

# INTELLIGENTI E TERMOSENSIBILI

Le ultime prescrizioni legislative impongono materiali e sistemi con comportamento spettrofotometrico variabile a seconda della stagione. Con l'obiettivo di un bilancio energetico dell'edificio in attivo

Elena Lucchi



Le superfici trasparenti dell'involucro edilizio costituiscono un elemento fondamentale per garantire il comfort microclimatico e il bilancio energetico degli edifici. La scelta dei serramenti deve soddisfare una serie di requisiti minimi richiesti dalla legislazione nazionale e dalla normativa europea, che permettono di bilanciare le esigenze di comfort microclimatico, di efficienza energetica e di sicurezza degli utenti. In particolare, l'involucro trasparente devono assicurare le seguenti prestazioni:

- Razionalizzazione del bilancio energetico dell'edificio attraverso la riduzione delle dispersioni termiche invernali e dei surriscaldamenti estivi;
- Benessere degli utenti in fatto di isolamento termico, isolamento acustico, idoneo rapporto aero-illuminante e assenza di abbagliamento visivo;
- Resistenza meccanica;
- Stabilità agli agenti atmosferici, per quanto riguarda la tenuta all'acqua, la resistenza al vento e la permeabilità all'aria;
- Sicurezza anti-effrazione e antintrusione;
- Manutenibilità e sicurezza d'uso, per quanto concerne la resistenza all'usura, agli urti, alle manovre errate, al lavaggio, agli agenti aggressivi e alle sollecitazioni dell'utenza;

Le diverse prestazioni delle finestre sono definite da una serie di norme tecniche che stabiliscono le prove da effettuare per verificare il livello prestazionale raggiunto. La maggior parte di norme sono rivolte principalmente ai produttori, poiché individuano con chiarezza i requisiti che un serramento deve possedere per appartenere a una particolare classe prestazionale.

### Isolamento termico

Le prestazioni di isolamento termico dell'involucro trasparente, come è noto, sono state introdotte con i Decreti Legislativi 192/05 e 311/06, che recepiscono a livello nazionale i dettami della Direttiva Europea 2002/91/CE in materia di rendimento energetico in edilizia (EPBD). Per quanto riguarda il settore serramentistico, la misura più interessante riguarda i limiti di trasmittanza termica imposti per gli interventi di nuova costruzione e di sostituzione delle finestre e dei vetri esistenti. I valori cambiano in funzione delle zone climatiche in cui devono essere installati i serramenti. Le soglie più rigide sono fissate al 2010 e al 2011, prevedendo

l'introduzione graduale di serramenti e di vetri sempre più performanti. I valori, comunque, non sono particolarmente restrittivi, poiché nei climi temperati si sta diffondendo l'utilizzo di serramenti con valori di trasmittanza che si attestano su  $1.1 \div 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

La Finanziaria 2007, ripresa poi dalla Finanziaria 2008 e in vigore fino al 2010, ha introdotto una detrazione dall'imposta lorda per una quota pari al 55% degli importi rimasti a carico del contribuente per le spese di riqualificazione energetica, che comprendono anche la sostituzione delle finestre. Gli infissi si intendono comprensivi anche delle strutture accessorie che hanno effetto sulla dispersione di calore quali scuri, persiane e avvolgibili, o che sono strutturalmente accorpate al manufatto, come cassonetti incorporati nel telaio.

Le prestazioni di isolamento termico dei serramenti, per ottenere la conformità rispetto ai requisiti minimi di trasmittanza termica attualmente in vigore e gli sgravi fiscali, devono essere calcolate in conformità con due norme specifiche, dedicate rispettivamente alle prestazioni termiche

## Legno

### Albertini

Clim'A è la finestra con triplo vetro, doppia camera e telaio extrasize che offre valori di isolamento termico ed acustico al top della tecnologia e permette notevoli risparmi sui costi di riscaldamento e raffrescamento, contribuendo notevolmente all'isolamento passivo degli edifici. Le finestre e portefinestre Clim'A possono essere prodotte in tutte le dimensioni e soluzioni d'apertura, con ferramenta anta ribalta, con rivestimento esterno in alluminio e con un profilo dal design accattivante che ben si adatta agli edifici di pregio in cui si inserisce.



### Cocif

KlimA+ consente di risparmiare sul consumo energetico e migliorare il comfort acustico, aumentando la sicurezza complessiva della propria casa. Contribuisce inoltre alla salvaguardia dell'Ambiente, fornendo un serramento naturale ed ecologico, utilizzabile per CasaClimapiù, la classe Casaclima che prevede solo materiali da costruzione non dannosi per l'ambiente o la salute – solo serramenti in legno. Infine contribuisce all'eliminazione dei ponti termici, causa principale di fenomeni molto fastidiosi quali condensa e muffa, risultando il prodotto di più lunga durata, grazie a una notevole resistenza contro gli agenti chimici, al calore, al gelo, alla corrosione e all'inquinamento.

### F.Ili Pavanello

La Serie Clima è un serramento ecologico che garantisce altissime prestazioni energetiche. La Serie Clima, infatti, assicura il più alto isolamento termico tra i serramenti presenti sul mercato. In particolare, il serramento ha uno spessore di 92 mm ed è dotato di un triplo vetrocamera speciale ( $U_g=0,5$ ) capace di arrivare a  $U_w=0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . La Serie Clima rappresenta uno strumento fondamentale per evitare sprechi d'energia, consentendo di risparmiare sulle bollette e, allo stesso tempo, di migliorare l'efficienza energetica.



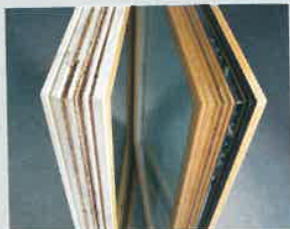
Valori massimi ammissibili di trasmittanza termica delle finestre e dei vetri previsti dal D.lgs. 311/06, dal DPR 59/09 e dalla Legge Finanziaria 2008

Zona climatica	Finestre (vetro e infissi)		
	Valori massimi ammissibili di trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]		
	D.lgs. 311/06 e DPR 59/099		Finanziaria
	1/1/2008	1/1/2010	1/1/2010
A	5.0	4.6	3.9
B	3.6	3.0	2.6
C	3.0	2.6	2.1
D	2.8	2.4	2.0
E	2.4	2.2	1.6
F	2.2	2.0	1.4
Zona climatica	Vetri		Fattore solare [%]
	Valori massimi ammissibili di trasmittanza termica [W/m <sup>2</sup> K]		
	D.lgs. 311/06 e DPR 59/099		DPR 59/099
	1/7/2008	1/1/2011	
A	4.5	3.7	Presenza di un sistema di schermatura solare oppure g < 50%
B	3.4	2.7	
C	2.3	2.1	
D	2.1	1.9	
E	1.9	1.7	
F	1.7	1.3	

