



DETEC



**EDIFICI A ENERGIA
"QUASI ZERO"**

[CASE PASSIVE, SOSTENIBILI, IN CLASSE A]

REGIONE CAMPANIA

Napoli, martedì 17 maggio 2011
Centro Direzionale Regione Campania
Auditorium Torre C3

Edifici a basso consumo energetico nei climi mediterranei

Prof. ing. Adolfo Palombo
(palombo@unina.it)

DETEC, Facoltà d'Ingegneria
Università degli Studi di Napoli Federico II

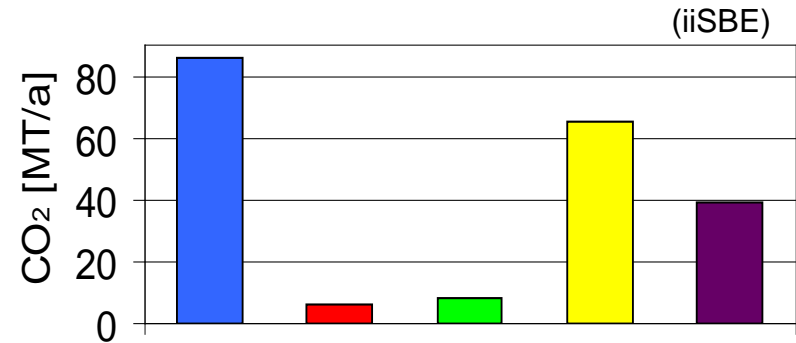
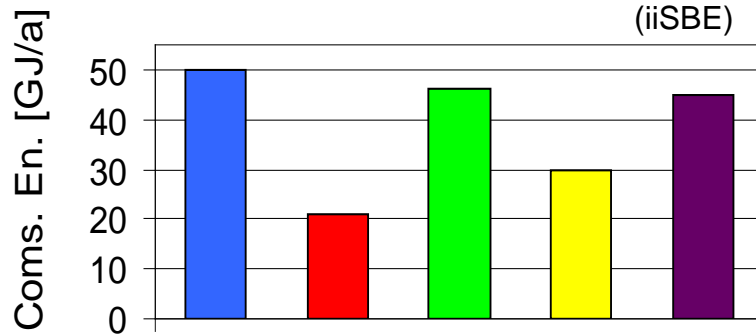
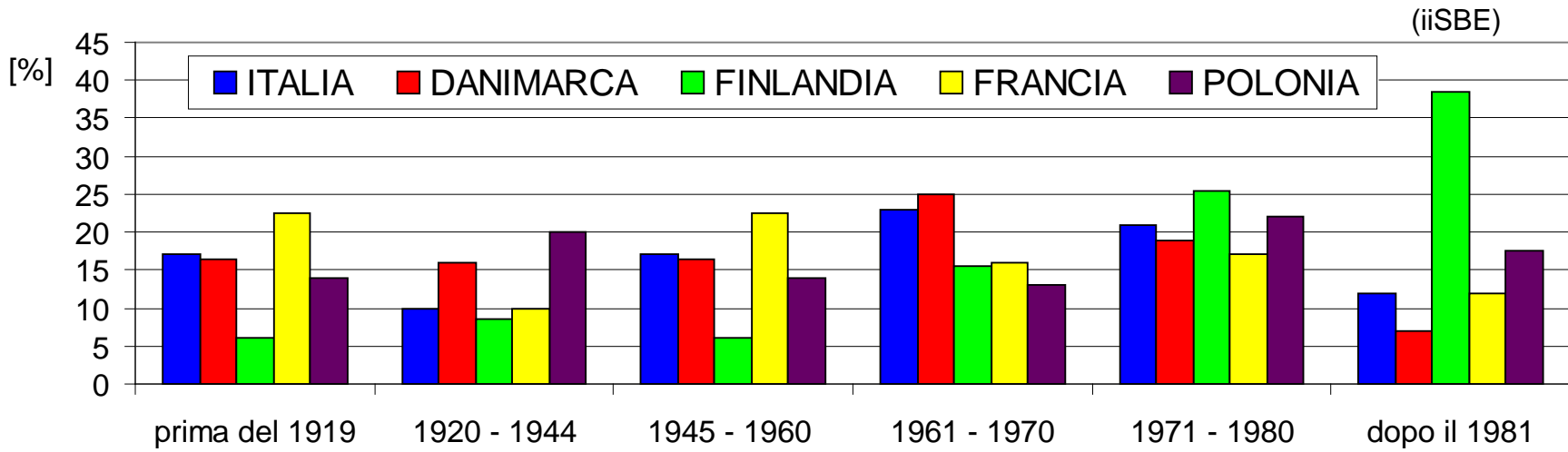
SCENARIO ATTUALE E FUTURO

- Nei **Paesi industrializzati** oltre il 30% dell'energia destinata alle utenze viene impiegata negli edifici. Di tale aliquota il **40 ÷ l'80%** è destinata al **riscaldamento o alla climatizzazione**
- Nella **Comunità Europea** l'energia impiegata nel settore residenziale e terziario rappresenta oltre il 40% del consumo finale d'energia, il settore civile produce il 30 ÷ 40% delle emissioni di gas serra
- **L'Italia** è uno dei paesi europei con il maggiore consumo d'energia nel settore civile. Consumo medio negli edifici residenziali esistenti: **150 ÷ 180 kWh/m²a**. Nel settore civile (40% consumo totale d'energia): 32.5 Mtep/persona (fonti tradizionali) + 3.7 Mtep/persona (fonti rinnovabili); 30% emissioni totali di CO₂
- Studi UE indicano nel **20%** l'obiettivo minimo al **2020** di **risparmio energetico**, di **recupero d'efficienza energetica negli usi finali** e di **riduzione delle emissioni di CO₂**. In Italia il risparmio potenziale si colloca almeno sul **30%**

CONSUMI IN CRESCITA

- In Italia, dal **2000 al 2005**, il consumo energetico nel **settore residenziale** è **cresciuto complessivamente del 16,4%**, passando da 26,5 Mtep a 30,8 Mtep (Enea)
 - Il 68% è per il riscaldamento, il 15% per usi elettrici, il 12% per produzione di acqua calda sanitaria e per il 6% per usi cucina (Enea)
 - I consumi energetici per la climatizzazione estiva per l'aumento degli impianti di piccola taglia (< 7 kW) raggiungono oggi 11 TWh/persona anno (iiSBE)
-
- **Edifici nuovi**
 - **Edifici esistenti: 13 milioni**
(85% residenziale, 27 milioni di appartamenti) (iiSBE)

SCENARIO ATTUALE



PASSIVEHAUS

Climi Freddi

Inverno lungo

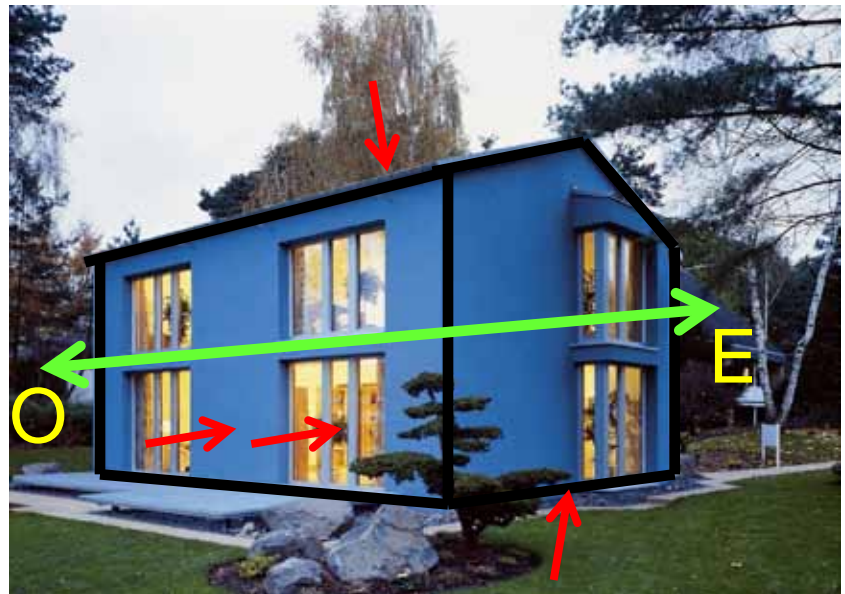
Energia per il riscaldamento
< 15 kWh/m²anno

Forma

Orientamento

Involucro

Impianti
efficienti



Climi temperati

Inverno non molto lungo



Energia per il riscaldamento
< 15 kWh/m²anno

Estate calda



Energia per il raffrescamento
< 15 kWh/m²anno

Forma

Orientamento

Involucro

Impianti
efficienti



- Resistenza + Capacità

REGIME INVERNALE

- **Trasmittanza U :** potenza termica che in regime stazionario passa da un fluido ad un altro attraverso una parete (muri, tetti, solai, porte e vetri) per unità di superficie e di differenza di temperatura tra i due fluidi. La sua unità di misura è [W/m²K]
- **Rendimento globale medio stagionale, h_g :** rapporto tra l'energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria necessaria per la sua erogazione
- **Indice di prestazione energetica, EP_i per il riscaldamento invernale: fabbisogno annuo di energia primaria** per soddisfare i fabbisogni dell'edificio per la climatizzazione invernale per unità di superficie o di volume utile. Non include dunque l'ACS, i consumi elettrici, etc., è espresso in kWh/m²anno (edifici residenziali, uffici e assimilati) o kWh/m³anno (altri edifici)

DLgs. n. 192/05 e s.m.i.:

per questi indici sono fissati in generale dei limiti da rispettare per gli edifici nuovi, le ristrutturazioni significative, i grandi ampliamenti

REGIME ESTIVO

D.Lgs. n. 311/06 (all. I, commi 9 e 10) e DPR n.59/09:

per quasi tutte le tipologie d'edificio di nuova costruzione o in ristrutturazione:

- **Indice di prestazione energetica $EP_{e,inv}$ per la climatizzazione estiva: fabbisogno annuo di energia frigorifera dell'involucro** edilizio, espresso in kWh/m²anno (edifici residenziali, uffici e assimilati) o kWh/m³anno (altri edifici). per quest'indice è fissato un limite da rispettare per gli edifici nuovi, le ristrutturazioni significative, i grandi ampliamenti
- **Schermi e ventilazione naturale** - Verificare che per la limitazione dei fabbisogni per la climatizzazione estiva e per il contenimento della temperatura interna negli ambienti:
 - siano presenti efficaci elementi di **schermatura delle superfici vetrate** (esterni o interni), in alcuni casi **obbligo di schermi esterni**. Qualora se ne dimostri la non convenienza in termini tecnico-economici, detti sistemi possono essere omessi in presenza di **superfici vetrate con fattore solare (UNI EN 410) minore o uguale a 0,5**. Tale valutazione deve essere evidenziata nella relazione tecnica (DPR n. 59/09).
 - siano sfruttate al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive dell'edificio per ottimizzare la **ventilazione naturale**

REGIME ESTIVO

• **inerzia termica** - Verificare (ad esclusione della zona F) per le località in cui il valore medio mensile **dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$** che:

- la **massa superficiale (m_s)** delle pareti **opache verticali** (eccetto NO, N, NE) sia **maggiore di 230 kg/m^2 oppure** che il **valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{IE}** (capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786, 2008) **sia inferiore a $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$** (DPR n. 59/09).

