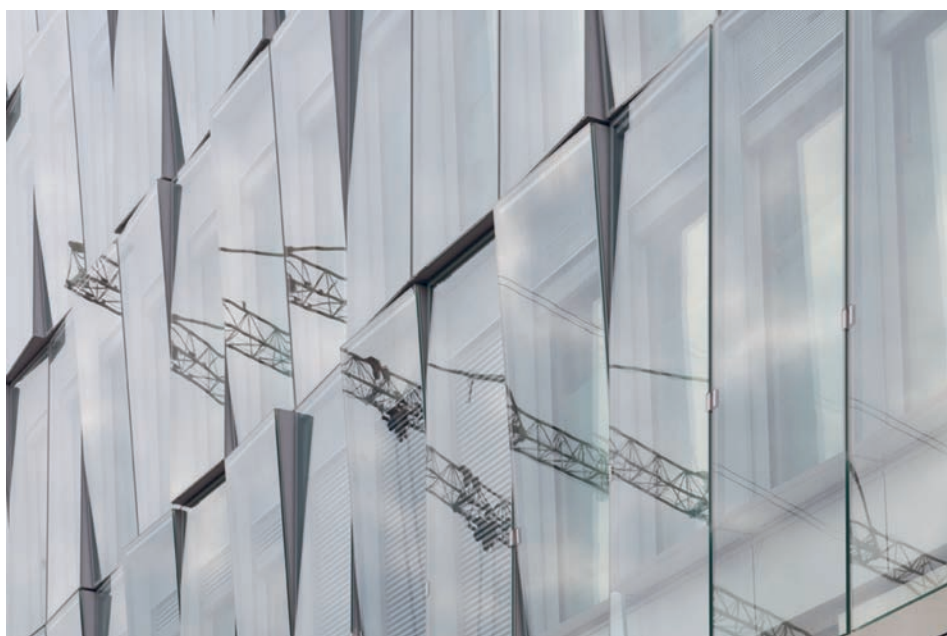


Silvia Brunoro

Involucri a doppia pelle vetrata in clima mediterraneo

**Strategie, criteri progettuali
ed esempi realizzati**



Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI

RICERCHE DI TECNOLOGIA DELL' ARCHITETTURA

diretta da Jacopo Gaspari (Università di Bologna)

Comitato scientifico:

Laura Aelenei (LNEG), Alessandra Battisti (Sapienza Università di Roma),
Andrea Campioli (Politecnico di Milano), Pietromaria Davoli (Università di Ferrara),
Gareth Doherty (Harvard University), Stephen Emmitt (University of Bath),
Maria Luisa Germanà (Università di Palermo), Antonin Lupisek (Czech Technical
University in Prague), Antonello Monsù Scolaro (Università di Sassari),
Francesco Pilla (University College Dublin), Rosa Schiano-Phan (University
of Westminster), Antonella Violano (Università della Campania Luigi Vanvitelli).

La storica collana *Ricerche di Tecnologia dell'architettura* ha avuto, fin dalle origini, il desiderio di rappresentare la disciplina della tecnologia dell'architettura nelle sue diverse forme di relazione con il progetto di architettura, la trasformazione dell'ambiente costruito e gli operatori del settore edilizio. Nel corso dei decenni, ha pubblicato volumi che hanno descritto le traiettorie di innovazione e i cambiamenti culturali nel settore dell'edilizia, contribuendo a mantenere aggiornato l'ambito disciplinare.

Ricerche di Tecnologia dell'architettura raccoglie gli esiti di progetti di ricerca nazionali e internazionali, studi e ricerche sperimentali, tesi di dottorato di ricerca riguardanti teorie e metodi inerenti materiali e sistemi costruttivi, architettura sostenibile e riqualificazione, efficienza energetica e transizione a emissioni zero, approcci di economia circolare nel settore delle costruzioni.

Oltre al riconosciuto valore scientifico e accademico, la collana costituisce un apprezzato strumento di supporto nel campo dell'architettura e dell'ingegneria con spunti operativi per la professione, distinguendosi per il suo impegno nel descrivere la continua evoluzione della Tecnologia dell'architettura e dei suoi confini che, nel corso del tempo, si sono estesi per ricomprendere interessi di ricerca contigui, tra cui tecnologie digitali, modelli e processi avanzati, concept e servizi di progettazione innovativi in una prospettiva più ampia, orientata a dare risposte alle sfide future e agli impatti del cambiamento climatico sulle città contemporanee.

