

GUIDA AL MONDO NORMATIVO E LEGISLATIVO DEL **VETRO** PER **EDILIZIA**



Autore: **UNI**
con il supporto dell'organo tecnico
UNI/CT 054 "Vetro"/GL 01 "Vetro piano"

© UNI Ente Italiano di Normazione

www.uni.com

Tutti i diritti sono riservati. I contenuti possono essere riprodotti o diffusi a condizione che sia citata la fonte.

Progetto grafico, impaginazione e redazione dei testi a cura di Editoria UNI

Pubblicato nel mese di ottobre 2022



Indice

PREMESSA	2
1. GUIDA AL MONDO NORMATIVO E LEGISLATIVO DEL VETRO PER EDILIZIA	4
2. TERMINI E DEFINIZIONI	5
3. ASPETTI DI SICUREZZA	6
4. RESISTENZA MECCANICA	16
5. PRESTAZIONI LUMINOSE	19
6. PRESTAZIONI TERMICHE	20
7. ASSORBIMENTO ENERGETICO E STRESS TERMICO	25
8. ISOLAMENTO ACUSTICO	27
9. RESISTENZA AL FUOCO	29
10. QUALITÀ OTTICA E VISIVA	30
11. POSA IN OPERA E SUGGERIMENTI PER IL CANTIERE	30
12. MANUTENZIONE	32
13. ASPETTI PRESTAZIONALI E QUALITATIVI	32
14. DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE (DoP) E MARCATURA CE	33
15. CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM)	35
16. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI	36

PREMESSA

UNI è un'associazione privata, indipendente, senza scopo di lucro, ma riconosciuta dallo Stato e dall'Unione Europea e rappresenta l'Italia in CEN e ISO, per elaborare le norme rispettivamente a livello europeo e mondiale.

Da 100 anni studia e pubblica le "norme UNI", che sono documenti di applicazione volontaria, realizzati da esperti, che si incontrano per condividere conoscenze ed esperienze e le raccolgono in documenti che ci spiegano *"come fare bene le cose"*. E se sappiamo come fare le cose nel modo migliore, le cose funzionano e abbiamo *"un mondo fatto bene"*.

Le norme UNI sono presenti ovunque nella vita quotidiana e nei luoghi di lavoro e sono un "concentrato di conoscenza" che aiuta le imprese a realizzare prodotti e servizi "migliori" e gli utilizzatori a scegliere "meglio".

Per definirle, mettiamo insieme i rappresentanti di tutte le parti interessate: quando giungono a una soluzione, la sottoponiamo a un'inchiesta pubblica; poi la ufficializziamo come "stato dell'arte". Per questo ogni norma UNI stabilisce uno standard ed è così autorevole.

UNI è una grande piattaforma partecipativa e democratica a disposizione del Paese, delle imprese, delle Istituzioni, delle associazioni e dei cittadini che produce un patrimonio di conoscenze e di valori utile, pratico ed etico. Svolge l'attività di normazione in Italia con una struttura articolata in più di 1.000 organi tecnici.

UNI inoltre è presente in migliaia di organi tecnici CEN (a livello europeo) e ISO (a livello mondiale), anche con ruoli guida nei settori strategici per il Made in Italy, a tutela della leadership tecnica nazionale.

L'avvio di un progetto di norma UNI ha sempre origine da chi utilizzerà e/o beneficerà dei suoi effetti: imprese, professionisti, Pubblica Amministrazione, consumatori, ecc. Tutti gli standard – siano essi nazionali o di origine CEN o ISO – vengono elaborati negli organi tecnici, grazie al lavoro volontario di esperti ed esperte e a due fasi di inchiesta pubblica che garantiscono la massima trasparenza e democraticità del percorso. Chi rappresenta tutte le parti interessate può partecipare all'iter di elaborazione, intervenendo ai lavori degli organi tecnici o semplicemente inviando i propri commenti nelle fasi di inchiesta pubblica.

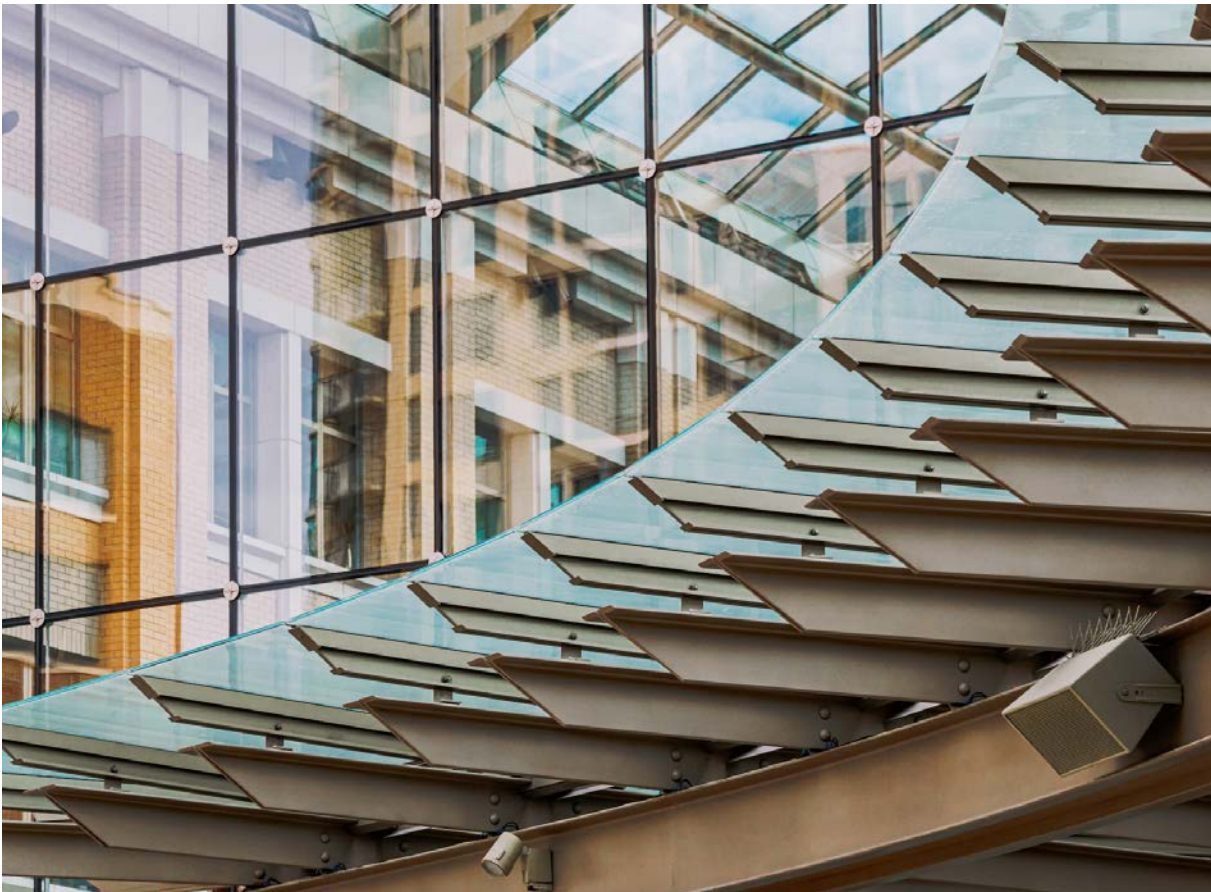
L'organo tecnico UNI/CT 054/GL 01 "Vetro piano" è il tavolo attorno al quale siedono gli esperti di aziende, associazioni e laboratori che si confrontano per rispondere alle esigenze del mercato dei loro prodotti di vetro impiegati nella ristrutturazione e decorazione degli interni e degli esterni e, come per gli edifici, oggi il vetro è parte integrante della carrozzeria dei mezzi di trasporto e adempie a molte funzioni.

Il presente quaderno è un documento pubblicato da UNI con il supporto dell'organo tecnico UNI/CT 054/GL 01 e di Assovetro che raccoglie prescrizioni relative all'utilizzo del vetro piano in edilizia, con particolare riferimento alle norme nazionali (UNI) ed europee (EN), comprese quelle armonizzate (hEN), per supportare progettisti, imprese di costruzione, direttori dei lavori e collaudatori, serramentisti e vetrai.

Sebbene si considerino ormai ben note le distinzioni tra le diverse tipologie di testi (per esempio regolamenti europei, direttive europee, norme UNI/EN/hEN/ISO, legislazioni nazionali), in qualità di ente di normazione si ritiene utile riportare l'attuale stato di validità delle norme trattate: per definizione ai sensi del Regolamento Europeo n. 1025/2012, le norme sono volontarie. Esse rappresentano lo stato dell'arte per la specifica materia trattata. Pertanto, quando si decide di progettare/prescrivere/manipolare prodotti diversamente da quanto riportato in questi testi, è necessario dimostrare, anche eventualmente con test di prova nel caso di progettazione, che la soluzione alternativa proposta sia valida. In caso di contenziosi e/o processi, in mancanza di documenti cogenti, le norme "UNI" e "UNI EN" sono prese a riferimento per la determinazione delle responsabilità.

Tuttavia, vi sono casi in cui le norme diventano di applicazione obbligatoria, in quanto sono inserite in dispositivi legislativi, nazionali o europei, oppure vi è fatto esplicito riferimento in bandi, contratti, ecc. L'esempio più concreto è quello delle norme armonizzate pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea ai sensi del Regolamento Europeo n. 305/2011 sulla commercializzazione dei Prodotti da Costruzione, la cui citazione rende quelle norme cogenti. La stessa situazione può essere ritrovata all'interno dei decreti legislativi pubblicati nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana.

La norma UNI è una pubblicazione distinta e con una propria maggiore dignità rispetto alla "specificazione tecnica" – UNI/TS "Technical Specification", e al "rapporto tecnico" – UNI/TR "Technical Report". Una norma prescrive i requisiti tecnici che un determinato prodotto, processo, servizio o sistema deve soddisfare. Essa ha una durata di cinque anni, dopo i quali è sottoposta a revisione per essere aggiornata in modo da essere sempre coerente con lo stato dell'arte attuale.



1. GUIDA AL MONDO NORMATIVO E LEGISLATIVO DEL VETRO PER EDILIZIA

Un qualunque elemento vetrario impiegato nelle superfici trasparenti degli edifici rappresenta un importante elemento dell'involucro edilizio. Tale elemento svolge da sempre la prioritaria funzione di lasciare passare la luce naturale all'interno dell'edificio, mantenendo l'efficace funzione di chiusura.

Negli ultimi anni la costante e crescente ricerca sviluppata dai produttori delle lastre di vetro di base, poi lavorato, trasformato opportunamente e utilizzato nelle applicazioni in edilizia, ha permesso di accrescere le funzionalità delle caratteristiche prestazionali dello specifico elemento vetrario.

Lo sviluppo della tecnica del *coating* (rivestimento tramite depositi) e dei vari trattamenti superficiali, come pure la possibile scelta tra varie tipologie di vetri per l'ottenimento di vetrate doppie e triple dalle molteplici caratteristiche prestazionali, ha permesso di proporre e assicurare al mercato, ai progettisti e ai vari operatori interessati, soluzioni sempre più aderenti alle crescenti esigenze, assicurando correttamente e puntualmente anche il rispetto delle disposizioni legislative.

La lastra di vetro per le parti, trasparenti e non, degli edifici, sta divenendo sempre più un vero e proprio "supporto-di-prestazioni", non percepibili da una semplice valutazione visiva (la lastra conserva infatti la sua naturale trasparenza), ma sicuramente presenti, proponibili e attestabili dall'industria di settore.

Nella fase di progettazione dell'edificio e dell'involucro edile il progettista è chiamato a rispondere alle aspettative e alle esigenze dell'utente e del committente, adottando e privilegiando anche scelte funzionali, dimensionali ed estetiche pienamente soddisfacenti; le principali esigenze che il progettista e il costruttore devono considerare, trattate o citate all'interno del presente documento, oltre agli aspetti dimensionali, sono:

- esigenze strutturali e di sicurezza;
- riduzione dei consumi energetici:
 - riscaldamento,
 - condizionamento,
 - illuminazione,
 - ventilazione;
- comfort:
 - termico (periodo estivo e invernale),
 - visivo,
 - acustico;
- aspetti estetici;
- altri elementi come:
 - durabilità,
 - manutenzione,
 - sostenibilità,
 - assorbimento energetico e stress termico,
 - posa in opera,
 - ecc.

