

COMUNE DI VAL DELLA TORRE (TO)  
via Val della Torre

Progetto:

**Casa di riposo Rossi di Montelera:**  
**Progetto esecutivo ai sensi del D.Lgs.163/06**  
**Sostituzione dei serramenti esterni**  
**Coibentazione del terrazzo**  
**Tinteggiatura dei serramenti interni**

Denominazione:

DISCIPLINARE TECNICO PRESTAZIONALE

Data:

18.12.2015

Scala:

–

Cod. Rif.:

11/2015/DTP

Committente:

**Comune di VAL DELLA TORRE**  
Piazza Municipio, 1  
10040 VAL DELLA TORRE (TO)  
C.F. 86003470019 - P.I. 04209220013

Progettista:

**Simona CURTETTI architetto**  
Via Magellano n.36  
15100 Alessandria  
tel. +39 0131 222352  
fax +39 0131 220924  
e-mail curtettiboido@tin.it  
P.I. 01898670060



Tavola:

**D.T.P.**

Collaboratore al progetto:

Madalina geom. Hordouan

## 1. LE PROPRIETÀ DEL SERRAMENTO

### PERMEABILITÀ ALL'ARIA, TENUTA ALL'ACQUA E RESISTENZA AL CARICO DEL VENTO DEL SERRAMENTO

I serramenti esterni, grazie al continuo progresso tecnologico, garantiscono attualmente requisiti prestazionali sempre più elevati, finalizzati all'ottenimento di un microclima ideale per l'habitat interno, in conformità con le odierne esigenze di benessere abitativo dell'utenza. Sotto questo aspetto, le proprietà principali che identificano il comportamento di una finestra sono definite da tre prestazioni fondamentali:

permeabilità all'aria,

tenuta all'acqua,

resistenza al carico del vento.

Queste caratteristiche di base, citate in ogni capitolato prestazionale per serramenti, sono comunemente ritenute gli elementi caratterizzanti più significativi che, nella terminologia corrente, fanno riferimento alle richieste essenziali di eliminare gli spifferi, impedire le infiltrazioni di acqua piovana e mantenere l'integrità funzionale sotto l'azione del vento.

L'aspetto normativo regola e classifica il prodotto serramentistico in riferimento a precisi parametri prestazionali, legati proprio a queste tre specifiche caratteristiche di tenuta. Grazie all'impianto normativo, il progettista può scegliere il livello di prestazioni desiderato, il produttore può certificare la qualità del proprio prodotto e l'utente finale può essere tutelato, potendo prevedere il comportamento della finestra rispetto alle condizioni climatiche esterne.

Ad ogni prestazione ambientale (permeabilità all'aria, tenuta all'acqua, resistenza al vento) corrispondono due norme europee distinte: l'una che codifica la metodologia di prova in laboratorio, l'altra che fornisce i criteri di classificazione dei risultati così ottenuti. Nella tabella seguente vengono raggruppate le normative europee per l'analisi della tenuta del serramento.

	<b>Permeabilità all'aria</b>	<b>Tenuta all'acqua</b>	<b>Resistenza al carico del vento</b>
Metodologia di prova	UNI EN 1026	UNI EN 1027	UNI EN 12211
Criteri di classificazione	UNI EN 12207	UNI EN 12208	UNI EN 12210

#### Permeabilità all'aria

La norma europea UNI EN 12207 riferisce la permeabilità all'aria, sia rispetto all'intera area dei serramenti ( $m^3/hm^2$ ), sia rispetto alla lunghezza dei giunti apribili dei serramenti ( $m^3/hm$ ), ed indica che le prove in laboratorio devono essere eseguite secondo la metodologia prevista dalla UNI EN 1026.

Il confronto tra i risultati dei test in laboratorio ed il diagramma riportato di seguito porta all'attribuzione di quattro classi di prestazione, contrassegnate dai numeri 1, 2, 3, 4 secondo le modalità seguenti.

Classe	Perdita massima ammessa riferita all'area del serramento (a 100Pa)	Perdita massima ammessa riferita alla lunghezza dei giunti apribili (a 100Pa)	Appartenenza alla classe
<b>4</b> (livello massimo di prestazione)	3 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	0,75 m <sup>3</sup> /hm	Curva permeabilità-p pressione contenuta nell'area <b>4</b> del grafico, con pressione di prova massima prevista di <b>600</b> Pa.
<b>3</b>	9 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	2,25 m <sup>3</sup> /hm	Curva permeabilità-p pressione contenuta nell'area <b>3</b> del grafico, con pressione di prova massima prevista di <b>600</b> Pa.
<b>2</b>	27 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	6,75 m <sup>3</sup> /hm	Curva permeabilità-p pressione contenuta nell'area <b>2</b> del grafico, con pressione di prova massima prevista di <b>300</b> Pa.
<b>1</b> (livello minimo di prestazione)	50 m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	12,75 m <sup>3</sup> /hm	Curva permeabilità-p pressione contenuta nell'area <b>1</b> del grafico, con pressione di prova massima prevista di <b>150</b> Pa.

Tabella: classi di permeabilità all'aria per serramenti secondo la UNI EN 12207.

Classificazione

Legenda

X Pressione in Pa

Y m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> dell'area totale

Z m<sup>3</sup>/h m di apertura giunti

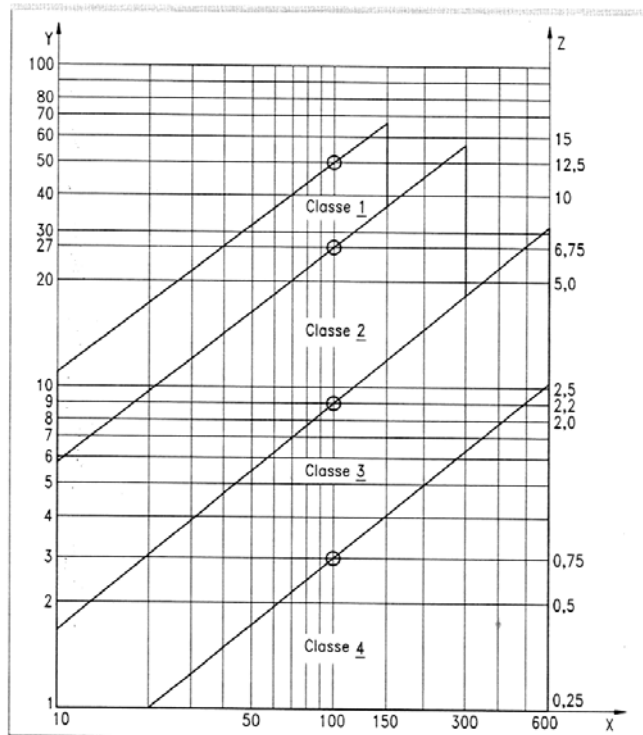


Figura: rappresentazione grafica del diagramma di permeabilità-p pressione.

## Tenuta all'acqua

La norma UNI EN 12208 definisce 10 classi di tenuta all'acqua.

I serramenti testati secondo la metodologia illustrata nella UNI EN 1027 appartengono alla classe minima 1 quando, sottoposti per 15 minuti a getto d'acqua alla pressione atmosferica, non presentano infiltrazioni. Nel massimo livello prestazionale (classe 9) rientrano invece quelli che risultano impermeabili dopo 55 minuti alla

pressione di 600 Pa. Oltre i 600 Pa di pressione, ai campioni che non presentano infiltrazioni d'acqua per un minimo di 5 minuti deve essere attribuita la classe E con indicata al pedice la pressione di prova. Pertanto, un serramento impermeabile alla pressione di 750 Pa sarà classificato E750 mentre ad uno che non presenta le infiltrazioni d'acqua alla pressione di 900 Pa verrà attribuita la classe E900.

La possibilità di considerare la presenza o meno di schermi o protezioni, come per esempio logge o porticati, permette di operare un'interessante differenziazione nella tipologia di test di tenuta all'acqua del serramento. La norma UNI EN 1027 prevede infatti due differenti metodologie di prova (metodo A e metodo B), che simulano rispettivamente la condizione in cui i serramenti sono pienamente esposti alle intemperie, oppure dotati di protezioni.

I due metodi si differenziano per la portata d'acqua e per la modalità di irrorazione: nel metodo A, durante la prova l'acqua viene spruzzata in modo più diretto sui giunti rispetto al metodo B, con una portata d'acqua maggiore (2 l/min • m<sup>2</sup> rispetto ad 1 l/min m<sup>2</sup> utilizzato nel caso B). Anche la classificazione della UNI EN 12208 mette in luce questo aspetto, attribuendo una lettera A oppure una lettera B, a seconda che si tratti di serramenti pienamente esposti o parzialmente protetti.

Pressione di prova P <sub>max</sub> <sup>(a)</sup> (Pa)	Classificazione		Specifiche
	Metodo di prova A	Metodo di prova B	
-	0	0	Nessun requisito
0	1 A	1 B	Irrorazione per 15 min
50	2 A	2 B	Come classe 1 + 5 min
100	3 A	3 B	Come classe 2 + 5 min
150	4 A	4 B	Come classe 3 + 5 min
200	5 A	5 B	Come classe 4 + 5 min
250	6 A	6 B	Come classe 5 + 5 min
300	7 A	7 B	Come classe 6 + 5 min
450	8 A	-	Come classe 7 + 5 min
600	9 A	-	Come classe 8 + 5 min
> 600	Exxx	-	Sopra ai 600 Pa, con cadenza di 150 Pa, la durata di ciascuna fase deve essere di 5 minuti

Nota – Il metodo A è adatto per prodotti pienamente esposti  
 Il metodo B è adatto per prodotti parzialmente protetti  
 (a) Dopo 15 min a pressione zero e 5 min alle fase seguenti

*Tabella: classi di tenuta all'acqua per serramenti secondo la UNI EN 12208*

### Resistenza al carico del vento

La prestazione di resistenza al vento deve essere misurata in laboratorio secondo la metodologia di prova indicata dalla norma UNI EN 12211. Questo test consiste nel creare, mediante apposite macchine di compressione, le condizioni di pressione P1, P2 e P3 sul serramento e simulare l'azione del vento.

P1: è la pressione statica del vento, ovvero il carico di vento di progetto da calcolare secondo la metodologia prevista dalla Circolare ministeriale 4 luglio 1996 n°156 ;

P2: è la pressione pulsante pari a 0.5 P1 per 50 cicli

P3: è la pressione di sicurezza posta pari a 1,5 P1.

Il serramento sottoposto alle pressioni P1 e P2 non deve presentare né difetti visibili ad occhio nudo alla distanza di 1 metro con illuminazione naturale, né rotture o deformazioni permanenti che provochino il degrado funzionale del serramento. Al termine del test la permeabilità all'aria del serramento non deve aumentare di oltre il 20% rispetto alla prova iniziale. Alla pressione P3 il serramento sottoposto a prova deve rimanere chiuso e non sono ammessi distacchi di parti. La norma **UNI EN 12210** definisce cinque classi di resistenza al vento: 1, 2, 3, 4, 5 (vedere tabella). Alla classe minima (1) corrisponde un carico di vento di progetto P1 di 400 Pa, mentre i serramenti di massimo livello prestazionale (classe 5) resistono ad un'azione del vento di 2000 Pa. E' prevista inoltre la classe E<sub>xxxx</sub> da attribuire a serramenti che debbano essere testati a carichi del vento superiori a quelli previsti per la classe 5. Pertanto un serramento resistente a 2350 Pa sarà classificato E<sub>2350</sub> mentre ad uno resistente alla pressione di 3000 Pa verrà attribuita la classe E<sub>3000</sub>.

<b>Classificazione del carico di vento</b>			
<b>La presente classificazione può essere usata unitamente ad altre norme o codici di pratica appropriati e può quindi essere usata per fornire una correlazione con esigenze climatiche effettive</b>			
<b>Classe</b>	<b>P<sub>1</sub> (Pa)</b>	<b>P<sub>2</sub><sup>a)</sup> (Pa)</b>	<b>P<sub>3</sub> (Pa)</b>
0	Non sottoposto a prova		
1	400	200	600
2	800	400	1200
3	1200	600	1800
4	1600	800	2400
5	2000	1000	3000
E <sub>xxxx</sub> <sup>b)</sup>	xxxx		

a) Questa pressione viene ripetuta 50 volte  
 b) Il campione sottoposto a prova con un carico del vento superiore a classe 5 viene classificato E<sub>xxxx</sub> – dove xxxx è la pressione reale di prova P<sub>1</sub> (per esempio 2350 ecc.)

*Tabella: criterio di classificazione della resistenza al vento dei serramenti.*

La norma UNI EN 12210 richiede la definizione della **freccia massima ammissibile per l'elemento di telaio più deformato** e la sua combinazione con la classificazione di resistenza al vento per l'intero serramento.

Sono state definite 3 classi (A, B, C), connotate dai valori della freccia massima di inflessione della lunghezza dell'elemento di telaio considerato, secondo la tabella seguente.

Classe di inflessione	Freccia relativa frontale
A	< 1/150
B	< 1/200
C	< 1/300

*Tabella: classificazione della freccia relativa frontale-*

Le classi di resistenza al vento e le classi di freccia relativa frontale devono poi essere combinate in una classificazione globale come illustrato nel prospetto seguente.

Resistenza al carico del vento - Classificazione			
Classe di pressione del vento	Freccia relativa frontale		
	A	B	C
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2
3	A3	B3	C3
4	A4	B4	C4
5	A5	B5	C5
E <sub>xxxx</sub>	AE <sub>xxxx</sub>	BE <sub>xxxx</sub>	CE <sub>xxxx</sub>

Tabella: classificazione combinata: classe di resistenza al vento dei serramenti e classe della freccia relativa frontale del telaio più deformato.

## LA STATICA DEI SERRAMENTI

### PROGETTAZIONE E VERIFICA DEL SERRAMENTO

La progettazione del serramento comporta la conoscenza delle sollecitazioni che agiscono più frequentemente sulla struttura in esame. Tali azioni, che possono essere di natura esterna o interna, come il vento, il peso proprio, i carichi accidentali e l'azione dell'irraggiamento solare, determinano una situazione di carico che deve essere supportata da ogni componente del serramento, affinché le deformazioni della struttura possano essere limitate.

Nei calcoli per il dimensionamento del serramento, la spinta del vento, che a rigore non è un carico "statico" perché varia in continuazione in intensità e direzione, viene solitamente assunta costante e con un valore pari al suo massimo attendibile.

I principali tipi di sollecitazioni agenti sul serramento durante la vita in opera rientrano nelle seguenti categorie:

- sollecitazioni perpendicolari al piano del serramento (vento),
- sollecitazioni parallele al piano del serramento (peso proprio).

#### Carichi perpendicolari al piano del serramento

La pressione esercitata dal vento sulla vetrata viene trasmessa agli elementi perimetrali costituenti la struttura del serramento:

- i montanti, i traversi fissi ed il nodo centrale della finestra a due ante possono essere assimilati a travi appoggiate in due punti, sottoposte ad un carico distribuito;
- i profili perimetrali dei telai fissi si possono considerare rigidi perché fissati alla muratura in molti punti;
- i profili costituenti i battenti si flettono sotto la spinta del vento che tende ad allontanarli dai telai fissi. A questo allontanamento si oppongono però le cerniere ed i "punti di chiusura", o nottolini, distribuiti lungo il perimetro della finestra: maggiore è il loro numero, minore è la deformazione del profilo, che pertanto si comporta come una trave su molti appoggi.

La funzione dei rinforzi metallici che si inseriscono nei profili di PVC è proprio quella di limitare tutte queste deformazioni. Naturalmente, l'entità della deformazione dipende dalla spinta del vento sulla parete vetrata, dalle dimensioni dell'infisso e dalla resistenza meccanica offerta dal profilo.

### Modulo elastico del materiale

Il modulo elastico di un materiale E (kg/cm<sup>2</sup>) rappresenta la relazione tra la tensione applicata e la relativa deformazione ottenuta all'interno del campo elastico. Nella tabella seguente vengono riportati i valori di modulo elastico di alcuni materiali impiegati nel campo dei serramenti.

Materiale	Massa Volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Modulo elastico E (kg/cm <sup>2</sup> )
PVC antiurto	1.400	30.000
Legno (abete)	800	100.000
Pultruso fibra di vetro	1.800	300.000
Alluminio	2.700	700.000
Acciaio	7.800	2.100.000

Come si nota dai dati riportati in tabella, il PVC ha un valore di modulo elastico inferiore rispetto all'acciaio con il quale viene rinforzato; per tale motivo, a titolo di sicurezza, nei calcoli per la progettazione del serramento viene considerato unicamente il contributo meccanico del profilo metallico di rinforzo.

### Momento d'inerzia

Il momento di inerzia J (cm<sup>4</sup>) è una caratteristica della sezione di un profilo ed esprime la resistenza dello stesso a deformarsi quando viene sottoposto ad un carico, a prescindere dal materiale che lo costituisce. Profili aventi la stessa sezione hanno lo stesso momento d'inerzia, anche se sono costituiti da materiali diversi. Il momento d'inerzia viene calcolato secondo due modalità:

- J<sub>x</sub>: rispetto all'asse baricentrica X
- J<sub>y</sub>: rispetto all'asse baricentrica Y

Nel caso della verifica strutturale del serramento sottoposto all'azione del vento, il momento d'inerzia dei profili costituenti la struttura portante viene calcolato rispetto alla retta baricentrica ortogonale alla direzione della sollecitazione.

A titolo di esempio, il profilo a sezione rettangolare piena, di seguito riportato, avrà un momento d'inerzia maggiore se calcolato rispetto alla retta baricentrica X. La tavola seguente traduce in modo matematico il fatto che una trave messa "di taglio" resista più della stessa trave appoggiata "orizzontalmente".

Per la trave ad asse rettilinea con sezione BxH, raffigurata negli schemi seguenti, vengono calcolati i momenti d'inerzia rispetto agli assi baricentrici x ed y. In particolare:

momento d'inerzia calcolato rispetto all'asse baricentrico x:

$$J_x = \frac{BH^3}{12} \text{ cm}^4$$

momento d'inerzia calcolato rispetto all'asse baricentrico y:

$$J_y = \frac{HB^3}{12} \text{ cm}^4$$

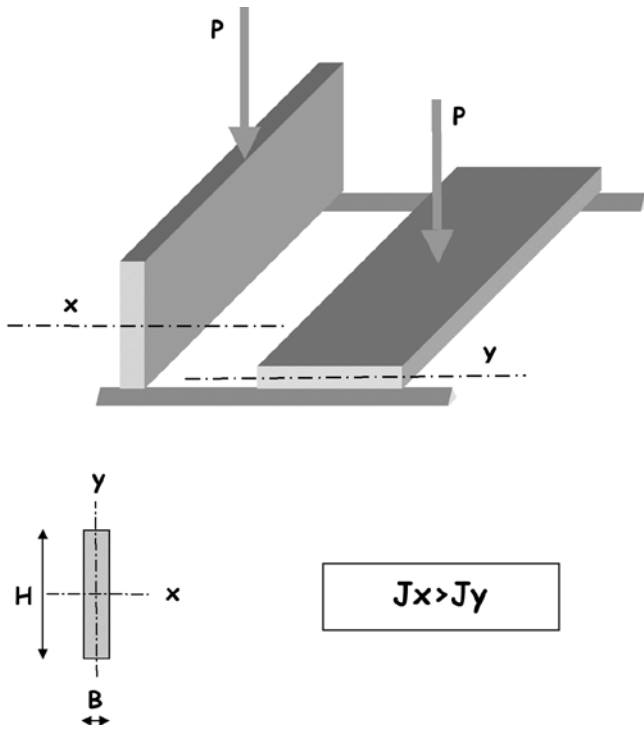


Figura: momenti d'inerzia rispetto ad assi e baricentri diversi

### Resistenza meccanica di un profilo

La resistenza meccanica  $R$  ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^2$ ) di un profilo è il prodotto di due fattori: il modulo elastico del materiale costituente il profilo  $E$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) ed il momento d'inerzia  $J$  ( $\text{cm}^4$ ) della sua sezione:

$$R = EJ$$

Se due profili sono di materiale diverso non è sufficiente confrontare i due momenti d'inerzia per sapere quale dei due resisterà maggiormente all'applicazione del carico. E' invece necessario confrontare i due valori di resistenza  $R$  ottenuti moltiplicando i momenti d'inerzia  $J$  con i corrispondenti moduli elastici  $E$ , ossia:

$$R_1 = E_1 \cdot J_1 \text{ confrontato con } R_2 = E_2 \cdot J_2$$

Gli schemi riportati di seguito analizzano l'influenza della geometria ( $J$ ) e del materiale ( $E$ ) sulle proprietà meccaniche ( $R$ ) dei profili ad asse rettilineo con sezioni differenti. In particolare:

i materiali A e B hanno diverso modulo elastico ( $E_A < E_B$ )

le sezioni 1 e 2 hanno momento  $J_x$  diverso rispetto alle sezioni 3 e 4, ovvero:

$$J_{x_1} = J_{x_2} = 15 \text{ cm}^4$$

$$J_{x_3} = J_{x_4} = 40 \text{ cm}^4$$

Di seguito si riporta il calcolo della rigidità delle 4 sezioni rappresentate nello schema considerando una sollecitazione ortogonale all'asse  $x$ :



$$R_1 = E_A \cdot J_{x_1} = 3 \cdot 10^6 \text{ kg cm}^2$$

$$R_2 = E_B \cdot J_{x_2} = 9 \cdot 10^6 \text{ kg cm}^2$$

$$R_3 = E_A \cdot J_{x_3} = 8 \cdot 10^6 \text{ kg cm}^2$$

$$R_4 = E_B \cdot J_{x_4} = 24 \cdot 10^6 \text{ kg cm}^2$$

Dall'analisi dei calcoli riportati si possono trarre le seguenti valutazioni:

il materiale fa la differenza in termini di resistenza meccanica per le sezioni con la stessa geometria

- $R_1 < R_2$
- $R_3 < R_4$

la sezione 2, pur avendo un momento d'inerzia inferiore rispetto alla sezione 3, è caratterizzata da una resistenza maggiore grazie al differente modulo elastico del materiale

- $R_2 > R_3$

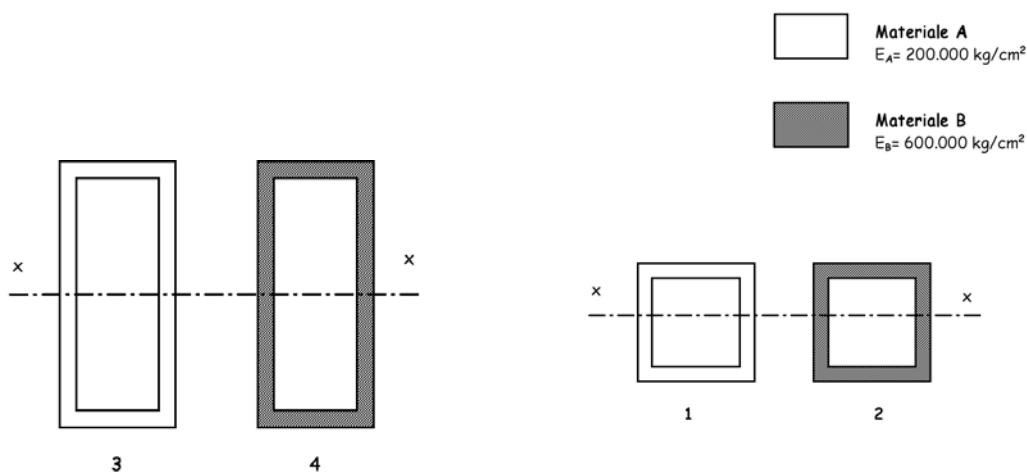


Figura: influenza del momento d'inerzia e del modulo elastico sulle proprietà meccaniche

### Carichi complanari al piano del serramento.

Il vetro della finestra conferisce all'anta appesa a sbalzo sulle cerniere un ottimo irrigidimento nei confronti della sollecitazione indotta dal peso proprio. Lo spessoramento della vetrata permette di distribuire in modo adeguato il carico sulla traversa inferiore e controllare la messa in squadra dei lati della finestra.

Nel caso invece della persiana (che non contiene il vetro, ma la pannellatura) le sollecitazioni agenti sui lati del battente non sono supportate dalla struttura oscurante e determinano situazioni di carico particolari dovute al peso dei componenti della stessa. Gli angoli della persiana costituiscono i punti di maggiore sollecitazione, in quanto

vengono sottoposti a compressione (chiusura) o a trazione (apertura) a seconda della mutua posizione sull'anta.

Per contrastare tale sollecitazione, nelle persiane i rinforzi metallici tubolari sono collegati tra di loro attraverso sistemi di giunzione angolare, che assicurano la continuità del rinforzo sullo spigolo dell'anta (a tale scopo si utilizzano le squadrette in alluminio pressofuso, o in acciaio inox, inserite nelle apposite cave del profilo). Tale configurazione consente di contrastare i carichi, contribuendo a ridurre le sollecitazioni in corrispondenza degli spigoli saldati.

## VERIFICA STATICA DEL SERRAMENTO

La verifica statica del serramento comporta l'analisi della sollecitazione di carico determinata dal vento sulla struttura, con l'obiettivo di dimensionare il rinforzo in acciaio abbinato al profilo in PVC necessario a limitare la deformazione dei componenti del serramento.

### Pressione dinamica agente sul serramento

La spinta che il vento può esercitare su di un serramento è denominata pressione dinamica ed è indicata con la lettera  $q$  (kN/m<sup>2</sup>). Essa rappresenta normalmente una grandezza variabile, in quanto è funzione non solo della velocità del vento, ma anche di una serie di fattori quali: altezza del serramento dal suolo, conformazione dell'edificio ed eventuale inclinazione rispetto alla direzione del vento. Data la velocità  $V$  (m/sec) del vento agente su una facciata, la pressione conseguente può essere ricavata dalla formula:

$$q \text{ (kN/m}^2\text{)} = 0,0006 \cdot V^2$$

### Lunghezza del profilato da rinforzare

L'elemento di lunghezza  $L$ , costituente il montante o il nodo centrale del serramento, è riconducibile ad una trave appoggiata su due punti caricata nell'area di larghezza  $B$ , secondo le modalità indicate nello schema. La freccia d'inflessione  $f$  rilevata al centro della lunghezza del profilo deve essere inferiore ad 1/300 della lunghezza dell'elemento caricato e non deve mai superare gli 8 mm (secondo le norme *DIN 1055* e *DIN 18056*).

