

Proprietà ottiche dei materiali: come valutarle e dichiararle correttamente

Relatore

Corrado Colagiacomo

19 Novembre 2025

NANOTECNOLOGIA ED EFFICIENZA ENERGETICA

CERTIFICAZIONI
LABORATORI
RICERCA

ANIT 

ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO

Fondato nel 1959, Istituto Giordano è un Ente Tecnico all'avanguardia nel testing di prodotto, certificazione, ricerca e progettazione. Investiamo costantemente nel futuro per poter progettare e realizzare speciali stazioni di prova ed offrire strumenti versatili e completi, unici in Italia.



CERTIFICAZIONI



LABORATORI



RICERCA

Grazie ai nostri laboratori di prova e ai numerosi riconoscimenti e autorizzazioni ministeriali, possiamo essere il vostro interlocutore unico per tanti servizi

L'intera struttura si compone di circa:

- ▶ **15 laboratori multidisciplinari**
- ▶ **150 addetti**
- ▶ **200 ispettori**
- ▶ **42.500 mq di superficie tra laboratori di prova e ricerca**
- ▶ **430.000 documenti di prova emessi**
- ▶ **6 sedi operative in Italia**
- ▶ **1 ufficio di rappresentanza in Cina**



PROPRIETÀ OTTICHE DEI MATERIALI: COME VALUTARLE E DICHIARARLE CORRETTAMENTE

RICHIAMI DI FISICA E DEFINIZIONI

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e gtot

MISURA DELLE PRESTAZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI

SOLUZIONI IN CUI LE PROPRIETÀ OTTICHE FANNO LA DIFFERENZA

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e gtot

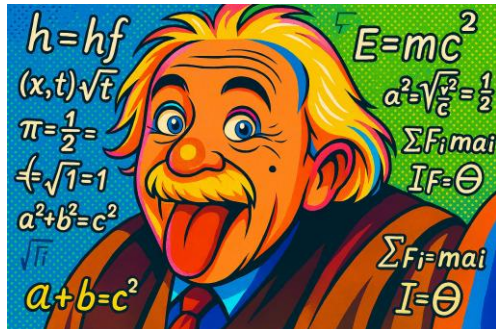
Conduzione

Avviene **nei solidi, liquidi e gas** tramite collisioni molecolari.
Dipende dalla **conducibilità termica** del materiale.

Formula:

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx}$$

(Legge di Fourier)



- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e gtot

Convezione

Trasferimento di calore **nei fluidi** per movimento di massa.

Tipi:

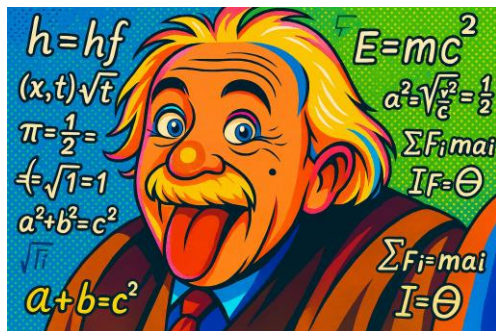
Naturale (differenze di densità)

Forzata (ventilatori, pompe)

Formula:

$$q = h(T_s - T_f)$$

(Legge di Newton)



- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e gtot

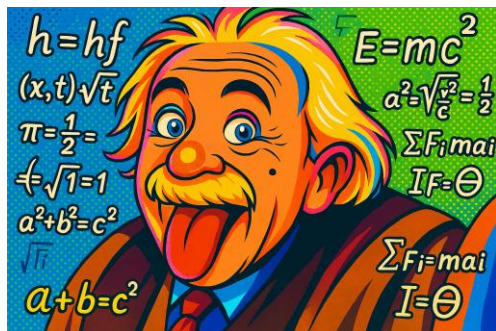
Irraggiamento

Trasferimento sotto forma di **onde elettromagnetiche**.
Avviene anche **nel vuoto**.
Dipende da **emissività** e **temperatura**.