La collana nasce nel 1974 sotto la direzione di Raffaella Crespi e Guido Nardi. A partire dal 2012 la valutazione delle proposte è stata sottoposta a referaggio da parte di un Comitato scientifico diretto da Giovanni Zannoni, con lo scopo di individuare e selezionare i contributi più interessanti nell'ambito della Tecnologia dell'architettura. Dal 2025 questo incarico viene assunto da Jacopo Gaspari, ampliando gli ambiti di interesse alle discipline di confine della materia. I numerosi volumi pubblicati in questi anni delineano un efficace panorama dello stato e dell'evoluzione della ricerca nel settore della Tecnologia dell'architettura con alcuni testi che sono diventati delle basi fondative della disciplina.

A partire dal numero 87 della collana i volumi sono sottoposti a referaggio.

Silvia Brunoro

Involucri a doppia pelle vetrata in clima mediterraneo

**Strategie, criteri progettuali
ed esempi realizzati**

Ricerche di tecnologia dell'architettura
FRANCOANGELI

L'autrice desidera ringraziare l'Azienda Permasteelisa S.p.A., ed in particolare l'Ing. Guido Lori, per la competenza e la disponibilità.
Il materiale dei progetti presenti nel capitolo 4 è stato fornito dall'Azienda Permasteelisa.

Il progetto grafico delle schede del capitolo 4, nonché l'elaborazione delle immagini, dei disegni e degli schemi, è ad opera dell'Arch. Lisa Mensi e dell'Arch. Margherita Montanari, alle quali va il mio ringraziamento.

Dedico questa pubblicazione ai miei genitori.

In copertina: la facciata di uno degli edifici delle Torri Garibaldi, Milano
(Credits: Permasteelisa).

Isbn e-book: 9788835195238

Copyright © 2026 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it

Gli eventuali link attivi inseriti nel volume sono forniti dall'autore. L'editore non si assume alcuna responsabilità sui link attivi ivi contenuti che rimandano a siti non appartenenti a FrancoAngeli.

L'autore dichiara che, nella fase di stesura del presente volume, ha utilizzato strumenti di IA generativa esclusivamente per la revisione linguistica e l'ottimizzazione stilistica. Il controllo finale dei contenuti e la responsabilità scientifica dell'opera restano integralmente a carico dell'autore.

Indice

Prefazione , a cura di <i>Guido Lori</i>	pag.	9
Introduzione	»	11
1. Sostenibilità ambientale dell'involucro edilizio	»	15
1.1. Le nuove politiche energetiche: NZEB e oltre	»	15
1.2. L'evoluzione delle prestazioni dell'involucro architettonico	»	22
1.3. Il ruolo dell'involucro negli edifici energeticamente efficienti: un sistema attivo e dinamico	»	27
2. Facciate a doppia pelle vetro-vetro: definizione, classificazione ed aspetti generali di funzionamento	»	37
2.1. Definizione del sistema a doppia pelle: un nuovo concetto di facciata	»	37
2.2. Cenni storici: evoluzione dei sistemi di facciata vetrata	»	43
2.3. Tipologie di facciata	»	59
2.3.1. Il sistema di facciata a tutta superficie	»	60
2.3.2. Il sistema di facciata a corridoio o canali	»	63
2.3.3. Il sistema di facciata a celle	»	65
2.4. Tipologie di ventilazione	»	67
2.4.1. Facciate a ventilazione naturale	»	68
2.4.2. Facciate a ventilazione forzata	»	70
2.4.3. Facciate a ventilazione ibrida o mista	»	72
2.5. Direzione di ventilazione	»	73
2.5.1. Direzione di ventilazione esterna	»	73
2.5.2. Direzione di ventilazione interna	»	73
2.5.3. Direzione di ventilazione mista	»	74
2.5.4. Zona buffer	»	75
2.6. Tamponamenti vetrati	»	76

