

luglio-agosto 2022

RIVISTA FONDATA  
NEL 1979  
ANNO XLIV

# L'UFFICIO TECNICO

Poste Italiane S.P.A. - Spedizione in abbonamento postale - Aut. n. 372/2019 Periodico ROC - ISSN 0394-8293 - euro 41,00

MENSILE DI TECNICA EDILIZIA, URBANISTICA ED AMBIENTE PER AMMINISTRAZIONI PUBBLICHE PROFESSIONISTI E COSTRUTTORI

Risparmio energetico:  
architettura modulare  
prefabbricata nZEB

Ristrutturazione edilizia  
demo-ricostruttiva:  
delocalizzazione sedime

Edifici incompatibili  
con gli indirizzi  
della pianificazione

Livelli di progettazione  
opere pubbliche  
e incarichi di collaudo



**LA VOCE  
DEL DIRETTORE**



**MAGGIOLI  
EDITORE**



**algeco<sup>®</sup>**

# LEADER NELLE COSTRUZIONI MODULARI

L'OPZIONE PERFETTA PER SODDISFARE LE TUE  
ESIGENZE DI SPAZIO,  
TEMPORANEO O DEFINITIVO

**WWW.ALGECO.IT**  
**800.401.401**





## Eventi

- 5** Urbanpromo 2022 dall'11 al 14 ottobre a Torino a Cascina Fossata

## Patologie edilizie

- 6** Le impermeabilizzazioni dei locali interrati: cosa dicono le norme tecniche internazionali  
*di Marco Argiolas, Veronica Fiore*

## Efficienza energetica, tecnologie sostenibili e innovazione

*a cura di Fabio Conato*

- 10** I livelli di dettaglio nell'approccio BIM based al progetto  
*di Fabio Conato, Laura Sacchetti, Ilaria Spasari*

## Giurisprudenza commentata

*a cura dello Studio Legale Petrulli*

- 19** Le sentenze commentate de L'Ufficio Tecnico

## NextGenerationEU

- 27** Il principio Do No Significant Harm (c.d. DNSH) nel PNRR  
*di Pietro Farinati*

## Ambiente

*a cura di Massimo Busà e Paolo Costantino*

- 39** End of waste inerti, la parola alla giurisprudenza
- 40** Sanzioni ambientali
- 41** Traffico illecito di rifiuti
- 42** Responsabilità per illecita gestione di rifiuti: come orientarsi tra dato formale e dato sostanziale  
*di Massimo Busà*

## Focus infissi e serramenti

- 45** L'isolamento acustico e il nodo degli infissi  
*di Massimiliano Aguanno*
- 48** Infissi e patologie edili legate alle prestazioni termiche post-installazione  
*di Daniele Cagnoni*

## Teoria e pratica professionale

### Architettura e ingegneria

- 52** L'architettura dell'ospitalità  
*di Stefania Zappanico*
- 60** Architettura modulare prefabbricata: i requisiti per una struttura modulare nZEB – Parte II  
*di Rosa Petruzzelli*

### Direttore Responsabile

Manlio Maggioli

### Direttore Scientifico

Ermete Dalprato (Ingegnere, Professore a contratto in "Pianificazione territoriale e urbanistica" Università degli Studi della Repubblica di San Marino)

### Comitato Scientifico

Roberto Brioli (Ingegnere, già Direttore compartimentale del Dipartimento del Territorio) – Marco Catalano (Magistrato della Corte dei Conti) – Giuseppe Ciaglia (Avvocato in Roma, professore a contratto di Legislazione delle Opere Pubbliche, Urbanistica ed Edilizia presso l'Università dell'Aquila, docente della S.s.p.a. e della S.s.p.a.l.) – Antonino Cimellaro (Avvocato amministrativista patrocinante in Cassazione) – Pietromaria Davoli (Professore ordinario di Tecnologia dell'Architettura dell'Università di Ferrara) – Aldo Norsa (Già Ordinario di Tecnologia dell'Architettura dell'Università IUAV di Venezia) – Mario Petrulli (Avvocato e Consulente enti locali in materia edilizia e urbanistica) – Elisabetta Righetti (Responsabile U.O. Servizi giuridici-amministrativi del Comune di Rimini) – Stefano Stanghellini (Ordinario di Estimo dell'Università IUAV di Venezia) – Daniele Sterrantino (Avvocato amministrativista – Docente presso le Università LUMSA e LUISS BUSINESS School di Roma) – Valeria Tarroni (Responsabile del servizio pianificazione, edilizia privata e ambiente p.a. di Comune)

### Redazione

Mauro Ferrarini

### Progetto grafico

Niki Caragiulo

### Collaborazioni

Per l'invio di articoli si prega di fare riferimento al seguente indirizzo e-mail: [redazionetecnica@maggioli.it](mailto:redazionetecnica@maggioli.it) oppure Redazione Ufficio Tecnico – Via del Carpino 8, 47822 Santarcangelo di Romagna (RN)

### Tutti i diritti riservati

È vietata la riproduzione, anche parziale, del materiale pubblicato senza autorizzazione dell'Editore.