Formula:

$$q = \sigma \varepsilon T^4$$

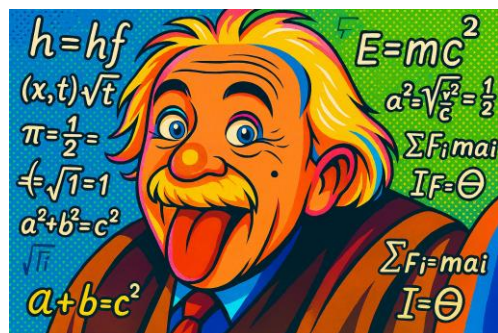
(Legge di Stefan-Boltzmann)



RICHIAMI DI FISICA E DEFINIZIONI

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e g_{tot}

La **conduttività termica** (simbolo λ , unità **W/m·K**) è la proprietà fisica che misura la capacità di un materiale di trasmettere calore per conduzione.



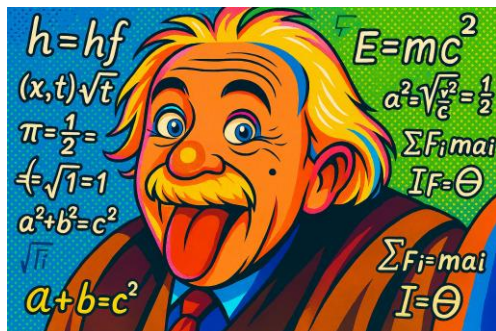
conduttività termica dichiarata, λ_D : Valore atteso della conduttività termica di un materiale per l'edilizia valutato da dati misurati in condizioni di riferimento di temperatura e umidità, dato per un frattile e livello di confidenza definiti nelle specifiche tecniche di prodotto per la marcatura CE e ragionevolmente valido per la vita utile dell'edificio in normali condizioni.

conduttività termica sul campione secco, $\lambda_{10,dry}$: Conduttività termica valutata ad una temperatura media di 10°C sul campione secco.

RICHIAMI DI FISICA E DEFINIZIONI

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e g_{tot}

L'**emissività** (simbolo ϵ) è una grandezza adimensionale che misura la capacità di una superficie di **emettere radiazione termica** rispetto a quella emessa da un **corpo nero ideale** alla stessa temperatura.

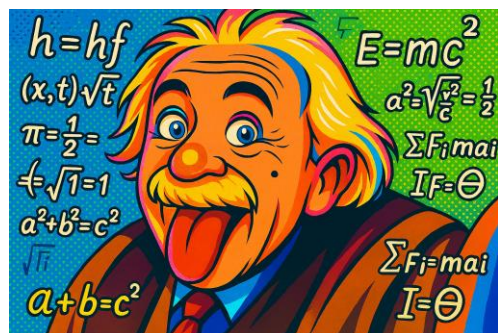


- Un corpo nero ha emissività $\epsilon = 1$ (emissione perfetta).
- Un materiale reale ha emissività $0 \leq \epsilon \leq 1$, quindi emette meno radiazione rispetto al corpo nero.

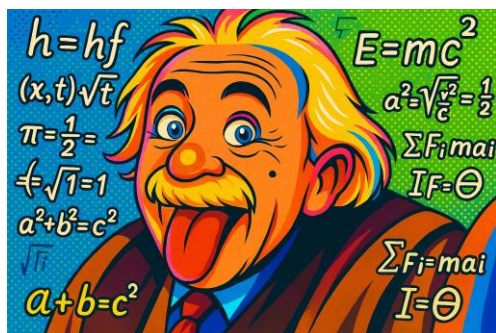
- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e g_{tot}

Dipendenza da variabili:

- **Lunghezza d'onda** della radiazione
- **Temperatura** del materiale
- **Angolo di emissione**
- **Finitura superficiale** (rugosità, ossidazione, colore)