- per tutte le **pareti opache orizzontali ed inclinate** che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica **Y_{IE} sia inferiore a $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$** (DPR n. 59/09).

Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o trasmittanza termica periodica delle pareti opache possono essere raggiunti, in alternativa, con **l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde**, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare. In tal caso deve essere **prodotta una adeguata documentazione e certificazione** delle tecnologie e dei materiali che ne attestino l'equivalenza con le predette disposizioni.

POSSIBILI SOLUZIONI PER L'EFFICIENTAMENTO DEL SISTEMA EDIFICIO-IMPIANTO

INVOLUCRO EDILIZIO

- isolamento termico
- vetrate speciali
- materiali ad elevata inerzia termica
- schermi solari
- ventilazione naturale
- architettura ed orientamento edificio

IMPIANTI

- sistemi ad elevata efficienza
- energie rinnovabili

TRASMITTANZE PER LE FINESTRE

TABELLA 4.a			
Chiusure trasparenti			
Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	5.5	5.0	4.6
B	4.0	3.6	3.0
C	3.3	3.0	2.6
D	3.1	2.8	2.4
E	2.8	2.4	2.2
F	2.4	2.2	2.0

TABELLA 4.b			
Vetri			
Valori limite della trasmittanza termica U espressa in W/m^2K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dall' 1 luglio 2008 U (W/m^2K)	Dall' 1 gennaio 2011 U (W/m^2K)
A	5.0	4.5	3.7
B	4.0	3.4	2.7
C	3.0	2.3	2.1
D	2.6	2.1	1.9
E	2.4	1.9	1.7
F	2.3	1.7	1.3

POSSIBILI INTERVENTI SULLE FINESTRE

- **Vetrata**
- **Telai**
- **Cassonetti**
- **Schermature**

Trasmittanza per le vetrate

$$U_g = \frac{1}{\frac{1}{a_i} + \sum_{i=1}^n \frac{d_{g,i}}{\lambda_{g,i}} + \sum_{j=1}^{n-1} \frac{1}{a_{sj}} + \frac{1}{a_e}}$$

$1/a_{i,e}$ [m²K/W] resistenza termica unitaria dello *strato liminare* dell'aria rispettivamente sulla superficie interna (*i*) e su quella esterna (*e*) della vetrata

λ_g [W/mK] conducibilità termica dell' *i-esimo* strato di vetro

d_g [m] spessore dell' *i-esimo* strato di vetro

s/λ [m²K/W] *resistenza termica unitaria* dell' *i-esimo* strato di vetro

$1/a_s$ [m²K/W] resistenza termica della *j-esima* intercapedine della vetrocamera

TRASMITTANZE PER LE FINESTRE

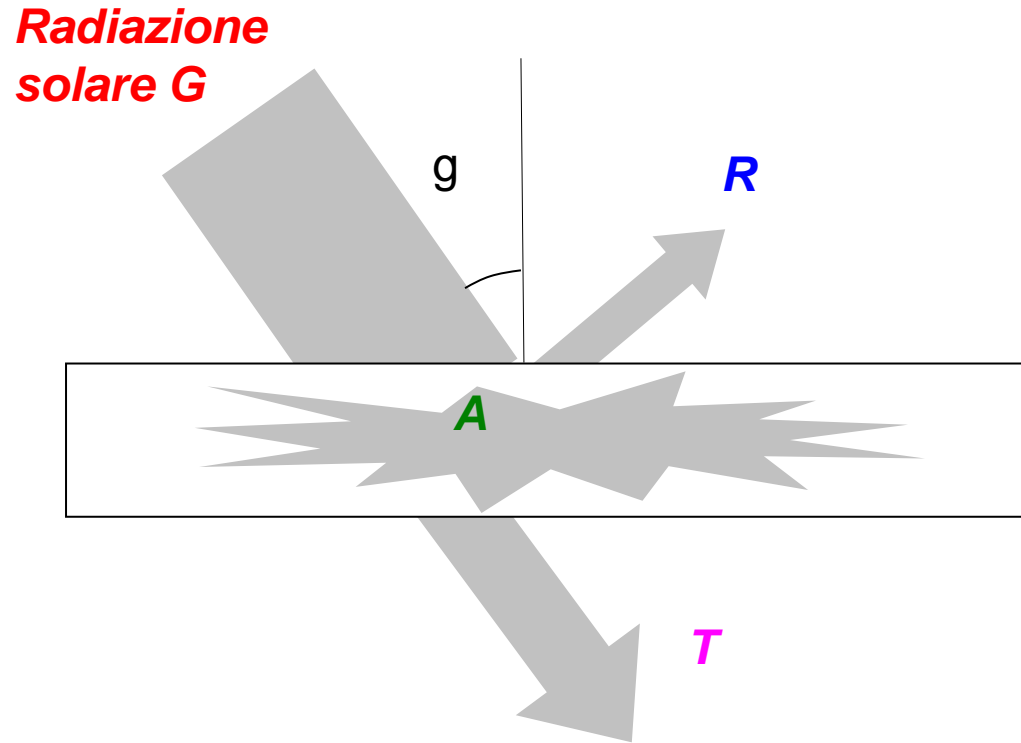
Per una superficie vetrata composta da una sola lastra, trascurando la conduttanza conduttiva unitaria del vetro (l/s), la conduttanza di scambio termico globale è:

$$\frac{1}{U_g} = \frac{1}{a_i} + \frac{1}{a_e} \qquad U_g = \frac{a_i a_e}{a_i + a_e}$$

Per una superficie vetrata composta da due lastre, trascurando ancora la conduttanza conduttiva unitaria del vetro (l/s), si ha:

$$\frac{1}{U_g} = \frac{1}{a_i} + \frac{1}{a_s} + \frac{1}{a_e} \qquad U_g = \frac{a_i a_s a_e}{a_i a_s + a_s a_e + a_i a_e}$$

RADIAZIONE INCIDENTE, RIFLESSIONE, ASSORBIMENTO E TRASMISSIONE



$$G = A + R + T$$

$$a + r + t = 1$$

VETRATE SPECIALI – CASO INVERNALE

SHGC

Solar Heat Gain Coefficient

Inverno

Vetro singolo

$$\frac{Q}{A_g} = U_g (T_i - T_e) - \frac{\alpha_e}{\epsilon_e} + U_g \frac{a_e}{a_e} \frac{\ddot{O}}{\ddot{O}} G$$

Vetro doppio

$$\frac{Q}{A_g} = U_g (T_i - T_e) - \frac{\alpha_e^*}{\epsilon_e} + U_g \frac{\alpha_e}{\epsilon_e} + \frac{a_i}{a_s} + \frac{a_i}{a_e} \frac{\ddot{O}}{\ddot{O}} G$$

Per il calcolo di SHGC si considerano le lunghezze d'onda comprese tra i 0,3 ed i 2,5 μm, quindi, **oltre alla radiazione visibile, una parte dell'ultravioletto (< 0,38 μm) ed una dell'infrarosso (> 0,78 μm).**

Adozione di vetrocamere doppie o triple – lo strato d'aria presente tra ciascuna coppia di lastre aumenta la resistenza termica del componente rispetto al vetro singolo

Riempimento dell'intercapedine con Argon, Xenon, Krypton o Esafluoruro di zolfo – l'utilizzo di alcuni gas ad elevato peso molecolare e bassoconduttivi in sostituzione dell'aria disidratata innalza la resistenza convettiva

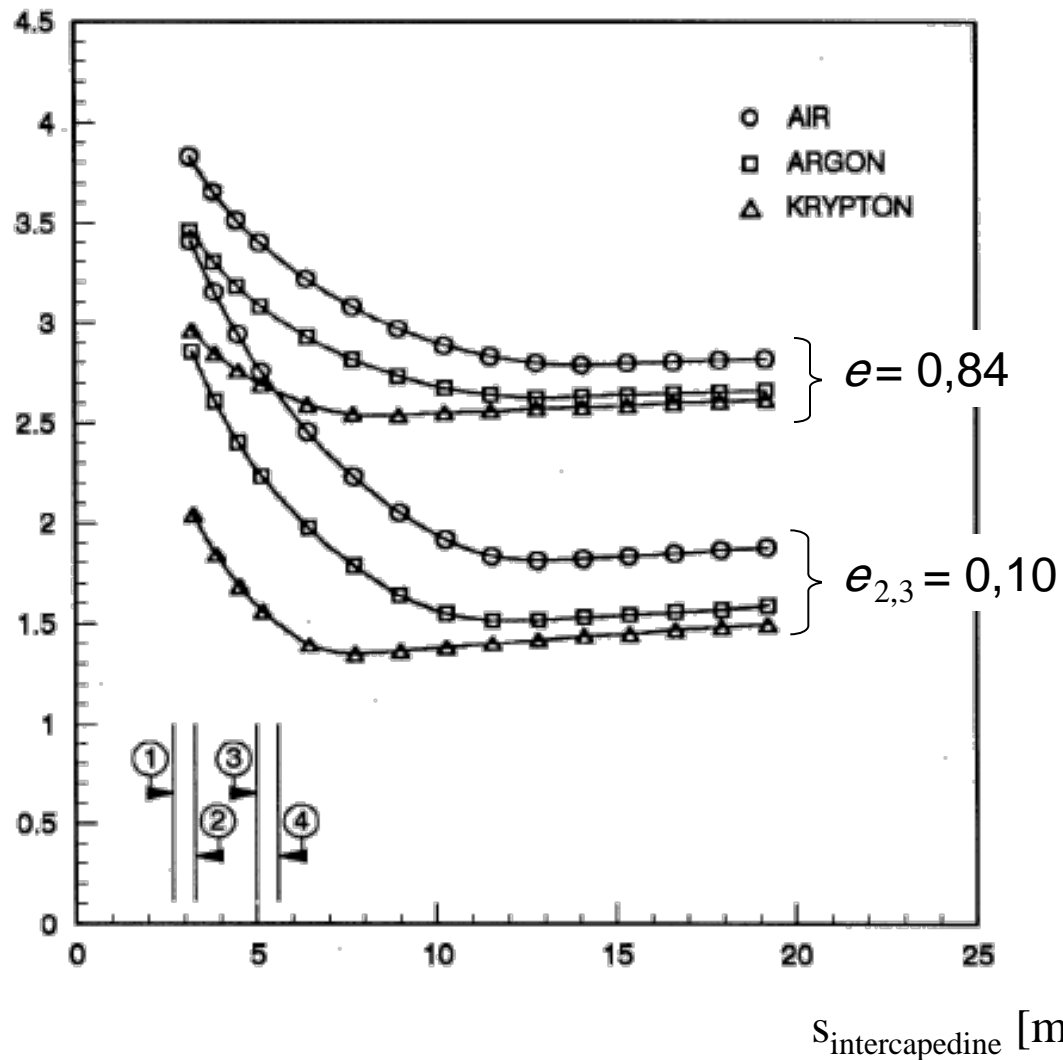
Proprietà fisiche dei gas utilizzati all'interno delle vetrocamere

proprietà	gas															
	aria				argon				krypton				esafluoruro di zolfo			
$T [^{\circ}\text{C}]$	-10	0	10	20	-10	0	10	20	-10	0	10	20	-10	0	10	20
$r [\text{kg}/\text{m}^3]$	1,33	1,28	1,23	1,19	1,83	1,76	1,70	1,64	6,84	6,60	6,36	6,12	3,83	3,69	3,56	3,43
$m [10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}\cdot\text{s})]$	1,66	1,71	1,76	1,81	2,04	2,10	2,16	2,23	1,38	1,42	1,46	1,49	2,26	2,33	2,40	2,47
$l [10^{-2} \text{ W}/\text{m K}]$	2,34	2,42	2,50	2,58	1,58	1,63	1,68	1,73	1,12	1,20	1,28	1,35	0,84	0,87	0,90	0,93
$c [10^{-3} \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$	1,008				0,519				0,614				0,245			

