

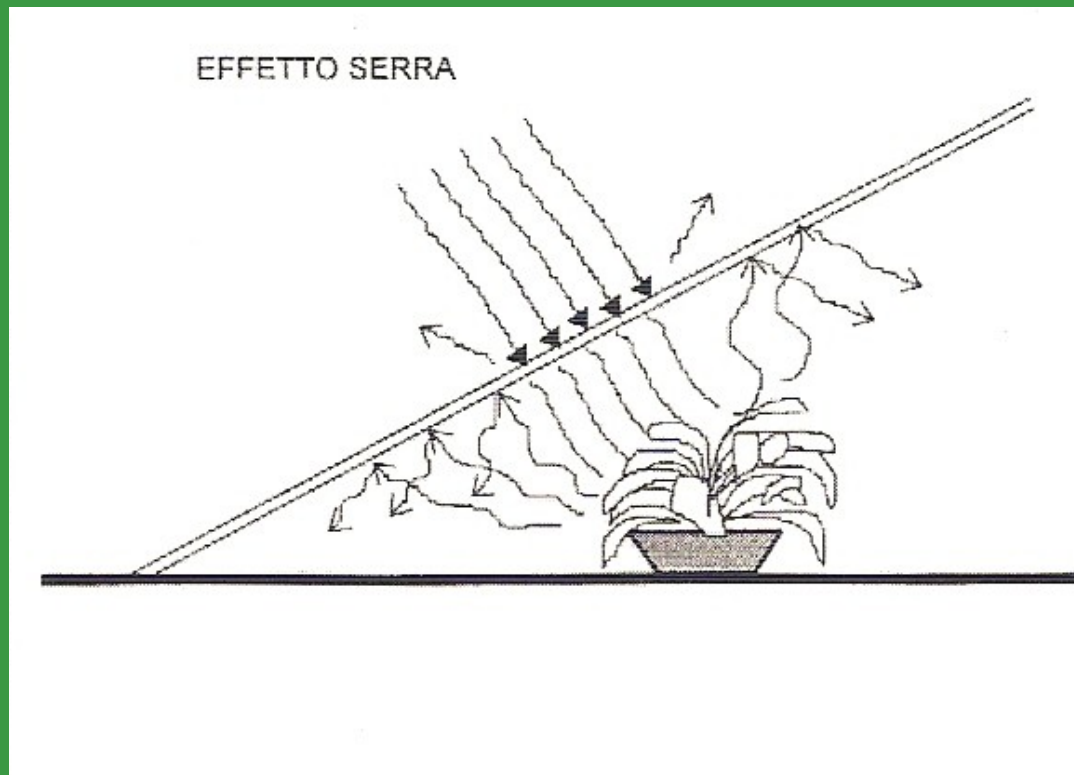
INVOLUCRO TRASPARENTE

SUPERFICI VETRATE

Tra i diversi componenti dell'involucro edilizio, le finestre svolgono le funzioni più complesse, con aspetti spesso contrastanti tra loro. Devono contribuire a creare condizioni confortevoli all'interno degli ambienti costituendo una barriera termica, acustica, contro le infiltrazioni d'acqua e le intrusioni e nello stesso tempo permettere il passaggio della radiazione solare e la comunicazione acustica e visiva con il mondo circostante.

EFFETTO SERRA

Fenomeno per cui parte dell'energia solare radiante viene intrappolata all'interno di uno spazio confinato completamente o parzialmente da superfici vetrate.

