug.2006.01.007](https://doi.org/10.1016/j.ufug.2006.01.007).
- [105] D. Llewellyn and M. Dixon, Can Plants Really Improve Indoor Air Quality?, in *Comprehensive Biotechnology*, vol. 4, Elsevier, 2011, pp. 331–338. [doi: 10.1016/B978-0-08-088504-9.00325-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00325-1).
- [106] G. Soreanu, Biotechnologies for improving indoor air quality, in *Start-Up Creation*, Elsevier, 2016, pp. 301–328. [doi: 10.1016/B978-0-08-100546-0.00012-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100546-0.00012-1).
- [107] W. R. Chan, S. Parthasarathy, W. J. Fisk, and T. E. McKone, Estimated effect of ventilation and filtration on chronic health risks in U.S. offices, schools, and retail stores, *Indoor Air*, vol. 26, no. 2, pp. 331–343, Apr. 2016, [doi: 10.1111/ina.12189](https://doi.org/10.1111/ina.12189).
- [108] U. Haverinen-Shaughnessy, D. J. Moschandreas, and R. J. Shaughnessy, Association between substandard classroom ventilation rates and students' academic achievement, *Indoor Air*, vol. 21, no. 2, pp. 121–131, Apr. 2011, [doi: 10.1111/j.1600-0668.2010.00686.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00686.x).
- [109] Milton Donald K., Glencross P. Mark, and Walters Michael D., Risk of sick leave associated with outdoor air supply rate, humidification, and occupant complaints, *Indoor Air* 2000, pp. 212–221, Jan. 2000.
- [110] W. J. Fisk and A. H. Rosenfeld, Estimates of Improved Productivity and Health from Better Indoor Environments, *Indoor Air*, vol. 7, no. 3, pp. 158–172, Sep. 1997, [doi: 10.1111/j.1600-0668.1997.t01-1-00002.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.1997.t01-1-00002.x).
- [111] C. A. Redlich, J. Sparer, and M. R. Cullen, Sick-building syndrome, *The Lancet*, vol. 349, no. 9057, pp. 1013–1016, Apr. 1997, [doi: 10.1016/S0140-6736\(96\)07220-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(96)07220-0).
- [112] J. Sundell et al., Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature, *Indoor Air*, vol. 21, no. 3, pp. 191–204, Jun. 2011, [doi: 10.1111/j.1600-0668.2010.00703.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2010.00703.x).
- [113] P. Carrer et al., What does the scientific literature tell us about the ventilation–health relationship in public and residential buildings?, *Build Environ*, vol. 94, pp. 273–286, Dec. 2015, [doi: 10.1016/j.buildenv.2015.08.011](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.08.011).
- [114] S. O. Hanssen, “HVAC—the importance of clean intake section and dry air filter in cold climate,” *Indoor Air*, vol. 14, no. s7, pp. 195–201, Aug. 2004, [doi: 10.1111/j.1600-0668.2004.00288.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2004.00288.x).



- [115] INA Casa, Piano di incremento dell'occupazione operaia. Case per i lavoratori. Suggestioni norme e schemi per l'elaborazione e la selezione dei progetti, Bandi di Concorso (fascicolo I), Roma, 1949.
- [116] C. F. Casula, Sviluppo e modernità urbana nell'Italia Repubblicana, in Fanfani e la casa, Gli anni Cinquanta e il modello italiano di welfare state, Il piano INA Casa, Roma: Rubbettino Editore, 2002, pp. 13–27.
- [117] Gregotti V. and Manzari G., Luigi Figini, Gino Pollini: opera completa, Illustrated edition. Mondadori Electa, 1997.
- [118] Blasi C., Figini e Pollini, Edizioni di Comunità. Milano, 1963.
- [119] Zevi B., Storia dell'architettura moderna, da William Morris ad Alvar Alto: la ricerca spazio-temporale, vol. Vol. I. Einaudi, 2004.
- [120] Sbriglio J., *Le Corbusier: l'Unité d'Habitation de Marseille et les autres unités d'habitation à Rezé-les-Nantes*, Berlin, Birkhäuser. Berlin: Briey en Forêt et Firminy, 2004.
- [121] Grosso M, La risorsa vento per la qualità dell'aria e il benessere, in *Ambiente Costruito: biotecnica-recupero-qualità in architettura*, vol. 3, Rimini: Maggioli Ed, 2000.
- [122] Guzzon Impianti, *La Ventilazione Meccanica Controllata negli Edifici Residenziali*, [Online]. Available: <https://www.guzzon-impianti.it/>.
- [123] M. Cellura, F. Guarino, V. La Rocca, V. Lo Brano, G. Maniscalco, and M. Morale, Caratterizzazione degli edifici non residenziali ad uso scolastico della PA siciliana MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO.
- [124] B. Stephens, T. Brennan, and A. ; Lew Harriman, TECHNICAL FEATURE Selecting Ventilation Air Filters to Reduce PM 2.5 Of Outdoor Origin, 2016. [Online]. Available: [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).
- [125] DOMODRY Srl and LEONARDO SOLUTIONS Srl, Sistema CNT ® Domodry®, Legnano (MI). [Online]. Available: [www.cnt-apps.com](http://www.cnt-apps.com)
- [126] Dott. Ing. Michele Rossetto, Direttore Tecnico Gruppo Leonardo Solutions, and Domodry, Umidità di risalita capillare negli edifici storici: la tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica quale indispensabile strumento 'a impatto zero' per la prevenzione e la definitiva risoluzione del problema, in *Metodo scientifico ed innovazione tecnologica per la salvaguardia e recupero del patrimonio storico*, Oct.



- 2012, pp. 107–126.
- [127] J. L. Price, J. Blau, A. Rothenfluh, M. Abodeely, B. Kloss, and M. W. Young, double-time Is a Novel Drosophila Clock Gene that Regulates PERIOD Protein Accumulation, *Cell*, vol. 94, no. 1, pp. 83–95, Jul. 1998, [doi: 10.1016/S0092-8674\(00\)81224-6](https://doi.org/10.1016/S0092-8674(00)81224-6).
- [128] L. B. Vosshall, J. L. Price, A. Sehgal, L. Saez, and M. W. Young, Block in Nuclear Localization of period Protein by a Second Clock Mutation, timeless, *Science* (1979), vol. 263, no. 5153, pp. 1606–1609, Mar. 1994, [doi: 10.1126/science.8128247](https://doi.org/10.1126/science.8128247).
- [129] X. Liu, L. Zwiebel, D. Hinton, S. Benzer, J. Hall, and M. Rosbash, The period gene encodes a predominantly nuclear protein in adult Drosophila, *The Journal of Neuroscience*, vol. 12, no. 7, pp. 2735–2744, Jul. 1992, [doi: 10.1523/JNEUROSCI.12-07-02735.1992](https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.12-07-02735.1992).
- [130] K. K. Siwicki, C. Eastman, G. Petersen, M. Rosbash, and J. C. Hall, Antibodies to the period gene product of drosophila reveal diverse tissue distribution and rhythmic changes in the visual system, *Neuron*, vol. 1, no. 2, pp. 141–150, Apr. 1988, [doi: 10.1016/0896-6273\(88\)90198-5](https://doi.org/10.1016/0896-6273(88)90198-5).
- [131] M. W. Young, Chapter 3 The Drosophila genes timeless and period collaborate to promote cycles of gene expression composing a circadian pacemaker, in *Progress in Brain Research*, vol. 111, Elsevier, 1996, pp. 29–39. [doi: 10.1016/S0079-6123\(08\)60398-2](https://doi.org/10.1016/S0079-6123(08)60398-2).
- [132] T. A. Bargiello, F. R. Jackson, and M. W. Young, Restoration of circadian behavioural rhythms by gene transfer in Drosophila, *Nature*, vol. 312, no. 5996, pp. 752–754, Dec. 1984, [doi: 10.1038/312752a0](https://doi.org/10.1038/312752a0).
- [133] W. A. Zehring et al., Element transformation with period locus DNA restores rhythmicity to mutant, arrhythmic Drosophila melanogaster., *Cell*, vol. 39, no. 2 Pt 1, pp. 369–76, Dec. 1984, [doi: 10.1016/0092-8674\(84\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0092-8674(84)90015-1).
- [134] EDISON: LA COMPLESSITÀ DELLA NATURA IN UN AMBIENTE ARTIFICIALE, Accessed: Jul. 19, 2023. [Online]. Available: <https://wow-webmagazine.com/it/edison-la-complessita-della-natura-in-un-ambiente-artificiale>
- [135] ERCO, White paper «Human Centric Lighting». Accessed: Jul. 20, 2023. [Online] Available: <https://www.ercos.com/it/>
- [136] P. Boyce, Editorial: Exploring human-centric lighting, *Lighting Research & Technology*, vol. 48, no. 2, pp. 101–101, Apr. 2016, [doi: 10.1177/1477153516634570](https://doi.org/10.1177/1477153516634570).