TRASMITTANZE PER LE FINESTRE

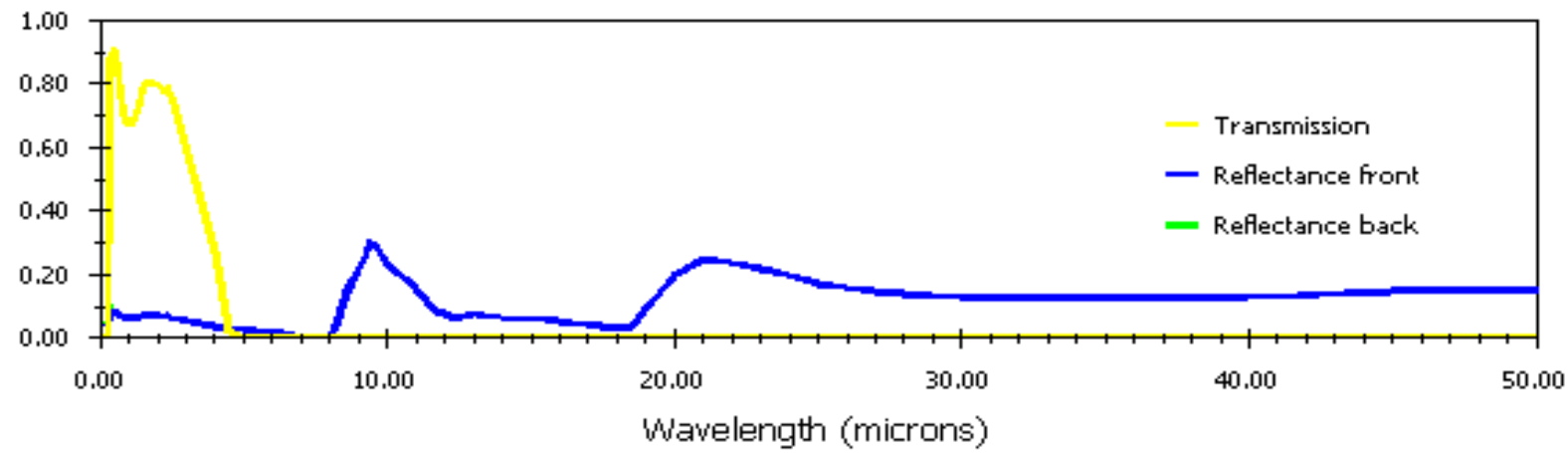
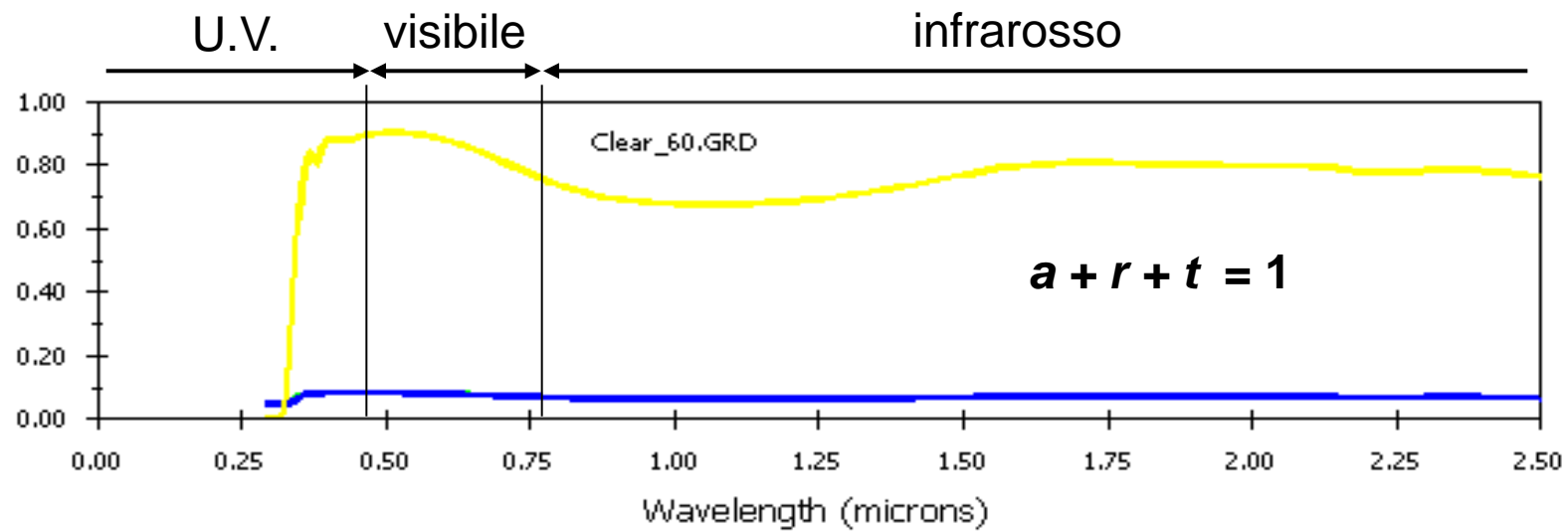
U_g [W/m²K]

fonte Ashrae



COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE E RIFLESSIONE OTTICA IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DELLA RADIAZIONE

Vetro normale chiaro da 6 mm



FLUSSO TERMICO IN FUNZIONE DELL'EMISSIVITA'

Adozione di vetri bassoemissivi: si innalza la resistenza radiativa
La radiazione infrarossa proveniente dall'interno è riflessa (effetto serra)

**Ambiente interno come cavità
nera alla temperatura T_p di
superficie molto maggiore di
quella vetrata d'una finestra**

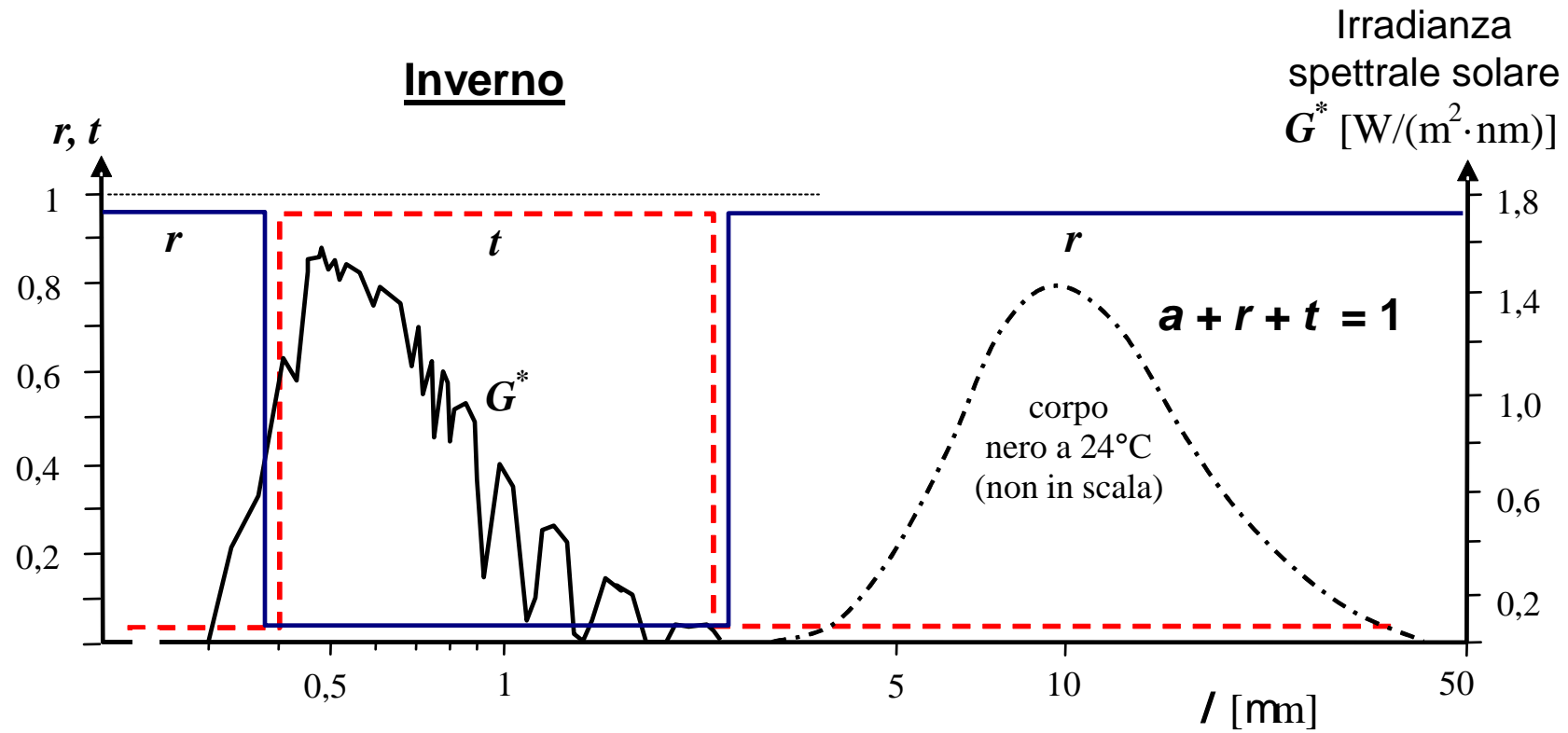
**Intercapedine di una
vetrocamera doppia come una
cavità composta da 2 superfici
piane parallele e indefinite**

$$\dot{q}_{irr} = a_{i,irr} (T_p - T_4) = e_4 s (T_p^4 - T_4^4)$$

$$\dot{q}_{s,irr} = a_{s,irr} (T_3 - T_2) = \frac{s (T_3^4 - T_2^4)}{\frac{1}{e_3} + \frac{1}{e_2} - 1}$$

Quindi abbassando e_2 , e_3 o e_4 si riduce la trasmissione del calore per irraggiamento

COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE E RIFLESSIONE OTTICA IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DELLA RADIAZIONE

