

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI



FACOLTÁ DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA



Laurea in Architettura

DICAAR

Laboratorio Integrato di Progettazione Tecnologica (Modulo di Termofisica dell'edificio)

a.a. 2017-2018

Il fabbisogno energetico -componenti finestrati (Numero di slide 1 - 28)

Docente: ROBERTO RICCIU

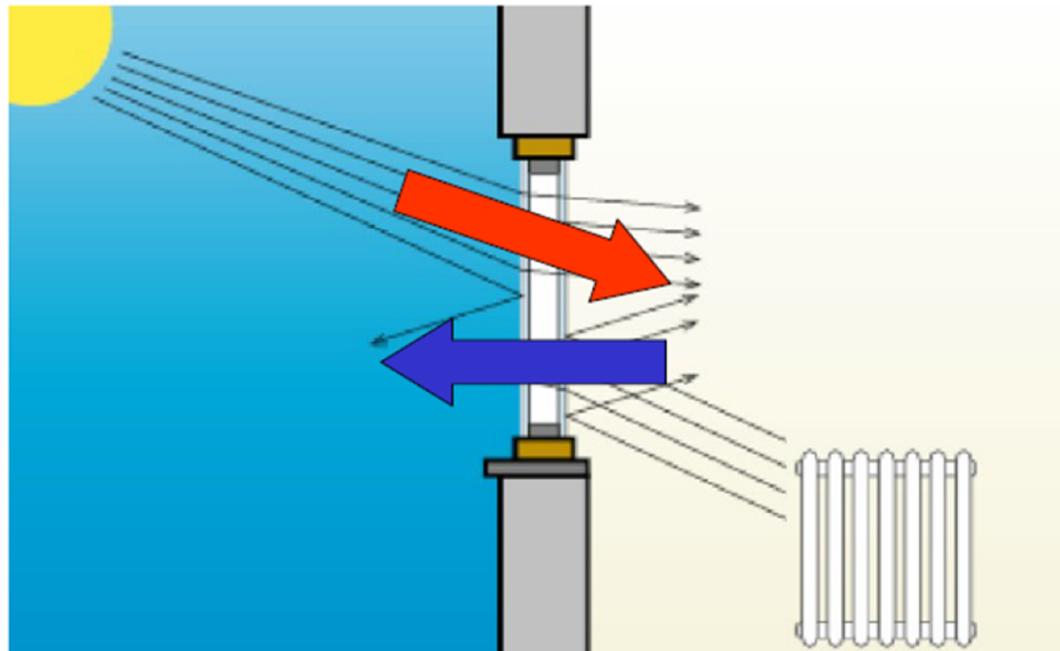
Il fabbisogno energetico

I COMPONENTI FINESTRATI

Componenti finestrati di involucro

Attraverso le superfici vetrate in regime invernale avvengono due modalità di scambio di calore:

- Perdita di calore dall'interno verso l'esterno  U_w



Il fabbisogno energetico

I COMPONENTI FINESTRATI

Riferimenti normativi: Appendice A dell'Allegato 1 del DM 26/6/15

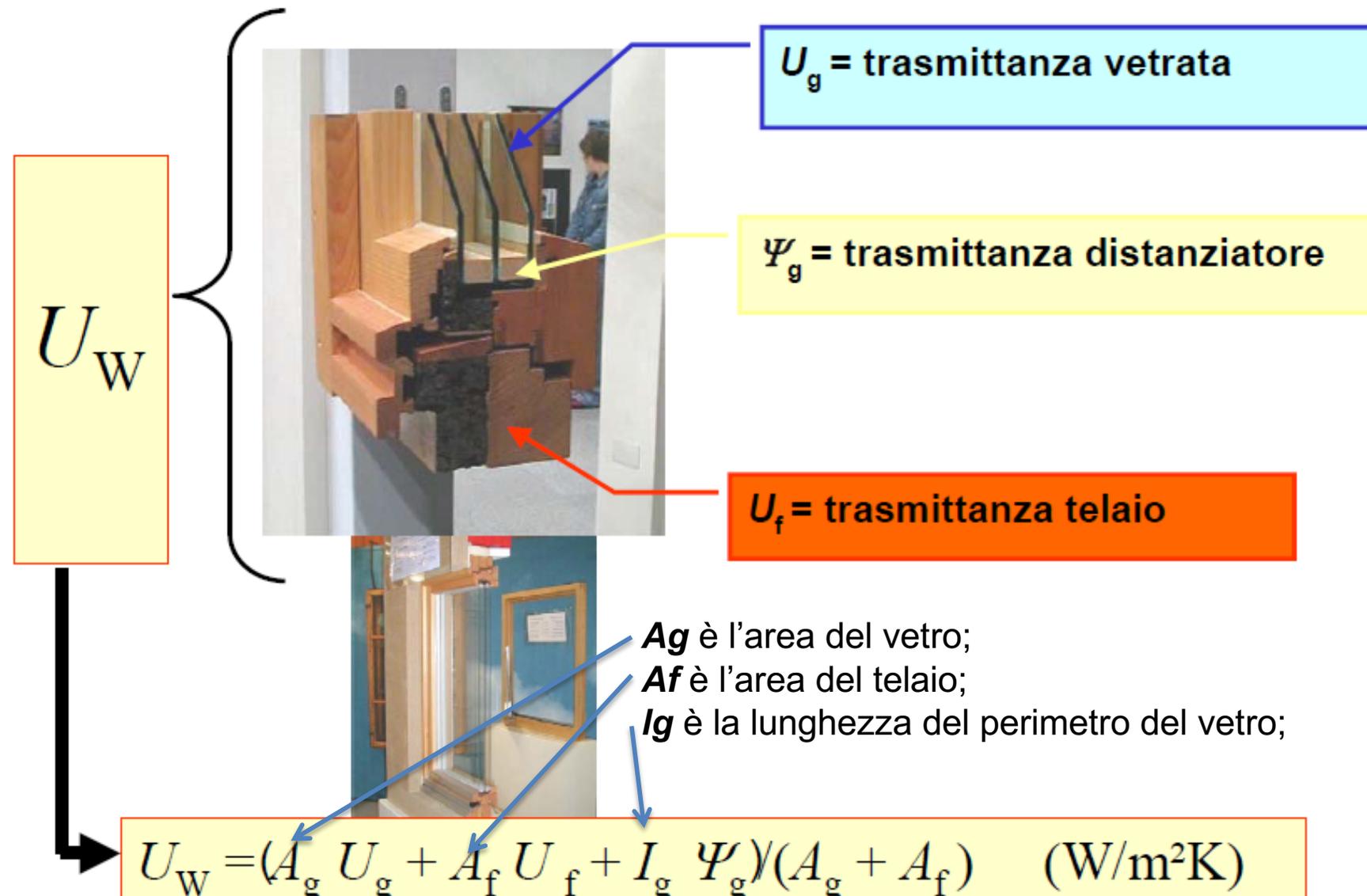
TABELLA 4 (Appendice A)
Trasmittanza termica U delle **chiusure tecniche trasparenti** e opache e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e ambienti non riscaldati