Fonte: Elaborazione dell'Autore

## Faliselli

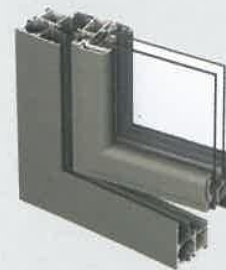
Passiv92 è un serramento con spessore da 92 mm, che al legno lamellare abbina il sughero vaporizzato. Indicato alle prestazioni di una Passivhaus, con un fabbisogno energetico <10 kWh/m<sup>2</sup>/anno, l'obiettivo di Passiv92 è quello dell'iperisolamento: la trasmittanza media del sistema finestra raggiunge l'1,0 watt/m<sup>2</sup>K a fronte di un valore, per il solo telaio, di 0,8 watt/m<sup>2</sup>K. A caratterizzare Passiv92 è l'utilizzo di tripla guarnizione/ triplo vetro/doppia camera al posto di 2 guarnizioni, doppio vetro ed una camera, tipiche dei serramenti tradizionali.



## Alluminio

### Reynars

ECO ID è un sistema per porte e finestre con un profilo arrotondato che permette di ammorbidire le curve del serramento rientrando comunque all'interno dei limiti relativi ai valori di trasmittanza termica. La perfetta resistenza termica (con valori U<sub>f</sub> compresi fra 2.18 W/m<sup>2</sup>K e 2.90 W/m<sup>2</sup>K) è garantita dall'ottima progettazione delle astine di poliammide rinforzate con fibra di vetro, che evitano la dispersione di calore e favoriscono quindi una riduzione dei costi di riscaldamento. ECO ID presenta inoltre una doppia guarnizione di battuta tra telaio e anta, che intensifica la protezione contro acqua e vento e l'isolamento acustico.



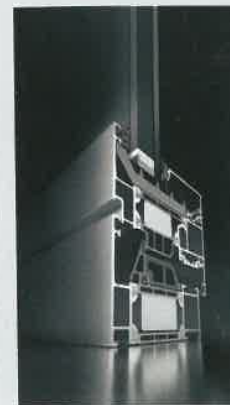
## E. Comotti



La linea di telai CMT è realizzata in legno lamellare GL24 H, che si adatta alle finestre dei principali produttori di lucernari. I telai CMT sono pretagliati, preassemblati e pronti per l'installazione: vengono montati con facilità sulla parte strutturale del tetto, evitando così l'esecuzione di una riquadratura a posteriori da parte di operatori specializzati. La gamma, oltre ai prodotti standard, comprende anche modelli speciali per tetti curvi, con basipendenze e personalizzabili su specifica del cliente.

## Schüco

La finestra AWS 75.SI raggiunge un valore di isolamento termico di U<sub>f</sub>= 1,3 W/m<sup>2</sup>K, soddisfacendo al meglio i futuri standard di isolamento termico e le esigenze a livello architettonico in termini di trasparenza e libertà di design in soli 75 mm di spessore. Il modello AWS 75 BS.SI propone le medesime caratteristiche del precedente aggiungendo però il valore dell'anta a scomparsa (Block System), con una sezione in vista molto snella, a partire da 67mm, grazie ai fermavetri non visibili. Le finestre AWS 75 BS.SI sono disponibili con profili di montanti fino a 44mm di sezione, telai fissi fino a 51mm, due ante e fasce tagliavetro.



delle finestre (UNI EN ISO 10077-1:2007) e dei telai (UNI EN ISO 10077-2:2004).

### Apporti solari

Il DPR 59 del 2 aprile 2009 prevede l'attuazione di interventi che limitano i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e contengono la temperatura ambientale interna. Il documento si applica agli edifici di nuova costruzione e alle ristrutturazioni edilizie. Per quanto riguarda le chiusure apribili ed assimilabili (porte, finestre e vetrine anche non apribili, comprensive degli infissi), si conferma il rispetto dei limiti di trasmittanza termica previsti dal D.lgs. 311/06. Nelle nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni totali si rende obbligatoria la presenza di sistemi schermanti esterni, ad eccezione dei casi in cui si dimostra la mancanza di convenienza tecnico-

economica in una specifica relazione. In questi casi, è possibile omettere i sistemi di schermatura solare, ma è necessario prevedere superfici vetrate con un fattore solare minore o uguale a 0.5 (norma UNI EN 410:1998). Il progettista deve valutare puntualmente e documentare l'efficacia dei sistemi filtranti e schermanti applicati per ridurre l'apporto di calore per irraggiamento solare. Gli eventuali impedimenti all'utilizzo di questi sistemi devono essere evidenziati in una relazione tecnica. La valutazione può essere omessa in presenza di superfici vetrate con un fattore solare minore o uguale a 0.5.

L'introduzione di questa prescrizione è fondamentale per garantire il benessere delle persone, specialmente nella stagione estiva. Il rischio connesso con un'applicazione acritica del D.lgs. 311/06 è legato alla realizzazione di vetri ad alte

## Misti

### Emme Due

La finestra Termalmix nasce dalla famiglia Almix, che coniuga l'alluminio e il legno in un taglio termico naturale dovuto al sistema di aggancio tra i due materiali, ma con l'intenzione di potenziarne l'istintiva propensione all'isolamento con l'aggiunta di un secondo taglio termico per l'alluminio. Questa nuova finestra ha valori prestazionali elevati ed è un vero diaframma protettivo che isola il microclima interno agli ambienti conservandolo a lungo. Il suo profilo potenziato offre inoltre la possibilità di montare vetrocamere più performanti, aumentandone ulteriormente le prestazioni.

### AluK Group

Serie 80iWood – ITR è un sistema che consente di realizzare serramenti alluminio-legno a taglio termico d'alta gamma, adatti alla Classe A della certificazione CasaClima. Le finestre 80iWood – ITR (Improved Thermal Resistance) assicurano una trasmittanza termica  $U_w$  pari a  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , rispondendo alle più rigorose normative in materia di risparmio energetico. Il taglio termico è realizzato con barrette di poliammide alveolare rinforzata e l'inserimento di speciali listelli isolanti. La soluzione utilizzata permette di ridurre i moti convettivi all'interno della cavità dei profilati.