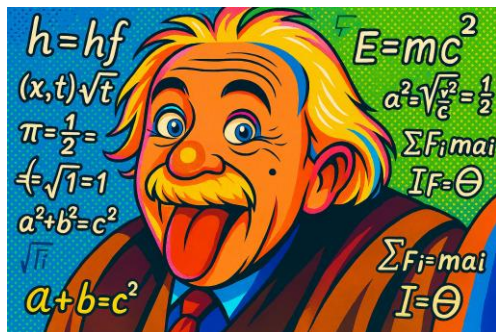
- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e gtot



Tipologie di emissività

- **Emissività totale:** media su tutte le lunghezze d'onda e direzioni.
- **Emissività spettrale:** riferita a una specifica lunghezza d'onda.
- **Emissività direzionale:** riferita a una direzione di emissione.
- **Emissività emisferica:** media su tutte le direzioni.

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e g_{tot}



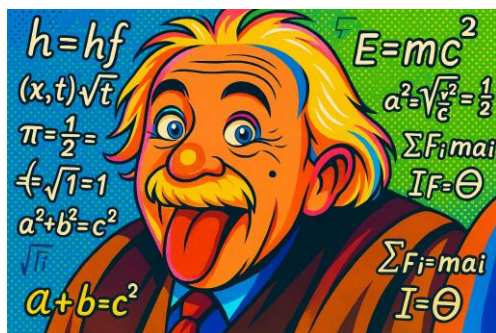
L'SRI (Indice di Riflettanza Solare) è un indice che esprime la capacità di una superficie esposta al sole di **riflettere la radiazione solare e dissipare calore per irraggiamento**, riducendo il surriscaldamento.

Composizione: deriva dalla combinazione di due parametri:

- **Riflettanza solare (SR):** percentuale di radiazione solare riflessa.
- **Emissività termica:** capacità di emettere energia sotto forma di radiazione infrarossa.

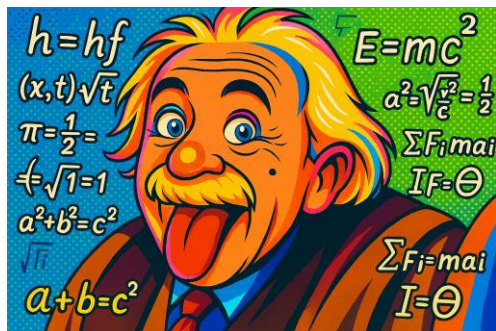
RICHIAMI DI FISICA E DEFINIZIONI

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e g_{tot}



Il g_{tot} (fattore di trasmissione solare totale) è la grandezza che esprime la quota di energia solare che attraversa una parte vetrata in combinazione con una schermatura solare (tenda, tapparella, frangisole, ecc.), incidendo sul carico termico interno dell'edificio.

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e g_{tot}



Differenze chiave

SRI (Solar Reflectance Index):

- Si applica a superfici opache (coperture, pavimentazioni, facciate).
- Esprime la capacità della superficie di riflettere la radiazione solare e dissipare calore per irraggiamento.
- Più alto è l'SRI, minore è il surriscaldamento superficiale.

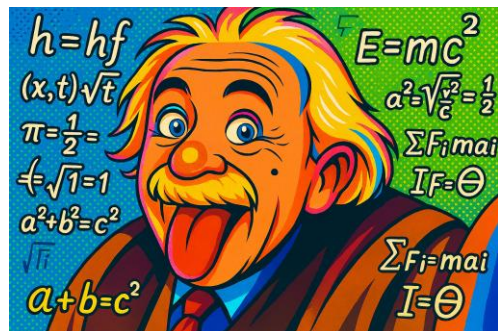
g_{tot} (fattore di trasmissione solare totale):

- Si applica a sistemi trasparenti o semitrasparenti (vetri + schermature).
- Esprime la quota di energia solare che attraversa il sistema e contribuisce al carico termico interno.
- Più basso è il g_{tot}, minore è il guadagno solare interno.

RICHIAMI DI FISICA E DEFINIZIONI

- Meccanismi di scambio di calore
- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI e g_{tot}

Entrambi contribuiscono a ridurre il **surriscaldamento** degli ambienti interni, ma agiscono su elementi diversi dell'involucro edilizio.