Zona climatica	U_{rif} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

Trasmittanza stazionaria

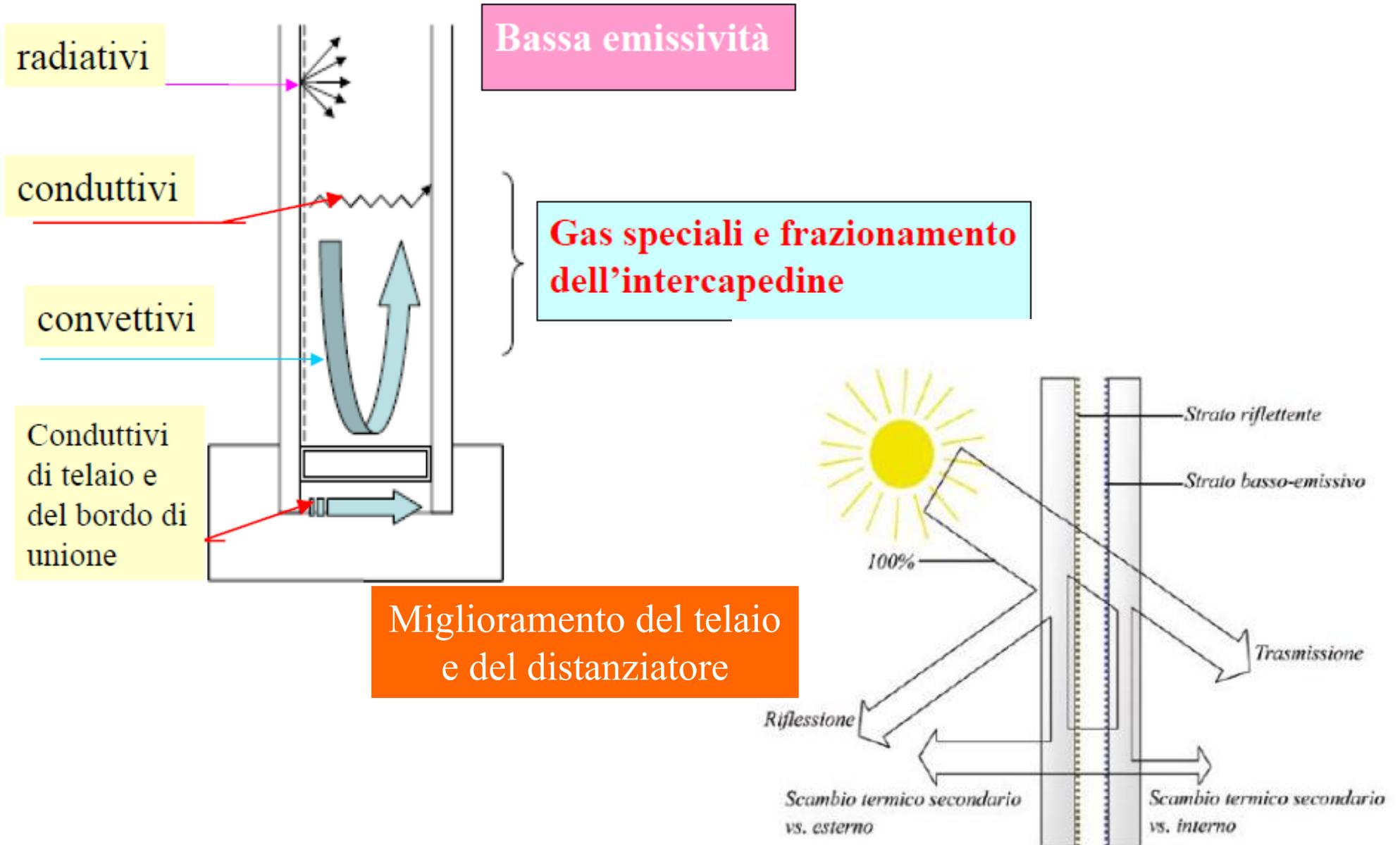
Il fabbisogno energetico

Trasmittanza termica U dei componenti finestrati di involucro (UNI EN ISO 10077-1: 2002)



Il fabbisogno energetico

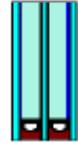
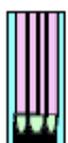
Lo scambio termico nei componenti finestrati



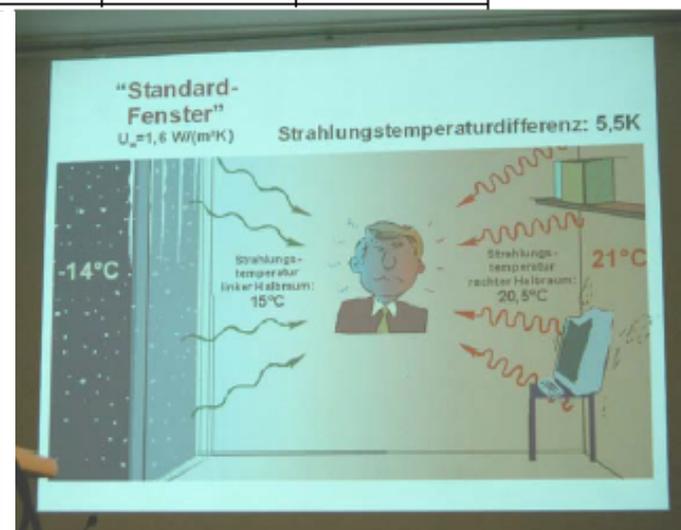
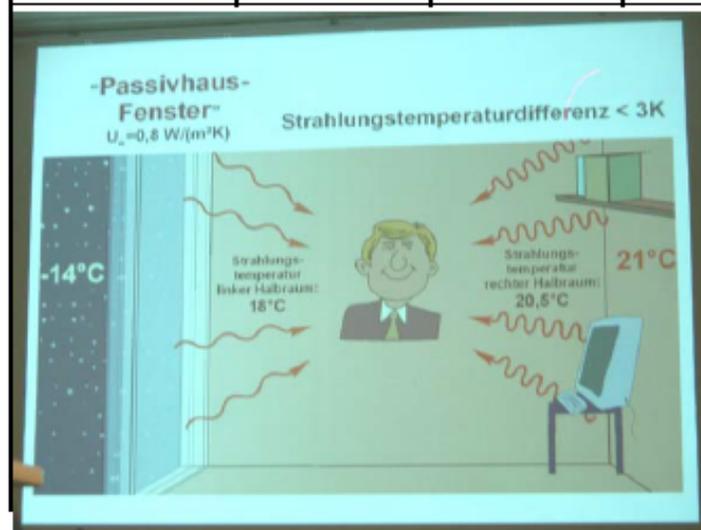
Il fabbisogno energetico

Trasmittanza termica U del vetro

Miglioramento prestazioni dei vetri (vetrocamera, triplo vetro, ecc.)