### Uniform

Il sistema uni-one è un sistema di serramenti in legno alluminio a elevato risparmio energetico realizzati con profili in legno lamellare, incollaggio strutturale legno-vetro e rivestimento esterno in alluminio e bronzo. Il legno ha una coibenza termica naturale e riduce sensibilmente il fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffreddamento, non surriscaldandosi per irraggiamento solare estivo e migliorando l'isolamento termico nei mesi invernali. La struttura in legno delle finestre non ha parti cave all'interno come avviene nel metallo, migliorando di conseguenza l'isolamento acustico.

### Haas

Il sistema H480 Future è la soluzione ottimale per finestre e portabalcone con profilo anta nascosto: una soluzione in legno – alluminio per finestre e portabalcone con profilo anta nascosto. Il legno utilizzato è abete lamellare composto da tre strati incollati. Ma su richiesta è anche disponibile in Hemlock, larice e pino. L'esterno è composto da un rivestimento retroventilato in alluminio estruso applicato con sistema a clips frontale.



prestazioni termiche, pensati soprattutto per il risparmio energetico e per il comfort invernale, tralasciando le questioni legate al surriscaldamento, alla razionalizzazione dei guadagni termici e al benessere termoigrometrico nella stagione estiva. La presenza di un vincolo legato al fattore solare e alla presenza di sistemi di schermatura, invece, pone l'attenzione sull'importanza di sfruttare in modo positivo gli apporti solari connessi con l'involucro trasparente.

### Isolamento acustico

Il potere fonoisolante di un serramento indica l'attitudine a contenere il passaggio del rumore tra ambiente interno ed esterno, entro determinati valori prestabiliti. La prestazione è determinata in laboratorio e in opera in base alle prescrizioni contenute nelle norme UNI EN ISO 140-

3:2006 e UNI EN ISO 717-1:1997, ed è espresso come "indice di valutazione" indipendente dalla frequenza sonora. In realtà, però la scelta, la progettazione e la verifica delle prestazioni acustiche di una finestra è più complessa e deve tenere conto dei livelli massimi ammissibili di rumore prodotto dalle sorgenti interne e il rispetto dei requisiti acustici passivi dei componenti in opera, come previsto da Decreto del 5 dicembre 1997. Per ciascuna categoria edilizia, sono definiti i valori limite che ogni elemento costruttivo deve rispettare. L'indicatore di maggiore interesse per il vetro è l'indice di isolamento standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT,w}$ ) che deve essere valutato per le nuove costruzioni e quando si alterano le caratteristiche acustiche dell'involucro edilizio. L'isolamento acustico della facciata di un edificio dipende dalle prestazioni dei singoli elementi



### MP Infissi

L'alzante scorrevole in legno-alluminio di MP Infissi è un serramento studiato per chiudere in sicurezza grandi luci, grazie a una tecnologia che consente di sviluppare la singola anta fino a una lunghezza di 3 metri e con una portata fino a 250 Kg, senza compromettere la facilità e la precisione della manovra. Assicura un adeguato isolamento termico grazie a vetrocamere basso emissive di serie (trasmissione termica  $U_g$  pari a  $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) e alla soglia a taglio termico, che ottimizza la permeabilità all'aria e la tenuta all'acqua.

### Stabil Italia

Le finestre per case passive Ambiente Passiv sono serramenti progettati appositamente per raggiungere uno specifico valore  $U_w$ , con l'attestato rilasciato dall'istituto delle case passive Passivhaus di Darmstadt - Dr Feist. Sono serramenti in legno-alluminio, con triplo vetro isolante. Le finestre Ambiente Passiv con vetri Polaris K, montate secondo precisi schemi di montaggio hanno raggiunto i valori  $U_w$  pari a  $U_f 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Finestra non montata) e  $U_w 0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Finestra montata). Il serramento può essere personalizzato grazie alla vasta gamma di colori ed accessori.



### Strato

Legno, resina, alluminio e Pvc: con questi ingredienti Poker si presenta come una collezione leader sul mercato dei serramenti. Inserita fra il pvc e il legno, la resina - che elimina ogni possibile contatto tra la parete esterna e quella interna - consente una tenuta superiore e un'elevata capacità di adattamento del profilo alle diverse condizioni climatiche, riducendo le eventuali infiltrazioni e condense. In più, grazie ad un giunto scorrevole sempre in resina e un profilo d'alluminio anti-effrazione, la casa è più accogliente e sicura, e gode di un perfetto isolamento acustico e termico.

### Starwood

I sistemi Starwood abbinano l'alluminio con il legno esaltando le qualità dei due materiali: all'esterno l'alluminio con l'elevata resistenza meccanica e l'inalterabilità agli agenti atmosferici, all'interno il legno con la sua forte valenza estetica ed il suo calore.

La Serie SW60TT ha un serramento, a taglio termico, che coniuga la qualità dei materiali e l'eleganza del design, con performance termiche che arrivano fino a  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . La Serie SK80TT, invece, sempre a taglio termico, presenta una trasmissione che risulta ancora migliore, arrivando fino a  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



### Mexall Sistemi

MX90 Energy, ultimo nato in casa Tekla, è un prodotto in alluminio legno a taglio termico che stravolge i canoni delle classiche chiusure edilizie. Grazie alla composizione alluminio/legno integrata con barrette di poliammide e corredata di vetri di ultima generazione con prestazioni energetiche elevatissime questo prodotto rispetta tutti i canoni del risparmio energetico, ottenendo i requisiti per gli sgravi fiscali del 55% ottenibili con rimborso irpef.



che la costituiscono, ma primariamente è determinato dal potere fonoisolante degli elementi più deboli. Pertanto, è necessario considerare anche i seguenti fattori:

- Accuratezza della posa della finestra;
- Protezione acustica del cassonetto;
- Caratteristiche della parete opaca;
- Rapporto di superficie tra la parete opaca e finestrata;
- Funzionamento dell'insieme serramento-vetro.

Un altro elemento fondamentale riguarda la scelta delle caratteristiche prestazionali del vetro. Benefici acustici si ottengono utilizzando vetri dotati di spessori diversi: il vetro stratificato o il vetro a controllo acustico hanno un potere fonoisolante elevato per l'azione del foglio di PVB interposto, che abbassa la frequenza di risonanza del vetro e sposta la frequenza critica al di fuori dell'intervallo 100-3200 Hz. L'utilizzo di telai dotati di bassa permeabilità all'aria contribuisce ad aumentare le prestazioni acustiche

del serramento.

### **Benessere visivo**

Il DM 5 luglio 1975 stabilisce che per ciascun locale, l'ampiezza dell'area finestrata deve essere dimensionata in modo da assicurare un fattore luce diurna medio (FDLm) non inferiore al 2 % e avere una superficie apribile almeno pari a 1/8 dell'area di pavimento (rapporto aeroefficiente). La legislazione, ancora in vigore, intende verificare la sussistenza di idonee condizioni di comfort visivo e olfattivo, di igiene e di salubrità degli ambienti interni, mentre non vi è alcun riferimento al controllo dei carichi termici invernali ed estivi.

### **Resistenza meccanica**

Primo requisito inderogabile per la scelta di un serramento è la "resistenza meccanica", che definisce la robustezza della finestra e dei singoli componenti nei confronti di prove di stress meccanico, resistenza all'urto e attacco accidentale.

## **Pvc**

### **Burdese Globo**

I serramenti in pvc proposti da Globo rispettano regole e norme molto severe nonché controlli costanti e rigorosi; il continuo aggiornamento dei processi produttivi consente di adottare le soluzioni tecnologiche più attuali e innovative per poter garantire standard qualitativi elevati e costanti nel tempo. La particolare flessibilità dei sistemi con possibilità di realizzare anche forme atipiche (triangolari, rotonde, trapezoidali, ad arco, ecc) consente di risolvere qualsiasi esigenza estetica e funzionale nell'ambito dell'edilizia residenziale e industriale.



### **Finstral**

Due ante e tre lastre di vetro conferiscono alla finestra accoppiata di Finstral ottime prestazioni di isolamento sia termico che acustico, consentendo al contempo un'elevata protezione dal sole. Il triplo vetro basso-emissivo garantisce eccellenti prestazioni termoisolanti, la struttura a sandwich con ampie intercapedini fra le singole lastre e l'impiego di molteplici guarnizioni assicurano uno straordinario isolamento acustico, mentre la veneziana integrata montata esternamente al vetrocamera in zona protetta dalle intemperie, offre un'efficace protezione.



### **Coserplast**

I serramenti Coserplast rappresentano la soluzione ideale per chi desidera uno spazio abitativo che sia confortevole in ogni periodo dell'anno, grazie alle eccellenti prestazioni di isolamento termo-acustico che garantiscono. Gli infissi Coserplast raggiungono valori di isolamento termico inferiori a  $U_w 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , con un notevole risparmio di energia. La serie GA 100 a giunto aperto si caratterizza per l'estetica arrotondata e l'estrema versatilità. Ha una ricca dotazione di serie: vetri basso emissivi, maniglia di sicurezza Secustik, cerniere centrali a scomparsa, anta ribalta con microareazione, nottolini e cerniere regolabili, falsa manovra e placche copricerniera in tinta con la maniglia.



### **ISI**

Premium90 è un serramento in PVC innovativo per design, tecnologia e affidabilità. Con la sua struttura a 6 camere, un nucleo isolante opzionale in Neopor e la tripla vetratura, offre una trasmittanza termica  $U_w$  pari a  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ : un valore che rende Premium90 adatto alle case "da 1 litro" e ben al di sotto dei limiti imposti dal D Lgs. 311/06 per tutte le zone climatiche. Le tre guarnizioni di battuta, in particolare quella centrale, consentono inoltre di ottenere praticità d'uso, ermeticità e un abbattimento acustico massimo fino a -46 dB.



La norma UNI EN 13115:2002 fornisce un metodo di classificazione delle prestazioni meccaniche degli infissi apribili, che associa una classe (da 1 a 4) in base alle resistenze alle forze di azionamento (UNI EN 12046-1:2005), al carico verticale (UNI EN 14608:2004) e alla torsione statica (UNI EN 14609:2004). La scelta della resistenza meccanica dipende dal particolare contesto climatico di inserimento, dall'intensità delle forze cui è sottoposta la finestra, dalla destinazione d'uso e dalle forzanti ambientali.

### Stabilità agli agenti atmosferici

Altri requisiti direttamente connessi con la resistenza meccanica comprendono la tenuta all'acqua, la resistenza al carico di vento e la permeabilità all'aria. Ciascuna caratteristica è definita da una specifica normativa che individua le prove da effettuare sul serramento per definire il livello prestazionale raggiunto.

In particolare, la "tenuta all'acqua" indica la capacità che ha il serramento di impedire le

infiltrazioni d'acqua causate dalle precipitazioni meteorologiche, quando tra la faccia esterna e interna vi è una differenza di pressione prestabilita. Questa proprietà ha una notevole importanza per evitare problemi di degrado o di inefficienza della finestra, specialmente nelle parti più vulnerabili, come giunti, componenti meccanici, elementi di chiusura e apertura e sistemi di connessione tra il telaio fisso e la parete. La norma UNI EN 12208:2000 introduce 19 classi di tenuta all'acqua in base a una prova di pressione effettuata sui punti più critici per verificare la capacità di impedire le infiltrazioni di acqua in condizioni di reale utilizzo (UNI EN 1027:2001). La scelta della classe di tenuta dipende dall'ambiente specifico in cui viene inserito il serramento, in particolare dalla piovosità, dall'esposizione, dall'altezza e dalla protezione attraverso aggetti o coperture.

La "resistenza al carico" di vento indica l'attitudine che ha un serramento di contenere entro determinati limiti, le deformazioni e i degra-

### Profine Italia

EuroFutur MD è un sistema di profili in PVC dotato di una profondità di 70mm, con una struttura di base composta da 5 camere. Grazie ad un solido rinforzo in acciaio è possibile l'ampliamento fino a 6 camere che consente un isolamento termico ( $U_f=1,1 \text{ W (m}^2\text{K)}$ ), e acustico ideale e il controllo della dispersione del calore. Inoltre, il PVC senza piombo, materiale utilizzato per tutti i profili, risponde alle esigenze di rispetto della natura: è completamente riciclabile e resistente agli agenti atmosferici esterni e non richiede manutenzione.



### Roverplastik

RoverBlok è studiato per eliminare i ponti termici e isolare acusticamente l'interno dell'abitazione, grazie a un innovativo sistema realizzato su misura per la costruzione finita del vano finestra. È composto da spalle laterali in poliuretano rivestite in fibrocemento, ancorate a un cassonetto in argilla espansa legata con poliuretano espanso rigido. Inserito nel foro finestra grezzo con un unico intervento, risulta completamente a scomparsa nello spessore della muratura, migliorando l'estetica dell'abitazione.



### Rehau

Il nuovo profilo per finestre Geneo è sinonimo di efficienza per quanto riguarda l'isolamento termico ed acustico, nonché le misure anti-effrazione. Dalla profondità di 86mm, Geneo si distingue per un'armatura piena senza rinforzi in acciaio, che consente di raggiungere una stabilità senza precedenti: merito di Rau-Fipro, il materiale hi-tech in fibra composita, realizzato ad hoc per garantire resistenza e durata nel tempo. Anche in termini di efficienza energetica raggiunge valori sorprendenti, raggiungendo senza problemi il valore previsto dallo standard per case passive di  $U_w$  fino a 0,85, e rientra in classe 5 per quanto riguarda l'isolamento acustico, e in classe 2 in materia di sicurezza anti-effrazione.



### Tonini

Eco Benefits è un serramento che cerca di abbinare tutte le caratteristiche tecniche dei serramenti di PVC al risparmio energetico. Il serramento è composto da una struttura cava che consente un basso valore di conducibilità termica ed è in grado di consentire eccellenti prestazioni in termini di isolamento diminuendo di circa il 20% i costi di riscaldamento delle abitazioni e apportando benefici sia ambientali che economici. Il potere di isolamento termico e acustico è dato dall'utilizzo di profili di alta qualità, abbinati a vetri basso emissivi e fonoassorbenti.



causati dalla pressione e dalla depressione del vento. La proprietà influenza direttamente le condizioni di benessere degli utenti in fatto di comfort termico e di qualità dell'aria interna e la sicurezza degli utenti rispetto a eventuali infortuni derivanti da rotture avvenute in condizioni d'esercizio. La norma UNI EN 12210:2000 stabilisce 7 classi (da 0 a E) in funzione dei risultati ottenuti applicando un metodo convenzionale atto a verificare la capacità di impedire le infiltrazioni di aria (UNI EN 12211:2000). Anche in questo caso, la scelta delle prestazioni di tenuta all'aria dipende dalle caratteristiche di ventosità, dall'intensità del vento, dalla posizione in zona di sovra-pressione e dall'altezza della finestra. Infine, la "permeabilità all'aria" indica la capacità di non lasciare passare l'aria quando tra la facciata esterna ed interna del serramento vi è una differenza di pressione.

Questa proprietà ha una notevole incidenza sulle prestazioni energetiche e ambientali dell'immobile, in quanto influenza le dispersioni di calore

per ventilazione attraverso le porte e le finestre, le condizioni di benessere igrotermico degli utenti, la qualità e la purezza dell'aria interna. La norma UNI EN 12207:2001 distingue 4 classi di permeabilità (da 1 a 4) in base alle prove di pressione effettuate (UNI EN 1026:2001). La presenza di elevate infiltrazioni d'aria aumenta notevolmente le dispersioni termiche dell'edificio per ventilazione.

Per questa ragione, in alcuni casi, erroneamente, si privilegia la scelta di infissi con guarnizioni e sigillanti a forte tenuta all'aria che riducono notevolmente il passaggio degli spifferi, sino arrivare alla sigillatura quasi totale dei locali. Eliminando il naturale ricambio d'aria dei serramenti, però, si aumentano i problemi di inquinamento indoor e si agevola la formazione di muffe. Una ricerca realizzata da un team che ha visto coinvolta l'Università di Ferrara, l'Università di Palermo e Aldes Italia ha mostrato i risultati di un monitoraggio ambientale svolto su un edificio abitato collocato nel centro di

## Acciaio

### FBS

KomFort è una finestra costituita da una lega di ferro e acciaio per i profili interni ed esterni, uniti fra loro mediante un DNA in acciaio Inox AISI 304 fissato tramite saldatura a laser, con un ottimo valore di trasmittanza termica ( $U_w \geq 1.5 \text{ m}^2\text{K}$ ). Le caratteristiche certificate di KomFort offrono soluzioni per il risparmio energetico in ogni ambiente e circostanza: il sistema di taglio termico Forster della finestra blindata KomFort garantisce infatti sicuri e concreti risparmi energetici.



## Controtelaio

### Scrigno

Scrigno Belvelato è un controtelaio in grado di accogliere un'anta esterna scorrevole a scomparsa, persiana o inferriata, insieme a una zanzariera e grazie all'esclusivo traverso, permette l'inserimento della guida per la zanzariera scorrevole. Proposti in diverse finiture, gli elementi scorrevoli si abbinano ad un infisso interno a battente. Le prove empiriche effettuate dall'Istituto Giordano hanno dato esito positivo e hanno permesso di stabilire in 44 decibel il potere fonoisolante del controtelaio Scrigno per esterni murato.



## Tu.bi.fer

All'esigenza sempre più importante legata al risparmio energetico Forster risponde con il sistema Forster Unico in acciaio ed acciaio inox, isolato termicamente e caratterizzato da profili con geometria a traliccio realizzata mediante tecnica di saldatura al laser. Il sistema prevede l'inserimento di speciali guarnizioni di tenuta all'aria-acqua-vento nei telai apribili e sul cristallo. La gamma Forster Unico, grazie alla sua struttura in acciaio, anziché con normali materiali isolanti, garantisce ottimi valori statici, permettendo la costruzione di infissi di ampie dimensioni con nodi particolarmente sottili ed in totale sicurezza (Classe 3 contro le effrazioni).





Ferrara. Nell'immobile sono state analizzate le prestazioni in termini di qualità dell'aria e di comfort termoigrometrico degli abitanti, verificando il ruolo delle infiltrazioni d'aria ai fini del controllo della qualità ambientale interna. Sono stati confrontati i risultati dei rilievi effettuati con serramenti di tipo tradizionale, privi di classificazione di permeabilità all'aria, e con serramenti ad elevata tenuta (classe 4). La sostituzione dei serramenti ha mostrato un netto incremento della concentrazione di anidride carbonica e di specie microbiche, con formazione di muffa e condensa superficiale sulle pareti. Si è riusciti ad ottenere un buon controllo dell'umidità relativa e della concentrazione di anidride carbonica solo con l'utilizzo di impianti di ventilazione meccanica controllata.

### **Sicurezza anti-effrazione**

La resistenza all'effrazione è definita come la proprietà di una chiusura di resistere all'intrusione violenta nelle aree protette, a seguito di applicazione di forza fisica e con l'aiuto di attrezzi. Il "prototipo ingegnerizzato" di serramento deve essere sottoposto a una "prova di tipo convenzionale" atta a verificare la conformità della produzione di serie rispetto ai requisiti di resistenza sotto carico statico (UNI ENV 1628:2000), carico dinamico (UNI ENV 1629:2000) e attacco manuale (UNI ENV 1630:2000). In seguito sono sottoposte a prove di tipo reale che simulano un tentativo di effrazione utilizzando diversi arnesi di scasso (UNI ENV 1630:2000). I serramenti hanno 6 classi di resistenza anti-effrazione (da 0 a 6) in base al tipo di prova che viene effettuato simulando prove di scasso tradizionalmente fatte dai ladri. La scelta del serramento dipende dalla destinazione d'uso, dalle funzioni svolte, dalla tipologia edilizia (ad es. casa singola o condominio), dalla zona urbana (ad es. dal isolata o centrale) e dal livello di rischio cui è sottoposto l'edificio.

### **Manutenibilità e sicurezza d'uso**

La resistenza meccanica del serramento nelle condizioni d'esercizio considera il comportamento rispetto a sollecitazioni meccaniche realizzate durante il periodo di servizio, in particolare per quanto riguarda:

- Resistenza alle manovre di apertura e di chiusura;
- Durabilità meccanica;

- Resistenza all'urto;
- Resistenza a climi differenti.

A questo scopo sono individuate una serie di norme che definiscono il metodo da usare per determinare la durabilità meccanica di porte e di parti apribili di finestre dopo un numero definito di cicli di azionamento (UNI EN 1191:2002), ad aperture e chiusure ripetute (UNI EN 12400:2004), resistenza all'urto (UNI EN 949:2000), resistenza diffusione di vapore acqueo e al clima (UNI ENV 13420:2002).

La normativa vigente (norma UNI 7697 nella versione aggiornata al 2007, richiamata dal D. Lgs. N. 206 del 6 settembre 2005 e dalla Legge 229 del 29 luglio 2003), obbliga la realizzazione di vetrate di sicurezza per gli immobili di nuova costruzione e per la sostituzione dei vetri esistenti. In particolare, negli edifici terziari, scolastici e ospedalieri è sempre obbligatorio inserire vetri interni di sicurezza. Nei fabbricati con destinazione residenziale è necessario utilizzare vetri interni ed esterni di sicurezza quando hanno il lato inferiore posto a meno di 1 metro dal piano di calpestio. Nel terziario sono previsti vetri esterni di sicurezza solo quando entrano in contatto con le persone. Nelle scuole, ospedali e assimilabili è sempre obbligatorio utilizzarli sulle facce interne ed esterne.

### **Sistemi di vetratura**

La normativa vigente prescrive l'impiego di sistemi di vetratura dotati di elevate caratteristiche di resistenza termica e, al contempo, di buone prestazioni luminose e di controllo solare. Molto spesso, però, queste caratteristiche sono in netto contrasto tra loro. Il vetro tradizionale (o float) non ha buone proprietà di resistenza alla trasmissione del calore, in quanto ha una conducibilità termica molto elevata che si attesta su 1.00 W/mK (UNI EN 572:2004 e UNI EN ISO 10077-1:2007). Questa proprietà facilita le dispersioni termiche per trasmissione, elemento che rende l'involucro vetrato una delle parti più critiche dell'edificio. Contemporaneamente, il fattore solare molto elevato (circa 0.84÷0.77 a seconda che si presenti in vetrata singola o doppia) favorisce i guadagni solari incontrollati e i surriscaldamenti lungo tutte le fasce climatiche italiane. L'elemento positivo riguarda la presenza di un coefficiente di trasmissione luminosa molto alto, che garantisce elevate quantità di luce naturale negli ambienti, da controllare attraverso i

Comparazione tra le esigenze di efficienza energetica, comfort degli utenti, facilità di manutenzione e di gestione dell'edificio												
Requisito	Classe di prestazione											
	Resistenza meccanica	Tenuta all'acqua	Resistenza al vento	Permeabilità all'aria	Isolamento termico	Isolamento acustico	Resistenza ambientale	Sicurezza anti-effrazione	Durabilità meccanica	Resistenza in climi diversi	Posa in opera	
Efficienza energetica	Dispersioni per trasmissione					•		•			•	•
	Dispersioni per ventilazione			•	•			•		•	•	•
	Apporto solare gratuito					•				•		
	Ponti termici				•	•				•		•
Benessere	Visivo					•		•		•		
	Termico			•	•	•		•		•	•	•
	Igrometrico		•	•	•	•		•		•	•	•
	Olfattivo			•	•			•		•		•
	Acustico						•					•
Manutenibilità e sicurezza	Durabilità meccanica	•	•	•				•	•	•		•
	Compatibilità meccanica		•	•	•			•		•	•	•
	Compatibilità chimico-fisica		•					•			•	•
	Deformazioni	•	•			•					•	•
	Formazione di muffa e condensa		•		•	•		•		•		•
	Sicurezza	•	•	•				•	•	•		•

Fonte: Elaborazione dell'autore

sistemi di schermatura.

Per questa ragione, sono stati introdotti sul mercato due nuove tipologie di vetri pensati per il contenimento delle dispersioni termiche e per il controllo degli apporti solari. In particolare, il vetro basso emissivo è un vetro a controllo termico rinforzato, grazie alla presenza di un deposito di ossidi metallici (ossidi di zinco, titanio e argento) e metalli che aumenta l'emissività normale vetro float, al fine di ridurre le dispersioni per irraggiamento.

Esistono due tipologie di trattamento, che differiscono in base al procedimento produttivo basato sulla pirolisi o sul metodo Magnetron Sputtering. Il vetro pirolitico si caratterizza per le prestazioni energetiche più contenute e per un'alta lavorabilità, che rende possibili anche processi di taglio, molatura, foratura, tempera

anche nella fase di post-produzione. Il vetro magnetronico, detto anche catodico, è più delicato e ha prestazioni termiche molto elevate. Il vetro basso emissivo deve essere realizzato all'interno di un vetrocamera, accoppiato con un vetro float o di altro tipo. Il coating dovrebbe essere inserito in faccia 2 o 3 partendo dall'esterno, in modo da mantenere più calda la lastra interna. Il valore di trasmittanza termica, ovviamente, non dipende dalla posizione del deposito, ma dallo spessore del vetro e dell'intercapedine, dalle caratteristiche del coating e dal materiale di riempimento della camera ventilata. È adatto ai climi freddi e temperati, specialmente nell'orientamento nord, dove comporta una riduzione di circa la metà della dispersione termica rispetto al vetro float. Nei climi caldi è opportuno inserire un sistema di schermatura solare per controllare

l'apporto termico gratuito del sole. Lo stesso accorgimento va adottato nelle facciate orientate verso sud (e spesso anche verso est e ovest) dei climi temperati.

Il vetro selettivo a controllo solare è pensato per garantire buone prestazioni termiche ed energetiche. È ottenuto mediante deposizione catodica sottovuoto di più strati di metalli nobili su un vetro float o colorato in pasta, che aumentano l'indice di selettività spettrale, ovvero il rapporto tra il coefficiente di trasmissione luminosa e il fattore solare.

Il vetro si caratterizza per l'elevata trasmissione luminosa, il limitato apporto energetico e i bassi valori di emissività. È adatto per climi caldi e temperati, nelle facciate orientate verso sud, est, ovest e nelle coperture vetrate.

Per garantire prestazioni termiche sempre più elevate e prossime a quelle dell'involucro opaco, sono in produzione anche i Transparent Insulating Materials (aerogel e sistemi geometrici complessi) e i vetri sottovuoto spinto. I primi sono materiali trasparenti isolanti di natura vetrosa o polimerica che, grazie alla conformazione geometrica e materica, permettono la riflessione delle radiazioni solari e il contenimento delle dissipazioni termiche dell'involucro. Le caratteristiche termiche dipendono dal sistema e variano tra  $1.2 \div 3.0 \text{ W/m}^2\text{K}$  degli isolanti con struttura capillare cava,  $0.5 \div 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  degli aerogel,  $0.3 \div 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$  degli elementi con nanomateriali a  $0.2 \text{ W/m}^2\text{K}$  del sistema geometrico Solera. I secondi sono costituiti da due lastre di vetro ermeticamente sigillate, separate da un'intercapedine d'aria aspirata che limita notevolmente i fenomeni di trasmissione di energia termica mediante conduzione, convezione e irraggiamento. La trasmittanza di una finestra sottovuoto realizzata con vetri basso emissivi, infatti, è pari a  $0.6\text{-}0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Sono in commercio anche vetri a prestazioni variabili che modificano le proprietà ottiche in risposta a uno stimolo luminoso, elettrico o chimico proveniente dall'ambiente esterno. I materiali consentono la modulazione dello spettro di trasmissione energetica in relazione alla variazione dell'intensità luminosa, della temperatura o del campo elettrico cui sono sottoposti. Le tecnologie cromogeniche sono classificate in "vetrate auto-regolanti" e "vetrate attivate elettricamente". Le prime includono i materiali fotocromici e termocromici, che variano

automaticamente il comportamento spettrale in funzione del livello di illuminamento e della temperatura dell'ambiente in cui sono inseriti. Le seconde comprendono i materiali elettrocromici, i cristalli liquidi dispersi e i sistemi a particelle sospese, che si attivano grazie alla presenza di uno stimolo elettrico esterno.

### **Telai**

Il telaio costituisce un elemento particolarmente delicato per garantire le prestazioni energetiche dell'edificio. Le tipologie di telaio attualmente in commercio sono realizzate in legno massello e lamellare, in PVC, in alluminio a taglio termico, in materiali misti (legno-alluminio, legno-PVC e alluminio-PVC) e in metallo senza taglio termico e ferro.

Le prime cinque tipologie di telaio hanno prestazioni energetiche abbastanza simili. In particolare, le proprietà termoisolanti degli infissi in legno dipendono dalla qualità del materiale e dallo spessore dei profili, quelle dei telai in PVC dipendono dal numero di camere d'aria e quelle dell'alluminio a taglio termico dal grado di isolamento, dalla dimensione e dalla tecnologia applicativa del materiale interno. I telai misti uniscono le caratteristiche di resistenza meccanica, tenuta all'aria e acqua dell'alluminio e del PVC con la resa estetica del legno. L'ulteriore interposizione di resine poliuretatiche costituisce un blocco unico tra i due materiali, evitando la formazione di condensa negli interstizi di giunzione.

I telai in metallo senza taglio termico, al contrario, non hanno buone prestazioni di resistenza termica. Per ovviare a questo problema, attualmente, sono in commercio telai in ferro e in bronzo con l'aggiunta di una membrana in materiale polimerico a elevata coibenza che, pur mantenendo invariata l'estetica tradizionale, aumenta le prestazioni termiche del sistema. I serramenti sono particolarmente adatti per la sostituzione degli infissi degli edifici storici.

### **Distanziatori e intercapedini**

Il distanziatore indica l'elemento di separazione inserito tra i due vetri. Può essere realizzato in materiale plastico, in alluminio o in metallo. Le prestazioni migliori, ovviamente, si ottengono con gli intercalari di plastica, che limitano il ponte termico che si crea tra i diversi elementi della vetratura. I distanziatori in alluminio hanno

prestazioni abbastanza buone, mentre quelli in metallo piuttosto ridotte. Il ruolo del distanziatore entra in gioco quando deve essere calcolata la prestazione termica della finestra, in riferimento al valore di coefficiente lineico del ponte termico che si crea tra vetro e telaio.

La presenza di un'intercapedine d'aria immobile e asciutta limita gli scambi termici per convezione, sfruttando la limitata conduttività del materiale.

Lo spessore della camera fino a 1,5 centimetri aumenta la resistenza termica della vetratura, mentre oltre i 3 centimetri accresce la convezione dell'aria, con conseguente diminuzione

delle proprietà isolanti.

Per aumentare le proprietà di resistenza termica dell'intercapedine è possibile iniettare gas ad alta conducibilità termica, come argon e kripton, che hanno valori rispettivamente pari a 0.01 W/mK e 0.009 W/mK. Alcune aziende garantiscono la durata, l'efficienza e la costante densità dei gas nobili per un periodo di cinque anni. Successivamente, è utile controllare l'effettiva prestazione dell'intercapedine verificando l'assenza di condensa interstiziale. È possibile anche realizzare interventi di riqualificazione che prevedono il reinserimento dei gas nell'intercapedine.

Sistemi di vetratura per diverse aree climatiche						
Tipo di vetro		Freddo				Orizzontale
		Verticale				
		N	S	E	O	
Doppio vetro	Float					
	Basso emissivo	••	••	••	••	••
	Pirolitico					
	Magnetronico					
	Selettivo	•	•	•	•	••
	Controllo solare					
Tripla vetro	Basso emissivo	•	•	•	•	••
Transparent Insulating Materials		•	•	•	•	•
Vetro sottovuoto		•	•	•	•	•
Intercapedine	Aria	••	••	••	••	••
	Argon	••	•	•	•	•
	Kripton	•	•	•	•	•
Tipo di vetro		Temperato				Orizzontale
		Verticale				
		N	S	E	O	
Doppio vetro	Float					
	Basso emissivo	••	•	•	•	•
	Pirolitico					
	Magnetronico					
	Selettivo	•	••	••	••	••
	Controllo solare					
Tripla vetro	Basso emissivo	•	•	•	•	••
Intercapedine	Aria	••	••	••	••	••
	Argon	•	•	•	•	•
	Kripton	•	•	•	•	•
Tipo di vetro		Caldo				Orizzontale
		Verticale				
		N	S	E	O	
Doppio vetro	Float	•				
	Basso emissivo	•	•	•	•	•
	Pirolitico					
	Magnetronico					
	Selettivo	•	••	••	••	••
	Controllo solare		•			•
Tripla vetro	Basso emissivo	•	•	•	•	•
Intercapedine	Aria	••	•	•	•	•
	Argon	•				
	Kripton					

## Per il progettista: una chiave di lettura e di scelta

Per orientare il progettista nella scelta delle vetrazioni e delle finestre più appropriate per ogni esigenza di nuova progettazione e di riqualificazione energetica del patrimonio esistente, abbiamo realizzato un piccolo glossario fisico-tecnico che definisce le modalità di lettura, di interpretazione e di scelta delle caratteristiche termiche, energetiche, luminose spettrofotometriche dei vetri. Sono poi riportati i vincoli normativi legati al "sistema finestra", nell'intento di orientare il progettista nel rispetto della legislazione nazionale. Una sintesi della legislazione e normativa di riferimento completano l'informazione tecnica.

### Prestazioni termiche, luminose ed energetiche dei vetri: una chiave di lettura

La trasmittanza termica (U) indica la capacità di una vetratura di trasmettere calore lungo la sua stratigrafia, quando tra le due facce vi è una differenza di temperatura:

La trasmittanza termica di un vetro float singolo è molto elevata (5.7÷5.8 W/m<sup>2</sup>K in relazione allo spessore), mentre la presenza di un'intercapedine apporta un beneficio termico fino a uno spessore di 3 centimetri, quando l'aria è considerata immobile e priva di scambi termici per convezione. I coating basso emissivi e selettivi riducono le dispersioni per irraggiamento perché abbassano l'emissività normale del vetro da 0.89 a 0.1÷0.1, a seconda del tipo di deposito.

Il coefficiente di trasmissione luminosa (t<sub>l</sub>) indica il rapporto tra il flusso luminoso trasmesso e quello totale incidente sul vetro:

$$t_l = \frac{G_t}{G}$$

In pratica, indica la percentuale di radiazione visibile che un vetro lascia passare all'interno del locale. La scelta di questo

indice dipende dalla funzione, dalla posizione orizzontale o verticale del vetro ma, in linea di massima, è opportuno massimizzare questo valore per garantire un buon comfort visivo. I vetri float hanno valori molto elevati, che si riducono progressivamente con l'applicazione di un deposito basso emissivo o selettivo. I vetri riflettenti a controllo solare hanno valori di trasmissione luminosa molto bassa.

Il fattore solare (g) individua il rapporto tra l'energia totale trasmessa nel locale in cui si trova la vetrata e l'energia solare incidente sul vetro:

$$g = \frac{I_t + cI_a}{I} = t_l + c a$$

Ha un'influenza notevole nel calcolo dei guadagni termici della stagione estiva, quando il calore viene trasmesso dall'esterno verso l'interno dell'edificio. La scelta del fattore solare dipende dalla zona climatica di riferimento, dalla funzione e dall'uso dell'edificio e dalla posizione orizzontale o verticale del vetro. Valori elevati di fattore solare (0.40) sono adatti per climi caldi e per vetrate orientate a

sud o orizzontali, dove favoriscono l'ombreggiamento e riducono le esigenze di raffrescamento estivo. Analogamente, nei climi caldi e temperati, le vetrate orientate verso est e verso ovest dovrebbero avere un fattore solare medio (0.50). Nei climi freddi e nelle vetrate orientate verso nord è opportuno avere vetrate con fattori solari contenuti (0.60÷0.80) per favorire l'ingresso della radiazione solare. L'indice di selettività spettrale, o Light to Solar Gain Ratio (LSG), indica il rapporto tra la trasmissione luminosa e il fattore solare del materiale:

$$LSG = \frac{t_l}{g}$$

Prodotti dotati di un elevato LSG trasmettono un'alta percentuale della radiazione luminosa incidente e una frazione modesta della radiazione totale. In questo modo, è possibile ottimizzare le esigenze di illuminazione naturale e di contenimento degli apporti termici solari. Un valore elevato di selettività è favorevole nelle zone climatiche calde e temperate.

#### Vincoli legislativi riguardanti il "sistema finestra"

Requisito	Elemento da controllare	Grandezza	Vincolo legislativo	Legislazione di riferimento
Risparmio energetico	Dispersioni termiche per trasmissione del vetro e del serramento	Trasmittanza termica [U]	Requisiti minimi fissati per le diverse aree climatiche e in relazione a diverse soglie temporali di recepimento	D.lgs. 311/06 DPR 59/09
Benessere termoigrometrico			Presenza di un sistema di schermatura solare oppure $g < 50\%$	DPR 59/09
Risparmio energetico	Apporti solari gratuiti del vetro	Fattore solare [g]	$> 2\%$	DM 5 luglio 1975
Benessere termoigrometrico			Fattore luce diurna medio [FDLm]	
Benessere visivo	Presenza di illuminazione naturale del locale	Rapporto aero-illuminante [Rae]	$> 1/8$ dell'area di pavimento	DM 5 luglio 1975
Igiene e salute			Rapporto aero-illuminante [Rae]	
Benessere olfattivo	Ricambio d'aria orario del locale	Rapporto aero-illuminante [Rae]	$> 1/8$ dell'area di pavimento	DM 5 luglio 1975
Igiene e salute			Presenza di vetri interni ed esterni di sicurezza negli edifici residenziali, scolastici, terziari e ospedalieri	
Sicurezza	Presenza di vetrate di sicurezza	-		D.lgs. 206/p5 Legge 229/03 norma UNI 7697:2007

Fonte: Elaborazione dell'autore