In un edificio ben progettato:

- Si scelgono **materiali opachi** con **SRI elevato** per coperture e facciate.
- Si adottano **sistemi vetrati** con **g_{tot} basso** (vetri selettivi, schermature efficaci) per finestre e facciate trasparenti.

MISURA DELLE PRESTAZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



METODO DI MISURA	RIFERIMENTO NORMATIVO	INCERTEZZA TIPICA	FONTE
Piastra calda con anello di guardia	UNI EN 12664, UNI EN 12667, ISO 8302	± 2%	UNI EN 12664 – par. 5.2.8; UNI EN 12667 – par. 5.2.8
Metodo dei termoflussimetri	UNI EN 12664, UNI EN 12667, ISO 8301	± 3%	UNI EN 12664 – par. 5.3.5; UNI EN 12667 – par. 5.3.5
Metodo camera guardiata o calibrata	UNI EN ISO 8990	± 5%	UNI EN ISO 8990 – par. 1.1
Metodo della camera calda con termoflussimetri	UNI EN 1934	± 5%	UNI EN 1934 – par. 5.4 (per campioni omogenei)
Metodo radiale	UNI EN ISO 8497	± 3%	UNI EN ISO 8497 – Par. 12.2 (confronto test laboratori)
Misura in campo della resistenza termica e della trasmittanza mediante termoflussimetri	ISO 9869-1	Compresa tra ± 14% e ± 28%	ISO 9869-1 – par. 9
Misura della resistenza termica di un componente edilizio attraverso misure di consumi energetici in campo	Metodi non normalizzati	± 50% ± 100% ± 200%...	Valore ricavabile da una analisi dell'incertezza o sulla base del confronto di misure effettuate sullo stesso prodotto da differenti laboratori

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



Emissometro portatile

- **Tipo di misura:** Emissività near-normal (vicino alla normale alla superficie)
- **Principio:** Corpo nero emisferico riscaldato, misura della radiazione riflessa rispetto a standard di riferimento.
- **Pro:** Portatile, rapido, semplice da usare, adatto a controlli in campo.
- **Contro:** Misura solo near-normal, serve conversione a emisferica, sensibilità a rugosità e non uniformità superficiali.
- **Incertezza tipica:** $\pm 0,03$ su superfici lisce.

Norme di riferimento:

ASTM C1371: “Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers”

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



Spettrofotometro IR (accessorio riflettanza speculare)

- **Tipo di misura:** Riflettanza spettrale near-normal (tipicamente 5–50 μm)
- **Principio:** Misura la riflettanza della superficie a diverse lunghezze d'onda con un fascio IR incidente quasi perpendicolare; la riflettanza viene poi convertita in emissività tramite la relazione $\varepsilon = 1 - R$.
- **Pro:** Elevata accuratezza su superfici lisce e ben preparate; analisi dettagliata su specifiche lunghezze d'onda; versatile anche per trasmittanza e assorbanza.
- **Contro:** Misura solo near-normal, serve conversione a emissività emisferica (EN 12898), sensibilità a errori di allineamento, non portatile.
- **Incertezza tipica:** $\pm 0,01$ – $0,02$ su superfici lisce.

Norme di riferimento:

UNI EN 12898:2019: “Vetro per edilizia – Determinazione dell'emissività”

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



Sfera integratrice FTIR

- **Tipo di misura:** Riflettanza spettrale integrata (speculare + diffusa)
- **Principio:** Accessorio sferico rivestito internamente, raccoglie la radiazione riflessa in tutte le direzioni; collegata a spettrofotometro FTIR, fornisce la curva di riflettanza su molte lunghezze d'onda.
- **Pro:** Misura più rappresentativa dell'emissività reale su superfici non perfettamente lisce; adatta a materiali opachi, ruvide, polimeri, tessuti tecnici, superfici con pattern o coating non uniformi.
- **Contro:** Più complessa da calibrare e mantenere; richiede attenzione alla configurazione ottica; incertezza maggiore se la sfera non è ben calibrata o se il campione è molto piccolo rispetto alla porta della sfera.
- **Incertezza tipica:** $\pm 0,025 - 0,03$ su superfici lisce.