					
Vetro	Singolo	Vetrocamera	Basso emmissivo	Doppio vetrocamera	Futuro: sottovuoto o multifoglio
Ug [W/m²K]	5,60	2,80	1,20	0,65	0,35
Temperatura superficiale	-1,8°C	9,1°C	15,3°C	17,5°C	18,6°C
Valore g	0,92	0,80	0,62	0,48	0,45

Le temperature superficiali sono così alte da non dare luogo a fenomeni di asimmetria radiante, non causando quindi né fastidiosi scambi termici per irraggiamento né correnti d'aria; né condensa.



Il fabbisogno energetico

Il valore "g" ideale per il vetro di una finestra dovrebbe essere abbastanza elevato per permettere un guadagno termico durante l'inverno, riducendo così il fabbisogno di riscaldamento, ma sufficientemente basso per evitare un surriscaldamento in estate. In generale, si sceglie un sistema con un valore "g" maggiore nelle regioni con un clima più freddo e per piccole superfici vetrate. Per regioni con climi più caldi e per grandi superfici vetrate, si sceglierà un sistema con valore "g" basso.

	SHGC (g-value) Solar Heat Gain Coefficient
GLAZING	
Single glass pane	~0.80
Double glazed with uncoated glass	~0.80
Double glazed with solar control coating	0.30-0.70
ASI THRU double glazed unit	0.10
sc-Si photovoltaic module with insulated glazing	0.15
a-Si/a-Si photovoltaic module with insulated glazing	0.12
a-Si photovoltaic module with insulated glazing	0.18
Micromorph photovoltaic module with insulated glazing	0.15
SHADING SYSTEMS	
External Venetian blind (white)*	0.12
External fabric canopy*	0.09
Internal roller blind (white)*	0.40
* at values in combination with double glazed windows with a SHGC=61% and a U-value of 1.4W/m ² K (0.24Btu/hr ft ² F)	

Il fabbisogno energetico

Selettività

Per selettività di un vetro si intende il rapporto tra la sua trasmissione luminosa e il suo **fattore solare**. Più il rapporto è vicino a 2, più il vetro è selettivo, quindi offre migliori prestazioni

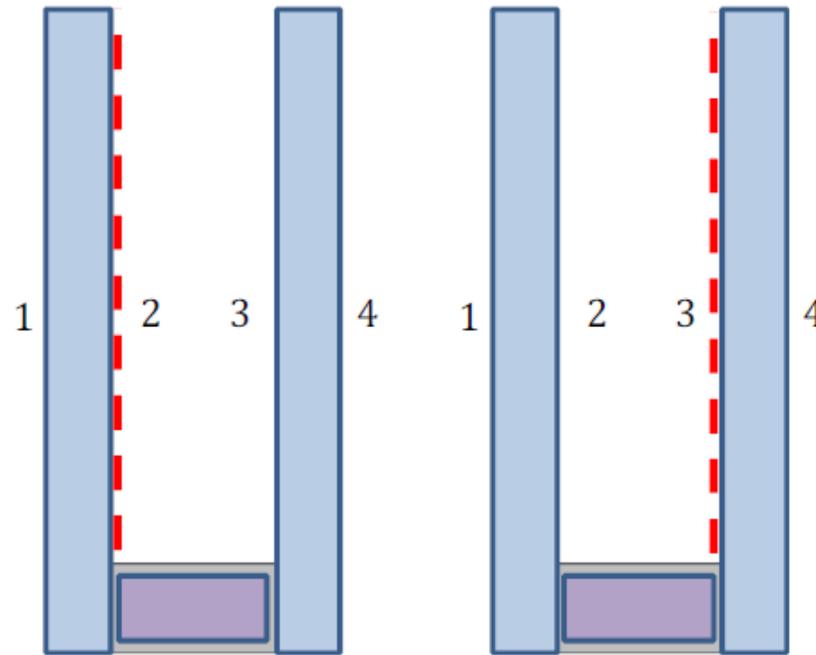
	Esempi di selettività		
	TL	FS	Selettività
Vetro ordinario (Planibel) 4 mm	90	86	1,04
Energy N (4-15 argon-4)*	71	42	1,69
Stopray Vision-50**	49	29	1,69
Stopsol Classic bronzo 6 mm	22	45	0,49

* Vetrata isolante composta da 2 vetri di 4 mm di spessore e da un'intercapedine di 15 mm riempita di gas argon.

** Vetrata isolante composta da 2 vetri di 6 mm di spessore e da un'intercapedine di 12 mm riempita di gas argon.

Il fabbisogno energetico

Text



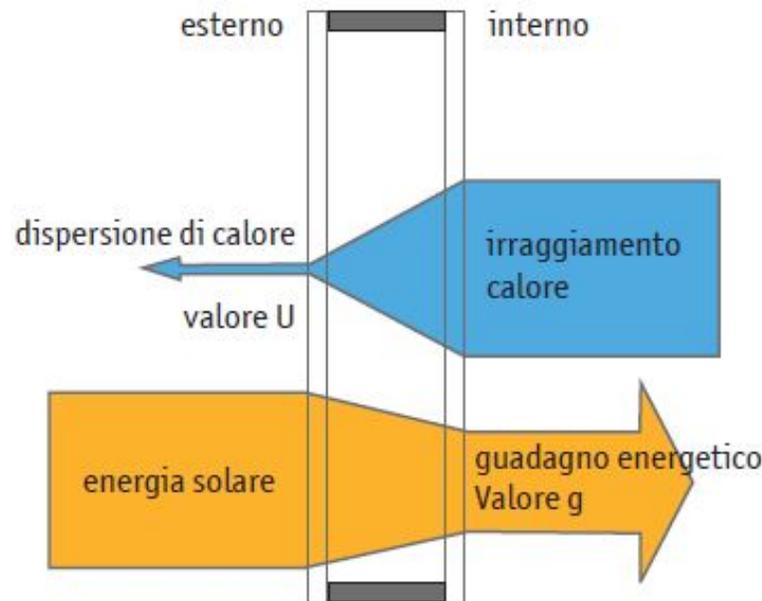
Tint

Le facce 2 e 3 sono le facce del vetrocamera su cui generalmente viene effettuato il trattamento superficiale basso emissivo, che permette di migliorare la prestazione termica dell'intercapedine.

La posizione del trattamento basso emissivo all'interno dell'intercapedine è funzionale all'utilizzo che verrà fatto in opera. «Generalmente» in un **clima molto caldo** e con picchi di radiazione consistenti, il trattamento basso emissivo verrà posto in faccia 2, mentre in un **clima freddo** tale trattamento verrà previsto in faccia 3.

Il fabbisogno energetico

Il vetro di partenza è sempre un **vetro float**, cui però si “aggiungono” quattro diversi tipi di strati; lo strato rilevante ai fini dell’isolamento è quello d’argento, mentre i restanti tre hanno funzione di protezione e rivestimento. La sequenza è questa, e il trattamento è applicato sempre all’interno.