### Dimensionamento del rinforzo: determinazione del momento d'inerzia necessario

Il momento d'inerzia del rinforzo necessario per limitare la freccia d'inflessione dell'elemento caricato viene determinato tramite la formula seguente:

$$J \text{ (cm}^4\text{)} = \frac{W \cdot L^4 \cdot B}{1920 \cdot E \cdot f} \cdot \left[ 25 - 40 \cdot \left( \frac{B}{L} \right)^2 + 16 \cdot \left( \frac{B}{L} \right)^4 \right]$$

In particolare, le variabili che entrano in gioco nella determinazione delle caratteristiche meccaniche dei rinforzi da abbinare ai profili in PVC sono:

il carico del vento agente sul serramento:  $W$  (kN/cm<sup>2</sup>)

il modulo elastico del profilo resistente:  $E$  (kg/cm<sup>2</sup>)

le dimensioni dell'infisso:  $L$ ,  $B$  (cm)

la freccia o deformazione massima ammissibile:  $f$  (cm)

Per conoscere le situazioni di carico agenti sul serramento è necessario valutare le condizioni costruttive specifiche dell'elemento; in particolare, i termini contenuti nella formula vengono definiti sulla base delle informazioni

elencate di seguito:

serramento installato su edifici normali,

serramento installato su edifici a torre,

altezza da terra del serramento:

- da 0 a 8 m
- da 8 a 20 m
- da 20 a 100 m

Per velocizzare le operazioni di calcolo del momento d'inerzia del profilo metallico di rinforzo sono state elaborate due tabelle (per edifici normali e per edifici a torre) contenenti i valori del momento d'inerzia  $J$  al variare dell'area di carico individuata ( $L$  e  $B$ ) e dell'altezza del serramento dal suolo.

Momenti d'inerzia (Tabella A) - Moment d'inertie (Tableau A) - Momento de inercia (Tabelle A) - Trägheitsmoment (Table A) - Moment of inertia (Table A)  
 Per Edificio normale - pour Bâtiment normal - para Edificio normal - für Normalgebäude - for Normal building

H L H L	400	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100						
20	14,2	13,2	12,2	11,3	10,4	9,5	8,7	8,0	7,3	6,6	6,0	5,4	4,9	4,4	3,9	3,5	3,1	2,7	2,3	2,0	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2						
30	31,3	29,1	26,8	24,8	22,8	20,9	19,2	17,5	16,0	14,3	13,2	11,9	10,7	9,6	8,5	7,6	6,7	5,9	5,2	4,3	3,8	3,3	2,8	2,4	2,0	1,7	1,4	1,2	0,9	0,8	0,6	0,5					
40	46,0	41,7	38,5	35,2	32,0	28,8	26,1	23,8	21,6	19,6	17,7	15,9	14,2	12,7	11,2	9,9	8,7	7,6	6,6	5,7	4,9	4,1	3,4	2,8	2,3	1,9	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5	0,4					
50	61,8	57,3	52,9	48,8	44,9	41,2	37,8	34,5	31,4	28,5	25,8	23,2	20,9	18,7	16,6	14,7	12,9	11,4	9,9	8,6	7,4	6,3	5,3	4,4	3,6	2,9	2,4	1,8	1,4	1,0	0,7	0,5					
60	88,1	82,1	77,6	73,5	69,2	65,0	60,9	56,8	52,8	48,8	44,9	41,0	37,1	33,2	29,3	25,4	21,5	18,0	15,1	12,5	10,6	9,0	7,5	6,3	5,2	4,3	3,5	2,7	2,1	1,6	1,1	0,8					
70	104,7	98,8	93,3	88,4	83,5	78,6	73,7	68,8	63,9	59,0	54,1	49,2	44,3	39,4	34,5	29,6	24,7	20,0	16,5	13,5	11,2	9,4	7,9	6,7	5,7	4,8	4,0	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9					
80	122,2	115,5	109,0	102,5	96,0	89,5	83,0	76,5	70,0	63,5	57,0	50,5	44,0	37,5	31,0	24,5	18,0	13,0	10,0	8,0	6,5	5,4	4,5	3,7	3,0	2,3	1,7	1,3	1,0	0,7	0,5	0,4					
90	140,7	133,0	125,3	117,6	109,9	102,2	94,5	86,8	79,1	71,4	63,7	56,0	48,3	40,6	32,9	25,2	17,5	12,5	9,5	7,5	6,2	5,1	4,2	3,4	2,7	2,1	1,6	1,2	0,9	0,6	0,5	0,4					
100	160,2	151,5	142,8	134,1	125,4	116,7	108,0	99,3	90,6	81,9	73,2	64,5	55,8	47,1	38,4	29,7	21,0	15,5	11,5	8,8	7,2	5,9	4,8	3,9	3,1	2,4	1,8	1,4	1,0	0,7	0,5	0,4					
110	180,7	171,0	161,3	151,6	141,9	132,2	122,5	112,8	103,1	93,4	83,7	74,0	64,3	54,6	44,9	35,2	25,5	19,5	14,0	10,5	8,2	6,8	5,6	4,6	3,7	3,0	2,3	1,7	1,3	0,9	0,6	0,5	0,4				
120	201,2	190,5	180,8	171,1	161,4	151,7	142,0	132,3	122,6	112,9	103,2	93,5	83,8	74,1	64,4	54,7	45,0	34,0	26,5	20,0	16,5	13,5	11,2	9,4	7,7	6,3	5,0	3,8	2,9	2,2	1,6	1,1	0,8				
130	221,7	210,0	200,3	190,6	180,9	171,2	161,5	151,8	142,1	132,4	122,7	113,0	103,3	93,6	83,9	74,2	64,5	53,5	44,5	36,0	29,0	23,0	18,0	14,0	11,0	9,0	7,0	5,5	4,2	3,1	2,3	1,7	1,2	0,9			
140	242,2	229,5	218,8	208,1	197,4	186,7	176,0	165,3	154,6	143,9	133,2	122,5	111,8	101,1	90,4	80,7	70,0	58,0	48,0	39,0	32,0	25,0	19,0	14,0	11,0	9,0	7,0	5,5	4,2	3,1	2,3	1,7	1,2	0,9			
150	262,7	249,0	238,3	227,6	216,9	206,2	195,5	184,8	174,1	163,4	152,7	142,0	131,3	120,6	110,9	100,2	90,5	77,5	67,5	58,5	49,5	40,5	31,5	24,0	18,0	13,0	10,0	7,5	5,8	4,4	3,2	2,4	1,8	1,3	1,0		
160	283,2	268,5	257,8	247,1	236,4	225,7	215,0	204,3	193,6	182,9	172,2	161,5	150,8	140,1	129,4	118,7	108,0	94,0	84,0	75,0	66,0	57,0	48,0	39,0	31,0	24,0	18,0	13,0	10,0	7,5	5,8	4,4	3,2	2,4	1,8	1,3	
170	303,7	288,0	277,3	266,6	255,9	245,2	234,5	223,8	213,1	202,4	191,7	181,0	170,3	159,6	148,9	138,2	127,5	112,5	102,5	93,5	84,5	75,5	66,5	57,5	49,0	41,0	34,0	27,0	20,0	15,0	11,0	8,0	6,0	4,5	3,3	2,5	
180	324,2	307,5	296,8	286,1	275,4	264,7	254,0	243,3	232,6	221,9	211,2	200,5	189,8	179,1	168,4	157,7	147,0	130,0	120,0	111,0	102,0	93,0	84,0	75,0	66,0	57,0	48,0	40,0	33,0	26,0	19,0	14,0	10,0	7,5	5,8	4,4	
190	344,7	327,0	316,3	305,6	294,9	284,2	273,5	262,8	252,1	241,4	230,7	220,0	209,3	198,6	187,9	177,2	166,5	147,5	137,5	128,5	119,5	110,5	101,5	92,5	83,5	74,5	65,5	56,5	47,5	38,5	30,0	23,0	17,0	12,0	9,0	6,5	
200	365,2	346,5	335,8	325,1	314,4	303,7	293,0	282,3	271,6	260,9	250,2	239,5	228,8	218,1	207,4	196,7	186,0	165,0	155,0	146,0	137,0	128,0	119,0	110,0	101,0	92,0	83,0	74,0	65,0	56,0	47,0	38,0	30,0	23,0	17,0	12,0	9,0

POSIZIONE DEL SERRAMENTO DA TERRA  
 POSICION DE LA MENUISERIA A TERRE  
 BODENPOSITION DES FENSTERELEMENTES  
 POSITION OF THE WINDOW FROM GROUND  
 1° PER ALTEZZE DA 0 A 8 m  
 POUR DES HAUTEURS DE 0 A 8 m  
 PARA UNA ALTURA DE 0 A 8 m W = 0,60 KN/m²  
 FÜR HOHE VON 0 BIS 8 m  
 FOR HEIGHTS FROM 0 TO 8 m  
 2° PER ALTEZZE DA 8 A 20 m  
 POUR DES HAUTEURS DE 8 A 20 m  
 PARA UNA ALTURA DE 8 A 20 m W = 0,96 KN/m²  
 FÜR HOHE VON 8 BIS 20 m  
 FOR HEIGHTS FROM 8 TO 20 m  
 3° PER ALTEZZE DA 20 A 100 m  
 POUR DES HAUTEURS DE 20 A 100 m  
 PARA UNA ALTURA DE 20 A 100 m W = 1,32 KN/m²  
 FÜR HOHE VON 20 BIS 100 m  
 FOR HEIGHTS FROM 20 TO 100 m

H ⇒  
 L  
 400  
 20  
 22,8  
 31,3

FATTORE DI CORREZIONE PER  
 FLESSIONE MASSIMA 8 mm  
 FACTEUR DE CORRECCION POUR  
 FLEXION MAXIME 8 mm  
 FACTOR DE CORRECCION PARA  
 FLEXION MAXIMA 8 mm  
 VERBESSERUNGSFAKTOR FÜR  
 MAXIMALE BIEGUNG  
 CORRECTION FACTOR FOR  
 MAXIMUM DEFLECTION 8 mm  
 LUNGHEZZA (H)  
 LONGUEUR (H)  
 LANGE (H)  
 LENGTH (H)  
 > 241 cm  
 > 290 cm  
 > 340 cm  
 > 380 cm  
 1,04  
 1,24  
 1,45  
 1,66

X 1,04

X 1,24

X 1,45

X 1,66

Momenti d'inerzia (Tabella A) - Moment d' inertia (Table A) - Trägheitsmoment (Tabelle A) - Moment of inertia (Table A)

Per Edificio a torre - pour Bâtiment à tour - para Edificio a torre - für Turmarhtiges Gebäude - for Tower Building

H =>	400	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	190	180	170	160	150	140	130	120	110	100																			
L	18,9	17,5	16,2	15,0	13,8	12,7	11,8	10,8	9,7	8,6	8,0	7,2	6,5	5,8	5,2	4,6	4,1	3,6	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3																			
20	30,3	28,1	25,9	23,9	22,1	20,3	18,6	17,0	15,5	14,1	12,7	11,5	10,3	9,3	8,3	7,3	6,5	5,7	5,0	4,3	3,7	3,2	2,7	2,3	1,9	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,4																			
30	41,6	38,6	35,7	32,9	30,5	27,9	25,3	23,1	21,3	19,3	17,5	15,8	14,2	12,7	11,4	10,1	8,9	7,9	6,9	6,0	5,1	4,4	3,7	3,1	2,6	2,1	1,7	1,4	1,1	0,9	0,7	0,5	0,4																	
40	45,2	41,9	38,7	35,7	32,9	30,2	27,7	25,3	23,0	20,9	18,9	17,1	15,4	13,9	12,3	10,9	9,6	8,4	7,4	6,4	5,5	4,7	4,0	3,3	2,8	2,3	1,8	1,4	1,1	0,8	0,6	0,5																		
50	50,8	46,9	43,2	39,5	35,8	32,3	28,8	25,8	23,1	20,6	18,3	16,3	14,5	12,8	11,3	9,8	8,3	7,2	6,2	5,2	4,5	3,8	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3																		
60	55,0	50,8	46,9	43,2	39,5	35,8	32,3	28,8	25,8	23,1	20,6	18,3	16,3	14,5	12,8	11,3	9,8	8,3	7,2	6,2	5,2	4,5	3,8	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4																		
70	60,8	56,8	52,8	48,8	44,8	40,8	36,8	32,8	28,8	24,8	20,8	18,3	16,3	14,5	12,8	11,3	9,8	8,3	7,2	6,2	5,2	4,5	3,8	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5	0,4																		
80	65,8	61,8	57,8	53,8	49,8	45,8	41,8	37,8	33,8	29,8	25,8	22,8	20,3	18,3	16,3	14,5	12,8	11,3	9,8	8,3	7,2	6,2	5,2	4,5	3,8	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5																	
90	70,8	66,8	62,8	58,8	54,8	50,8	46,8	42,8	38,8	34,8	30,8	27,8	24,8	21,8	19,3	17,3	15,3	13,3	11,3	9,3	8,3	7,2	6,2	5,2	4,5	3,8	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5																
100	75,8	71,8	67,8	63,8	59,8	55,8	51,8	47,8	43,8	39,8	35,8	31,8	28,8	25,8	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	9,3	8,3	7,2	6,2	5,2	4,5	3,8	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5														
110	80,8	76,8	72,8	68,8	64,8	60,8	56,8	52,8	48,8	44,8	40,8	36,8	33,8	30,8	27,8	24,8	21,8	19,3	17,3	15,3	13,3	11,3	9,3	8,3	7,2	6,2	5,2	4,5	3,8	3,2	2,6	2,1	1,6	1,2	0,9	0,7	0,5													
120	85,8	81,8	77,8	73,8	69,8	65,8	61,8	57,8	53,8	49,8	45,8	41,8	38,8	35,8	32,8	29,8	26,8	23,8	20,8	18,8	16,8	14,8	12,8	10,8	9,1	7,5	6,1	4,9	3,8	2,9	2,2	1,6	1,1	0,8	0,6	0,5														
130	90,8	86,8	82,8	78,8	74,8	70,8	66,8	62,8	58,8	54,8	50,8	46,8	43,8	40,8	37,8	34,8	31,8	28,8	25,8	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5														
140	95,8	91,8	87,8	83,8	79,8	75,8	71,8	67,8	63,8	59,8	55,8	51,8	48,8	45,8	42,8	39,8	36,8	33,8	30,8	27,8	25,3	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5												
150	100,8	96,8	92,8	88,8	84,8	80,8	76,8	72,8	68,8	64,8	60,8	56,8	53,8	50,8	47,8	44,8	41,8	38,8	35,8	32,8	30,3	27,8	25,3	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5										
160	105,8	101,8	97,8	93,8	89,8	85,8	81,8	77,8	73,8	69,8	65,8	61,8	58,8	55,8	52,8	49,8	46,8	43,8	40,8	37,8	35,3	32,8	30,3	27,8	25,3	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5								
170	110,8	106,8	102,8	98,8	94,8	90,8	86,8	82,8	78,8	74,8	70,8	66,8	63,8	60,8	57,8	54,8	51,8	48,8	45,8	42,8	40,3	37,8	35,3	32,8	30,3	27,8	25,3	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5						
180	115,8	111,8	107,8	103,8	99,8	95,8	91,8	87,8	83,8	79,8	75,8	71,8	68,8	65,8	62,8	59,8	56,8	53,8	50,8	47,8	45,3	42,8	40,3	37,8	35,3	32,8	30,3	27,8	25,3	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5				
190	120,8	116,8	112,8	108,8	104,8	100,8	96,8	92,8	88,8	84,8	80,8	76,8	73,8	70,8	67,8	64,8	61,8	58,8	55,8	52,8	50,3	47,8	45,3	42,8	40,3	37,8	35,3	32,8	30,3	27,8	25,3	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5		
200	125,8	121,8	117,8	113,8	109,8	105,8	101,8	97,8	93,8	89,8	85,8	81,8	78,8	75,8	72,8	69,8	66,8	63,8	60,8	57,8	55,3	52,8	50,3	47,8	45,3	42,8	40,3	37,8	35,3	32,8	30,3	27,8	25,3	22,8	20,3	18,3	16,3	14,3	12,3	10,3	8,7	7,1	5,7	4,3	3,0	2,2	1,5	1,0	0,7	0,5

**X 1,66**

**X 1,45**

**X 1,24**

**X 1,04**

**H =>**

**L** 400

**U** 20 30,3 2\* 41,6 3\*

**POSIZIONE DEL SERRAMENTO DA TERRA**  
 POSION DE LA MENUISERIE A TERRE  
 BODENPOSITION DES FENSTERELEMENTES  
 POSITION OF THE WINDOW FROM GROUND

1\* PER ALTEZZE DA 0 A 8 m  
 POUR DES HAUTEURS DE 0 A 8 m  
 FÜR HOHE VON 0 BIS 8 m  
 FOR HEIGHTS FROM 0 TO 8 m

2\* PER ALTEZZE DA 8 A 20 m  
 POUR DES HAUTEURS DE 8 A 20 m  
 FÜR HOHE VON 8 BIS 20 m  
 FOR HEIGHTS FROM 8 TO 20 m

3\* PER ALTEZZE DA 20 A 100 m  
 POUR DES HAUTEURS DE 20 A 100 m  
 FÜR HOHE VON 20 BIS 100 m  
 FOR HEIGHTS FROM 20 TO 100 m

**FATTORIO DI CORREZIONE PER**  
 FACTEUR DE CORRECTION POUR  
 FACTOR DE CORRECCION PARA  
 VERBESSERUNGSAKTOR FÜR

MAXIMALE BEUGUNG  
 MAXIMUM DEFLECTION FOR

LUNGHEZZA (H)  
 LONGUEUR (H)  
 LANGE (H)  
 LENGTH (H)

> 241 cm  
 > 280 cm  
 > 340 cm  
 > 390 cm

Nella tabella seguente vengono riportate le grandezze relative all'azione del vento sugli edifici normali.

H= altezza dal suolo

V= velocità del vento

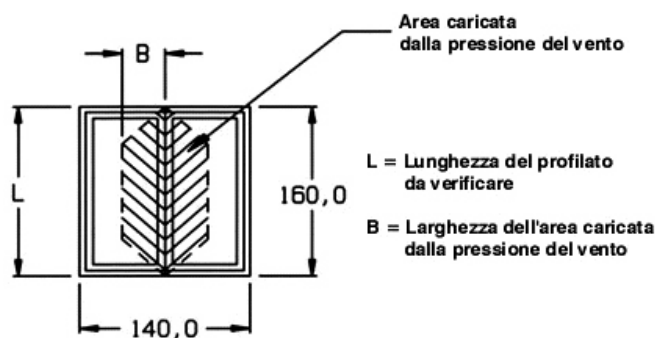
q= pressione dinamica

W= carico del vento

H (m)	V (km/h)	V (m/sec)	q = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2$ (kN/m <sup>2</sup> )	W = q · 1,2 (Secondo DIN 1055)	
				(kN/m)	(kN/cm <sup>2</sup> )
0-8	101,9	28,3	0,50	0,60	0,000060
8-20	128,9	35,8	0,80	0,96	0,000096
20-100	151,2	42,0	1,10	1,32	0,000132
>100	164,2	45,6	1,30	1,56	0,000156

### Esempio di calcolo: determinazione del momento d'inerzia del rinforzo metallico

A titolo di esempio, vengono indicate le modalità di calcolo del momento d'inerzia del rinforzo da utilizzare nel caso illustrato di seguito relativo ad una finestra a due ante.



### Dati per il calcolo:

Il serramento in esame viene posizionato su un edificio normale ad un'altezza dal suolo tra 0 ed 8 m (con una velocità del vento di circa 100 km/h che determina un carico di  $W = 0,60$  kN/m<sup>2</sup>).

### Lettura della tabella:

Individuata l'area caricata, che nel nostro caso ha dimensioni di **H=160 cm** e **B=35 cm**, viene rilevato il momento d'inerzia del rinforzo leggendo nella tabella apposta il valore relativo alle dimensioni esaminate.

La tabella fornisce i momenti d'inerzia con intervalli di 10 cm; pertanto quando un valore è compreso tra 30 cm e 40 cm come nel nostro caso (B=35), verrà considerato il valore successivo a quello da noi ricercato e cioè H=160 cm e B=40 cm.

### Calcolo del momento d'inerzia:

Individuato il momento d'inerzia (relativo ad una sola porzione dell'area caricata totale:  $J = 1,7$  cm<sup>4</sup>), sarà necessario moltiplicarlo per due al fine di determinare il contributo totale della spinta del vento sulla vetrata:  $J = 1,7 \times 2 = 3,4$  cm<sup>4</sup>

A questo punto, per soddisfare le esigenze statiche calcolate, viene scelto tra i rinforzi disponibili un profilo metallico con un momento d'inerzia superiore rispetto al dato ottenuto dalla progettazione.

In tale maniera l'azione del vento agente sul serramento nelle condizioni considerate verrà contrastata dal rinforzo metallico abbinato ai profili in PVC.

## ISOLAMENTO TERMICO

### CONSUMO ENERGETICO NELLE ABITAZIONI

Secondo le stime riportate in uno studio della Commissione Europea relativo al fabbisogno energetico dell'Unione ("Energy in Europe – European Union Energy Outlook to 2020"), il riscaldamento degli ambienti rappresenta in Europa l'uso principale per quanto riguarda i consumi di energia negli edifici residenziali (57 % del totale) e negli edifici del terziario (52 % del totale).

### FENOMENO DELLA TRASMISSIONE TERMICA

#### Conducibilità termica dei materiali

La conduzione termica è una caratteristica dei materiali individuata da una grandezza specifica definita **conducibilità termica**  $\lambda$  (W/mK). Questo termine rappresenta la quantità di calore che viene trasmessa attraverso il materiale per unità di tempo, per unità di superficie trasversale, per unità di spessore dello strato e per differenza di temperatura unitaria. Nella tabella seguente vengono elencati i valori **di conducibilità termica** per alcuni materiali di natura diversa usati in edilizia.

Materiale	Conducibilità termica $\lambda$ (W/mK)
Alluminio	200
Acciaio	50
Calcestruzzo	0,8÷1,4
Vetro	1.0
Gomma	0,15
PVC	0,16
PVC espanso	0,035
Abete (um. 20%) direzione radiale	0,14
Aria	0,026

Per uno strato piano di spessore  $s$  composto da un materiale con conducibilità termica  $\lambda$  viene definita la resistenza termica specifica dello strato misurata in m<sup>2</sup>K/W secondo la relazione seguente:

$$R = \frac{s}{\lambda}$$

dove:

R= resistenza termica specifica dello strato (m<sup>2</sup>K/W)

s= spessore dello strato (m)

$\lambda$ = conducibilità termica del materiale (W/mK)

## Convezione termica

La convezione termica consiste nel trasporto di calore fra la superficie di una parete ed il fluido che la lambisce. Tale fenomeno, che si attua in presenza di movimento macroscopico relativo delle particelle del fluido, dipende in forte misura dalla velocità del flusso sulle pareti ed è espresso dai coefficienti di convezione termica  $\alpha_i$  ed  $\alpha_e$  che vengono misurati in  $W/m^2K$ .

Al lato pratico, nei calcoli per l'analisi della conduzione termica delle pareti degli edifici, vengono usati i valori di resistenza termica superficiale interna  $R_{Si}$  ed esterna  $R_{Se}$  riportati nella norma UNI EN ISO 6946: "Componenti ed elementi per l'edilizia: resistenza termica e trasmittanza termica". Di seguito la relazione delle grandezze che descrivono il fenomeno della convezione termica:

$$R_{Si} = \frac{1}{\alpha_i} = \text{resistenza termica superficiale interna} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$R_{Se} = \frac{1}{\alpha_e} = \text{resistenza termica superficiale esterna} = 0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$$

dove:

$\alpha_i$  = coefficiente di convezione termica interno ( $W/m^2K$ )

$\alpha_e$  = coefficiente di convezione termica esterno ( $W/m^2K$ )

La differenza tra le due resistenze termiche superficiali è legata al fatto che la velocità del vento sulla parete esterna dell'edificio è superiore a quella interna, quindi la resistenza termica relativa risulta minore.

## CARATTERISTICHE DELLA VETRATA ISOLANTE

Attraverso le finestre avvengono, in ogni momento del giorno e della notte, importanti scambi energetici, che consistono in apporti e dispersioni in grado di influenzare il bilancio energetico dei fabbricati. La progettazione termotecnica dell'edificio implica la scelta dei serramenti esterni con l'obiettivo, a seconda dell'ubicazione del fabbricato, dell'esposizione e della latitudine, di ridurre i consumi globali derivanti dall'esercizio durante tutto il periodo dell'anno. Il serramento in PVC, che fa delle proprietà di isolamento termico la principale peculiarità tecnica, viene ulteriormente migliorato con la scelta ponderata della vetrata idonea allo scopo specifico. Nei seguenti paragrafi vengono descritte le principali caratteristiche e prestazioni delle vetrate isolanti abbinabili al serramento.

### Vetrata basso emissiva

La ricerca e lo sviluppo tecnologico in campo vetrario hanno permesso di raggiungere elevatissimi livelli di isolamento termico per il vetrocamera, abbassandone notevolmente la trasmittanza termica. Questo è stato possibile sostituendo l'aria disidratata contenuta all'interno dell'intercapedine con gas maggiormente isolanti (argon, kripton) e operando sulle componenti radiative della vetrata isolante mediante particolari vetri dotati di depositi selettivi.

Nell'immagine seguente viene rappresentato l'andamento della resistenza termica dell'intercapedine del vetrocamera al variare dello spessore e del gas di riempimento usato. Si nota come la sostituzione dell'aria con i gas nobili fornisca notevoli vantaggi in termini di resistenza termica dello strato compreso tra le lastre di vetro.



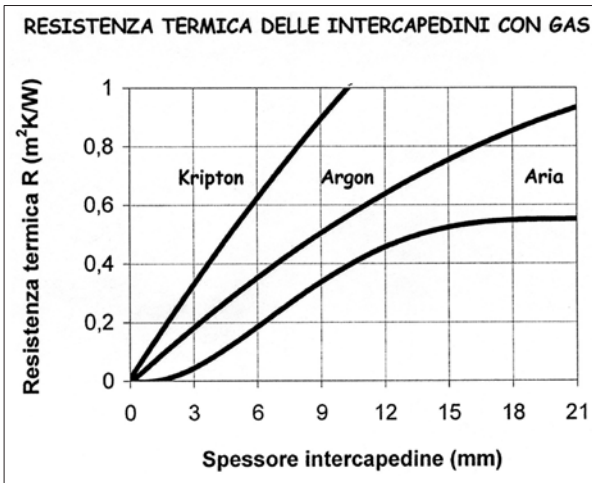


Figura: resistenza termica R dell'intercapedine del vetrocamera in funzione dello spessore per vari gas di riempimento

La riduzione della componente radiativa del vetrocamera si ottiene modificando le caratteristiche spettrofotoniche dei vetri, tramite il deposito molecolare di ossidi e metalli particolarmente selettivi in grado di riflettere la radiazione puramente termica. In altre parole, con l'uso dei vetri a "bassa emissività" il calore emesso come radiazione termica dai corpi contenuti nell'ambiente abitativo viene disperso all'esterno in misura minore rispetto ad una normale vetrata, perché riflesso indietro dalla lastra trattata nello stesso modo in cui uno specchio riflette la radiazione puramente luminosa. Poiché i depositi di questo tipo non interferiscono minimamente sull'entrata della radiazione solare, con le vetrate basso emissive è possibile anche favorire gli apporti energetici esterni importanti nei mesi invernali. Nelle immagini riportate di seguito viene rappresentato il principio di funzionamento della vetrata isolante a "bassa emissività" con l'indicazione dei flussi energetici in gioco.