2. TERMINI E DEFINIZIONI

Al fine di chiarire e condividere un linguaggio tecnico comune, in questo capitolo sono elencati i principali termini e definizioni per comprendere a pieno il documento.

coating (o deposito): Rivestimento superficiale applicato sulle lastre di vetro, con funzioni di controllo energetico.

Dichiarazione di Prestazione (DoP): Dichiarazione delle caratteristiche prestazionali, documento obbligatoriamente emesso dal produttore delle vetrate, ai sensi del Regolamento (UE) n. 305/2011.

faccia: Superficie della lastra di vetro.

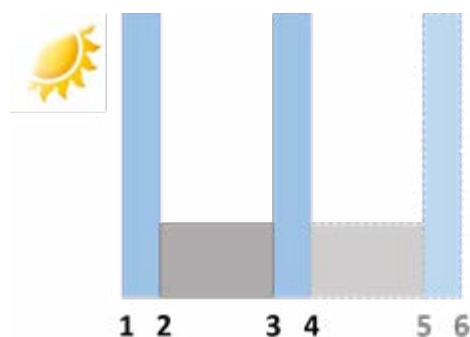
intercalare: Polimero plastico in fogli, generalmente PVB (polivinilbutirrale), interposto tra le lastre per la produzione del vetro stratificato di sicurezza.

lastra stratificata asimmetrica: Lastra stratificata composta da due o più vetri di diverso spessore e/o tipologia disposti in modo non simmetrico.

NTC: Norme Tecniche delle Costruzioni.

numerazione delle facce delle vetrate isolanti: Numerazione assegnata progressivamente a ciascuna delle facce del prodotto vetrario per l'edilizia a partire dalla lastra esterna della vetrata che costituisce la numero 1. La figura 1 riporta la numerazione delle facce delle vetrate isolanti, attraverso il seguente criterio di assegnazione: numero 1, faccia esterna della lastra esterna (monolitica o stratificata); numero 2, faccia interna della medesima lastra esterna; numero 3, faccia interna della seconda lastra (monolitica o stratificata); numero 4, faccia esterna della medesima lastra. Nel caso di vetrate multiple si prosegue con il medesimo criterio.

FIGURA 1. NUMERAZIONE DELLE FACCE DELLE VETRATE ISOLANTI CON VETRI MONOLITICI



progettista: Tecnico o gruppo di tecnici incaricati della progettazione dell'opera.

vetrata isolante asimmetrica: Prodotto vetrario per l'edilizia isolante composto da lastre esterne di diverso spessore, tipologia e/o composizione.

sollecitazione termica (shock termico) nel vetro: Fenomeno che origina da differenze di temperatura tra zone diverse della lastra di vetro e che, quando si supera la resistenza a differenziale termico della lastra soggetta al fenomeno, può portare alla rottura della stessa.

3. ASPETTI DI SICUREZZA

VETRO E 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.

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”.

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 di sicurezza i vetri stratificati di sicurezza e i vetri temprati di sicurezza che corrispondono ai requisiti delle rispettive norme tecniche di prodotto.

Non possono essere considerati vetri di sicurezza:

- il vetro ricotto, cioè il vetro ordinario;
- il vetro indurito, termicamente o chimicamente, la cui rottura avviene in pezzi in grado di provocare ferite.

Il vetro armato pur non rispondendo pienamente alle “modalità di rottura sicura”, può essere utilizzato per limitate applicazioni in edifici storici, nel caso di sostituzioni di copertura, per la sua capacità di offrire una resistenza residua post-rottura, oltre ad una certa capacità di ritenzione dei frammenti.

VETRO STRATIFICATO DI SICUREZZA

La **UNI EN ISO 12543-1** definisce “vetro stratificato” il vetro composto da almeno due lastre unite da uno o più intercalari, mentre definisce “vetro stratificato di sicurezza” il vetro nel quale, 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 perforazione e, in particolari applicazioni, anche quello di caduta nel vuoto.

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. Le figure 2, 3 e 4 mostrano lo schema di assemblaggio di lastre e strati di materiale plastico, come è composta una lastra stratificata di sicurezza e infine la rottura di una lastra stratificata di sicurezza.

FIGURA 2. SCHEMA DI ASSEMBLAGGIO



FIGURA 3. LASTRA STRATIFICATA DI SICUREZZA



FIGURA 4. ROTTURA DI UNA LASTRA STRATIFICATA DI SICUREZZA



Quando il vetro stratificato è composto da intercalari plastici specifici che gli conferiscono ottimali prestazioni in materia di isolamento acustico, si parla di “vetro stratificato acustico di sicurezza”.

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 allo “shock termico”, e ne caratterizza la modalità di rottura.

Il vetro temprato di sicurezza, le cui caratteristiche sono definite nelle norme **UNI EN 12150-1** e **UNI EN 12150-2**, si rompe in numerosi frammenti di ridotte dimensioni con bordi generalmente arrotondati (ad esempio come in figura 6) e deve essere marcato in modo permanente, recando il numero di tale norma.

FIGURA 5. SCHEMA LASTRA MONOLITICA



FIGURA 6. LASTRA TEMPRATA ROTTA



L'eventuale presenza di tracce di solfuro di nichel, che non sono individuabili né a occhio nudo né tantomeno tramite i sistemi di controllo laser posti sulle linee di produzione, può generare la rottura delle lastre temprate di sicurezza. Tale rischio viene drasticamente ridotto sottoponendo i vetri temprati di sicurezza al trattamento HST (Heat Soak Test) definito nelle UNI EN 14179-1 e UNI EN 14179-2; anche il vetro temprato di sicurezza con trattamento HST deve essere marcato in modo permanente, recando il numero di tale norma.

LA NORMA UNI 7697

La **UNI 7697** relativa ai criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie 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 e operatori coinvolti (progettisti, costruttori, serramentisti, vetrai, rivenditori, ecc). La norma fornisce quindi la classe prestazionale minima da applicare, senza trattare il calcolo degli spessori che deve necessariamente tenere conto delle specifiche condizioni al contorno, in accordo con le norme citate successivamente.

Fermo restando il rimando al testo della norma, che deve essere esaminata nella sua interezza considerata l'articolazione delle disposizioni in essa contenute, si riportano di seguito alcune indicazioni utili.

La UNI 7697 esamina le vetrate in funzione del contesto in cui sono collocate, della loro funzione, del posizionamento, del tipo di montaggio e della possibilità di contatto con le persone, e in relazione a tutto questo prescrive il tipo e il livello prestazionale delle lastre utilizzabili.

Al fine di orientare verso la scelta del vetro di sicurezza più idoneo, la norma tecnica considera diversi tipi di azioni/sollecitazioni che si presume possano agire sul prodotto vetrario per edilizia installato nelle normali condizioni d'uso.

Nel caso in cui il rischio di danno a persone o cose conseguente alla rottura della vetrata isolante sia prevedibile solo da un lato, il vetro di sicurezza deve essere installato dalla parte in cui si trovano

le persone o le cose che si intende proteggere durante l'impiego. In fase progettuale, comunque, devono essere tenute in considerazione le conseguenze della rottura di entrambe le lastre e su questa base decidere quale vetro utilizzare per ogni lato.

Deve essere anche evitata la 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 vetrario per l'edilizia temprato di sicurezza debba essere sottoposto al trattamento HST, che riduce il rischio di rottura spontanea. Qualora si utilizzino prodotti vetrari in composizione asimmetrica (vetrate isolanti o stratificate), per spessore o tipologia di lastra, al fine di garantire la classe prestazionale dichiarata occorre rispettare nella posa lo stesso verso utilizzato in fase di prova; il verso di posa deve essere indicato dal produttore.

La norma UNI 7697 si avvale di prospetti per indicare quali tipologie di vetro siano ammissibili nelle diverse applicazioni elencate. La norma contiene due prospetti: il primo tratta le prestazioni di sicurezza richieste per le specifiche applicazioni, per tutti gli edifici; nel secondo prospetto si elencano le prescrizioni previste per edifici di particolare interesse (scuole, ospedali, banche, ecc). Nel caso di dubbi interpretativi circa il tipo di prescrizione da rispettare, è opportuno privilegiare quella relativa all'applicazione specifica a discapito di quella generica.

Nei prospetti sono definiti anche i casi nei quali la lastra deve fornire una prestazione residua dopo l'avvenuta rottura; in questi casi viene prescritto vetro stratificato di sicurezza che possieda tale caratteristica. Quando vi siano condizioni di impiego, di posa, o di fissaggio particolarmente critiche, è consigliabile verificare le prestazioni in condizioni reali.

Per i prodotti ad elevato assorbimento energetico, con la finalità di ridurre il rischio di rottura per differenziale termico a causa delle condizioni ambientali o di montaggio, si suggerisce di verificare se sia opportuno utilizzare vetri di sicurezza temprati o stratificati temprati.

Si ricorda che, una volta stabilito quale debba essere la tipologia delle lastre componenti il prodotto vetrario, al fine di soddisfare le prestazioni di sicurezza richieste dall'applicazione, occorre procedere al loro dimensionamento.

CLASSIFICAZIONI DEL VETRO DI SICUREZZA

Al vetro possono essere conferite, tra le altre, le seguenti funzioni:

- protezione dal rischio di ferite in caso di urti accidentali;
- protezione dal rischio che oggetti in caduta attraversino coperture vetrate;
- protezione dal rischio di caduta delle persone;
- protezione dagli atti vandalici e dall'effrazione;
- protezione da proiettili di armi da fuoco ed esplosione.



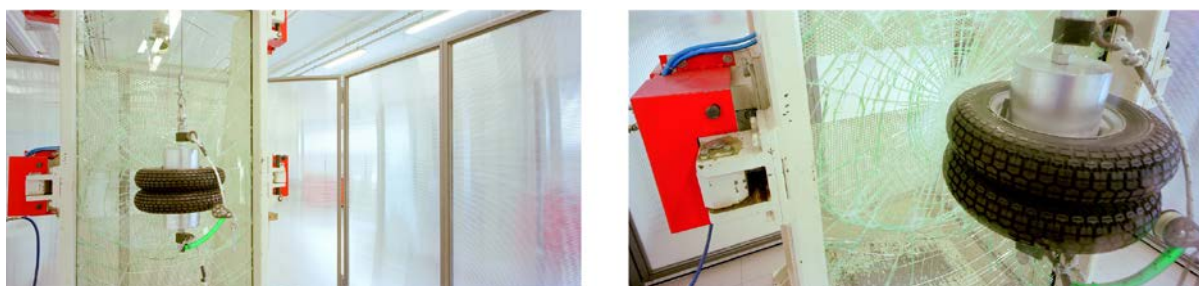
LA NORMA UNI EN 12600: PROVA DEL PENDOLO – METODO DELLA PROVA DI IMPATTO E CLASSIFICAZIONE PER IL VETRO PIANO

La norma **UNI EN 12600** indica i criteri per misurare la classe di resistenza e la modalità di rottura di una lastra (ricotta tipo A, stratificata tipo B, temprata tipo C) quando viene colpita da un corpo molle che simula l'impatto di un corpo umano.

In questo modo si classificano le lastre di vetro allo scopo di valutare il rischio di ferite da taglio e di determinare la loro capacità di contenimento, cioè la resistenza all'attraversamento della lastra.

Di seguito si riportano alcune immagini relative alle prove di laboratorio finalizzate alla classificazione del vetro piano e uno schema esemplificativo delle prestazioni fornite dai vetri così classificati.

FIGURA 7. PROVINO INTELAIATO ROTTO: PARTICOLARE



L'impattatore è costituito da un corpo d'acciaio con due pneumatici, con sezione circolare e battistrada piatto longitudinale, per una massa totale di 50 kg.

La prova consiste nel colpire per ogni altezza di caduta quattro provini, intelaiati sui quattro lati, a partire dall'altezza minima di caduta (secondo quanto riportato nella tabella 1 seguente) fino a quella della classe cui è ritenuto idoneo il materiale.