Un vetro basso emissivo 4/16/4 lascia passare gran parte delle onde corte dovute all’**irraggiamento**, circa il 60%, ma ferma gran parte delle onde lunghe dovute **all’irradiazione di calore**, che viene fermata e riflessa verso l’interno.

A titolo d’ esempio, un vetro camera normale disperde $3 \text{ W/m}^2\text{K}$, mentre un vetro basso-emissivo disperde $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Il fabbisogno energetico

Spessore dell'intercapedine d'aria [mm]	Una sola superficie trattata con emissività normale di				Entrambe le superfici non trattate - R_s
	0,1	0,2	0,4	0,8	
6	0,211	0,191	0,163	0,132	0,127
9	0,299	0,259	0,211	0,162	0,154
12	0,377	0,316	0,247	0,182	0,173
15	0,447	0,364	0,276	0,197	0,186
50	0,406	0,336	0,260	0,189	0,179

(Fonte: UNI EN ISO 10077-1:2007)

L'intercapedine

La **resistenza** dell'intercapedine aumenta al:

- ✓ crescere dello spessore dell'intercapedine;
- ✓ ridursi del valore di emissività di almeno una delle superfici delimitanti

l'intercapedine: a parità di spessore dell'intercapedine stessa, il valore di resistenza termica tende a migliorare.

Il fabbisogno energetico

L' introduzione di gas inerti (Valori di U_g (W/m²K))

Vetrata				Tipo di gas nell'intercapedine (concentrazione del gas $\geq 90\%$)				
Tipo	Vetro	Emissività normale	Dimensioni [mm]	Aria	Argon	Krypton	SF ₆	Xenon
Vetrata doppia	Vetro normale	0,89	4-6-4	3,3	3,0	2,8	3,0	2,6
			4-8-4	3,1	2,9	2,7	3,1	2,6
			4-12-4	2,8	2,7	2,6	3,1	2,6
			4-16-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
			4-20-4	2,7	2,6	2,6	3,1	2,6
	Una lastra con trattamento superficiale	$\leq 0,20$	4-6-4	2,7	2,3	1,9	2,3	1,6
			4-8-4	2,4	2,1	1,7	2,4	1,6
			4-12-4	2,0	1,8	1,6	2,4	1,6
			4-16-4	1,8	1,6	1,6	2,5	1,6
			4-20-4	1,8	1,7	1,6	2,5	1,7
	Una lastra con trattamento superficiale	$\leq 0,15$	4-6-4	2,6	2,3	1,8	2,2	1,5
			4-8-4	2,3	2,0	1,6	2,3	1,4
			4-12-4	1,9	1,6	1,5	2,3	1,5
			4-16-4	1,7	1,5	1,5	2,4	1,5
			4-20-4	1,7	1,5	1,5	3,4	1,5
	Una lastra con trattamento superficiale	$\leq 0,10$	4-6-4	2,6	2,2	1,7	2,1	1,4
			4-8-4	2,2	1,9	1,4	2,2	1,3
			4-12-4	1,8	1,5	1,3	2,3	1,3
			4-16-4	1,6	1,4	1,3	2,3	1,4
			4-20-4	1,6	1,4	1,4	2,3	1,4
Una lastra con trattamento superficiale	$\leq 0,05$	4-6-4	2,5	2,1	1,5	2,0	1,2	
		4-8-4	2,1	1,7	1,3	2,1	1,1	
		4-12-4	1,7	1,3	1,1	2,1	1,2	
		4-16-4	1,4	1,2	1,2	2,2	1,2	
		4-20-4	1,5	1,2	1,2	2,2	1,2	

Il fabbisogno energetico

In assenza di specifiche informazioni è possibile riferirsi ad un' ulteriore tabella proposta dalla UNI/TS 11300-1:2008, che riporta i valori di trasmittanza medi delle più comuni tipologie realizzative italiane. Tale tabella è stata attualmente inserita all' interno del d.d.g. n. 5796 (d. direttore generale)

Tipo di vetro	U_g [W/(m ² K)]
Vetro singolo	5,7
Vetro singolo selettivo	3,2
Doppio vetro normale	3,3
Doppio vetro con rivestimento selettivo	2,0
Triplo vetro normale	1,8
Triplo vetro con rivestimento selettivo	1,4

Nel caso di caratteristiche dimensionali o materiche specifiche e sempre buona norma riferirsi, quando disponibile, alla scheda tecnica del prodotto. Tale documento dovrebbe contenere tutte le informazioni necessarie al progettista e successivamente al certificatore energetico.

Il fabbisogno energetico

Il telaio

Nel calcolo delle prestazioni termiche del serramento, il contributo del telaio risulta essere in genere meno significativo di quello fornito dal vetro.

Il telaio di un serramento è normalmente costituito da due parti:

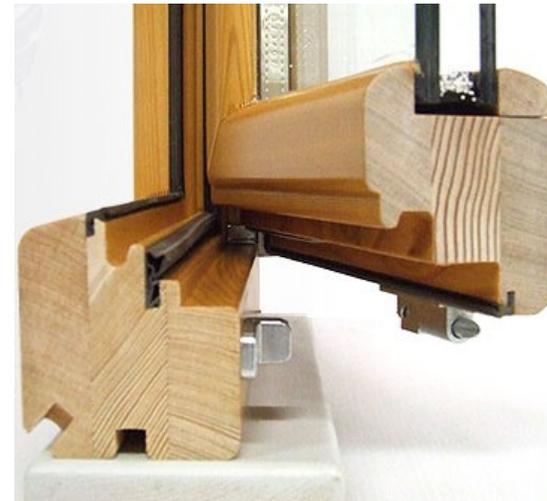
- ✓ telaio fisso, ancorato al vano finestra;
- ✓ telaio mobile che, costituito da ante incernierate al telaio fisso, permette l'apertura e la chiusura del vano.

Maggiore è la superficie di telaio, ovvero la sua impronta frontale, minore sarà la superficie trasparente disponibile per gli apporti solari. Si stima che mediamente un telaio generico incida tra il 20% e il 30% rispetto alla superficie complessiva del serramento.



Il fabbisogno energetico

La prestazione termica del serramento non può essere espressa solo attraverso il controllo delle dispersioni per trasmissione attraverso vetro e telaio. E' importante sottolineare come un elevato contributo alle dispersioni potrebbe nascere dai contributi positivi e negativi, derivanti da infiltrazioni localizzate in corrispondenza delle interfacce tra telaio fisso/parete e telaio fisso/telaio mobile.



Mentre il vetro risulta essere impermeabile al passaggio di aria, la qualità di un buon telaio si può apprezzare attraverso la sua capacità di evitare il rischio di infiltrazioni grazie a **guarnizioni di battuta in grado di sigillare tra loro elementi fissi e mobili**, così come conformazioni particolari di struttura studiate ad hoc.

Il fabbisogno energetico

Il telaio

E buona norma abbinare ad un vetro dalle prestazioni elevate, un telaio che rispetti mediamente la stessa categoria prestazionale in termini di trasmittanza e che al tempo stesso permetta di ridurre o annullare il contributo dovuto alle infiltrazioni d'aria.