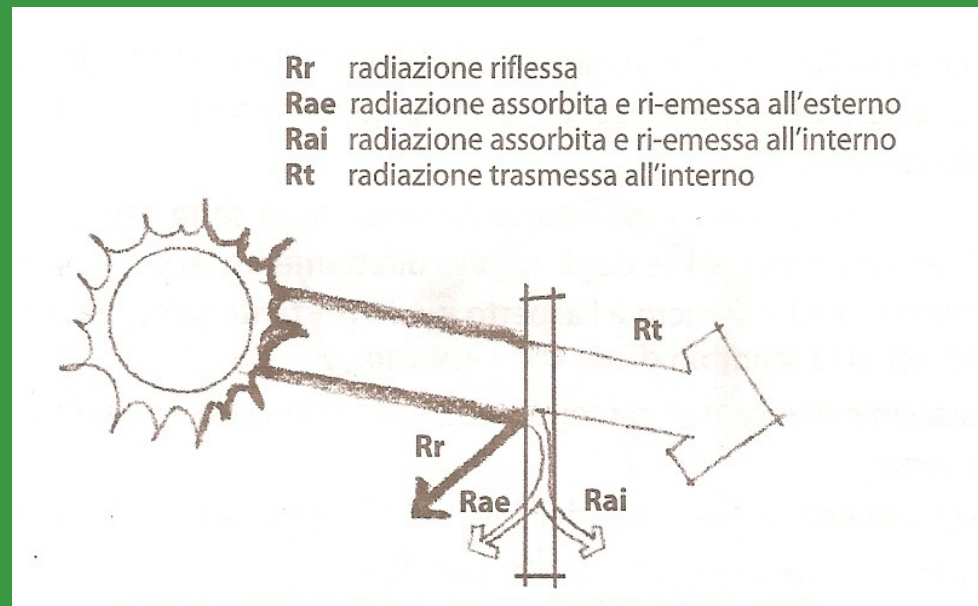


Questo fenomeno viene attribuito alla proprietà del vetro e di altri materiali trasparenti alla radiazione a onda corta(luminosa) e opachi alla radiazione infrarossa a onda lunga, quando l'energia luminosa viene trasformata in energia termica per effetto dell'assorbimento e della riflessione da parte delle superfici vetrate. Quindi le superfici vetrate funzionano come una valvola che lascia passare la radiazione solare, ma blocca, almeno in parte, la radiazione in uscita.

Quando la radiazione solare colpisce la superficie trasparente:

- Una parte di questa viene riflessa, (R_r) a seconda del materiale e dell'angolo di incidenza;
- Una parte viene assorbita e ri-emessa in parte verso l'esterno(R_{ae}) e in parte verso l'interno(R_{ai}), a seconda del materiale e del suo spessore;
- Una parte viene trasmessa all'interno attraverso la superficie trasparente(R_t).

La frazione utile in questa fase è quella che attraversa la superficie.



IL GUAGAGNO TERMICO

L'energia luminosa che per l'effetto serra viene trasformata in energia termica rimane all'interno dello spazio chiuso e gli conferisce una certa quantità di calore, definita guadagno termico. Per ottenere le condizioni di comfort ottimale all'interno dell'ambiente le superfici vetrate devono garantire un elevato guadagno termico.

Il guadagno termico attraverso le finestre varia in dipendenza dei seguenti fattori:

- Tipo di vetro;
- Tipo di telaio;
- Orientamento;
- Dimensionamento.

I principali requisiti in gioco nella scelta del tipo di finestra sono:

- Massimizzazione della trasmissione solare;
- Minimizzazione delle dispersioni termiche;
- Resistenza agli agenti atmosferici;
- Economicità d'acquisto e ambientale.

TIPI DI VETRO PIU' COMUNEMENTE UTILIZZATI IN EDILIZIA

Normali lastre di **vetro float**, di spessore variabile tra 2 e 19 mm;

- **Vetri temperati** termicamente o chimicamente, adatti a sopportare elevati shock termici, urti che in caso di rottura si frantumano in piccoli frammenti ad angoli smussati;
- **Vetrocamera** composti da due o più lastre singole di vetro float fra le quali un'intercapedine d'aria impoverita di vapore acqueo abbassa la temperatura di rugiada ed evita così la condensa interna. Ha elevate prestazioni termoisolanti. Speciali vetrocamera sono realizzati con intercapedini riempite con gas speciali per esaltare le prestazioni ottiche, termiche o acustiche;
- **Vetri bassoemissivi**, ottenuti rivestendo una normale lastra con strati di spessore sottilissimo (da 0,01 a 1 mm di rame, argento, oro...) capace di riflettere la radiazione infrarossa. Si usano singoli o per la realizzazione di vetrificamere per ridurre le dispersioni termiche;
- **Vetri a protezione solare** ottenuti rivestendo la lastra con ossidi metallici e colorando la massa vetrosa con additivi. Riducono la quantità di radiazione solare trasmessa all'interno, grazie all'aumento della componente riflessa (vetri rivestiti) e assorbita (vetri colorati). Mantengono comunque un discreto valore di trasmissione luminosa all'interno.