- [137] G. Vandewalle et al., Blue Light Stimulates Cognitive Brain Activity in Visually Blind Individuals, *J Cogn Neurosci*, vol. 25, no. 12, pp. 2072–2085, Dec. 2013, [doi: 10.1162/jocn.a.00450](https://doi.org/10.1162/jocn.a.00450).
- [138] R. Rahif et al., Impact of climate change on nearly zero-energy dwelling in temperate climate: Time-integrated discomfort, HVAC energy performance, and GHG emissions, *Build Environ*, vol. 223, p. 109397, Sep. 2022, [doi: 10.1016/j.buildenv.2022.109397](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109397).
- [139] Lorenzi Giorgia, Primato europeo per la nuova scuola Antonio Brancati di Pesaro certificata LEED v4 Platino Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.ingegno-web.it/articoli/primato-europeo-per-la-nuova-scuola-antonio-brancati-di-pesaro-certificata-leed-v4-platino/>
- [140] A. Alkozei, R. Smith, N. S. Dailey, S. Bajaj, and W. D. S. Killgore, Acute exposure to blue wavelength light during memory consolidation improves verbal memory performance., *PLoS One*, vol. 12, no. 9, p. e0184884, Sep. 2017, [doi: 10.1371/journal.pone.0184884](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184884).
- [141] G. Vandewalle et al., Brain Responses to Violet, Blue, and Green Monochromatic Light Exposures in Humans: Prominent Role of Blue Light and the Brainstem, *PLoS One*, vol. 2, no. 11, p. e1247, Nov. 2007, [doi: 10.1371/journal.pone.0001247](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001247).
- [142] D.-J. Dijk and S. N. Archer, Light, sleep, and circadian rhythms: together again, *PLoS Biol*, vol. 7, no. 6, p. e1000145, Jun. 2009, [doi: 10.1371/journal.pbio.1000145](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000145).
- [143] Hsin-Su Yu, Study Overview: Develop Novel Phototherapy for Health Care of Patients With Sleep Disorder, Mild Cognitive Impairment, or Dementia. *Good Clinical Practice - Network*, May 27, 2020. Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://ichgcp.net/clinical-trials-registry/NCT04407351>
- [144] R. Bevilacqua and E. S. Margarese, VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI BENESSERE TERMICO IN AMBIENTI ADIBITI AD ATTIVITA' TERZIARIE.
- [145] N. Ildiri, H. Bazille, Y. Lou, K. Hinkelman, W. A. Gray, and W. Zuo, Impact of WELL certification on occupant satisfaction and perceived health, well-being, and productivity: A multioffice pre- versus post-occupancy evaluation, *Build Environ*, vol. 224, p. 109539, Oct. 2022, [doi: 10.1016/J.BUILDENV.2022.109539](https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2022.109539).
- [146] L. Mattevi, Manuale tecnico-pratico REQUISITI ACUSTICI DEGLI EDIFICI Metodi di calcolo Normativa Accorgimenti Giurisprudenza A cura di. [Online].



- Available: [www.inquinamentoacustico.it](http://www.inquinamentoacustico.it)
- [147] A. Siragusa, The European Handbook for SDG Voluntary Local Reviews Examples and methods for the local monitoring of the SDGs in European Cities Local work on the Sustainable Development Goals in UBC Cities, 2020.
- [148] Water Safety Plan (Piani di Sicurezza dell'Acqua) Applicazione in ACEA, 2019.
- [149] Organizzazione mondiale della Sanità, Salute mentale: rafforzare la nostra risposta. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs220/en/>.
- [150] S. E. Hanisch, C. D. Twomey, A. C. H. Szeto, U. W. Birner, D. Nowak, and C. Sabariego, The effectiveness of interventions targeting the stigma of mental illness at the work-place: a systematic review, *BMC Psychiatry*, vol. 16, no. 1, p. 1, Dec. 2016, doi: [10.1186/s12888-015-0706-4](https://doi.org/10.1186/s12888-015-0706-4).
- [151] M. Niebylski et al., Healthy Food Procurement Policies and Their Impact, *Int J Environ Res Public Health*, vol. 11, no. 3, pp. 2608–2627, Mar. 2014, doi: [10.3390/ijerph110302608](https://doi.org/10.3390/ijerph110302608).
- [152] M. B. Schwartz, D. R. Just, J. F. Chriqui, and A. S. Ammerman, Appetite selfregulation: Environmental and policy influences on eating behaviors, *Obesity*, vol. 25, pp. S26–S38, Mar. 2017, doi: [10.1002/oby.21770](https://doi.org/10.1002/oby.21770).
- [153] J. F. Sallis et al., Progress in physical activity over the Olympic quadrennium, *The Lancet*, vol. 388, no. 10051, pp. 1325–1336, Sep. 2016, doi: [10.1016/S0140-6736\(16\)30581-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30581-5).
- [154] Organizzazione mondiale della Sanità, Attività fisica. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs385/en/>.
- [155] C. Ozemek, C. J. Lavie, and Ø. Rognum, Global physical activity levels - Need for intervention, *Prog Cardiovasc Dis*, vol. 62, no. 2, pp. 102–107, Mar. 2019, doi: [10.1016/j.pcad.2019.02.004](https://doi.org/10.1016/j.pcad.2019.02.004).
- [156] K. Slater, *Conforto Umano*, vol. 1. Springfield, Illinois, Stati Uniti : CC Thomas, 1985.
- [157] M. Frascarolo, S. Martorelli, and V. Vitale, An innovative lighting system for residential application that optimizes visual comfort and conserves energy for different user needs, *Energy Build*, vol. 83, pp. 217–224, Nov. 2014, doi: [10.1016/j.enbuild.2014.03.072](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.072).
- [158] E. R. Jones, J. G. Cedeño Laurent, A. S. Young, B. A. Coull, J. D. Spengler, and J. G. Allen, Indoor humidity levels and associations with reported symptoms in office



- buildings, *Indoor Air*, vol. 32, no. 1, Jan. 2022, doi: [10.1111/ina.12961](https://doi.org/10.1111/ina.12961).
- [159] E. R. Jones et al., The effects of ventilation and filtration on indoor PM2.5 in office build-ings in four countries, *Build Environ*, vol. 200, p. 107975, Aug. 2021, doi: [10.1016/j.buildenv.2021.107975](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107975).
- [160] I. Sarbu and C. Sebarchievici, Aspects of indoor environmental quality assessment in buildings, *Energy Build*, vol. 60, pp. 410–419, May 2013, doi: [10.1016/j.enbuild.2013.02.005](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.02.005).
- [161] Allen JG. and Harvard TH Chan School of Public Health, *The 9 foundations of a Healthy Buildings*, Boston, 2017.
- [162] F. Mancini, C. Romeo, A. S. Sferra, F. Nardecchia, and U. di Matteo, Misure di qualità dell'aria esterna ed interna in un edificio ad elevate prestazioni adibito ad uffici di proprietà della PA per la ottimizzazione delle portate di aria di ricambio finalizzate all'efficienza energetica. Settembre 2017.
- [163] BREEAM, Certificazione BREEAM, [www.breeam.com](http://www.breeam.com). Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://bregroup.com/products/breeam/>
- [164] LEED, Certificazione LEED, [www.certificazioneleed.com](http://www.certificazioneleed.com). Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.usgbc.org/leed>
- [165] WELL, Certificazione WELL, [www.wellcertified.com](http://www.wellcertified.com). Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://v2.wellcertified.com/en>
- [166] Fitwel, Certificazione fitwel, [www.fitwel.org](http://www.fitwel.org). Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.fitwel.org/>
- [167] Reset, Certificazione Reset, [www.reset.build](http://www.reset.build). Accessed: Jul. 20, 2023. [Online]. Available: <https://www.reset.build/>
- [168] CASBEE, Certificazione CASBEE. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>
- [169] GREEN STAR, Certificazione GREEN STAR. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://new.gbca.org.au/green-star/exploring-green-star/>
- [170] GREEN MARK, Certificazione GREEN MARK. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-certification-scheme>
- [171] GREEN PASS, Certificazione GREEN PASS. 2018. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.r2msolution.com/it/services/prodotti-innovativi/>



- greenpass-2/*
- [172] DGNB, Certificazione DGNB. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.dgnb.de/en/certification/important-facts-about-dgnb-certification/about-the-dgnb-system>
- [173] HQE, Certificazione HQE. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.hqegbc.org/en/qui-somme-nous-alliance-hqe-gbc/la-certification-hqe/>
- [174] LIDER A, Certificazione LIDER A. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.lidera.info/>
- [175] ITACA, Protocollo ITACA. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: [http://www.itaca.org/edilizia\\_sostenibile\\_protocollo\\_en\\_amb.asp](http://www.itaca.org/edilizia_sostenibile_protocollo_en_amb.asp)
- [176] Certificazione Worldgbc, Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: [worldgbc.org](http://www.worldgbc.org).
- [177] Mercadante F., Il terremoto di Messina. Corrispondenze, testimonianze e polemiche giornalistiche., Edizioni dell'Ateneo. Roma, 1962.
- [178] Di Gioia V., Annali di Storia delle Università Italiane, in L'insediamento universitario a Roma. Dall'Unità d'Italia alla città universitaria (1870-1935), vol. 4, Bologna: CLUEB, 2000.
- [179] Di Leo G. L. and Lo Curzio M., Messina, una città ricostruita. Bari: Dedalo, 1985.
- [180] Botto G., Relazione del progetto per la costruzione dell'Università di Messina. Gruppo centrale. . Archivio del Genio Civile di Messina.
- [181] Aricò N. and Romano A., Il progetto Botto-Colmayer per la ricostruzione della Studiorum Universitas (1913-1914), in Immagini della Regia Università di Messina, Infanzia messinese., Messina: Intilla Editore, 1995, pp. 129–148.
- [182] Romano A., Dagli Annuari della Università di Messina. 1928-1929 e 1929-1930. Messina: Presso l'Ateneo, 1996.
- [183] D.L. 30 giugno 2003, n.196 Codice in materia di protezione dei dati personali. Italia: Garante per la protezione dei dati personali, 2003.
- [184] K. Andersson, I. Fagerlund Problems, G. Stridh, and B. Larsson, A TOOL WHEN SOLVING INDOOR c · LIMATE.
- [185] M. Lahtinen, Psychosocial work environment and indoor air problems: a questionnaire as a means of problem diagnosis, Occup Environ Med, vol. 61, no. 2, pp. 143–149,