2.7. Dispositivi complementari	pag.	81
2.7.1. Sistemi di protezione solare e controllo dell'introspezione	»	81
2.7.2. Elementi per la ventilazione dell'intercapedine	»	84
2.7.3. Sistemi di compartimentazione dell'intercapedine e di ausilio ai flussi di ventilazione	»	85
2.7.4. Sistemi per la fruizione dello spazio tra le pelli	»	85
2.8. Il sistema HVAC	»	86
2.9. Sistemi misti	»	88
3. Involucro vetrato e clima caldo (temperato, mediterraneo, subtropicale)	»	92
3.1. Clima caldo e caldo umido: criticità del sistema, parametri prestazionali	»	92
3.2. Il contesto normativo italiano sul sistema a doppio involucro trasparente	»	104
3.2.1. Ricambi d'aria	»	105
3.2.2. Illuminazione naturale	»	107
3.2.3. Isolamento acustico	»	108
3.2.4. Sicurezza in caso di incendio	»	108
4. Esempi realizzati	»	116
Torri Garibaldi A, B, Milano (2012)	»	119
Torre Intesa San Paolo, Torino (2016)	»	127
Torre Chamartín, Isla Chamartín, Madrid (2018)	»	134
Colegio Americano, Madrid (2020)	»	140
Torre de Cristal, Madrid (2008)	»	146
Banco Popular HQ, Madrid (2012)	»	152
Torre Agbar, Barcellona (2005)	»	155
5. Indicazioni progettuali di massima	»	162
5.1. Aspetti termofisici e caratteristiche generali	»	162
5.1.1. Sistemi costruttivi e tipologia di vetro	»	164
5.1.2. Facciate a tutta superficie	»	169
5.1.3. Facciate a canali	»	170
5.1.4. Facciate a celle	»	170
5.1.5. Sistemi misti	»	172
5.2. Elementi complementari	»	174
5.2.1. Schermature	»	175
5.2.2. Inserimento di verde in intercapedine	»	176

5.3. Ventilazione dei vani interni	pag.	180
5.4. Applicabilità per destinazione d'uso	»	182
5.5. Applicabilità per tipologia edilizia	»	185
5.6. Aspetti acustici	»	186
5.7. Aspetti economici	»	187
Glossario	»	191
Bibliografia	»	195

Prefazione

di Guido Lori¹

Ancora oggi, a oltre cinquant'anni dalla sua fondazione da parte del visionario Massimo Colomban, Permasteelisa è sempre il riferimento per il settore delle facciate su misura. Fra i motivi principali del suo successo, vi sono stati l'innovazione continua e la sperimentazione, in anni in cui ogni progetto era una nuova sfida e la ricerca si effettuava in maniera pionieristica, con l'obiettivo di spingersi oltre i limiti. Non a caso Colomban era il sarto dei cieli, colui che realizzava le visioni più audaci degli architetti più arditi. Con la sperimentazione si riusciva spesso a rendere possibile una prima applicazione di un concetto e la stessa diventava, pur nell'ambito di una progettazione dedicata, una nuova tecnologia da implementare e migliorare continuamente nel futuro.

Così è stato anche per la doppia pelle, tecnologia ideale per compensare la dispersione termica delle ampie superfici vetrate, che ha trovato applicazione preferenziale negli edifici commerciali e uffici dove il requisito di trasparenza è dominante. La doppia pelle si è diffusa attraverso l'installazione di involucri esterni con ampie cavità fra le facciate vetrate, ma soprattutto con l'introduzione della doppia pelle integrata nel sistema a cellule, con cavità ventilate compartimentate. Sulla spinta degli ambiziosi obiettivi zero-energy, fra la fine degli anni Novanta e i primi anni Duemila, le doppie pelli sono state la tematica principale di ricerca della Permasteelisa. Estensivi studi sperimentali vennero condotti mediante 14 *testrooms* permanenti approntate su una facciata del Quaternario, edificio sede dell'azienda fino ai primi anni Duemila, il cui nome richiamava un brevetto storico, il rivoluzionario telaio smontabile per la sostituzione agevolata del vetro.

Le *testrooms* combinavano diverse tipologie di facciata e di sistemi di condizionamento, un muro di riferimento, doppie pelli attive, interattive, elementi di schermatura e prime soluzioni bioclimatiche, in anticipo di decenni sul concetto di *green wall*. Le misure sperimentali venivano registrate a lungo, per

¹ Ing. Guido Lori, Permasteelisa Group R&D.

individuare le condizioni peggiori e la loro variazione rispetto ai cicli giornalieri e stagionali. Venivano misurate temperature dell'aria interna, della facciata, della cavità delle doppie pelli, l'umidità relativa, portate d'aria e acqua del sistema di condizionamento, radiazione solare, temperatura esterna e velocità del vento. Si apriva in quegli anni la strada della simulazione numerica, le *testrooms* erano così il modo per accumulare dati sperimentali e verificare sul campo i risultati in termini di comfort e isolamento energetico. Gli stessi software di simulazione erano sviluppati internamente o in collaborazione con aziende o istituti di ricerca e quei risultati sperimentali erano una fonte indispensabile per la loro calibrazione. C'era la necessità di misurare quantitativamente il beneficio apportato in termini d'isolamento energetico e per questo si integravano nella stessa simulazione la facciata, l'impianto di condizionamento e l'eventuale recupero di energia dalla cavità. Si iniziava a parlare di ritorno dell'investimento rispetto ai maggiori costi della doppia pelle e di quantificazione economica delle migliori condizioni di comfort, data l'aumentata produttività degli occupanti degli uffici.