Norme di riferimento:

UNI EN 12898:2019: consente l'uso di sfera integratrice per la misura della riflettanza totale (speculare + diffusa) e la conversione in emissività.

ISO 22097:2023: richiama la possibilità di utilizzare strumenti equivalenti validati rispetto al metodo emisferico di riferimento (Annex D).

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



Emissometro emisferico a corpo nero

- **Tipo di misura:** Emissività emisferica totale (diretta)
- **Principio:** Corpo nero emisferico riscaldato, misura della radiazione riflessa in modo omogeneo su tutta la superficie.
- **Pro:** Misura diretta dell'emissività emisferica, riferimento metrologico, ideale per certificazioni.
- **Contro:** Strumento costoso, ingombrante, non portatile, richiede personale esperto.
- **Incertezza tipica:** $\pm 0,015$ – $0,02$ anche su superfici strutturate.

Norme di riferimento:

ISO 22097:2023 (Annex D): “Measurement of emissivity using a thermal infra-red apparatus”

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



I metodi calorimetrici

- Si basano sulla misura diretta del flusso di calore emesso da un campione mantenuto a temperatura controllata, confrontato con un corpo nero di riferimento.
- Permettono di determinare l'emissività **emisferica totale** senza necessità di conversioni empiriche.
- Sono considerati **metodi primari** (o assoluti) perché non richiedono la conoscenza preventiva dell'emissività di uno standard.
- Sono **complessi, costosi** e richiedono personale **altamente specializzato**.
- Sono usati principalmente per la **taratura di riferimento** e la validazione di strumenti secondari (emissometri portatili, spettrofotometri, sfere integratrici).