- Feb. 2004, *doi: 10.1136/oem.2002.005835*.
- [186] A. C. M. M. R. C. Giovanni Ottoboni, Algoritmi di calcolo per gli indici PCS e MCS del questionario SF-12, Bologna, Mar. 2017.
- [187] A. Shahid, K. Wilkinson, S. Marcu, and C. M. Shapiro, Insomnia Severity Index (ISI), in STOP, THAT and One Hundred Other Sleep Scales, New York, NY: Springer New York, 2011, pp. 191–193. *doi: 10.1007/978-1-4419-9893-4\_43*.
- [188] Skeepers, “Skeepers - Feedback Management.” Accessed: Sep. 14, 2023. [Online]. Available: <https://skeepers.io/it/cx-management-it/>
- [189] H. Okraglik, Sustainable housing: a case study of Australia's first green home. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <http://www.rmit.edu.au/programs/sustainable>
- [190] Lenczner D., Silverleaf DJ., and Raikes JL., Elements of load bearing brickwork. Oxford, United Kingdom: Pergamon Press, 1972.
- [191] Boffill Y., Blanco H., Lombillo I., Villegas L., and Thomas C., Physical and mechanical characterization of lime mortars used in the rehabilitation of historic buildings by means of non destructive testing, in Lourenço PB, Haseltine BA, Vasconcelos G, eds, Guimarães, Portugal, 2014.
- [192] R. Ceravolo, A. De Marinis, M. L. Pecorelli, and L. Zanotti Fragonara, Monitoring of ma-sonry historical constructions: 10 years of static monitoring of the world's largest oval dome, Struct Control Health Monit, vol. 24, no. 10, p. e1988, Oct. 2017, *doi: 10.1002/stc.1988*.
- [193] Missaglia, Heflomi Health Flow - Pannelli decorativi, Lissone (MB). Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <http://www.missaglia.com/prodotti/sanificazioni/heflomi-sanificatore-arial>
- [194] Biofiltro di NEDLAW Living Wall, BioWall. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://awesomehvacs.wordpress.com/typical-uses-3/>
- [195] D. Llewellyn and M. Dixon, Can Plants Really Improve Indoor Air Quality?, in Comprehensive Biotechnology, Elsevier, 2011, pp. 331–338. *doi: 10.1016/B978-0-08-088504-9.00325-1*.
- [196] Caimi Brevetti Spa, Blade, sistema di mensole componibili con pannelli fonoassorbenti. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.caimi.com/>
- [197] Caimi Brevetti Spa, Snowpouf, pouf fonoassorbente. Accessed: Sep. 06, 2023.



- [Online]. Available: <https://www.caimi.com/>
- [198] Fonology a brand of Ares Line SpA, FUTON, pannelli fonoassorbenti con luce incorporata. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: <https://www.caimi.com/>
- [199] G. Soreanu, Biotechnologies for improving indoor air quality, in Start-Up Creation, Elsevier, 2016, pp. 301–328. *doi: 10.1016/B978-0-08-100546-0.00012-1.*
- [200] Stephens B., Brennan T., and Lew Harriman A., TECHNICAL FEATURE Selecting Ventilation Air Filters to Reduce PM 2.5 Of Outdoor Origin. Accessed: Sep. 06, 2023. [Online]. Available: [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org).
- [201] Tool per il Rendimento FV connesso in rete, Tool per il Rendimento FV connesso in rete - 15kWp, Accessed: Sep. 17, 2023. [Online]. Available: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/it/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/it/)
- [202] Sun-Earth, Scheda tecnica - Tecnologia PERC Monocristallino (cornice nera). [Online]. Available: [www.sun-earth.it](http://www.sun-earth.it)

## Elenco abbreviazioni/acronimi/sigle

Anab	Associazione Nazionale Architettura Bioecologica
APPA	Agenzia provinciale per la protezione dell'ambiente
ARPA	Agenzia regionale per la protezione ambientale
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
ASHVE	<i>American Society of Heating and Ventilating Engineers</i>
BREEAM®	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i>
BUS	<i>Building Use Studies</i>
CASBEE®	<i>Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency</i>
CBE Survey	<i>Center for the built Environmental</i>
CDC	<i>Centers for Disease Control and Prevention</i>
CEEP	<i>Centre Européen des Entreprises Publiques</i> - Centro europeo delle imprese a partecipazione pubblica d'interesse generale
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
CES	Confederazione sindacale europea
cfm	<i>Cube Feet Minute</i>
CNT®	<i>Charge Neutralization Technology</i>
CO	Monossido di Carbonio
CO <sub>2</sub>	diossido di carbonio - anidrite carbonica
COPE	<i>Cost-effective Open-Plan Environments</i>
COV/VOC	Composti Organici Volatili - Volatile Organic Compounds
Covid-19	COronaVirus Disease 19, anche comunemente chiamata SARS-CoV-2
D.Lgs	Decreto Legislativo
DGNB	<i>Deutsches Gütesiegel Nachhaltiges Bauen</i>
DPCM	Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri
DR	Draught Rate - corrisponde alla percentuale di soggetti disturbati
EFTA	Associazione europea di libero scambio
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> , anche detta USEPA - Agenzia per la Protezione Ambientale degli Stati Uniti
EPD	<i>Environmental Product Declaration</i> - Dichiarazione Ambientale di Prodotto



ePM	Efficienza basato sul particolato (efficienza di un filtro basato sul particolato)
ETUC	<i>European Trade Union Confederation</i>
GBC Italia®	<i>Green Building Council Italia®</i>
GreenPASS	<i>Green Performance Assessment System</i>
HBN	<i>Healthy Building Network</i>
HCL	<i>Human Centric Lighting</i>
HEPA	<i>High Efficiency Particulate Air filter</i>
Hiv/Aids	<i>Human immunodeficiency virus/Acquired Immune Deficiency Syndrome</i>
HOPE	<i>Health Optimization Protocol for Energy-efficient Building</i>
HQE™	<i>Haute Qualité Environnementale™</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>
IAQ	<i>Indoor Air Quality</i>
ICEA	Istituto per la Certificazione Etica ed Ambientale
IEC	Commissione Internazionale di Elettronica
IEQ	<i>Indoor Environment Quality</i>
IREQ	<i>Insulation REQuired</i>
ISI	<i>Insomnia Severity Index</i>
ISO	<i>International Standard Organization</i>
ISPRA	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale
ISS	Istituto superiore di sanità
ITACA	L'Istituto per l'innovazione e trasparenza degli appalti e la compatibilità ambientale
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
LiderA®	<i>Sustainable assessment system®</i>
MCS	<i>Mental Component Summary</i>
MMA	Monitoraggio microbiologico ambientale
NO <sub>2</sub>	Biossido di Azoto
NO <sub>x</sub>	Ossidi di Azoto
NR	Numero Indice
O <sub>3</sub>	Ozono
OMS-WHO	Organizzazione Mondiale della Sanità - <i>World Health Organization</i>
PCS	<i>Physical Component Summary</i>
PD	Percentuale di insoddisfatti
PM	Particolato
PMI	<i>Project Management Institute</i>
PMI	Piccole e medie imprese
PMV	<i>Predicted Mean Vote - Voto medio prevedibile</i>



POE	<i>Post Occupancy Evaluation - Valutazione post occupativa</i>
PPD	<i>Predicted Percentage of Dissatisfied - Percetuale Prevista d'Insoddisfazione</i>
PROBE	<i>Post-occupancy Review of Buildings and their Engineering</i>
PSA (WSP)	<i>Piano di sicurezza dell'acqua - Water Safety Plans</i>
REF	<i>Ratings of Environmental Features</i>
RWJF	<i>Robert Wood Johnson Foundation</i>
SARS-CoV-2	<i>Severe Acute Respiratory Syndrome COronaVirus 2</i>
SBS	<i>Sick Building Syndrome</i>
SCATs	<i>Smart controls and thermal comfort</i>
SDGs	<i>Sustainable Development Goals</i>
SNPA	Sistema nazionale per la protezione dell'ambiente
SO <sub>x</sub>	Ossidi di Zolfo
SVOC	Semi-Volatile Organic Compounds
UEAPME	<i>Union Europeenne de l'Artisanat et des Petites et Moyennes Entreprises -</i> Unione Europea delle Associazioni dell'Artigianato e delle Piccole e Medie Imprese
UNICE	<i>Union of Industrial and Employers' Confederations of Europe - Unione</i> delle Confederazioni imprenditoriali dell'industria e dei datori di lavoro d'Europa
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
VMC	Ventilazione meccanica controllata
WBGT	<i>Wet Bulb Globe Temperature</i>

**Elenco figure**

<i>Figura n.</i>	<i>Didascalia</i>	<i>Pag.</i>
Figura 1	Sondaggio BUS (e PROBE), domande sul comfort termico	43
Figura 2	Sondaggio REF, domande sulle caratteristiche degli ambiente	43
Figura 3	Sondaggio Proklima - domande sul ambiente interno	43
Figura 4	Sondaggio CBE Survey, domande su: comfort termico	44
Figura 5	Sondaggio SCATs	44
Figura 6	Modello concettuale del sondaggio COPE	45
Figura 7	Sondaggio HOPE, domande relative alla gestione delle finestre	45
Figura 8	AIR PURIFIER PLANTS famiglia di piante decorative stampate in 3D, In: <a href="https://externalreference.com/">https://externalreference.com/</a>	56
Figura 9	Esempi di BioWall. In: Biofiltro di NEDLAW Living Wall siteweb <a href="https://awesomehvacs.wordpress.com/typical-uses-3/">https://awesomehvacs.wordpress.com/typical-uses-3/</a>	57
Figura 10	Grattacielo Orizzontale di Figini e Pollini, Quartiere Harar, Milano (MI) - fotografia di Introini, Marco (2005) In: <a href="https://www.lombardiabeniculturali.it/architetture900/schede/p4010-00247/">https://www.lombardiabeniculturali.it/architetture900/schede/p4010-00247/</a>	60
Figura 11	A sinistra: Casa A, alloggi tipo, sezione trasversale. Scala 1:100, 1951. (Archivio Civico, Milano); a destra: Casa A, alloggi tipo, pianta piano inferiore e piano superiore. Scala 1:50, 1951. (Archivio Civico, Milano)	62
Figura 12	In alto a sinistra: panorama della città di Yazd, nel quale sono chiaramente visibili le tante torri captavento insieme alle cupole; in alto a destra: torri captavento della cisterna d'acqua situata nell'ambito del grande complesso religioso Amir Chakhmaq; in	64