Le opinioni espresse negli articoli appartengono ai singoli autori, dei quali si rispetta la libertà di giudizio, lasciandoli responsabili dei loro scritti.

L'autore garantisce la paternità dei contenuti inviati all'editore mantenendo quest'ultimo da ogni eventuale richiesta di risarcimento danni proveniente da terzi che dovessero rivendicare diritti su tali contenuti.

### Direzione amministrazione e diffusione

Maggioli Editore  
presso c.p.o. Rimini  
Via Coriano 58 – 47924 Rimini  
Tel. 0541/628111 – Fax 0541/622100  
Maggioli Editore è un marchio Maggioli s.p.a.





## Edilizia

- 69** La delocalizzazione del sedime nella ristrutturazione edilizia demicostruttiva  
*di Francesco Cevolani*
- 77** Ristrutturazione edilizia, un altro "ritocco" del legislatore alla definizione  
*di Paola Minetti*
- 86** Questioni di condominio: manutenzione, installazione di tubi sulla facciata e indennità di sopraelevazione  
*di Giuseppe Bordoli*
- 92** La legittimazione della richiesta di titoli edilizi  
*di Maurizio Lucca*
- 101** Le difformità edilizie e la legittimità delle costruzioni  
*di Marco Campagna*
- 108** Abusi edilizi: orientamenti consolidati sul procedimento amministrativo sanzionatorio  
*di Valeria Tarroni*

## Professione

- 114** I tre livelli di progettazione di un'opera pubblica e le conseguenze sugli incarichi di collaudo  
*di Mario Petrulli*

- 117** Usi civici, commerciabilità degli immobili e valutazione  
*di Massimo Moncelli*

## Sicurezza

- 120** Sicurezza partecipata: le esperienze e il coinvolgimento, ieri e oggi  
*di Giuseppe G. Amaro, Sabrina T. Tosto*

## Urbanistica

- 131** Gli edifici "incompatibili" con gli indirizzi della pianificazione  
*di Claudio Belcari*

## L'approfondimento

- 138** Il permesso di costruire condizionato: guida ragionata ed esempi  
*di Mario Petrulli*

- 144** **In breve – Rassegna di legislazione**  
*a cura di Alessandra Mineo*

- 148** **In breve – Rassegna di giurisprudenza**  
*a cura di Alessandra Mineo*

- 150** **Quesiti**  
*a cura dello Studio Legale Petrulli*

Servizio abbonamenti  
Tel. 0541/628200 – Fax 0541/622595  
abbonamenti.riviste@maggioli.it – www.periodicimaggioli.it

### Pubblicità

Maggioli ADV – Concessionaria di pubblicità per Maggioli spa  
Via Del Carpino, 8 – 47822  
Santarcangelo di Romagna (RN)  
Tel. 0541/628736 – Fax 0541/624887  
e-mail: maggioliadv@maggioli.it  
sito: www.maggioliadv.it

### Filiali

Milano – Via F. Albani, 21 – 20149 • Tel. 02/48545811 – Fax 02/48517108  
Bologna – Piazza VIII Agosto – Galleria del Pincio, 1 – 40126 • Tel. 051/229439 – 228676 – Fax 051/262036  
Roma – Piazza delle Muse, 8 – 00197 • Tel. 06/5896600 – 58301292 – Fax 06/5882342  
Bruxelles (Belgium) – Avenue d'Auderghem, 68 • Tel. +32 27422821 – Mob. +32 493061872 – e.mail: international@maggioli.it

### Registrazione

Presso il Tribunale di Rimini del 19 febbraio 1979 al n. 162

### Maggioli spa

Azienda con Sistema di Gestione Qualità certificato ISO 9001:2015  
Iscritta al registro operatori della comunicazione

### Stampa

Maggioli s.p.a. – Stabilimento di Santarcangelo di Romagna (RN)

### Condizioni di abbonamento

I prezzi dell'abbonamento annuale alla rivista "L'Ufficio Tecnico" sono i seguenti (validi dal 1° febbraio 2022):  
> rivista in formato cartaceo + digitale Euro 329,00  
> rivista in formato digitale Euro 169,00 (comprensivo dell'IVA al 4% da versare all'Erario)

Il prezzo di una copia cartacea della rivista è di Euro 41,00  
Il prezzo di una copia cartacea arretrata è di Euro 44,00  
I Privati e Liberi professionisti possono attivare un abbonamento annuale alla rivista "L'Ufficio Tecnico" in formato cartaceo + digitale a Euro 179,00 (**Prezzo promo**).

L'abbonamento alla rivista "L'Ufficio Tecnico" dà diritto a ricevere gratuitamente i seguenti Servizi On line:  
• Archivio Storico digitale dei precedenti numeri della rivista  
• Appalti&Contratti Channel  
• Schede operative e Rassegne di giurisprudenza  
Per ulteriori informazioni e per scoprire le promozioni attive visiti il sito [www.periodicimaggioli.it](http://www.periodicimaggioli.it).