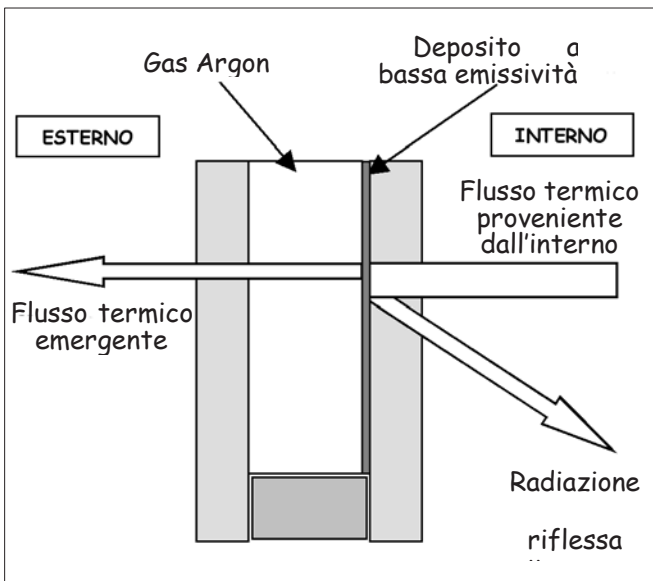


Figura: vetrocamera con gas argon e lastra bassoemissiva.

### Influenza dello spessore dell'intercapedine sulle proprietà di trasmittanza termica U del vetrocamera basso emissivo

Nel diagramma seguente viene rappresentata l'influenza dello spessore della camera interna sulla trasmittanza termica U di un vetrocamera del tipo basso emissivo composto da due lastre da 4 mm.

TRASMITTANZA TERMICA VETROCAMERA BASSO EMISSIVO

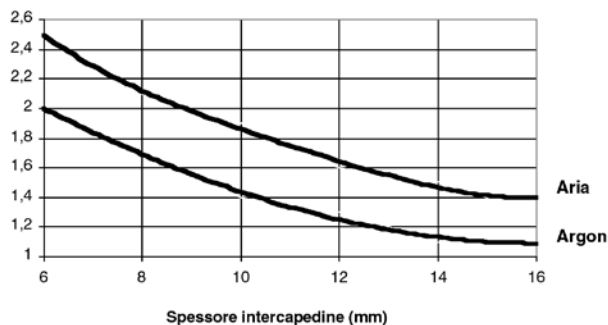


Figura: influenza dello spessore dell'intercapedine sulla trasmittanza termica U per vetrocamera del tipo basso emissivo con gas di riempimento aria ed argon e lastre di spessore 4 mm.

**Apporti energetici e "controllo solare"**

Tutte le radiazioni energetiche che attraversano i vetri ed entrano negli ambienti vengono definiti "apporti termici solari". Nei mesi invernali questi apporti compensano le dispersioni termiche contribuendo in modo significativo a ridurre i consumi energetici; opposta è la situazione estiva dove, in presenza di grandi superfici vetrate o esposizioni e latitudini sfavorevoli, l'irraggiamento solare può risultare eccessivo e generare surriscaldamento e disagio luminoso all'interno degli edifici. L'uso di vetri speciali colorati nella massa e/o trattati con depositi superficiali "selettivi" nei confronti della radiazione solare permette di porre rimedio a queste situazioni estreme.

Il modo in cui operano questi prodotti vetrari è lo stesso dei prodotti a "bassa emissività", con la sola differenza che in questo caso la riflessione viene esercitata selettivamente su parte dello spettro solare in entrata. Vastissima è la gamma dei vetri riflettenti a controllo solare per la riduzione degli eccessi energetici: la loro differenziazione va rilevata nei dati spettrofotometrici ed in particolare nel "fattore solare" (g), una grandezza adimensionale rappresentata dal rapporto tra due termini:

$$g = \frac{\text{Energia totale emergente}}{\text{Energia totale incidente}}$$

dove:

energia totale emergente= energia solare direttamente trasmessa all'interno dell'edificio + quota di energia assorbita dal vetro e reirraggiata nel locale

energia solare incidente= energia solare totale incidente sul vetro

Nello schema seguente vengono rappresentate le componenti energetiche in gioco nel caso di una lastra di vetro investita dalla radiazione solare.

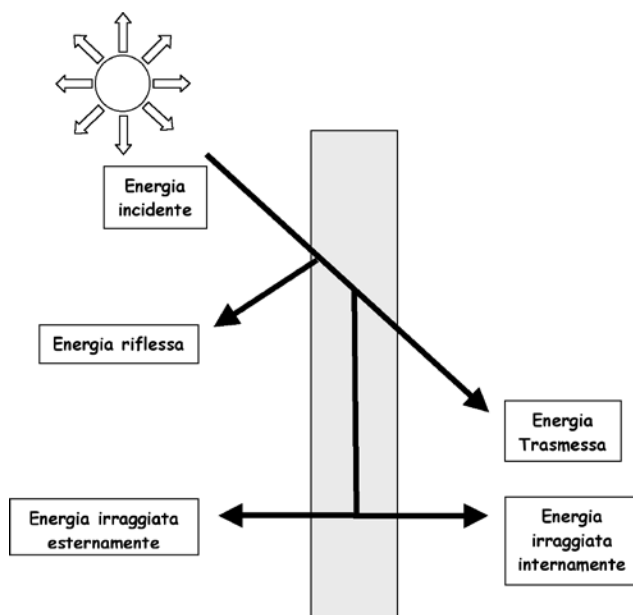


Figura: componenti energetiche in gioco nella lastra di vetro a "controllo solare".

A titolo di esempio, nella tabella seguente vengono riportati i valori del fattore solare per alcune tipologie di lastre con spessore di 6 mm caratterizzate da proprietà ottiche differenti.

Vetrata	Fattore solare "g"
Lastra chiara standard	0,83
Lastra colorata nella massa	0,62
Lastra riflettente a controllo solare	0,40

Tabella: fattore solare *g* di lastre varie con spessore di 6 mm e caratteristiche ottiche diverse.

### Trasmittanza termica della vetrata

La scelta della vetrocamera idoneo da abbinare al serramento deve essere effettuata sulla base delle esigenze progettuali, con l'obiettivo di ottenere le migliori proprietà di isolamento termico della superficie finestrata. Nella tabella seguente vengono riportati i valori della trasmittanza termica U di alcune vetrate, in funzione della composizione e del gas di riempimento utilizzato.

Tipo di vetrata	Trattamenti	Gas di riempimento	Trasmittanza termica U (W/m <sup>2</sup> K)
Lastra semplice da 4 mm	-	-	5,9
Vetrocamera 4-15-4 vetro semplice + aria	-	aria	2,7
Vetrocamera 4-15-4 basso emissivo + aria	Bassa emissività su una lastra	aria	1,4
Vetrocamera 4-15-4 basso emissivo + gas	Bassa emissività su una lastra	argon	1,1
Vetrocamera 4-15-4 basso emissivo + gas	Bassa emissività su una lastra	kriptone	1,0

<b>Vetrocamera con tripla lastra 4-12-4-12-4</b>	Bassa emissività su due lastre	aria	1,0
<b>Vetrocamera con tripla lastra 4-12-4-12-4</b>	Bassa emissività su due lastre	argon	0,8
<b>Vetrocamera con tripla lastra 4-12-4-12-4</b>	Bassa emissività su due lastre	kripton	0,5

*Tabella: caratteristiche termiche e descrizioni tecniche di vetro-camera con struttura e gas di riempimento diversi.*

### **TRASMITTANZA TERMICA DEI SERRAMENTI**

Il calcolo della trasmittanza termica del serramento secondo la norma UNI EN ISO 10077-1 "Prestazione termica di finestre, porte e chiusure - calcolo della trasmittanza termica" viene effettuato tenendo in considerazione tre termini geometrici distinti del serramento, ognuno dei quali caratterizzato dalla proprietà termica corrispondente:

- la superficie opaca del serramento costituita dal profilo,
- la superficie della vetrata,
- la lunghezza del bordo vetro.

Il calcolo della trasmittanza termica U della finestra prevede l'applicazione della formula riportata di seguito:

$$U_w = \frac{A_g * U_g + A_f * U_f + L_g * \Psi_g}{A_g + A_f}$$

dove:

A<sub>g</sub>= area del vetro (m<sup>2</sup>)

A<sub>f</sub>= area del profilo (m<sup>2</sup>)

L<sub>g</sub>= lunghezza del bordo vetro (m)

U<sub>g</sub>= trasmittanza termica del vetro (W/m<sup>2</sup>K)

U<sub>f</sub>= trasmittanza termica del profilo (W/m<sup>2</sup>K)

Ψ<sub>g</sub>= trasmittanza termica lineare del bordo vetro (W/mK)

### **Trasmittanza termica lineare del bordo vetro Ψ<sub>g</sub>**

La trasmittanza lineare Ψ<sub>g</sub> conto della conduzione termica aggiuntiva dovuta all'interazione tra il telaio, la vetrata ed il distanziatore. Tale termine, che costituisce un fattore di perdita energetico, è condizionato principalmente dalla conduttività del materiale del distanziatore, ma anche dal materiale del telaio e dalla tipologia della vetrata utilizzata. Nella tabella seguente, tratta dalla norma UNI EN ISO 10077-1, vengono riportati i valori di trasmittanza termica lineare per vetrate installate sul profilo in PVC.

*Tabella: valori della trasmittanza termica lineare del bordo vetro Ψ<sub>g</sub>.*

Vetrata doppia o tripla, vetro non rivestito, intercapedine con aria o gas	Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività, intercapedine con aria o gas
Ψ <sub>g</sub> (W/mK)	Ψ <sub>g</sub> (W/mK)
0,04	0,06

### Esempio di calcolo numerico per la determinazione della trasmittanza termica del serramento secondo la norma UNI EN ISO 10077-1

Nell'esempio descritto vengono analizzati tre diversi serramenti System MD H 72 abbinati a vetro-camera differenti. Lo schema e la tabella seguenti riportano le caratteristiche geometriche del serramento ed i valori della trasmittanza termica U relativi alle tipologie realizzate. La trasmittanza termica dei serramenti è stata calcolata utilizzando il programma di calcolo numerico per la determinazione delle caratteristiche termiche degli elementi finestrati.

Caratteristiche del serramento	4-15-4 standard	4-15-4 basso emissivo + aria	4-15-4 basso emissivo + argon
$A_g$ (m <sup>2</sup> )	1,1	1,1	1,1
$A_f$ (m <sup>2</sup> )	0,7	0,7	0,7
$L_g$ (m)	6,9	6,9	6,9
$U_g$ (W/m <sup>2</sup> K)	2,7	1,4	1,1
$U_f$ (W/m <sup>2</sup> K)	1,4	1,4	1,4
$\square_g$ (W/mK)	0,04	0,06	0,06
$U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	2,3	1,6	1,4

Tabella: dati geometrici e prestazionali di serramenti System MD abbinati a vetrate diverse.

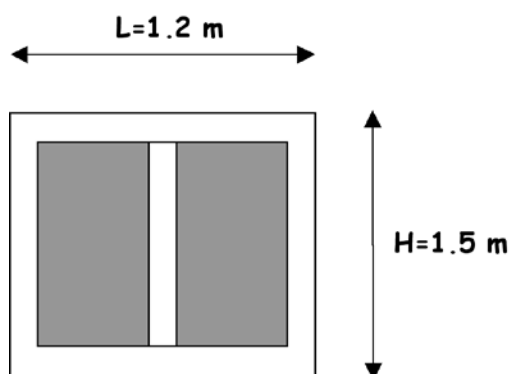


Figura: schema del serramento a due ante.

Sulla base dei risultati esposti nella precedente tabella, nello schema seguente vengono rappresentati i valori di trasmittanza termica U per serramenti System MD, abbinati a vetrate diverse, raffrontati con una vecchia finestra con vetro semplice. Dall'analisi dei dati si denota come l'intervento di sostituzione di una vecchia finestra con il serramento System MD porti ad una drastica riduzione delle dispersioni energetiche legate alla trasmittanza termica. L'utilizzo di vetrate basso emissive o con gas argon è seguito da un'ulteriore aumento del tasso di isolamento termico della finestra System MD.

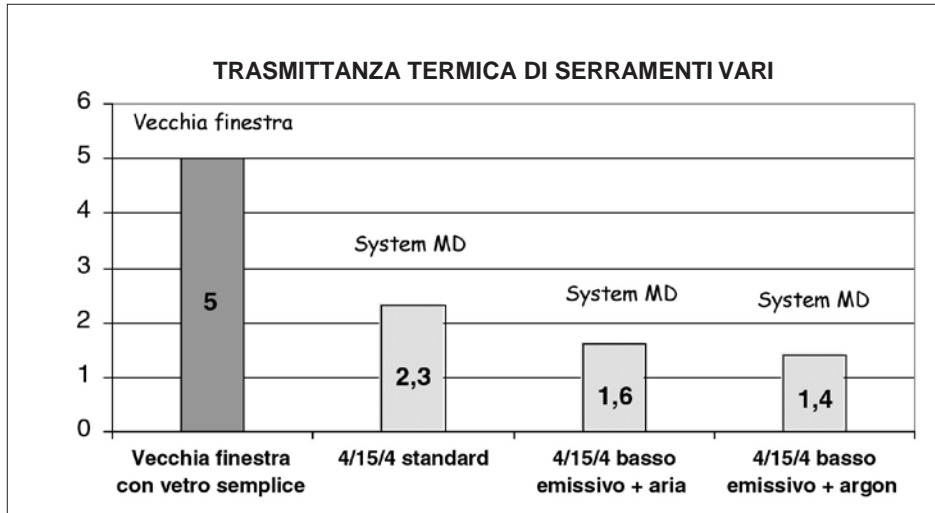


Figura: trasmittanza termica del serramento System MD abbinato a vetrocamera diversi raffrontato con una vecchia finestra abbinata al vetro semplice.

### Effetto isolante della schermatura esterna

Nel caso di serramenti abbinati ad una schermatura esterna, quale la persiana o la tapparella, la normativa UNI EN ISO 10077-1 permette di determinare la resistenza termica totale del serramento abbinato allo schermo oscurante tramite l'equazione seguente:

$$U_{ws} = \left( \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \right)$$

dove:

$U_{ws}$  = trasmittanza termica della finestra con la schermatura (W/m<sup>2</sup>K)

$U_w$  = trasmittanza termica della finestra senza la schermatura (W/m<sup>2</sup>K)

$\Delta R$  = resistenza termica addizionale dovuta allo schermo applicato (m<sup>2</sup>K/W)

A titolo di esempio, per un serramento con trasmittanza termica  $U$  pari a 2,3 W/m<sup>2</sup>K abbinato ad una persiana con pannelli ciechi si ottiene una trasmittanza totale di 1,7 (W/m<sup>2</sup>K), come indicato in dettaglio nella tabella riportata più avanti. Nel caso di presenza di schermo oscurante esterno i calcoli del bilancio energetico relativi alla superficie finestrata devono considerare l'aumento della trasmittanza termica durante il periodo di chiusura della schermatura.

Trasmittanza termica della finestra senza la schermatura $U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	Resistenza termica addizionale per un serramento abbinato ad una persiana esterna $\Delta R$ (m <sup>2</sup> K/W)	Trasmittanza termica della finestra con la schermatura $U_{ws}$ (W/m <sup>2</sup> K)
2,3	0,16	1,7

Tabella: effetto della resistenza termica addizionale per un serramento abbinato ad una persiana esterna.

## CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER I SERRAMENTI

In ragione dell'entrata in vigore del Decreto Ministeriale 2 aprile 1998 "Modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi" pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 5 maggio 1998 n. 102, il serramentista ha l'obbligo, all'atto della fornitura del prodotto, di documentare e certificare le prestazioni energetiche degli infissi.

Il Decreto, in vigore dal 5 maggio 2000, è stato emesso dal Ministero dell'Industria ai fini dell'applicazione integrale della legge 9 gennaio 1991 n. 10 sul risparmio energetico in edilizia: il serramento esterno rappresenta un elemento importante dell'abitazione dal punto di vista energetico e per tale motivo è stato contemplato nella lista dei componenti dell'abitazione sottoposti a verifica energetica. La disposizione deriva dall'art. 1 del decreto stesso che rimanda, per quanto attiene ai componenti degli edifici soggetti a certificazione e alle caratteristiche da certificare, all'allegato A dove si richiamano specificatamente: "serramenti e chiusure trasparenti o traslucide con valore di trasmittanza termica globale inferiore a  $5 \text{ W/m}^2\text{K}$ "; per questi elementi è necessario certificare le prestazioni di:

- trasmittanza termica del serramento U,
- permeabilità all'aria del serramento,
- trasmissione luminosa della vetrata installata sulla finestra.

Sono pertanto soggetti a certificazione tutti i serramenti forniti ed installati:

in edifici pubblici e privati,

in nuove costruzioni,

in caso di ristrutturazione, ove sia richiesto il rilascio di concessione edilizia (restauro e risanamento conservativo e ristrutturazione edilizia).

## SUONO E DECIBEL

### Analisi di un rumore

Un insieme disordinato e complesso di suoni è definito con il termine "rumore". Si tratta di una forma di energia, che si propaga come variazione ciclica della pressione attraverso un mezzo (aereo, liquido o solido) sino al timpano dell'orecchio, quindi tramite il nervo acustico al cervello dove viene tradotta in sensazione sonora.

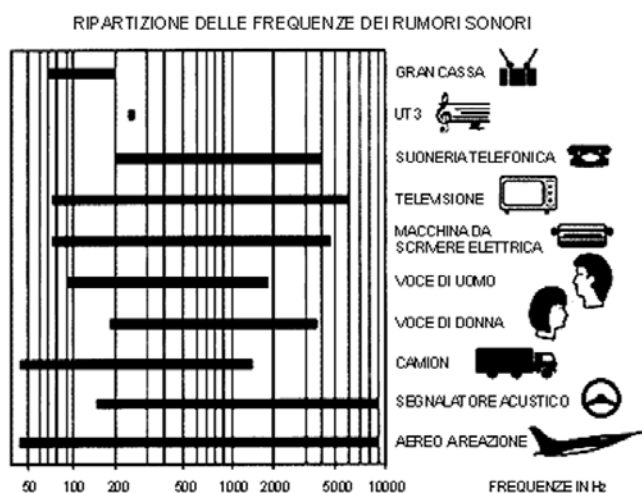


Figura: ripartizione delle frequenze per comuni sorgenti sonore.

Livello sonoro (dB)	Pressione acustica (μPa)	Esempi	Fascia
140	200.000.000	motore jet	fascia dannosa
130	63.245.555	martello pneumatico	
120	20.000.000	veicolo ad elica	
<b>Soglia del dolore</b>			
110	6.324.555	discoteca	fascia critica
100	2.000.000	macchinari industriali	
90	632.455	veicolo pesante	
80	200.000	traffico intenso	fascia di sicurezza
70	63.245	aspirapolvere	
60	20.000	uffici	
50	6.324	musica a basso volume	
40	2.000	biblioteca	
30	632	passi sulle foglie	
20	200	abitazione di notte	
10	63	"tic-tac" di un orologio	
0	20	soglia dell'udibile	

*Tabella: caratteristiche acustiche di fonti sonore.*

L'onda sonora viene graficamente rappresentata in forma sinusoidale le cui caratteristiche sono le seguenti.

- **La frequenza** o numero delle vibrazioni al secondo, misurata in Hertz (Hz). L'orecchio umano è sensibile alle frequenze comprese tra 16 e 16000 Hz circa. Nello schema riportato sopra vengono rappresentate le ripartizioni delle frequenze dei rumori sonori.
- **La pressione acustica** che viene misurata in Pa (o in N/m<sup>2</sup>). L'orecchio umano è sensibile alle variazioni di pressione comprese tra 2x10<sup>-5</sup> Pa e 20 Pa, quindi una scala certamente di non pratico uso. Per ovviare a questo inconveniente fu introdotta la scala logaritmica dei decibel (dB), che permette di esprimere senza difficoltà tutti i valori compresi tra gli estremi minimi e massimi.

L'espressione matematica del decibel è la seguente:

$$L \text{ (dB)} = 10 \cdot \lg \left( \frac{P^2}{P_0^2} \right)$$

dove:

**L**= livello sonoro (dB)

**P**= pressione acustica in esame (Pa)

**P** = <sub>0</sub> pressione acustica di riferimento (2x10<sup>-5</sup> Pa)

Per attribuire ad ogni sorgente di rumore un valore di livello sonoro in dB, nella tabella seguente viene riportato un ampio spettro di esempi di sorgenti facilmente riscontrabili nella vita di tutti i giorni.

### **Decibel e sensazione uditiva**

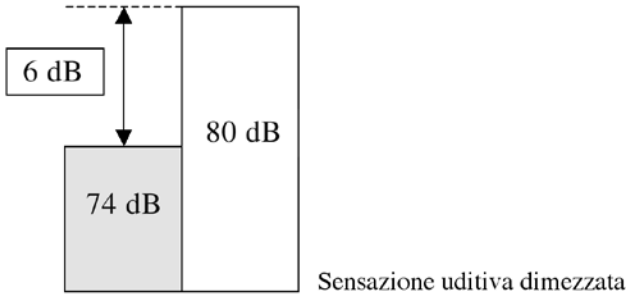
L'orecchio umano è un trasduttore di segnali acustici di tipo non lineare. In altre parole, un raddoppio del numero di decibel di un rumore non corrisponde, per chi ascolta, ad una sensazione sonora doppia. Ad esempio:

**40 dB non è la metà di 80 dB dal punto di vista della sensazione sonora,**



invece,

**74 dB è la metà di 80 dB dal punto di vista della sensazione sonora,**



quindi:

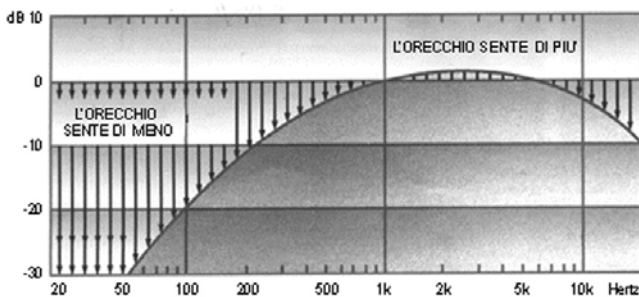
**6 soli dB dimezzano, o raddoppiano, la sensazione di disturbo percepita.**

*Figura: rapporto tra decibel e sensazione uditiva.*

### Curva di ponderazione dB(A)

L'orecchio umano non è un trasduttore lineare del rumore: esso sente meno bene le basse e le alte frequenze, privilegiando le medie frequenze tipiche della conversazione umana. Per uno stesso livello sonoro troveremo, ad esempio, un suono a 100 Hz meno forte di un suono a 1000 Hz; si deve quindi aumentare il livello sonoro, perché il suono a 100 Hz abbia la stessa potenza di quello a 1000 Hz. Per allineare la sensibilità degli strumenti di misurazione acustica (fonometri) a quella umana, sono stati introdotti i filtri di ponderazione, che consentono di correggere il livello sonoro (in dB) secondo una curva di "ponderazione" normalizzata. In pratica, rispetto alla misurazione oggettiva lineare della pressione acustica, la "ponderazione A" riduce i valori del livello sonoro sino alle frequenze di 1000 Hz, per aumentarli leggermente da 1000 a 5000 Hz e poi nuovamente ridiscendere oltre tale limite.

Nel campo dell'analisi del rumore quasi tutte le normative si richiamano alla "curva di ponderazione A" in dB(A), rappresentata nel grafico dello schema seguente.



*Figura: curva di ponderazione in dB(A).*

### Livello equivalente Leq (A)

In caso di esposizione a fonti di rumore, il danno al nostro udito è provocato non solo dal livello del rumore stesso, ma anche dalla durata della sua esposizione, ovvero dalla quantità complessiva di energia sonora assorbita dall'orecchio. Tramite le strumentazioni è possibile misurare istante per istante il livello di rumore ed integrarlo in

funzione del tempo. Con il "livello equivalente"  $Leq$  (A) viene rappresentato il livello sonoro come se fosse costante ed avesse uguale effetto di quello variabile assorbito nell'intervallo di tempo considerato.

## POTERE FONOISOLANTE

Quando un'onda sonora impatta un setto divisorio tra due ambienti, parte dell'onda viene riflessa, parte viene assorbita e la rimanente trasmessa. Pertanto, per ottenere la riduzione della componente sonora trasmessa, la capacità fonoisolante dell'elemento di separazione deve essere incrementata.

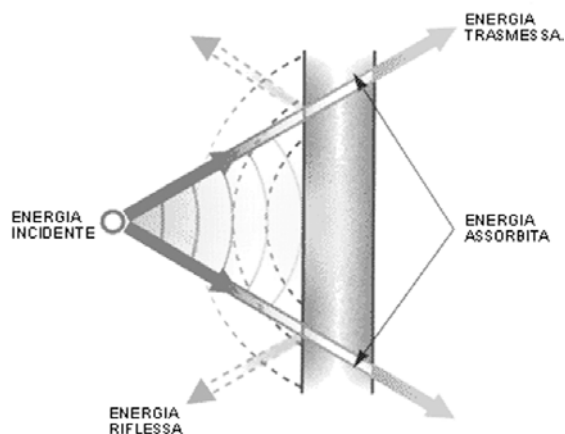
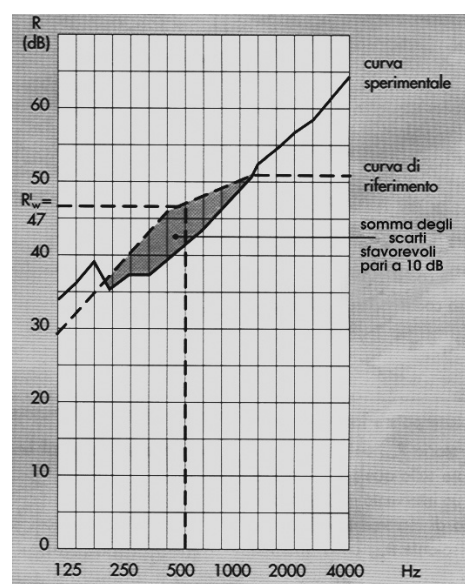


Figura: assorbimento, trasmissione e riflessione di un'onda sonora che colpisce un elemento costruttivo.