- basso a sinistra: schema di funzionamento delle torri captavento e del sistema di irrigazione sotterraneo chiamato qanat; in basso a destra: torre captavento dei Dowlatabad Gardens, considerata una delle più alte del mondo
- Figura 13 In alto: sistema CNT® Domodry®; in basso: scatto di un sopralluogo, durante il quale è stato rilevato, dai tecnici INBAR e da un tecnico Domodry®, lo stato di recessione della risalita di capillarità dell'acqua a distanza di 5 anni del posizionamento della tecnologia CNT - apps 67
- Figura 14 Uffici di Edison a Milano, l'idea era quella di “progettare un ambiente artificiale che riproducesse la complessità dell'ambiente naturale”, il progettista architetto Cristiana Cutrona di Revalue, in collaborazione con Consuline, ha ideato un sistema integrato di illuminazione e acustica battezzato “La Pergola”, che riproduce l'attività della luce naturale in un bosco; è uno dei primi esempi di questo genere in Europa, basato su recenti dati scientifici 73/74
- Figura 15 Andamento della percentuale di insoddisfatti (PPD) in finzione del PMV (Voto medio prevedibile), l'indice PMV fornisce un giudizio medio sulla condizione di *comfort/discomfort* globale, ovvero relativo al corpo nella sua interezza, non tiene, quindi, conto di specifiche disomogeneità che possono essere presenti nell'ambiente e che possono determinare dei disagi locali per il soggetto 78
- Figura 16 Audiogramma normale secondo la norma ISO 226, in Requisiti acustici degli edifici di Luciano Mattevi, p. 5, [www.inquinamentoacustico.it](http://www.inquinamentoacustico.it) 82
- Figura 17 In alto: Green Walls Dense Forest, pareti mobili fonoassorbenti in muschio di Greenmood; in basso a sinistra: Indoor Moss | Moss ceiling, pareti vegetali di Greenworks; in basso a destra: Rings, oggetti fonoassorbenti di Greenmood, disegnati da Alain Gilles 85



- Figura 18 PRA', elementi fonoassorbenti modulari, per ufficio ed ambienti pubblici, di Fonology un brand di Ares Line SpA 86
- Figura 19 FUTON, pannelli fonoassorbenti con luce incorporata, di Fonology a brand of Ares Line SpA. In: <https://www.caimi.com/> 86
- Figura 20 A sinistra: Snowpouf, pouf fonoassorbente, di Caimi Brevetti Spa; a destra: Blade, Sistema di mensole componibili, con pannelli fonoassorbenti, di Caimi Brevetti Spa. In: <https://www.caimi.com/> 86
- Figura 21 I 17 Obiettivi di sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals – SDGs) In: <https://sdgs.un.org/goals> 87
- Figura 22 Gli uffici di Facebook a Zurigo in cui nascerà il Metaverso. Facebook ha i propri uffici a Zurigo dal 2016, ma tre anni più tardi la sede al numero civico 30 di Giesshübelstrasse, ai piedi dell'Üetliberg, è stata ristrutturata e ampliata per accogliere i 200 dipendenti (destinati a diventare 150 in più...), progetti sulla Realtà Aumentata, sulla Realtà Virtuale e sul “nuovo” Metaverso. In: <https://innovando.it/uffici-facebook-zurigo-nascita-metaverso/> 106/107
- Figura 23 Gli uffici di Amazon a Milano. La nuova sede di una delle più importanti piattaforme globali per la vendita di merce su internet è stata inaugurata in Viale Monte Grappa 3, a poca distanza dai grattacieli di Porta Nuova che già ospitano alcuni dei marchi più importanti dell'hi-tech. Negli oltre 17.500 metri quadri di spazio, disposti su quindici livelli totali, trovano infatti spazio una piazza interna coperta da una grande volta, ampie terrazze panoramiche situate ai piani superiori di entrambi gli edifici, molte Kitchenettes e aree per lo svago e una grande area lounge, posizionata al piano terra. In: <https://www.aboutamazon.it/notizie/lavorare-ad-amazon/amazon-italia-alla-scoperta-degli-uffici-di-milano> 108-110



Figura 24	Gli uffici di LinkedIn a Milano. Una delle aziende dove il lavoro agile è pianificato nei dettagli: dalle più piccole esigenze dei dipendenti, all'organizzazione degli spazi. Non ci sono regole. Non si timbra il cartellino, non ci sono orari da rispettare, solo obiettivi da raggiungere. La prima cosa che incontra chi esce dagli ascensori sono quattro biciclette a scatto fisso parcheggiate al centro del corridoio a disposizione dei dipendenti. Di fianco alla cucina (che chiamano "il ristorante") c'è un tavolo da ping pong. Al muro una Smart tv cui è collegata una Xbox. In: <a href="https://milano.repubblica.it">https://milano.repubblica.it</a>	111/112
Figura 25	Planimetria generale in scala 1:200 con in evidenza il fabbricato F (Archivio del Genio Civile di Messina)	121
Figura 26	"Piante piano terra e primo piano del fabbricato F secondo il progetto originario (Archivio del Genio Civile di Messina)"	122
Figura 27	Vista del fabbricato F lungo la via dei Verdi: in alto lo stato originario (1914), in basso il render dello stato attuale	123
Figura 28	Foto Edificio in fase di intervento	130
Figura 29	Foto Edificio in fase di intervento	132
Figura 30	Foto Edificio in fase di intervento	134
Figura 31	Foto Edificio in fase di intervento	136
Figura 32	Foto Edificio in fase di intervento	138
Figura 33	Foto Edificio in fase di intervento	140
Figura 34	In alto: Foto Edificio in fase di intervento; in basso: post-intervento	142
Figura 35	Foto interni piano terra	178
Figura 36	In alto: Render con arredi stato di fatto; in basso Render proposta di intervento secondo i principi degli Healthy Buildings (stanza evidenziata in verde nell'elaborato grafico a destra)	180



Figura 37	Foto interni piano primo	182
Figura 38	In alto: Render con arredi stato di fatto; in basso Render proposta di intervento secondo i principi degli Healthy Buildings (stanza evidenziata in verde nell'elaborato grafico a destra)	184
Figura 39	Check list per certificazione base	187
Figura 40	Check list per certificazione oro	189
Figura 41	Render della proposta di un impianto fotovoltaico	191
Figura 42	Stima rendimento energetico fotovoltaico (proposta)	192

**Elenco tabelle**

<i>Tabella n.</i>	<i>Didascalia</i>	<i>Pag.</i>
Tabella 1	Sintesi dell'evoluzione dei tassi di ventilazione	27
Tabella 2	Possibili fonti di inquinanti presenti nei diversi ambienti confinanti ed eventuali soluzioni	32
Tabella 3	Possibili benefici del POE	34
Tabella 4	Schematizzazione punti di forza e debolezza	37
Tabella 5	Le tre fasi che vanno a rappresentare la valutazione post occupativa	37
Tabella 6	Confronto tra sondaggi	42
Tabella 7	Riepilogo di alcune vernici naturali sul mercato ad alta qualità ambientale	54/55
Tabella 8	Sintesi principali norme e legislazioni sulla qualità ambientale	68-70
Tabella 9	Sintesi principali norme	76
Tabella 10	Intervalli di applicabilità dei sei parametri fondamentali per l'applicazione del PMV. Sintesi tratta dall'UNI EN ISO 7730"	77
Tabella 11	Accettabilità dell'ambiente termico in esame al soddisfacimento simultaneo dei criteri globali e locali, secondo le 3 categorie di comfort; DR (Draught Rate) corrisponde alla percentuale di soggetti disturbati, mentre PD alla percentuale di insoddisfatti. Da UNI EN ISO 7730	79



Tabella 12	Corrispondenza fra curve ISO e ambienti diversi	82/83
Tabella 13	Fattori di correzione dei criteri ISO del rumore (Raccomandazione ISO R 1966)	83/84
Tabella 14	Sintesi delle principali certificazioni presentate in ordine cronologico	97-99
Tabella 15	Sintesi dei parametri (parole chiavi) individuati del comfort ambientale interno, fondamenti per definire un ambiente di lavoro sano e possibili variabili	114-117

### **Elenco grafici**

<i>Grafico n.</i>	<i>Didascalia</i>	<i>Pag.</i>
Grafico 1	Principali obiettivi di questa ricerca così sintetizzati	21
Grafico 2	Principi fondamentali per la stesura di un sondaggio nelle fasi iniziali	39
Grafico 3	Principi generali per la progettazione di un sondaggio, in Philip Gendall, "A Framework for Questionnaire Design: Labaw Revisited", Marketing Bulletin, 1998, 9, 28-39	40
Grafico 4	Domanda 1. Sesso	162
Grafico 5	Domanda 2. Età	162
Grafico 6	Domanda 3. Stato civile	162
Grafico 7	Domanda 4. Titolo di studio	164
Grafico 8	Domanda 5. Fumatori	164
Grafico 9	Domanda 11. Rispetto al periodo pre-pandemico, terminata la fase di lockdown ma ancora in presenza di rischio COVID-19 (uso mascherine, guanti, disinfettanti), il numero di lavoratori è diminuito? Di quante unità?	164
Grafico 10	Domanda 21. Ha notato problemi relativi alla tenuta degli infissi nella sua stanza prima dell'intervento?	166
Grafico 11	Domanda 23. Qual era il sistema di riscaldamento nella sua stanza prima dell'intervento?	16
Grafico 12	Domanda 24. Qual era il sistema di raffrescamento nella sua stanza prima dell'intervento?	166



Grafico 13	Domanda 26. Quali fattori, secondo Lei, incidono maggiormente sul comfort nella sua stanza?	167
Grafico 14	Grafico 14 - Domanda 27. Quali suggerimenti darebbe per migliorare comfort e fruibilità dell'ufficio?	167
Grafico 15	Domanda 28. Cosa vorrebbe per avere un ufficio più confortevole?	168
Grafico 16	Domanda 29. È mai stato infastidito da uno dei seguenti fattori durante la permanenza nel suo ufficio?	169
Grafico 17	Domanda 30. Malattie allergiche	170
Grafico 18	Domanda 31. Durante la permanenza nel suo ufficio le è capitato di accusare i seguenti sintomi e con quale frequenza?	171
Grafico 19	Domanda 33. Qual è la sua opinione sulla sua stanza d'ufficio in merito ai seguenti fattori	172
Grafico 20	Domanda 34. Qual è la sua opinione sull'illuminazione naturale (luce diurna, sole) della sua stanza?	173
Grafico 21	Domanda 36. Qual è la sua opinione sulla temperatura della sua stanza?	173
Grafico 22	Domanda 37. Può indicare i problemi relativi alla temperatura della sua stanza	173
Grafico 23	Domanda 38. Qual è la sua opinione sull'isolamento acustico (assenza di rumori provenienti dall'esterno) della sua stanza?	174
Grafico 24	Domanda 39. Qual è la sua opinione sui rumori interni alla sua stanza?	174
Grafico 25	Domanda 41. Qual è la sua opinione sulla qualità dell'aria della sua stanza?	174
Grafico 26	Sintesi in grafico Radar dei fondamenti ritenuti importanti per gli utenti del caso in esame	199





*RINGRAZIAMENTI*

Ringrazio i miei tutors, il prof. Ing. **Minutoli Fabio** e la prof.ssa Ing. **Fiandaca Ornella** per il supporto datomi durante il mio percorso di ricerca.