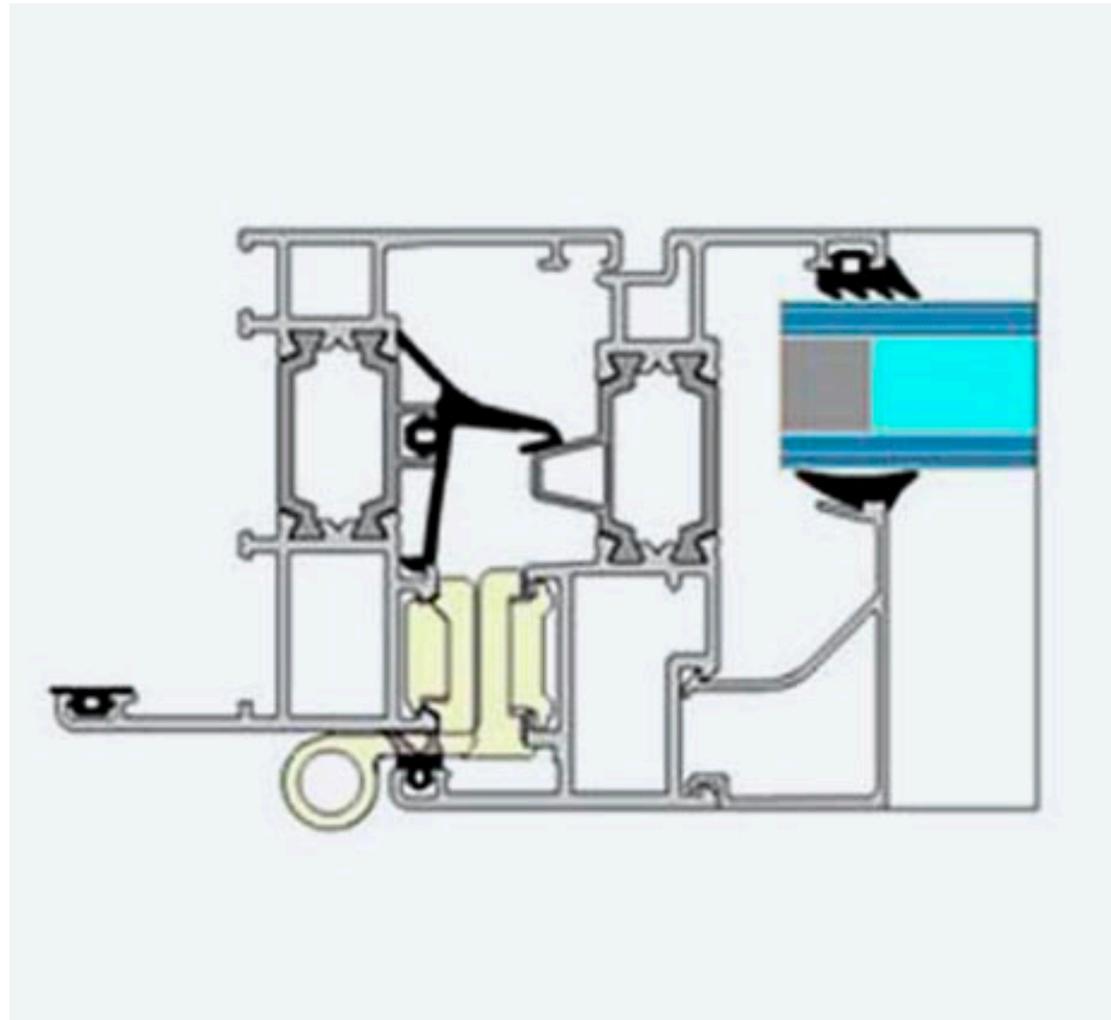
Il d.d.g. n. 5796, al prospetto VII fornisce dei valori di riferimento per differenti tipologie di telaio a seconda di quelle che sono le più comuni macroclassi di prodotti.

Materiale	Tipo	Trasmittanza Termica U_t [W/(m ² K)]
Poliuretano	Con anima di metallo e spessore di PUR ≥ 5	2,8
PVC Profilo vuoto	Con due camere cave	2,2
	Con tre camere cave	2,0
Legno duro	Spessore 70 mm	2,1
Legno tenero	Spessore 70 mm	1,8
Metallo	-	5,5
Metallo con Taglio termico	Distanza minima di 20 mm tra sezioni opposte di metallo	2,4

(Fonte: UNI TS 11300-1:2008)

