

6

**Aspetto esterno
dell'involucro**

Copyright © Esselibri S.p.A.

La normativa, oltre a dare indicazioni che interferiscono sulla struttura interna dell'involucro, fornisce alcune prescrizioni che vanno a incidere sull'aspetto esteriore dell'edificio.

Nel calcolo della prestazione energetica¹³⁹ si prevede di considerare anche l'energia fornita dagli apporti solari (vedi § 6.1), per questo si può ricorrere ad ampie superfici vetrate o a sistemi bioclimatici per la riduzione dei consumi; inoltre le superfici trasparenti, poiché esposte in modo da raccogliere la massima insolazione, devono essere protette da schermature solari (vedi § 6.2) per evitare il surriscaldamento estivo; infine la normativa impone anche l'installazione di pannelli solari fotovoltaici e pannelli solari termici (vedi § 6.3) per soddisfare parte del fabbisogno energetico.

Tutto ciò porta a dover integrare nuovi elementi nell'edificio e il progettista, già dalle prime fasi di progettazione, deve considerare questi fattori, per evitare che le forme vengano stravolte in fasi successive.

6.1 APPORTI SOLARI GRATUITI E ISOLAMENTO TERMICO DELLE SUPERFICI TRASPARENTI

Nel calcolo del fabbisogno energetico degli edifici, indicato nelle Norme UNI, si devono tenere in considerazione anche gli apporti termici solari che incidono su componenti opachi e trasparenti¹⁴⁰. Maggiori apporti solari riducono i consumi e contribuiscono quindi a migliorare la classe energetica dell'edificio e di conseguenza ad aumentarne il valore dell'edificio.

Gli apporti solari in un edificio contribuiscono in modo significativo al riscaldamento e riescono a contrastare per circa il 30% la dispersione termica data dalla somma delle perdite per trasmissione e ventilazione¹⁴¹. Questa percentuale tuttavia, in seguito a una progettazione mirata, può aumentare in modo considerevole come è evidente ad esempio negli edifici realizzati recentemente in Trentino Alto Adige, che seguono gli standard CasaClima B o superiori e sono studiati in modo da sfruttare al meglio gli apporti solari. Non bisogna trascurare il fatto che le superfici trasparenti per evitare problemi di surriscaldamento devono comunque essere munite di protezioni solari e sistemi di regolazione automatica della temperatura nei locali¹⁴².

Negli edifici passivi dell'Europa centrale, la superficie vetrata ottimale oltre a essere rivolta a Sud, dovrebbe essere circa il 40% della facciata, il 30% nel Sud Italia; per non avere problemi di surriscaldamento o di cattivo illuminamento¹⁴³, tali valori non devono essere modificati.

Per poter aumentare le superfici trasparenti occorre comunque utilizzare materiali che portino ad avere bassa trasmittanza termica, inferiore a quella



Fig. 6.1 *L'immagine mostra le strutture portanti di un edificio in legno realizzato in Trentino Alto Adige. La facciata dell'edificio è stata studiata in modo da ricevere al meglio la radiazione solare. Foto tratta da un cantiere dell'azienda Jörg Klimahaus GmbH/Srl.*

indicata dalla normativa, che permettano allo stesso tempo un ottimale passaggio di energia data dalle radiazioni solari e un adeguato passaggio di luce.

6.1.1 Requisiti dettati dalla normativa

Le varie norme sono concordi sul fatto che, nel calcolo dei consumi totali dell'edificio, si debbano tenere in considerazione gli apporti solari gratuiti.

Vengono di seguito analizzati gli articoli tratti dalla normativa riguardanti gli apporti solari (non sono stati riportati gli articoli nella loro forma originaria, ma sono stati riscritti e commentati per ottenere una più rapida consultazione):

D.lgs 192/2005 così come modificato dal 311/2006

Dall'Allegato B.

Le metodologie di calcolo che saranno definite con i decreti attuativi¹⁴⁴, dovranno tenere in considerazione alcuni aspetti tra cui i sistemi solari passivi e le protezioni solari.

Dall'Allegato E.