Grazie alla prof.ssa Ing. **Lione Raffaella** per il sostegno, i numerosi consigli e le tante revisioni ricevute nei miei anni trascorsi presso il Dipartimento di Ingegneria.

Un grazie va al Sig. **Di Mento**, responsabile dell'Archivio del Genio Civile, per la sua pazienza e cordialità, durante le giornate di ricerca in archivio.

I miei ringraziamenti all'Avv. **Francesco Bonanno**, Direttore Generale dell'Università degli Studi di Messina, per le varie autorizzazioni concesse.

Ringrazio l'Avv. e Direttore **Simona Corvaja**, del Dipartimento Amministrativo Servizi Tecnici dell'Università degli Studi di Messina, per la collaborazione e l'aiuto nel fornirmi il materiale inerente ai recenti lavori d'intervento dell'edificio preso in esame.

Un particolare ringraziamento alla Dott.ssa **Maria Di Pietro** e a tutta l'Unità Organizzativa Analisi e Reporting, precisamente alla Commissione *Customer Satisfaction* dell'Università degli Studi di Messina, per la gentilezza e la professionalità nell'aiutarmi nella somministrazione del sondaggio e *report* dei dati.

E in fine, un grazie agli **utenti dell'edificio preso in esame**, che fanno parte dell'Unità Organizzativa Trattamenti Economici, dell'Unità di Coordinamento Tecnico *Talent management* e formazione e del Dipartimento Amministrativo Affari Generali dell'Università degli Studi di Messina, senza la cui collaborazione non sarebbe stato possibile ottenere una parte dei risultati di questo lavoro.

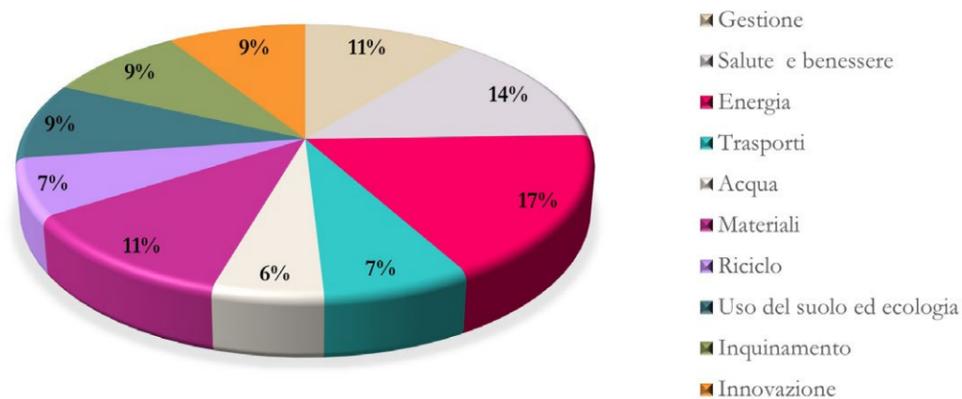




## BREEAM

BREEAM (*Building Research Establishment's Environmental Assessment Method*) nato nel 1990 nel Regno Unito e sviluppato dall'ente BRE<sup>1</sup> (*Building Research Establishment*) è stato il primo e il più diffuso protocollo, con oltre 425,000 certificazioni attive in 70 paesi, che misura il livello di prestazione ambientale di un edificio. La certificazione, su base volontaria, si erige sull'attribuzione di crediti relativi alle seguenti categorie sviluppate dall'ente BRE.

Le icone assegnate sono state progettate per rappresentare visivamente alcune delle informazioni contenute nel manuale per facilitarne la comprensione, e queste sono codificate a colori per allinearsi con i colori della categoria. Il metodo considera, quindi 10 aree di valutazione, ciascuna con un peso specifico per la valutazione finale. Il punteggio finale è individuato dalla sommatoria (pesata) dei singoli punteggi delle aree di valutazione. BREEAM considera, tra i requisiti prestazionali da soddisfare, anche l'impiego di materiali eco-compatibili; i macro-indicatori che determinano la qualità dell'ambiente interno sono raggruppati dell'area di valutazione "health and wellbeing".



Peso dei criteri in percentuale delle categorie ambientali del Protocollo BREEAM (Elaborazione dati [bregroup.com](http://bregroup.com))

Punteggio (%)	Classificazione	Star Rating
< 10	Non classificato	-
≥ 10 a <25	Accettabile	★
≥ 25 a <40	Passabile	★★
≥ 40 a <55	Buono	★★★
≥ 55 a <70	Molto Buono	★★★★
≥ 70 a <85	Eccellente	★★★★★
≥ 85	Eccezionale	★★★★★★

Sistemi di rating del Protocollo BREEAM (Elaborazione dati [bregroup.com](http://bregroup.com))

<sup>1</sup> Definito come BRE *Environmental Assessment Method*, un marchio registrato, di proprietà di BRE Global Ltd (azienda che ricerca, testa e analizza prodotti, servizi e sistemi). BREEAM consiste in una serie di schemi, sviluppati e gestiti da un certo numero di operatori di schemi nazionali in conformità con il Codice per un ambiente costruito sostenibile per valutare le prestazioni ambientali del ciclo di vita di edifici e infrastrutture.



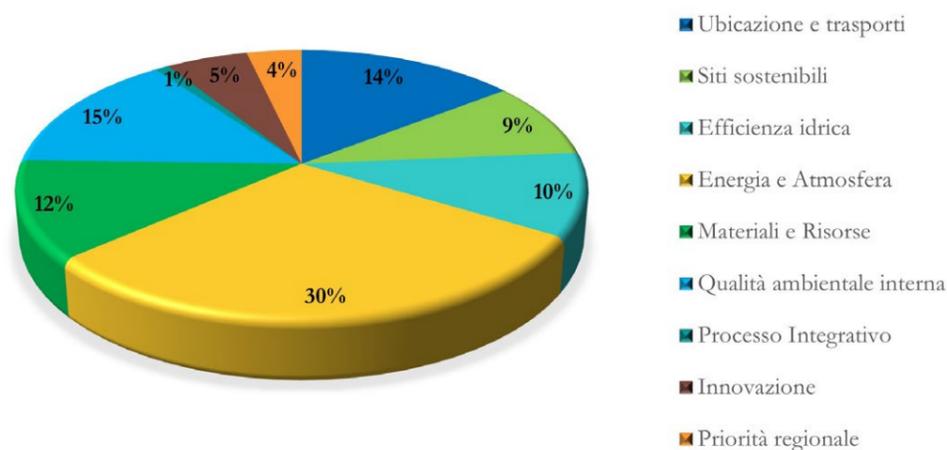
Icona	Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
	Gestione	0/21	Incoraggia l'adozione di pratiche di gestione sostenibili in relazione a progettazione, costruzione, messa in servizio, consegna e assistenza <i>post-vendita</i> . Ciò garantisce che solidi obiettivi di sostenibilità siano fissati e seguiti durante il funzionamento dell'edificio.
	Salute e benessere	0/22	Incoraggia le risorse a fornire ambienti salubri, sicuri, confortevoli e accessibili, sia internamente che esternamente, per i loro utenti dell'edificio. I problemi all'interno di questa categoria sono inerenti alla progettazione, nel caso di nuovi edifici, e alle decisioni sulle specifiche che creano un ambiente interno ed esterno sano, sicuro e confortevole.
	Energia	0/31	Incoraggia la riduzione del consumo di energia riconoscendo gli edifici con consumi energetici operativi ed emissioni di carbonio inferiori per tutta la durata del bene. Valuta l'efficienza energetica intrinseca del tessuto edilizio, i sistemi di manutenzione installati e la capacità di generazione di energia rinnovabile.
	Trasporto	0/12	Incoraggia la fornitura di un migliore accesso ai servizi locali e ai mezzi di trasporto sostenibili, vale a dire i trasporti pubblici e altre soluzioni di trasporto alternative per gli utenti degli edifici. Ciò consente soluzioni che supportano una riduzione dei viaggi in auto e, quindi, della congestione e delle emissioni di CO <sub>2</sub> per tutta la vita dell' <i>asset</i> .
	Acqua	0/10	Incoraggia l'uso sostenibile dell'acqua durante il funzionamento della risorsa e del sito associato. Ciò garantisce che la risorsa si concentri sull'identificazione dei mezzi per ridurre il consumo di acqua potabile (interno ed esterno) durante la vita utile dell'edificio e minimizzare le perdite dovute a perdite.
	Materiali	0/14	Incoraggia le decisioni che riducono l'impatto ambientale e sociale dei prodotti da costruzione utilizzati in un progetto. Adotta un approccio basato sull'intero ciclo di vita per gli impatti dei prodotti da costruzione, incoraggiando la considerazione degli impatti durante la produzione, la progettazione, l'approvvigionamento, l'installazione, l'uso e la fine del ciclo di vita.
	Riciclo	0/6	Incoraggia l'uso prudente e responsabile delle risorse, inclusi materiali e rifiuti. Per ridurre gli impatti sull'intera vita derivanti dall'uso delle risorse, la categoria richiede agli utenti di considerare gli impatti ambientali delle operazioni per la vita di un bene. La categoria incoraggia gli utenti a valutare l'uso delle risorse nel contesto di un'economia circolare e dei rifiuti secondo la gerarchia dei rifiuti.
	Uso del suolo ed ecologia	0/10	Incoraggia i beni ad acquisire consapevolezza del valore ecologico attuale e potenziale in loco e del potenziale impatto che il funzionamento del bene ha su tale valore. Ciò consente di stabilire strategie a lungo termine, comprese quelle per la gestione e la manutenzione, che proteggeranno e miglioreranno il valore ecologico in futuro.
	Inquinamento	0/12	Incoraggia la prevenzione e il controllo dell'inquinamento atmosferico e idrico associato all'ubicazione e all'uso del bene. Quindi incoraggia la risorsa a ridurre al minimo in modo pro-attivo il rischio di inquinamento delle comunità e degli ambienti circostanti, oltre a gestire i rischi di transizione associati ai refrigeranti.
	Innovazione	0/10	Offre opportunità di riconoscimento di prestazioni esemplari e innovazioni che non sono incluse o vanno oltre i requisiti dei criteri di credito. Ciò include crediti di prestazioni rari, per i casi in cui l'edificio soddisfa i livelli di prestazioni di un particolare problema. Include anche prodotti e processi innovativi per i quali è possibile richiedere un credito di innovazione, se sono stati approvati da <i>BRE Global Ltd</i> . I vantaggi in termini di risparmio sui costi dell'innovazione sono promossi e facilitati contribuendo a incoraggiare, guidare e pubblicizzare un'adozione accelerata di misure innovative.