Il pagamento dell'abbonamento può essere effettuato con il bollettino di c.c.p.n. 31666589 intestato a Maggioli spa - Periodici - Via del Carpino, 8 - 47822 Santarcangelo di Romagna (RN) oppure on line collegandosi al sito <http://shop.periodicimaggioli.it>.

L'abbonamento decorre dal 1° gennaio con diritto di ricevimento dei fascicoli arretrati e avrà validità per un anno. La Casa Editrice comunque, al fine di garantire la continuità del servizio, in mancanza di esplicita revoca, da comunicarsi in forma scritta entro il termine di 45 giorni successivi alla scadenza dell'abbonamento, si riserva di inviare il periodico anche per il periodo successivo. La disdetta non è comunque valida se l'abbonato non è in regola con i pagamenti. Il rifiuto o la restituzione dei fascicoli della rivista non costituiscono disdetta dell'abbonamento a nessun effetto. I fascicoli non pervenuti possono essere richiesti dall'abbonato non oltre 20 giorni dopo la ricezione del numero successivo.

Coloro che sono in regola con i pagamenti hanno diritto a richiedere gratuitamente entro l'anno la risoluzione di due quesiti di interesse generale.

I quesiti dovranno essere formulati per iscritto e inviati all'indirizzo e-mail: [servizio.quesiti@maggioli.it](mailto:servizio.quesiti@maggioli.it)

[www.periodicimaggioli.it](http://www.periodicimaggioli.it)

Tutti gli articoli sono disponibili anche on line, in formato PDF, alla pagina [www.periodicimaggioli.it](http://www.periodicimaggioli.it).  
Oltre ad accedere all'archivio storico della rivista, è possibile consultare in anteprima i fascicoli in corso di stampa.

**MAGGIOLI**  
EDITORE

[www.periodicimaggioli.it](http://www.periodicimaggioli.it)

ARCHITETTURA E INGEGNERIA

## Architettura modulare prefabbricata: i requisiti per una struttura modulare nZEB – Parte II

► di Rosa Petruzzelli

*Ingegnere edile*



Il presente articolo conclude la trattazione sull'architettura modulare prefabbricata iniziata con la prima parte pubblicata sulla rivista "L'Ufficio Tecnico" di giugno 2022.

Dopo aver definito le caratteristiche del sistema costruttivo a secco, le potenzialità e il suo campo di applicazione, nel seguito si inquadrano i requisiti e le prestazioni da rispettare al fine del raggiungimento degli standard richiesti per un edificio nZEB (edificio ad energia quasi zero). La progettazione di nuovi edifici a bassissimo fabbisogno di energia è fondamentale per attuare gli obiettivi di sviluppo sostenibile derivanti dalla strategia della Commissione europea dell'Agenda 2030.

In questo panorama svolge un ruolo chiave la fornitura di moduli prefabbricati, i quali pur assumendo, nella maggior parte dei casi, il connotato di temporanei non dovrebbero richiedere l'esclusione della qualità dei materiali, dell'efficienza energetica e della sostenibilità ambientale

### I criteri progettuali per un edificio nZEB

La progettazione di un edificio nZEB, ossia “a energia quasi zero” richiede l'attenzione al rapporto tra edificio e ambiente ed edificio e i suoi utenti.

In generale, tale interazione tra ambiente, edificio ed uomo è complessa da valutare ma la conoscenza delle condizioni meteorologiche, che caratterizzano una località, influenzate da fattori ambientali e astronomici come latitudine e altitudine, è l'elemento cardine per la sua comprensione. Il raggiungimento di quest'ultima consente di individuare delle soluzioni efficaci mirate alla minimizzazione del consumo delle risorse energetiche non rinnovabili, al soddisfacimento delle esigenze di benessere dell'utente (comfort termoigrometrico) e al risparmio energetico con conseguente riduzione delle emissioni nell'ambiente circostante.

Al fine di massimizzare tali obiettivi, le ricerche di

settore hanno individuato delle strategie progettuali qualitative che, interagendo tra loro, influenzano in maniera sostanziale l'efficienza energetica di un edificio: il fattore di forma (S/V), l'orientamento, la distribuzione interna, le caratteristiche dell'involucro edilizio e i sistemi impiantistici.

#### Il rapporto S/V

Il rapporto S/V, detto anche fattore di forma, è pari al rapporto tra la Superficie dell'involucro (S) e il Volume riscaldato (V). Esso valuta l'incidenza delle caratteristiche di forma di un edificio sulle dispersioni termiche dell'involucro, in particolare un valore elevato corrisponde ad una maggiore dispersione termica.

Tale rapporto è spesso vincolato dal contesto urbano e da regolamenti edilizi. In generale, la forma dell'edificio è caratterizzata dai seguenti parametri: compattezza, porosità e snellezza.