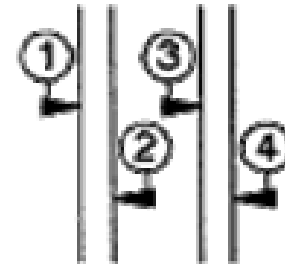


Comportamento ideale di un vetro bassoemissivo per climi freddi

VETRATE SPECIALI

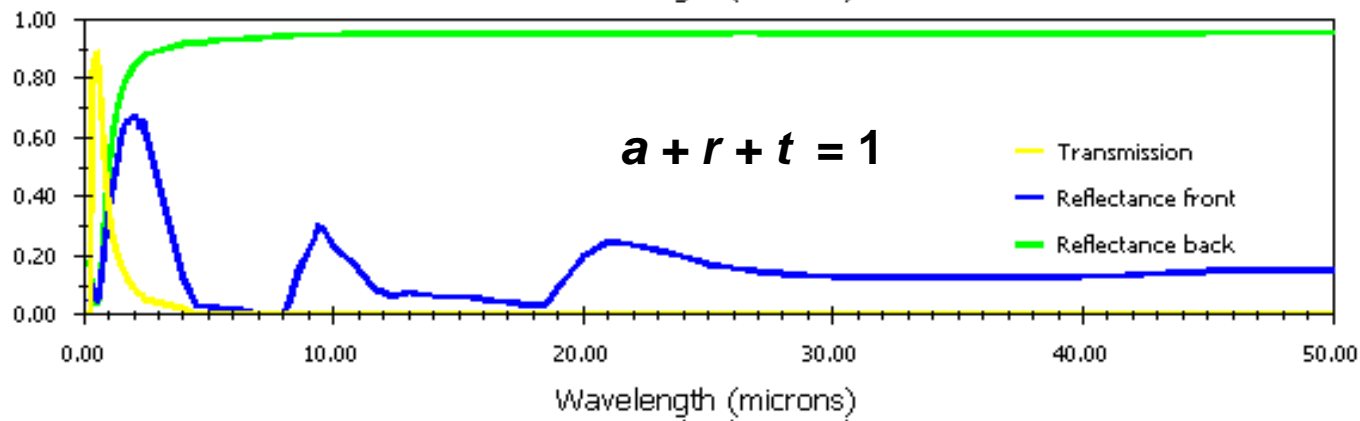
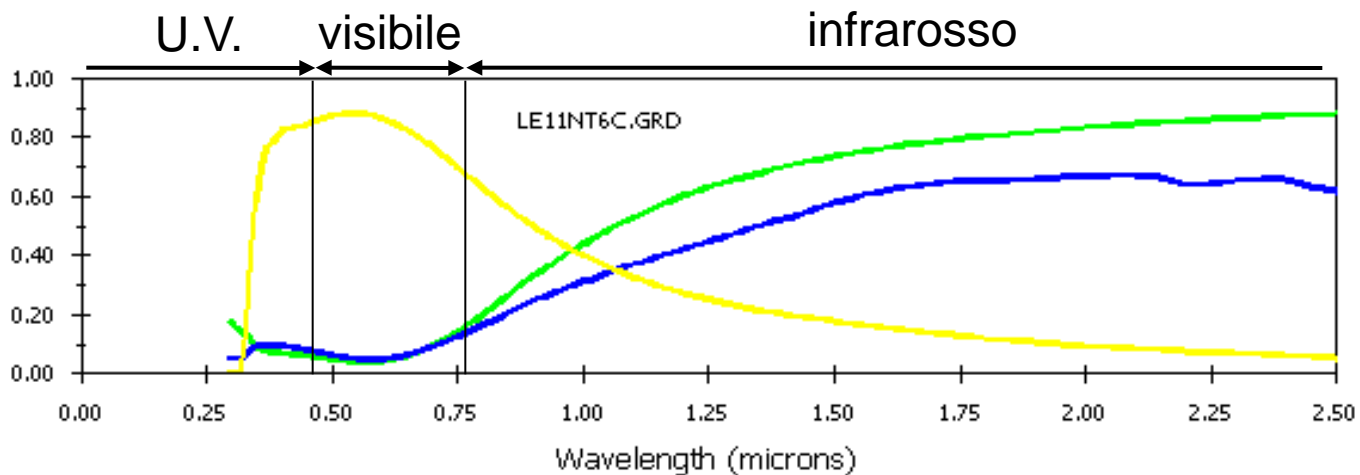
Processo pirolitico (Hard Coating): ossidi o vapori metallici sono applicati direttamente al vetro durante la lavorazione, quando ancora la lamina è calda nel forno di ricottura

Processo magnetronico (Soft Coating): ossidi metallici sono applicati al prodotto finito, cioè *off line*, con una sofisticata tecnica sottovuoto. Presentano migliori caratteristiche di isolamento termico rispetto ai vetri pirolitici ma il *coating* è più delicato: va posto necessariamente in faccia 2 o 3



COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE E RIFLESSIONE OTTICA IN FUNZIONE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DELLA RADIAZIONE

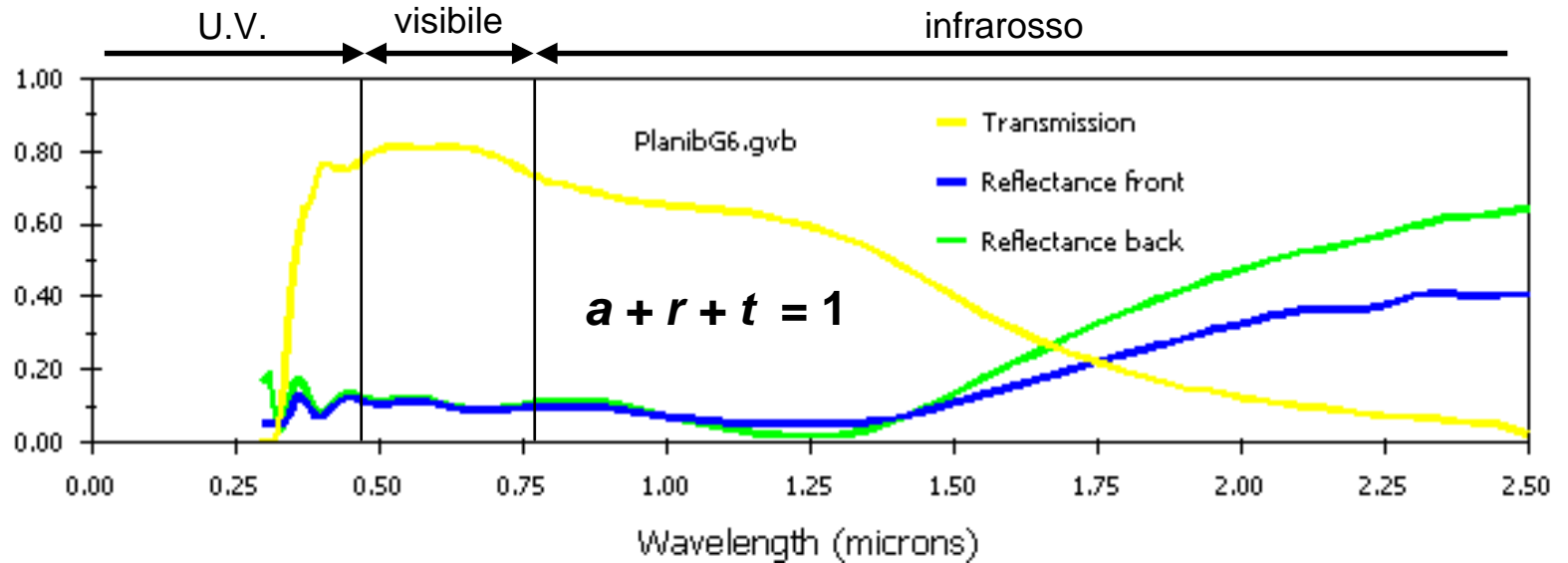
Adozione di vetri bassoemissivi - Il risultato è ottenuto attraverso il trattamento superficiale (pirolitico o magnetronico) del vetro



Vetro chiaro da 6 mm con coating basso emissivo magnetronico



VETRATE SPECIALI

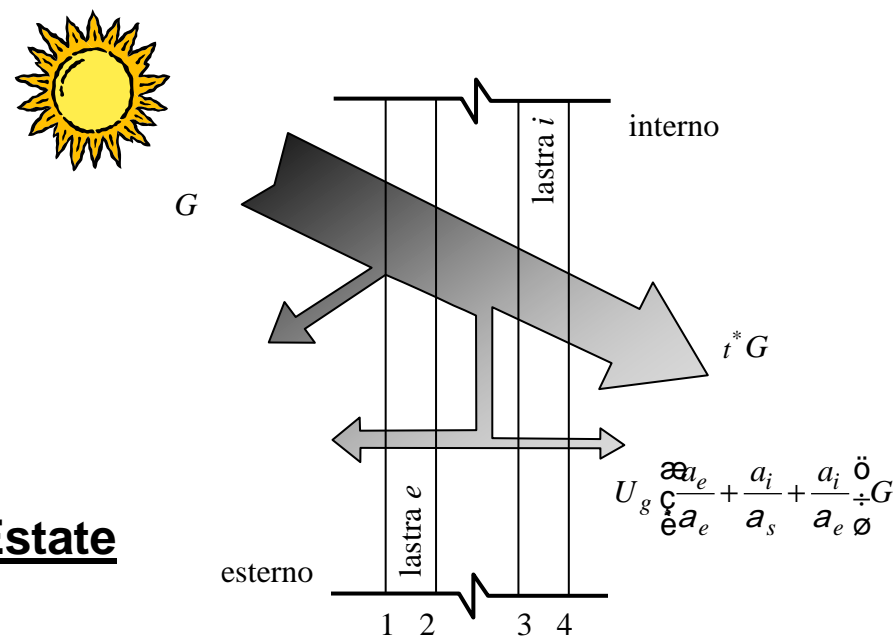
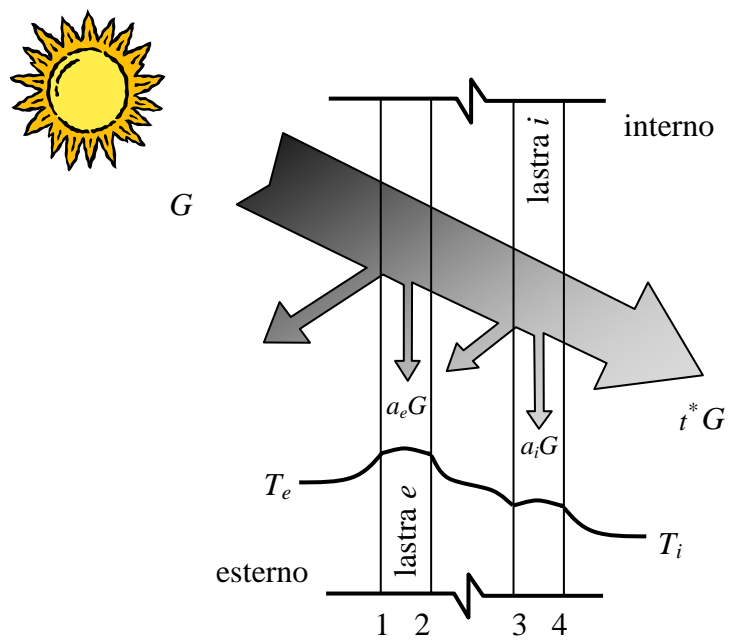


Vetro chiaro da 6 mm con coating basso emissivo pirolitico

Vetro (sigla)	t solare	r_f solare	r_b solare	t visibile	r_f visibile	r_b visibile	ϵ	ϵ_b
normale (clear60)	0,804	0,074	0,073	0,892	0,082	0,082	0,840	0,840
magnetronico (LE11NT6C)	0,589	0,229	0,288	0,872	0,053	0,043	0,836	0,066
pirolitico (PlanibG6)	0,664	0,106	0,123	0,806	0,106	0,115	0,840	0,169

Proprietà ottiche dei vetri bassoemissivi

VETRATE SPECIALI



Estate

Vetro doppio

$$\frac{\dot{Q}}{A_g} = U_g (T_e - T_i) + \underbrace{\frac{\alpha_e}{\epsilon_e} t^* + U_g \left(\frac{\alpha_e}{\epsilon_e} \frac{a_e}{a_s} + \frac{a_i}{a_e} \right)}_{\text{SHGC}} \frac{\ddot{Q}}{\ddot{Q}}$$

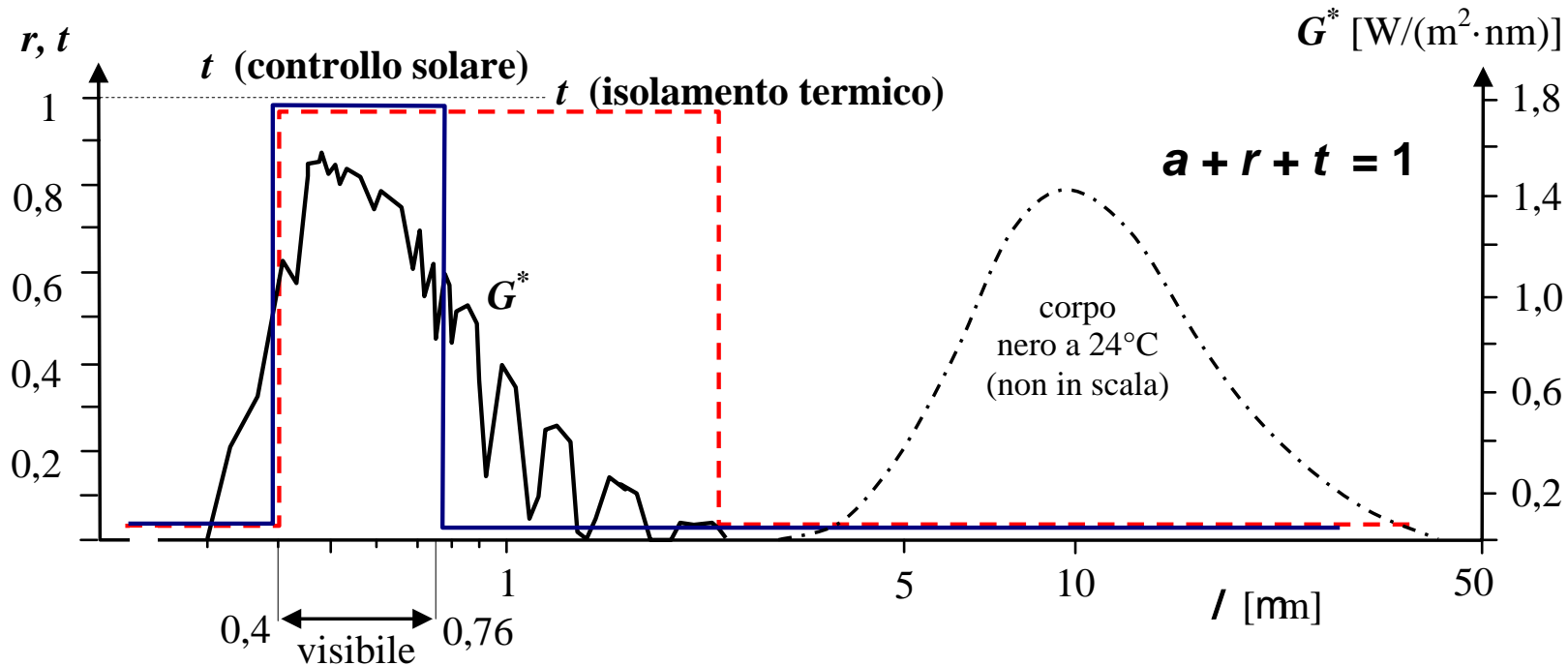
Coefficiente di trasmissione secondario

SHGC Solar Heat Gain Coefficient

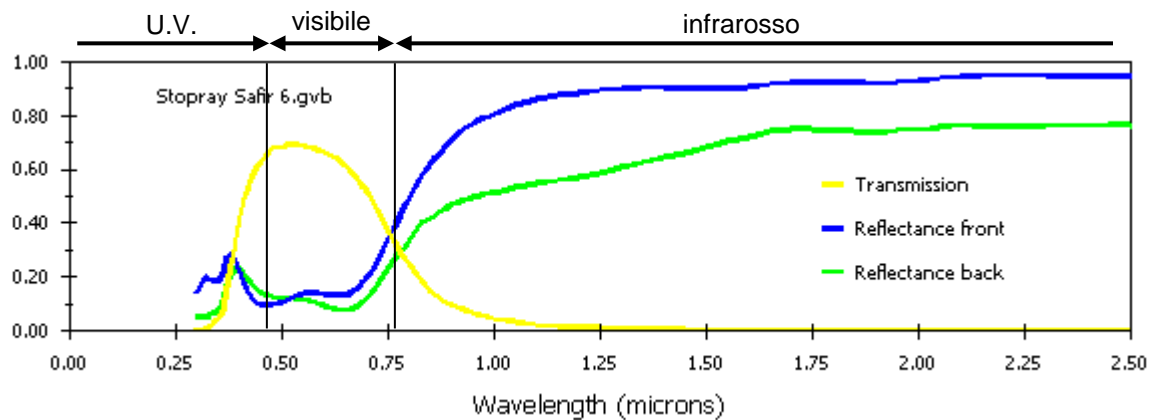


VETRATE SPECIALI – CASO ESTIVO

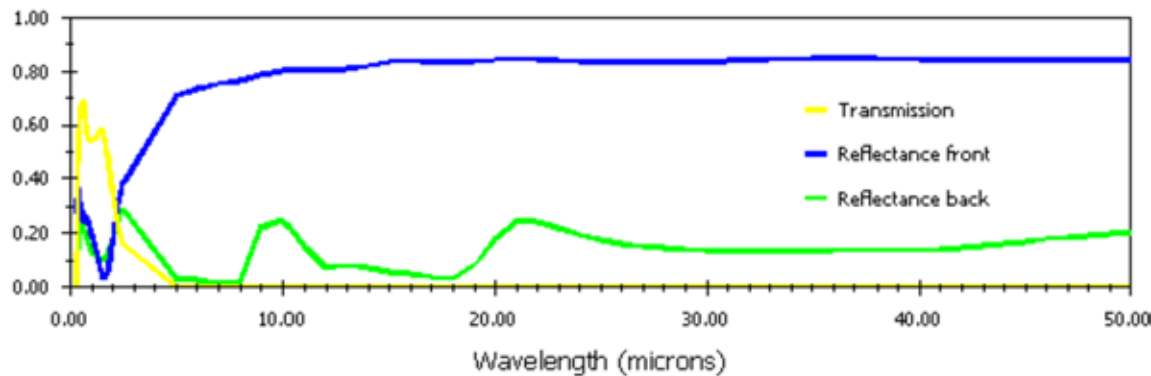
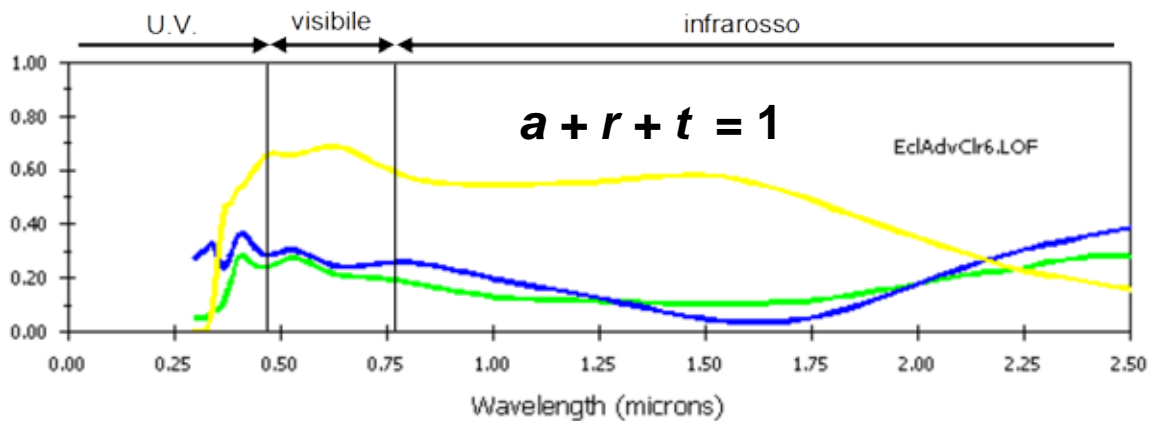
Estate



Comportamento ideale di un vetro bassoemissivo per climi caldi

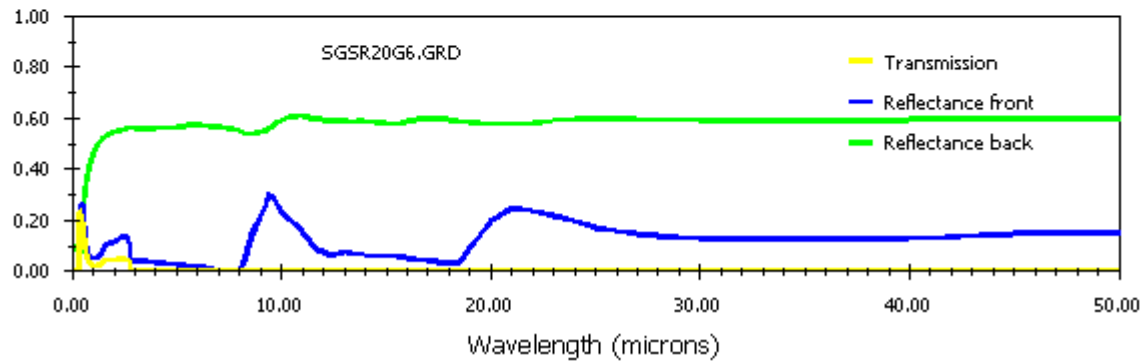
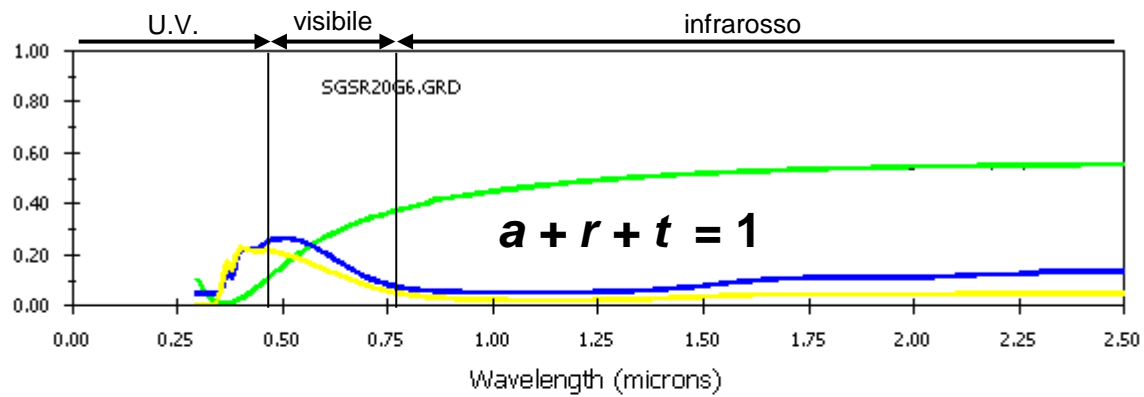


Vetro chiaro da 6 mm con coating magnetronico per il controllo solare

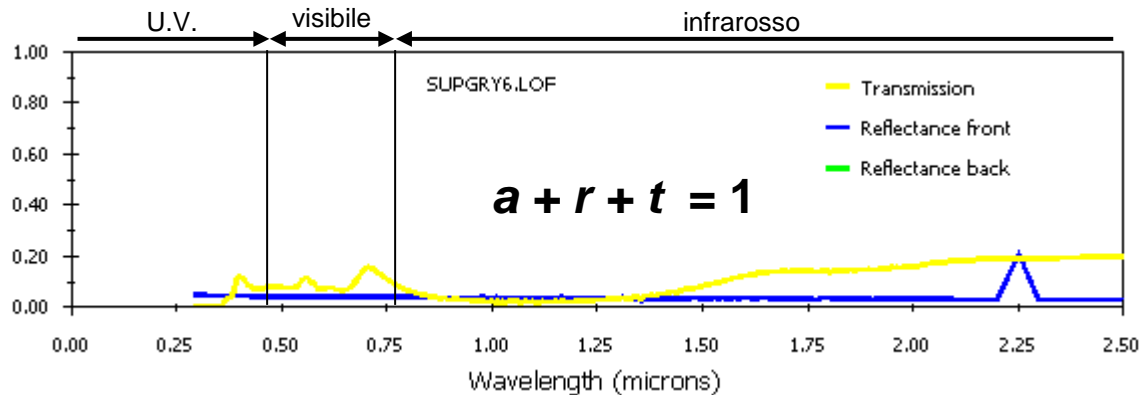


Vetro chiaro da 6 mm riflettente pirolitico per il controllo solare





Vetro verde da 6 mm bassoemissivo argentato per il controllo solare



Vetro super-bronzato da 6 mm



VETRATE SPECIALI UN'APPLICAZIONE PER LA NAUTICA



VETRATE SPECIALI

Qualora se ne dimostri la non convenienza in termini tecnico-economici, gli schermi solari possono essere omessi in presenza di superfici vetrate con **fattore solare (UNI EN 410) minore o uguale a 0,5**. Tale valutazione deve essere evidenziata nella relazione tecnica (DPR n. 59/09).

Vetri per il controllo solare

Vetro (sigla)	t solare	r_f solare	r_b solare	t visibile	r_f visibile	r_b visibile	e_f	e_b
magnetronico (HPNU61E6)	0,427	0,324	0,344	0,673	0,183	0,096	0,840	0,068
magnetronico (stopray safir)	0,323	0,339	0,474	0,676	0,109	0,129	0,840	0,037
pirolitico (sunergy clr6)	0,517	0,105	0,094	0,677	0,101	0,086	0,298	0,840
pirolitico (ecladvclr6)	0,580	0,227	0,186	0,665	0,285	0,254	0,209	0,840
verde con coating (SGSR20)	0,089	0,129	0,341	0,169	0,235	0,227	0,840	0,406
verde (Green_60)	0,443	0,055	0,054	0,757	0,071	0,070	0,840	0,840
blu (ArticBlue6m)	0,328	0,049	0,049	0,526	0,057	0,057	0,840	0,840
bronzato (BRONZ6)	0,553	0,056	0,056	0,594	0,058	0,058	0,840	0,840
super bronzato (SUPGRY6)	0,076	0,038	0,038	0,085	0,040	0,040	0,840	0,840

TRASMITTANZA DELLE VETRATE

vetro	trattamento	dimensioni [mm]	U_g [W/m ² K]			
			Aria	Argon	krypton	
monolitico	non trattato, $e @ 0,89$	4	5,8			
		6 ÷ 8	5,7			
		10	5,6			
	medio emissivo, $e < 0,4$	6 ÷ 8	4,3			
vetrocamera con doppio vetro	non trattato $e @ 0,89$	4-6-4		3,3	3,0	2,8
		4-9-4		3,0	2,8	2,6
		4-12-4		2,9	2,7	2,6
		4-15-4		2,7	2,6	2,6
		4-20-4		2,7	2,6	2,6
	medio emissivo $e < 0,4$	4-6-4		2,9	2,6	2,2
		4-9-4		2,6	2,3	2,0
		4-12-4		2,4	2,1	2,0
		4-15-4		2,2	2,0	2,0
		4-20-4		2,2	2,0	2,0
	bassoemissivo $e < 0,2$	4-6-4		2,7	2,3	1,9
		4-9-4		2,3	2,0	1,6
		4-12-4		1,9	1,7	1,5
		4-15-4		1,8	1,6	1,6
		4-20-4		1,8	1,7	1,6
	bassoemissivo $e < 0,05$	4-6-4		2,5	2,1	1,5
		4-9-4		2,0	1,6	1,4
		4-12-4		1,7	1,3	1,1
		4-15-4		1,5	1,2	1,1
		4-20-4		1,5	1,2	1,2

TELAI PER FINESTRA

Telai in legno – hanno buone caratteristiche energetiche essendo il legno un discreto isolante

Larghezza del telaio [mm]	U_f [W/m ² K]
30	2,2
50	1,9
100	1,4

Telaio	U_f [W/m ² K]
con taglio termico	3,0 ÷ 3,7
senza taglio termico	7

Telai in alluminio – è un metallo e dunque un ottimo conduttore termico. Per mitigare ciò è spesso necessario un taglio termico di materiale sintetico

TIPICHE TRASMITTANZE DELLE FINESTRE

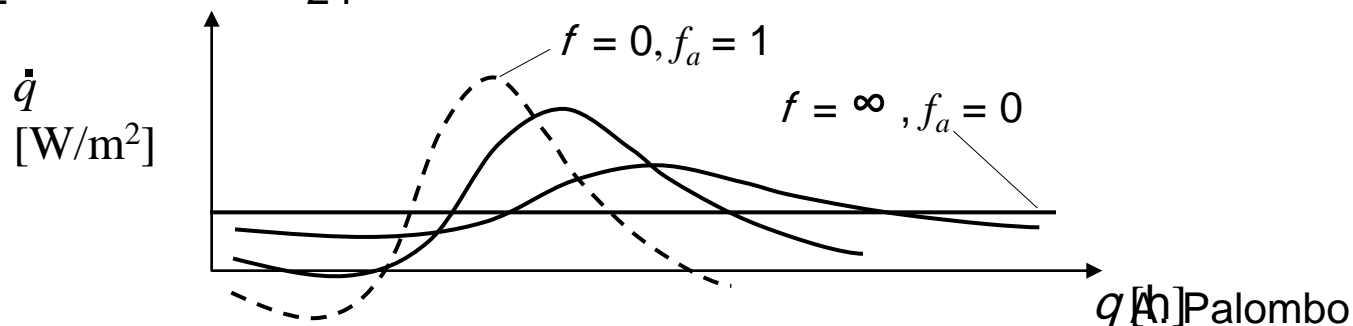
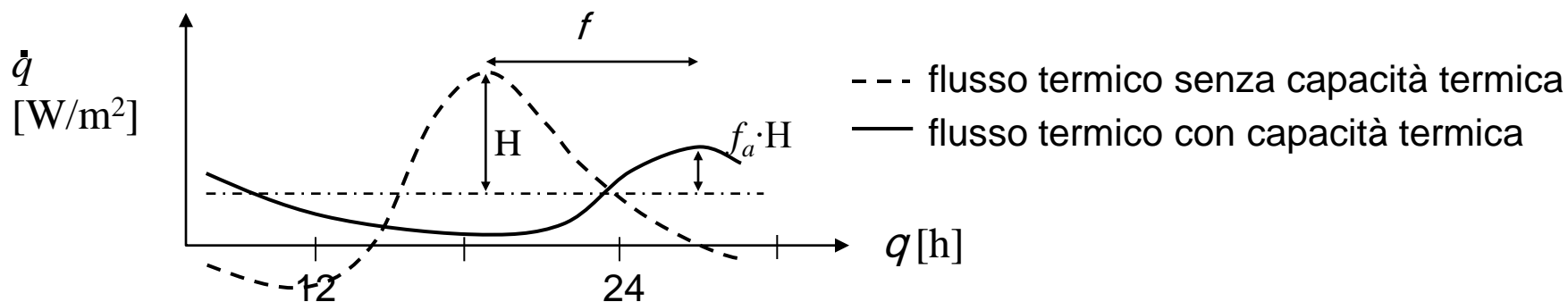
Vetro	Spessore intercapedine con aria [mm]	Telaio	U_w [W/m ² K]
monolitico	-	legno	5,0
		metallo	5,8
vetrocamera con doppio vetro	4,5 ÷ 7,0	legno	3,3
		metallo	4,7
	7,0 ÷ 10	legno	3,0
		metallo	3,9
	10 ÷ 14	legno	2,4 ÷ 2,6
		alluminio senza taglio termico	3,8 ÷ 4,6
		alluminio con taglio termico	2,9 ÷ 3,2
		alluminio-legno	2,5

STAGIONE ESTIVA - INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE (DPR n. 59/09)

Inerzia termica - Verificare (ad esclusione della zona F) per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$ che:

- la **massa superficiale** (m_s) delle pareti **opache verticali** sia **maggiore di 230 kg/m^2** oppure che il **valore del modulo della trasmittanza termica periodica** Y_{IE} (capacità di una parete opaca di sfasare ed attenuare il flusso termico che la attraversa nell'arco delle 24 ore, definita e determinata secondo la norma UNI EN ISO 13786, 2008) **sia inferiore a $0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$**

- per tutte le **pareti opache orizzontali ed inclinate** che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica Y_{IE} **sia inferiore a $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$**



STAGIONE ESTIVA - INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE (DPR 59/09)

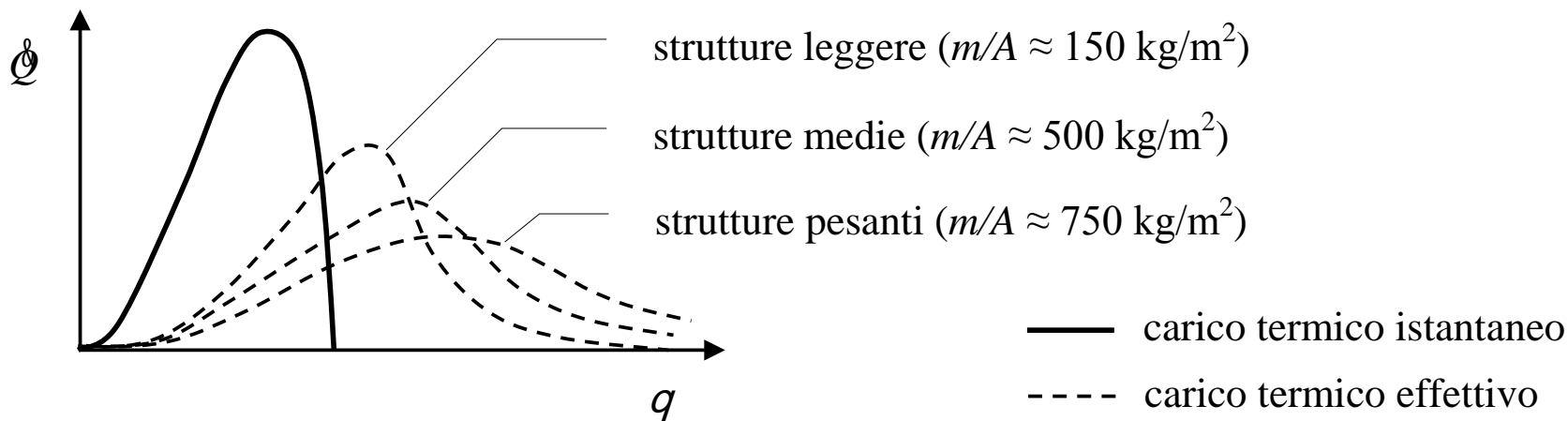
In base alla norma UNI 10375 (1995) *Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti* il flusso termico effettivo per trasmissione attraverso una parete opaca è:

$$\dot{Q} / A = U(T_{e,m} - T_i) + f_a U(T_{e,q-f} - T_{e,m}) \quad [\text{W/m}^2]$$

Dove: T_i è la temperatura dell'aria interna, $T_{e,m}$ è la temperatura sole-aria media giornaliera, $T_{e,q-f}$ è la temperatura sole-aria all'ora $q-f$, U è la trasmittanza della parete opaca, f [h] è lo **sfasamento temporale dell'onda** ed f_a [-] è il suo **fattore di attenuazione**.

In particolare f rappresenta il **ritardo, espresso in ore**, tra l'istante in cui si presenta la massima temperatura sole-aria esterna (e quindi la massima sollecitazione termica sulla parete esterna dell'edificio) e quello in cui si registra la massima temperatura sulla superficie interna (e quindi il massimo flusso termico sull'ambiente interno)

STAGIONE ESTIVA - INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE (DPR 59/09)



blocco da 38 cm:
 $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$
 $m_s = 360 \text{ kg/m}^2$



STAGIONE ESTIVA - INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE (DPR 59/09)

Per il calcolo di f_a e f dei materiali che compongono le pareti degli edifici è necessario risolvere la legge della diffusione dell'energia termica che regola la distribuzione della temperatura all'interno di un materiale

Per uno strato di materiale omogeneo soggetto ad un flusso termico monodimensionale è:

$$a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

$$a = \lambda / \rho c$$

a = diffusività termica dei materiali: proprietà del materiale che caratterizza la velocità di propagazione del flusso termico conduttivo causato dalla variazione nel tempo della temperatura

STAGIONE ESTIVA - INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE (DPR 59/09)

Al fine di **ridurre i carichi termici estivi** bisognerebbe che:

- lo sfasamento delle pareti di copertura sia compreso tra 10 e 12 ore
- lo sfasamento delle pareti perimetrali opache sia non minore di 9 ore (10 ore per i climi estivi più impegnativi)
- il fattore di attenuazione sia intorno a 0,15

Pareti verticali con isolamento concentrato - UNI 10375/95

Tipo di parete	Posizione isolamento	f_a [-]	f [h]
Muratura portante con isolamento concentrato	interno	0,28	11
	intermedio	0,22	11
	esterno	0,20	11
Muratura non portante con isolamento concentrato	interno	0,48	8
	intermedio	0,40	8
	esterno	0,20	8
Pareti di tamponamento	prefabbricate multistrato con spessore isolante 6 cm	0,75	4
	finestrate	1,0	0

INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE

U [W/m ² K]	m_s [kg/m ²]											
	150		200		250		300		350		400	
	f_a [-]	f [h]	f_a [-]	f [h]	f_a [-]	f [h]	f_a [-]	f [h]	f_a [-]	f [h]	f_a [-]	f [h]
< 0,4	0,45	6	0,35	8	0,25	10	0,15	12	0,10	14	0,07	16
0,4 , 0,6	0,48	6	0,40	8	0,30	9	0,20	10	0,15	12	0,12	14
0,6 , 0,8	0,54	6	0,46	8	0,35	9	0,27	10	0,20	12	0,14	14
> 0,8	0,60	6	0,50	8	0,43	9	0,27	10	0,20	12	0,14	14
M_s è ottenuta dalla somma dei prodotti delle densità dei singoli strati per i rispettivi spessori												

Pareti verticali con isolamento ripartito - UNI 10375/95

Tipo di solaio	Isolamento	f_a [-]	f [h]
Terrazza esterna con isolamento concentrato	calpestabile	0,21	10
	non calpestabile	0,35	6
Solaio di sottotetto	solaio isolato e tetto non isolato	0,35	8
	solaio non isolato e tetto isolato	0,28	8
Solaio in legno con isolamento	spessore isolante 5 cm	0,94	3
	spessore isolante 6 cm	0,93	3

Coperture - UNI 10375/95

INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE

Parete in struttura leggera

Napoli

$$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$m_s = 145 \text{ kg/m}^2$$

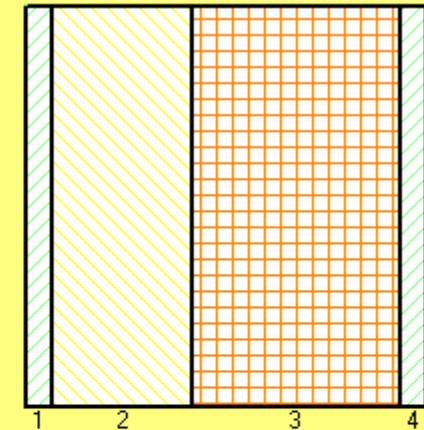
$$f_a = 0,56$$

$$f = 5 \text{ h, } 49 \text{ min}$$

$$Y_{IE} = 0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Gemavap

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	MassaSup [kg/m²]	Resistenz [m²K/W]	Spess. Equiv. Aria
		Superficie esterna			0.0400	
1	INT	Malta di cemento	0.015	30.00	0.0107	0.450
2	ISO	Polistirene espanso in lastre stampate per	0.080	2.40	2.0513	6.400
3	MUR	Laterizi forati sp.12 cm.rif.1.1.21	0.120	86.00	0.3100	0.600
4	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0.015	27.00	0.0167	0.300
		Superficie interna			0.1300	



Dati generali

Spessore totale	0.230	m	DLgs 311	Trasmittanza limite[W/m²K]	Finanziaria 2008	Trasmittanza limite[W/m²K]
Massa superficiale	145.40	kg/m²	dal 2008	0.46	fino al 2009	0.40
Massa superficiale secondo DLgs 311	88.40	kg/m²	dal 2010	0.40	dal 2010	0.36
Resistenza totale	2.5587	m²K/W				
Trasmittanza	0.3908	W/m²K				

Parametri dinamici

Y_{ie}	trasmittanza periodica	0.2162	W/m²K
f_a	fattore di attenuazione	0.5594	
ϕ	coefficiente di sfasamento	5h 49'	Trasmittanza periodica

INERZIA TERMICA DELLE STRUTTURE OPACHE

Parete in struttura pesante

Napoli

$$U = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$ms = 477 \text{ kg/m}^2$$

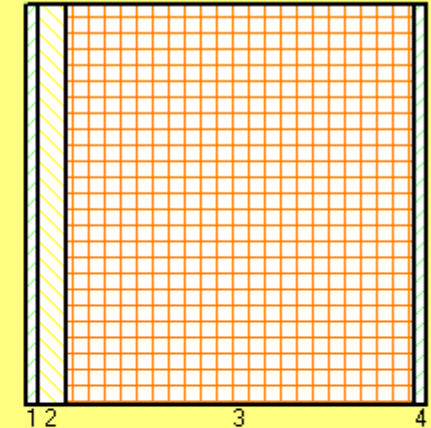
$$f_a = 0,033$$

$$f = 18 \text{ h, } 38 \text{ min}$$

$$Y_{IE} = 0,0129 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Gemavap

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	MassaSup [kg/m²]	Resistenz [m²K/W]	Spess. Equiv. Aria
		Superficie esterna			0.0400	
1	INT	Malta di cemento	0.015	30.00	0.0107	0.450
2	ISO	Polistirene espanso in lastre stampate per	0.035	1.05	0.8974	2.800
3	MUR	Laterizi alveolati sp.45 cm.rif.1.1.10	0.450	419.00	1.4400	15.750
4	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0.015	27.00	0.0167	0.300
		Superficie interna			0.1300	



Dati generali

Spessore totale	0.515	m				
Massa superficiale	477.05	kg/m²	DLgs 311	Trasmittanza limite[W/m²K]	Finanziaria 2008	Trasmittanza limite[W/m²K]
Massa superficiale secondo DLgs 311	420.05	kg/m²	dal 2008	0.46	fino al 2009	0.40
Resistenza totale	2.5348	m²K/W	dal 2010	0.40	dal 2010	0.36
Trasmittanza	0.3945	W/m²K				

Parametri dinamici

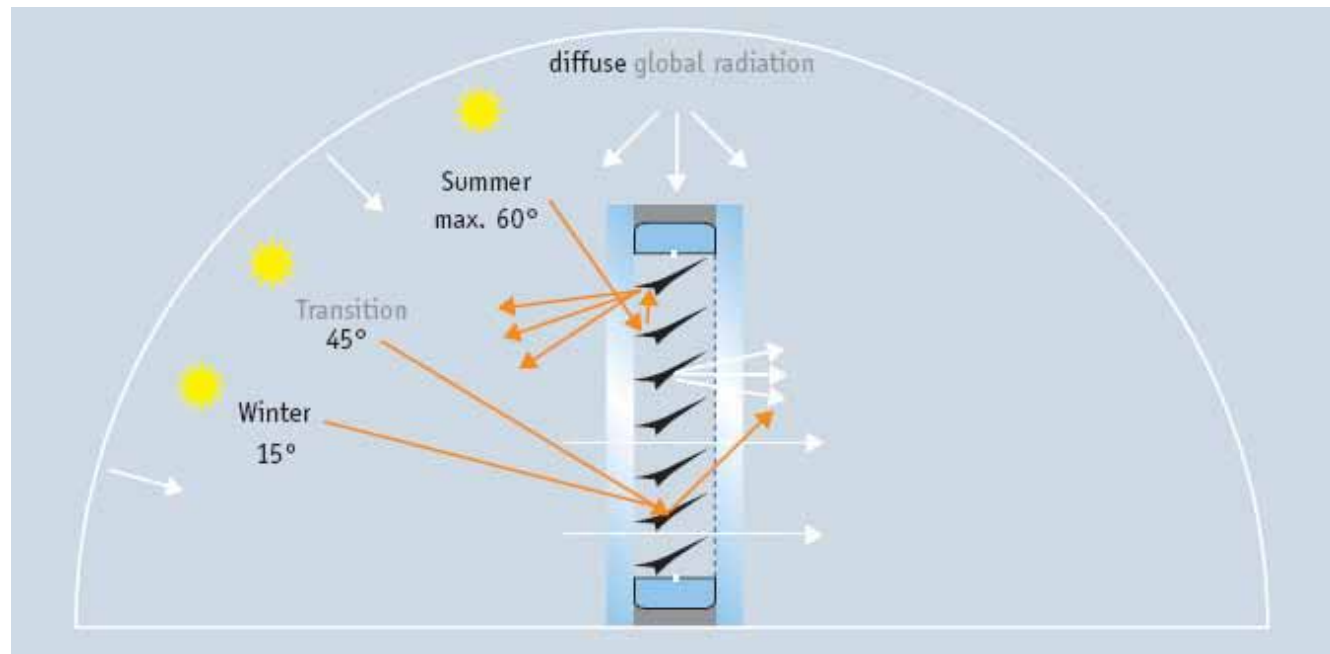
Y_{ie}	trasmittanza periodica	0.0129	W/m²K
f_a	fattore di attenuazione	0.0331	
ϕ	coefficiente di sfasamento	18h 38'	Trasmittanza periodica

SCHERMI SOLARI

D.Lgs. n. 311/06 (all. I, comma 9, 10) e s.m.i :

per nuove costruzioni o significative ristrutturazioni o ampliamenti di tutte le tipologie d'edificio (tranne residenziale, alberghi, edifici sportivi e industrie) con superficie utile maggiore di 1000 m² è obbligatoria la presenza di sistemi schermanti esterni

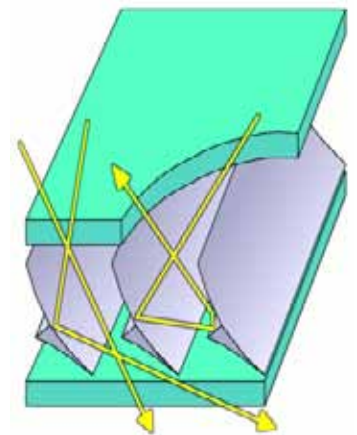
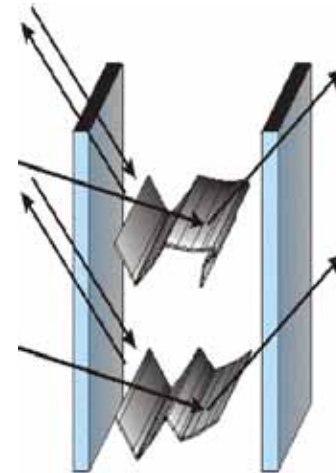
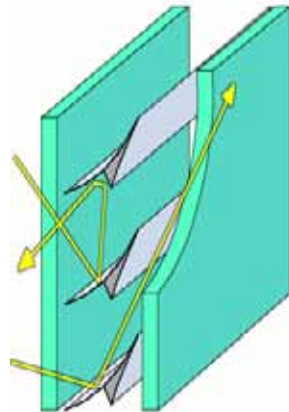
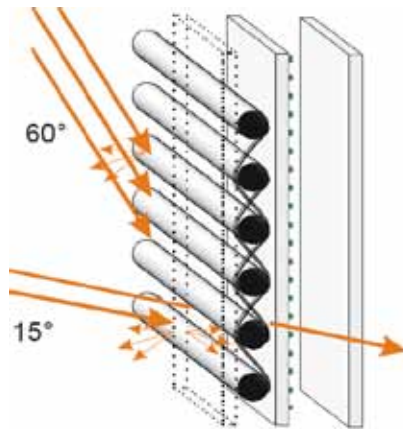
Per il residenziale e gli alberghi verificare che siano presenti efficaci elementi di schermatura delle superfici vetrate



SCHERMI SOLARI ESTERNI



SCHERMI SOLARI



Vetrocamere con lamelle fisse o orientabili



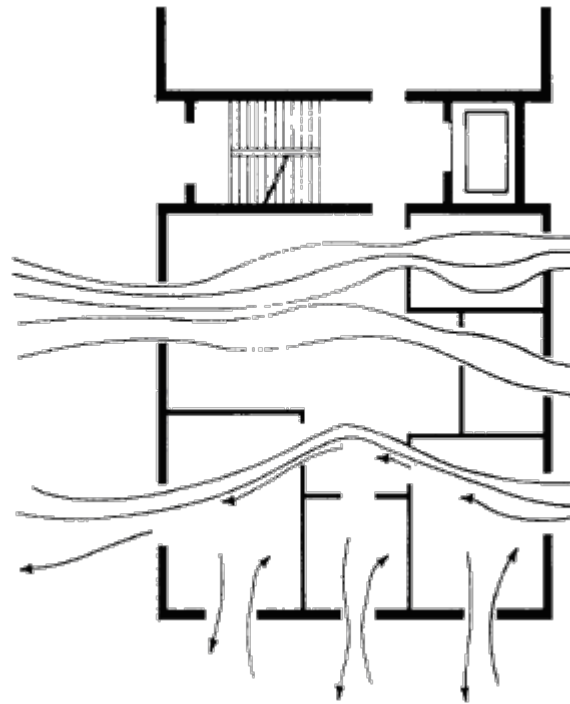
SCHERMI SOLARI FOTOVOLTAICI



VENTILAZIONE NATURALE

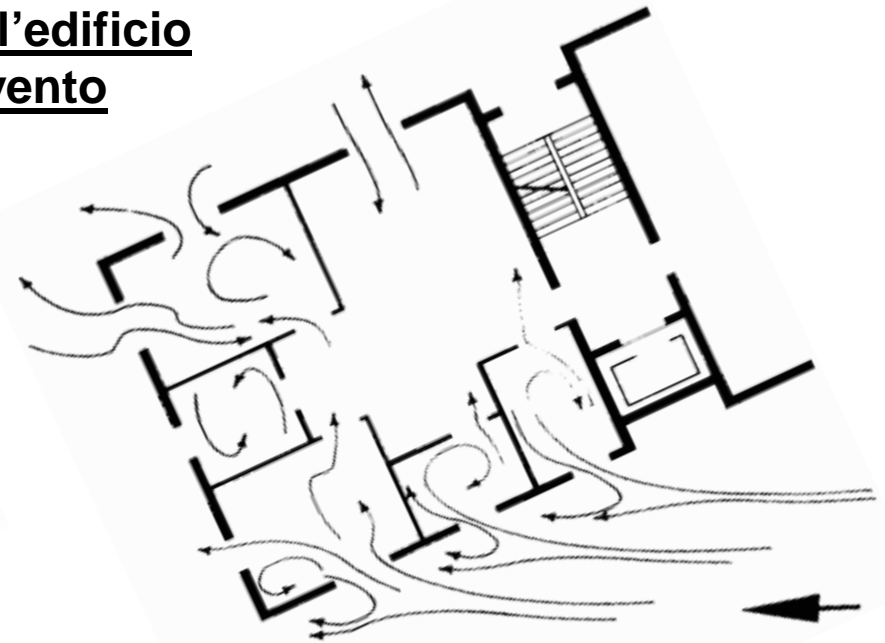
D.Lgs. n. 311/06 (all. I, comma 9) e s.m.i :

per nuove costruzioni o significative ristrutturazioni o ampliamenti di tutte le tipologie d'edificio (tranne edifici sportivi e industrie) verificare che siano sfruttate al meglio le **condizioni ambientali esterne** e le caratteristiche distributive dell'edificio per ottimizzare la ventilazione naturale



Ottima ventilazione naturale

Disposizione dell'edificio al vento



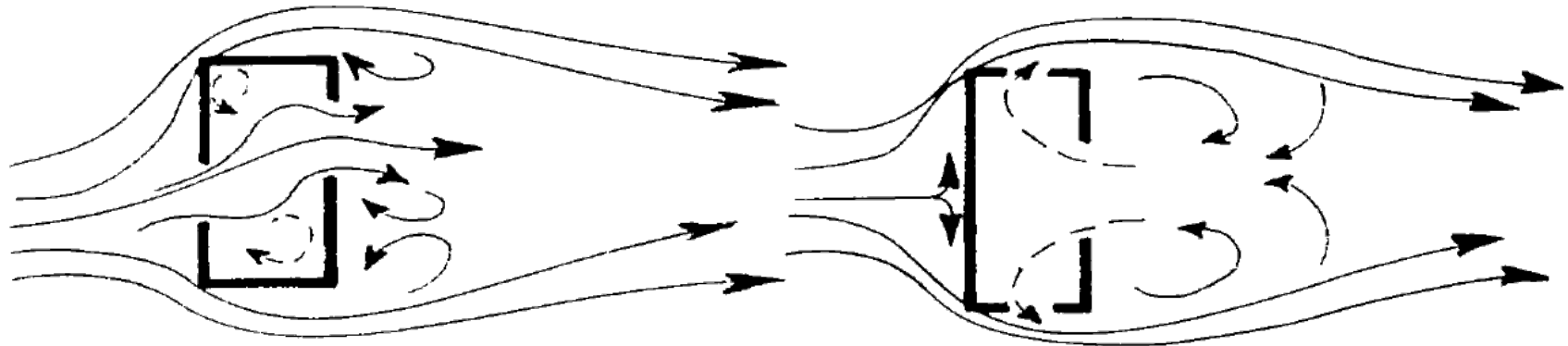
Non ottima ventilazione naturale

VENTILAZIONE NATURALE

D.Lgs. n. 311/06 (all. I, comma 9) e s.m.i :

per nuove costruzioni o significative ristrutturazioni o ampliamenti di tutte le tipologie d'edificio (tranne edifici sportivi e industrie) verificare che siano sfruttate al meglio le condizioni ambientali esterne e le **caratteristiche distributive dell'edificio** per ottimizzare la ventilazione naturale

Disposizione delle aperture dell'edificio



Ottima ventilazione
naturale

Non ottima ventilazione
naturale

SOVRACCOSTI INIZIALI PER IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA DELL'EDIFICIO