TABELLA 1. LIVELLI DI IMPATTO

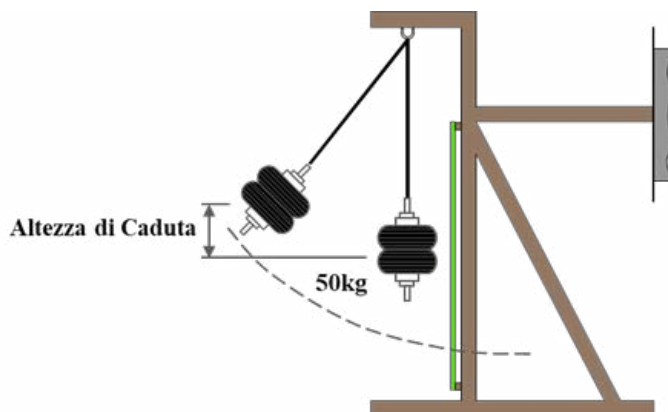
Classificazione	Altezza di caduta (mm)
3	190 mm
2	450 mm
1	1.200 mm

L'impattatore deve essere rilasciato con movimento pendolare e con velocità iniziale nulla. La figura 8 mostra lo schema dell'impattatore utilizzato nelle prove.

La direzione dell'impatto, che avverrà al centro del provino, deve essere ortogonale alla superficie.

La prova si ritiene superata se tutti i campioni o non si rompono oppure si rompono in modo conforme a quanto indicato nella norma stessa.

FIGURA 8. SCHEMA DELL'IMPATTATORE UTILIZZATO NELLE PROVE



La classificazione di un prodotto vetrario per l'edilizia in base alle prestazioni deve essere indicata come segue:

α (β) Φ , dove:

α : è espresso in numeri da 1 a 3, ed è la classe dell'altezza massima di caduta alla quale il prodotto non si è rotto oppure si è rotto nelle modalità del vetro temprato di sicurezza o del vetro stratificato di sicurezza;

β : è espresso con una lettera (A, B oppure C), ed indica la modalità di rottura;

Φ : è espresso in numeri da 1 a 3, ed è la classe dell'altezza massima di caduta alla quale il prodotto non si è rotto oppure si è rotto nelle modalità del vetro stratificato di sicurezza.

Per rendere più chiara e leggibile l'indicazione della classificazione prevista dalla norma UNI EN 12600 del prodotto vetrario per l'edilizia [α (β) Φ], possiamo considerare che, a fronte di una determinata tipologia di vetro (β) su cui è eseguito il test, il primo numero (α) individua la classe nella quale il campione può ritenersi sicuro anche in caso di rottura, vale a dire non pericoloso, il secondo numero (Φ) individua la classe nella quale il campione, oltre a non essere pericoloso, garantisce anche una capacità di contenimento eliminando di fatto il rischio di caduta nel vuoto dell'utente.

La tabella 2 riportata di seguito schematizza le indicazioni precedentemente descritte.

TABELLA 2. TABELLA RIASSUNTIVA UNI EN 12600

Classificazione α	Classificazione (β)	Classificazione Φ
Altezza massima a cui il campione non si rompe o si rompe come un vetro di sicurezza: classe 1 = 1.200 mm classe 2 = 450 mm classe 3 = 190 mm	Modalità di rottura: A = tipica del vetro float ricotto B = tipica del vetro stratificato C = tipica del vetro temprato	Altezza massima di caduta alla quale il campione non si rompe o si rompe come un vetro stratificato di sicurezza mantenendo la capacità di contenimento: classe 1 = 1.200 mm classe 2 = 450 mm classe 3 = 190 mm

Il vetro float ricotto, modalità di rottura A, non è un vetro di sicurezza.

LA NORMA UNI EN 356: VETRO DI SICUREZZA – PROVE E CLASSIFICAZIONE DI RESISTENZA CONTRO L'ATTACCO MANUALE

La norma **UNI EN 356** indica i criteri per misurare la resistenza di una lastra quando questa:

- viene colpita da un corpo duro (sfera di acciaio da 4.11 kg) che simula il lancio di un oggetto solido contro il prodotto vetrario per l'edilizia (prestazione antivandalismo) (vedere figura 9);
- viene attaccata con martello e ascia per simulare un tentativo di scasso/furto (prestazione antieffrazione) (vedere figura 10).

In questo modo si classificano le lastre di vetro allo scopo di valutare la loro resistenza agli attacchi manuali. Le tabelle 3A e 3B riportate qui di seguito indicano la classificazione per la resistenza delle vetrate di sicurezza.

TABELLA 3A. TABELLA DI CLASSIFICAZIONE PER LA RESISTENZA DELLE VETRATE DI SICUREZZA: PROVA DI CADUTA DI UN CORPO DURO

Categoria di resistenza	Altezza di caduta (mm)	Numero totale di colpi
P1A	1.500 mm	3 in un triangolo
P2A	3.000 mm	3 in un triangolo
P3A	6.000 mm	3 in un triangolo
P4A	9.000 mm	3 in un triangolo
P5A	9.000 mm	3x3 in un triangolo (in questo caso la prova viene ripetuta per 3 volte a parità di altezza di caduta)

TABELLA 3B. TABELLA DI CLASSIFICAZIONE PER LA RESISTENZA DELLE VETRATE DI SICUREZZA: PROVA DI RESISTENZA ALL'ATTACCO DELLA MAZZA E DELL'ASCIA

Categoria di resistenza	Altezza di caduta (mm)	Numero totale di colpi
P6B	-	da 30 a 50
P7B	-	da 51 a 70
P8B	-	oltre 70



FIGURA 9. PROVA DI CADUTA DI UN CORPO DURO

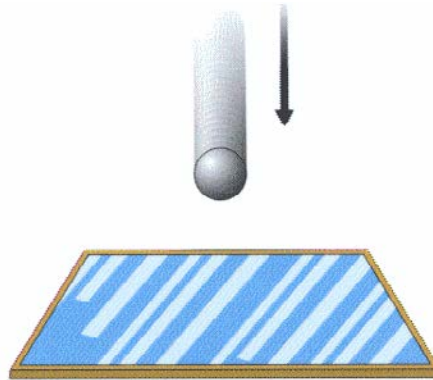


FIGURA 10. PROVA DI RESISTENZA ALL'ATTACCO DI MAZZA E ASCIA



LA NORMA UNI EN 1063: VETRATE DI SICUREZZA - CLASSIFICAZIONE E PROVE DI RESISTENZA AI PROIETTILI

La norma **UNI EN 1063** indica i criteri per misurare la resistenza di una lastra quando questa:

- viene colpita da proiettili sparati da pistole e fucili (classi da BR1 a BR7) (tabella 4);
- viene colpita da proiettili sparati da fucili a palla - Brenneke (classi SG1 e SG2) (tabella 5).

TABELLA 4. CLASSIFICAZIONE E REQUISITI DI PROVA DELLE VETRATE RESISTENTI AI PROIETTILI: PISTOLE E FUCILI

Classi	Tipo di arma	Calibro	Tipo	Massa (g)	Condizioni di prova: distanza di tiro (m)	Condizioni di prova: velocità di impatto (m/s)	Condizioni di prova: numero di impatti	Condizioni di prova: distanza tra gli impatti (mm)
BR1	Fucile	0,22 LR	L/RN	2,6 ± 0,1	10,00 ± 0,5	360 ± 10	3	120 ± 10
BR2	Pistola	9 mm Luger	FJ ¹⁾ /RN/SC	8,0 ± 0,1	5,00 ± 0,5	400 ± 10	3	120 ± 10
BR3	Pistola	0,357 Magnum	FJ ¹⁾ /CB/SC	10,2 ± 0,1	5,00 ± 0,5	430 ± 10	3	120 ± 10
BR4	Pistola	0,44 Rem. Magnum	FJ ²⁾ /FN/SC	15,6 ± 0,1	5,00 ± 0,5	440 ± 10	3	120 ± 10
BR5	Fucile	5,56 x 45*)	FJ ²⁾ /PB/SCP1	4,0 ± 0,1	10,00 ± 0,5	950 ± 10	3	120 ± 10
BR6	Fucile	7,62 x 51	FJ ¹⁾ /PB/SC	9,5 ± 0,1	10,00 ± 0,5	830 ± 10	3	120 ± 10
BR7	Fucile	7,62 x 51**)	FJ ²⁾ /PB/HCl	9,8 ± 0,1	10,00 ± 0,5	820 ± 10	3	120 ± 10

LEGENDA alla Tabella 4

1) Proiettile con blindatura di acciaio dolce.

2) Proiettile con blindatura di lega di rame.

*) Passo di rigatura 178 mm ± 10 mm.

**) Passo di rigatura 254 mm ± 10 mm.

L Piombo.

CB Proiettile con ogiva di forma conica.

FJ Proiettile blindato.

FN Proiettile con ogiva di troncoconica.

HCl Proiettile con nucleo di acciaio duro, massa 3,7 ± 0,1 g, durezza 63 HRC.

PB Proiettile appuntito.

RN Proiettile con ogiva arrotondata.

SC Nucleo tenero (piombo).

SCP1 Proiettile blindato (tipo SS 109) con nucleo tenero (piombo) e penetratore di acciaio.

TABELLA 5. CLASSIFICAZIONE E REQUISITI DI PROVA DELLE VETRATE RESISTENTI AI PROIETTILI: FUCILI DA CACCIA

Classi	Tipo di arma	Calibro	Tipo	Massa (g)	Condizioni di prova: distanza di tiro (m)	Condizioni di prova: velocità di impatto (m/s)	Condizioni di prova: numero di impatti	Condizioni di prova: distanza tra gli impatti (mm)
SG1	Fucile da caccia	12/70	Proiettile di piombo deformabile (Brenneke)	31,0 ± 0,5	10,00 ± 0,5	420 ± 20	1	-
SG2	Fucile da caccia	12/70	Proiettile di piombo deformabile (Brenneke)	31,0 ± 0,5	10,00 ± 0,5	420 ± 20	3	125 ± 10

In questo modo si classificano le lastre di vetro allo scopo di valutare la loro resistenza all'impatto di proiettili.

Se vi è proiezione di schegge dalla faccia opposta a quella di impatto del proiettile, alle classi di cui sopra si aggiunge la lettera S, se non vi è proiezione, le lettere NS.

LA NORMA UNI EN 13541: PROVE E CLASSIFICAZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PRESSIONE CAUSATA DA ESPLOSIONI

La norma **UNI EN 13541** indica i criteri per misurare la resistenza di una lastra sottoposta all'onda di pressione generata da un'esplosione e classifica le lastre di vetro su quattro livelli di prestazione (classi da ER1 a ER4). Vedere tabella 6.

TABELLA 6. TABELLA DI CLASSIFICAZIONE DELLA RESISTENZA ALLA PRESSIONE CAUSATA DA ESPLOSIONI

Codice di classificazione	Caratteristiche dell'onda d'urto piana. Massima sovrappressione dell'onda d'urto riflessa p_t (kPa)	Caratteristiche dell'onda d'urto piana. Impulso specifico positivo j_+ (kPa ms)	Caratteristiche dell'onda d'urto piana. Durata della fase di sovrappressione t_+ (ms)
ER1	$50 \leq p_t < 100$	$370 \leq j_+ < 900$	≥ 20
ER2	$100 \leq p_t < 150$	$900 \leq j_+ < 1.500$	≥ 20
ER3	$150 \leq p_t < 200$	$1.500 \leq j_+ < 2.200$	≥ 20
ER4	$200 \leq p_t < 250$	$2.200 \leq j_+ < 3.200$	≥ 20

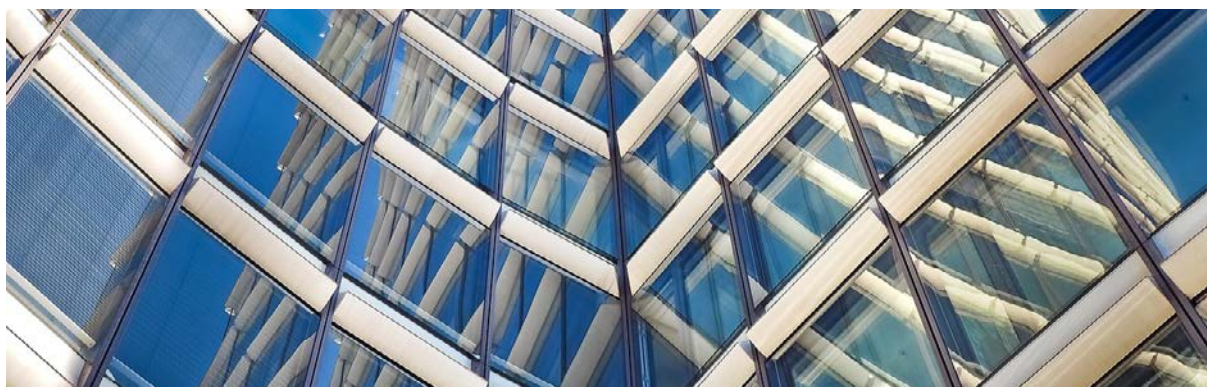
Se vi è proiezione di schegge dalla faccia opposta a quella di impatto del proiettile, alle classi di cui sopra si aggiunge la lettera S, se non vi è proiezione, le lettere NS. In tutti i casi, qualora si utilizzino lastre di composizione asimmetrica al fine di assicurare la prestazione dichiarata, occorre rispettare il verso di posa indicato dal produttore.