MISURA DELLE PRESTAZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI

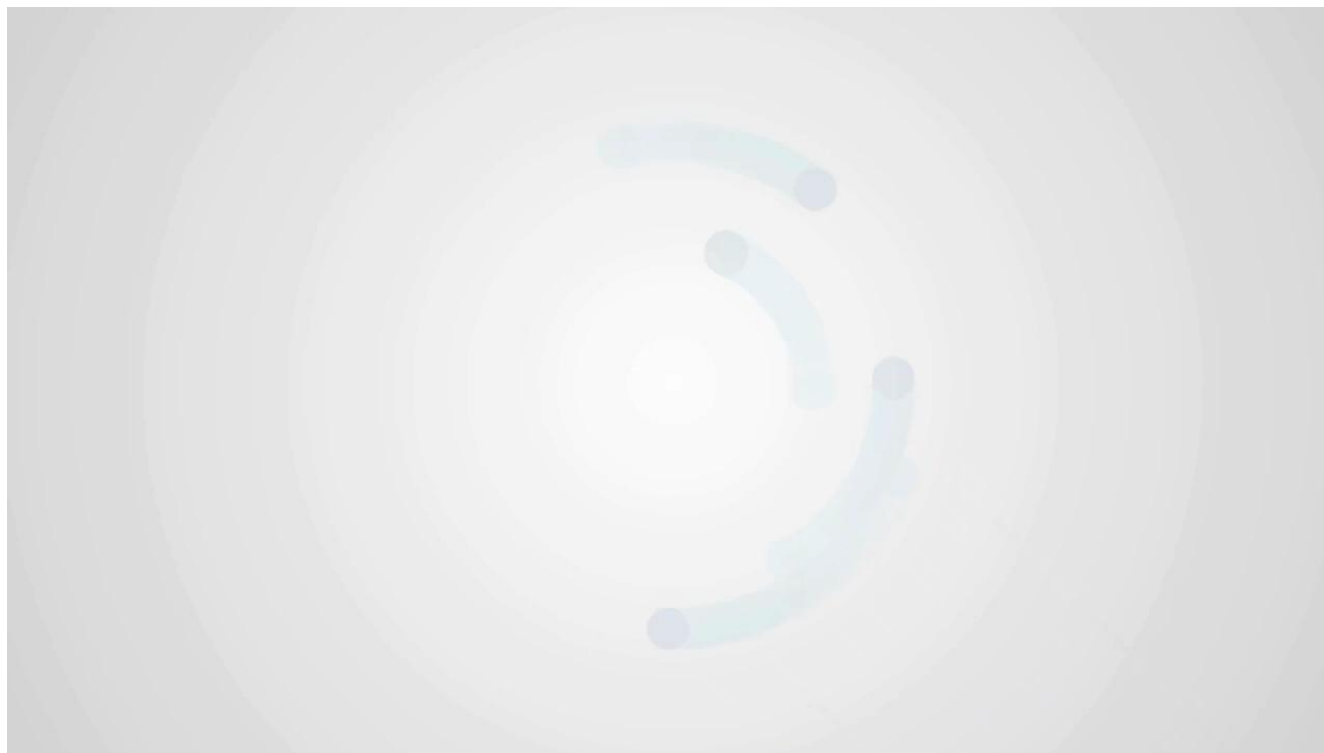


Metodo	Tipo di misura	Norme di riferimento	Incertezza tipica	Applicazione tipica
Emissometro portatile	Near-normal (puntuale)	ASTM C1371, ASTM E1980, ISO 22097	±0,03	Controlli rapidi in campo, superfici edilizie
Spettrofotometro IR	Near-normal spettrale	UNI EN 12898, ISO 9050, ISO 22097	±0,01 ÷ ±0,02	Vetro, coating, materiali lisci e omogenei
Sfera integratrice FTIR	Riflettanza integrata (spec+diff)	UNI EN 12898, EN 15976, ISO 22097	±0,025 ÷ ±0,03	Polimeri, membrane, superfici ruvide/opache
Emissometro emisferico	Emisferica totale (diretta)	ISO 22097 (Annex D), EN 15976	±0,015 ÷ ±0,02	Laboratori di prova, certificazioni prodotti
Metodo calorimetrico	Emisferica totale (diretta)	ISO 22097 (Annex D), riferimenti metrologici LNE/PTB	±0,015 ÷ ±0,02	Taratura campioni di riferimento, metrologia

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

MISURA DELLE PRESTAZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

MISURA DELLE PRESTAZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI



La formula per il calcolo dell'**SRI (Solar Reflectance Index)** è definita dalla norma **ASTM E1980**. L'SRI combina la **riflettanza solare** e l'**emissività termica** di una superficie per stimare la sua temperatura di equilibrio sotto irraggiamento solare standard.

Formula semplificata

$$SRI = 100 \cdot \frac{T_b - T_s}{T_b - T_w}$$

dove:

- T_b =temperatura superficiale di una superficie nera standard (riflettanza 0,05, emissività 0,90)
- T_w =temperatura superficiale di una superficie bianca standard (riflettanza 0,80, emissività 0,90)
- T_s =temperatura superficiale della superficie in esame (calcolata in base a riflettanza e emissività proprie)