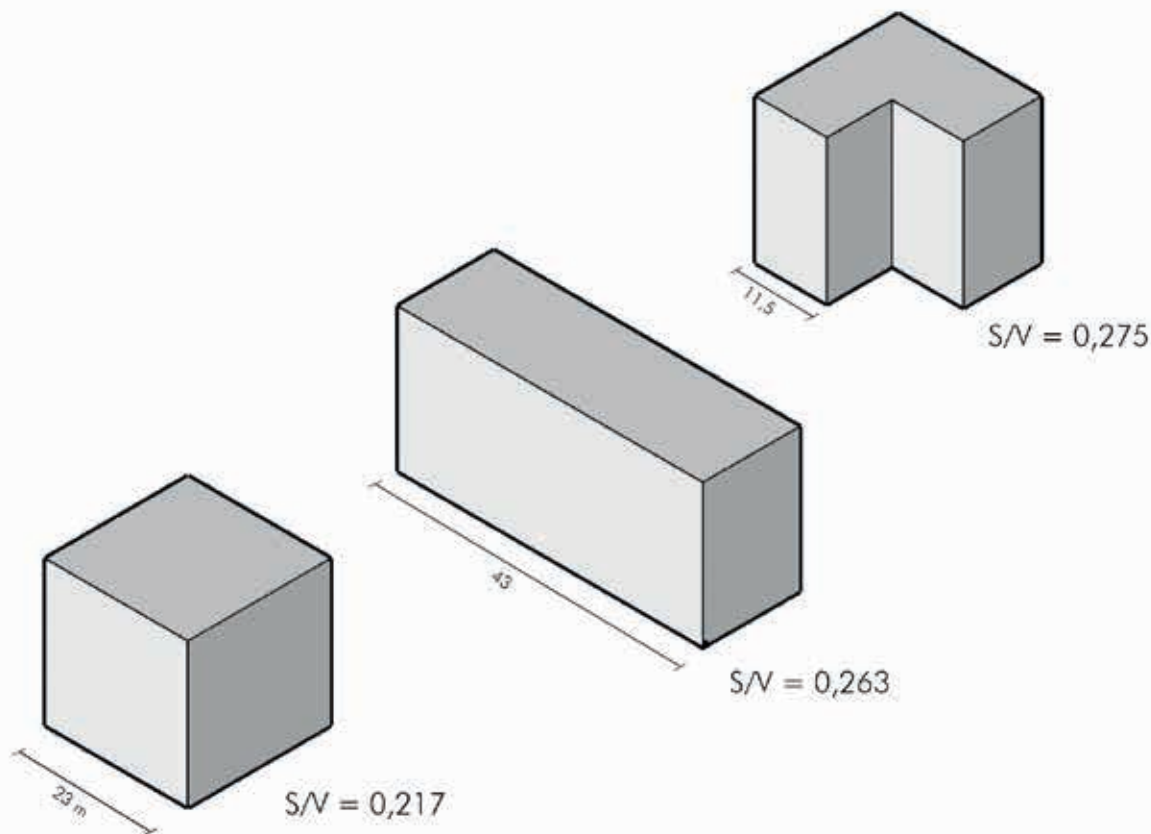


Figura 1 – Esempi di rapporto di forma

La compattezza è funzione del numero e dimensione delle superfici disperdenti rispetto al suo volume. Nei climi freddi è auspicabile la realizzazione di edifici dotati di un'elevata compattezza in quanto una superficie esterna ridotta minimizza notevolmente le dispersioni termiche: il fattore di forma tenderà a zero.

La porosità è la proporzione tra volume pieno e volume vuoto dell'edificio: un edificio 'poroso' presenta aperture diffuse con conseguente aumento di superfici di scambio con l'esterno.

La snellezza è la proporzione dell'edificio rispetto al suo sviluppo in verticale. Quanto più l'edificio è sviluppato in verticale, tanto più è snello e maggiore è la sua esposizione agli agenti esterni.

Nelle zone mediterranee, è opportuno realizzare edifici che siano compatti e porosi al fine di limitare il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale e il raffrescamento estivo.

#### *Orientamento*

L'orientamento dell'edificio ovvero la posizione dell'involucro edilizio in relazione al movimento del sole, riferito agli assi cardinali nord-sud ed est-ovest, incide notevolmente sui guadagni termici diretti dovuti all'irraggiamento solare. Il corretto orientamento è determinante per sfruttare al meglio gli apporti termici gratuiti. Infatti, gli edifici aventi orientamento con asse principale disposto secondo la direzione est-ovest massimizzano tale guadagno. In tal senso il miglior comportamento deriva dalla progettazione di un prospetto nord isolato e dotato di piccole aperture e da un prospetto sud costituito da ampie superfici vetrate con sistemi di schermature al fine di migliorare il comfort termoigrometrico e ridurre la richiesta energetica per raffrescamento. Il comportamento dell'edificio è funzione anche della direzione dei venti prevalenti.

Lo studio e la valutazione di questi ultimi contribuiscono a diminuire la temperatura superficiale della facciata e a limitare gli effetti dell'irraggiamento diretto; altresì il corretto posizionamento delle aperture incrementa la ventilazione naturale.

#### *La distribuzione degli spazi interni*

La comprensione del rapporto fra l'edificio e l'ambiente è solo uno dei parametri da considerare in fase di progettazione al fine di garantire il comfort ter-

moigrometrico per l'utente. Difatti, su di esso incide anche la corretta distribuzione degli spazi interni. I locali maggiormente occupati e vissuti dovrebbero essere collocati a sud ove risiede la maggiore luminosità, mentre i locali di servizio come servizi igienici, spazi connettivi e depositi dovrebbero essere disposti a nord.

#### *Caratteristiche dell'involucro edilizio*

I requisiti richiesti all'involucro edilizio sono stati oggetto di diverse normative che si sono susseguite in ambito europeo e italiano al fine di raggiungere i goals di risparmio energetico e sostenibilità ambientale. Al fine di una progettazione efficace che porti l'involucro ad essere in grado di regolare lo scambio di flussi (termici, luminosi, acustici) tra ambiente interno e ambiente circostante, è necessario conoscere i parametri tecnici da valutare nella scelta dei materiali.

In tal senso è bene sottolineare come l'involucro edilizio debba assumere comportamenti differenti a seconda della stagione. In regime invernale, deve proteggere l'ambiente interno dalle dispersioni per trasmissione di calore, mentre in regime estivo deve proteggerlo da eventuali fenomeni di surriscaldamento dovuti all'aumento di temperatura della superficie esterna per l'incidenza della radiazione solare.

Ponendo quindi l'attenzione alle sollecitazioni termiche, di seguito si definiscono i principali parametri che le normative disciplinano per valutare il comportamento dell'involucro:

- **Trasmittanza termica (U)**, espressa in  $W/m^2K$ , indica la quantità di flusso di calore che attraversa un metro quadrato di superficie (in regime invernale, dalla faccia interna a quella esterna) per effetto di ogni grado Kelvin di differenza di temperatura (tra interno ed esterno). Questo parametro è funzione della conducibilità termica e dello spessore del materiale, dove:
- **Conducibilità o conduttività termica ( $\lambda$ )**, espressa in  $W/mK$ , indica la quantità di calore che attraversa in 1 secondo 1 metro quadrato di materiale spesso 1 metro, in presenza di una differenza di temperatura di 1 grado Kelvin tra l'esterno e l'interno. La conducibilità termica quindi misura l'attitudine di un materiale a trasmettere calore per conduzione termica e dipende dalle caratteristiche fisico-chimiche del materiale preso in esame. La capacità isolante del materiale è inversamen-

te proporzionale al valore di conducibilità termica, pertanto i materiali con elevato valore di conducibilità termica sono considerati conduttori termici, mentre i materiali con bassi valori di conducibilità termica sono definiti isolanti termici ( $\lambda < 0,10 \text{ W/mK}$ ). Esistono dei valori di riferimento di conducibilità termica indicati nella norma UNI 10351:2021 <sup>(1)</sup>.

- **Massa Superficiale** ( $\text{kg/m}^2$ ) introdotta dal d.lgs 192/2005, è intesa come “*massa per unità di superficie della parete opaca compresa la malta dei giunti, esclusi gli intonaci, espressa in  $\text{kg/m}^2$* ”. Il recente d.m. 26 giugno 2015 ha riconfermato il valore minimo di  $230 \text{ kg/m}^2$  che le componenti di involucro opaco devono superare in presenza di particolari condizioni da essa definite.

Una massa superficiale elevata migliora le prestazioni energetiche dell'involucro edilizio conferendogli la funzione di modulatore dei flussi di calore fra esterno ed interno con consequenziale risparmio energetico per la climatizzazione estiva.

- **Trasmittanza termica periodica**  $Y_{ie}$ , misurata in  $\text{W/m}^2\text{K}$ , è pari al prodotto fra la trasmittanza termica stazionaria (U) e il fattore di attenuazione (f):

$$Y_{ie} = U \cdot f$$

quindi esprime la capacità di un componente edilizio di attenuare e sfasare nel tempo il flusso termico proveniente dall'esterno che lo attraversa nell'arco delle ventiquattro ore di una giornata.

Ad essa è correlata l'**Inerzia termica**, caratteristica dinamica che descrive l'attitudine di un componente edilizio ad accumulare calore, sfasando e attenuando il rilascio nel tempo dello stesso; quest'effetto generalmente è garantito da involucri con notevole spessore.

A tal proposito, la normativa di settore, il d.m. 26 giugno 2015 s.m.i., impone nell'ambito dei requisiti degli edifici a energia quasi zero, relativamente a tutte le pareti verticali opache con l'eccezione di quelle comprese nel quadrante nord-ovest/nord/nord-est almeno il rispetto delle seguenti verifiche:

1. che il valore della massa superficiale  $M_s$  sia superiore a  $230 \text{ kg/m}^2$ ;
2. che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$ , sia inferiore a  $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; oppure, relativamente a tutte le pareti opache oriz-

zontali e inclinate, che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$ , sia inferiore a  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

#### Sistemi impiantistici

Al fine di rendere l'edificio ad energia quasi zero, la normativa promuove l'inserimento di sistemi impiantistici che utilizzano fonti rinnovabili. Difatti, il d.lgs. n. 28 del 3.3.2011 s.m.i., attuazione della direttiva 2009/28/Ce, specifica che gli impianti di produzione di energia termica devono essere progettati e realizzati in modo da garantire il contemporaneo rispetto della copertura, tramite il ricorso ad energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, del 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria e del 50% della somma dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria, il riscaldamento e il raffrescamento. Tale copertura potrà essere assicurata con la messa in opera di impianti solari, fotovoltaici, caldaie o cogeneratori alimentati a biomassa, *solar cooling*, impianti geotermici.

#### Il quadro normativo

La riconosciuta rilevanza dell'impatto che il settore edilizio ha sullo scenario europeo in materia di sostenibilità ambientale, ha portato all'elaborazione da parte della Commissione europea di diverse misure legislative nei settori dell'efficienza energetica e delle energie rinnovabili, le quali sono oggetto di recepimento nella normativa italiana.

Di seguito si riportano brevemente i punti salienti delle normative principali di riferimento:

- legge n. 10/1991 s.m.i. e d.P.R. n. 412/1993 s.m.i.;
- d.lgs. n. 192/2005 s.m.i. e d.lgs. n. 311/2006 s.m.i.;
- d.P.R. n. 59/2009 s.m.i. attuativo del d.lgs. n. 192/2005 s.m.i.;
- d.m. 26 giugno 2009 s.m.i. e d.m. 22 novembre 2012 s.m.i.;
- d.interm. 26 giugno 2015 s.m.i.;

La legge n. 10/1991 <sup>(2)</sup> e il d.P.R. n. 412/1993 <sup>(3)</sup> hanno come obiettivo la riduzione dei consumi di energia e il miglioramento delle condizioni di compatibilità ambientale, in accordo con la politica energetica della Comunità economica europea. Il decreto di attuazione d.P.R. 412/1993 della legge 10, effettua una classificazione generale degli edifici per cate-



rie ed introduce il concetto di analisi territoriale con la suddivisione del territorio nazionale in sei zone climatiche, denominate con le lettere dalla A alla F, alle quali viene assegnato un periodo convenzionale di riscaldamento.

L'individuazione della zona climatica è effettuata in funzione dei gradi-giorno (GG) calcolati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura ideale dell'ambiente interno, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera; se il valore dovesse risultare negativo non viene preso in considerazione poiché non occorre riscaldare l'ambiente. Sulla base di tale classificazione, tutti i comuni italiani hanno quindi una zona climatica di appartenenza, assegnata indipendentemente dalla regione di appartenenza.

Zona Climatica	Gradi Giorno
A	≤ 600
B	601-900
C	901-1.400
D	1.401-2.100
E	2.101-3.000
F	≥ 3.000

Tabella 1 – Gradi giorno per ogni zona climatica

I d.lgs. n. 192/2005<sup>(4)</sup> s.m.i. e d.lgs. n. 311/2006<sup>(5)</sup> s.m.i. hanno la finalità di stabilire i criteri, le condizioni e le modalità per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici al fine di favorire lo sviluppo, la valorizzazione e l'integrazione delle fonti rinnovabili e la diversificazione energetica.

In particolare, disciplinano la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici, l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, i criteri generali per la certificazione energetica, le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione, la promozione dell'uso razionale dell'energia attraverso l'informazione e la sensibilizzazione degli utenti e la formazione e l'aggiornamento degli operatori del settore.

In Italia, i suddetti decreti richiamano un'attenzione particolare da parte dei tecnici alla progettazione accurata ed efficace dell'involucro edilizio. In tal senso, il d.lgs. n. 311/2006 introduce i limiti di trasmittan-

za termica, i criteri di limitazione dei ponti termici e altri accorgimenti da tenere in considerazione legati alla qualità costruttiva e al risparmio energetico, tra i suoi allegati è presente lo schema di relazione tecnica (prevista dalla legge n. 10/1991 s.m.i.) che riporta le informazioni minime necessarie per accertare l'osservanza delle norme vigenti da parte degli organismi pubblici competenti.

Il d.P.R. n. 59/2009<sup>(6)</sup>, viene emanato nel 2009 come regolamento di attuazione del d.lgs. n. 192/2005 s.m.i., con lo scopo di effettuare una applicazione omogenea, coordinata ed immediatamente operativa delle norme per l'efficienza energetica degli edifici su tutto il territorio nazionale. In virtù di tale finalità, definisce i criteri generali, le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici per la climatizzazione invernale e per la produzione dell'acqua calda sanitaria.

Il d.interm. 26 giugno 2015 s.m.i. è costituito da tre parti le quali concludono il recepimento della direttiva 2010/31/UE:

- applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici;
- schemi e modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica negli edifici;
- adeguamento del decreto del Ministro dello sviluppo economico, 26 giugno 2009 – Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

La finalità degli stessi è la definizione della modalità di applicazione della metodologia di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici, incluso l'utilizzo delle fonti rinnovabili, e dei requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici e unità immobiliari.

In particolare l'allegato 1 del decreto, suddiviso in diverse sezioni, riporta i criteri generali ed i requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici, nonché la definizione di edifici a energia quasi zero ossia tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per i quali sono contemporaneamente rispettati:

- specifici requisiti relativi al fabbricato, all'involucro edilizio, ai sistemi impiantistici e alla prestazione energetica dell'edificio, previsti dalla lettera b) del comma 2 del paragrafo 3.3;

Zona Climatica	U (W/mqK)			
	Strutture opache verticali	Strutture opache orizzontali o inclinate in copertura	Strutture opache orizzontali di pavimento	Strutture chiusure tecniche trasparenti
A e B	0,43	0,35	0,44	3,00
B	0,34	0,33	0,38	2,20
C	0,29	0,26	0,29	1,80
D	0,26	0,22	0,26	1,40
E	0,24	0,20	0,24	1,10

Tabella 2 – Limiti di trasmittanza ai sensi del decreto 26 giugno 2015

Involucro	$H'_T < H'_{TLIMITE}$	Valore limite tabellato nel d.m. 26 giugno 2015
	$A_{sol,est}/A_{sup,utile} \leq (A_{sol,est}/A_{sup,utile})_{limite}$	
Energia	$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,rif}$	Edificio di riferimento
	$EP_{C,nd} < EP_{C,nd,rif}$	
	$EP_{GL,nd} < EP_{GL,nd,rif}$	
Impianti	$\eta_H < \eta_{H,rif}$	Limiti previsti dal d.lgs. n. 28 del 2011
	$\eta_C < \eta_{C,rif}$	
	$\eta_W < \eta_{W,rif}$	
FER	$Q_R \geq 50\%$ $Q_R \geq 55\%$	
	$P_{el,ren}/A_{pianta} \leq 0,02$ kw/mq	

Tabella 3 – Sintesi dei requisiti per un edificio nZEB

- l'obbligo di integrazione delle fonti rinnovabili, secondo i principi minimi previsti all'allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

In riferimento al primo punto, viene richiesto il rispetto dei valori limite, riportati all'appendice A del medesimo decreto, dei seguenti parametri:

- $H'_T$ : coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente, deve essere inferiore al limite di riferimento;
- $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ : area solare equivalente estiva per unità di superficie utile, deve essere inferiore al limite di riferimento;
- $EP_{h,nd}$ : indice di prestazione termica utile per riscaldamento;
- $EP_{c,nd}$ : indice di prestazione termica utile per il raffrescamento;
- $EP_{gl,tot}$ : indice di prestazione energetica globale dell'edificio, deve essere inferiore al valore del corrispondente indice limite calcolato;

- $U$  e  $g_{(gg+sh)}$ : Trasmittanza termica e Fattore di trasmissione solare totale devono essere inferiori ai valori dei corrispondenti parametri caratteristici dell'edificio di riferimento;
- $\eta_H$ : efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;
- $\eta_W$ : efficienza media stagionale dell'impianto di produzione dell'acqua calda sanitaria;
- $\eta_C$ : efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva (compreso l'eventuale controllo dell'umidità) siano superiori ai valori delle corrispondenti efficienze indicate per l'edificio di riferimento.

Come è possibile notare, il decreto per la definizione dei limiti di prestazione energetica e degli impianti considera il valore limite calcolato per l'edificio di riferimento. Questo è definito all'interno dell'appendice A dello stesso decreto come "un edificio identico in termini di geometria (sagoma, volumi, superficie calpestabile, superfici degli elementi costruttivi e

*dei componenti), orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno e avente caratteristiche termiche e parametri energetici pre-determinati".*

### **Il modulo prefabbricato**

Il quadro normativo fin qui descritto pone le basi per una progettazione modulare sostenibile che risponda ai requisiti richiesti per gli edifici nZEB.

L'architettura modulare per la sua realizzazione off-site e per l'alto grado di soddisfacimento della qualità di prodotto nel rispetto degli standard normativi e ambientali è la tecnologia costruttiva ideale per poter dar forma ad edifici ad energia quasi zero.

Focalizzando l'attenzione sull'unità strutturale metallica tridimensionale, ossia il modulo, questo può essere scomposto nei seguenti sub sistemi tecnologici: chiusura orizzontale di base, chiusura orizzontale di copertura, chiusura verticale opaca e chiusura verticale trasparente.

Nel dettaglio si riportano le stratigrafie basi di ogni sub sistema, le quali sono personalizzabili a seconda delle esigenze della committenza e dei requisiti da rispettare non solo nell'ambito della sostenibilità e del risparmio energetico ma anche in ambito acustico e di sicurezza.