FATTORE SOLARE

MASSIMIZZAZIONE DELLA TRASMISSIONE

Tutti i tipi di vetro perdono all'incirca la medesima quantità di calore per conduzione. Esiste però una grande differenza per quanto riguarda la quantità di calore solare che viene trasmessa attraverso i diversi tipi di vetro. La capacità di trasmissione è inversamente proporzionale alla capacità di una lastra di riflettere o assorbire la radiazione.

Il parametro che definisce la capacità di un materiale di trasmettere la radiazione è il valore **g**, detto **fattore solare**, che esprime percentualmente la quantità di energia solare che penetra la superficie trasparente considerando la radiazione che attraversa direttamente il vetro e l'energia trasmessa per adduzione e convezione verso l'interno.

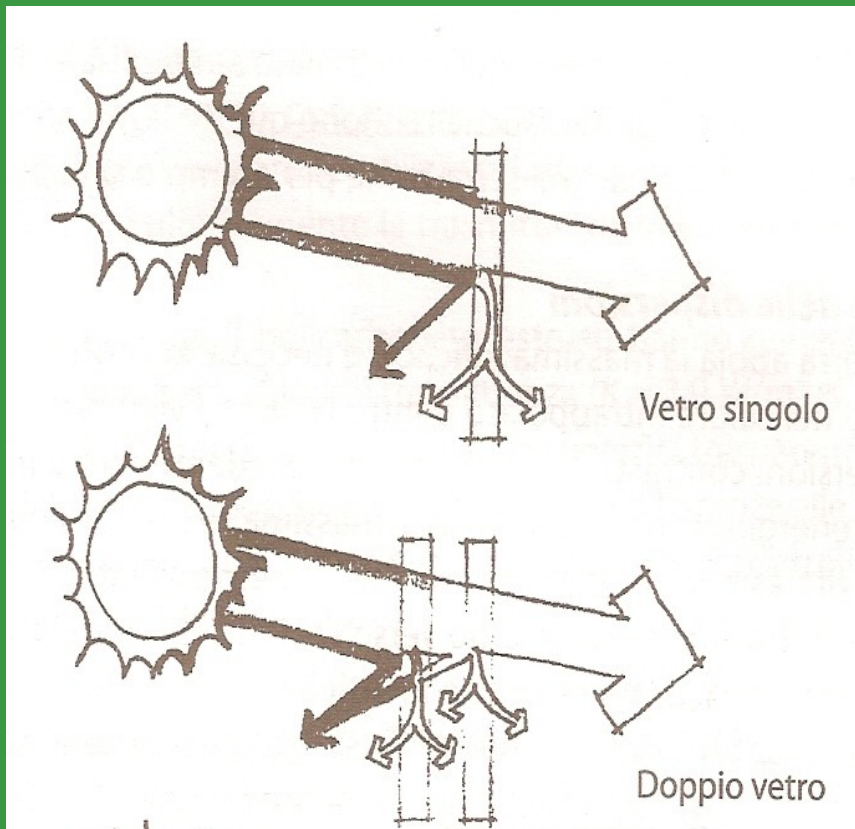
TRASMITTANZA

MINIMIZZAZIONE DELLE DISPERSIONI

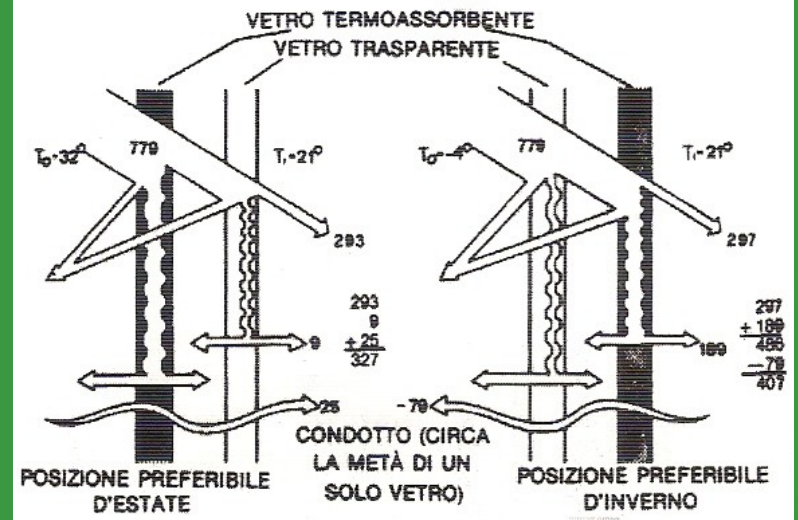
Tendenzialmente un materiale che è in grado di trasmettere molta energia dall'esterno verso l'interno tenderà a fare quasi lo stesso anche nel senso opposto. Se l'energia entrante è prevalentemente sotto forma di radiazione solare, quella uscente assume due forme: radiativa infrarossa e convettiva/ conduttiva, ossia attraverso il trasferimento di energia dall'aria al vetro e dal vetro all'esterno. La prima ha un picco durante le ore notturne, la seconda ha andamenti variabili a seconda delle condizioni climatiche, in particolare è