Schematizzazione delle categorie ambientali BREEAM (Elaborazione dati [bregroup.com](http://bregroup.com))



## LEED

La certificazione LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) è di natura volontaria ed è stata sviluppata da GBC (*Green Building Council*) nel 1998, oggi si contano più di 20000 soci iscritti presenti in oltre 100 Paesi al mondo. La certificazione si basa su *standard* per la costruzione e certificazione di edifici eco-compatibili in grado di garantire la sostenibilità ambientale ed economica oltre che all'autonomia energetica. È un sistema di *rating* adattabile a diversi contesti urbani, si basa su una checklist utile ai progettisti per definire gli obiettivi di qualità ambientale che si vogliono raggiungere con la certificazione di un edificio o di un progetto. Lo *standard* si costruisce "sull'autocertificazione e sull'attribuzione di crediti per ciascuno dei requisiti caratterizzanti la sostenibilità di un edificio". Le categorie di *rating* si dividono in otto aree tematiche, le prime sei ricorrenti in tutti i tipi di certificazione.



Peso dei criteri in percentuale delle categorie ambientali del Protocollo LEED (Elaborazione dati [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org))

Punteggio (%)	Classificazione	Rating
≥ 40 a 49	Base	
≥ 50 a <59	Argento	
≥ 60 a <79	Oro	
≥ 80	Platino	

Sistemi di rating del Protocollo LEED (Elaborazione dati [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org))



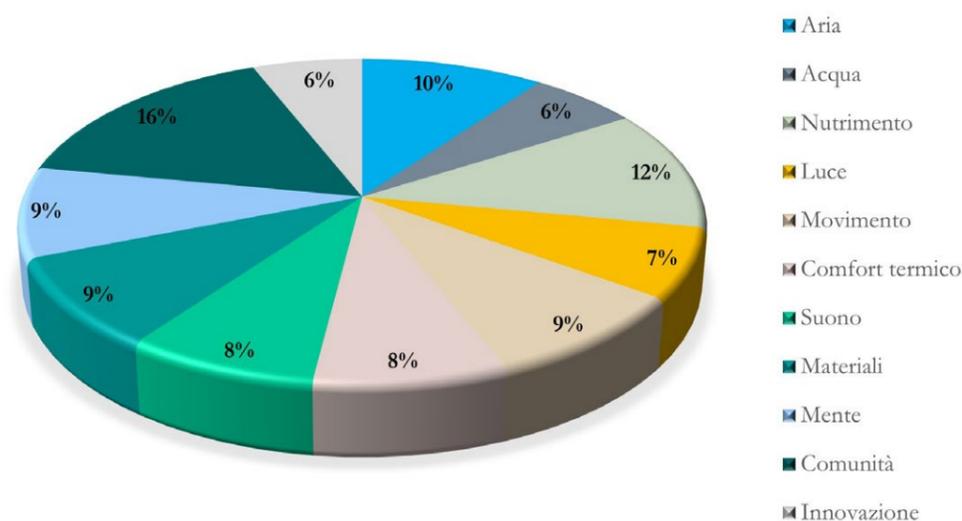
Icona	Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
	Ubicazione e trasporti	0/16	Incoraggia la fornitura di un migliore accesso ai servizi locali e ai mezzi di trasporto sostenibili, vale a dire i trasporti pubblici e altre soluzioni di trasporto alternative per gli utenti degli edifici.
	Siti sostenibili	0/10	Utilizzo di siti già esistenti, minimizzazione dell'impatto dell'edificio sull'ecosistema, controllo e gestione dell'acqua piovana, verifica delle emissioni di sostanze inquinanti nell'atmosfera anche in fase di costruzione.
	Efficienza idrica	0/11	Gli edifici sono i maggior fruitori di acqua potabile. Scopo di questa categoria è un uso intelligente dell'acqua, all'interno e all'esterno dell'edificio.
	Energia e Atmosfera	0/33	Questa categoria incoraggia tutta una serie di strategie per utilizzare al meglio l'energia come: elettrodomestici più efficienti, miglior <i>design</i> , illuminazione più efficace oltre all'uso di forme rinnovabili di energia.
	Materiali e Risorse	0/13	Durante sia la costruzione che la fase operativa, gli edifici producono quantità enormi di rifiuti usando contemporaneamente enormi quantità di risorse. Questa categoria incoraggia l'uso di materiali locali e promuove un'attenta riduzione dei rifiuti tramite il riuso e riciclo. In particolar modo premia la riduzione a monte della produzione di rifiuti.
	Qualità ambientale interna	0/16	Se si pensa che un essere umano trascorre mediamente il 90% della sua giornata all'interno di un edificio, si capisce come mai si dedichi così tanta attenzione a questo aspetto. Questa categoria promuove strategie che migliorano la qualità dell'aria, di luce naturale e di comfort acustico.
	Processo Integrativo	0/1	Questa categoria incoraggia la costruzione in siti precedentemente costruiti e lontani da zone sensibili dal punto di vista ambientale. Vengono premiati soprattutto i siti vicini a infrastrutture pre-esistenti, zone pedonali o luoghi per lo sport e le attività all'aperto.
	Innovazione	0/6	Vengono assegnati punti speciali a quei progetti che usano tecnologie e strategie innovative per migliorare il rendimento di un edificio, non espressamente descritte nelle categorie precedenti. Inoltre questa categoria conferisce punti a quei progetti che includono nel team un professionista accreditato LEED che assicuri un approccio olistico alla progettazione.
	Priorità regionale	0/4	Alcune caratteristiche ambientali sono del tutto uniche e specifiche della località in cui è situato l'edificio oggetto di intervento.

Schematizzazione delle categorie ambientali LEED (Elaborazione dati [www.usgbc.org](http://www.usgbc.org))



## WELL

WELL *Building Standard*<sup>TM</sup> versione 2 (WELL v2<sup>TM</sup>) è un veicolo che consente a edifici e organizzazioni di offrire spazi più ponderati e intenzionali che migliorano la salute e il benessere umano. WELL v2 include una serie di strategie, supportate dalle più recenti ricerche scientifiche, che mirano a promuovere la salute umana attraverso interventi di progettazione, protocolli e politiche operative e a promuovere una cultura della salute e del benessere. Costruito sulle fondamenta pionieristiche della prima versione del WELL *Building Standard* (WELL v1), WELL v2 trae competenze da una comunità diversificata di utenti WELL, professionisti della sanità pubblica e scienziati dell'edilizia in tutto il mondo.