Il fabbisogno energetico

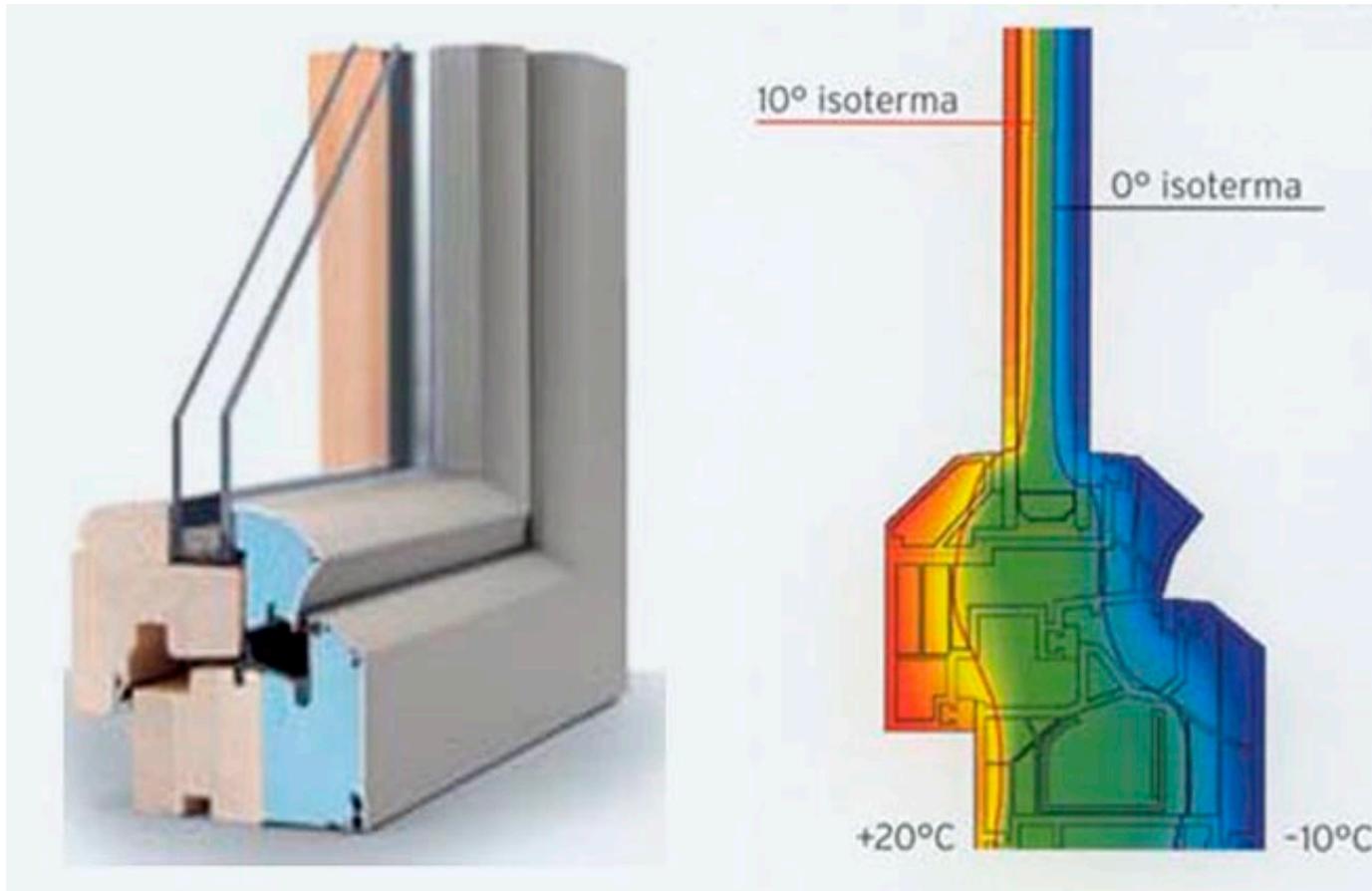
Il telaio



Telaio metallico con taglio termico

Il fabbisogno energetico

Il telaio

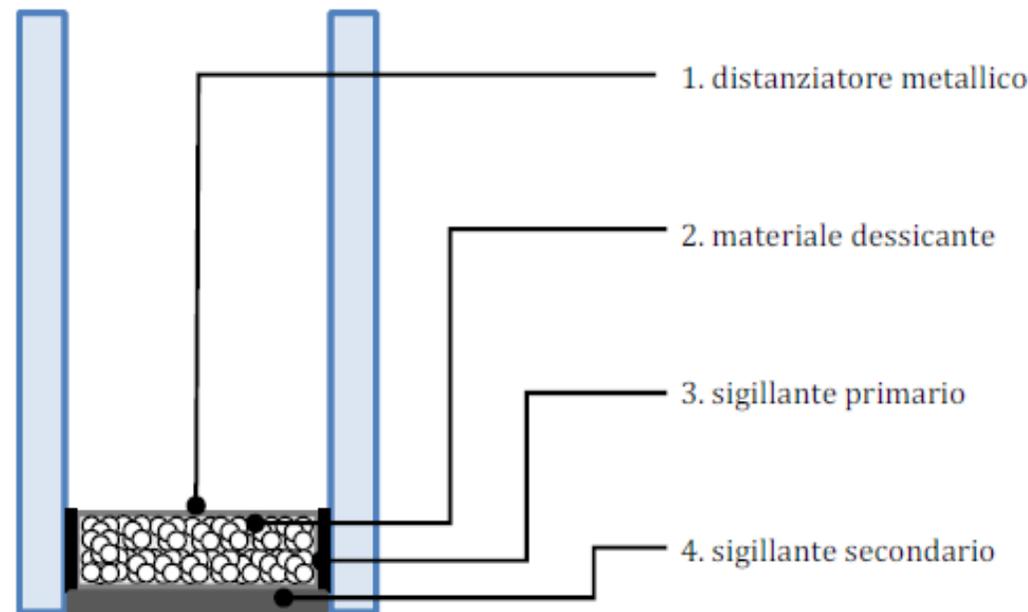


Telaio in legno/alluminio con termoschiuma isolante (Internorm)

Il fabbisogno energetico

Distanziatore

Serve a garantire la resistenza meccanica della vetrata doppia o tripla e può essere realizzato in alluminio, metallo o polimeri rinforzati.



E' vincolato alle lastre di vetro mediante:

- ✓ un sigillante primario in polisobutilene che garantisce l'adesione tra le lastre di vetro e la tenuta dell'intercapedine;
- ✓ un sigillante secondario in polisolfuro che migliora il comportamento meccanico e la resistenza del pacchetto.

Il fabbisogno energetico

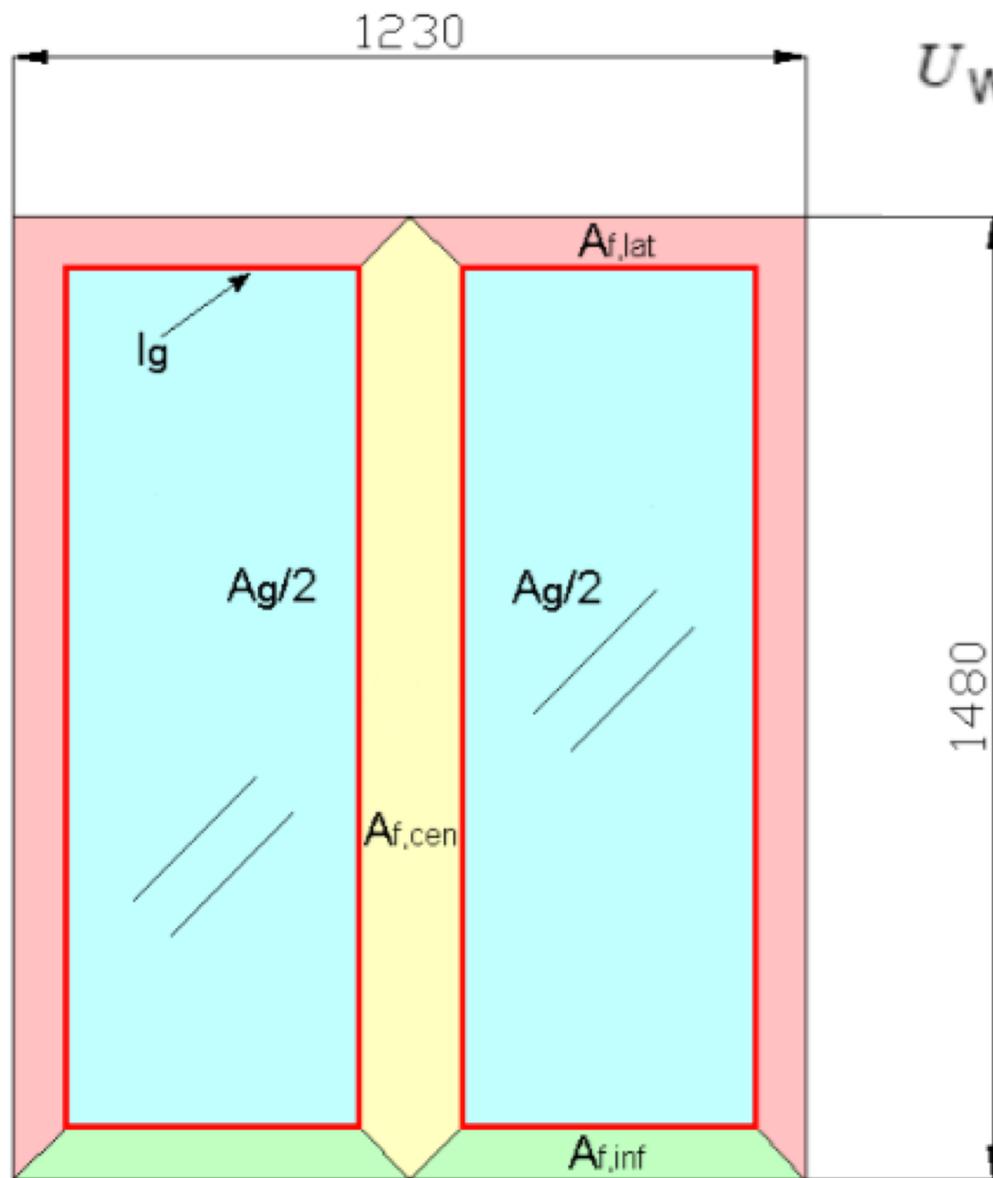
All' interno del distanziatore vengono alloggiati dei **sali igroscopici** che permettono di assorbire un eventuale eccesso di vapore acqueo presente all' interno dell' intercapedine per evitarne il deposito, a seconda dei campi di temperatura, sotto forma di condensa sulla superficie interna del vetrocamera.