Dopo più di vent'anni le doppie pelli sono ancora uno degli argomenti di discussione più accesi in ambito di facciate continue, con nuovo impulso fornito dalle tematiche di sostenibilità ambientale. Si parla oggi di payback rispetto alle emissioni di CO₂, bilanciando emissioni legate alla produzione, spedizione, installazione e mantenimento della facciata con quelle per il riscaldamento e il raffrescamento dell'edificio, che nel caso di doppie pelli risultano largamente ridotte. Anche la doppia pelle sta evolvendo verso tecnologie, quali la *closed cavity*, che portano a condizioni controllate e basso rischio di condensazione, limitando costi di manutenzione e permettendo l'utilizzo di materiali a base biologica nella cavità.

In tale contesto, il tema delle doppie pelli in clima temperato è particolarmente stimolante, anche perché non trattato estensivamente in pubblicazioni scientifiche come quelle per climi freddi. La doppia pelle è nata per i climi dominati dalla necessità del riscaldamento e solo successivamente è stata applicata a climi con estati calde e inverni meno freddi, fornendo lo scenario ideale per la protezione degli elementi di schermatura dagli agenti esterni e per l'uso della cavità d'aria isolante. Se quindi una nuova pubblicazione sulle facciate continue è sempre la benvenuta, a maggior ragione la Permasteelisa supporta con entusiasmo ed orgoglio il prezioso lavoro della Prof.ssa Brunoro nel guidare il lettore fra le caratteristiche costruttive e le prestazioni delle facciate a doppia pelle nei climi mediterranei.

Introduzione

Il settore delle costruzioni, a causa dello sfruttamento di risorse materiali, dell'uso del territorio, del consumo energetico relativo a tutte le fasi del ciclo di vita di un prodotto edilizio e della produzione di rifiuti da demolizione costituisce, in particolare nei Paesi industrializzati, uno dei principali fattori che determinano l'inquinamento ambientale ed è responsabile di quasi il 50% del consumo di energia totale e del 40% della produzione di rifiuti non riciclabili¹.

Il concetto di efficienza energetica non indica solo un obiettivo da raggiungere, costituito dal soddisfacimento delle esigenze di comfort ambientale dell'utente, ma stabilisce le modalità con le quali tali esigenze devono essere soddisfatte, cioè mediante un uso parsimonioso delle fonti energetiche non rinnovabili.

Possiamo definire eco-efficiente un organismo edilizio, un sistema architettonico, un prodotto tecnologico, quando le alterazioni morfologiche, strutturali e funzionali, dirette e indotte, del sistema ambientale, nelle fasi di approvvigionamento, produzione, consumo e smaltimento, siano riequilibrare naturalmente o artificialmente in termini quantitativi e qualitativi; quando siano perseguiti un'ottimizzazione ed un risparmio dei consumi energetici (di estrazione, produzione, trasporto, ecc.), una drastica e generalizzata riduzione dei gas inquinanti e degli scarti, ed un'attenta valutazione e preservazione delle materie prime in via di esaurimento; ed infine quando sia al contempo garantita la salute psicofisica degli operatori e dei fruitori in tutte le fasi, i momenti e gli aspetti precedentemente elencati².

Il testo affronta l'analisi delle potenzialità offerte dall'uso di involucri dinamici a doppia pelle in vetro per climi mediterranei, con particolare

¹ Lucchini, A. (2000), *Agenda 21*, in Monti, C. Roda, R., Torricelli, M. C., & Lucchini, A. (a cura di), *Costruire sostenibile*, Alinea, Firenze.

² Dierna, S. (2006), *Introduzione. Involucro ecoefficiente per un'architettura ben temperata*, in Tucci, F., *Involucro ben temperato. Efficienza energetica ed ecologica in architettura attraverso la pelle degli edifici*, Alinea, Firenze, pp. 12-13.

riferimento alle innovazioni dei sistemi, di cui vengono forniti riferimenti normativi e parametri di funzionamento in opera sulla base di edifici realizzati.