massima quando è alta la differenza di temperatura tra esterno e interno. Il parametro che definisce la capacità di un elemento di far passare il calore è il valore **k**, detto **trasmittanza** che esprime la quantità di calore che passa in un'ora dall'aria di un'ambiente a quella dell'ambiente attiguo attraverso un metro quadro di superficie ($W/mq\ ^\circ C$).

Materiali	Peso kg/mq	Costo indicativo €/mq	Fattore solare %	Trasmittanza W/mq °c	Coefficiente di dilatazione termica lineare 10-6/ °C	Resistenza agli UVA	Resistenza agli urti	Resistenza alla abrasione
Cristallo float da 4mm	10	13	87	5.8	9	Eterna	scarsa	elevata
Cristallo temprato 4mm	10	15	87	5.8	9	Eterna	Elevata	elevata
Cristallo basso emissivo 4mm	10	73	81	3.8	9	Eterna	Scarsa	elevata
Vetrocamera mm4 + 12 + 4	20	25	76	2.6	9	Eterna	Scarsa	elevata
Polycarbonato compatto 4mm	4,8	37-70	80	5.8	65	10-20 anni	Elevata	scarsa-mediocre
Polimetacrilato incolore compatto 4mm	4,8	22	80	5.8	73	Circa 10 anni	Elevata	scarsa
Polycarbonato alveolare 4mm	1	6	70	3.9	65	circa 10 anni	Elevata	scarsa

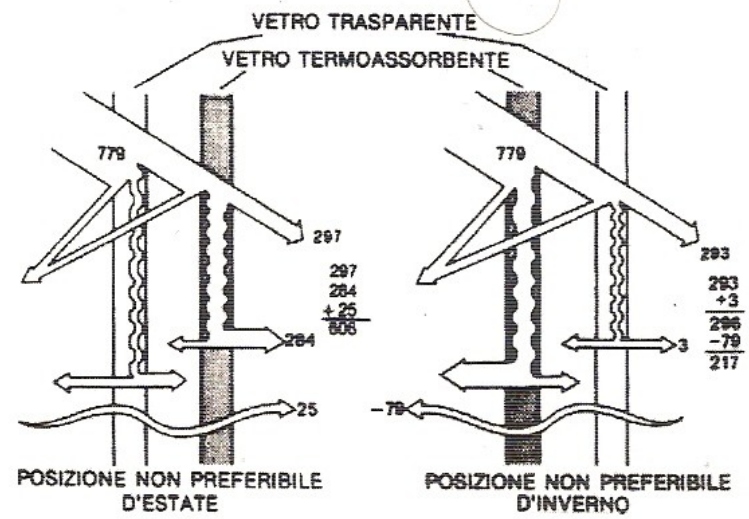
Caratteristiche dei materiali per rivestimenti trasparenti



GUADAGNO TERMICO SOLARE ATTRAVERSO DOPPI VETRI,
 UNO TERMOASSORBENTE E UNO TRASPARENTE.
 VETRO TERMOASSORBENTE: COEFFICIENTE DI
 TRASPARENZA = 0,50; VETRO TRASPARENTE: COEFFICIENTE
 DI TRASPARENZA = 1,00, COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE = 0,08.