Il distanziatore contribuisce a ridurre la prestazione energetica del generico vetrocamera e per questo motivo è molto importante conoscere il contributo della **dispersione termica (conduzione)** localizzata tra ambiente interno ed ambiente esterno. L' effetto di tale contributo è maggiormente significativo al crescere del grado di isolamento termico della vetrata, misurato al centro della stessa. Per rimediare parzialmente a questo inconveniente è possibile sostituire i distanziatori in metallo, altamente conduttivi, con quelli in materiale plastico.

Materiali del telaio	Vetrata doppia o tripla non rivestita, intercapedine con aria o gas Ψ [W/mK]	Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività intercapedine con aria o gas Ψ [W/mK]
Telaio in legno o telaio in PVC	0,06	0,08
Telaio in alluminio con taglio termico	0,08	0,11
Telaio in metallo senza taglio termico	0,02	0,05

Materiali del telaio	Vetrata doppia o tripla non rivestita, intercapedine con aria o gas Ψ [W/mK]	Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività intercapedine con aria o gas Ψ [W/mK]
Telaio in legno o telaio in PVC	0,05	0,06
Telaio in alluminio con taglio termico	0,06	0,08
Telaio in metallo senza taglio termico	0,01	0,04

Il fabbisogno energetico



$$U_W = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$

Il fabbisogno energetico

fattori che influenzano le prestazioni termiche dei serramenti FINESTRE

$$U_W = \frac{\sum A_g U_g + \sum A_f U_f + \sum l_g \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f}$$

Nel caso di esempio i contributi dei diversi componenti al valore di trasmittanza termica del serramento sono i seguenti:

Telaio: 38%

Vetrata: 47%

Giunto telaio/vetrata: 15%

Esempio:

Finestra con telaio in legno e vetrata con trattamento basso emissivo di dimensioni 1230x1480 mm²

$$U_f = 2,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

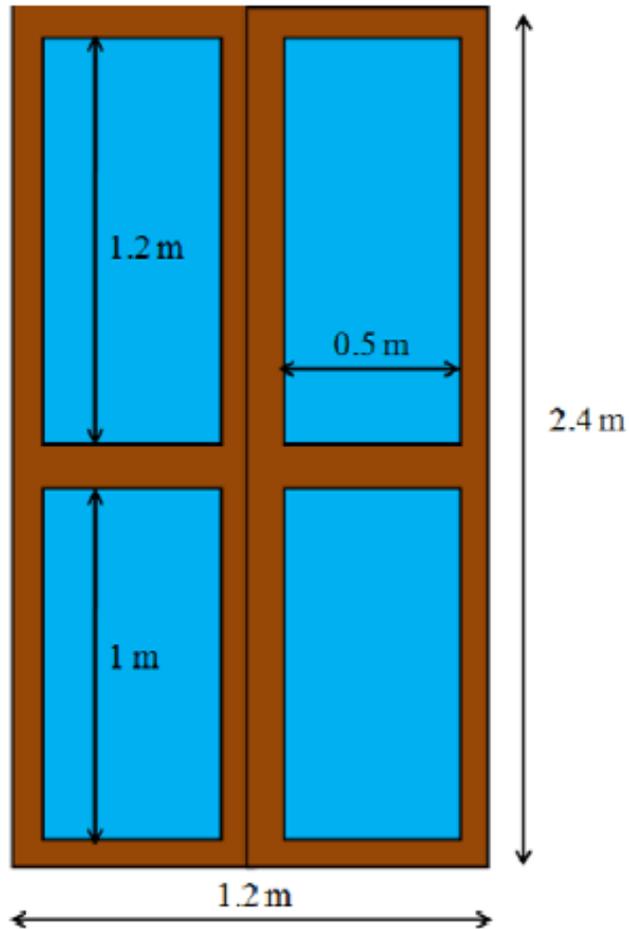
$$U_g = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$$

$$\Psi_g = 0,08 \text{ W}/(\text{m K})$$

(UNI EN ISO 10077-1:2007 – tab. E.1)

Il fabbisogno energetico

Si calcoli la trasmittanza termica del seguente serramento in legno, dotato di vetrata doppia e distanziatore metallico.



Dati geometrici

$$A_w = ?$$

$$A_g = ?$$

$$A_t = ?$$

Caratteristiche energetiche

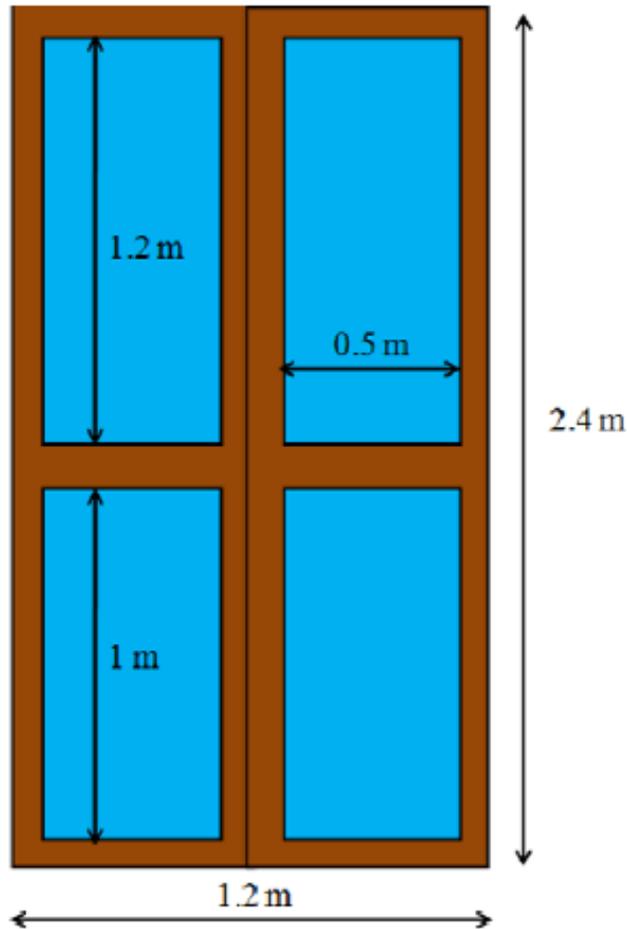
$$U_g = ?$$

$$U_t = ?$$

$$\Psi_g = ?$$

Il fabbisogno energetico

Si calcoli la trasmittanza termica del seguente serramento in legno, dotato di vetrata doppia e distanziatore metallico.