Dato che la resistenza all'esplosione non dipende dalla sola componente vetrata ma dall'intero sistema (vetro + serramento), è consuetudine certificare l'intero sistema.

INDICAZIONI PER EDILIZIA SCOLASTICA

Il Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (MIUR) nell'aprile 2013 ha emanato proprie Linee Guida, che escludono l'utilizzo di vetri temprati, precisando che le vetrate devono essere realizzate, sia all'interno che all'esterno, con vetri stratificati di sicurezza di classe 2(B)2 di classe 1(B)1 fino a 90 cm di altezza dal piano di calpestio.

Le prescrizioni indicate nella **UNI 7697** sono coerenti con quelle ministeriali, ma innalzano a 100 cm l'altezza della soglia sotto la quale il vetro deve essere di classe 1(B)1, al fine di offrire maggiori garanzie di sicurezza all'utenza contro il rischio di caduta, e prevedono per le Università e gli Istituti di grado equivalente, per la lastra esterna in caso di vetrata isolante, anche la possibilità di adoperare il vetro temprato di sicurezza di classe minima 1(C)3.



4. RESISTENZA MECCANICA

Il vetro è un solido amorfo che, per la sua composizione chimico-fisica, è caratterizzato da un comportamento elastico fino al raggiungimento della rottura. A differenza di altri materiali 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 (generalmente bordi e spigoli), da cui potrebbero innescarsi le rotture delle lastre. Il suo comportamento fragile ne condiziona le modalità di utilizzo, ed è quindi necessaria una piena conoscenza dei parametri meccanici e termici che lo caratterizzano. Nella tabella 7, ripresa dalla UNI EN 572-1, sono richiamati i principali parametri di interesse.

TABELLA 7. PRINCIPALI PARAMETRI MECCANICI E TERMICI [FONTE: UNI EN 572-1]

Proprietà	Simbolo	Unità di misura)	Valore
Densità (a 18 °C)	ρ	[kg/m ³]	2.500
Durezza (Knoop)	HK _{0,1/20}	Gpa	6
Modulo di Young (modulo di elasticità)	E	[MPa]	70.000
Coefficiente di Poisson	μ	[-]	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 °C e 300 °C	α	[1/K]	9x10 ⁻⁶
Resistenza contro il differenziale di temperatura e la variazione improvvisa di temperatura	-	[K]	40 (valore generalmente accettato che è influenzato dalla qualità del bordo e dal tipo di vetro)
Conduttività termica	λ	[W/(m K)]	1
Indice di rifrazione medio alle radiazioni visibili [da 380 nm a 780 nm]	N	[-]	1.5
Emissività (corretta)	ε	[-]	0.837

Per quanto riguarda il dimensionamento degli spessori delle lastre in vetro con funzione di tamponamento, indicazioni procedurali sono fornite dalla **UNI 11463** e dalla norma europea **UNI EN 16612**. Le norme adottano il metodo di calcolo semiprobabilistico agli stati limite.

Per le applicazioni strutturali del vetro soggetto a carichi (travi, solai, colonne, coperture, ecc.) si rimanda alla **serie UNI CEN/TS 19100**. Le suddette specifiche tecniche forniscono le regole di progettazione di base per i componenti di vetro, illustrando i requisiti per la resistenza, la funzionalità, le modalità di frattura e le conseguenze dovute alla rottura dei componenti di vetro in relazione alla sicurezza delle persone, alla robustezza, alla ridondanza e alla durabilità delle strutture in vetro.

AZIONI E CARICHI

Secondo quanto già indicato nel Capitolo 3 delle NTC, di cui al D.M. 17 gennaio 2018, 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

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera e sono riportati nella Tab. 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici del Capitolo 3 delle NTC.

All'interno delle NTC, i carichi verticali uniformemente distribuiti sono indicati con q_k [kN/m²], mentre i carichi verticali concentrati con Q_k [kN]. Questi ultimi sono da utilizzarsi per verifiche locali distinte da non sovrapporsi ai corrispondenti carichi verticali ripartiti.

I carichi orizzontali lineari sono indicati con H_k [kN/m], devono essere utilizzati per verifiche locali, 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 base 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 a 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. Le formule principali di riferimento sono:

$$v_b = v_{b,0} \times c_a$$

dove c_a è il coefficiente di altitudine pari a:

$$c_a = 1 \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1.500 \text{ metri}$$

e dove:

$v_{b,0}$, a_0 , k_s 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 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» fornisce ulteriori precisazioni sull'argomento.

Pressione del vento

La velocità di riferimento¹ è necessaria per poter procedere al calcolo della pressione del vento, data dall'espressione:

$$p = q_r \times c_e \times c_p \times c_d$$

dove:

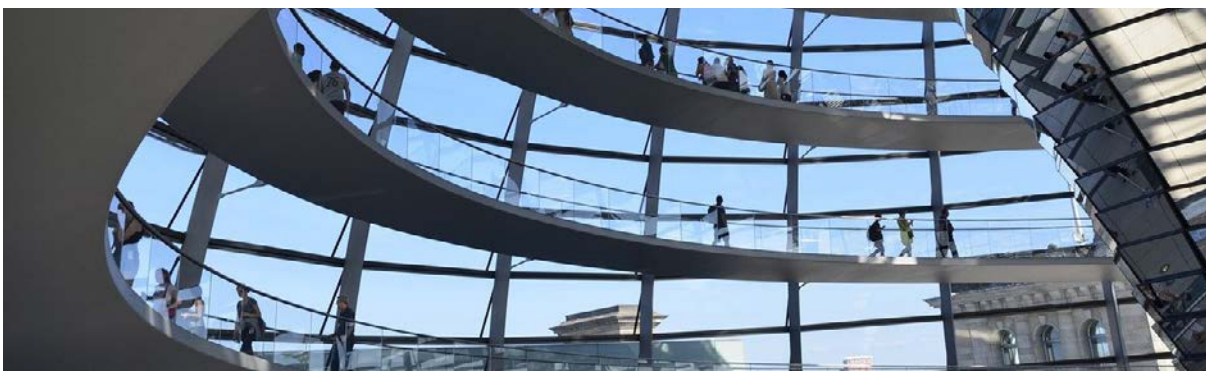
q_r è la pressione cinetica di riferimento, ed è proporzionale a v_b (cfr NTC §3.3.6);

c_e è il coefficiente di esposizione (cfr NTC §3.3.7);

c_p è il coefficiente di pressione (cfr NTC §3.3.8);

c_d è il coefficiente dinamico (cfr NTC §3.3.9).

¹ $v_r = v_b \cdot c_r$ dove c_r è il coefficiente di ritorno (cfr NTC §3.3.2).



Azione tangenziale del vento

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

$$p_f = q_r \times c_e \times c_f$$

dove:

q_r, c_e sono definiti nell'espressione precedente;

c_f è il coefficiente d'attrito (cfr NTC §3.3.8).

AZIONI DELLA NEVE

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

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

dove:

q_s è il carico neve sulla copertura;

μ_i è il coefficiente di forma della copertura (cfr NTC §3.4.3);

q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²]. (cfr NTC §3.4.2);

C_E è il coefficiente di esposizione (cfr NTC §3.4.4);

C_t è il coefficiente termico (cfr NTC §3.4.5).

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

La Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»» fornisce ulteriori precisazioni anche sull'azione della neve.

VETRI IN COPERTURA

È in fase di sviluppo una norma specifica dal titolo "Sicurezza delle coperture vetrate: metodo di prova, classificazione dei risultati e guida alla corretta scelta delle prestazioni di sicurezza"². La norma intende fornire indicazioni riguardo alla classificazione e ai test da eseguirsi su coperture in vetro, con l'obiettivo di verificare se una superficie vetrata sia idonea a sopportare sia i carichi statici di progetto già raccomandati da altre normative, che quelli generati dalla eventuale caduta di oggetti o di una persona che effettui manutenzione su di essa.

2 Si tratta del progetto UNI1609463 che è stato sottoposto all'Inchiesta Pubblica Finale. La bozza del progetto è disponibile sul sito UNI.

Per le suddette applicazioni generalmente si consiglia di utilizzare il vetro temprato come lastra esterna per aumentare la resistenza agli impatti della grandine.

5. PRESTAZIONI LUMINOSE

Il flusso luminoso che colpisce un prodotto vetrario per l'edilizia si divide in 2 componenti:

- la quantità di luce visibile che attraversa il vetro;
- la quantità che viene riflessa dal prodotto.

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

- trasmissione luminosa (TL);
- riflessione luminosa (RL).

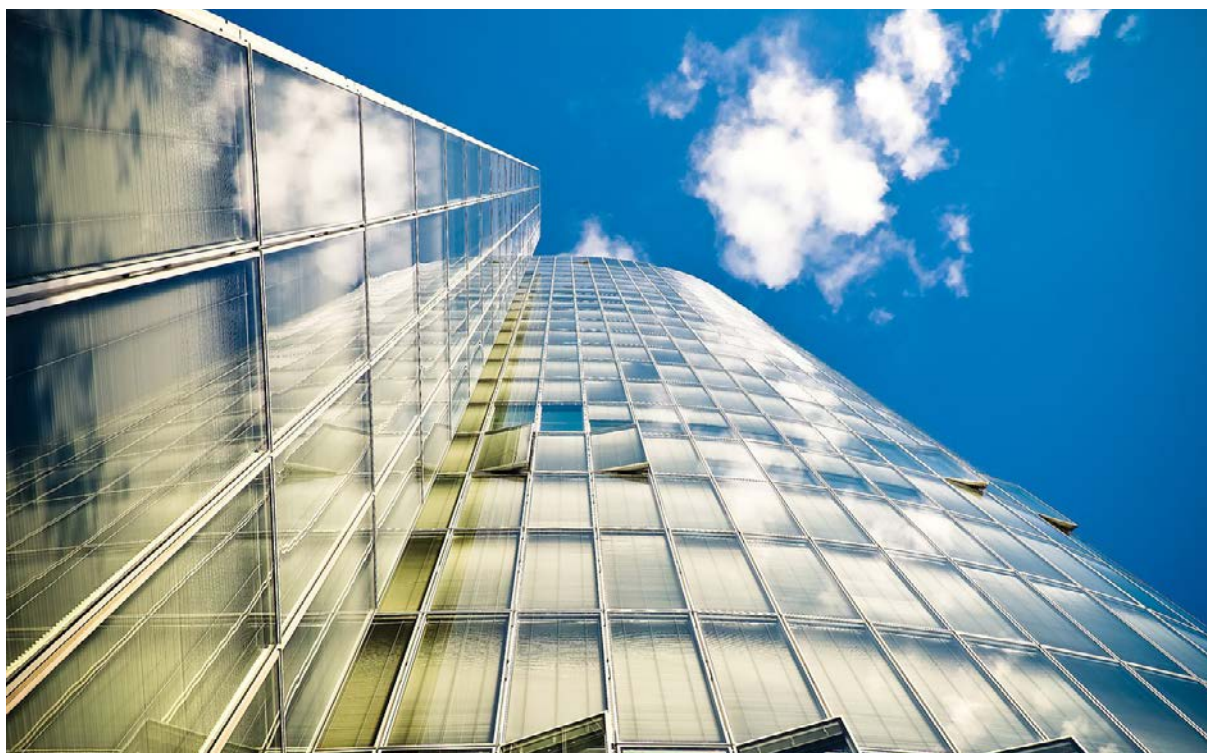
Essi dipendono dallo spessore e dalla colorazione del prodotto vetrario, nonché, eventualmente, dai depositi superficiali.

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

La trasmissione luminosa del prodotto vetrario deve essere fornita obbligatoriamente dal produttore ed è determinata in conformità alla norma **UNI EN 410**.

La corretta illuminazione è disciplinata dalle disposizioni sanitarie per gli ambienti di vita e di lavoro, in quanto garantisce comfort ed economie energetiche.

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.



6. PRESTAZIONI TERMICHE

LEGISLAZIONE IN MATERIA DI RENDIMENTO ENERGETICO DEGLI EDIFICI

La legislazione che in Italia regola le prestazioni energetiche degli edifici, in ottemperanza a quanto indicato, è rappresentata dal D.Lgs. 19 agosto 2005 n. 192 e s.m.i. che, ora, attraverso tre decreti attuativi (G.U. n.162 del 15/07/2015), in capo al Ministero dello Sviluppo Economico, disciplina in maniera completa il quadro delle prestazioni energetiche in edilizia. I tre decreti trattano:

- la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici, i requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche e i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici;
- gli schemi e le modalità di riferimento per la compilazione della relazione tecnica di progetto, in funzione delle diverse tipologie di lavori;
- le linee guida per l'attestazione della prestazione energetica degli edifici, che riportano una classificazione degli edifici, il format di Attestato di Prestazione Energetica (APE) e il format di Attestato di Qualificazione energetica (AQE). Relativamente alla figura del certificatore energetico, è in vigore il D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 115 e s.m.i..

A seguito dell'uscita della direttiva UE 2018/844 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, il D.Lgs. 19 agosto 2005 n. 192 è stato aggiornato dal Decreto legislativo 10 giugno 2020 n. 48.

PRESTAZIONI ENERGETICHE DELLE VETRATE

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 rivestimenti (anche detti coating): coating basso-emissivi, a controllo solare o selettivi che sono applicati sulle lastre tramite processi a caldo (pirolitico) o a freddo (magnetronico).

I vetri basso-emissivi assemblati in vetrata isolante garantiscono, di fatto, prestazioni di isolamento termico notevolmente più elevate di un vetro singolo, con evidente abbattimento dei costi di riscaldamento e delle emissioni di CO₂ nell'ambiente.

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, riducendo il surriscaldamento degli ambienti e facendo risparmiare l'energia per il raffrescamento. Gli effetti di un deposito a controllo solare sono positivi su tutto il territorio italiano, sebbene il beneficio diventi economicamente sempre più motivante passando dalle zone più calde alle zone più fredde.

Le prestazioni di termo-isolamento sono determinate dalla composizione e dalle caratteristiche delle vetrate isolanti, disciplinate dalle norme **UNI EN 1279, parti da 1 a 6**.

Il valore di trasmittanza termica U_g , proprio di ciascun tipo di prodotto vetrario, disciplinato dalla **UNI EN 673**, è il valore, fornito direttamente dal produttore, che definisce il livello di isolamento termico del vetro e ne indica l'efficacia. La misura della quantità di calore perduta attraverso la finestra ci è quindi data dalla trasmittanza termica complessiva del serramento $U_{w'}$, che è funzione della trasmittanza termica del prodotto vetrario per l'edilizia U_g , della trasmittanza del telaio U_f e tiene anche conto delle caratteristiche del canalino distanziatore.

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 (doppio vetro o DGU) ad alte prestazioni. Vetrate isolanti a doppia intercapedine (tripli vetri o TGU) raggiungono valori di trasmittanza termica fino a $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Il parametro che esprime, in maniera adimensionale, la quantità di calore che attraversa la vetrata è il fattore solare g . Minore è il fattore solare, minore sarà la quantità di calore che attraversa la vetrata. Il valore di questo parametro può oscillare da un minimo di 0,1 a un massimo di 0,9 (10% - 90%).

Nel caso di una vetrata isolante, il fattore solare si arricchisce di un ulteriore contributo rappresentato, oltre che dall'energia che la attraversa in modo diretto τ_e , anche dal flusso di calore secondario q_i trattenuto dal vetrocamera e successivamente trasmesso verso l'interno.

Nei mesi invernali gli apporti solari gratuiti contribuiscono a ridurre il fabbisogno energetico per il riscaldamento ma, comportando un aumento della temperatura interna, possono essere problematici nella stagione estiva se non correttamente considerati durante la fase progettuale o durante la scelta del prodotto vetrario, in modo particolare per i paesi mediterranei.

Tali concetti sono rappresentati dalle figure 11 e 12, che mostrano la trasmissione solare attraverso il vetro singolo e una vetrata isolante.

FIGURA 11. SCHEMA DI TRASMISSIONE SOLARE ATTRAVERSO IL VETRO SINGOLO

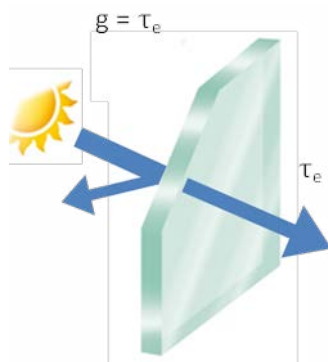
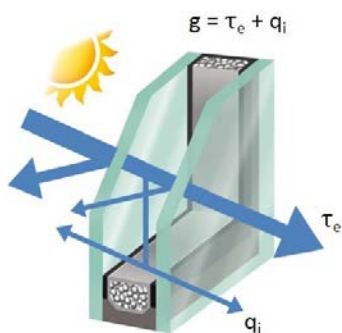


FIGURA 12. SCHEMA DI TRASMISSIONE SOLARE ATTRAVERSO UNA VETRATA ISOLANTE



Sebbene non esista alcuna specifica definizione in ambito normativo, in gergo commerciale, al fine di permettere una valutazione semplificata delle prestazioni dei prodotti, comunemente si utilizza l'**indice di selettività** che descrive il rapporto tra la trasmissione luminosa e il fattore solare (TL/g). Quanto più tale indice è elevato, tanto maggiore è la selettività del vetro.

I coating hanno raggiunto un elevato livello di trasparenza e neutralità, rendendo il vetro rivestito simile al vetro senza coating. Nel caso specifico dei rivestimenti, quindi, non è sempre possibile verificare "ad occhio nudo" se la vetrata isolante fornita sia effettivamente dotata di deposito.

Di seguito si forniscono alcuni suggerimenti pratici per verificare il prodotto vetrario per l'edilizia finito installato:

- in primo luogo è sempre bene rivolgersi a fornitori (vetreria/serramentista) affidabili e di comprovata esperienza;
- nessun vetro attualmente commercializzato può garantire in versione monolitica valori U_g inferiori a $3.4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Per ottenere valori U_g inferiori è sempre necessario ricorrere a vetrate isolanti;
- il diverso posizionamento del deposito sulla lastra (esterna o interna - faccia 2 o faccia 3 individuate secondo i criteri di numerazione delle facce) delle vetrate isolanti, può far variare l'aspetto cromatico e prestazionale. È quindi importante che il posizionamento del coating si mantenga uniforme sull'intera facciata dell'edificio, così da evitare effetti indesiderati di disomogeneità dell'aspetto;
- la presenza di un coating può essere facilmente rilevata anche con strumenti specifici, senza danneggiare le vetrate.

DECRETO REQUISITI MINIMI 2015

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_{gl+sh} della finestra, necessario per le verifiche previste dal Decreto 2015 "Requisiti minimi degli edifici".

L'esigenza di costruire involucri edili sempre più efficaci nel contenere i consumi energetici ha portato la normazione italiana ed europea a richiedere maggiore efficienza a tutti i componenti della facciata, anche per le prestazioni connesse con il raffrescamento estivo.

Il decreto 26 giugno 2015 "Metodologie di calcolo delle Prestazioni energetiche e Definizione delle Prescrizioni e dei Requisiti minimi degli edifici", di seguito Decreto 2015, è in vigore dal 1° ottobre 2015 e distingue tra le seguenti tipologie di intervento:

1. edifici di nuova costruzione;
2. edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni importanti di primo livello, cioè interventi sull'involucro edilizio con un'incidenza superiore al 50% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio, comprendenti anche la ristrutturazione dell'impianto termico;
3. edifici sottoposti a ristrutturazioni importanti di secondo livello, ossia con incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda;
4. edifici oggetto di riqualificazione energetica, ossia altre tipologie di interventi non ricadenti nei punti precedenti, quali, a titolo indicativo e non esaustivo, la manutenzione ordinaria o straordinaria, la ristrutturazione e il risanamento conservativo.

Per ogni edificio di nuova costruzione o soggetto a ristrutturazione importante di primo livello, il Decreto 2015 impone di confrontare la prestazione energetica di tale edificio, in termini di riscaldamento, raffrescamento e globale, con i corrispondenti valori prestazionali di un edificio di riferimento, ossia di un edificio identico in termini di geometria, orientamento, ubicazione, destinazione d'uso e situazione al contorno, nel quale gli elementi costruttivi e gli impianti abbiano le caratteristiche termiche e i parametri energetici indicati nelle tabelle dell'Appendice A del decreto.

Nel caso di edifici di nuova costruzione e per le ristrutturazioni importanti di primo livello si deve procedere, in sede progettuale, per quanto riguarda le chiusure trasparenti, alla determinazione dei seguenti valori prestazionali:

- coefficiente globale di scambio termico H'_T riferito all'intera porzione dell'involucro oggetto dell'intervento (parete verticale, copertura, solaio, serramenti, ecc.), il cui valore deve essere inferiore al valore massimo ammissibile riportato nella tabella seguente, in funzione della zona climatica e del rapporto S/V ;
- rapporto tra l'area solare equivalente estiva e l'area della superficie utile $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$, il cui valore deve risultare inferiore ai valori riportati nella seguente tabella 9;
- indici di prestazione termica per il riscaldamento ($EP_{H,nd}$), il raffrescamento ($EP_{C,nd}$) ed energetica globale (EP_{gl}), verificando che risultino inferiori ai valori dei corrispondenti indici limite calcolati per l'edificio di riferimento ($EP_{H,nd,limite}$, $EP_{C,nd,limite}$, $EP_{gl,tot,limite}$).

TABELLA 8. VALORE MASSIMO AMMISSIBILE DEL COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO H'_T [W/M²K]

Tipologia di intervento: nuova costruzione e ristrutturazioni importanti di 1° livello	Zona climatica A e B	Zona climatica C	Zona climatica D	Zona climatica E	Zona climatica F
Rapporto di forma $S/V \geq 0,7$	0,58	0,55	0,53	0,50	0,48
Rapporto di forma $0,7 > S/V \geq 0,4$	0,63	0,60	0,58	0,55	0,53
Rapporto di forma $S/V < 0,4$	0,80	0,80	0,80	0,75	0,70

TABELLA 9. VALORE MASSIMO AMMISSIBILE DEL RAPPORTO TRA AREA SOLARE EQUIVALENTE ESTIVA DEI COMPONENTI FINISTRATI 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	$\leq 0,040$

I valori degli indici di prestazione termica e globale calcolati per l'edificio di riferimento ($EP_{H,nd,limite}$, $EP_{C,nd,limite}$, $EP_{gl,tot,limite}$) sono ottenuti attribuendo, agli elementi tecnologici dell'edificio di riferimento, i valori di trasmittanza di seguito riportati:

TABELLA 10. TRASMITTANZA TERMICA U_w MASSIMA DEGLI ELEMENTI EDILIZI DELL'EDIFICIO DI RIFERIMENTO

Zona climatica	Chiusure trasparenti	Valori da rispettare per Superbonus 110% (Decreto 6 agosto 2020 – allegato E)
A e B	3,00	2.60
C	2,20	1.75
D	1,80	1.67
E	1,40	1.30
F	1,10	1.00

Per le ristrutturazioni importanti di secondo livello si deve verificare, in sede progettuale, il rispetto dei requisiti di trasmittanza termica. Si deve procedere alla determinazione del coefficiente globale di scambio termico H'_T riferito all'involucro.