GUADAGNO TERMICO SOLARE
 ATTRAVERSO DOPPI VETRI, UNO
 TERMOASSORBENTE E UNO TRASPARENTE



TIPI DI TELAIO PIU' COMUNEMENTE UTILIZZATI IN EDILIZIA

- Legno;
- Alluminio;
- Acciaio;
- PVC.

SPESSORE DEL TELAIO

Per massimizzare la trasmissione solare della finestra è utile considerare che la dimensione della sezione dei telai sia la minima possibile. I serramenti metallici sono quelli che consentono sezioni più sottili.

Materiale telaio

Coefficiente di trasparenza indicativo del serramento

legno

66%

alluminio

72%

acciaio

83%

PVC

70%

Rapporto percentuale della parte trasparente della finestra. Questi valori tradotti in termini assoluti possono generare delle differenze sensibili nel potenziale guadagno solare.

TRASMITTANZA

TENUTA ALL'ARIA

Per minimizzare le dispersioni è opportuno ragionare sulle infiltrazioni di aria attraverso giunti e parti apribili. Le finestre sono classificate secondo la norma UNI 7979 in funzione della capacità di tenuta alle infiltrazioni di aria.

Con i metalli è di solito più facile ottenere un'elevata tenuta grazie alla loro rigidità e stabilità nel tempo. In particolare è possibile ottenere ottime prestazioni con telai a “giunto aperto” caratterizzati da una guarnizione inserita all'interno del profilo e da una camera d'aria comunicante con l'esterno. Le perdite sono comunque dovute alle parti di serramento apribili.

TRASMITTANZA

CONDUTTIVITA' DEI MATERIALI

Le dispersioni dipendono anche dalla conduttività dei materiali di cui è costituita la finestra.

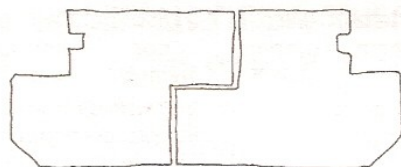
Con il legno e il PVC è più facile ottenere una minor conduzione del calore dall'interno verso l'esterno. Ad ogni modo essendo i telai delle finestre di acciaio realizzati con sezioni scatolari molto sottili, la loro conduttanza lineica è molto contenuta. Per ridurla ulteriormente si possono adottare profilati detti a "taglio termico" ossia quando il telaio è costituito da due sezioni accorpate insieme da un elemento in materiale isolante.

Materiale telaio

Conduttanza lineica indicativa W/ml °C

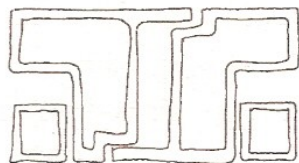
legno

0.20



alluminio

0.57



acciaio

0.31



PVC

0.32

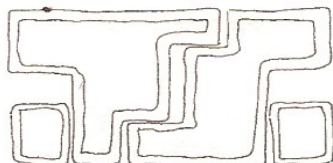


Tabella 5.4 Disposizioni indicative secondo diverse variabili calcolate in percentuale rispetto alla tipologia di serramento più disperdente.

Tipo di serramento		Serramento molto apribile > 65%				Serramento poco apribile < 35%			
Trasparente	telaio	Disp. complessive %	Disp. per exfiltrazione % rispetto al totale	Disp. per conduttanza del telaio % rispetto al totale	Disp. della superficie trasparente % rispetto al totale	Disp. complessive %	Disp. per exfiltrazione % rispetto al totale	Disp. per conduttanza del telaio % rispetto al totale	Disp. della superficie trasparente % rispetto al totale
Vetro singolo	Legno cl. A1	97	36	8	56	83	25	10	66
	Acciaio cl. A2	100	19	13	68	92	12	14	74
	Alluminio cl. A3	92	11	25	65	88	6	26	68
	PVC cl. A2	90	21	15	64	82	14	16	70
Vetrocamera	Legno cl. A1	67	52	12	36	53	39	15	46
	Acciaio cl. A2	62	31	20	49	54	21	23	56
	Alluminio cl. A3	59	16	39	45	55	10	41	48
	PVC cl. A2	58	33	22	44	50	23	26	51