MISURA DELLE PRESTAZIONI E RIFERIMENTI NORMATIVI

- Conducibilità termica
- Emissività
- SRI

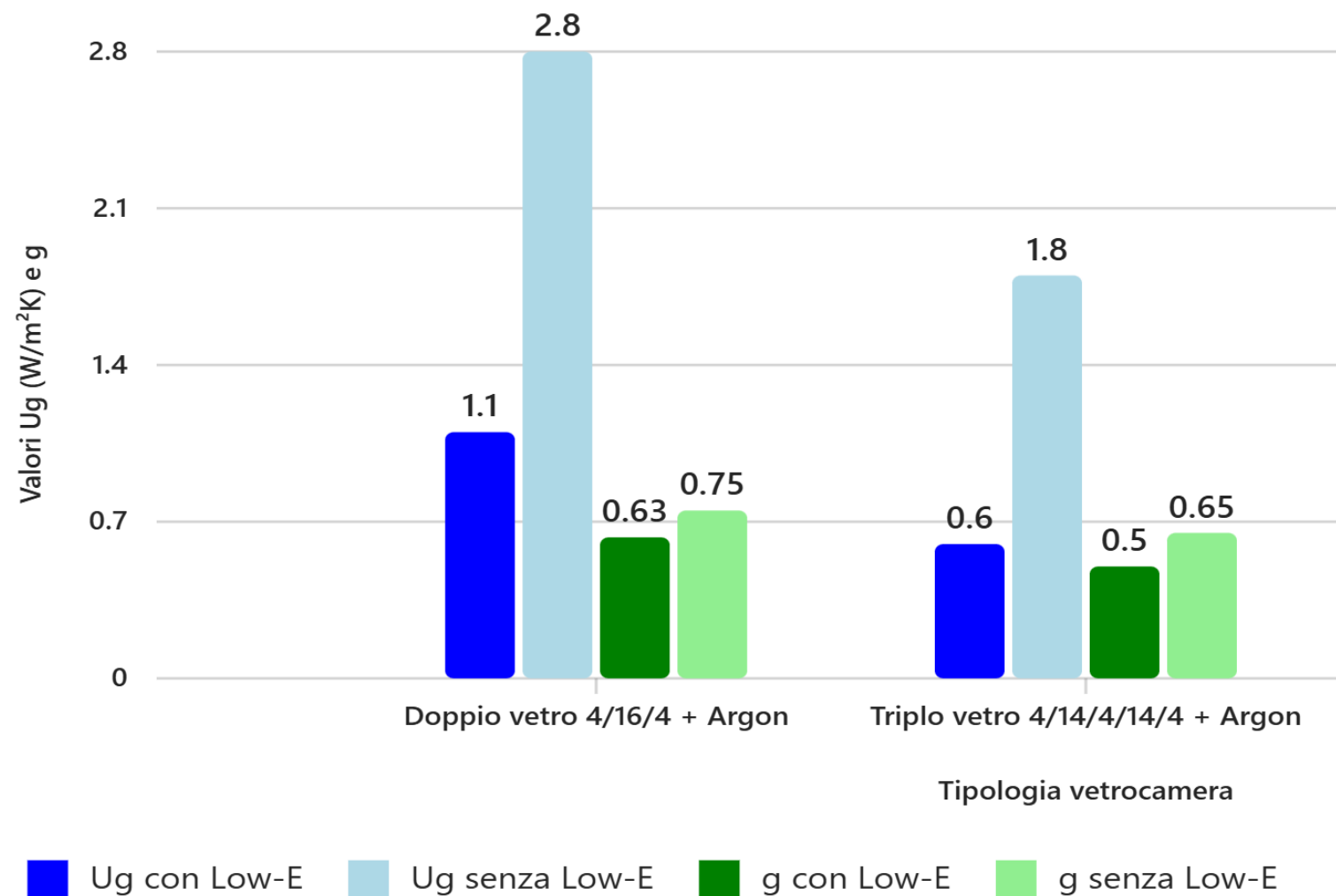


La norma ASTM E1980-11 prescrive di **calcolare l'indice SRI** nelle seguenti **condizioni ambientali**:

- irraggiamento solare 1000 W/m²;
- temperatura ambiente 37°C (310 K);
- temperatura del “cielo” 27°C (300 K);
- ventilazione:
 - a) debole (0÷2 m/s);
 - b) media (2÷6 m/s);
 - c) forte (6÷10 m/s).

SOLUZIONI IN CUI LE PROPRIETÀ OTTICHE FANNO LA DIFFERENZA

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???



Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

SOLUZIONI IN CUI LE PROPRIETÀ OTTICHE FANNO LA DIFFERENZA

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???