TABELLA 11. VALORE MASSIMO AMMISSIBILE DEL COEFFICIENTE H'_T [W/M²K] - EDIFICI SOTTOPOSTI A RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI SECONDO LIVELLO

Tipologia di intervento	Zona climatica A e B	Zona climatica C	Zona climatica D	Zona climatica E	Zona climatica F
Ampliamenti e ristrutturazioni importanti di 2° livello per tutte le tipologie edilizie	0,73	0,70	0,68	0,65	0,62

Per gli interventi di riqualificazione energetica, si deve verificare, in sede progettuale, unicamente il rispetto dei requisiti di trasmittanza termica.

Le caratteristiche di isolamento dell'involucro edilizio determinano direttamente la dispersione energetica invernale e, di conseguenza, permettono di calcolare il fabbisogno di energia necessaria per il riscaldamento.

Il Decreto 2015 indica anche i valori di trasmittanza termica massima ammissibile $U_{w'}$, espressi in W/m²K, per gli interventi di ristrutturazione importante di 2° livello e di riqualificazione energetica.

TABELLA 12. TRASMITTANZE TERMICHE U_w MASSIME DEGLI ELEMENTI EDILIZI - EDIFICI SOTTOPOSTI A RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI SECONDO LIVELLO O A RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE

Zona climatica	Chiusure trasparenti [W/(M ² *K)]	Valori da rispettare per Superbonus 110% (Decreto 6 agosto 2020 – allegato E)
A e B	3,00	2.60
C	2,00	1.75
D	1,80	1.67
E	1,40	1.30
F	1,00	1.00

Inoltre, il Decreto 2015 ha introdotto il fattore di trasmissione globale di energia solare g_{gl+sh} (anche chiamato nelle norme tecniche g_{tot}) - già apparso limitatamente al solo vetro nel DPR 2 aprile 2009, n. 59 - in cui g è il fattore solare e i pedici gl (glass) e sh (shading) indicano rispettivamente i contributi forniti dal vetro e quelli dalle schermature. Le schermature possono essere considerate solamente se come precisato dalla specifica tecnica UNI/TS 11300-1 al punto 14.3.3, siano applicate in modo solidale con l'involucro edilizio e non liberamente montabili e smontabili dall'utente.

Come riportato nei "chiarimenti in materia di efficienza energetica in edilizia" del Ministero dello Sviluppo Economico dell'agosto 2016, punto 2.34, per il calcolo del contributo offerto dalle schermature (shading), è possibile tener conto di qualsiasi tipologia, cioè anche dell'eventuale contributo delle chiusure oscuranti (tapparelle e persiane). Inoltre, **si chiarisce che il soddisfacimento del requisito sul valore del fattore di trasmissione solare totale può essere verificato anche in assenza di schermatura, attraverso le sole caratteristiche della componente finestrata.**

Il fattore solare g_{tot} interessa, più in particolare, le sole chiusure trasparenti delimitanti un ambiente climatizzato verso l'esterno con orientamento da Est a Ovest, passando per Sud.

Per tutte le tipologie di interventi, il Decreto 2015 fissa il valore massimo del fattore di trasmissione di energia solare totale g_{gl+sh} della componente finestrata, il quale deve risultare $\leq 0,35$ per tutte le zone climatiche e qualunque sia la destinazione d'uso dell'edificio in cui la stessa sia inserita.

Sono esclusi gli edifici adibiti ad attività industriali e artigianali (categoria E.8).

7. ASSORBIMENTO ENERGETICO E STRESS TERMICO

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

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; il vetro è inoltre un cattivo conduttore termico, quindi può accadere facilmente 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 del prodotto vetrario (forma e dimensioni, spessore, presenza di intercalare o di rivestimenti, vetrata isolante, struttura di sostegno o di supporto, colorazione in massa, ecc.). Tutto ciò va visto in relazione anche ai fattori esterni e allo stato tensionale conseguente; è infatti evidente che con le dimensioni e la tipologia del prodotto vetrario 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 vi siano più elevati gradienti termici, maggiore è il rischio di arrivare alla rottura.

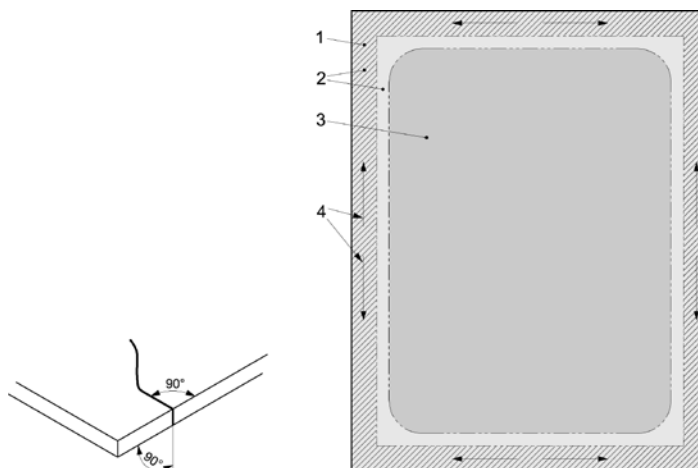
Un comune esempio di questa condizione lo si può rilevare in una lastra intelaiata sul perimetro, in cui la porzione di vetro esposta alla radiazione solare diretta assorbe calore, aumentando la sua temperatura, mentre la parte intelaiata resta ad una temperatura inferiore in quanto viene schermata.



Per prevenire che questi effetti possano portare a rottura, 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, **UNI EN 12150-1** per i vetri temprati termicamente).

La rottura di una lastra a causa di eccessive sollecitazioni termiche è ben identificabile in quanto ha origine dal bordo del vetro e si genera ortogonalmente a questo (90° attraverso lo spessore e 90° rispetto alla direzione del bordo - vedere figura 13). In funzione delle tensioni che l'hanno generata, il successivo propagarsi della rottura può assumere le direzioni e le forme più varie.

FIGURA 13. ESEMPIO DI DIFFERENZA DI TEMPERATURE SULLA LASTRA E INNESCO DI UNA SOLLECITAZIONE TERMICA



Nel caso in cui il bordo del vetro presenti difettosità variamente causate o sopravvenute, l'innesco 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.

L'utilizzo di vetro a basso assorbimento energetico, quale il vetro extra-chiaro 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.

L'applicazione di vernici o rivestimenti adesivi (sia pure occasionali), anche al fine di ottenere una protezione solare aggiuntiva, o un messaggio pubblicitario, soprattutto se di colori scuri, comportano un notevole incremento dell'assorbimento delle radiazioni solari da parte del vetro e possono generare surriscaldamenti disomogenei che producono un aumento delle sollecitazioni termiche e, quindi, del rischio di rottura della lastra.

Quando si verifica un accumulo di calore direttamente sul vetro, si determina un incremento delle sollecitazioni termiche a carico del vetro stesso. Un esempio tipico di tale situazione è rappresentato dall'applicazione (in un tempo differito rispetto al montaggio) di un dispositivo oscurante all'interno di un locale al fine di migliorare la protezione solare e l'antiabbagliamento (ad esempio tendaggi pesanti, scuri o riflettenti). Se non si presta attenzione a garantire una ventilazione adeguata o una sufficiente distanza nell'applicazione del sistema oscurante dal vetro, l'irraggiamento solare potrebbe generare sollecitazioni termiche superiori al previsto e, di conseguenza, provocare la rottura del vetro.

Bisogna inoltre evitare che si verifichi un differenziale termico provocato da radiatori, fissi o mobili, o da altri sistemi riscaldanti o raffreddanti posizionati troppo vicini al vetro.

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. Una tipica condizione critica può verificarsi al mattino con bassa temperatura ambientale e in presenza di irraggiamento solare diretto. Il bordo del prodotto vetrario, schermato poiché inserito nella scanalatura del telaio, rimane a bassa temperatura, mentre la restante parte della lastra, esposta a irraggiamento solare diretto, riscalda rapidamente.

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.

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.

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

In questi casi, 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.

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

Quando viene progettata una finestra o una porta vetrata scorrevole realizzata con vetrata isolante, in cui si possono verificare condizioni di sovrapposizione con altre superfici, si deve tener presente che tra questi elementi si viene a formare una camera aggiuntiva. In conseguenza della radiazione solare nella camera d'aria, non solo aumenta la temperatura ma il calore si disperde difficilmente, esponendo in tal modo le lastre di vetro a un'ulteriore sollecitazione termica e quindi a rischio di rottura. In questi casi occorre valutare con cura quali siano le tipologie di vetro e/o le lavorazioni più idonee da utilizzare.

8. ISOLAMENTO ACUSTICO

Le caratteristiche di fonoisolamento dei prodotti vetrari, indicate dalle norme **UNI EN 12758** e **UNI EN ISO 717-1 e -2**, sono fornite dai produttori a seguito di test eseguiti in laboratori notificati, 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 che le prestazioni dei serramenti sono fortemente condizionate dalle modalità di posa in opera.

Per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici si può fare riferimento alle norme **UNI 11175 parte 1 e 2**; in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione sono definiti dalla norma **UNI 11367**, richiamata anche dal decreto sui CAM – Criteri Ambientali Minimi; sulla base di tale norma viene stabilita una classificazione acustica per l'intera unità immobiliare. È infine proposta una valutazione sintetica (con un unico indice descrittore) dell'insieme dei requisiti per unità immobiliare.

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997, attuativo della Legge quadro n. 447 del 26 ottobre 1995 per la “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”, 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.

Il D.P.C.M. classifica le tipologie edilizie (tabella A – art. 2) e prescrive, per ciascuna delle parti componenti l’edificio, le relative prestazioni acustiche. La tabella 13 riporta la classificazione degli ambienti abitativi come da art. 2 D.P.C.M. 5 dicembre 1997.

TABELLA 13. CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (ART. 2 D.P.C.M. 5 DICEMBRE 1997)

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

Mentre la tabella 14 riporta i valori limite come da art. 3 D.P.C.M. 5 dicembre 1997.

TABELLA 14. VALORI LIMITE (ART. 3 D.P.C.M. 5 DICEMBRE 1997)

Categorie edifici (da Tabella 9)	R_w	$D_{2m, nT, w}$	$L_{n, wD}$	$L_{AS\ max}$	L_{Aeq}
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

LEGENDA alla Tabella 14

R_w : proprietà fonoisolante degli elementi di separazione tra due unità immobiliari distinte;

$D_{2m, nT, w}$: proprietà fono isolante della facciata;

$L_{n, w}$: proprietà fono isolante del solaio da rumori di impatto, come ad esempio il calpestio;

$L_{AS\ max}$: massimo livello di pressione sonora prodotta dai servizi a funzionamento discontinuo,

L_{Aeq} : massimo livello di pressione sonora prodotta dai servizi a funzionamento continuo.

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

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

9. RESISTENZA AL FUOCO

I vetri resistenti al fuoco sono progettati per rispondere a tre differenti prestazioni:

- E: Ermeticità o tenuta: attitudine di un elemento ad offrire resistenza al passaggio delle fiamme e dei gas caldi al lato non esposto al fuoco, impedendo la combustione di elementi vicini a tale superficie;
- W: Resistenza all'irraggiamento: attitudine di un elemento a resistere ad un incendio agente su una sola faccia, limitando entro una specifica soglia la trasmissione di calore per irraggiamento, sia alla superficie non esposta al fuoco sia ad altri materiali ad essa adiacenti;
- I: Isolamento: attitudine di un elemento a sopportare l'esposizione ad un incendio agente su un solo lato, impedendo la propagazione per conduzione al lato protetto, evitando la combustione di materiali ad esso adiacenti e proteggendo le persone in prossimità.

Disposizioni relative alla classificazione di resistenza al fuoco sono la **UNI EN 13501-2** "Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione", la **UNI EN 15998** "Vetro per edilizia - Sicurezza in caso di incendio, resistenza al fuoco - Metodologia di prova del vetro a scopo di classificazione" e la circolare del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco VVFF n. 5043 del 15 aprile 2013.