La ricerca si riallaccia al filone di studi internazionali sul tema degli involucri di facciata evoluti e degli edifici intelligenti, attraverso una metodologia di indagine che intende spostare l'attenzione sull'efficienza energetica degli involucri vetrati in contesto climatico mediterraneo, ove la necessità di raffrescamento passivo e di ombreggiamento prevale su quella di accumulo solare. Il fine è di limitare l'impatto ambientale degli stessi durante tutto il loro ciclo di vita, rispondendo in tal senso anche a quanto sancito dalle recenti Energy Performance of Buildings Directive (EU/2024/1275) ed Energy Efficiency Directive (EU/2023/1791).

Lo studio viene affrontato inoltre in parallelo all'emanazione del programma europeo Horizon Europe, con riferimento al terzo pillar, che tratta le sfide sociali, all'interno del quale è presente il tema "Energia sicura, pulita ed efficiente".

L'obiettivo specifico è effettuare la transizione verso un sistema energetico affidabile, economicamente accessibile, accettato dal pubblico, sostenibile e competitivo, mirante a ridurre la dipendenza dai combustibili fossili, in tempi di crescente penuria di risorse, di incremento del fabbisogno di energia nonché di cambiamenti climatici.

Già con il programma Horizon 2020, l'Unione Europea si è impegnata a ridurre entro il 2020 le emissioni di gas ad effetto serra del 20% rispetto ai livelli del 1990, con un'ulteriore riduzione di emissioni dell'80-95% entro il 2050. Il Programma Horizon Europe ha ulteriormente rafforzato la necessità di costruire consapevolmente, riducendo la dipendenza energetica da combustibili fossili dal resto del mondo e perseguendo una politica più ambiziosa in materia ambientale-climatica.

Al fine di soddisfare tali esigenze, nel costruire contemporaneo l'involucro edilizio ha progressivamente perduto la sua condizione di elemento monomaterico, trasformandosi in un complesso sistema funzionale, articolato in diversi strati e materiali dotati di precise prestazioni, che richiede, nelle fasi di processo progettuale e realizzativo, il concorso di competenze e conoscenze specifiche unitamente ad una sempre maggiore capacità dell'architetto di governare le relazioni con gli altri sistemi (strutturale, impiantistico, funzionale, ecc.) che definiscono l'organismo edilizio nel suo complesso.

Negli ultimi venti anni, l'idea di creare superfici di vetro che potessero migliorare il livello di comfort interno ha portato all'invenzione di nuove tecnologie, come la facciata a doppia pelle vetro-vetro.

Questo sistema, nato nel Nord Europa, è stato poi esportato in contesti climatici in cui i problemi del surriscaldamento e della climatizzazione estiva sono predominanti rispetto al contenimento dei consumi in regime invernale.

L'attenzione per le sorti dell'ambiente ed il risparmio energetico richiede una più diffusa consapevolezza sulla necessità di una architettura preoccupata ed esigente, interessata alle conseguenze immediate del suo impatto ambientale.

La preservazione dell'ambiente è ormai una preoccupazione globale. Raggiungere la piena integrazione di elementi di sostenibilità in architettura è un obiettivo essenziale.

Lo studio ha come primo obiettivo la definizione sistematica della stratigrafia di facciata a doppio involucro vetrato, attraverso la classificazione delle sue caratteristiche principali (tipologie, sistemi costruttivi, ventilazione, dispositivi complementari, ecc.).

Alla luce delle sopra citate considerazioni, la pubblicazione affronta poi le potenzialità e le criticità offerte dal trasferimento tecnologico dal contesto climatico nordeuropeo, in cui trova la sua più consona applicazione, verso il contesto mediterraneo, in cui il surriscaldamento diviene la problematica principale sulla quale intervenire, investigandone l'applicabilità sia nella nuova costruzione che nella riqualificazione.

Lo scopo di questo volume è dunque quello di esaminare e investigare i requisiti, le prestazioni e la realizzabilità di sistemi a doppia pelle di vetro in contesti climatici caratterizzati da temperature elevate, suffragata dall'analisi di diversi casi studio – sotto forma di schede progetto – realizzati dal gruppo Permasteelisa, azienda leader nella realizzazione di involucri evoluti.

1. Sostenibilità ambientale dell'involucro edilizio

1.1. Le nuove politiche energetiche: NZEB e oltre

Le strategie e le politiche internazionali sono già da qualche anno orientate a diminuire i consumi energetici per ridurre conseguentemente l'emissione di sostanze nocive in atmosfera e alleviare l'impatto ambientale dell'umanità.