RESISTENZA AGLI AGENTI ATMOSFERICI

- Il legno è il materiale per serramenti che più risente delle aggressioni atmosferiche. Richiede cicli di trattamenti abbastanza frequenti di vernici protettive.
- Il PVC , se sottoposto alla radiazione a lungo andare può perdere proprietà meccaniche, microfessurarsi e perdere la brillantezza.
- Il ferro , soprattutto nei punti di saldatura, se non protetto da verniciatura può ossidarsi fino a rottura.
- Le finestre in acciaio o in alluminio, invece, non richiedono alcuna manutenzione e non presentano alcun tipo di degrado nel tempo dovuto ad agenti atmosferici.

ECONOMICITA'

La valutazione del costo di acquisto è un elemento insufficiente a garantire un'estesa consapevolezza delle conseguenze della scelta. Vanno considerati, infatti, anche i costi energetici, intesi quali indicatori dell'impatto ambientale delle varie opzioni, calcolati sulla base del ciclo di vita del materiale e i costi energetici rispetto alle prestazioni che l'infisso garantisce a livello termico.

Tabella 5.6 Costo dei serramenti sul mercato italiano.

Materiale telaio	Costo indicativo del serramento €/mq
legno	125,00 – 160,00
alluminio	210,00 – 245,00
ferro verniciato a fuoco	125,00 – 180,00
acciaio inox	335,00 – 515,00

Materiale telaio	Contenuto energetico approssimativo del telaio kWh/ml
legno	40
alluminio	107
acciaio	27
PVC	96

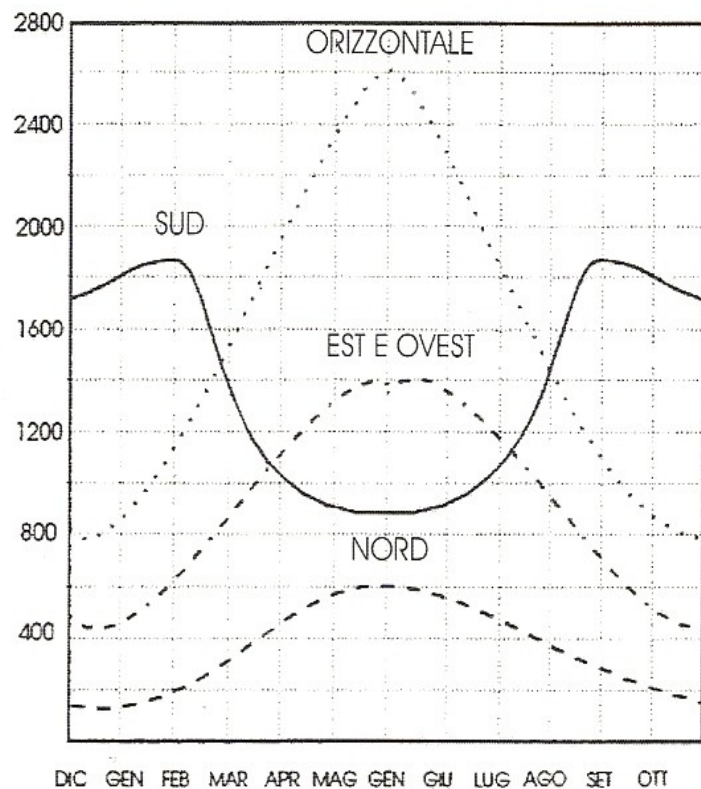
ORIENTAMENTO

La radiazione solare captata da un edificio non è uguale su tutti i lati.