Peso dei criteri in percentuale delle categorie ambientali del Protocollo WELL (Elaborazione dati [v2.wellcertified.com](http://v2.wellcertified.com))

Punteggio (%)	Classificazione	Rating
≥ 40 a 49	Base	
≥ 50 a <59	Argento	
≥ 60 a <79	Oro	
≥ 80	Platino	

Sistemi di rating del Protocollo WELL (Elaborazione dati [v2.wellcertified.com](http://v2.wellcertified.com))



Icona	Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
	Aria	0/10	Il concetto WELL Air mira a raggiungere elevati livelli di qualità dell'aria interna durante tutta la vita di un edificio attraverso diverse strategie che includono l'eliminazione o la riduzione delle fonti, la progettazione attiva e passiva dell'edificio, strategie operative e interventi sul comportamento umano.
	Acqua	0/6	Il concetto WELL Water copre aspetti della qualità, distribuzione e controllo dell'acqua liquida in un edificio. Comprende funzionalità che riguardano la disponibilità e le soglie di contaminazione dell'acqua potabile, nonché funzionalità mirate alla gestione dell'acqua per evitare danni ai materiali da costruzione e alle condizioni ambientali.
	Nutrizione	0/12	Il concetto di WELL Nourishment richiede disponibilità di frutta e verdura e trasparenza nutrizionale. Incoraggia la creazione di ambienti alimentari in cui la scelta più sana è la scelta più semplice.
	Luce	0/7	Il concetto WELL Light promuove l'esposizione alla luce e mira a creare ambienti luminosi che promuovano la salute visiva, mentale e biologica.
	Movimento	0/9	Il concetto di WELL Movement promuove l'attività fisica nella vita di tutti i giorni attraverso la progettazione ambientale, politiche e programmi per garantire che le opportunità di movimento siano integrate nel tessuto della nostra cultura, dei nostri edifici e delle nostre comunità.
	Comfort termico	0/8	Il concetto WELL Thermal Comfort mira a promuovere la produttività umana e fornire il massimo livello di comfort termico a tutti gli utenti dell'edificio attraverso una migliore progettazione e controllo del sistema HVAC e soddisfacendo le preferenze termiche individuali.
	Suono	0/8	Il concetto WELL Sound mira a rafforzare la salute e il benessere degli occupanti attraverso l'identificazione e la mitigazione dei parametri di comfort acustico che modellano le esperienze degli occupanti nell'ambiente costruito.
	Materiali	0/9	Il concetto di WELL Materials mira a ridurre l'esposizione umana, diretta o attraverso la contaminazione ambientale, a sostanze chimiche che possono avere un impatto sulla salute durante la costruzione, la ristrutturazione, l'arredamento e il funzionamento degli edifici.
	Mente	0/9	Il concetto WELL Mind promuove la salute mentale attraverso politiche, programmi e strategie di progettazione che cercano di affrontare i diversi fattori che influenzano il benessere cognitivo ed emotivo.
	Comunità	0/16	Il concetto di WELL Community mira a supportare l'accesso all'assistenza sanitaria essenziale, costruire una cultura della salute che soddisfi le diverse esigenze della popolazione e creare una comunità di occupanti inclusiva e impegnata.
	Innovazione	0/6	Le caratteristiche di innovazione aprono la strada ai progetti per sviluppare strategie uniche per la creazione di ambienti più sani.

Schematizzazione delle categorie ambientali WELL (Elaborazione dati [v2.wellcertified.com](http://v2.wellcertified.com))



### Fitwel

Fitwel mira a promuovere ambienti interni più sani, a differenza di altre è una lista di controllo autoamministrata. In sostanza, il rappresentante dell'edificio esamina un edificio nuovo o esistente e cerca cose che soddisfino l'elenco di articoli che promuovono la salute di Fitwel.

Punteggio (%)	Classificazione	Star Rating
≥ 90 a 104	Base	★
≥ 105 a <124	Argento	★★
≥ 124 a 144	Oro	★★★

Sistemi di rating del Protocollo Fitwel (Elaborazione dati <https://www.fitwel.org/>)

Icona	Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
	Impatti che circondano la salute della comunità	-	Le strategie che influiscono sulla salute della comunità circostante ampliano l'impatto del progetto oltre la salute degli occupanti del sito, raggiungendo coloro che vivono, lavorano, giocano o imparano nelle aree vicine.
	Riduce la morbilità e l'assenteismo	-	Le strategie che riducono la morbilità e l'assenteismo promuovono una diminuzione dei tassi di malattie croniche e condizioni di salute mentale, con il risultato di un ufficio sano con riduzioni della trasmissione di malattie e meno giorni di lavoro persi.
	Supporta l'equità sociale per le popolazioni vulnerabili	-	Le strategie che supportano l'equità sociale per le popolazioni vulnerabili garantiscono che una serie di popolazioni, tra cui bambini, anziani, disabili o persone socio-economicamente svantaggiate, abbiano un maggiore accesso alle opportunità di promozione della salute attraverso l'accessibilità universale e incentivi tariffari.
	Infonde sensazioni di benessere	-	Le strategie che instillano sentimenti di benessere promuovono l'inclusione, il <i>relax</i> e la percezione di sicurezza attraverso spazi rigeneranti e puliti, una migliore connessione con la natura e opportunità di impegno sociale.
	Migliora l'accesso a cibi sani	-	Le strategie che migliorano l'accesso a cibi sani forniscono agli occupanti una maggiore disponibilità di frutta, verdura e altre opzioni alimentari nutrienti diversificando gli sbocchi e le fonti di opzioni alimentari più sane, promuovendo scelte più sane e riducendo i costi di opzioni più sane attraverso incentivi sui prezzi.
	Promuove la sicurezza degli occupanti	-	Le strategie che promuovono la sicurezza degli occupanti riducono il rischio di crimini e lesioni, proteggono ciclisti e pedoni dal traffico veicolare e aumentano la sicurezza delle scale.
	Aumenta l'attività fisica	-	Le strategie che aumentano l'attività fisica incorporano opportunità di movimento nella vita di tutti i giorni, incoraggiando il trasporto attivo, promuovendo l'uso delle scale o espandendo l'accesso alle aree e alle attrezzature per il fitness interne ed esterne.

Schematizzazione delle categorie ambientali Fitwel (Elaborazione dati <https://www.fitwel.org/>)



### Reset

Lo *standard* RESET è composto da cinque *standard* indipendenti: Materiali, Aria, Acqua, Energia e Circolarità. Sono modulari e possono essere realizzati separatamente o insieme a seconda delle esigenze del progetto. RESET non è prescrittivo e non è composto da *checklist* o percorsi obbligatori, dà invece priorità ai risultati operativi attraverso un monitoraggio continuo. La divisione dello *standard* in moduli offre ai team l'opportunità di perseguire i criteri per loro più critici in base alle priorità individuali, quindi i progetti non devono completare tutti i moduli per potersi certificare.

Icona	Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
	Materiali	-	Rendi visibile il fattore invisibile che influisce su tutti gli spazi interni in termini di salute, produttività e sostenibilità.
	Aria	-	Rendi visibile il fattore invisibile che influisce su tutti gli spazi interni in termini di salute, produttività e sostenibilità.
	Acqua	-	Generare consapevolezza sulla conservazione dell'acqua e migliorare l'efficienza nell'uso dell'acqua e la qualità dell'acqua.
	Energia	-	Portare in primo piano i costi operativi del carbonio dell'ambiente costruito e sfruttare cicli di feedback più rapidi per migliorare.
	Circolarità	-	Tracciare e comprendere automaticamente il ciclo di vita in ingresso e in uscita dei rifiuti; dove e quanto viene generato e consumato.

Schematizzazione delle categorie ambientali Reset (Elaborazione dati <https://www.reset.build/>)



### CASBEE

CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency*) è un metodo per la valutazione e valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici. Si tratta di una valutazione completa di la qualità di un edificio, valutando caratteristiche quali il comfort interno e l'estetica scenografica, in considerazione delle pratiche ambientali che includono l'uso di materiali e attrezzature che risparmiano energia o ottenere carichi ambientali minori. La valutazione CASBEE è classificata in cinque gradi: Eccellente (S), Molto buono (A), buono (B+), abbastanza scarso (B-) e scadente (C). CASBEE comprende diversi strumenti di valutazione a seconda della dimensione del edificio soggetto a valutazione, come abitazioni, edifici, aree urbane e città, che sono tutti collettivamente chiamata Famiglia CASBEE.

Punteggio	Classificazione	Star Rating
S	Eccellente	★★★★★
A	Molto buono	★★★★
B+	Buono	★★★
B-	Abbastanza scarso	★★
C	Scadente	★

Sistemi di rating del Protocollo CASBEE (Elaborazione dati <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>)

Categoria Ambientale	Elementi di valutazione	Scopo
Ambiente interno	- Ambiente sonoro - Comfort termico - Luce e illuminazione - Qualità dell'aria	Valutare l'ambiente interno, che ha un impatto importante sulla salute, sul comfort e sulla produttività degli occupanti, come prestazione fondamentale dell'edificio.
Qualità dei servizi	- Abilità del servizio - Durata e affidabilità - Flessibilità e adattabilità	La valutazione delle funzioni di servizio agli utenti e ai proprietari di un edificio riguarda aspetti funzionali che influiscono sulle attività degli utenti all'interno dell'edificio e altri necessari per il mantenimento del costruendosi in buone condizioni a lungo termine.
Ambiente esterno	- Conservazione e creazione del biotopo - Paesaggio urbano e paesaggio - Caratteristiche locali e servizi all'aperto	Valuta il miglioramento della qualità ambientale dell'ambiente esterno (in loco) e i suoi dintorni, derivati dagli sforzi all'interno dell'edificio e all'interno del sito.

Schematizzazione delle categorie ambientali CASBEE (Elaborazione dati <https://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/>)



### DGNB

Il sistema tedesco DGNB (acronimo di German Sustainable Building Council) non focalizza sulla prestazione energetica, adottando invece una visione più olistica del concetto di edificio sostenibile. In Germania il risparmio energetico per edifici nuovi e riqualificati è regolato a livello legislativo dalla EnEV (*Energieeinsparverordnung*), e la certificazione DGNB premia gli edifici che consumano meno energia di quella prevista dalla norma e consumano quindi meno risorse e producono meno emissioni.

Punteggio (%)	Classificazione	Rating
0% a <35%	Bronzo	
> 35% a <50%	Argento	
≥ 50% a <65%	Oro	
≥ 65% a 80%	Platino	

Sistemi di rating del Protocollo DGNB (Elaborazione dati <https://www.dgnb.de/en>)



## HQE

La certificazione HQE riflette un equilibrio tra rispetto dell'ambiente (energia, carbonio, acqua, rifiuti, biodiversità, ecc.), qualità della vita e performance economica attraverso un approccio globale e multitematico/multicriterio. Qualunque sia il territorio, HQE è anche una tabella di marcia strategica, garantendo il controllo dei costi e delle scadenze durante la costruzione, il controllo dei costi e dei rischi durante l'esercizio e la differenziazione durante il noleggio o la vendita.

Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
Bioedilizia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Progettazione integrata dell'edificio con il contesto ambientale urbano</li> <li>- Scelta integrata di materiali e tecnologie</li> <li>- Cantiere a basso impatto</li> </ul>	Relazione armonica dell'edificio con l'ambiente che lo circonda; scelta integrata delle tecnologie e dei materiali da costruzione e cantieri a basso impatto.
Ecogestione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gestione dell'energia</li> <li>- Gestione dell'acqua</li> <li>- Gestione dei rifiuti</li> <li>- Manutenzione e riparazione</li> </ul>	Gestione dell'energia, gestione dell'acqua, gestione dei rifiuti dell'attività di cantiere, manutenzione e riparazione e realizzazione di un ambiente interno soddisfacente.
Comfort	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comfort igrotermico</li> <li>- Comfort acustico</li> <li>- Comfort visivo</li> <li>- Comfort olfattivo</li> </ul>	Comfort rispetto all'umidità, comfort acustico, visivi e olfattivo.
Salute	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condizioni igieniche</li> <li>- Qualità dell'aria</li> <li>- Qualità dell'acqua</li> </ul>	Condizioni sanitarie, qualità dell'acqua e dell'aria.

Schematizzazione delle categorie ambientali HQE (Elaborazione dati <https://www.hqegbc.org/en/>)



## ITACA

Il Protocollo ITACA è oggi ampiamente applicato in ambito nazionale. Le caratteristiche di trasparenza e oggettività di valutazione di tale strumento, la natura prestazionale e non prescrittiva dei suoi criteri di valutazione, l'aderenza alla normativa tecnica nazionale dei metodi di calcolo e la semplice comunicazione del risultato finale, sono gli aspetti che hanno favorito il suo utilizzo sia nell'edilizia privata che nell'ambito di bandi, gare d'appalto, provvedimenti pubblici, programmi di *social housing* e nei Piani Casa pubblici, basati su meccanismi di premialità finanziaria e volumetrica in base ai risultati della valutazione.

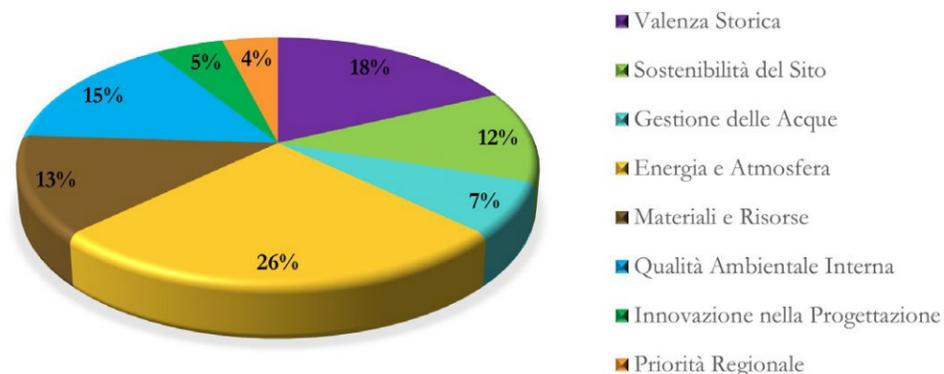
Icona	Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
	Esterni	-	In quest'area il protocollo Itaca e i C.A.M. analizzano le caratteristiche ambientali dell'area esterna all'edificio e le sue relazioni con il territorio (trasporti, servizi, raccolta differenziata dei rifiuti, mobilità green, specie arboree, ecc.)
	Acqua	-	Questa è l'area dove vengono analizzati i risparmi dei consumi di acqua potabile sia per l'irrigazione esterna che per gli usi interni agli edifici. Vengono infine analizzati sia la quantità di acque grigie inviate in fognatura che la permeabilità degli spazi esterni degli edifici.
	Energia	-	Il tema del risparmio energetico è centrale sia nei C.A.M. che nel Protocollo Itaca, sia in termini di consumi di energia e in generale di risorse che di prestazioni sia dell'involucro edilizio che degli impianti.
	Materiali ecosostenibili	-	Un altro tema importante e centrale anche nei C.A.M., è l'utilizzo di materiali ecosostenibili nelle costruzioni: materiali che siano riciclabili o che contengano riciclato, che siano disassemblabili, che provengano da fonti rinnovabili o rigenerabili, che non contengano sostanze pericolose per la salute e infine che siano certificati.
	Comfort	-	In quest'area vengono analizzati tutti gli aspetti legati al comfort: illuminazione, temperatura, umidità, ventilazione, qualità acustica, presenza di campi elettromagnetici. Vengono anche studiati la dotazione di servizi e la qualità degli aspetti legati all'automazione (bacs e domotica) e al monitoraggio dei consumi. Senza trascurare la qualità della progettazione con il <i>Design for all</i> .

Schematizzazione delle categorie ambientali ITACA (Elaborazione dati [https://www.itaca.org/certificazione\\_ed\\_sost.asp](https://www.itaca.org/certificazione_ed_sost.asp))



### GBC Historic Building

Il sistema di verifica GBC *Historic Building*<sup>®</sup> misura la sostenibilità dell'edificio secondo le aree tematiche che caratterizzano i *rating system* LEED<sup>®</sup>/GBC, aggiungendone una, specifica dell'ambito conservativo, come indicato nella tabella accanto. Lo schema di certificazione GBC *Historic Building*<sup>®</sup> prevede una verifica delle prestazioni di sostenibilità i cui prerequisiti e crediti sono presentati nel manuale con una struttura dei paragrafi uniforme. Il protocollo è frutto di un intenso lavoro interdisciplinare che ha coinvolto il Ministero dei Beni e attività culturali e turismo, e che ha portato alla definizione di criteri sostenibili per la progettazione e la realizzazione di interventi di restauro. In analogia con i protocolli GBC Italia e LEED, il GBC HB prevede 4 livelli di certificazione.



Peso dei criteri in percentuale delle categorie ambientali GBC *Historic Building* (Elaborazione dati <https://gbcitalia.org/>)

Punteggio (%)	Classificazione	Star Rating
≥ 40 a <49	Base	
≥ 50 a <59	Argento	
≥ 60 a <79	Oro	
≥80	Platino	

Sistemi di rating del GBC *Historic Building* (Elaborazione dati <https://gbcitalia.org/>)



Icona	Categoria Ambientale	Crediti	Scopo
	Valenza Storica	0/20	Mirano a preservare ciò che è riconosciuto quale testimonianza avente valore di civiltà, favorendo un elevato livello di sostenibilità mediante la valorizzazione delle qualità positive del costruito preindustriale e senza concentrare l'attenzione proprio sugli aspetti maggiormente negativi.
	Sostenibilità del Sito	0/13	Si occupa degli aspetti ambientali legati al luogo in cui il manufatto storico è situato, con particolare riferimento al rapporto tra edificio e ambiente circostante e ai potenziali impatti che il manufatto è in grado di generare. In particolare, i crediti della presente area tematica mirano ad attenuare i danni conseguenti a una precedente disattenta pianificazione, che possono aver generato nel tempo effetti negativi sugli ecosistemi naturali e sociali in diversi modi e forme.
	Gestione delle Acque	0/8	L'area tematica Gestione delle Acque, oltre alla riduzione dei consumi idrici per gli usi civili, è possibile quindi valorizzare il contributo dei dispositivi preindustriali per la raccolta e la gestione delle acque meteoriche ripristinati attraverso il restauro o la riqualificazione, come pure migliorare l'efficienza di fontane e giochi d'acqua presenti negli spazi esterni pertinenziali. Per l'integrazione di nuovi dispositivi, nell'ottica del rispetto del "minimo intervento" che caratterizza i processi di natura conservativa, è preferibile avvalersi, laddove ciò sia tecnicamente fattibile dei cavedi esistenti, presenti nell'edificio storico, al fine di preservare gli elementi esistenti senza compromettere la materia storica ed eventuali apparati decorativi.
	Energia e Atmosfera	0/29	Nell'area tematica Energia e Atmosfera è stato introdotto il principio del miglioramento prestazionale dell'edificio rispetto ad una condizione di riferimento, anziché dell'adeguamento prestazionale a livelli di performance prefissati e rigidi, considerando che nell'architettura storica qualsiasi miglioramento, anche modesto, costituisce un passo importante nella direzione della riduzione dei consumi energetici, del contenimento delle emissioni di gas climalteranti e dell'aumento del comfort per gli occupanti.
	Materiali e Risorse	0/14	L'area tematica Materiali e Risorse ha l'obiettivo di garantire che l'intervento progettuale si ponga in continuità con l'edificio esistente, preservandone quanto più possibile la materia storica, nel rispetto dei principi di sostenibilità legati alla riduzione dell'estrazione di materie vergini e al consumo di suolo.
	Qualità ambientale Interna	0/16	L'area tematica Qualità Ambientale Interna consente di conseguire i prerequisiti e i crediti attraverso due possibili percorsi: da un lato con l'obiettivo della massima conservazione e tutela dell'architettura storica, dall'altro il raggiungimento la massimizzazione delle condizioni di comfort e qualità dell'aria interna per gli occupanti. Questo duplice approccio consente di rispettare gli ambienti storici, proteggendo le superfici e i materiali di pregio, e, al tempo stesso, di raggiungere i massimi livelli di comfort e qualità dell'aria interna conseguibili, sfruttando al meglio il potenziale offerto dalle condizioni al contorno.
	Innovazione nella Progettazione	0/6	L'obiettivo dell'area tematica Innovazione nella Progettazione consiste nel valorizzare quelle soluzioni progettuali, sviluppate all'interno del processo di restauro o riqualificazione dell'edificio, che si distinguono per le caratteristiche di innovazione e di elevata performance di sostenibilità.
	Priorità Regionale	0/4	Alcune caratteristiche ambientali sono del tutto uniche e specifiche della località in cui è situato l'edificio oggetto di intervento. Al fine di incentivare i gruppi di progettazione a focalizzare l'attenzione sugli aspetti di regionalità dell'intervento, GBC Italia ha identificato fino a sei crediti per ogni differente contesto territoriale avente caratteristiche ambientali assimilabili o affini sul territorio italiano.

Schematizzazione delle categorie ambientali GBC *Historic Building* (Elaborazione dati <https://gbcitalia.org/>)