La proprietà di ostacolare la trasmissione di energia sonora di un elemento di separazione posto tra due ambienti è definita "potere fonoisolante"  $R_w$  ed è espressa in dB. Poiché il potere fonoisolante dipende dalla frequenza, per poterlo esprimere con un solo numero viene ricavata una media ponderata  $R_w$  sulle frequenze in esame, ottenendo l'"indice di valutazione ISO a 500 Hz". Nel grafico seguente viene riportato il metodo di calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$  sulla base della curva di riferimento, in corrispondenza alla frequenza di 500



Hz.

Figura: metodo di calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$  sulla base della curva di riferimento in corrispondenza alla frequenza di 500 Hz.

## PROPRIETÀ ACUSTICHE DEL SERRAMENTO

Il potere fonoisolante di una finestra dipende dalla natura del materiale che costituisce il telaio, dalla vetrata installata, dalla tecnologia di assemblaggio dei componenti, dalle guarnizioni, dalla tenuta all'aria e dal tipo di posa sulla muratura. Il profilo in PVC, con la sua struttura multicamera e per la presenza dei rinforzi metallici interni, rappresenta la risposta ideale per il raggiungimento di buoni livelli di isolamento acustico del serramento.

Un aspetto molto importante per l'ottenimento di elevate prestazioni acustiche della finestra posata riguarda l'assenza di "fori" che, se presenti, costituiscono una via di passaggio preferenziale per il suono e provocano il decadimento dell'isolamento acustico della realizzazione; è infatti sufficiente che vi sia un punto debole, cioè permeabile al rumore, perché l'intero intervento venga vanificato. E' quindi fondamentale garantire un alto livello di tenuta all'aria del serramento (classe 4) ed una tecnica di posa nel vano murario tale da assicurare la massima tenuta del giunto di connessione tra la finestra e la muratura; ogni componente (serramento, cassonetto per avvolgibili, profili di rifinitura) deve essere adeguatamente isolato per garantire un buon risultato complessivo di isolamento della facciata.

### Isolamento acustico della vetrata

La scelta del prodotto vetrario da abbinare al serramento deve essere effettuata sulla base di valutazioni progettuali specifiche, con l'obiettivo di ottenere le proprietà acustiche richieste alla finestra posata. L'applicazione dei principi base di scelta della vetrata descritti di seguito permette di raggiungere un elevato isolamento acustico del serramento.

- **Influenza della massa:** l'aumento dello spessore della vetrata porta all'incremento dell'isolamento acustico. A titolo di esempio, nell'immagine seguente è riportato il grafico dell'isolamento acustico dei vetri monolitici con spessori 4 mm ed 8 mm; il diagramma indica l'influenza positiva dell'aumento dello spessore della lastra sulle proprietà acustiche della vetrata.

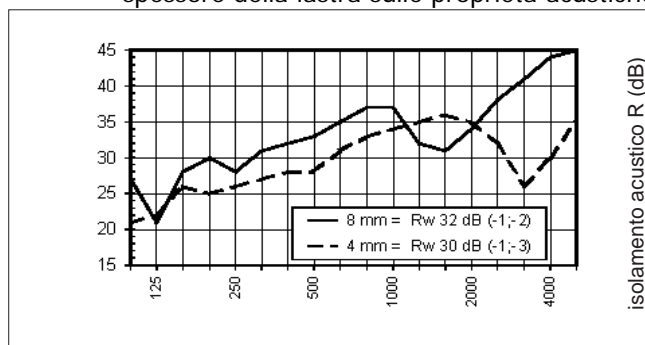


Figura: influenza dello spessore sulle proprietà acustiche della lastra di vetro.

- **Il vetro stratificato:** l'uso del vetro stratificato con laminato plastico è migliorativo rispetto al vetro singolo di uguale massa. Lo strato plastico interposto a contatto intimo tra le facce delle lastre "smorza" l'ampiezza di vibrazione, aumentando di fatto il potere fonoisolante. La ricerca nel campo della tecnologia vetraria ha portato allo sviluppo di vetrate stratificate con PVB (polivinilbutirale) acustico speciale ad alta prestazione acustica, se paragonate con le vetrate stratificate tradizionali. A titolo comparativo, nella tabella seguente vengono riportati i valori di  $R_w$  per alcuni vetri singoli e per le versioni (con la stessa massa) ottenute accoppiando con il PVB acustico due lastre dello spessore indicato..

LASTRA SEMPLICE		LASTRA STRATIFICATA CON PVB ACUSTICO		
Vetro monolitico	Rw (dB)	Vetro stratificato	Spessore totale	Rw (dB)
6 mm	31	3+3	6,38 mm	36
8 mm	32	4+4	8,38 mm	38
10 mm	33	5+5	10,38 mm	39

Tabella: raffronto tra il comportamento acustico di lastre monolitiche e lastre stratificate di uguale massa

- Il vetro-camera: l'adozione di lastre con spessori differenti (asimmetrici) migliora le proprietà acustiche del vetrocamera rispetto alla versione con struttura simmetrica. A titolo di esempio si riportano i valori di Rw per vetrate composte da lastre con spessori simmetrici comparate con la versione asimmetrica.

VETROCAMERA CON LASTRE SIMMETRICHE		VETROCAMERA CON LASTRE ASIMMETRICHE	
Composizione del vetrocamera simmetrico	Rw (dB)	Composizione del vetrocamera asimmetrico	Rw (dB)
5/15/5	32	6/15/4	36
8/15/8	34	8/15/6	37

Tabella: influenza dell'asimmetria delle lastre sul comportamento acustico del vetrocamera.

- la sostituzione di una lastra del vetrocamera con la versione stratificata di uguale massa contribuisce ad aumentarne le proprietà di isolamento acustico. Nella tabella seguente vengono riportati due esempi di vetro-camera nei quali una lastra semplice è stata sostituita da una lastra stratificata con PVB acustico.

VETRATA CON LASTRE MONOLITICHE		VETRATA CON LASTRA STRATIFICATA	
Composizione del	Rw (dB)	Composizione del	Rw (dB)
6/15/6	33	3+3/12/	38
8/15/6	37	4+4/12/	40

Tabella: influenza dell'utilizzo di una lastra stratificata sul comportamento acustico del vetrocamera

### Influenza della vetrata sul potere fonoisolante della finestra

Il legame tra il potere fonoisolante della vetrata e del serramento realizzato con essa è una funzione complessa che dipende da vari fattori: tipologia della vetrata, valore di isolamento acustico della stessa, materiale del telaio della finestra, tecnologia di costruzione, dimensione del serramento e tenuta all'aria. Per dare il riscontro pratico dell'influenza della vetrata sul potere fonoisolante della finestra, viene riportato l'indice Rw di alcuni serramenti realizzati con vetrocamera di diversa composizione.

La tabella ed il grafico seguenti contengono i valori dell'indice di valutazione Rw del serramento abbinato a vetrate con caratteristiche diverse. I dati riportati nella tabella e raffigurati nel grafico sono relativi ai risultati dei test effettuati presso l'Istituto IFT di Rosenheim e certificati dallo stesso ente.

COMPOSIZIONE DELLA VETRATA	DESCRIZIONE DEL VETROCAMERA UTILIZZATO	Spessore vetrata (mm)	Rw,p vetro (dB)	Rw,p finestra (dB)
4/15/4	Vetrocamera standard contenente aria disidratata	23	32	34
6/16/4 + SF <sub>6</sub>	Lastre asimmetriche e riempimento di gas	26	38	38
9GH/12/8 + SF <sub>6</sub>	Lastra stratificata abbinata a lastra normale con riempimento di gas	29	44	42
10.5VSG/15/8.5VSG + SF <sub>6</sub>	Lastre stratificate e riempimento di gas	34	51	46

Tabella: isolamento acustico del sistema a giunto aperto System MD abbinato a vetrate con caratteristiche varie.

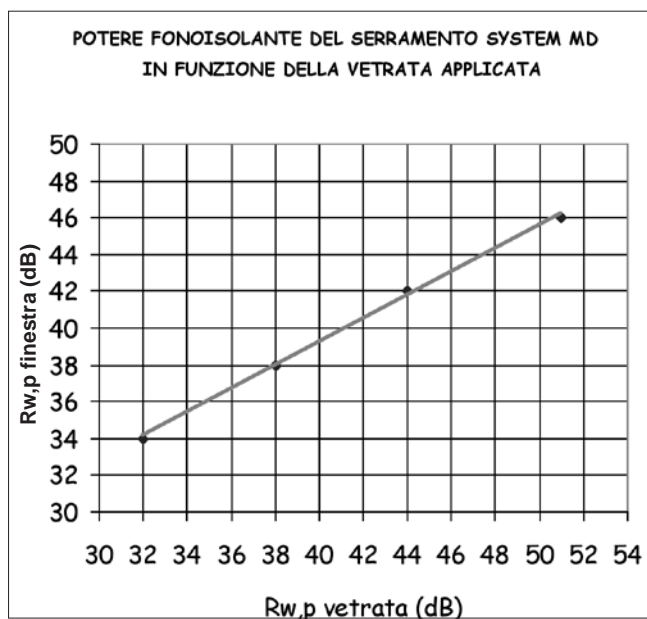


Figura: andamento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$  del serramento System MD al variare delle proprietà della vetrata installata secondo la tabella precedente.

## **2. PROPRIETA' DELLA VETRAZIONE**

### **PREMESSA**

Le scelte funzionali, dimensionali ed estetiche sono state fatte tenendo presenti i seguenti requisiti:

- a) Strutturali e di sicurezza
- b) Riduzione dei consumi energetici:
  - riscaldamento;
  - condizionamento;
  - illuminazione;
  - ventilazione.
- c) Maggior comfort:
  - termico;
  - periodo estivo,
  - periodo invernale,
  - visivo;
  - acustico.
- d) Aspetto estetico:
  - trasparenza;
  - "relazione" con l'esterno;
  - ottimale uso della superficie.
- e) Altri criteri:
  - durabilità;
  - manutenzione;
  - eco-compatibilità;
  - ecc.

### **DEFINIZIONI**

- Coating: rivestimento superficiale applicato sulle lastre con funzioni di controllo energetico, nel documento chiamato anche deposito;
- Dichiarazione di Prestazione (DoP): Dichiarazione delle caratteristiche prestazionali, documento obbligatoriamente emesso dal produttore delle vetrate, ai sensi del Regolamento (UE) N. 305/2011;
- Intercalare: polimero plastico in fogli o resina, interposto tra le lastre per la produzione del vetro stratificato di sicurezza;
- NTC: Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni, ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008;
- Progettista: tecnico o gruppo di tecnici incaricati della progettazione dell'opera, così come definita dal D. Lgs. 163/2006 e dal D.P.R. 207/2010;
- Progettista del kit: tecnico incaricato della progettazione di uno specifico insieme di elementi (es. progetto del serramento);
- Progettista della vetrata: tecnico incaricato della progettazione riferita ad uno specifico prodotto (es. progetto di una vetrata per un'applicazione specifica);
- Lastra asimmetrica: lastra stratificata composta da due o più vetri di diverso spessore e/o tipologia disposti in modo non simmetrico;
- Vetrata isolante asimmetrica: vetrata isolante composta da lastre esterne di diverso spessore, tipologia e/o composizione.

## SICUREZZA

### IL VETRO E LA SICUREZZA

La sicurezza può essere definita come la "consapevolezza che l'evoluzione di un sistema non produrrà stati indesiderati". In termini più semplici, significa sapere che le nostre azioni e le conseguenze di determinati incidenti non provocheranno danni né a persone né a cose.

Attualmente il termine sicurezza e il concetto di incidente non sempre vengono posti in relazione. Dovrebbe essere invece ben chiaro che una delle cause principali che portano al verificarsi di un incidente dannoso è il mancato rispetto delle norme di sicurezza e che questo può (e deve) essere previsto e prevenuto adottando soluzioni costruttive adeguate.

La sicurezza - in generale - si ha in assenza di pericoli: un concetto difficilmente traducibile nella vita reale; il rispetto delle norme di sicurezza, però, rende più difficile il verificarsi sia di eventi dannosi che di incidenti e si traduce, sempre, in una migliore qualità della vita.

Il concetto di sicurezza deve essere quindi inteso nell'accezione più ampia del termine, includendo sia la sicurezza antinfortunistica (volta a ridurre il rischio di lesioni) che la sicurezza intesa come protezione da atti vandalici e/o tentativi di effrazione.

### I VETRI DI SICUREZZA

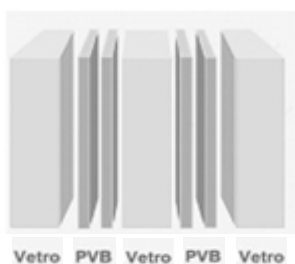
Si definiscono vetri di sicurezza le tipologie di vetro le cui caratteristiche di rottura sono state modificate tramite lavorazioni di trasformazione, conferendo loro le "modalità di rottura sicura".

Secondo le normative vigenti, la modalità di rottura può essere considerata sicura se la lastra di vetro si rompe in modo tale da ridurre al minimo il rischio di danni a persone o cose, cioè da non poter provocare lesioni significative. Sulla base del comportamento alla rottura sono considerati vetri di sicurezza i vetri stratificati di sicurezza e i vetri temprati di sicurezza che corrispondono ai requisiti delle rispettive norme di prodotto.

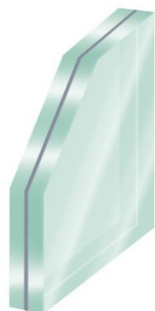
#### Il vetro stratificato di sicurezza

Si definisce vetro stratificato (UNI EN 12543-1) il vetro composto da almeno due lastre, tenute solidali da uno o più fogli di intercalare<sup>1</sup> (materiale plastico), generalmente PVB (polivinilbutirrale).

Variando il numero delle lastre e degli strati di materiale plastico, si ottengono prodotti diversi in grado di coprire una vasta gamma di livelli di sicurezza e protezione. Nel vetro stratificato di sicurezza (UNI EN 12543-2), in caso di rottura, l'intercalare serve a trattenere i frammenti di vetro e offrire resistenza residua, limitando le dimensioni dell'apertura e riducendo il rischio di ferite da taglio e, in particolari applicazioni, anche quello di caduta nel vuoto.



Schema di assemblaggio



lastra stratificata di sicurezza



rottura di una lastra stratificata di

sicurezza, con vetri temperati

### Il vetro stratificato acustico di sicurezza

Il vetro stratificato di sicurezza composto con intercalari plastici specifici risponde in modo ottimale anche alle prestazioni richieste in materia di isolamento acustico.

### Il vetro temprato di sicurezza

Si definisce vetro temprato di sicurezza la lastra sottoposta ad uno specifico trattamento termico che ne aumenta le caratteristiche di resistenza, meccanica e termica, e ne caratterizza la modalità di rottura.

Il vetro temprato di sicurezza, le cui caratteristiche di frammentazione sono definite dalla norma UNI EN 12150-1, si rompe in numerosi frammenti con bordi generalmente arrotondati e di ridotte dimensioni e deve essere marcato in modo permanente, recando il numero di questa norma.



Schema lastra monolitica



Lastra temprata rotta

La eventuale presenza di tracce di solfuro di nichel, che non sono individuabili a occhio nudo, può generare la rottura delle lastre temprate termicamente. Tale rischio viene drasticamente ridotto sottoponendo i vetri temprati di sicurezza al trattamento HST (Heat Soak Test - UNI EN 14179-1 e -2).

In caso di vetro sottoposto ad HST, la Dichiarazione di Prestazione<sup>2</sup> dovrà recare il numero di questa norma, numero che dovrà essere riportato in modo permanente anche sul vetro stesso.

### LA NORMA UNI 7697:2015

La norma UNI 7697:2015 - Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie, la cui ultima versione, a seguito di un puntuale processo di revisione e aggiornamento, è in vigore dal febbraio 2015, stabilisce i criteri di scelta dei vetri in funzione della destinazione d'uso, al fine di garantire i requisiti minimi di sicurezza, indicando le tipologie ammesse nelle varie applicazioni e costituendo un riferimento nei rapporti tra i vari soggetti ed operatori coinvolti.

In essa sono infatti contenuti tutti i riferimenti agli standard prestazionali in vigore relativamente alle applicazioni vetrarie considerate; inoltre, nella prima parte, contiene una lista di definizioni relative a tutti quei tipi di vetro che, in appropriati spessori e dimensioni, possono offrire garanzie di sicurezza sufficienti nelle situazioni d'uso previste.

### Scopo e campo di applicazione

La norma esamina le vetrate in funzione del contesto in cui sono collocate, della funzione, del posizionamento, del tipo di montaggio e della possibilità di contatto con le persone; in funzione di tutto questo, prescrive il tipo ed il livello prestazionale delle lastre utilizzabili.

Al fine di orientare verso la scelta del vetro di sicurezza più idoneo, la norma considera diversi tipi di azioni/sollecitazioni che si presume possano agire sulla vetrata installata.

Tra queste, particolare attenzione verrà rivolta agli urti dovuti all'impatto di una persona (UNI EN 12600) e agli urti



di pietre, colpi di mazza e/o di ascia, dovuti ad atti vandalici o tentativi di effrazione (UNI EN 356).

La prescrizione normativa è fatta tenendo conto delle sollecitazioni prevedibili e dei rischi che eventuali rotture possono provocare alla comunità, a persone e a cose.

### **Criteri di scelta delle lastre da impiegare**

La norma individua i casi in cui si presentano potenziali pericoli, per i quali prescrive l'uso di specifiche tipologie di vetri di sicurezza indicandone la classe prestazionale minima. In tutti i casi che presentano un potenziale pericolo si dovranno installare sempre vetri di sicurezza, sulla base delle indicazioni riportate.

Nel caso in cui l'urto sulla vetrata isolante sia prevedibile solo da un lato, il vetro di sicurezza deve essere installato sul lato del possibile impatto durante l'impiego; in fase progettuale, comunque, dovranno essere tenute in considerazione le conseguenze della rottura di entrambe le lastre e su questa base decidere quale vetro utilizzare per ogni lato.

Va anche evitato il problema della caduta di frammenti che si verifica in caso di rottura del vetro temprato termicamente; la norma, in funzione del tipo di montaggio e della posizione delle lastre, indica quando un prodotto temprato debba essere sottoposto al trattamento HST.

### **Osservazioni sui Prospetti 1 e 2 della norma UNI 7697**

La norma si avvale di due Prospetti per indicare quali tipologie di vetro siano ammissibili nelle diverse applicazioni elencate.

Nei Prospetti è indicato anche quando la funzione delle lastre debba essere assicurata anche in caso di rottura del vetro; in questi casi viene prescritta una particolare composizione del vetro stratificato di sicurezza. Per i casi di particolare criticità è consigliata la verifica in condizioni reali.

Nella vetrata isolante, che costituisce il prodotto vetrario standard poiché è in grado di soddisfare le prestazioni energetiche e luminose richieste dalla normativa, la lastra interna deve essere di sicurezza per rispondere ai requisiti introdotti dalla UNI 7697.

Tra le principali modifiche introdotte nell'edizione 2015 della norma, evidenziamo quella relativa ai vetri temprati HST posti in facciata ad altezza maggiore di 4 m dal piano di calpestio.

L'adozione dei tipi di lastra da impiegare, prescritti nei Prospetti 1 e 2 della norma, è vincolante, a meno che il rischio di danno connesso a quella particolare applicazione sia stato eliminato con provvedimenti o protezioni adeguati.

Per una corretta progettazione delle vetrate, si devono considerare le condizioni di posa, la tipologia di applicazione e la destinazione d'uso, le caratteristiche geometriche, il tipo di fissaggio e i carichi agenti.

È bene inoltre ricordare che la scelta del vetro di sicurezza e la relativa applicazione non esimono il progettista del kit o del vetro dall'eseguirne il dimensionamento.

Il calcolo dello spessore della vetrata, la cui tipologia di vetro è stabilita in accordo con le indicazioni fornite dalla norma UNI 7697, infatti, rappresenta parte integrante della valutazione e va eseguito secondo quanto prescritto dalle norme di riferimento vigenti (UNI/TR 11463 e prEN 16612:2013).

Non si esclude anche il ricorso a verifica sperimentale; in questo caso la norma raccomanda di rivolgersi a

laboratori notificati ai sensi del Regolamento (UE) N. 305/2011 (come ad esempio la Stazione Sperimentale del Vetro, [www.spevetro.it](http://www.spevetro.it)), in grado di garantire che le prove riproducano con sufficiente approssimazione le azioni che si vogliono simulare e per le quali si intende dimensionare il vetro.

### **COME RICONOSCERE UN VETRO DI SICUREZZA**

Il vetro deve essere fornito corredato di marcatura CE e deve essere resa disponibile la Dichiarazione di Prestazione (DoP, vedi Capitolo 11) che ne specifica le caratteristiche prestazionali.

### **RESISTENZA MECCANICA**

Il vetro è un solido amorfo che, per la sua composizione fisico chimica, è caratterizzato da un comportamento elastico fino al raggiungimento della rottura. A differenza dei materiali comunemente utilizzati nel settore delle costruzioni, il vetro non è in grado di attuare una redistribuzione plastica delle tensioni; ne deriva che il collasso del vetro avviene prevalentemente a partire dai punti più sollecitati, o dove siano presenti microcricche o difetti, quali, ad esempio, potrebbero essere bordi e spigoli. Il suo comportamento fragile ne condiziona le modalità di utilizzo, per le quali è necessaria una piena conoscenza dei parametri meccanici e termici che lo caratterizzano: nella tabella di seguito riportata sono richiamati i principali parametri di interesse.

Tabella 1 [Fonte: UNI EN 572-1]

<b>Proprietà</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Valore</b>
Densità (a 18°C)	$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	2500
Durezza (Knoop)	HK <sub>0,1/20</sub>	Gpa	6
Modulo di Young (modulo di elasticità)	E	[MPa]	70000
Coefficiente di Poisson	$\mu$	[-]	0.2
Resistenza a flessione caratteristica	$f_{g,k}$	[MPa]	45
Capacità termica specifica	C	[J/(kg K)]	720
Coefficiente medio di espansione lineare tra 20° e 300° C	$\alpha$	[1/ K]	$9 \times 10^{-6}$
Resistenza contro il differenziale di temperatura e la variazione improvvisa di temperatura		[K]	40 <sup>(1)</sup>
Conduttività termica	$\lambda$	[W/(m K)]	1
Indice di rifrazione medio alle radiazioni visibili (da 380 nm a 780 nm]	N	[-]	1.5
Emissività (corretta)	$\epsilon$	[-]	0.837
(1) Valore generalmente accettato che è influenzato dalla qualità del bordo e dal tipo di vetro			

### **LE AZIONI E I CARICHI**

In accordo col Capitolo 3 delle Norme Tecniche delle Costruzioni, relativo alle Opere Civili e Industriali, per gli elementi in vetro oltre a considerare il peso proprio e i carichi variabili legati alla destinazione d'uso dell'opera,

bisogna valutare le azioni del vento e della neve su essi insistenti.

### **Carichi variabili**

Comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera e sono riportati nella Tab. Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici.

### **Carichi verticali uniformemente distribuiti**

Sono indicati con  $q_k$  [kN/m<sup>2</sup>] all'interno delle NTC.

### **Carichi verticali concentrati**

Indicati con  $Q_k$  [kN] all'interno delle NTC, sono da utilizzare per verifiche locali distinte e non vanno sovrapposti ai corrispondenti carichi verticali ripartiti.

### **Carichi orizzontali lineari**

Indicati con  $H_k$  [kN/m] all'interno delle NTC, devono essere utilizzati per verifiche locali e non si sommano ai carichi utilizzati nelle verifiche dell'edificio nel suo insieme e devono essere applicati:

- alla quota di 1.20 m dal piano di calpestio: per pareti;
- alla quota del bordo superiore: per parapetti o mancorrenti.

### **Azioni del vento**

La velocità di riferimento  $v_b$  è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni. Da essa dipendono la pressione sulle facce dell'edificio perpendicolari alla direzione del vento e l'azione tangenziale del vento, esercitata sulle facce, invece, ad esso parallele.

$$v_b = v_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a(a_s - a_0) \text{ per } a_0 < a_s < 1500 \text{ m}$$

dove:

$v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_a$  sono parametri forniti all'interno delle NTC e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame;

$a_s$  è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

La Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, emanata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, fornisce, inoltre, il metodo di calcolo della velocità di riferimento riferita ad un generico periodo di ritorno.

### **Pressione del vento**

La velocità di riferimento è necessaria per poter procedere al calcolo della pressione del vento, data dall'espressione:

$$p_f = q_b \times C_e \times C_p \times C_d$$

dove:

$q_b$  è la pressione cinetica di riferimento, ed è proporzionale a  $v_b$ ;  $c_e$  è il coefficiente di esposizione;

$c_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

$c_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

### **Azione tangenziale del vento**

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_b \times C_e \times C_f$$

dove:

$q_b$ ,  $c_e$  sono definiti nell'espressione precedente;

$c_f$  è il coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento o, in assenza di più precise valutazioni, dalla Circolare 617.

### **Particolari precauzioni progettuali**

Ulteriori precauzioni progettuali, quali effetti torsionali, distacco di vortici e fenomeni di natura aeroelastica, sono oggetto di approfondimento all'interno delle NTC.

### **Azioni della neve**

#### **Carico neve**

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \times q_{sk} \times C_e \times C_t$$

dove:

$q_s$  è il carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, attraverso il quale si tiene anche conto delle combinazioni di carico di neve e vento ed eventualmente di fenomeni più complessi, quali effetti locali dovuti a sporgenze, neve aggettante rispetto il bordo o barriere paraneve;

$q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [ $\text{kN/m}^2$ ], per un periodo di ritorno di 50 anni;

$C_e$  è il coefficiente di esposizione;  $C_t$  è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

#### **Carico neve sulle coperture**

Devono essere considerate le due seguenti principali disposizioni di carico, da cui il suddetto coefficiente di forma

della copertura  $\mu_i$ :

- carico da neve depositata in assenza di vento;
- carico da neve depositata in presenza di vento.

## **PRESTAZIONI LUMINOSE**

Il flusso luminoso che colpisce una vetrata si divide in 2 componenti:

- la quantità di luce visibile che attraversa il vetro;
- la quantità che viene riflessa dalla vetrata.

Se rapportate al flusso luminoso incidente, da tali quantità si ottengono rispettivamente i rapporti di:

- a) trasmissione luminosa;
- b) riflessione luminosa;

Essi dipendono dallo spessore e dalla colorazione della vetrata, nonché, eventualmente, dalle sostanze che costituiscono i depositi superficiali.

La trasmissione luminosa (TL) è, quindi, una caratteristica specifica del materiale, funzionale ad ottenere l'opportuno livello di comfort visivo all'interno degli edifici e deve essere quindi prevista nelle caratteristiche prestazionali di progetto.

E' un valore fornito dal produttore ed è misurato in conformità alla norma EN 410.

La corretta illuminazione, disciplinata dalle disposizioni sanitarie per gli ambienti di vita e di lavoro, è in grado di garantire comfort ed economie energetiche e rappresenta, in genere, un parametro critico quando si intendano realizzare ambienti pubblici, uffici, scuole, negozi, ecc.

I produttori sono in grado di garantire anche altri parametri, anch'essi molto importanti per una corretta progettazione, quali i valori di riflessione interna ed esterna, l'indice di fedeltà del colore, ecc.

## **COME VERIFICARE LE CARATTERISTICHE DI TRASMISSIONE LUMINOSA DELLA FORNITURA**

Il vetro deve essere fornito corredato di marcatura CE e deve essere resa disponibile la Dichiarazione di Prestazione (DoP) che ne specifica le caratteristiche prestazionali.

## **TECNOLOGIE DISPONIBILI**

La condizione essenziale perché le vetrate possano garantire l'isolamento termico degli edifici è che si impieghino vetrate isolanti con caratteristiche prestazionali adeguate. Gli sviluppi tecnologici hanno consentito di ottenere livelli di isolamento termico sempre più elevati, grazie all'applicazione sulle lastre di vetro di coating bassoemissivi e/o a controllo solare che sono applicati sulle lastre tramite sofisticati processi a caldo (pirolitico) o a freddo (magnetronico).

La trasmittanza termica complessiva del serramento è funzione della trasmittanza termica della vetrata  $U_g$ , della trasmittanza del telaio  $U_f$  e tiene anche conto delle caratteristiche del canalino distanziatore.

Il valore di trasmittanza termica  $U_g$  è fornito direttamente dal produttore, che lo calcola secondo la norma UNI EN 673, ed incide in modo rilevante sul bilancio energetico invernale dell'edificio. La gamma prestazionale dei vetri è molto ampia: il valore di trasmittanza termica è compreso tra  $U_g = 5.8 \text{ W/m}^2\text{K}$  per il vetro singolo e  $U_g = 1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$  per vetrate isolanti a singola intercapedine ad alte prestazioni, quale il 4-16-4 bassoemissivo con argon.

Vetrature isolanti a doppia intercapedine (tripli vetri) raggiungono valori di trasmittanza termica fino a 0.5 W/m<sup>2</sup>K.

La tecnologia dei depositi sulle superfici delle lastre permette anche di filtrare la radiazione solare, riducendo il surriscaldamento degli ambienti e facendo risparmiare l'energia per il raffrescamento.

Le vetrate composte da vetro chiaro semplice sono quasi trasparenti rispetto alla radiazione solare. Depositi superficiali del tipo a controllo solare sono invece in grado di schermare la radiazione infrarossa e, grazie ad essi, i prodotti vetrari svolgono anche la funzione di schermo e/o filtro solare.

Il parametro che esprime, in maniera adimensionale o in %, la quantità di calore che oltrepassa la vetratura è il fattore solare g, (talvolta chiamato anche FS); più basso è il fattore solare, minore è la quantità di energia solare che attraversa la vetratura, e da questo deriva un netto miglioramento nel bilancio energetico estivo dell'edificio. Il valore di questo parametro può variare moltissimo, oscillando da un minimo di 0.1 ad un massimo di 0.9 (10% - 90%).

A partire dal fattore solare g del vetro, e mediante la conoscenza delle caratteristiche prestazionali delle componenti opache che costituiscono il serramento, il progettista è in grado di calcolare il fattore solare totale g<sub>gl</sub>+sh della finestra, necessario per le verifiche previste dal Decreto 2015 "Requisiti minimi degli edifici".

I prodotti vetrari immessi sul mercato devono essere corredati di marcatura CE e le loro caratteristiche prestazionali e di durabilità sono garantite dal produttore, che si assume la responsabilità della loro conformità alla Dichiarazione di Prestazione. Se poi sono marchiati anche CSICERT UNI, ciò significa che sono stati sottoposti ad un controllo ulteriore, più efficace e severo, e che in tale procedura interviene anche un ente esterno sulla base di Regolamenti CSI specifici di prodotto.

Nei casi di ristrutturazione importante di secondo livello e di riqualificazione energetica e per tutte le categorie di edifici, ad eccezione della categoria E.8 (edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili), il Decreto 2015 stabilisce che il valore massimo della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti nel suo complesso, comprensive di vetro e infissi, nonché dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione, debba rispettare la seguente tabella.

<b>ZONA CLIMATICA</b>	<b>TRASMITTANZA DEL SERRAMENTO DAL 1° LUGLIO 2015 U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>TRASMITTANZA DEL SERRAMENTO DAL 1° GENNAIO 2021 U (W/m<sup>2</sup>K)</b>
A e B	3.2	3.0
C	2.4	2.0
D	2.1	1.8
E	1.9	1.4
F	1.7	1.0

Tabella- Valori limite della trasmittanza termica U del serramento per i casi di ristrutturazione energetica di secondo livello e di riqualificazione energetica

In caso di interventi di riqualificazione energetica dell'involucro opaco con isolamento termico dall'interno o in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, i valori delle trasmittanze, tra cui anche quella del serramento, sono incrementati del 30%.

## L'isolamento termico del vetro

Il valore di trasmittanza termica U, proprio di ciascun tipo di prodotto vetrario, disciplinato dalla EN 673, è il valore, fornito direttamente dal produttore, che definisce il livello di isolamento termico del vetro e ne indica l'efficacia.

Le prestazioni di termoisolamento sono determinate dalla composizione e dalle caratteristiche delle vetrate isolanti (disciplinate dalle norme EN 1279, 1-6).

I vetri bassoemissivi assemblati in vetrata isolante garantiscono, di fatto, prestazioni di isolamento termico sei volte più elevate di un vetro singolo, con evidente abbattimento dei costi di riscaldamento e delle emissioni di CO<sub>2</sub> nell'ambiente.

Gli effetti sono positivi su tutto il territorio italiano, sebbene il parametro diventi, chiaramente, critico ed economicamente sempre più motivante passando dalla zona A (estremo sud) alle zone più fredde.

## RAFFRESCAMENTO

### Sistemi schermanti esterni o filtranti

Per la trasmittanza di energia solare totale della finestra per componenti finestrati, il Decreto 2015 utilizza il fattore di trasmissione globale di energia solare  $g_{gl+sh}$  che tiene conto sia del ruolo del vetro, sia di eventuali schermature mobili applicate in modo solidale con l'involucro edilizio e non liberamente montabili e smontabili dall'utente [Fonte: UNI/TS 11300-1].

#### Edifici di nuova costruzione o soggetti a ristrutturazioni importanti di primo livello

Bisogna considerare l'area solare estiva  $A_{sol,est}$  che tiene conto non solo del vetro e delle schermature, ma anche dell'ombreggiatura offerta da ostruzioni esterne ed aggetti, orizzontali e verticali, nonché della latitudine in cui è inserito l'edificio in esame. Il Decreto 2015 impone, infatti, che il **rapporto tra l'area solare estiva e l'area della superficie utile**  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$  sia inferiore ai valori riportati nella seguente tabella .

Tabella - Valore massimo ammissibile del rapporto tra area solare equivalente estiva dei componenti finestrati e l'area della superficie utile  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

Categoria dell'edificio	Tutte le zone climatiche
Categoria E.1 fatta eccezione per collegi, conventi, case di pena, caserme nonché per la categoria E.1(3)	$\leq 0.030$
Tutti gli altri edifici	$\leq 0.040$

### Edifici soggetti a ristrutturazioni importanti di secondo livello o a riqualificazione energetica

Il Decreto 2015 prescrive che, per le chiusure tecniche trasparenti verso l'esterno con orientamento da Est a Ovest, passando per il Sud, il valore del fattore di trasmissione globale di energia solare  $g_{gl+sh}$  debba essere inferiore, indipendentemente dalla zona climatica, a  $g_{gl+sh} \leq 0.35$ .

### Gli apporti solari attraverso il vetro

Il fattore solare g, specifico di ciascun tipo di prodotto vetrario, viene fornito dai fabbricanti ed indica la percentuale di energia termica che entra attraverso il vetro, rispetto al totale di quella incidente.

Il fattore solare è un parametro determinante nella progettazione orientata al risparmio energetico, soprattutto

quando gli ambienti presentano ampie superfici vetrate. Esso ha un'importanza molto rilevante nella determinazione del bilancio energetico complessivo dell'edificio, infatti gli apporti solari gratuiti riducono il fabbisogno energetico per il riscaldamento, ma possono essere controproducenti per il consumo estivo.

Come detto in precedenza, per ottenere un basso fattore solare  $g$ , si utilizzano vetri con deposito metallico o vetri colorati, ma questo può avere l'effetto collaterale di ridurre la trasmissione luminosa.

Attraverso il valore del fattore solare del vetro, fornito dal vetraio all'interno della Dichiarazione di Prestazione (DoP), e conoscendo le caratteristiche prestazionali delle altre componenti opache che costituiscono il serramento, è possibile calcolare il fattore solare totale della chiusura trasparente  $g_{gl}+sh$ .

## **ASSORBIMENTO ENERGETICO E STRESS TERMICO**

### **FONDAMENTI DELLA SOLLECITAZIONE TERMICA**

Il vetro viene definito generalmente come un materiale fragile, la cui rottura avviene, senza segnali premonitori, al superamento dei suoi limiti caratteristici. Questo accade quando carichi che possono avere origine differente (meccanica, termica, ecc.) raggiungono un determinato valore critico. Spesso le sollecitazioni termiche sono di difficile quantificazione. Un riscaldamento omogeneo del vetro non rappresenta di regola alcun problema, ma la presenza di un carico termico non omogeneo genera tensioni tali che possono condurre a rottura.

Come la maggior parte dei materiali, anche il vetro è soggetto al fenomeno della dilatazione termica, che avviene, com'è noto, a seguito di una variazione di temperatura. Se accade che due zone della stessa lastra raggiungono temperature molto diverse tra loro, la zona a temperatura superiore tende a dilatarsi mentre l'altra, a temperatura inferiore, oppone resistenza alla dilatazione. Questo causa la genesi di sforzi di trazione nella parte più fredda della lastra che possono portare alla rottura.

Va detto che l'intensità delle sollecitazioni di natura termica può essere molto diversa a seconda non solo dello stato termico del componente, ovvero delle differenze di temperature tra varie zone della lastra di vetro, ma anche a seconda della tipologia e della geometria della vetrata (forma e dimensioni, spessore, presenza di intercalare o di rivestimenti, vetrata isolante, struttura di sostegno o di supporto, ecc.). Tutto ciò va visto in relazione anche ai fattori esterni ed allo stato tensionale conseguente; è infatti evidente che con le dimensioni e la tipologia della vetrata (vetro stratificato, vetro isolante, ecc.) cambiano non solo la conducibilità termica, l'emissività, l'assorbimento energetico, ecc., ma anche le caratteristiche di resistenza alle sollecitazioni. In generale si può dire che laddove si possono generare più elevati gradienti termici, maggiore è il rischio di arrivare alla rottura.

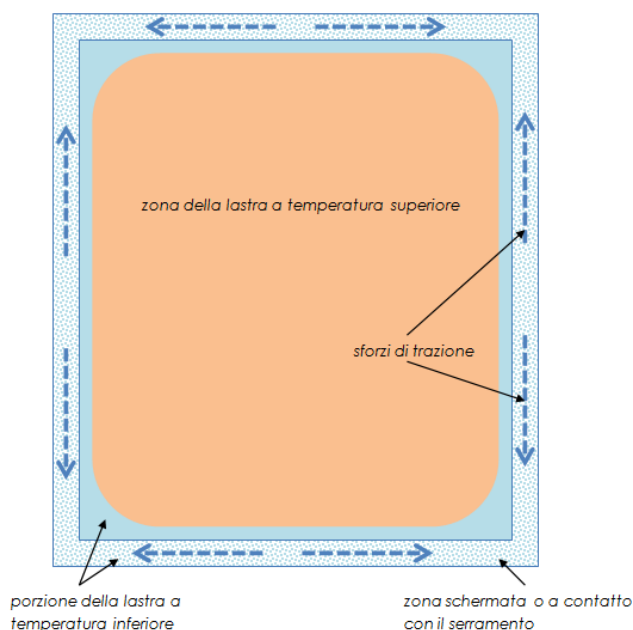
Per esempio, infatti, in una lastra normalmente intelaiata sul perimetro, la porzione di vetro esposta alla radiazione solare diretta assorbe calore e, di conseguenza, aumenta la sua temperatura, mentre la parte intelaiata resta ad una temperatura inferiore in quanto viene schermata.

Per prevenire questi effetti, le norme forniscono indicazioni circa la resistenza al differenziale di temperatura di ciascuna tipologia di vetro [UNI EN 572-1 per il vetro ricotto, UNI EN 1863-1 per il vetro indurito termicamente e UNI EN 12150-1 per i vetri temprati termicamente].

La frattura conseguente a sollecitazioni termiche è ben identificabile in quanto ha origine dal bordo del vetro e si genera ortogonalmente a questo ( $90^\circ$  attraverso lo spessore e  $90^\circ$  rispetto alla direzione del bordo - vedi figura sottostante).

L'andamento della frattura può variare in funzione dell'intensità delle tensioni termiche; può fermarsi a poca distanza dal bordo, serpeggiare al confine tra zona calda e zona fredda o dirigersi verso il centro della lastra.





*Esempio di una sollecitazione termica in una lastra di vetro*

Nel caso in cui il bordo del vetro presenti difettosità variamente causate o sopravvenute, l'innescò di tali rotture può avvenire anche con gradienti di temperatura relativamente bassi. Un'ulteriore causa di rottura è la concentrazione di calore riconducibile a corpi posizionati, anche temporaneamente, nelle immediate vicinanze del vetro.

### **Valutazione del carico termico**

Radiazione solare: esposizione e intensità della radiazione solare incidente L'intensità della radiazione solare incidente dipende dalla posizione geografica dell'edificio (latitudine, altitudine, zona urbana o non), dall'orientamento della facciata (Nord, Sud, Est, Ovest), dalla stagione e dall'ora di esposizione, oltre che da altri fattori come la nuvolosità, l'inquinamento atmosferico, la riflessione del terreno o di altre strutture adiacenti.

#### *Inclinazione della facciata*

Tanto più la superficie vetrata risulta inclinata (fino all'orizzontale) e tanto più l'incidenza della radiazione su questa aumenta, maggiore è l'energia che viene accumulata nella vetrata stessa e di conseguenza la temperatura che questa raggiunge.

*Valore di assorbimento energetico da parte del vetro isolante, presenza di trattamenti superficiali (coating, smaltature, serigrafie, ecc.)*

Le sollecitazioni termiche tendono a crearsi in particolare nei vetri ad assorbimento energetico elevato, quali vetri colorati in massa o rivestiti con coating.

L'utilizzo di vetro a basso assorbimento energetico, quale il vetro extrachiaro a basso contenuto di ferro, riduce i rischi di rotture per sollecitazioni di natura termica.

Nel caso dei vetri dotati di armatura metallica l'accoppiamento dei due materiali (vetro e metallo) con coefficienti di dilatazione diversi può indurre localmente carichi tensionali aggiuntivi e aumentare il rischio di rottura.

*Rivestimenti (film, pellicole adesive, vernici, ecc.)*

Il rivestimento dei vetri con pellicola adesiva (ma anche con vernice) può dare origine a sollecitazioni termiche, in particolare nel caso di colori scuri. La probabilità di rottura aumenta e di questo fatto occorre tenere conto in sede di progettazione.

*Variazione della temperatura esterna, ombre proiettate sul vetro (da frangisole, parti di edificio, ecc.)*

L'intensità e la variazione della radiazione dipendono dalla stagione e dall'ora di esposizione, oltre che da altri fattori, quali quelli meteorologici, strutture adiacenti, ecc. Al mattino, in presenza di temperature dell'aria esterna basse e di irraggiamento solare, accade che il bordo della vetrata, inserito nella scanalatura del telaio, rimanga ad una temperatura più bassa rispetto al centro della lastra irraggiata.

Allo stesso modo, si generano sollecitazioni termiche quando il vetro risulta parzialmente ombreggiato, ad esempio da un albero, da altri edifici, da pilastri, o da dispositivi oscuranti esterni. La superficie ombreggiata può presentare una temperatura significativamente inferiore rispetto alla zona esposta alla radiazione solare diretta.

*Precauzioni per applicazioni in climi freddi*

In climi freddi è possibile che, durante la notte, avvengano rotture per sollecitazione termica nella lastra posizionata all'interno, a diretto contatto con l'ambiente riscaldato.

Le basse temperature esterne raffreddano i telai e di conseguenza il bordo del vetro, mentre la parte centrale del vetro mantiene una temperatura più calda.

Questo rischio può essere limitato utilizzando materiali a bassa conducibilità termica per il serramento e per il profilo distanziatore tra le lastre.

*Impiego di vetrate isolanti triple*

Nelle vetrate isolanti triple (doppia camera), specie se composte con più lastre rivestite con coating, si realizzano condizioni di sollecitazione termica particolarmente elevata.

Laddove le specifiche progettuali richiedano l'impiego di vetrate isolanti triple, per prevenire il rischio di rotture della lastra centrale è opportuno, in sede di progettazione, valutare la necessità di eventuali lavorazioni aggiuntive, come un'accurata molatura dei bordi o il trattamento termico.

In certi casi l'utilizzo di vetro extrachiaro a basso contenuto di ferro può essere sufficiente a ridurre il rischio.

*Tipo di telaio*

La tipologia e le caratteristiche termiche del telaio e del distanziatore condizionano direttamente la temperatura del bordo del vetro e possono così influenzare il rischio di rottura per sollecitazioni di natura termica. Telai ad elevata inerzia termica accentuano i gradienti termici creando condizioni di maggiore sollecitazione termica.

*Riscaldamento localizzato (radiatori, tubi radianti ad alta temperatura, ecc.), variazione della temperatura interna dell'abitazione (fancoils o surriscaldamenti localizzati), oggetti o strutture che trattengono o riflettono il calore sul vetro (tende, veneziane, ostruzioni retrostanti, ecc.)*

In linea generale è necessario evitare l'accumulo di calore nell'ambiente interno in prossimità delle vetrate. Anche la presenza di oggetti adiacenti al vetro può provocare un riscaldamento disomogeneo della lastra e la conseguente rottura. La superficie libera del vetro deve essere esposta al clima interno in maniera omogenea. Nel caso in cui sia stata prevista, in sede di progettazione, una protezione schermante interna, questa dovrà essere installata a sufficiente distanza dalla lastra di vetro, per consentire una idonea circolazione d'aria.

Corpi riscaldanti come i termosifoni o i ventilconvettori possono rappresentare una ulteriore causa di riscaldamento disomogeneo della superficie vetrata, e devono pertanto essere posizionati ad un'adeguata distanza dal vetro. Nel caso in cui venga utilizzato un vetro trattato termicamente, tale distanza può essere tuttavia ridotta.

*Precauzioni nel caso di carichi termici elevati – differenziali termici*

Poiché sono previste situazioni di carico termico dovuto a variazioni improvvise di temperatura o a elevati differenziali di temperatura sulla stessa lastra, al fine di ridurre il rischio di rotture, si è ricorso a lavorazioni supplementari del bordo delle lastre (molatura) e all'impiego di vetro extrachiario.

## ISOLAMENTO ACUSTICO

Le caratteristiche di fonoisolamento dei prodotti vetrari, indicate dalle norme EN 12758 ed EN 717, sono fornite dai produttori a seguito di test eseguiti in laboratori specializzati, su pannelli di dimensioni normate.

Non va dimenticato che le effettive prestazioni dei vetri possono variare sensibilmente in considerazione delle diverse dimensioni di impiego e soprattutto delle modalità di posa in opera.

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997, attuativo della Legge quadro n. 447 del 26 ottobre 1995, fissa i requisiti di fonoisolamento relativi all'involucro, assegnando ad ogni tipologia di edificio il corrispondente valore di  $D_{2m,nT,w}$  (isolamento acustico standardizzato di facciata); il range di abbattimento del livello sonoro di cui sopra è compreso tra 40 dB e 48 dB.

A seconda della composizione della vetrata, si possono raggiungere livelli di fonoisolamento in grado di soddisfare qualsiasi esigenza applicativa, anche con prestazioni maggiori di 48 dB.

**N.B.** Per aumentare le prestazioni antirumore di una vetrata isolante, è necessario utilizzare almeno uno stratificato antirumore che, a parità di spessore dei vetri, riduce sensibilmente la trasmissione del rumore.

## LE PRESTAZIONI ACUSTICHE

Le prestazioni fonoisolanti degli edifici, in attesa delle nuove disposizioni normative sulla classificazione acustica delle unità immobiliari, sono disciplinate dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 (G.U.n. 297 del 22/12/1997) per la "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", che definisce le grandezze di riferimento e altri parametri di valutazione.

Il D.P.C.M. classifica le tipologie edilizie e prescrive, per ciascuna delle parti componenti l'edificio, le relative prestazioni acustiche.

*Tabella - Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2 D.P.C.M. 5 dicembre 1997)*

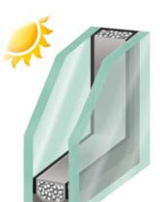
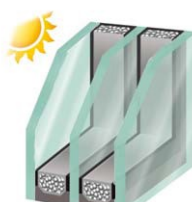

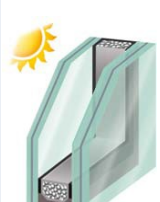
Classificazione degli ambienti abitativi	
A	Edifici abitati a residenza o assimilabili
B	Edifici abitati a uffici o assimilabili
C	Edifici abitati ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici abitati a ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Edifici abitati ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici abitati ad attività ricreative o di culto o assimilabili
G	Edifici abitati ad attività commerciali o assimilabili

Tabella - Valori limite (Art. 3 D.P.C.M. 5 dicembre 1997)

Categorie edifici (da Tabella 9)	R <sub>w</sub>	D <sub>2m, nT, w</sub>	L <sub>n, w</sub>	L <sub>AS max</sub>	L <sub>Aeq</sub>
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

R<sub>w</sub>: proprietà fonoisolante degli elementi di separazione tra due unità immobiliari distinte; D<sub>2m, nT, w</sub>: proprietà fono isolante della facciata;  
 L<sub>n, w</sub>: proprietà fono isolante del solaio da rumori di impatto, come ad esempio il calpestio; L<sub>AS max</sub>: massimo livello di pressione sonora prodotta dai servizi a funzionamento discontinuo L<sub>Aeq</sub>: massimo livello di pressione sonora prodotta dai servizi a funzionamento continuo.

A titolo indicativo, si forniscono i seguenti dati relativi alle possibilità del miglioramento del potere fonoisolante con vetrate isolanti di diversa composizione, con o senza stratificati acustici:

Vetrata isolante bassoemissiva 4/16/4	Isol. acust. R <sub>w</sub> (dB)	Vetrata isolante bassoemissiva tripla 4/16/4/16/4	Isol. acust. R <sub>w</sub> (dB)	Vetrata isolante acustica 6/16/44.1 A	Isol. acust. R <sub>w</sub> (dB)	Vetrata isolante acustica 66.2A/16/ 44.2A	Isol. acust. R <sub>w</sub> (dB)
	29		30		41		49

## MONTAGGIO

La norma di riferimento per il montaggio e la posa dei prodotti vetrari in opere edilizie è la UNI 6534:1974. Ulteriori indicazioni pratiche possono essere tratte dalla prEN 12488 o fornite dal produttore stesso.

In relazione alla sicurezza dell'installazione, devono essere rispettate, se presenti, anche tutte le altre prescrizioni emanate dalle Autorità o previste dalle norme di riferimento applicabili (Vigili del fuoco, ecc.).

I principi fondamentali da seguire durante le operazioni di montaggio sono i seguenti:

- il vetro non deve essere vincolato ai movimenti del serramento in cui è inserito; i due componenti debbono avere un buon grado di libertà reciproca;
- devono essere sempre evitati contatti diretti tra il vetro ed il serramento a mezzo di opportuni tasselli distanziatori;
- le schermature dei bordi, quali ad esempio la parte di lastra compresa nel telaio di un serramento, devono essere ridotte al necessario.
- Le vetrate trasparenti poste in luoghi di passaggio, che si trovino a rischio di impatto per la loro scarsa

visibilità, devono essere adeguatamente segnalate sia in fase di montaggio/cantiere sia, successivamente, durante l'impiego.

Il trasporto delle lastre deve essere effettuato necessariamente in casse oppure su cavalletti, curandone il fissaggio così da evitare pressioni sulle vetrate.

Prima del montaggio bisogna controllare ogni singolo pannello di vetro ed evitare di installare gli elementi danneggiati o difettosi. Lo stoccaggio delle vetrate, mantenute in posizione verticale e reciprocamente distanziate con elementi distanziatori, deve avvenire in condizioni riparate da agenti fisici o chimici dannosi.

Sulla lastra montata l'eventuale inflessione, misurabile al centro della lastra sotto carico di esercizio, non dovrà superare 1/200 del lato minore della stessa, così da garantire nel tempo la funzionalità del giunto perimetrale.

## **SUGGERIMENTI PER IL CANTIERE**

### **Stoccaggio del materiale in cantiere**

Le vetrate vanno conservate, opportunamente distanziate tra loro, coperte, aerate e protette dall'umidità e dall'irraggiamento solare diretto; in caso contrario si possono verificare condizioni critiche le quali possono favorire una rottura per sollecitazione termica, nonché compromettere la durabilità. Bisogna proteggere non solo la superficie, ma soprattutto il bordo del vetro da danneggiamenti.

### **Precauzioni durante i lavori di cantiere**

Durante il periodo di esercizio del cantiere, la presenza di impalcature temporanee può generare ombre statiche sulle superfici vetrate che potrebbero portare a rotture per elevato gradiente termico.

Nel caso in cui, successivamente alla installazione di finestre e vetrate, venga effettuata una qualunque lavorazione da cui ne consegua l'insorgere di elevate temperature in prossimità dei vetri, la superficie vetrata andrà adeguatamente protetta.

Qualora le vetrate siano posate prima dell'ultimazione dei lavori che possono interessare la facciata, è bene che siano protette coprendole interamente.

### **Precauzioni a fine lavori di cantiere**

Dopo il montaggio delle parti vetrate, è necessario rimuovere tempestivamente adesivi ed altre componenti opache che possano schermare l'irraggiamento solare e quindi creare sollecitazioni termiche, a rischio rottura.

Alla fine dei lavori di cantiere, è opportuno che la facciata sia lavata con abbondante irrorazione di acqua per eliminare residui di sostanze alcaline derivanti dai vari componenti edili impiegati.

## **MANUTENZIONE**

Il vetro si lava con i normali prodotti reperibili sul mercato, evitando di esercitare abrasioni meccaniche che lo potrebbero graffiare.

Le operazioni di pulizia e lavaggio del vetro devono avvenire in maniera tale da ridurre al minimo le sollecitazioni termiche; va quindi evitato l'utilizzo di acqua eccessivamente calda (o eccessivamente fredda d'estate) e di vapore ad alta pressione per un tempo prolungato su di una zona circoscritta della lastra.

## **ASPETTI PRESTAZIONALI E QUALITATIVI**

La marcatura CE è obbligatoria e costituisce condizione necessaria per la libera circolazione dei prodotti nella

comunità europea, rendendo i produttori responsabili della conformità del prodotto da costruzione alla Dichiarazione di Prestazione, che deve obbligatoriamente accompagnare il prodotto fornito.



In tutti i maggiori paesi europei, inoltre, sono adottate certificazioni volontarie di prodotto attestata da Marchi (in Italia Marchio CSICERT UNI ) che per vetrate isolanti, vetri temprati e stratificati, possono essere apposti solo da aziende produttrici che adottano un sistema di controllo sul processo e sul prodotto definito da Regolamenti e più severo di quello richiesto dalla marcatura CE.



Tale sistema di controllo richiesto dai Regolamenti per il Marchio CSICERT UNI è sottoposto a verifiche ispettive eseguite senza preavviso presso le aziende licenziatrici da parte di Enti Esterni qualificati e notificati alla Commissione Europea (CSI e Stazione Sperimentale del Vetro). Nel corso di queste verifiche, vengono sistematicamente prelevati campioni da sottoporre a prova. Questo tipo di controlli non trova riscontro nei prodotti con sola marcatura CE, che non prevede né visite (tranne che per vetrate antiproiettile, antifuoco e antiesplorazione) né ripetizioni delle prove.

Come detto sopra, questi controlli sono finalizzati a verificare le prestazioni e ad assicurare una maggiore durabilità del prodotto per garantire maggiormente il cliente finale sulla qualità delle forniture che gli vengono consegnate.

Il prodotto certificato deve essere marchiato CSICERT UNI, secondo le modalità previste, per renderlo riconoscibile. L'azienda detentrici del marchio è in grado di documentarlo attraverso il certificato rilasciata dall'ente terzo (CSI).

In materia di qualità del prodotto, si ricorda inoltre che Assovetro ha promosso il "Disciplinare sulla Qualità ottica e visiva delle vetrate per serramenti", recepito nel 2011 nel Rapporto Tecnico UNI/TR 11404, che fornisce i riferimenti per garantire un livello qualitativo elevato e ben definito del vetro e rappresenta un valido strumento in sede contrattuale, utile anche per ridurre i contenziosi tra gli operatori interessati.

In esso si stabiliscono le modalità di esame delle vetrate ed i limiti entro i quali eventuali imperfezioni non siano da considerarsi difetti.

La lastra viene distinta in zona di battuta (B), zona bordo perimetrale (P) e zona principale di visione (V), e per ciascuna zona si chiariscono le tolleranze in riferimento alla presenza di:

- conchiglie e residui di scaglie;
- inclusioni, bolle, punti e macchie;
- residui puntiformi nell'intercapedine di vetrate isolanti;
- residui superficiali nell'intercapedine di colore bianco-grigiastro trasparente;
- graffi e graffi capillari.

Tali tolleranze, oltre ad essere diverse per ciascuna zona, cambiano in presenza di vetrate isolanti multiple e nel caso si utilizzi vetro stratificato o vetro temprato. Nel documento sono indicati anche i limiti di tolleranza accettabili.

**DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE (DoP) E MARCATURA CE DoP (REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011)**

La Dichiarazione di Prestazione (DoP) deve contenere le seguenti informazioni previste dalla legislazione:

- il riferimento del prodotto-tipo per cui è stata redatta;
- i sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione del prodotto;
- il numero di riferimento e la data di pubblicazione della norma armonizzata;
- l'uso o gli usi previsti del prodotto da costruzione;
- l'elenco delle caratteristiche essenziali secondo quanto stabilito nella specifica tecnica armonizzata applicabile;
- la prestazione di almeno una delle caratteristiche essenziali del prodotto;
- nome e numero di identificazione dell'organismo notificato, se pertinente;
- nome, denominazione commerciale registrata o marchio registrato e indirizzo del fabbricante;
- luogo e data di emissione;
- nome, funzioni e relativa firma del soggetto che rilascia la Dichiarazione in rappresentanza del fabbricante.

#### **MARCATURA CE (REGOLAMENTO (UE) N. 305/2011)**

Ai sensi del Regolamento, i fabbricanti, contestualmente alla redazione della Dichiarazione di Prestazione, che deve essere resa disponibile per ogni prodotto, devono apporre nel modo previsto dalla norma la marcatura CE, che deve essere visibile, leggibile e indelebile e deve contenere:

- ultime due cifre dell'anno in cui è stata apposta per la prima volta;
- nome e indirizzo della sede legale del fabbricante o marchio identificativo;
- codice unico di identificazione del prodotto tipo (e dell'organismo notificato, se del caso);
- numero di riferimento della Dichiarazione di Prestazione;
- riferimento alla specifica norma tecnica armonizzata e uso previsto.

Se il prodotto, per la sua natura e dimensioni, rendesse impossibile od ingiustificato l'apposizione di tutte le indicazioni richieste, queste possono essere fornite sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento.

### 3. POSA IN OPERA DEL SERRAMENTO

#### PREFAZIONE

La posa in opera rappresenta uno degli aspetti più sentiti dagli operatori del settore dei serramenti ed in particolare dai produttori di finestre. Le verifiche sui cantieri evidenziano che la maggior parte delle anomalie funzionali, oggetto di contestazioni, sono da imputare a problemi derivanti dai sistemi di posa in opera, a causa del degrado funzionale del collegamento tra il vano murario e l'infisso.

E' quindi fondamentale adottare sistemi di installazione che, dal punto di vista progettuale e costruttivo, possano garantire le prestazioni del serramento posato per quanto riguarda l'integrità della realizzazione, la sicurezza ed il benessere dell'utente.

Nel presente manuale vengono illustrate le metodologie e le caratteristiche dei materiali da utilizzare per una corretta installazione del serramento; gli esempi pratici delle operazioni da effettuare in cantiere, semplificate con le sequenze fotografiche, danno concretezza agli argomenti trattati.

La normativa italiana e comunitaria, che definisce le responsabilità dei partecipanti al processo di posa del serramento, viene riportata nel relativo capitolo di questo manuale con i riferimenti necessari per la definizione degli obblighi a cui ognuno deve rispondere.

Il documento è completato con la descrizione delle operazioni da effettuare in cantiere sui materiali per la posa e sui serramenti stessi, allo scopo di garantire il massimo livello qualitativo del risultato finale.

#### RICHIAMI NORMATIVI SULLA POSA IN OPERA DEL SERRAMENTO

La norma italiana sulla posa in opera del serramento prende in esame gli obblighi dei partecipanti al processo di installazione e definisce le responsabilità nel caso di anomalie dovute ad una posa errata del serramento.

#### Norma UNI 10818 "Linee guida generali per la posa in opera"

Definizione delle responsabilità secondo la UNI 10818: un accenno doveroso all'aspetto normativo che definisce le responsabilità degli attori del processo della posa in opera impone di parlare della norma *UNI 10818 "Finestre, porte e schermi. Linee guida generali per la posa in opera"*. Tale norma deve essere considerata come una guida allo sviluppo delle diverse fasi della posa dei serramenti, in quanto individua le competenze ed i limiti dei diversi operatori che intervengono nel processo.

La norma *UNI 10818* punta ad approfondire gli aspetti organizzativi e di responsabilità degli addetti ai lavori (più che gli aspetti tecnici della posa in opera) e definisce le competenze e le responsabilità del progettista, del direttore lavori, del produttore dei serramenti, del rivenditore, dell'installatore e del costruttore edile. La norma indica per ognuno di questi soggetti i limiti delle diverse aree di responsabilità rispetto alle diverse fasi della posa (progettazione, costruzione dei vani, installazione del prodotto, controlli e verifiche, ecc.) e fornisce utili indicazioni rispetto alle diverse tipologie di contratto, tra cui oneri, prestazioni, collaudi, assistenze, interventi post-installazione, ecc.

In sostanza, la norma UNI 10818 rappresenta un supporto fondamentale per la definizione delle procedure operative per la posa dei serramenti, per l'elaborazione di una specifica documentazione contrattuale e nei casi di contenzioso in seguito ad anomalie del prodotto posato, occasione nella quale viene obbligatoriamente presa come riferimento per la definizione delle responsabilità.



Definizione dei materiali e dei metodi di posa del serramento secondo la *UNI 10818*: secondo la norma *UNI 10818* l'appaltatore della posa (che può coincidere con il produttore dei serramenti o con il rivenditore) è obbligato a fornire al posatore precise direttive di installazione del serramento. A titolo di esempio, vengono riportati i passi della norma più significativi.

### **Fissaggio del serramento**

*“Il fissaggio dell’infisso alla muratura deve avvenire secondo le modalità indicate dal produttore”:*

- numero di fissaggi lungo il perimetro del telaio;
- distanza tra i fissaggi;
- distanza tra il fissaggio e l’angolo dell’infisso;
- posizionamento del punto di fissaggio rispetto alla cerniera.

#### *Realizzazione dei giunti*

“La realizzazione dei giunti deve essere effettuata per separare l’ambiente interno dall’ambiente esterno nel modo più efficace con tecniche, metodologie e materiali come da prescrizione del produttore”.

#### *Documentazione*

“Il produttore deve fornire all’installatore tutte le istruzioni per una posa corretta dell’infisso in relazione al tipo di vano previsto”.

### **Il difetto di posa in opera secondo il DL 24/2002: “Legge sulla garanzia del prodotto”**

La direttiva comunitaria *1999/44/CE*, che riguarda gli aspetti della vendita e delle garanzie di consumo, è stata recepita in Italia con il *Decreto Legislativo N. 24 del 2 febbraio 2002*. Tale decreto può essere applicato anche alla fornitura e posa in opera del serramento per le motivazioni riportate di seguito.

**La garanzia sulla funzionalità del prodotto:** in caso di problemi causati dalla funzionalità del prodotto, l’acquirente ha **2 anni e 2 mesi** di tempo per elevare una contestazione ed il fornitore deve risponderne (a proprie spese) ripristinando la conformità del bene mediante la **riparazione**, la **sostituzione** o, in casi particolari, mediante il congruo indennizzo.

**Il difetto di posa in opera:** il difetto che deriva **dall’imperfetta installazione** del bene è equiparato ad un difetto del bene acquistato quando l’installazione è compresa nel contratto di vendita. Quindi, se si manifesta un difetto di posa in opera del serramento nei primi 24 + 2 mesi dall’installazione, il venditore è tenuto a risponderne e può, eventualmente, rivalersi sul montatore nel caso questo non abbia utilizzato i prodotti indicati oppure non abbia seguito correttamente le indicazioni per la posa in opera.

### **Marcatura CE: richiamo alla posa del serramento**

Nella norma europea *EN 14351*: “Windows and external pedestrian doors – Product standard”, che rappresenta il riferimento della marcatura CE del serramento, si specifica la necessità di fornire, a chi si occuperà della posa, tutte le informazioni relative alle modalità per eseguirla correttamente.

#### *Installazione, manutenzione e cura*

“Il Serramentista, nel caso non effettui direttamente la posa, deve fornire istruzioni scritte e precise ai montatori”.

## I MATERIALI PER LA POSA

### Le caratteristiche dei materiali

Nella posa in opera del serramento la scelta dei materiali rappresenta un momento di fondamentale importanza per la buona riuscita delle operazioni di installazione. L'uso di prodotti non adatti può determinare l'insuccesso della posa, che si manifesta con anomalie funzionali riscontrabili anche dopo lunghi periodi dal montaggio del serramento. La tabella riportata di seguito riassume le caratteristiche principali dei prodotti idonei per l'ottenimento di una posa del serramento ad arte.

Prodotto	Caratteristiche tecniche		
<b>Sigillante siliconico</b>	Silicone alcossilico a polimerizzazione neutra	Adizionato con promotore di adesività (primer)	Ancoraggio tenace sui substrati del giunto (materiali del vano murario e profili in PVC)  Resistenza agli agenti atmosferici, allo smog ed ai prodotti chimici usati per la pulizia dell'infisso  Basso ritiro  Basso contenuto di olii siliconici (non
<b>Sigillante acrilico</b>	Sigillante acrilico a dispersione	Versione con finitura liscia  Versione granulare per imitazione superficie intonaco	Ancoraggio tenace sui substrati del giunto (materiali del vano murario e profili in PVC)  Stabilità agli agenti atmosferici  Sovraverniciabile con pittura murale
<b>Schiuma poliuretana</b>	Schiuma fonoassorbente coibentante	Schiuma poliuretana monocomponente riempitiva	Assenza di ritiri dai supporti  Assenza di rigonfiamento dopo l'indurimento anche sotto forte sollecitazione termica  Versione invernale addizionata di propellente per l'erogazione a basse
<b>Fondo giunto</b>	Tondino in PE espanso per la creazione della base per il cordolo di silicone	Diametro del tondino: a seconda della larghezza della fuga	
<b>Nastro sigillante precompresso</b>	Nastro bitumato sigillante espandibile	Densità e rapporto di espansione a seconda della larghezza della fuga	Con superficie di contatto adesivata per il posizionamento
<b>Vite per fissaggio telaio</b>	Vite a tutto filetto per fissaggio a muro su materiali diversi	Diametro: 7,5 mm  Lunghezza: a seconda della profondità di fissaggio	Testa cilindrica  Trattamento superficiale anticorrosivo
<b>Ancorante chimico per cardine</b>	Resina per il fissaggio strutturale del cardine a muro.	Necessario per consolidare i fissaggi su tutti i tipi di muratura, in particolare su mattone forato.	Da abbinare alla bussola retinata appositamente.

Tabella: larghezza minima del giunto di dilatazione.

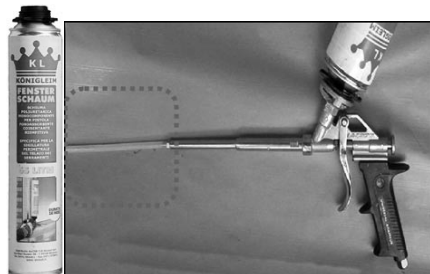
## I prodotti

Sigillante silicico



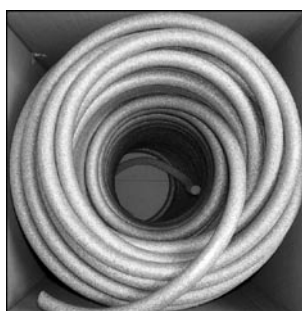
Fon in polietilene espanso

Schiuma poliuretanică și pistolă cu canulă pentru schiumatura del giunto



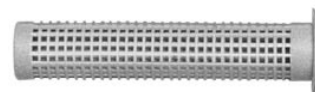
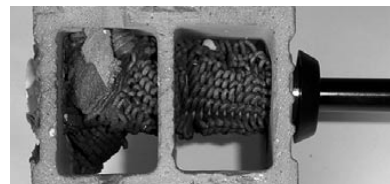
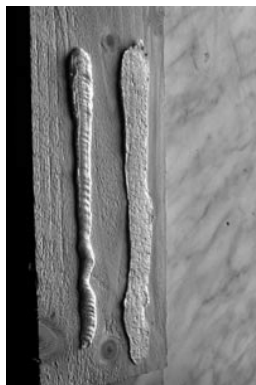
Nastro pre-compresso

Viti per il fissaggio del telaio al muro



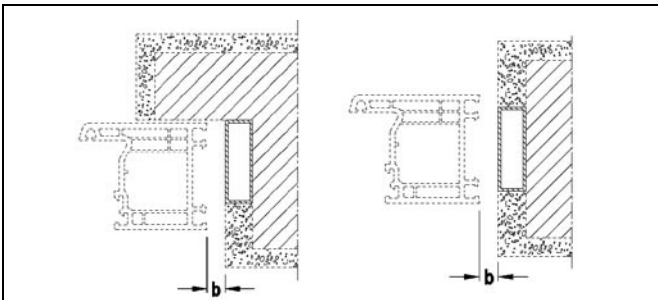
Sigillante acrilico con finitura liscia e granulata

Ancorante chimico per cardine con bussola



## Il dimensionamento del giunto di dilatazione

La larghezza della fuga tra il telaio della finestra ed il vano murario rappresenta un particolare importante nella progettazione della posa, in quanto tale elemento deve consentire le variazioni dimensionali dei profili del telaio, causate dai mutamenti della temperatura, e deve assorbire le sollecitazioni provocate dai movimenti della muratura. Nelle tabelle riportate di seguito vengono indicate le larghezze minime delle fughe da assicurare, a seconda del colore della superficie del profilo e della lunghezza dell'elemento.



Larghezza minima della fuga b (mm)	Lunghezza dell'elemento	Fino a 1,5 m	Fino a 2,5 m	Fino a 3,5 m	Fino a 4,5 m
		<b>PVC chiaro</b>	10 mm	15 mm	20 mm
	<b>PVC scuro</b>	15 mm	20 mm	25 mm	30 mm

Tabella: larghezza minima del giunto di dilatazione.

### La struttura del giunto di dilatazione

Per garantire la tenuta all'acqua, all'aria ed al rumore, il giunto deve essere realizzato con materiali e modalità tali da assicurare integrità nel tempo anche in presenza di deformazioni. A titolo di esempio, il giunto di dilatazione per la posa del telaio in luce è costituito dai seguenti componenti: cordolo di silicone esterno "a vista" con una grande resistenza agli agenti atmosferici, buona elasticità e buona adesione alle pareti del giunto; schiuma poliuretanicca con funzioni riempitive e di isolante termo-acustico; supporto di fondo giunto di diametro opportuno che, inserito nella fuga, esercita sulle pareti una pressione tale da resistere all'iniezione della schiuma e permette di fissare la profondità di inserimento del sigillante conferendo ad esso la libertà di dilatazione o di contrazione; cordolo di sigillante acrilico interno per separare il giunto dall'atmosfera dell'abitazione.

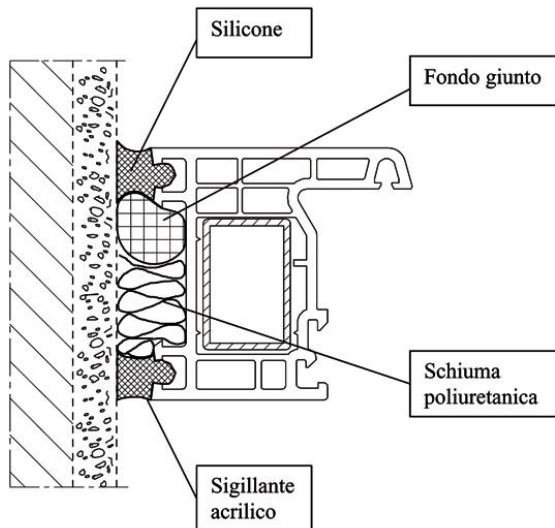


Figura: sezione del giunto di dilatazione colbentato e sigillato.

## IL FALSO TELAIO

### Generalità

Il falso telaio, realizzato con materiali e geometrie diverse a seconda della struttura della muratura e della composizione del serramento (telaio singolo, con zanzariera, guida tapparella, monoblocco persiana, ecc.), ha, come funzione primaria, la riquadratura del foro murario e la creazione di un riferimento definito per la posa del telaio. Le svariate forme di falso telaio disponibili permettono di risolvere nel migliore dei modi un ampio spettro di esigenze costruttive agevolando la fase di posa del serramento.

### Stabilità e trasporto del falso telaio:

- per evitare danneggiamenti alla struttura del falso telaio durante il trasporto e durante l'installazione è necessario applicare un numero sufficiente di distanziatori intermedi (un distanziatore per le finestre e due per le porte finestre);
- nel caso di falsi telai in lamiera, deve essere utilizzato materiale zincato per evitare la corrosione dovuta agli agenti atmosferici.

### Ancoraggio delle zanche di fissaggio:

- tutti gli elementi di fissaggio dei falsi telai alla muratura (zanche di ancoraggio) devono essere vincolati saldamente utilizzando leganti cementizi;
- ogni procedura che può ridurre l'aggrappaggio del falso telaio alla muratura è da evitare assolutamente (uso di schiume per il fissaggio, eliminazione delle apposite zanche di ancoraggio o uso di altri metodi che non garantiscono l'accoppiamento meccanico).

**Indicazioni di posa del falso telaio per l'impresa edile:** tutte le indicazioni per la corretta posa del falso telaio devono essere fornite all'impresa edile tramite prospetti chiari, che riportino le dimensioni finali del vano finestra come illustrato negli schemi seguenti.

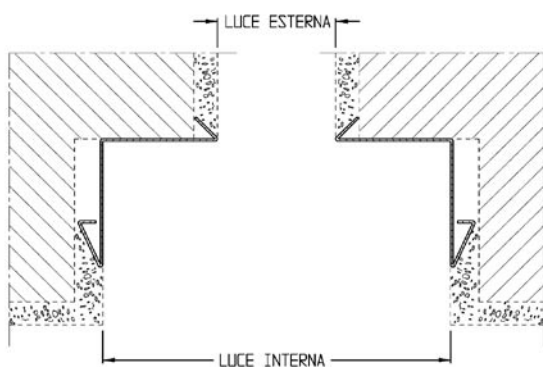


Figura: sezione orizzontale del vano murario con falso telaio ed intonacatura.

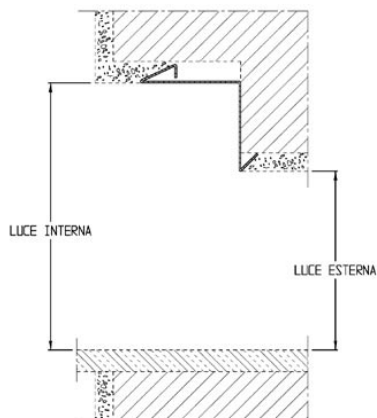


Figura: sezione verticale del vano murario con falso telaio ed intonacatura.

### Caratteristiche funzionali del falso telaio posato

Il falso telaio posato deve rispondere alle seguenti caratteristiche finali:

- stabilità meccanica ed aggrappaggio alla muratura,
- ortogonalità dei lati,
- piombo e livello,
- pulizia della superficie (esente da tracce di intonaco, chiodi o altro).

### Rilievi delle misure per la realizzazione del serramento.

I rilievi delle misure del vano finestra per la realizzazione del serramento devono essere effettuati dopo la posa del falso telaio, per eliminare fonti di errore legate all'installazione o dovute a modifiche progettuali della geometria del vano realizzate in corso d'opera.

### Tipologie di falso telaio

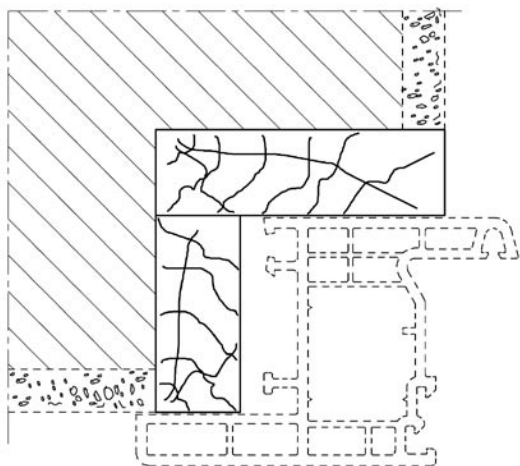


Figura: falso telaio in legno

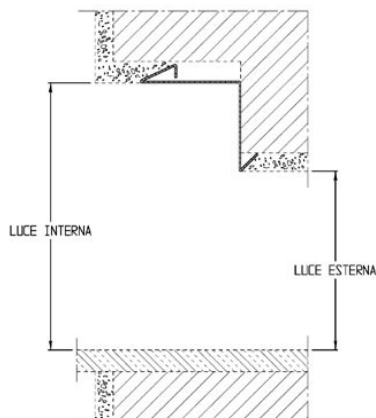


Figura: falso telaio in legno-alluminio

## Falso telaio e materiali

Il falso telaio, a seconda della geometria e del materiale di cui è costituito, può rappresentare un pericoloso "ponte" di trasmissione termica tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno che si manifesta, in situazioni particolari, con la formazione di muffe o dannosi affioramenti dalla muratura in corrispondenza del bordo del telaio. Al fine di evitare tali inconvenienti è necessario scegliere il falso telaio idoneo dal punto di vista del materiale e della geometria.

Il PVC ed il legno rappresentano, a differenza della lamiera metallica, ottimi isolanti termici e come tali non disperdono calore dalla sezione interessata.

## IL FISSAGGIO DEL SERRAMENTO

### La disposizione dei punti di ancoraggio

Le forze agenti sul serramento durante il normale utilizzo devono essere trasferite al corpo dell'edificio in maniera efficace e sicura; gli elementi di fissaggio del telaio devono quindi essere progettati e realizzati in modo tale che venga garantita la funzionalità, salvaguardando la sicurezza degli utenti. Per tale motivo la tipologia di fissaggio da utilizzare per ancorare il telaio alla costruzione deve essere valutata sulla base di alcuni fattori critici, quali:

- dimensioni, tipologia e peso del serramento,
- geometria del telaio,
- geometria e composizione della muratura,
- situazione costruttiva (edificio nuovo o ristrutturazione).

Negli schemi seguenti vengono riportate le modalità generali di fissaggio del telaio del serramento alla muratura; in particolare devono essere rispettate le seguenti indicazioni generali:

1. la distanza tra i singoli punti di fissaggio non deve essere superiore a 700 mm;
2. la distanza tra il punto di fissaggio e l'angolo interno del serramento (o la giunzione del piantone) deve essere compresa tra 100 mm e 150 mm;
3. su ogni lato del telaio dei serramenti di piccole dimensioni devono essere previsti almeno due punti di ancoraggio alla muratura;
4. al fine di garantire un regolare trasferimento dei carichi dall'anta al telaio, i punti di fissaggio devono essere previsti in corrispondenza degli incontri e delle cerniere.

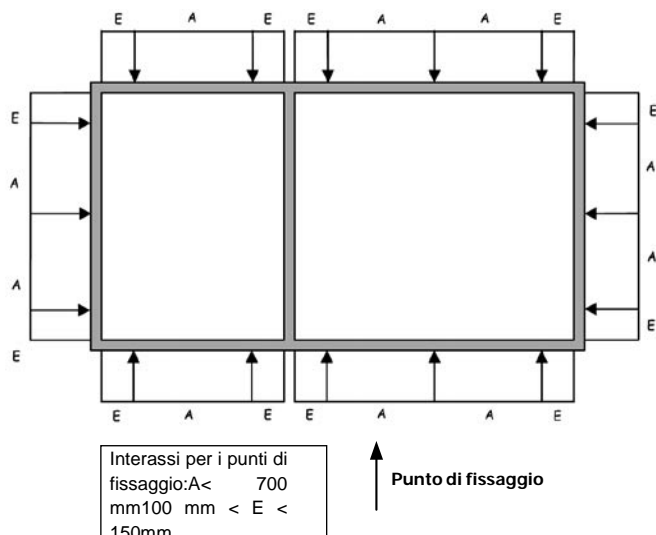


Figura: distanza tra i punti di fissaggio del telaio.

## Il sistema di fissaggio del telaio

Il sistema di fissaggio del telaio alla muratura deve garantire un ottimo ancoraggio su ogni tipo di supporto murario (laterizio, calcestruzzo, legno, falso telaio, ecc.). L'utilizzo delle viti a tutto filetto per il fissaggio a muro assicura stabilità e sicurezza in ogni condizione, sia sulle nuove realizzazioni, che nel caso di restauro.

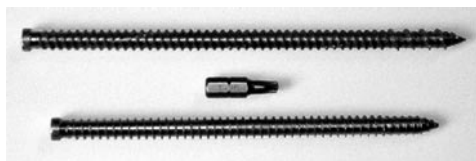


Figura: vite a tutto filetto per fissaggio a muro ed inserto.

La vite a tutto filetto ha una tenuta superiore alle normali viti autofilettanti, grazie al diametro ed alla lunghezza maggiori. L'uso della vite a tutto filetto non prevede l'inserimento di alcun tassello nel muro e non necessita di spessoramento del telaio durante il fissaggio; per tale motivo il sistema è di semplicissima esecuzione e funziona tanto meglio quanto più è solido il giunto murario attorno alla finestra.

Nel caso di installazione sul falso telaio, le viti a tutto filetto consentono il fissaggio del telaio direttamente al muro, passando per il contro-telaio, con doppia garanzia di tenuta. Questo è molto importante quando le finestre sono di grandi dimensioni, nelle zone ventose e quando il falso telaio è fissato al muro in modo approssimativo.

## La profondità di avvitamento

Nella tabella sottostante viene riportata la profondità di avvitamento minima per la vite a tutto filetto su muri di varia natura.



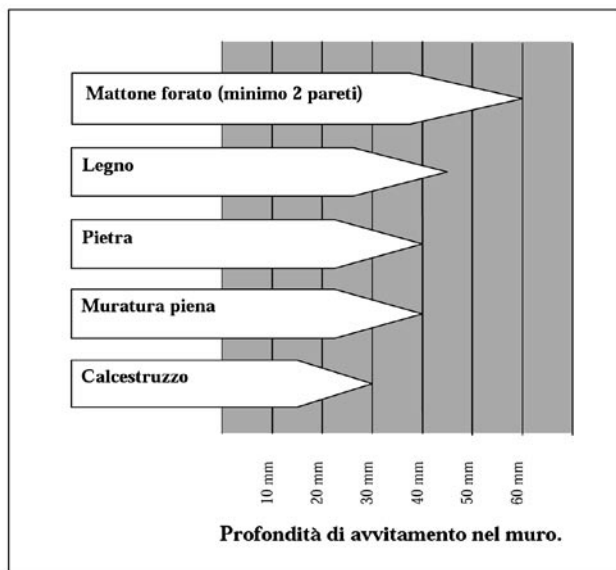


Figura: profondità di avvitalamento minima per la vite a tutto filetto su supporti di varia natura.

### La foratura ed il fissaggio

La pre-foratura del telaio effettuata in produzione con punta da 6,0 mm e con gli interassi indicati nel paragrafo 6.1 consente di risparmiare tempo sul sito di posa e di procedere con le operazioni di installazione in maniera spedita. Dopo avere centrato e messo a piombo ed a livello il telaio nel vano, viene effettuata la foratura con una punta da 6,0 mm (o 6,3 mm nel caso di materiali duri, quali calcestruzzo o granito). La fase di avvitalamento della vite deve avvenire in modo uniforme e senza tensione, impiegando avvitatori con limitatore di coppia.

Lo schema riportato nell'immagine seguente rappresenta la sezione di fissaggio del telaio per la determinazione della lunghezza utile della vite ed evidenzia che la profondità di foratura deve essere almeno 30 mm maggiore rispetto alla profondità di avvitalamento.

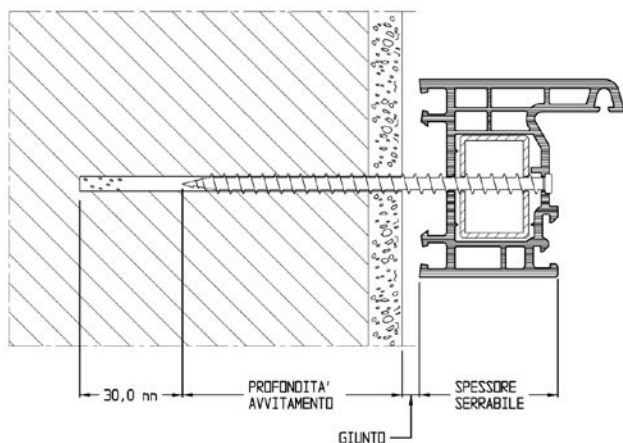


Figura: sezione di fissaggio del telaio.

## Il fissaggio in sicurezza del telaio

### Ancoraggio sul falso telaio

Il falso telaio non costituisce un elemento di ancoraggio "sicuro" in maniera assoluta, in quanto la tenuta meccanica allo strappo tra falso-telaio e muratura è influenzata da vari fattori costruttivi (geometria e materiale del falso telaio, numero delle zanche di fissaggio, legante utilizzato per l'ancoraggio della zanca del falso telaio alla muratura, ecc.). Per assicurare un idoneo grado di ancoraggio del telaio in ogni condizione, è consigliabile utilizzare viti di fissaggio che, oltre ad ancorarsi sul falso-telaio, vengano fissate anche alla muratura. Sulla base della sezione illustrata si consiglia, quindi, di verificare la lunghezza minima della vite da usare per rispondere a tale indicazione.

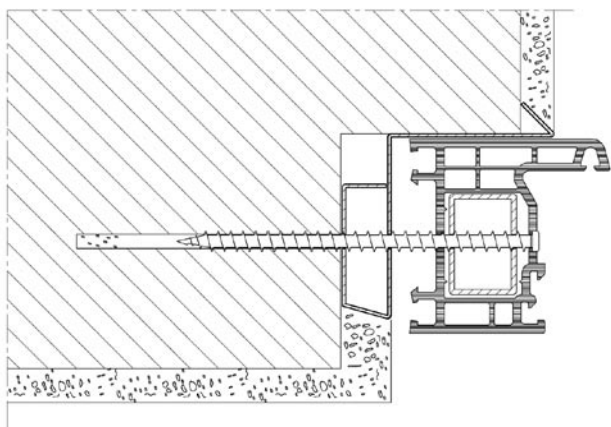


Figura: ancoraggio della vite a tutto filetto sul falso telaio e sulla muratura.

### Tipologie di fissaggio del telaio non ammesse:

- il fissaggio del telaio alla muratura deve sempre essere effettuato meccanicamente: per il fissaggio non è ammesso l'uso di materiali espansi, colle o simili; non è assolutamente ammesso l'impiego di chiodi per fissare il telaio alla muratura.
- Non è assolutamente ammesso l'impiego di chiodi per fissare il telaio alla muratura.

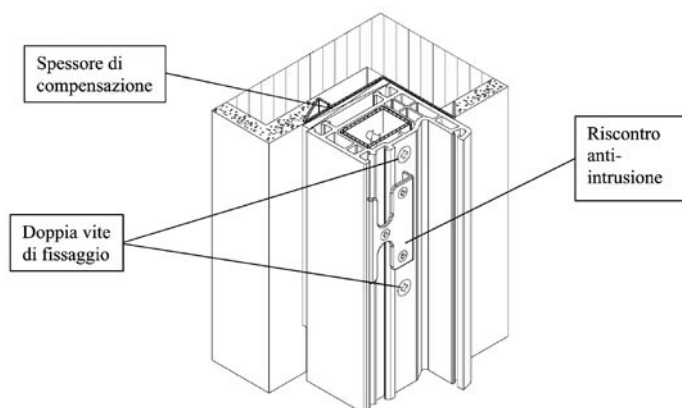


Figura: accorgimenti per il fissaggio dei serramenti antintrusione.

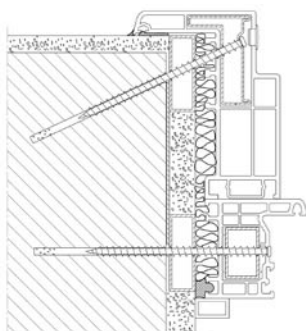
## I riferimenti normativi italiani

In Italia i requisiti relativi al fissaggio dei componenti finestrati nelle costruzioni edilizie sono regolati dai seguenti decreti, circolari e norme:

- Legge n. 1086, 5 novembre 1971 – “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”;
- D.M. 9 gennaio 1996 – “Norme tecniche per il calcolo delle strutture in cemento armato, precompresso e per le strutture metalliche”;
- D.M. 16 gennaio 1996 – “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”;
- D.M. 26 gennaio 1996 – “Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche”;
- Circolare del Ministero per i LL.PP. 4 luglio 1996 n. 156 AAGG/STC - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

## ISTRUZIONI PER LA POSA IN OPERA DEL SERRAMENTO

### Monoblocco in battuta a filo esterno muro



### *La posa del serramento sul vano murario*

#### **Azioni preliminari all'installazione**

Le prime operazioni da effettuare all'inizio del processo di posa della finestra riguardano la verifica dello stato del vano murario e l'abbinamento con il serramento da posare. Di seguito vengono riportate le descrizioni delle operazioni da effettuare in cantiere al fine di evitare inconvenienti nelle fasi successive.

**Identificazione del serramento:** controllare che il serramento sia esattamente quello che va posizionato nel foro su cui si lavora. Leggere il numero riportato sul manufatto e verificare che corrisponda a quello riportato sul vano finestra e nell'abaco. In caso di dubbi contattare il produttore.



*Figura: il codice riportato sul manufatto deve corrispondere con il riferimento del falso telaio e dell'abaco.*

**Verifica della stabilità del falso telaio:** la stabilità del falso telaio deve essere verificata scrupolosamente prima dell'inizio dei lavori di installazione del serramento. L'obiettivo della verifica è salvaguardare la salute e l'incolumità degli occupanti dell'abitazione e scongiurare distacchi dei punti di fissaggio del telaio della finestra durante il normale utilizzo. In caso di problemi è necessario contattare il produttore, l'impresa di costruzioni o il Direttore dei Lavori, per realizzare azioni di consolidamento o installare nuovamente il falso telaio.

**Pulizia e sgrassaggio del falso telaio e del davanzale:** per garantire un perfetto ancoraggio del silicone sui materiali del falso telaio, è necessario effettuare una serie di operazioni per eliminare fonti estranee inibitrici di adesione; eliminare dal falso telaio eventuali chiodi o elementi metallici utilizzati per mantenerlo in squadra; procedere alla rimozione di eventuali resti di intonaco dal falso telaio utilizzando una spatola di acciaio; rimuovere le tracce di polvere con una spazzola a pelo morbido o utilizzando aria compressa. Nel caso di falso telaio in metallo e di davanzali in marmo o pietra è necessario procedere allo sgrassaggio mediante alcool. Se il falso-telaio o il davanzale sono umidi o bagnati è importante asciugarli con un phon o con l'aria compressa.



*Figure: accurata pulizia del vano finestra.*



Figura: sgrassaggio del davanzale.

**Prova di inserimento del serramento nella sede di posa:** prima di procedere alle fasi di fissaggio e sigillatura del telaio è importante controllare che il serramento venga correttamente accolto nella sede. Provare quindi ad inserire il telaio nel vano e controllare che vi sia corrispondenza dimensionale tra il foro ed il serramento da applicare.



Figura: verifica del corretto accoglimento del telaio nel vano murario.

**Controllo del filo a piombo sulla spalletta di battuta del falso telaio ad "elle":** controllare il filo a piombo su ambedue i montanti della spalletta, appoggiando inizialmente il livello sullo spigolo inferiore del montante (per questa operazione utilizzare uno strumento con lunghezza di almeno 80 cm).



Figura: controllo del filo a piombo della spalletta di battuta.

- **Tolleranze ammissibili per i difetti di filo a piombo:** l'eventuale anomalia rilevata sul filo a piombo è trattabile con le modalità seguenti a seconda dell'entità del difetto riscontrato.

- Casi risolvibili con l'intervento del posatore: ogni difetto di piombo fino 10,0 mm/m dovrà essere corretto con l'inserimento di adeguati spessori tra il telaio e la spalletta.
- Casi non risolvibili con l'intervento del posatore: in caso di anomalie e difetti di piombo superiori a 10,0 mm/m, è necessario avvisare il produttore e l'impresario per la correzione del vano finestra.
- **Modalità di correzione del fuori piombo:**
  - Se la spalletta pende verso l'esterno: procedere alla correzione del difetto del piombo posizionando sulla spalletta lo spessore di correzione fermato con il silicone in prossimità dell'estremità del livello.



*Figura: correzione del filo a piombo della spalletta.*

- Se la spalletta pende verso l'interno: posizionare il livello sullo spigolo in alto e procedere alla correzione del difetto nello stesso modo.



*Figura: posizionamento dello spessore per la correzione del piombo.*

## **La posa del monoblocco con il telaio della persiana**

### **Il monoblocco in battuta a filo esterno muro**

L'installazione del telaio della finestra, abbinato al telaio della persiana oscurante con la battuta esterna, comporta la messa in pratica di una serie di accorgimenti necessari per ottenere le migliori proprietà del serramento posato.

Nel presente capitolo vengono prese in esame le principali operazioni di installazione per questa tipologia di infisso.

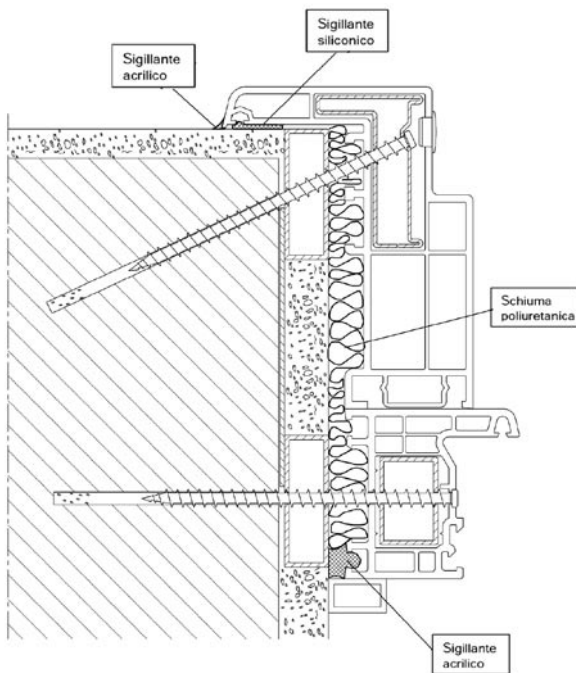


Figura: sezione orizzontale dell'attacco a muro del monoblocco.

a) Sigillatura del vano murario

- Per effettuare la sigillatura della traversa inferiore del telaio ed assicurare l'effetto barriera alle infiltrazioni è necessario applicare un cordolo di silicone con diametro idoneo. E' quindi necessario tagliare il beccuccio dalla cartuccia di silicone a "fetta di salame" a circa 3 cm dall'estremità ed appoggiare lo spigolo del beccuccio sul piano durante l'estrusione. La velocità di estrusione deve essere tale da formare un cordolo continuo di circa 12 mm di diametro.

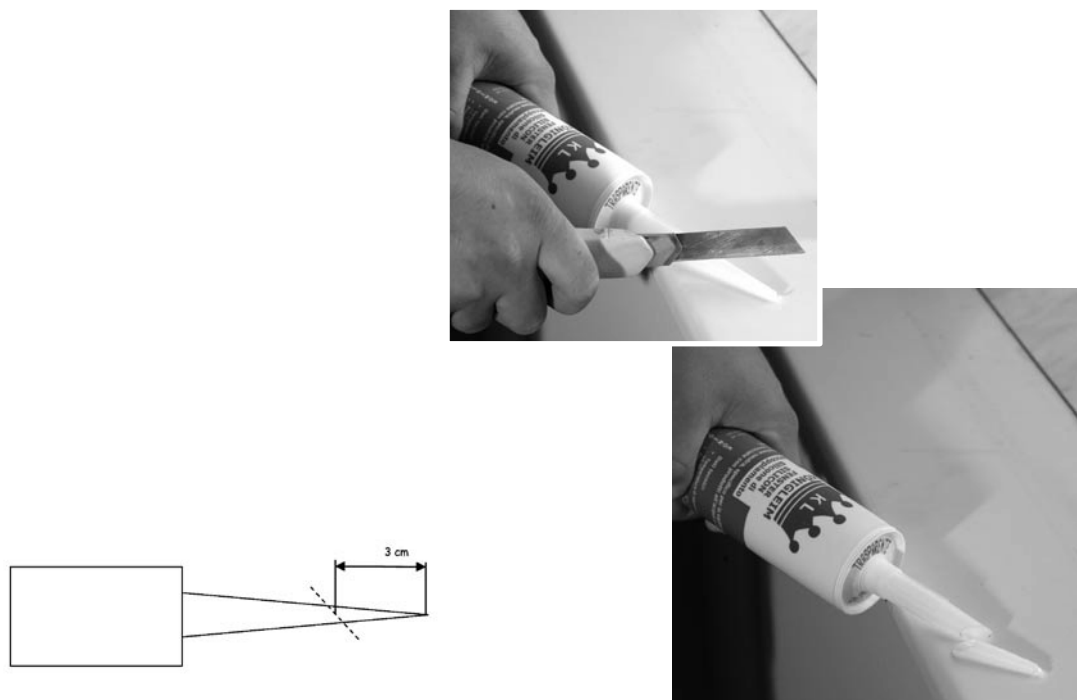


Figura: taglio del beccuccio della cartuccia di silicone per la sigillatura sul davanzale.

Il cordolo continuo di silicone deve essere posizionato in corrispondenza della mezzera del traverso inferiore. Sulle estremità del cordolo deve essere previsto un leggero eccesso di materiale, per garantire l'effetto barriera anche ai lati del davanzale.



Figura: applicazione del cordolo di tenuta sul davanzale.

- Sigillatura della zona di battuta esterna del monoblocco: sulla parte esterna del vano finestra, in corrispondenza dei tre lati di battuta del telaio della persiana, deve essere posizionato un cordolo di silicone per sigillare la battuta del telaio monoblocco; nell'immagine seguente viene rappresentato il particolare di sigillatura del telaio della persiana sul davanzale esterno e l'inserimento dell'infisso.





*Figura: siliconatura della zona di battuta dell'aletta esterna del monoblocco.*

b) Messa a piombo, a livello e fissaggio del telaio

Dopo aver effettuato il centraggio e le eventuali correzioni di piombo e di livello del monoblocco, il telaio della finestra e della persiana vengono fissati entrambi con la turbovite, seguendo le indicazioni del capitolo 6 per gli interassi di fissaggio. È necessario effettuare il fissaggio del telaio della persiana e della finestra in corrispondenza dei cardini di supporto della persiana e delle cerniere e incontri della finestra; il telaio finestra dovrà essere fissato dopo aver verificato il corretto posizionamento della persiana.

Nel caso di assenza del controtelaio, particolare attenzione deve essere posta nel punto di fissaggio del telaio della persiana, in quanto la vicinanza allo spigolo del muro può determinare rotture localizzate con perdita di ancoraggio. In questo caso è bene verificare la composizione e lo stato dell'angolo esterno del muro ed adottare un'inclinazione di entrata delle viti di fissaggio tale da scongiurare rotture localizzate.

c) cSchiumatura del giunto di dilatazione

Preparazione del telaio della finestra

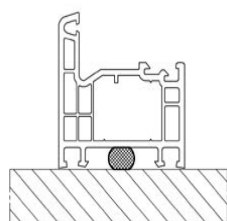
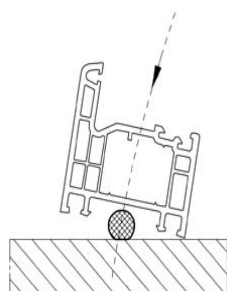
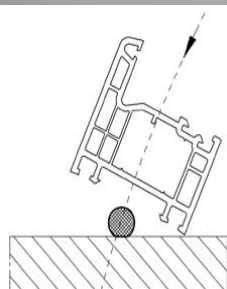
Prima di procedere all'inserimento del telaio della finestra nel vano designato, è necessario pulire il perimetro del telaio dalla polvere e da eventuali altri materiali estranei che potrebbero diminuire l'aggrappaggio del silicone.



*Figura: pulizia del telaio della finestra.*

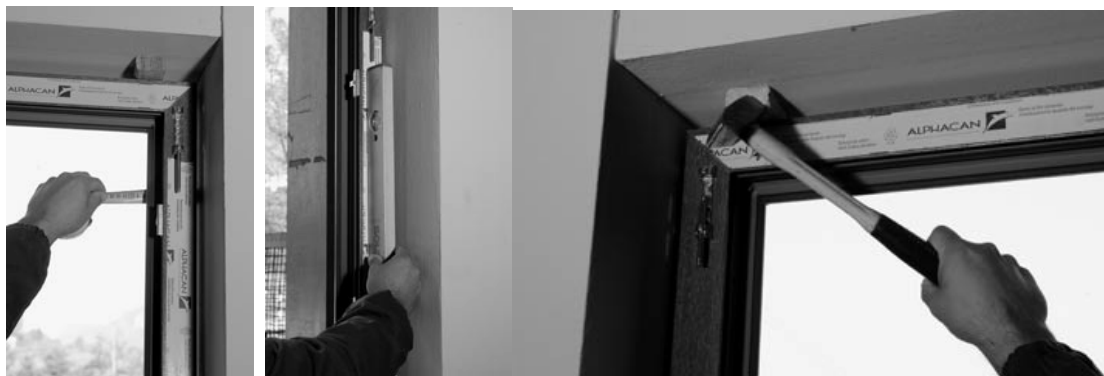
Inserimento del telaio della finestra nel vano murario

Inserire il telaio dall'alto verso il basso (per non togliere il cordolo di silicone applicato sul davanzale)



*Figura: sequenza di inserimento del telaio nel vano murario.*

Immobilizzare il telaio con i cunei sulla parte superiore del vano, centrare il telaio rispetto alle spalle del muro, verificare il piombo ed il livello del telaio ed infine consolidare il vincolo del telaio tramite i cunei.



*Figura: verifica della corretta posizione del telaio nel vano murario.*

d) Sigillatura esterna del monoblocco

- Sigillatura dell'appoggio sul davanzale: la zona di appoggio del monoblocco sul davanzale deve essere sigillata con il silicone secondo la modalità indicata nell'immagine seguente



*Figura: sigillatura dell'appoggio del monoblocco sul davanzale.*

- Sigillatura perimetrale dell'aletta di battuta: il contorno dell'aletta di battuta del telaio della persiana viene sigillato con l'acrilico che, oltre a coprire le antiestetische irregolarità della muratura, è anche sovraverniciabile.



*Figura: sigillatura perimetrale del monoblocco.*

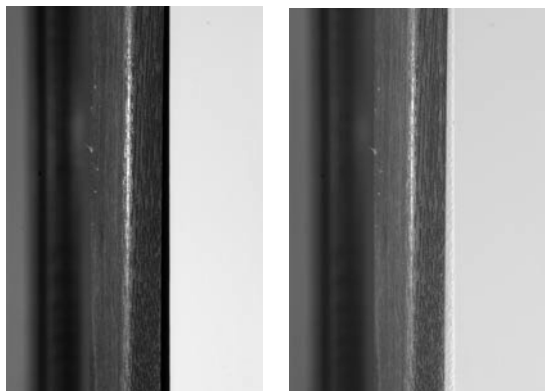


Figura: particolare dell'intervento di sigillatura della fuga esterna con acrilico.

## AVVERTENZE

La ristrutturazione del vecchio serramento comporta un adattamento alla situazione esistente, che deve essere verificata sul cantiere all'atto dell'installazione della nuova finestra. Di seguito si riportano le operazioni generali da effettuare, considerando che ogni caso è diverso dall'altro e l'intervento deve essere adattato a seconda della situazione riscontrata sul cantiere.

### Valutazioni preliminari sullo stato del serramento esistente

La posa del nuovo serramento sull'infisso esistente può essere effettuata a condizione che quest'ultimo sia in grado di supportarlo; a tal proposito devono essere effettuati i seguenti esami preliminari della situazione riscontrata in cantiere:

- il legno deve essere sano (compatto, senza zone marce o tarlate);
- il fissaggio del telaio esistente alla muratura deve essere sufficientemente solido da supportare l'applicazione del nuovo serramento;
- nel caso di situazioni non idonee dal punto di vista della solidità o della geometria, il telaio esistente dovrà essere rimosso per applicare il nuovo direttamente sulla muratura; la rimozione potrà avvenire, a seconda della situazione esistente, da tutti e quattro i lati, oppure dal solo lato inferiore per creare la parte piana sul davanzale.

### Interventi sul telaio esistente

Per garantire la tenuta all'aria ed all'acqua della struttura esistente è necessario sigillare la giunzione tra il vecchio telaio e la muratura.

Nel caso in cui sul telaio in legno vi sia uno strato di vernice di finitura, è necessario eliminare con abrasione le zone con vernice non aderente prima di applicare eventuali cordoni di tenuta.

I fori di drenaggio dell'acqua sul telaio esistente devono essere otturati con silicone.

### Installazione del nuovo telaio

*Spessoramento:* l'appoggio del nuovo telaio sulla struttura esistente deve essere effettuato in maniera tale da evitare deformazioni durante la fase di installazione. L'uso degli spessori idonei in corrispondenza dei punti di ancoraggio alla muratura deve essere calibrato, in maniera tale da offrire un valido appoggio del nuovo telaio al supporto esistente.

*Piombo e livello:* la posizione del nuovo telaio deve essere regolata con gli appositi spessori, in maniera tale da garantire il filo a piombo ed il livello prima del fissaggio definitivo.