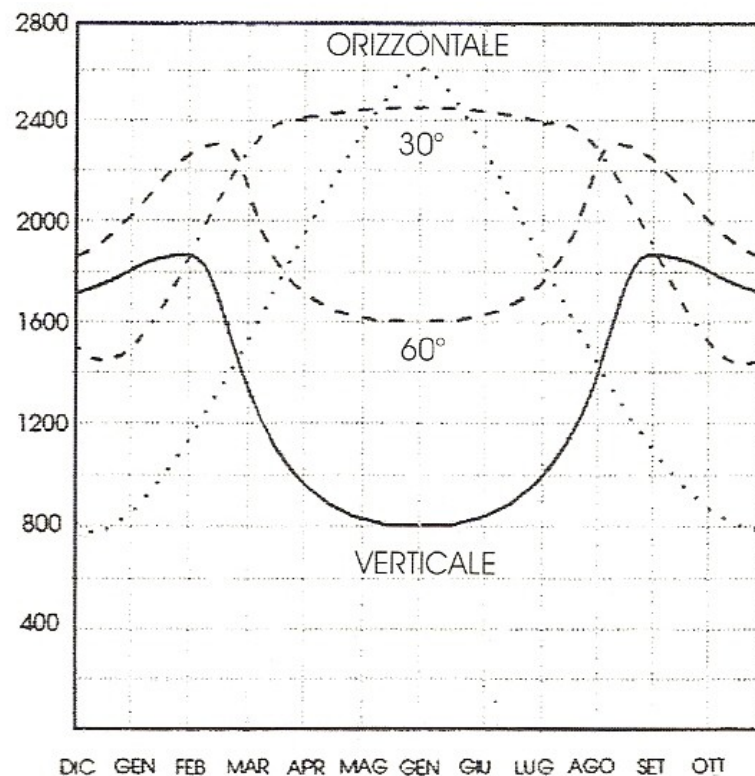
Superfici vetrate verticali orientate a sud ricevono la massima quantità di radiazione solare in inverno e la minima d'estate.

Deviazioni fino a 30° dell'orientamento dalla direzione sud, riducono poco le prestazioni termiche.

RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE IN UNA GIORNATA LIMPIDA SU SUPERFICI VERTICALI VARIAMENTE ORIENTATE (40°N)



RADIAZIONE SOLARE INCIDENTE IN UNA GIORNATA LIMPIDA SU SUPERFICI ORIENTATE A SUD VARIAMENTE INCLINATE (40°N)



DIMENSIONAMENTO

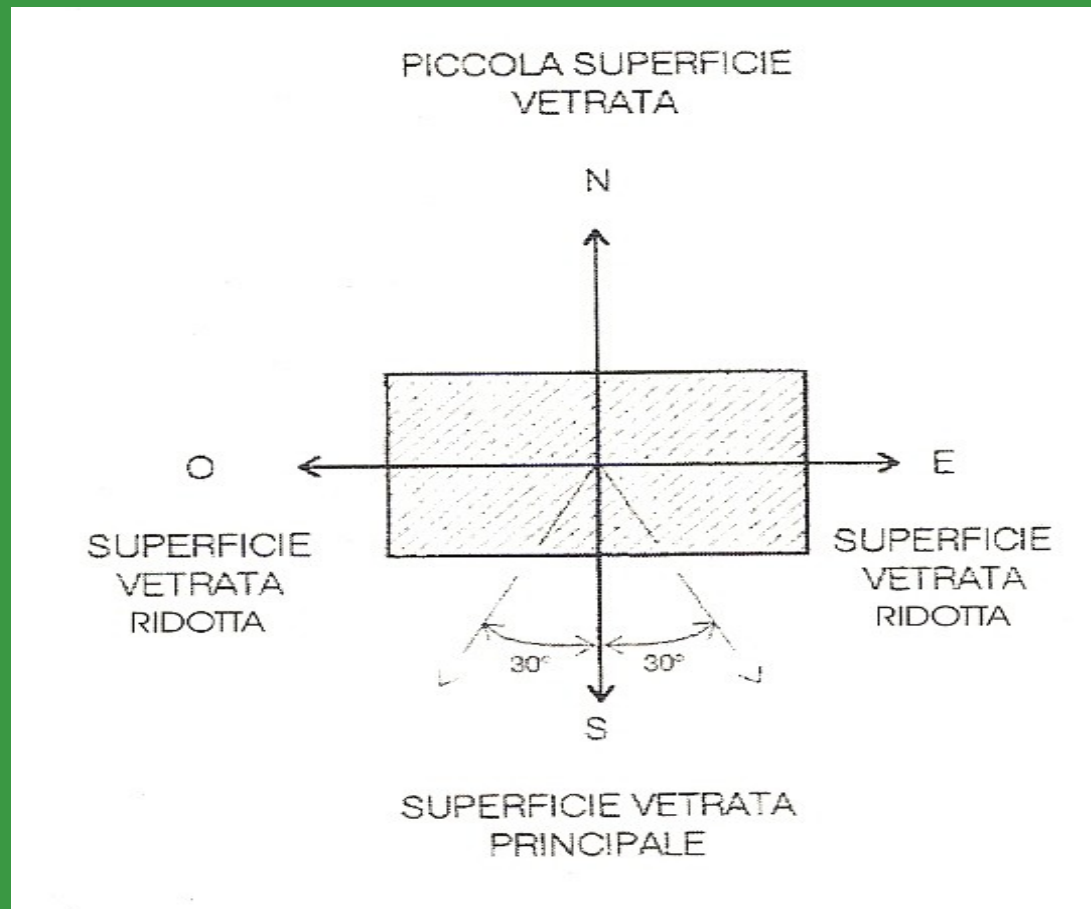
Le caratteristiche dimensionali della superficie vetrata determinano la temperatura media di uno spazio confinato nel corso della giornata.