A seguito del Rapporto Brundtland *Our common future* del 1987¹, la questione ambientale, inizialmente legata solo al problema dell'esaurimento delle risorse naturali, venne ampliata includendo anche la capacità da parte dell'ambiente di sostenere lo sviluppo della società e di smaltire l'inquinamento e i rifiuti prodotti dall'uomo in quantità sempre maggiore. Il Rapporto Brundtland introdusse il concetto di *sviluppo sostenibile* inteso come uno «sviluppo che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri», sviluppo che fa riferimento alla *carrying capacity*, ossia alla capacità di carico da parte dell'ambiente rispetto al flusso di risorse estratte e dismesse dall'attività antropica e alla responsabilità da parte delle generazioni attuali nei confronti di quelle future.

Uno dei settori su cui è necessario intervenire, con investimenti che riguardano prevalentemente lo sviluppo tecnologico, è sicuramente quello delle costruzioni, che concorre quanto il settore dell'industria ad inquinare il pianeta. Una rilevante inefficienza nei consumi finali di energia è imputabile ai settori dell'edilizia residenziale e terziaria; settori rispetto ai quali sono stati emanati negli ultimi decenni, a scala internazionale e locale, molti provvedimenti normativi atti ad incrementarne le prestazioni.

Nei Paesi occidentali circa il 40% dei consumi di energia è imputabile al settore delle costruzioni; in particolare, di questa fetta di consumi il 22% corrisponde agli edifici residenziali ed il restante 18% agli edifici commerciali.

¹ Il Rapporto Brundtland è un documento rilasciato nel 1987 dalla Commissione mondiale sull'ambiente e lo sviluppo (WCED).

Se l'edilizia residenziale è quella che necessita delle maggiori attenzioni perché energeticamente più inefficiente del settore terziario, quest'ultimo presenta delle problematiche legate alla gestione dei sistemi di illuminazione e condizionamento estivo che richiedono interventi nel breve termine. Intervenire su edifici non residenziali permette di dimostrare l'efficacia dell'adozione di nuove tecnologie d'involucro e d'impianto destinate al contenimento dei consumi energetici ed alla produzione di energia da fonti rinnovabili.

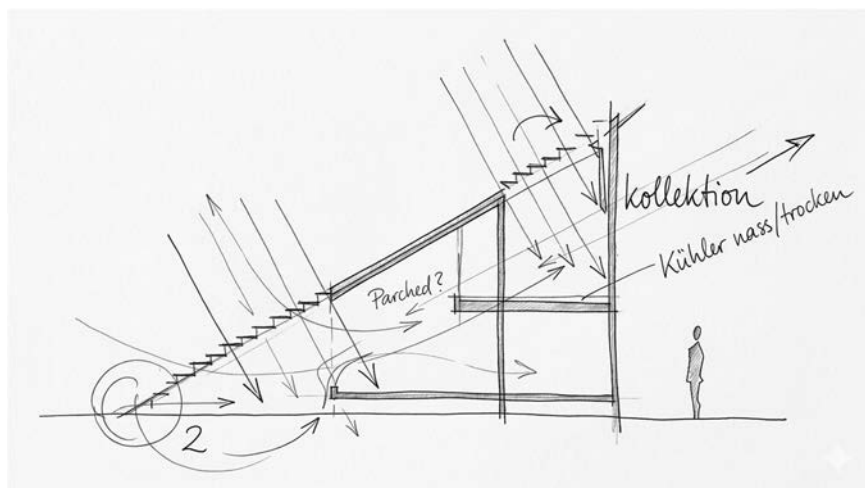


Fig. 1 - Thomas Herzog, schizzo per casa unifamiliare, Regensburg, Germania, 1977-1979. Fonte: Perriccioli, M., & Rossi, M. (2005), Thomas Herzog Reacting Skin, Kappa, Roma.

A livello internazionale, negli ultimi vent'anni sono stati emanati diversi provvedimenti e strumenti che permettono di valutare l'efficienza energetica degli edifici in modo qualitativo e quantitativo in relazione alle caratteristiche morfologiche, funzionali, tecnologiche ed impiantistiche.

Nonostante l'Italia abbia aderito già dal 1997 al Protocollo di Kyoto, tranne alcuni esempi isolati di singoli progettisti o di amministrazioni locali particolarmente sensibili – come, ad esempio, la Provincia autonoma di Bolzano e i Comuni altoatesini, che nel 1992 si sono uniti per l'elaborazione di un certificato climatico dell'edificio, o l'Istituto ITACA39, fondato nel 1996 – la vera svolta nel sentire collettivo è avvenuta a seguito dell'emanazione di due direttive europee: 2002/91/CE e 2006/32/CE.

Dall'inizio degli anni Novanta ad oggi la Comunità Europea ha avviato una politica sociale ed economica che ha come obiettivo quello di promuovere il risparmio e l'efficienza energetica in tutti i settori interessati dall'attività degli Stati membri. La pubblicazione, nel 2002, della Direttiva Europea **EPBD 2002/91** (Energy Performance Building) ha avviato la progressiva

introduzione di concetti e metodologie volti alla costruzione e al recupero del patrimonio edilizio testandone la prestazione energetica. La direttiva, per la prima volta, conteneva disposizioni in merito:

- alla metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- all'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;
- all'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;
- alla certificazione energetica degli edifici.

Nella **Direttiva 2002/91/CE** sul rendimento energetico in edilizia, oltre ad essere definita una serie di concetti fondamentali tra cui il rendimento energetico dell'edificio ed i requisiti che lo definiscono, viene sottolineata la necessità da parte degli Stati membri di stabilire normative, sistemi di gestione, di controllo e di valutazione del processo progettuale e costruttivo in relazione al consumo energetico degli edifici. L'Italia ha recepito la norma europea con il D. Lgs. 192/2005 ed il D. Lgs. 311/2006 *Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici*, che hanno individuato come requisiti energetici dell'edificio l'indice di prestazione energetica (i cui valori limite dipendono dal rapporto di forma dell'edificio e della zona climatica) e la trasmittanza termica delle chiusure opache e trasparenti.

La **Direttiva Europea 2006/32/CE**, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici, ha stabilito invece che, entro il 2020, devono essere ridotti del 20% sia i consumi energetici che le emissioni di gas inquinanti rispetto a quelli del 1991. In base al rapporto, dal 1999 al 2006 in Italia è stato registrato un aumento dei consumi energetici del 2%. A fronte di questa considerazione, nelle Leggi Finanziarie del 2007 e del 2008, il governo italiano ha previsto dei notevoli sgravi fiscali per interventi edilizi che aumentano il livello di efficienza energetica.

Successivamente, la **Direttiva Europea 31/2010/UE** introduce la definizione di NZEB e indica i parametri e le caratteristiche costruttive da dover rispettare: dal 2021 tutti i nuovi edifici devono essere costruiti NZEB (obbligo anticipato al 2019 per gli edifici pubblici).

Secondo l'ultimo Rapporto Annuale ENEA del 2007 *Dall'eco-building al distretto energetico: la proposta ENEA per un modello di sviluppo fondato su eco edifici e generazione distribuita* sull'Efficienza Energetica dell'ENEA, i consumi imputabili al comparto degli edifici superano i 32 Mtep, di cui il 70% viene assorbito dai sistemi di climatizzazione. È chiaro, quindi, che è necessario proseguire sulla strada della riqualificazione

energetica degli edifici esistenti e della costruzione di nuovi edifici a bassissimo consumo energetico, come gli NZEB (Nearly Zero Energy Building).

Si definisce NZEB un edificio ad altissima prestazione energetica, il cui fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto prevalentemente da energia da fonti rinnovabili, possibilmente prodotta in loco o nelle vicinanze. Il fabbisogno energetico rappresenta la quantità di energia consumata annualmente per soddisfare le varie esigenze legate ad un uso normale dell'edificio (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, produzione di acqua calda sanitaria e, per il settore non residenziale, illuminazione).

La **Direttiva 2018/844 UE** ha modificato le precedenti in ambito energetico, con lo scopo di adeguarsi ai nuovi e ambiziosi obiettivi di sostenibilità europei. Queste ultime modifiche sono state recepite in Italia con il D. Lgs 48/2020, che conferma quanto contenuto nel Decreto Requisiti Minimi. Proprio qua sono definiti i parametri minimi da rispettare per le prestazioni dell'involucro edilizio. Viene ribadito che un edificio NZEB deve innanzitutto poter contare su un involucro altamente performante, per poi valutare attentamente le soluzioni impiantistiche che soddisfano la restante domanda energetica.

La Direttiva UE 2024/1275, nota anche come Case Green, aggiornando l'insieme di norme europee del settore, definito nel 2018, ha ulteriormente sancito un giro di vite nell'ambito delle riduzioni dei consumi fossili. L'obiettivo principale della direttiva, che si inserisce nel contesto del grande piano europeo per la transizione energetica chiamato Green Deal, è ridurre in maniera sostanziale il consumo energetico e le emissioni di gas inquinanti di case e palazzi entro il 2035, per poi puntare alla realizzazione di immobili che non producano emissioni inquinanti entro il 2050. Il concetto di NZEB viene superato, verso il nuovo standard ZEB (Zero Energy Buildings). Dal 1° gennaio 2026, tutti i nuovi edifici occupati o di proprietà delle Pubbliche Amministrazioni devono essere a emissioni zero. Dal 1° gennaio 2028 l'obbligo si estende a tutti i nuovi edifici, residenziali e non.

Si intende per NZEB un edificio che non deve emettere carbonio in situ da combustibili fossili.

Per quanto riguarda gli edifici residenziali, ogni Stato membro dell'Unione Europea deve impegnarsi a ridurre nel complesso il consumo medio di energia del 16% entro il 2030, e di almeno il 20% entro il 2035. Ipotizzando dunque che il consumo medio di tutti gli edifici residenziali italiani sia di 100 kW per metro quadrato all'anno, entro il 2030 questo consumo dovrà scendere ad almeno 84 kW, ed entro il 2035 dovrà ridursi ancora fino a 80 kW. Questo risparmio energetico dovrà essere assicurato per almeno il 55% dalla diminuzione del consumo medio di energia di almeno il 43% delle case con le prestazioni energetiche peggiori, tra le quali vanno considerate anche quelle danneggiate da terremoti o altre calamità naturali.

A queste abitazioni andranno dedicati dunque gli interventi di ristrutturazione più rilevanti.

Quanto agli edifici non residenziali, la direttiva prevede che entro il 2030 ne venga ristrutturato il 16%, ed entro il 2033 il 26%: questi interventi dovranno garantire che gli immobili ristrutturati rispettino nuove norme minime di prestazioni energetiche che andranno nel frattempo introdotte, e dunque in sostanza dovranno migliorare la categoria energetica con cui vengono classificati.

L'Italia importa circa l'80% dell'energia primaria – energia elettrica e gas metano – necessaria al fabbisogno energetico nazionale dall'estero, con le conseguenze negative registrate negli ultimi anni.

Il Piano Energetico Nazionale, denominato **Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030**, è uno strumento fondamentale che segna l'inizio di un importante cambiamento nella politica energetica e ambientale del nostro Paese verso la decarbonizzazione.

Sul fronte della sicurezza energetica, si registra una netta volontà di riduzione della dipendenza da altri Paesi favorita dalle azioni di diversificazione dell'approvvigionamento e dall'avvenuta pianificazione di nuove infrastrutture e interconnessioni.

Per quanto riguarda la dimensione del mercato interno dell'energia, si prevede di potenziare le interconnessioni elettriche e il *market coupling* con gli altri Stati membri, nonché di sviluppare nuove connessioni per il trasporto di gas rinnovabili, rafforzando il ruolo dell'Italia come hub energetico europeo e corridoio di approvvigionamento delle rinnovabili dell'area mediterranea.

L'area con performance più alte è quella delle FER, dove è ribadito che l'Italia dovrà raggiungere al 2030 una potenza da fonte rinnovabile di 131 GW. Si prevede che quasi 80 (79.2) di questi deriveranno dal solare, 28.1 dall'eolico, 19.4 dall'idrico, 3.2 dalle bioenergie e 1 GW da fonte geotermica.

Il recepimento delle direttive europee è avvenuto attraverso diverse norme italiane.

Decreto Legislativo 192/2005 e s.m.i.: questo decreto, insieme ai successivi decreti attuativi (come il **DM 26 giugno 2015** “Requisiti minimi”), ha introdotto l'**Attestato di Prestazione Energetica (APE)** e ha stabilito i requisiti minimi di prestazione energetica per gli edifici nuovi e quelli sottoposti a ristrutturazione.

Decreto Legislativo 102/2014: ha recepito la Direttiva EED 2012/27/UE. Introduce l'obbligo di **diagnosi energetica** per le grandi imprese e quelle a forte consumo di energia (energivore), da ripetersi ogni quattro anni, e promuove i sistemi di gestione dell'energia.

Il **DM 26 giugno 2015**, noto come Decreto Requisiti Minimi, è uno degli atti legislativi fondamentali per l'efficienza energetica in Italia e ha