Per i prodotti vetrati sono quindi previste tre diverse classi di resistenza al fuoco in base alle prestazioni garantite:

- E;
- EW (mantenimento della radiazione al di sotto di 15 W/m^2 a 1 m di distanza);
- EI (mantenimento della temperatura media superficiale del lato non esposto $< 140 \text{ }^\circ\text{C}$ e con punte massime locali $< 180 \text{ }^\circ\text{C}$).

In base alla prestazione, vi sono prodotti che resistono 30' – 60' – 90' – 120'.

I produttori sono in condizione di fornire i vetri richiesti e le relative certificazioni prestazionali.

Grazie all'innovazione tecnologica e ad un continuo investimento nella ricerca, sono disponibili prodotti vetrari che assicurano la classe prestazionale al fuoco richiesta anche per applicazioni specifiche, quali coperture calpestabili o lastre di grandi dimensioni e forniscono al contempo prestazioni aggiuntive, come il controllo solare e la sicurezza per gli utenti, pur mantenendo spessori contenuti.



10. QUALITÀ OTTICA E VISIVA

Il tema della qualità ottica e visiva per le vetrate isolanti è riportato nell'appendice F della **UNI EN 1279-1**. In Italia la **UNI 11404** ha integrato la norma europea fornendo criteri più restrittivi per garantire un livello qualitativo elevato e ben definito, dettagliando le applicazioni per vetro stratificato, temprato e delle vetrate isolanti; la norma rappresenta un valido strumento in sede contrattuale, utile anche per ridurre i contenziosi tra gli operatori interessati.

Entrambe le norme stabiliscono le modalità di esame delle vetrate e i limiti entro i quali eventuali imperfezioni non siano da considerarsi difetti.

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

- difetti puntiformi;
- residui puntiformi e macchie;
- difetti lineari estesi (graffi).

Sono inoltre trattati gli aspetti visivi e i fenomeni fisici tollerabili:

- effetti di interferenza (frange di Brewster);
- effetti tipici delle vetrate multiple;
- anisotropie;
- condensa sulla superficie esterna della vetrata;
- wettability;

e i non tollerabili:

- anelli di Newton;
- sigillatura perimetrale della vetrata isolante.

11. POSA IN OPERA E SUGGERIMENTI PER IL CANTIERE

La norma di riferimento per il montaggio e la posa dei prodotti vetrari in opere edilizie è la **UNI EN 12488**. Ulteriori indicazioni pratiche possono essere fornite dal produttore stesso.

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 e 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 (l'aspetto è critico per i vetri ad elevato assorbimento energetico).

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 (prescrizione riportata anche nella UNI 7697).

Il trasporto delle lastre deve essere effettuato necessariamente in casse oppure su cavalletti, curandone il fissaggio così da evitare pressioni problematiche 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 separate con elementi distanziatori, deve avvenire in condizioni protette da agenti atmosferici, fisici o chimici dannosi.

Il montaggio della vetrata sul telaio deve essere effettuato utilizzando adeguati tasselli, nel rispetto delle necessarie tolleranze perimetrali. Anche nel posizionamento e fissaggio del fermavetro deve essere prestata attenzione affinché non venga danneggiato il bordo del vetro. Particolare attenzione va prestata ai bordi del vetro. I bordi che presentano lesioni, quali ad esempio le scheggiature causate da un'errata movimentazione delle lastre, possono, più facilmente, in seguito a sollecitazioni, innescare la rottura del vetro. Di conseguenza, è necessario prevenire il danneggiamento dei bordi in sede d'installazione, ed evitare il montaggio di vetrate isolanti danneggiate. Risulta evidente l'importanza dello stato del bordo nel vetro ai fini della resistenza alle sollecitazioni termiche e, conseguentemente, l'importanza del grado di finitura del bordo stesso in funzione del tipo di applicazione e del carico termico di progetto.

In caso di vetrata isolante (**UNI EN 1279-5**), sulla lastra montata l'eventuale inflessione, misurabile al centro della lastra sotto carico di esercizio, non deve superare 1/200 del lato minore della stessa e comunque non superare i 12 mm, così da garantire nel tempo la funzionalità del giunto perimetrale.

Nella fabbricazione delle vetrate isolanti è possibile che i bordi del vetro non siano perfettamente paralleli (disallineamento), purché nel rispetto delle tolleranze fornite dal prospetto 2 "Linee guida sulle tolleranze dimensionali delle vetrate isolanti" della **UNI EN 1279-1**; poiché in questi casi il posizionamento del vetro sul tassello non garantisce una distribuzione uniforme dei carichi ma induce sforzi aggiuntivi su una delle lastre è generalmente consigliato ridurre al minimo tale disallineamento.

Per quanto riguarda il 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 che 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.

Durante il periodo di esercizio del cantiere, la presenza di impalcature temporanee può generare ombre 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 che possa determinare 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.

Dopo il montaggio delle parti vetrate, è necessario rimuovere tempestivamente adesivi e 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.

12. MANUTENZIONE

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

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.

Nella progettazione e nella realizzazione di edifici di elevata altezza, nonché in quelli caratterizzati dalla presenza di estese superfici vetrarie, è opportuno prevedere la possibilità di accesso alle superfici da pulire, anche facendo ricorso alla predisposizione di punti di ancoraggio di sistemi manutentivi esterni.

13. 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 dello stesso alla Dichiarazione di Prestazione, che deve obbligatoriamente accompagnare il manufatto vetrario fornito.

FIGURA 14. MARCATURA CE E MARCHIO CSI-CERT UNI



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

Il sistema di controllo prescritto 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 (CSICERT 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 campionamenti e verifiche sul prodotto.

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

14. DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE (DoP) E MARCATURA CE

Come previsto dal Regolamento (UE) n. 305/2011 la Dichiarazione di Prestazione (DoP) deve contenere le seguenti informazioni:

- il riferimento del prodotto-tipo per cui è stata redatta;
- i sistemi di valutazione e verifica (AVCP) della costanza della prestazione del prodotto vetrario;
- 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 vetrario per l'edilizia;
- 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.

Inoltre vanno rese disponibili le ulteriori caratteristiche prestazionali richieste in fase di ordine.

Ai sensi del Regolamento i produttori devono rendere disponibile la Dichiarazione di Prestazione contestualmente alla fornitura del prodotto e devono apporre la marcatura CE, nel modo previsto dalle norme di prodotto. La marcatura CE 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 vetrario, per la sua natura e dimensioni, rendesse impossibile o ingiustificata l'apposizione di tutte le indicazioni richieste, queste possono essere fornite sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento.

Per la redazione della Dichiarazione di Prestazione si può seguire il modello riportato all'Allegato III del Regolamento (UE) n. 305/2011, rielaborato nell'esempio proposto a seguire:

**ESEMPIO: DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE PER UNA VETRATA ISOLANTE 33.1-16 ARGON -
33.1 BASSO-EMISSIVO**

DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE N.			
Vetrata isolante per impiego in edifici e costruzioni	Nome azienda, Ragione Sociale, indirizzo		
EN 1279-5:2018			
CARATTERISTICHE ESSENZIALI	AVCP	Prestazione	Norma EN
Sicurezza in caso d'incendio			
Resistenza al fuoco	1	NPD	EN 13501-2
Reazione al fuoco	3, 4	NPD	EN 13501-1
Comportamento al fuoco esterno	3, 4	NPD	EN 13501-5
Sicurezza nell'impiego			
Resistenza ai proiettili	1	NPD	EN 1063
Resistenza all'esplosione	1	NPD	EN 13541
Resistenza all'effrazione	3	NPD	EN 356
Resistenza all'impatto di un corpo oscillante	3	2(B)2-2(B)2	EN 12600
Resistenza contro variazioni improvvise di temperature e ai differenziali di temperatura	4	40/40 K	In base ai tipi di vetro usati come componenti
Resistenza meccanica: resistenza contro il carico da vento, neve, permanente e imposti e/o i carichi imposti della vetrata e della sigillatura del bordo quando richiesto	4	45/45-45/45 N/mm ²	In base ai tipi di vetro usati come componenti
Protezione contro il rumore			
Riduzione del rumore aereo diretto (dB)	3	35(-2; -6)	EN 12758
Proprietà termiche			
Valore di trasmittanza U _g (W/m ² K)	3	1.1 W/m²K	EN 673
Proprietà radiative			
Trasmissione luminosa	3	0.80	EN 410
Riflessione luminosa		0.12	
Caratteristiche dell'energia solare			
Trasmissione solare diretta	3	0.52	EN 410
Riflessione energetica/solare		0.23	
Fattore solare		0.60	
Durabilità	3	NPD	/

DOCUMENTO DI ACCOMPAGNAMENTO DICHIARAZIONE DI PRESTAZIONE N.			
ULTERIORI CARATTERISTICHE	Sistemi	Prestazione	Norma EN
Per usi collegati al risparmio energetico			
Assorbimento energia solare	3	0.23	EN 410
Trasmittanza termica lineare ψ del distanziatore a bordo caldo per serramento in legno	3	0,040 W/mK	/

15. CRITERI AMBIENTALI MINIMI (CAM)

I Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia, riportati nella GU n. 183 del 6-8-2022, decreto 23 giugno 2022 "Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi", che recentemente ha sostituito il decreto del 11 gennaio 2017 sullo stesso argomento, forniscono indicazioni vincolanti per gli interventi sugli edifici della Pubblica Amministrazione e per l'accesso agli incentivi del Superbonus 110%.

Tra i temi disciplinati si trova l'efficienza energetica, la qualità ambientale interna, nonché la sostenibilità del materiale.

In merito al benessere termico e alla qualità dell'aria interna, tali aspetti devono essere garantiti prevedendo condizioni conformi almeno alla classe B secondo la norma **UNI EN ISO 7730** in termini di PMV (Voto Medio Previsto) e di PPD (Percentuale Prevista di Insoddisfatti) oltre che di verifica di assenza di discomfort locale.

Rispetto alle emissioni indoor, si ricorda che, come ribadito anche nella **UNI EN 17416** "Vetro per edilizia – Valutazione dell'emissione di sostanze pericolose – Determinazione dell'emissione di prodotti di vetro nell'atmosfera interna degli edifici", **la maggior parte dei prodotti vetrari (ad esempio vetro ricotto di base, vetro temprato di sicurezza con o senza HST, vetro indurito termicamente) non contengono e quindi non possono emettere composti organici volatili (COV o VOC).**

In merito all'immissione nell'ambiente interno di radiazione solare diretta, il Ministero dell'Ambiente ha chiarito che il soddisfacimento del requisito di controllo solare può essere assolto anche attraverso le sole e specifiche caratteristiche della componente vetrata (ad esempio i vetri selettivi e a controllo solare).

Per quanto concerne l'illuminazione naturale, deve essere garantito un fattore medio di luce diurna maggiore del 2% per qualsiasi destinazione d'uso. Per le scuole materne, gli asili nido e le scuole primarie e secondarie è garantito un fattore medio di luce diurna superiore al 3%.

Relativamente all'acustica, il Decreto contiene un importante riferimento alla norma **UNI 11367**, "Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera". Viene quindi chiarito che gli edifici oggetto del Decreto devono soddisfare con riferimento alla UNI 11367, corrispondono:

- in generale, almeno a quelli della classe II del prospetto 1;
- al livello di "prestazione superiore" riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A e ai valori caratterizzati come "prestazione buona" nel prospetto B.1 dell'Appendice B, nel caso di singoli elementi tecnici di ospedali e case di cura;
- ai valori indicati nell'appendice C, nel caso degli ambienti interni, escluse le scuole.

Le scuole soddisfano i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella **UNI 11532-2**.

Nel caso in cui il criterio dei CAM e il DPCM 5/12/1997 prevedano il raggiungimento di prestazioni differenti per lo stesso indicatore, è necessario soddisfare le prestazioni più restrittive tra i due.

Il soddisfacimento di tale criterio viene attestato da un tecnico competente in acustica che redigerà, secondo le norme tecniche vigenti, una relazione acustica di calcolo previsionale e una relazione di collaudo basata su misure acustiche in opera.

Per quanto riguarda le Specifiche Tecniche dei Componenti edilizi risultano d'interesse la disassemblabilità (cioè la demolizione selettiva) e il contenuto minimo di materiale riciclato.