In linea teorica il guadagno ottenuto in una giornata media di sole in dicembre o gennaio dovrebbe essere sufficiente a mantenere una temperatura interna di 21°C per 24 ore.

Rapporto tra superficie vetrata e superficie abitata in un ambiente con dispersione termica di ca 50 W/mq °C

Temperatura esterna media invernale (°C) ¹	Gradi giorno al mese ²	mq di finestra necessari per ogni mq di superficie abitata ³
Climi freddi		
-9,4	833	0,72 0,42 (con isolamento notturno)
-6,7	750	0,24 0,38 (con isolamento notturno)
-3,9	668	0,21 0,33
-1,1	583	0,19 0,29
Climi temperati		
1,7	500	0,16 0,25
4,4	417	0,13 0,21
7,2	333	0,13 0,17

Il dimensionamento delle superfici vetrate deve comunque tener conto dell'orientamento dell'edificio. I principali fronti vetrati, nei nostri climi, saranno posti a sud sud-est e sud-ovest.



IL COEFFICIENTE GLOBALE DI SCAMBIO TERMICO PER TRASMISSIONE

$$\mathbf{H_T} = \sum^{n-1} \mathbf{S_i \cdot U_i} \quad [\text{W/K}]$$

S_i = superfici vetrata, m² o perimetro del telaio, m;

U_i = trasmittanza termica del vetro o del telaio, W/m²K;

;

GLI APPORTI SOLARI ATTRAVERSO I COMPONENTI DELL'INVOLUCRO TRASPARENTE

$$Q_s = 0,2 \sum I_{sol,i} \cdot S_{serr,i} \text{ [kWh]}$$

0,2= coefficiente di riduzione che tiene conto del fattore solare degli elementi trasparenti e degli ombreggiamenti medi;

I_{sol,i}= irradianza totale stagionale/nel periodo di riscaldamento), sul piano verticale, per ciascuna esposizione;

S_{serr,i}= superficie delle superfici vetrate, m².

Allegato B
(articolo 2)
DM 11 marzo 2008

Valori limite della trasmittanza
termica delle strutture

2. Valori applicabili dal 1 gennaio 2010 per tutte le tipologie di edifici

Tabella 2. Valori limite della trasmittanza termica utile U delle strutture componenti l'involucro edilizio espressa in (W/m^2K)

Zona climatica	strutture opache verticali	strutture opache orizzontali o inclinate		finestre comprensive di infissi
		Coperture	Pavimenti (*)	
A	0,56	0,34	0,59	3,9
B	0,43	0,34	0,44	2,6
C	0,36	0,34	0,38	2,1
D	0,30	0,28	0,30	2,0
E	0,28	0,24	0,27	1,6
F	0,27	0,23	0,26	1,4

(*) Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno