

Il comportamento del vetro alla radiazione solare

Dario Atzori - Responsabile Area Tecnica Assovetro

Da tempo ormai il vetro è stato chiamato a fornire il proprio contributo in merito al contenimento dei consumi energetici del sistema edificio, sia per il riscaldamento che per il raffrescamento dei locali.

Oggi infatti, grazie a prodotti più performanti e progettazioni più accurate, si è invertita la tendenza a costruire edifici con ampia dispersione d'energia, che avveniva principalmente dalle aperture presenti nell'involucro (facciate, porte e finestre). Oggi si costruiscono edifici a fabbisogno energetico sempre minore puntando, grazie al contributo delle fonti rinnovabili, ad edifici a consumo zero NzeB (Nearly Zero Energy Building).

Il vetro e la radiazione solare

La prestazione energetica del vetro è ovviamente funzione della quantità e della natura della radiazione solare incidente.

La radiazione solare che giunge sulla Terra ha una lunghezza d'onda che varia da 0,2 μm a 3 μm . Sotto i 0,38 μm parliamo di radiazione ultravioletta, che rappresenta circa il 3% del totale; il visibile si estende da 0,38 μm a 0,78 μm e rappresenta il 42%; tra 0,78 μm e 2,5 μm si trova l'infrarosso, che costituisce il restante 55%.

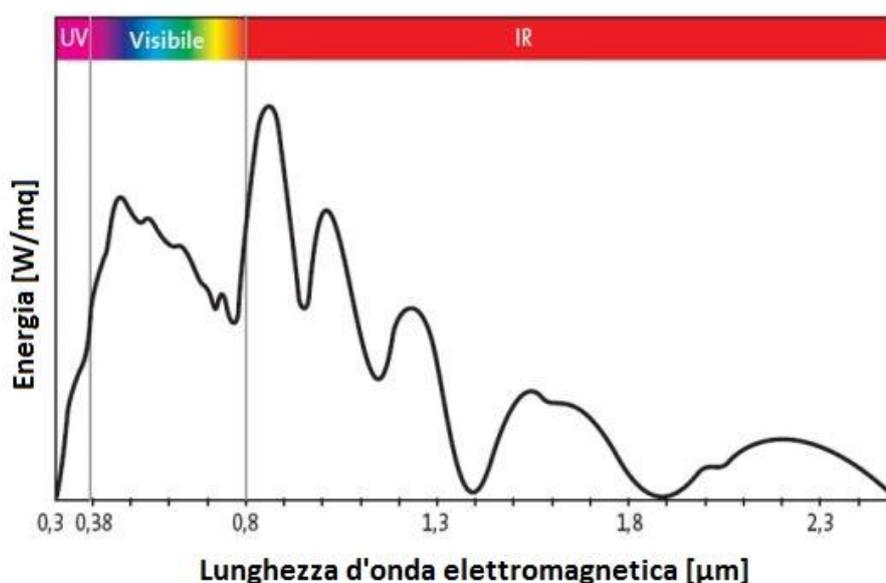


Figura 1 – Radiazione Solare Globale in accordo con norma UNI EN 410

La radiazione ultravioletta è la principale responsabile dei fenomeni di degrado fotochimico dei materiali (plastiche, pigmenti coloranti, tessuti, legno, cuoio, ecc.); fermarla è opportuno quasi sempre ed in taluni casi, come ad esempio per le vetrine di esposizione, necessario. Lo si può fare utilizzando delle lastre stratificate di sicurezza che sono in grado di fermare, in base al numero di plastici inseriti, fino al 99,5% della componente UV incidente.

L'obiettivo principale di una lastra di vetro è invece quello di far passare la radiazione nel campo del visibile contrastando allo stesso tempo, in misura diversa a seconda del contesto, il passaggio di radiazioni d'altro tipo.

Le radiazioni nel campo infrarosso, d'onda corta e lunga, sono le principali responsabili del comfort termico percepito. La radiazione solare che non viene riflessa o assorbita dall'elemento vetrario lo attraversa per lo più come radiazione d'onda corta; all'infrarosso d'onda corta è imputato, se in eccesso, il fenomeno del surriscaldamento degli edifici che comporta la necessità di condizionare gli ambienti; tale radiazione viene poi assorbita e riemessa, sotto forma di infrarosso d'onda lunga, da parte dei corpi opachi (caloriferi, persone e animali, elettrodomestici vari).

Il vetro e l'isolamento termico

È ben noto che il calore si propaga con tre meccanismi: per irraggiamento, per conduzione e per convezione. Il vetro semplice possiede un alto valore di trasmittanza termica, che comporta un'alta percentuale di flusso termico traversante, sia in entrata che in uscita. Per questo motivo in fase di progettazione si scelgono prodotti vetrari capaci di ridurre queste tre modalità di scambio termico.

Per ridurre il flusso termico da irraggiamento si utilizzano, in funzione delle radiazioni da contrastare, elementi vetrari dotati di un rivestimento, anche denominato "coating", quali i vetri a controllo solare, i vetri bassoemissivi e i vetri bassoemissivi selettivi.

I vetri riflettenti, utilizzati per il controllo solare di prima generazione, sono ottenuti attraverso il deposito di ossidi come ferro, cobalto, nichel e cromo, capaci di aumentarne la riflettanza nell'infrarosso corto.

I vetri bassoemissivi sono ricoperti da un deposito di metalli o ossidi, generalmente argento, che ne riducono l'emissività nell'infrarosso d'onda lunga.

Esistono poi i vetri bassoemissivi selettivi che filtrano diversamente sia le radiazioni dell'infrarosso dell'onda corta che quelle dell'infrarosso d'onda lunga, preservando la trasmissione luminosa.

Per ridurre lo scambio termico da conduzione e convezione occorre impiegare le vetrate isolanti, prodotti vetrari composti da due o più vetri (e una o più camere), *separati da uno o più distanziatori, sigillati ermeticamente lungo il perimetro, meccanicamente stabili e durevoli* (UNI EN 1279-1). Lo spazio che viene a crearsi tra le due lastre, denominato intercapedine, ha proprio la funzione di opporsi agli scambi termici per

conduzione e convezione. A seconda della prestazione richiesta l'intercapedine può essere riempita con aria secca, argon o krypton. Per prestazioni ancora più spinte è possibile ricorrere a vetrate isolanti con più intercapedini.

Per ottimizzare le prestazioni delle vetrate isolanti è necessario inoltre eliminare il ponte termico rappresentato dai canalini distanziatori; a tal fine vengono utilizzati canalini a bordo caldo (o warm edge) realizzati con un materiale che riduce al minimo il ponte termico.



Figura 2 - Schema vetrata isolante

La scelta dello specifico prodotto è funzione della situazione in cui si progetta; si deve prestare attenzione a diversi fattori, alcuni dei quali sono:

- L'orientamento dell'elemento: un'esposizione sud è particolarmente favorevole per il guadagno termico, durante i mesi freddi, ma può risultare gravosa nella stagione estiva.
- La presenza di schermature solari.
- La destinazione d'uso dell'edificio.
- La zona climatica in cui è sito l'edificio.

La capacità di trasmissione dell'energia solare radiante diretta viene valutata attraverso il fattore solare g ; tale parametro esprime in maniera adimensionale (%) la quantità di calore che passa attraverso la vetrata (composta dalla somma dell'energia solare trasmessa direttamente e dell'energia assorbita e riemessa internamente dalla vetrata) rispetto all'energia solare incidente sulla stessa. Minore è il valore del fattore solare minore sarà l'energia entrante nell'ambiente.

Direttamente connessi al fattore solare sono i tre flussi energetici nei quali la radiazione solare si divide nel momento in cui entra in contatto con una superficie vetrata:

- La quantità di radiazione che attraversa il vetro, definita attraverso il coefficiente di trasmissione solare τ_e
- La quantità di radiazione che viene riflessa esternamente dal vetro, indicata utilizzando il coefficiente di riflessione solare ρ_e (funzione del colore, dello spessore e dei coatings applicati).

- La quantità di radiazione che viene assorbita dal vetro, definito attraverso il coefficiente di assorbimento solare α_e .

Il vetro e le prestazioni luminose

La luce naturale rappresenta un elemento chiave nella vita di tutti i giorni. Nel bilancio energetico di un edificio, maggiore è l'illuminazione da luce naturale minore sarà il bisogno di ricorrere all'illuminazione artificiale, con conseguente risparmio di energia elettrica.

La radiazione nel campo del visibile è fondamentale per raggiungere l'opportuno livello di comfort visivo all'interno degli ambienti; la quantità di radiazione del visibile che attraversa l'elemento vetrario viene valutata attraverso il coefficiente di trasmissione luminosa $\tau_{l,}$, misurato secondo la norma UNI EN 410 e fornito obbligatoriamente dal produttore nella DoP (dichiarazione di prestazione).

Il coefficiente di trasmissione luminosa viene calcolato facendo riferimento alla quantità di flusso luminoso incidente. Questo parametro, come i tre coefficienti di trasmissione, riflessione e assorbimento solare, è funzione del colore del vetro, dello spessore e dei coatings applicati.

Dal punto di vista della progettazione dell'edificio si deve ricordare che, nella ricerca di una maggiore illuminazione naturale, può essere valido puntare non solo su prestazioni elevate di trasmissione luminosa del vetro ma anche su un aumento della superficie vetrata, soprattutto in presenza di balconi ed elementi in aggetto.

Le prestazioni del vetro in numeri

I valori tipici dei principali coefficienti comunemente utilizzati di un vetro base (float) di silicato sodio calcico, di 4 mm, in merito a isolamento termico e trasmissione luminosa sono i seguenti:

- Coefficiente di trasmissione luminosa (τ_l): 0,86
- Coefficiente di emissività (ϵ_n): 0,89
- Valore di trasmittanza termica (U_g): 5.8 W/(m² K)
- Fattore solare (g): 0,88

Per una vetrata isolante basilare, che monta due vetri semplici di 4 mm ciascuno con una camera di 16 mm contenente aria, invece sono:

- Coefficiente di trasmissione luminosa (τ_l): 0,80
- Valore di trasmittanza termica (U_g): 1,1 W/(m² K)
- Fattore solare (g): 0,58

È importante precisare che sotto il nome generico di vetri selettivi si raggruppano tutti i vetri con coating capaci di filtrare in maniera diversa le diverse bande di lunghezza d'onda. Trasmissione luminosa, fattore solare ed emissività possono avere valori estremamente differenziati, anche tra loro. A seconda delle

esigenze si potranno quindi impiegare vetri con alta capacità d'isolamento termico adatti per i climi freddi, o bassoemissivi adatti a ridurre l'irraggiamento solare e quindi ottimi per i climi caldi, o con alta/bassa trasmissione luminosa in funzione dell'esigenza di illuminamento degli interni. Tutto questo necessita di una serie di valutazioni pertinenti il progetto e l'ubicazione dell'edificio.

Gli effetti indesiderati di una cattiva progettazione

Una non adeguata considerazione dei parametri di trasmissione, riflessione e assorbimento energetico della componente vetrata può creare le condizioni per il *discomfort* degli utenti, anche a fronte di elevati costi di gestione, nonché per il deterioramento e la rottura dell'elemento stesso.

Il vetro è soggetto, come tutti i materiali, al fenomeno della dilatazione termica; pertanto, essendo un cattivo conduttore termico, si generano gradienti di temperatura non omogenei nella lastra i quali fanno sì che zone limitrofe dello stesso elemento abbiano dilatazioni termiche differenti; queste generano tensioni che possono portare il materiale a rottura.

Il limite di resistenza al differenziale di temperatura è approssimativamente di:

- 40°C per il vetro ricotto (UNI EN 572-1)
- 70°C per il vetro indurito termicamente (UNI EN 1863-1)
- 200°C per il vetro temprato termicamente di sicurezza (UNI EN 12150-1)

Al di là della tipologia di vetro considerata e del gradiente di temperatura presente sull'elemento, alcuni fattori possono influire sulla resistenza dell'elemento alle sollecitazioni di natura termica:

- Presenza o meno di intercalari e rivestimenti
- Forma e dimensioni dell'elemento
- Presenza di elementi in vetro scorrevoli e sovrapponibili
- Struttura di sostegno e/o supporto
- Presenza di ombre parziali permanenti
- Presenza di sorgenti di calore prossime e/o direzionate sulle zone delle lastre
- Presenza di pellicole e/o etichette adesive

Vetri chiari o extrachiari sono pressoché esenti da questo fenomeno, in quanto caratterizzati da un basso valore di assorbimento energetico; i vetri colorati in massa con coating sono, al contrario, più soggetti al fenomeno.

La tempra, soprattutto nei casi di assorbimento più elevato, e la molatura dei bordi, che riduce le irregolarità rappresentanti l'innescò della rottura, aiutano a ridurre il fenomeno stesso.