Commi 2, 9. L'allegato riguarda lo schema da seguire per stendere la relazione tecnica.

Nello schema di relazione tecnica proposto che contiene le informazioni minime necessarie per accertare l'osservanza delle norme vigenti da parte degli organismi pubblici, viene indicato di presentare "Elaborati grafici relativi a eventuali sistemi solari passivi specificatamente progettati per favorire lo sfruttamento degli apporti solari", prospetti e sezioni con eventuali sistemi di protezione solare.

Dall'Allegato I.

Comma 16. I procedimenti di calcolo devono rifarsi a norme UNI, CEN o ad altri metodi ufficiali¹⁴⁵ e nel calcolo rigoroso della prestazione energetica dell'edificio occorre prendere in considerazione diversi aspetti¹⁴⁶ tra cui gli apporti termici solari.

Per quanto riguarda le trasmittanze limite vedere le Tabb. 5.3 e 5.4 al paragrafo 5.3.1.

Linee Guida

Viene precisato anche che l'obbligo già indicato dal D.lgs 311/06 di valutare e documentare l'efficacia di sistemi filtranti e schermanti delle superfici vetrate, può venire meno in caso di impedimenti di natura tecnica ed economica e se si utilizzano vetri con fattore solare minore di 0,5.

UNI 10349:1994

"Dati climatici"

Fornisce i dati di irraggiamento solare su piani orizzontali e verticali per le maggiori città italiane.

UNI 8477:1983 (Parte I)

"Calcoli degli apporti per applicazioni in edilizia - Valutazione dell'energia raggiante ricevuta". Fornisce il metodo di calcolo per valutare l'energia incidente su un piano comunque inclinato per ogni mese dell'anno.

Legge Finanziaria 2008

Dall'art.1 - Comma18-c. Secondo la Finanziaria 2008, ai fini della detrazione fiscale del 55%, in singole unità immobiliari, non è richiesto l'attestato di certificazione energetica o l'attestato di qualificazione energetica per interventi di sostituzione di finestre, comprensive di infissi.

D.M. 19 febb 2008 e modifiche date dal **D.M. 7 aprile 2008** (detrazioni del 55%) Per avere le detrazioni fiscali sulla *riqualificazione energetica* non bisogna superare la prestazione energetica Epi (kWh/m²Anno) indicata nelle tabelle del D.M. 11 marzo 2008 e gli apporti solari gratuiti possono essere inseriti nel calcolo del fabbisogno come indicato dalla UNI EN ISO 832: 2001; quindi l'inserimento di sistemi bioclimatici o vetrate, che servono per aumentare i guadagni diretti, sono di aiuto per abbassare il fabbisogno energetico e rientrare nei limiti per avere le detrazioni fiscali.

6.1.2 Sistemi bioclimatici

Come indicato dagli articoli di legge visti in precedenza, si possono utilizzare anche sistemi solari passivi per migliorare il fabbisogno energetico invernale dell'edificio.

Questi sistemi si basano tutti sull'effetto serra che si verifica in presenza di superfici trasparenti, che permettono l'entrata delle radiazioni solari sia visibili, sia infrarosse, ma non permettono l'uscita delle radiazioni infrarosse. I sistemi possono essere classificati in:

- a) sistemi a guadagno diretto;
- b) sistemi a guadagno indiretto;
- c) sistemi a guadagno isolato.

a) Sistemi a guadagno diretto

L'energia solare penetra direttamente nei locali e riscalda gli elementi interni per mezzo delle superfici vetrate; l'accumulo di calore avviene per mezzo delle strutture interne come solette e pareti; anche gli arredi possono contribuire all'accumulo di calore¹⁴⁷.

b) Sistemi a guadagno indiretto

L'involucro fa da collettore e da massa di accumulo, assorbe le radiazioni solari e cede all'interno dei locali l'energia termica.

I sistemi più comuni descritti in letteratura sono le serre addossate¹⁴⁸, attualmente le più utilizzate, il muro di Trombe-Michel¹⁴⁹ o muro solare, il sistema Barra-Costantini¹⁵⁰, il sistema Atrio¹⁵¹, il tetto roof pond¹⁵² e il sistema a doppia pelle¹⁵³.

c) Sistemi a guadagno isolato

La captazione può avvenire anche per mezzo di componenti posti all'esterno dell'edificio e il calore viene trasportato per mezzo dell'aria in condotti.

220

Recentemente vengono impiegati pannelli solari ad aria che funzionano come il solare termico (§ 6.3.2), ma utilizzano l'aria come fluido.

6.1.3 Cenni sul calcolo degli apporti solari secondo le norme UNI

Nel calcolo del fabbisogno energetico bisogna tenere in considerazione gli apporti solari su componenti opachi, come su componenti trasparenti.

Secondo le norme¹⁵⁴ il calcolo del flusso termico di origine solare si calcola:

$$\Psi_{\text{sol},i} = F_{\text{sh,ob},i} \cdot A_{\text{sol},i} \cdot I_{\text{sol},i}$$

Dove: $F_{\text{sh,ob},i}$ = fattore di riduzione per ombreggiamento

$A_{\text{sol},i}$ = area di captazione effettiva (componenti opachi¹⁵⁵ + componenti trasparenti)

$I_{\text{sol},i}$ = irradianza solare media mensile

Componenti trasparenti:

$$A_{\text{sol}} = F_{\text{sh,gl}} \cdot g_{\text{gl}} (1 - F_f) \cdot A_{\text{w,p}}$$

Dove: $F_{\text{sh,gl}}$ = fattore riduzione apporti solari per l'utilizzo di schermature mobili.

g_{gl} = trasmittanza di energia solare della parte trasparente;

F_f = area relativa al telaio, rapporto tra area proiettata del telaio e l'area proiettata totale della finestra;

$A_{\text{w,p}}$ = area proiettata totale del componente vetrato in mq.

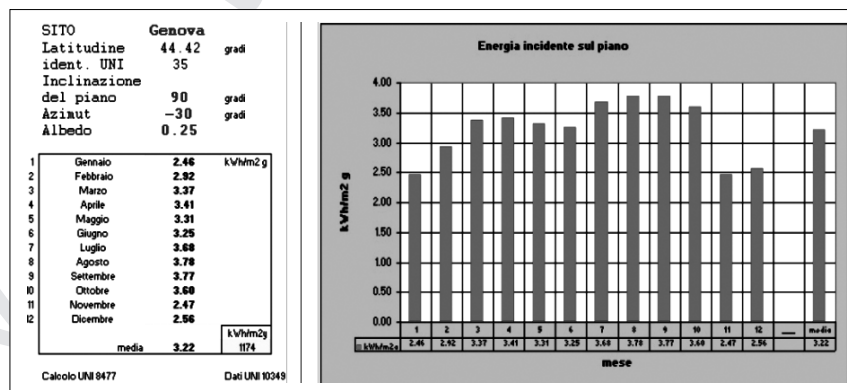


Fig. 6.2 Energia incidente su un piano verticale orientato a 30° Est.

Nel mese di gennaio dove occorrono maggiori apporti solari, l'energia incidente sulla superficie verticale è 2,46 kWh/mq al giorno.

La Norma UNI 10349 fornisce i dati di irraggiamento solare su piani orizzontali e verticali per le maggiori città italiane; la Norma UNI 8477 fornisce il metodo di calcolo per valutare l'energia incidente su un piano comunque inclinato per ogni mese dell'anno.

Appositi programmi permettono di eseguire con facilità tali calcoli; si porta ad esempio un calcolo eseguito per Genova per una superficie verticale orientata a 30° Est (azimut).

6.1.4 Indicazioni progettuali

Le indicazioni presentate riguardano:

- a) superfici trasparenti;
- b) serre solari;
- c) facciate a doppia pelle.

Chiusure comprensive d'infissi fino al 31 dicembre 2009 (Reg. n.1 superf. vetrata minore o maggiore 25%)								
ZONA	D.lgs 311	Reg. n.1 Lig		R.E.C.Ge	DM.11/03/08 55%	D.lgs 311 Solo vetri	Reg. n.1 Lig. Solo vetri	
		< 25%	> 25%				< 25%	> 25%
A	5				4,6	4,5		
B	3,6				3	3,4		
C	3	3	2,4		2,6	2,3	2,3	1,7
D	2,8	2,8	2,2	2,3	2,4	2,1	2,1	1,6
E	2,4	2,4	2		2,2	1,9	1,9	1,5
F	2,2	2,2	1,8		2	1,7	1,7	1,4
Chiusure comprensive d'infissi dal 1° gennaio 2010 (Reg. n.1 superf. vetrata minore o maggiore 25%)								
ZONA	D.lgs 311	Reg. n.1 Lig		R.E.C.Ge	DM.26/01/10 55%	D.lgs 311 Solo vetri	Reg. n.1 Lig. Solo vetri	
		< 25%	> 25%				< 25%	> 25%
A	4,6				3,7	3,7		
B	3				2,4	2,7		
C	2,6	2,6	2,1		2,1	2,1	2,1	1,5
D	2,4	2,4	2,1	2,3	2	1,9	1,9	1,4
E	2,2	2,2	1,7		1,8	1,7	1,7	1,3
F	2	2	1,5		1,6	1,3	1,3	1,1

Tab. 6.1 Le tabelle mostrano le trasmittanze richieste dalla normativa. Il regolamento n. 6 della Regione Liguria distingue i valori di trasmittanza a seconda che la superficie vetrata sia > o < del 25% della superficie opaca. In un edificio standard è facile superare il 25% di superficie vetrata rispetto alla superficie opaca.

In qualsiasi soluzione adottata per incrementare gli apporti solari tramite superficie trasparente, occorre tenere in considerazione le trasmittanze richieste dalla normativa a seconda della zona climatica.

Qui di seguito nelle tabelle sono stati confrontati i valori di trasmittanza prescritti dalle varie norme in modo che si possa comprendere velocemente qual è quello più restrittivo.

a) Isolamento termico e apporti solari nelle superfici vetrate

L'obiettivo è ottenere il massimo guadagno solare invernale e il minimo estivo, avere meno perdite di calore possibile con una bassa trasmittanza in inverno e avere sempre un'illuminazione adeguata, a seconda della funzione che si svolge nei locali.

Dato che tutte queste caratteristiche non possono essere soddisfatte contemporaneamente, occorre trovare un compromesso e scegliere il tipo di vetro in base all'orientamento della facciata, al clima e alla funzione interna del locale.

Non esiste un vetro ideale che vada bene per ogni situazione e si può arrivare ad avere un edificio con vetri con caratteristiche tecniche diverse per ogni facciata:

- le aperture a Est, Ovest e Nord vengono dimensionate principalmente per garantire l'illuminazione dei locali;
- quelle a Nord per avere maggiore isolamento termico e infissi di dimensioni limitate;
- le facciate a Sud, di dimensioni maggiori, per permettere il passaggio delle radiazioni solari in inverno ed essere dotate di protezioni solari schermanti per l'estate; la loro maggiore superficie impone però una bassa trasmittanza, per avere meno perdite possibili in inverno.

Se diminuisce la trasmittanza del vetro U_g , diminuisce anche il guadagno solare¹⁵⁶, quindi bisogna trovare un compromesso tra le due grandezze.

Ai fini di ottenere il maggior contributo solare viene commercializzato da una ditta tedesca un vetro "extrachiaro antiriflesso" che può arrivare fino al 98% di passaggio di infrarosso, ma necessita in modo particolare di protezioni solari estive. Per la protezione solare esistono anche vetri dinamici che cambiano trasparenza secondo le esigenze del momento¹⁵⁷, ma hanno ancora costi troppo elevati per un'applicazione in edilizia (vedi § 6.2).

Nelle aree con climi variabili sono adatti i vetri selettivi *pirolitici* o *magnetronici*¹⁵⁸ che respingono parte della radiazione incidente, selezionano le onde elettromagnetiche visibili e schermano le ultraviolette e parte delle infrarosse. Il magnetronico è indicato dove si verifica un eccessivo surriscaldamento perché ha lo strato di metallo riflettente sul lato esterno.

Questi tipi di vetro possono essere abbinati con il vetro *bassoemissivo*¹⁵⁹ o “vetro a isolamento termico rinforzato”, che ha un rivestimento metallico sulla lastra interna e riflette il calore irraggiato dall'interno, riducendo le dispersioni e mantenendo un'alta trasmissione luminosa.

I vetri bassoemissivi sono indicati per facciate esposte a Nord o per climi freddi o temperati.

Questi vetri possono essere assemblati con una o due intercapedini contenenti gas. I gas che vengono utilizzati sono l'Argon ($\lambda = 0,01$ W/mK) o il Krypton ($\lambda = 0,009$ W/mK), oppure può essere utilizzata l'aria immobile che ha una $\lambda = 0,02$ W/mK. Vengono prodotti anche vetri sottovuoto che con un'intercapedine di 0,15 mm sottovuoto e due vetri da 3-4 mm raggiungono una $U_g = 0,6 - 0,8$ W/m²K ($U_g = U$ glass = trasmittanza del solo vetro). Per avere meno perdite di calore, oltre al vetro, assume grande importanza anche il telaio che è opportuno sia in legno massello, legno lamellare, alluminio a taglio termico o PVC. Per i climi umidi e freddi i legni migliori per questa funzione sono quelli resinosi come il larice $\lambda = 0,12$ W/mK o il pino bianco $\lambda = 0,9$ W/mK, latifoglie come l'acero, il faggio, la quercia, il frassino $\lambda = 0,18 - 1,14$ W/mK.

Nella Tab. 6.2 vengono raffrontati vari tipi di vetro con indicazioni riguardanti la trasmittanza, il fattore solare (che indica la quantità di energia che passa attraverso alla superficie trasparente) e il costo indicativo in Euro/mq dato delle perdite di calore.

Grande importanza riveste anche il cassonetto per l'avvolgibile, dal quale solitamente si hanno grandi perdite per trasmissione e ventilazione, per que-

Intervento	Spessore vetro (mm)	trasmittanza (W/m ² K)	fattore solare (%)	costo dissipazioni (Euro/mq)
Vetro singolo float	6	5,8	81,5	17,4
Vetrocamera float con aria	4-16-4	2,8	75,5	14
Vetrocamera bassoemissivo con argon	4-16-4	1,1	59,8	6
Triplo vetro bassoemissivo con argon	4-10-4-10-4	0,7	60	4

Tab. 6.2 Dati tratti dal testo: Dall'Ò G.; Gamberale M.; Silvestrini G., *Manuale della certificazione energetica degli edifici: norme procedure e strategie d'intervento*, Edizioni Ambiente, Milano, 2008.

Fonte: European Commission, *New Solution for Old Buildings*, 1999.

Dalla tabella si può notare come il vetrocamera bassoemissivo con Argon sia nettamente più conveniente rispetto al vetrocamera float con aria; il fattore di guadagno solare si abbassa in modo non eccessivo, quindi consente sufficienti apporti solari, mentre la trasmittanza viene più che dimezzata consentendo un risparmio di più del 50%.



Fig. 6.3 Immagine tratta dalla brochure dell'azienda Internorm-Italia S.r.l., Gardolo (TN). Telaio in legno lamellare e gocciolatoio in alluminio su richiesta. Questo tipo di infisso con un vetro bassoemissivo contenente gas Argon o Krypton può arrivare a trasmittanze totali dell'infisso $U_w < 1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

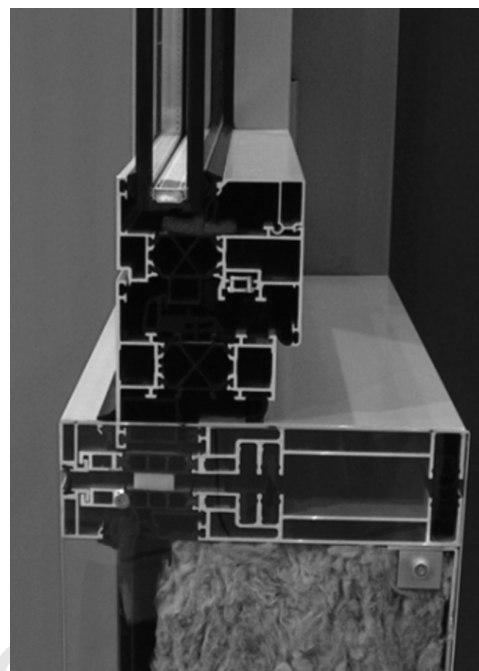


Fig. 6.4 Foto scattata al Made Expo 2008 di Milano allo stand Hydro Building System S.p.A. che ha presentato i telai per facciate continue Wicona. Questo telaio WICTEC60EL ha una trasmittanza $U_f = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Fig. 6.5 Immagine tratta dalla brochure della ditta Roverplastik S.p.a. (www.roverplastik.it). La ditta produce i cassonetti isolati per avvolgibili "Kingsystem" costituiti da argilla espansa legata da poliuretano che hanno trasmittanza $U = 0,80 - 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nella figura si può notare l'elemento "RoverBlock" con spalle e sottobancale in schiuma rigida di poliuretano a celle chiuse per isolare il giunto tra muro e infisso.

sto sono in commercio cassonetti isolati termicamente, che limitano il passaggio di aria all'interno dell'abitazione garantendo migliori prestazioni complessive. Vengono commercializzati anche elementi termoisolanti da applicare su cassonetti preesistenti¹⁶⁰, nel caso di riqualificazione energetica. Le superfici trasparenti possono essere realizzate anche con materiali traslucidi che vengono chiamati "vetri TIM" (Transparent Insulating Materials)¹⁶¹; essi sono costituiti da due vetri con all'interno materiali isolanti traslucidi come lana di vetro, nanogel isolante, strutture alveolari o capillari in materiale vetroso e possono arrivare a trasmittanza U_g fino a $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. L'inclinazione dei capillari può fare passare i raggi solari diretti in inverno e bloccare in parte i raggi solari estivi che hanno inclinazione maggiore (Fig. 6.6) (azienda Okalux GmbH, prodotto Kapilux-WS).

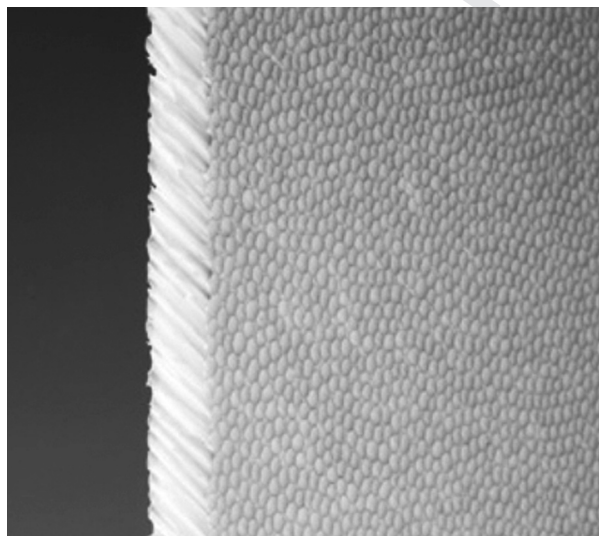


Fig. 6.6 Immagine tratta dalla brochure del prodotto Kapilux-WS, dell'azienda Okalux GmbH.

Esempio n. 1 - Superfici trasparenti in edificio a Genova - A Genova le superfici vetrate, per dare un contributo significativo al bilancio energetico dell'edificio, dovranno avere una superficie del 40% circa rispetto alla superficie opaca.

Essendo la superficie $>$ del 25% il regolamento n. 1 della Regione Liguria, in questo caso più restrittivo del regolamento edilizio di Genova, nella nuova edificazione, richiede che la trasmittanza limite del serramento completo di vetro sia $U_w = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.