*Fissaggio del nuovo telaio:* il vecchio telaio non costituisce un elemento di ancoraggio "sicuro" in maniera assoluta, in quanto non si conosce a priori la tenuta alla muratura. Per assicurare un idoneo grado di ancoraggio del nuovo telaio in ogni condizione, è consigliabile utilizzare viti di fissaggio che, oltre ad ancorarsi sul vecchio telaio, vengano fissate anche alla muratura. Si consiglia, quindi, di verificare la lunghezza minima della vite da usare per rispondere a tale necessità. (La perforatura della muratura viene effettuata con una punta di  $\varnothing=6.0$  mm).

*Rifinitura esterna:* la rifinitura del telaio installato deve essere effettuata considerando le seguenti accortezze:

- devono essere praticati i fori di areazione sui profili di rifinitura scatolati usati per la coprifilatura esterna al fine di evitare deformazioni dovute all'irraggiamento solare;
- il fissaggio dei profili di rifinitura non deve avvenire con mezzi meccanici (viti), ma tramite l'uso del silicone.

Nello schema seguente viene rappresentata una soluzione "tipo" di ristrutturazione del telaio esistente in legno.

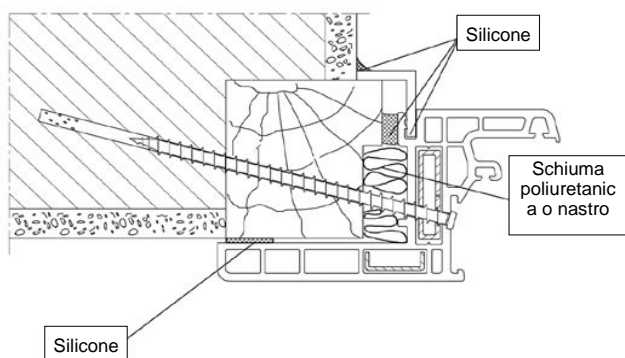


Figura: esempio di ristrutturazione del vecchio telaio in legno; sezione del montante

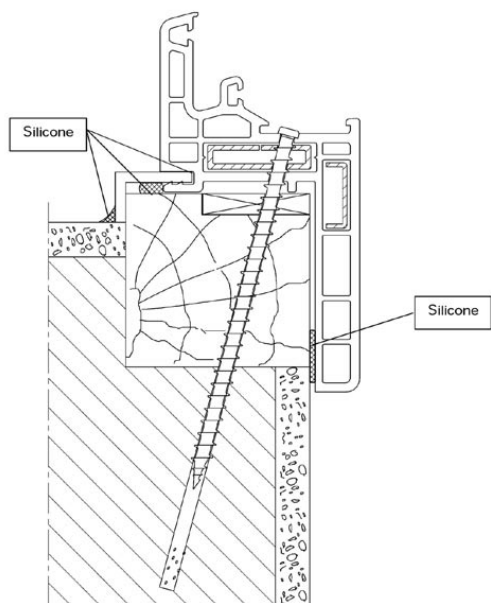


Figura: esempio di ristrutturazione del vecchio telaio in legno; sezione della traversa inferiore.

## CONTROLLI FINALI DI FUNZIONAMENTO DEL SERRAMENTO INSTALLATO

Ad installazione del serramento avvenuta, è necessario effettuare alcune operazioni di controllo finale, per verificare la funzionalità della realizzazione.

- Verifica del funzionamento dei meccanismi di chiusura delle ante:
  - verifica dello sforzo di chiusura della maniglia (sforzo  $\leq 10\text{Nm}$ );
  - non devono verificarsi chiusure o aperture spontanee dell'anta dovute alla posa fuori piombo;
  - il meccanismo di anti-falsa manovra della ferramenta deve agire correttamente.
- Controllo della misura di battuta in sormonto dell'anta sul telaio su tutto il perimetro apribile del serramento (8 mm) ed eventuale correzione, agendo sulla regolazione della ferramenta o sulla spinta dei sottospessori di vetraggio.

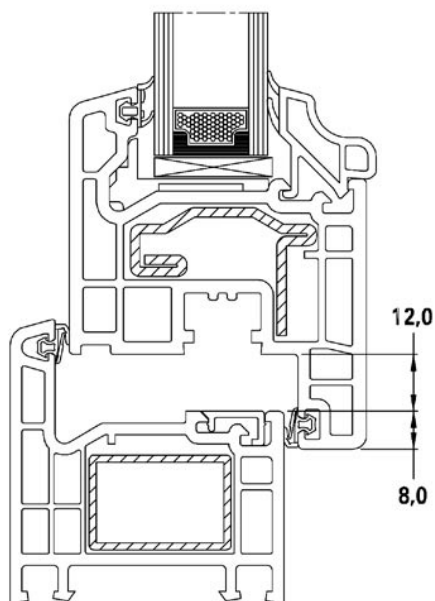


Figura: verifica della misura di battuta in sormonto dell'anta sul giunto apribile.

- Verifica del funzionamento degli accessori (avvolgibili, persiane, ecc.).
- Verifica della funzionalità dei fori di scarico dell'acqua sui profili del telaio o delle traverse (assenza di corpuscoli o trucioli).
- Asportazione del film protettivo dai profili in PVC: con quest'operazione, da mettere in pratica immediatamente dopo la posa in opera del serramento, si evita che il film possa lasciare residui di colla difficili da asportare dalle superfici dell'infisso a causa della lunga permanenza sui profili.



- Pulizia delle superfici del serramento, del davanzale, del cassonetto e della zona di lavoro nel caso di posa in un locale già abitato.

## PIANO DELLA SICUREZZA E TRATTAMENTO DEI MATERIALI IN CANTIERE

### Piano Operativo della Sicurezza (POS)

La gestione dei materiali in cantiere (accesso, deposito e movimentazione delle attrezzature e dei serramenti nell'area del cantiere, trasporto delle finestre ai piani di posa, gestione delle attrezzature, ponteggi e materiali vari) e dei dispositivi di sicurezza sul lavoro è subordinata alle regole definite nel Piano Operativo della Sicurezza del

cantiere (POS).

Tale documento, ai sensi del Dlgs n. 528 del 19 Novembre 1999 e del DPR approvato dal Consiglio dei Ministri il 23.05.2003, redatto da ciascun datore di lavoro delle imprese esecutrici.

### **Collocamento dei materiali nel magazzino del cantiere**

All'atto dello scarico dei serramenti dal mezzo di trasporto, devono essere seguite alcune precauzioni per salvaguardarne l'integrità:

- lo spostamento dei serramenti, anche per piccoli tratti, verso il magazzino del cantiere deve sempre essere effettuato sollevandoli completamente dal suolo, al fine di non compromettere l'integrità dei profili o addirittura della struttura della finestra stessa;
- gli infissi devono essere posti verticalmente, sollevati dal suolo, al coperto dagli agenti atmosferici e protetti da un film di nylon per evitare che lo sporco vi si depositi prima della posa. Le medesime accortezze devono essere prese anche per il posizionamento dei profili aggiuntivi di rifinitura, che verranno appoggiati in posizione orizzontale (imballati nel nylon) in luoghi protetti;
- è assolutamente da evitare il posizionamento dei serramenti all'aperto sotto l'influsso degli agenti atmosferici (sole, acqua, vento e polvere).

### **Materiali per l'assemblaggio e la manutenzione dei serramenti**

Durante le fasi di assemblaggio dei componenti del serramento, di montaggio sul vano murario e di manutenzione ordinaria, è molto importante non utilizzare prodotti aggressivi in grado di danneggiare la superficie dei profili. A questo proposito è necessario attenersi ad alcune indicazioni generali, in particolare per i serramenti rivestiti con pellicola decorativa.

- **Non utilizzare siliconi a base acetica**, in quanto i componenti volatili di tali sigillanti potrebbero danneggiare il film decorativo dei profili, i componenti della ferramenta e le parti in pietra del vano della finestra. Il silicone neutro è assolutamente da preferire.
- **Non utilizzare colle a solvente** che potrebbero arrecare danno allo strato esterno trasparente del film decorativo dei profili in PVC. Il collante COS K2 a base poliuretanica (e quindi senza solvente) è da preferire per l'assemblaggio dei profili rivestiti.
- **Non utilizzare solventi organici, diluenti o solventi di vernici** nella fase di pulizia del serramento, in quanto il film decorativo (o la superficie) potrebbe subire danneggiamenti.
- Nel caso si presentasse la necessità di eliminare dalla superficie dei profili rivestiti (o bianchi) tracce di sporco particolarmente tenaci (collante, silicone), potrà essere utilizzato il prodotto idoneo, disponibile a magazzino con codice R 1000.



## 4. CONTROSOFFITTO

### LE PRESTAZIONI

Le migliori prestazioni si ottengono scegliendo adeguatamente le orditure metalliche (sezione, interassi), il materiale isolante (tipologia, spessore, densità) e le lastre di rivestimento (numero, spessore e tipo di lastra).

### Isolamento Acustico

I controsoffitti a sistemi leggeri hanno elevate prestazioni di isolamento acustico in quanto funzionano con il meccanismo massa-molla-massa, che consente di raggiungere valori di potere fonoisolante molto elevati. Intervendendo su solai esistenti con controsoffitti su orditura metallica preferibilmente pendinati con ganci acustici, ribassati di almeno 200 mm ed interponendo un materassino in lana minerale di spessore minimo 50 mm, si ottengono miglioramenti dell'isolamento acustico fino a 13 dB, come da stime della normativa DIN 4109. Questo valore varia in funzione della massa della soletta e delle pareti laterali.

Prendiamo l'esempio di una soletta la cui massa riferita alla superficie della soletta di tipo massivo è pari a 150 kg/mq e la massa media di riferimento medio delle pareti laterali 400 kg/mq. Il suo potere fonoisolante è pari a 41 dB. Un controsoffitto pendinato con ganci, con un'intercapedine di almeno 200 mm nella quale è stato interposto un materassino in lana minerale di almeno 50 mm, porta ad un miglioramento di 13 dB del potere fonoisolante apparente ottenendo così un valore pari a 64 dB.



### Isolamento Termico

I controsoffitti per la loro stessa composizione (lastre che rivestono una orditura metallica portante), hanno la capacità di accogliere nell'intercapedine i materiali coibenti che conferiscono le migliori proprietà di isolamento termico, oltre che acustico. Una adeguata scelta del materassino in materiale fibroso da inserire nell'intercapedine al di sopra delle orditure metalliche, garantisce i migliori risultati anche dal punto di vista dell'isolamento termico.

I rivestimenti realizzati con lastre con barriera al vapore (b.v.) in lamina in alluminio (sp. 15  $\mu$ ), impediscono all'umidità di condensarsi all'interno dei materiali isolanti, che si mantengono inalterati nel tempo. Ad esempio un controsoffitto realizzato con il sistema D112, pendinato ad una sola soletta laterocementizia (20+4 cm) con interposto materassino in lana minerale da 40 mm, porta un miglioramento della resistenza termica da 0.77 m<sup>2</sup>K/W a 1.862 m<sup>2</sup>K/W.

La finitura in lastre a base gesso infine, data la loro struttura macroporosa, permette poi di mantenere condizioni climatiche ideali nell'ambiente: la lastra assorbe il vapore d'acqua in eccesso nell'aria ed altrettanto rapidamente lo restituisce quando l'aria è secca.



### **Resistenza meccanica/ Urti**

Prove di Laboratorio e Certificazioni mostrano la elevata capacità di resistere agli urti dei controsoffitti in gesso rivestito, conformemente a tutte le normative vigenti. A partire dal semplice controsoffitto con una sola lastra di rivestimento, si possono ottenere resistenze meccaniche ed agli urti sempre crescenti utilizzando lastre di spessore maggiore (CERTIFICATO URTO DA PALLA).



### **Antisismicità**

I controsoffitti ad orditura metallica e rivestimento in lastre possiedono caratteristiche evidenti di leggerezza che, in rapporto alla loro resistenza meccanica, rendono i Sistemi a Secco esattamente idonei in aree classificate sismiche.

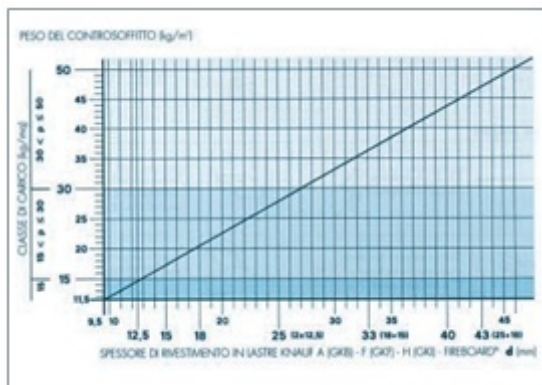
Le caratteristiche di resistenza e deformabilità di singoli collegamenti del sistema per controsoffitti (vite/lastra, lastra/profilo, profilo/gancio, profilo/sospensione), soddisfano ampiamente le sollecitazioni sismiche imposte nelle prove di laboratorio, con larghi margini di sicurezza.

## **CONTROSOFFITTO AD ORDITURA METALLICA**

### **DIMENSIONAMENTO DEL CONTROSOFFITTO**

Per il dimensionamento di un controsoffitto in lastre avvitate su orditura metallica, si deve determinare il peso proprio del controsoffitto costituito dalla struttura, dal rivestimento, dall'eventuale isolamento termo/acustico inserito nell'intercapedine e dagli eventuali elementi appesi (per es. plafoniere, faretti).

Definito a livello progettuale il tipo di rivestimento da realizzare, il peso proprio del controsoffitto si determina dalla seguente tabella.



Partendo dallo spessore totale del rivestimento leggo sulla retta la classe di carico alla quale appartiene. Sarà necessario aggiungere al peso proprio ricavato da grafico (comprendente l'orditura metallica e le lastre di rivestimento) i sovraccarichi distribuiti (materiali isolanti) e concentrati (plafoniere e tubazioni appese al soffitto).

Esempio: un controsoffitto con un rivestimento di una lastra di 12,5 mm pesa circa 14,5 kg/m<sup>2</sup> e appartiene alla classe di carico  $p < 15$  kg/m<sup>2</sup>; se inseriamo nell'intercapedine nell'intercapedine uno strato di lana minerale di spessore 100 mm e densità 30 kg/m<sup>3</sup>, applichiamo un sovraccarico distribuito di 3 kg/m<sup>2</sup>: il peso totale diventa 17,5 kg/m<sup>2</sup> e la classe di carico è  $15 < p \leq 30$  kg/m<sup>2</sup>: per ogni classe di carico sono diverse le distanze tra i punti di sostegno e di interasse tra i profili dell'orditura.

## TRACCIAMENTO DELL'ORDITURA METALLICA

La struttura metallica è costituita da profili in lamiera di acciaio sottile ( $\geq 0,6$  mm) profilata a freddo e protetta dalla corrosione mediante galvanizzazione a caldo, con rivestimento di zinco. La norma di riferimento del materiale è la UNI EN 10142 e la sigla di identificazione del materiale è DX51D+Z200-N-A-C.

I profili metallici sono di due tipologie:

- guide "U" 30/15, 30/27, 25/25 da posizionare a parete.



- montanti "C Plus" 50/15, 50/27, 60/25 da inserire nelle guide e sospendere alla soletta soprastante con ganci distanziatori pendini e barre asolate il cui passo è funzione della classe di carico calcolata.



È necessario verificare che la soletta, alla quale si andrà ad applicare il controsoffitto, sia in grado di sopportare il

nuovo carico applicato, fissato mediante le sospensioni puntuali.

Nel caso di un solaio in latero cemento le sospensioni dovranno essere vincolate possibilmente ai travetti e non alle pignatte.



Se il ribassamento del controsoffitto è superiore ai 12 cm utilizzare come elemento di sospensione il Pendino diametro 4 mm per il Gancio con Molla per profili "C Plus" 50/15, 50/27, 60/25 la cui portata arriva a 25 kg. Per una portata fino a 40 kg si utilizza la riga asolata per gancio dritto per profili "C Plus" 50/15, 50/27, 60/25



Qualora sia richiesta (per ottimali prestazioni acustiche) una riduzione delle vibrazioni tra soletta e controsoffitto in gancio dovrà essere di tipo "Silent" rispettivamente con molla o dritto per profili "C Plus" 50/15, 50/27, 60/25.



La costituzione di un controsoffitto in gesso rivestito comincia dal tracciamento della posizione delle Guide a "U" a parete.

Determinando l'abbassamento del controsoffitto, tracciare la posizione della guida sulla prima parete e poi riportarla con il laser sulle restanti pareti. La bolla al laser permette di ridurre al minimo gli errori che si riportano passando da parete a parete pur utilizzando la bolla per garantire la planarità del tracciamento

Per il corretto posizionamento dei ganci per la sospensione dell'orditura, considerare che la distanza del primo punto di sospensione dalla parete deve essere pari a circa 1/3 dell'interasse tra le sospensioni.



Applicare il nastro monoadesivo di guarnizione isolante in polietilene espanso sull'anima della guida, per contenere le trasmissioni acustiche laterali. Nel caso si utilizzasse il Distanziatore Universale è opportuno inserire tra la muratura ed il gancio il nastro monoadesivo quale taglio acustico. Bloccare le guide perimetrali con fissaggi ad interasse massimo di 50 cm. Se si posiziona la guida perimetrale su un setto in calcestruzzo, utilizzare tasselli ad espansione o pistola sparachiodi. La pistola sparachiodi non deve mai essere utilizzata su supporti fragili (blocchi forati, cls cellulare) o che contengano canalizzazioni, né su supporti da piastrellare, data la sensibilità dei rivestimenti ceramici alle fessurazioni di fondo, né su travi in c.a. o strutture in c.a.p..



### POSA DELL'ORDITURA METALLICA

Una volta fissate le guide a "U" si passa al posizionamento dei ganci regolabili posti all'interasse dettato dalla classe di carico del controsoffitto e all'inserimento dei profili a "C" all'interno delle guide a "U".

### POSA DELL'ORDITURA METALLICA SINGOLA

L'orditura metallica semplice è consigliata per piccoli ribassamenti di controsoffitti. Si determina il passo delle sospensioni e gli interassi delle orditure primarie consultando le seguenti tabelle.

Classi di carico "q" Kg/m <sup>2</sup>		Distanza sospensioni "a" mm	
q < 1,5		1000	
1,5 < q < 3,0		900	
3,0 < q < 5,0		750	

Rivestimento		Interassi profili portanti "p" mm	
Letra tipo	Spessore mm	Passo trasversale	Passo longitudinale
A (GR)	12,3, 13,	500	400
F (GR)	18, 2x(2,3)		
H (GR)			
RESINCEP	13, 20, 25	500	400

Tagliare i montanti "C plus" della lunghezza pari alla distanza tra le guide diminuita di 15 mm per facilitarne

l'inserimento nelle guide. Quando la dimensione in lunghezza dei profili non consente di oltrepassare con continuità la distanza tra le pareti opposte, è necessario procedere ad una giunzione di raccordo. Quest'ultima deve essere effettuata utilizzando l'apposito giunto lineare e rispettando le seguenti regole: il giunto deve essere posizionato in modo da trovarsi sfalsato tra un profilo e l'altro e la giunzione deve dare una resistenza meccanica almeno equivalente a quella del profilo. Inserire i montanti all'interno delle guide e vincolarli al sistema di sospensione adottato.




L'orditura deve essere eseguita leggermente concava verso l'alto al centro del locale. Verificare la planarità mediante un regolo di 2,00 m (le irregolarità devono essere inferiori ai 5 mm) e l'orizzontalità dell'orditura metallica (lo scarto di livello rispetto al piano di riferimento deve essere inferiore a 3 mm/m).

### Attrezzi per il montaggio dei controsoffitti

 <p><b>Alzalastre meccanico</b> provvisto di frizione modulabile per la discesa e salita, base con ruote larghe altezza max 3,2 m</p>	 <p><b>Cintura</b> in fibra tessile di elevata robustezza</p>
 <p><b>Maniglia portalastre</b> in acciaio con impugnatura in plastica resistente</p>	 <p><b>Borsa porta avvitatore</b> in pelle antiscivolo</p>
 <p><b>Carrello portalastre</b> trasporta fino a 10 lastre da 12,5 mm finiture in acciaio verniciato e ruote di grandi dimensioni per agevolare la movimentazione</p>	 <p><b>Borsa porta attrezzi</b> in pelle antiscivolo</p>
 <p><b>Tavolo da lavoro</b> dim. 1,25x2 m con le prolunghe incorporate può allungarsi fino a 3,6 m. In acciaio verniciato</p>	 <p><b>Squadra millimetrata</b> lungh. 120 cm. Dotata di base in legno e corpo in alluminio riportante la scala millimetrata</p>
 <p><b>Bicar</b> coppie di carrelli per Goplatte (disponibile su richiesta)</p>	 <p><b>Tagliastre</b> Consente il taglio delle lastre fino ad un max di 60 cm di larghezza. Impugnatura in legno, struttura in materiale metallico, braccetti e cuscinetti in acciaio</p>
 <p><b>Goplatte</b> n.2 supporti con morsetti n.1 traversa divisione (disponibile su richiesta)</p>	 <p><b>Coltello taglia lastre</b> lama in acciaio e manico in legno. La forma ad S rende agevole segnare la lastra per successive lavorazioni</p>

## Attrezzi per la stuccatura

 <p><b>Cutter professionale</b> la lama ha sezione 25x0,7 mm Il guidalame è in acciaio l'impugnatura è in gomma antiscivolo provvisto di magnete raccogli-lame e bottone di bloccaggio</p>	 <p><b>Rotella metrica in fibra</b> nastro da 20 mt in fibra di vetro, custodia in ABS, resistente agli urti, manovella di riavvolgimento e guarnizioni in metallo. Conforme norme CEE - d. II</p>	 <p><b>Miscelatore</b> in acciaio adatto per miscelare adesivi in polvere (Perfix) e stucchi a essiccazione in polvere (Jointfiller) e in pasta in piccole quantità</p>	 <p><b>Spatole triangolari 23 cm</b> in acciaio temperato; spatola per stendere la carta</p>
 <p><b>Coltello a lametta</b> cassa in metallo e lama intercambiabile</p>	 <p><b>Flessometro</b> nastro metallico da 5 mt di lunghezza e 25 mm di larghezza non flette fino a 3 mt, cassa in ABS resistente agli urti, bloccaggio a scatto. Conforme norme CEE - d. II</p>	 <p><b>Miscelatore ad eliche</b> in metallo a doppia elica per la miscelazione di grandi quantità di stucchi a essiccazione</p>	 <p><b>Spatola in acciaio INOX larga 30/25 cm</b> spatola di tipo largo per stuccare e per lisciare</p>
 <p><b>Pialletta per lastre</b> adatto per finire il bordo tagliato delle lastre. La cassa è in alluminio</p>	 <p><b>Cesoia a mano</b> consente un taglio netto dei profili grazie alle lame di acciaio forgiato a caldo e temperato, e all'impugnatura ergonomica in PVC antiscivolo. Disponibile nelle versioni per il taglio destro sinistro e dritto</p>	 <p><b>Spatola con impugnatura rinforzata largh. 10/12/15 cm</b> professionale modello "americana" per la stuccatura</p>	 <p><b>Spatole per angoli e spigoli</b> in acciaio INOX, con manico in legno ed ali laterali lunghe</p>
 <p><b>Pialletta angolare</b> in alluminio a base di appoggio in acciaio. Possibilità di realizzare smussi delle lastre a 45° o 22,5°.</p>	 <p><b>Cesoia elettrica 1001 N</b> consente tagli di lamiera fino a 2 mm di spessore, potenza nominale 200 W, 3000 battute/min.</p>	 <p><b>Spatola in acciaio inox 15 cm con punta per viti a stella;</b> impugnatura in legno naturale</p>	 <p><b>Cazzuola da stucco (60/70 mm)</b> in acciaio INOX e manico in legno per la miscelazione manuale</p>
 <p><b>Avvitatore</b> ergonomico nell' impu- gnatura la punta non è magnetica assicurando l'assenza di campi magnetici, potenza assorbita 400 watts</p>	 <p><b>Punzonatrice</b> studiata per il fissaggio tra profili ad U ed a C. Completamente in acciaio con impugnatura in gomma morbida.</p>	 <p><b>Sparviero in alluminio</b> impugnatura in legno per tenere il materiale durante la lavorazione, in sostituzione della cassetta portastucco quando si usa l'Americana</p>	 <p><b>Cassetta portastucco</b> in acciaio INOX da 0,8 mm bordata da usare con la spatola non Americana</p>
 <p><b>Frizione per trapano</b> trasforma un qualsiasi trapano elettrico in un efficace avvitatore. Non necessita di lubrificazione</p>	 <p><b>Fresa a tazza</b> provviste di denti in HSS, temperati a 63 HRC, con un passo variabile 4/6 T, saldati mediante bombardamento elettronico sul corpo speciale.</p>	 <p><b>Americana (30x10 cm)</b> manico in legno e superficie di lavoro in acciaio per stuccare e lisciare (terza mano); da usare con la cassetta</p>	 <p><b>Secchio in PVC</b> antiurto con supporti per manico rinforzato capacità 2 litri</p>
 <p><b>Doppio metro</b> modello professionale provvisto di doppia laccatura bianco-giallo e decimali rossi. Dotato di mole scatto in acciaio nichelato. Omologato CEE - classe III</p>	 <p><b>Mandrino di supporto</b> dotato di punta pilota HSS ed attacco esagonale da 11,1 mm</p>	 <p><b>Americana con angoli tondi (30x9 cm)</b> per la lisciatura (terza mano) e rasatura è ad angoli tondi per non rigare le superfici</p>	 <p><b>Tampone per smerigliare</b> antiurto in materiale plastico con blocco carta in acciaio</p>
		 <p><b>Americana ad una mano (28x13 cm)</b> in acciaio INOX per stuccare e lisciare (terza mano); da usare con cassetta portastucco</p>	 <p><b>Tela smeriglio presagomata</b></p>

## **MATERIALE ISOLANTE IN INTERCAPEDINE**

Dopo la posa delle orditure metalliche occorre inserire le reti impiantistiche ed in seguito anche l'eventuale pannello di lana isolante sopra i montanti. Le intercapedini dei controsoffitti in gesso rivestito possono essere utilizzate per interporre materiale isolante di diverso tipo. Si utilizzano normalmente materiali fibrosi (tipo lana di vetro e lana di roccia) di vario spessore e densità, per incrementare le prestazioni di isolamento termico e/o acustico della partizione.

Le lane di vetro a bassa densità, ad alta capacità fonoassorbente, incrementano il potere fonoisolante della parete.

Le lane di roccia, con alti punti di fusione ( $>1000^{\circ}\text{C}$ ), incrementano l'isolamento termico anche alle alte temperature di incendio, conferendo migliori proprietà di protezione al fuoco alla partizione.

Si deve sempre fare riferimento alle certificazioni di laboratorio ed alle indicazioni del Produttore per scegliere e dimensionare in modo corretto il materiale fibroso da apporre eventualmente in intercapedine.