Dati Geometrici:

$$A_w = (1,2 \times 2,4) = 2,88 \text{ m}^2$$

$$A_g = (1,2 \times 0,5) \times 2 + (1,0 \times 0,5) \times 2 = 2,2 \text{ m}^2$$

$$A_t = (A_w - A_g) = 0,68 \text{ m}^2$$

$$l_g = (1,2 \times 4) + (0,5 \times 8) + (1,0 \times 4) = 12,8 \text{ m}$$

Caratteristiche dei materiali:

Doppiovetro basso-emissivo

$$U_g = 1,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Telaio in legno tenero

$$U_t = 1,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Distanziatore metallico

$$\Psi_g = 0,06 \text{ W/m K}$$

Trasmittanza termica

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_t U_t + l_g \Psi_g}{A_w} = 1,914 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$$

Il fabbisogno energetico

Terza fase dell'esercitazione: dispersione termica per trasmissione Hd – Componenti finestrati.

ALLEGATO	Calcolo semplificato del fabbisogno di un edificio		UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CAGLIARI	Docenti:	Studenti:
3	DISPERSIONE TERMICA PER TRASMISSIONE (Hd) - Componenti trasparenti		Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale ed Architettura		
Foglio 7			LABORATORIO INTEGR. DI PROG. TECNOLOGICA a.a. 2017/2018		

DATI GEOMETRICI			VETRO			TELAIO				CHIUSURA			
Rif. componente	Lunghezza	Altezza	Trasmittanza	Area	Perimetro	Conduttività	Spessore	Trasmittanza	Area	Tipologia	Bordi	Resistenza termica	Resistenza termica addizionale
-	L [m]	H [m]	U_g [W/m ² K]	A_R [m ²]	l_g [m]	λ_f [W/mK]	d_f [m]	U_f [W/m ² K]	A_f [m ²]	-	b_{sh} [m]	R_{sh} [m ² K/W]	ΔR [m ² K/W]
F 0.04/d	1,50	1,50	3,30	1,44	7,20	0,18	0,80	1,98	0,81	Scuri interni	0,000	0,20	0,36
F 0.03/d	1,50	1,50	3,30	1,44	7,20	0,18	0,80	1,98	0,81	Scuri interni	0,000	0,20	0,36
F 1.05/d	1,50	1,50	3,30	1,44	7,20	0,18	0,80	1,98	0,81	Avvolgibile	0,012	0,15	0,19
F 1.01/d	1,50	1,50	3,30	1,44	7,20	0,18	0,80	1,98	0,81	Avvolgibile	0,012	0,15	0,19
F 1.02/d	1,50	1,50	3,30	1,44	7,20	0,18	0,80	1,98	0,81	Avvolgibile	0,012	0,15	0,19
F 1.01/e	0,90	0,90	3,30	0,40	2,52	0,18	0,80	1,98	0,41	Avvolgibile	0,012	0,15	0,19
F 0.03/e	0,90	0,90	3,30	0,40	2,52	0,18	0,80	1,98	0,41	-	-	-	-
F 0.02/e	0,90	0,90	3,30	0,40	2,52	0,18	0,80	1,98	0,41	-	-	-	-
F 0.01/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 0.02/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 2.01/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 2.02/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 2.03/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 2.04/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 2.05/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 2.06/f	0,50	0,50	3,30	0,12	1,36	0,18	0,80	1,98	0,13	-	-	-	-
F 1.01/g	1,00	2,50	3,30	2,25	10,50	0,18	0,80	1,98	0,25	-	-	-	-
F 1.01/a	1,50	2,50	3,30	2,28	12,40	0,18	0,80	1,98	1,47	Avvolgibile	0,012	0,15	0,19
F 1.02/a	1,50	2,50	3,30	2,28	12,40	0,18	0,80	1,98	1,47	Avvolgibile	0,012	0,15	0,19
P 0.01/c	1,10	2,30	3,30	1,11	4,62	0,18	0,80	1,98	1,42	-	-	-	-
F 1.01/c	1,10	2,50	3,30	1,51	7,00	0,18	0,80	1,98	1,24	Avvolgibile	0,012	0,15	0,19
F 0.01/a	1,50	2,50	3,30	1,62	7,80	0,18	0,80	1,98	2,13	Scuri interni	0,000	0,20	0,36
F 0.01/b	1,10	2,50	3,30	0,84	6,56	0,18	0,80	1,98	1,91	-	0,000	0,20	0,36
Porta ripost.	0,85	2,10	-	-	-	0,18	0,80	1,98	1,79	-	-	-	-
Porta garage	0,95	2,10	-	-	-	0,18	0,80	1,98	2,00	-	-	-	-

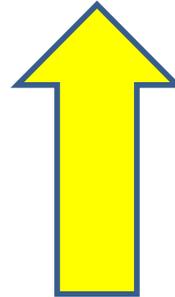
In questo foglio excel troveremo il coefficiente di dispersione termica Hd dei vari componenti finestrati, poi sempre per componenti finestrati nei vari piani dell'edificio.

Il fabbisogno energetico

DI QUALE TERMINE CI STIAMO OCCUPANDO NELL'EQUAZIONE GENERALE DELLO SCAMBIO TERMICO?

$Q_{H,nd}$ è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento;

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$



SIA LE CHIUSURE OPACHE (viste nella precedente dispensa) CHE QUELLE TRASPARENTI (di questa dispensa) SONO SOGGETTE A TRASMISSIONE DI CALORE PER CONDUZIONE.

$Q_{H,nd}$ è il fabbisogno ideale di energia termica dell'edificio per riscaldamento;

$Q_{H,ht}$ è lo scambio termico totale nel caso di riscaldamento;

$Q_{H,tr}$ è lo scambio termico per trasmissione nel caso di riscaldamento;

$Q_{H,ve}$ è lo scambio termico per ventilazione nel caso di riscaldamento;

Q_{gn} sono gli apporti termici totali;

Q_{int} sono gli apporti termici interni;

Q_{sol} sono gli apporti termici solari;

$\eta_{H,gn}$ è il fattore di utilizzazione degli apporti termici; a dell'edificio) A.A. 2017-18

to be continued...