#### *I sub-sistemi: chiusura orizzontale base*

La chiusura orizzontale di base, descrivendola dallo



Figura 2 – Pannelli sandwich con isolante in schiuma poliuretanic



Figura 3 – Liceo Democrito, scuola modulare prefabbricata nZEB, Acilia- Città metropolitana di Roma, 2021 – Realizzata da Algeco S.p.A.

strato più interno è composta da una pavimentazione in PVC o di altro materiale personalizzabile, al di sotto della quale è presente un pannello in legno-cemento, uno strato coibente in lana minerale sostenuto da una lamiera in acciaio ed infine uno strato isolante per migliorare l'isolamento dal piano di posa.

*I sub-sistemi: chiusura orizzontale di copertura*

La stratigrafia della chiusura orizzontale di copertura è composta, dall'interno verso l'esterno, da doghe metalliche, uno strato di coibente di spessore e materiale variabile a seconda delle esigenze e da uno strato di coibente, posizionato fra i diversi profili omega che sorreggono i pannelli sandwich a doppio rivestimento metallico con lamiera esterna con profilo grecato. Questi ultimi presentano una leggera pendenza per consentire il deflusso delle acque meteoriche nei canali di gronda che circoscrivono la chiusura.

*I sub-sistemi: chiusura verticale opaca*

La chiusura verticale opaca è realizzata con pannelli sandwich di spessore variabile (mm). Que-

sti devono essere prodotti nel rispetto della UNI EN 14509:2013 <sup>(7)</sup>, norma europea che specifica i requisiti per la produzione industriale di pannelli isolanti autoportanti, a doppio rivestimento con paramenti metallici, che sono destinati alla posa in discontinuo in diverse applicazioni. Il pannello è costituito da un doppio strato di lamiera metallica di spessore variabile (mm) con interposto uno strato di materiale isolante come poliuretano o lana di roccia.

*I sub-sistemi: chiusura verticale trasparente*

La scelta della chiusura trasparente riveste un ruolo fondamentale nella valutazione del comfort indoor e della prestazione energetica globale dell'edificio. In relazione al comfort, le chiusure trasparenti influenzano il benessere psico-fisico degli utenti. Esse fungono da barriera protettiva nei confronti dei rumori e delle variazioni climatiche esterne e grazie alla loro trasparenza lasciano passare i raggi solari. Quanto premesso, l'installazione delle stesse deve essere frutto di un attento esame non solo del rapporto aeroilluminante ma anche dei valori di trasmittanza termica

e dei parametri del vetro quali il fattore solare, per il controllo del calore, e la trasmissione luminosa, per il controllo del flusso luminoso.

### Conclusioni

In conclusione, per poter attuare in modo efficace le strategie presentate dal Green Deal, è necessario intervenire sul settore edilizio, il quale risulta essere uno dei maggiori responsabili dell'alterazione dell'equilibrio ambientale, a causa delle diverse fasi del processo di realizzazione e dismissione le quali comportano un eccessivo consumo di risorse.

Per limitare questo squilibrio sono state emanate una serie di normative a livello europeo e leggi nazionali e regionali in materia di energie rinnovabili, efficienza energetica e valutazioni ambientali. Il recepimento e l'attuazione delle stesse può condurre alla decarbonizzazione del parco edilizio esistente estremamente

energivoro. Pertanto, aumentare il tasso di riqualificazione del parco edilizio esistente, tagliandone il fabbisogno energetico e progettare nuovi edifici a bassissimo fabbisogno di energia (Nearly Zero Energy Building – Nzeb), sono azioni ritenute prioritarie.

In questo panorama, l'architettura modulare prefabbricata caratterizzata da modularità, leggerezza, adattabilità e basso impatto ambientale dovuto alla realizzazione off-site, si configura come la tecnologia costruttiva ottimale ed efficace. La progettazione focalizzandosi soprattutto sulla corretta scelta dei materiali isolanti e quindi su un'efficace definizione delle stratigrafie dell'involucro consente di ottimizzare il comportamento passivo dell'edificio. Dal punto di vista impiantistico, il fabbisogno energetico può essere soddisfatto dall'implementazione di impianti alimentati da fonti rinnovabili che contribuiscono a rendere l'edificio modulare energeticamente autosufficiente.

### Note

(<sup>1</sup>) Norma UNI 10351:2021, *Materiali da costruzione – Proprietà termoigrometriche – Procedura per la scelta dei valori di progetto.*

(<sup>2</sup>) Legge n. 10 del 9.1.1991, *Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.*

(<sup>3</sup>) D.P.R. n. 412 del 26.8.1993, *Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.*

(<sup>4</sup>) D.lgs. n. 192/2005, *Attuazione della direttiva (Ue) 2018/844, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, della direttiva 2010/31/UE, sulla prestazione energetica nell'edilizia, e della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*

(<sup>5</sup>) D.lgs. n. 311/2006, *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo n. 192 del 2005, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.*

(<sup>6</sup>) D.P.R. n. 59/2009, *Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.*

(<sup>7</sup>) UNI EN 14509:2013, *Pannelli isolanti autoportanti a doppio rivestimento con paramenti metallici. Prodotti industriali. Specifiche.*