Per il disassemblaggio si richiede che almeno il 70% in peso dei componenti edilizi e degli elementi prefabbricati utilizzati nel progetto, escludendo gli impianti, sia sottoponibile, a fine vita, a disassemblaggio o demolizione selettiva (decostruzione) per essere poi sottoposto a preparazione per il riutilizzo, riciclaggio o altre operazioni di recupero.

Per i prodotti da costruzione dotati di norma armonizzata, devono essere rese obbligatoriamente le dichiarazioni di prestazione (DoP) in accordo con il regolamento prodotti da costruzione 9 marzo 2011, n. 305 e il decreto legislativo 16 giugno 2017 n. 106.

A differenza di altri materiali, per il vetro piano non è previsto un criterio specifico di contenuto minimo di materiale riciclato da soddisfare, né è contemplato il rilascio di “attestazioni/certificati CAM”.

16. RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

La guida rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi e legislativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Quando anche alcune norme non sono richiamate all'interno dei testi, rappresentano comunque i riferimenti per le tematiche affrontate. Per quanto riguarda i riferimenti datati è necessario fare riferimento alla versione aggiornata o revisionata del testo.

Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio

Decreto Legislativo 16 giugno 2017, n. 106 Adeguamento della normativa nazionale alle disposizioni del regolamento (UE) n. 305/2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE

Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia

Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE

Direttiva 2018/844/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica

Decreto legislativo 10 giugno 2020 n. 48 Attuazione della direttiva (UE) 2018/844 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 30 maggio 2018, che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica

D.Lgs. 19 agosto 2005 n. 192 e s.m.i. Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia

Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»

UNI CEN/TS 19100-1 Progetto di strutture in vetro - Parte 1: Criteri generali di progettazione e caratterizzazione del materiale

UNI CEN/TS 19100-2 Progetto di strutture in vetro - Parte 2: Progetto di componenti di vetro caricati ortogonalmente alla superficie

UNI CEN/TS 19100-3 Progetto di strutture in vetro - Parte 3: Progettazione di componenti di vetro caricati nel piano medio e dei loro ritegni meccanici

UNI 11463 Vetro per edilizia - Determinazione della capacità portante di lastre di vetro piano applicate come elementi aventi funzione di tamponamento - Procedura di calcolo

UNI EN 16612 Vetro per edilizia - Determinazione della resistenza delle lastre di vetro ai carichi laterali tramite metodi di calcolo

UNI EN 16613 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Determinazione delle proprietà meccaniche dell'intercalare

UNI EN 13022-1 Vetro per edilizia - Vetrate strutturali sigillate - Parte 1: Prodotti di vetro per sistemi di vetrate strutturali sigillate, per vetrate supportate e non supportate, monolitiche e multiple

UNI EN 13022-2 Vetro per edilizia - Vetrate strutturali sigillate - Parte 2: Regole di posa

UNI EN 15434 Vetro per edilizia - Norma di prodotto per sigillante strutturale e/o resistente ai raggi UV (per impiego in vetrate strutturali sigillate e/o in vetrate isolanti con sigillante esposto)

UNI EN 1288-1 Vetro per edilizia - Determinazione della resistenza a flessione del vetro - Principi fondamentali delle prove sul vetro

UNI EN 1288-2 Vetro per edilizia - Determinazione della resistenza a flessione del vetro - Prova con doppi anelli concentrici su provini piani, su grandi superfici sollecitate

UNI EN 1288-3 Vetro per edilizia - Determinazione della resistenza a flessione del vetro - Prova con provino supportato in due punti (flessione in quattro punti)

UNI EN 1288-4 Vetro per edilizia - Determinazione della resistenza a flessione del vetro - Prova su vetro profilato

UNI EN 1288-5 Vetro per edilizia - Determinazione della resistenza a flessione del vetro - Prova con doppi anelli concentrici su provini piani, su piccole superfici sollecitate

Decreto 23 giugno 2022 Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi (GU Serie Generale n. 183 del 06-08-2022)

Decreto interministeriale del 26 giugno 2015 Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici (G.U. n. 297 del 22/12/1997), attuativo della Legge quadro n. 447 del 26 ottobre 1995

UNI 11367 Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera

UNI 11175-1 Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 1: Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale

UNI 11175-2 Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 2: dati di ingresso per il modello di calcolo

UNI EN 12758 Vetro per edilizia - Vetrazioni e isolamento acustico per via aerea - Descrizioni del prodotto e determinazione delle proprietà

UNI EN 17416 Vetro per edilizia - Valutazione dell'emissione di sostanze pericolose - Determinazione dell'emissione di prodotti di vetro nell'atmosfera interna degli edifici

UNI EN 16477-1 Vetro per edilizia - Vetri verniciati per uso negli interni - Parte 1: Requisiti

UNI EN 1036-1 Vetro per edilizia - Specchi di vetro float argentato per uso in interni - Parte 1: Definizioni, requisiti e metodi di prova

UNI EN 1036-2 Vetro per edilizia - Specchi di vetro float argentato per uso in interni - Parte 2: Valutazione di conformità; norma di prodotto

UNI EN 15752-1 Vetro per edilizia - Pellicola polimerica adesiva - Parte 1: Definizioni e requisiti

UNI EN 15755-1 Vetro per edilizia - Vetri con pellicola polimerica adesiva - Parte 1: Definizioni e requisiti

UNI 7697 Criteri di sicurezza nelle applicazioni vetrarie

UNI/TS 11300-1 Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

UNI 11404 Vetrate per impiego in edilizia residenziale - Qualità ottica e visiva

UNI 11649 Vetro per edilizia - Lavorazioni del bordo delle lastre in vetro piano - Termini e definizioni

UNI 11666 Vetro per edilizia - Vetro verniciato per uso esterno - Requisiti estetici, di durabilità, meccanici e metodi di prova

UNI EN 356 Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza - Prove e classificazione di resistenza contro l'attacco manuale

UNI EN 410 Vetro per edilizia - Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate

UNI EN 572-1 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 1: Definizioni e proprietà generali fisiche e meccaniche

UNI EN 572-2 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 2: Vetro float

UNI EN 572-3 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 3: Vetro lustro armato

UNI EN 572-4 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 4: Vetro tirato

UNI EN 572-5 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 5: Vetro stampato

UNI EN 572-6 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 6: Vetro stampato armato

UNI EN 572-7 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 7: Vetro profilato armato e non armato

UNI EN 572-8 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 8: Forniture in dimensioni fisse

UNI EN 572-9 Vetro per edilizia - Prodotti di base di vetro di silicato sodocalcico - Parte 9: Valutazione della conformità / Norma di prodotto

UNI EN 673 Vetro per edilizia - Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo

UNI EN 1063 Vetro per edilizia - Vetrate di sicurezza - Classificazione e prove di resistenza ai proiettili

UNI EN 1279-1 Vetro per edilizia - Vetrate isolanti - Parte 1: Generalità, tolleranze dimensionali e regole per la descrizione del sistema

UNI EN 1279-2 Vetro per edilizia - Vetrate isolanti - Parte 2: Metodo per la prova di invecchiamento e requisiti per la penetrazione del vapore d'acqua

UNI EN 1279-3 Vetro per edilizia - Vetrate isolanti - Parte 3: Prove d'invecchiamento e requisiti per la velocità di perdita di gas e per le tolleranze di concentrazione del gas

UNI EN 1279-4 Vetro per edilizia - Vetrate isolanti - Parte 4: Metodo di prova per le proprietà fisiche delle sigillature del bordo

UNI EN 1279-5 Vetro per edilizia - Vetrate isolanti - Parte 5: Valutazione della conformità

UNI EN 1279-6 Vetro per edilizia - Vetrate isolanti - Parte 6: Controllo della produzione in fabbrica e prove periodiche

UNI EN 1863-1 Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodocalcico indurito termicamente - Parte 1: Definizione e descrizione

UNI EN 1863-2 Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodocalcico indurito termicamente - Parte 2: Valutazione della conformità / Norma di prodotto

UNI EN 12150-1 Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodocalcico di sicurezza temprato termicamente - Parte 1: Definizione e descrizione

UNI EN 12150-2 Vetro per edilizia - Vetro di silicato sodocalcico di sicurezza temprato termicamente - Parte 2: Valutazione di conformità / Norma di prodotto

UNI EN 12600 Vetro per edilizia - Prova del pendolo - Metodo della prova di impatto e classificazione per il vetro piano

UNI EN 12898 Vetro per edilizia - Determinazione dell'emissività

UNI EN 13501-1 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco

UNI EN 13501-2 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 2: Classificazione in base ai risultati delle prove di resistenza al fuoco, esclusi i sistemi di ventilazione

UNI EN 13501-5 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 5: Classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno

UNI EN 13541 Vetro per edilizia - Vetrate di sicurezza - Prove e classificazione della resistenza alla pressione causata da esplosioni

UNI EN 14179-1 Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza di silicato sodio calcico temprato termicamente e sottoposto a "heat soak test" - Parte 1: Definizione e descrizione

UNI EN 14179-2 Vetro per edilizia - Vetro di sicurezza di silicato sodio calcico temprato termicamente e sottoposto a "heat soak test" - Parte 2: Valutazione della conformità / Norma di prodotto

UNI 11649 Vetro per edilizia - Lavorazioni del bordo delle lastre in vetro piano - Termini e definizioni

UNI EN ISO 717-1 Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea

UNI EN ISO 717-2 Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio

UNI EN ISO 15186-1 Acustica - Misurazione mediante intensità sonora dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Misurazione in laboratorio

UNI EN ISO 15186-2 Acustica - Misurazione mediante intensità sonora dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Misurazioni in opera

UNI EN ISO 15186-3 Acustica - Misurazione mediante intensità sonora dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Misurazioni in laboratorio alle basse frequenze



UNI EN 1096-1 Vetro per edilizia - Vetro rivestito - Parte 1: Definizioni e classificazione

UNI EN 1096-2 Vetro per edilizia - Vetro rivestito - Parte 2: Requisiti e metodi di prova per rivestimenti di classe A, B e S

UNI EN 1096-3 Vetro per edilizia - Vetro rivestito - Parte 3: Requisiti e metodi di prova per rivestimenti di classe C e D

UNI EN 1096-4 Vetro per edilizia - Vetri rivestiti - Parte 4: Norma di prodotto

UNI EN 1096-5 Vetro per edilizia - Vetri rivestiti - Parte 5: Metodo di prova e classificazione delle prestazioni per le superfici rivestite dei vetri auto-pulenti

UNI EN ISO 12543-1 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Parte 1: Definizioni e descrizione delle parti componenti

UNI EN ISO 12543-2 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Parte 2: Vetro stratificato di sicurezza

UNI EN ISO 12543-3 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Parte 3: Vetro stratificato

UNI EN ISO 12543-4 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Parte 4: Metodi di prova per la durabilità

UNI EN ISO 12543-5 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Parte 5: Dimensioni e finitura dei bordi

UNI EN ISO 12543-6 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Parte 6: Aspetto

UNI EN 14449 Vetro per edilizia - Vetro stratificato e vetro stratificato di sicurezza - Valutazione della conformità / Norma di prodotto

UNI EN 12488 Vetro per edilizia - Raccomandazioni per la messa in opera - Principi di posa per vetrate verticali ed inclinate

UNI EN 1051-1 Vetro per edilizia - Diffusori di vetro per pareti e pavimentazioni - Parte 1: Definizioni e descrizione

UNI EN 1051-2 Vetro per edilizia - Mattoni di vetro per pareti e pavimentazioni - Parte 2: Valutazione di conformità/Norma di prodotto

UNI EN 14072 Vetro nei mobili - Metodi di prova



UNI Ente Italiano di Normazione

Membro italiano CEN e ISO

Via Sannio, 2 - 20137 Milano (sede legale)
Via del Collegio Capranica, 4 - 00186 Roma
Tel. 02 700241 - uni@uni.com

www.uni.com



[normeUNI](https://www.linkedin.com/company/normeUNI)



[Un mondo
fatto bene](https://www.facebook.com/UnmondoFattoBene)



[@normeUNI](https://twitter.com/@normeUNI)



[@formazioneUNI](https://twitter.com/@formazioneUNI)



[normeUNI](https://www.youtube.com/channel/UCnormeUNI)



[slideshareUNI](https://www.slideshare.net/slideshareUNI)