Un **Cool Roof** è una copertura progettata per:

- **riflettere la radiazione solare** (alta riflettanza),
- **dissipare il calore accumulato** (alta emissività), riducendo la temperatura superficiale del tetto e il carico termico sull'edificio.

Questo porta a:

- **risparmio energetico estivo** (meno condizionamento),
- **mitigazione dell'effetto isola di calore urbano**,
- **maggior comfort interno**.

SOLUZIONI IN CUI LE PROPRIETÀ OTTICHE FANNO LA DIFFERENZA

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???



Tipo superficie	Riflettanza (ρ)	Emissività (ϵ)	SRI indicativo
Tetto scuro standard	0,10	0,90	0–10
Tetto chiaro (Cool Roof)	0,80	0,90	>90
Superficie metallica lucida	0,80	0,10	45–55
Tetto medio chiaro	0,50	0,90	50–60
Tetto medio chiaro con emissività bassa	0,50	0,10	20–30

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

SOLUZIONI IN CUI LE PROPRIETÀ OTTICHE FANNO LA DIFFERENZA

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???



Gli isolanti riflettenti sfruttano superfici **basso emissive** (tipicamente film in alluminio) per ridurre il trasferimento di calore per **irraggiamento** all'interno di una cavità d'aria.

Principio: non assorbono calore, ma lo riflettono fino al 95–98%.

Effetto combinato: aumenta la resistenza termica dell'intercapedine di oltre 4 volte rispetto a superfici alto emissive (es. laterizio, cartongesso).

SOLUZIONI IN CUI LE PROPRIETÀ OTTICHE FANNO LA DIFFERENZA

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???



Caso	ε_1	ε_2	h_r (W/m ² K)	h_{tot} (W/m ² K)	R (m ² K/W)
1. Alto emissive	0,90	0,90	4,7	7,2	0,14
2. Una basso emissiva	0,05	0,90	0,6	3,1	0,32
3. Entrambe basso emissive	0,05	0,05	0,3	2,8	0,36

Nota: Con emissività molto basse su entrambi i lati, la resistenza termica dell'intercapedine aumenta solo marginalmente perché **il contributo della convezione (h_c) rimane costante** e domina il trasferimento termico. Questo significa che, una volta ridotto il flusso radiativo, il limite principale al miglioramento è imposto dal coefficiente convettivo.

SOLUZIONI IN CUI LE PROPRIETÀ OTTICHE FANNO LA DIFFERENZA

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???



Esistono **malte/rasanti** riflettenti progettate per:

- **riflettere la radiazione solare** (alta riflettanza),
- **dissipare il calore accumulato** (alta emissività), riducendo la temperatura superficiale della facciata e il carico termico sull'edificio.

Questo porta a:

- **risparmio energetico estivo** (meno condizionamento),
- **SRI elevato**,
- **maggiore comfort interno**.

- Vetrocamere basso emissive
- Cool roof
- Isolanti riflettenti in intercapedine
- Malte/rasanti ???



È corretto pensare che questi benefici legati alla riflessione solare comportino anche dei **miglioramenti sulle prestazioni di isolamento termico invernale (λ equivalenti)???**

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

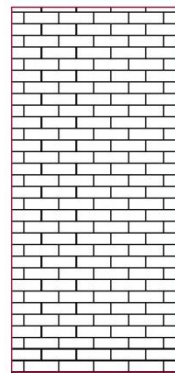
ESEMPIO 1: metodologia di prova errata

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico

Supponiamo di voler ricavare la resistenza termica di un rivestimento tramite differenza tra due misure effettuate con un metodo (ad esempio hot box) che ha una incertezza di misura del 5%.

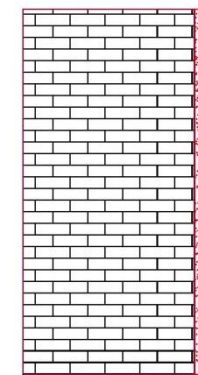


R1



$$R1 = 1,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

R2 = R1 + Rs



$$R2 = 1,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

In maniera banale potremmo ottenere la resistenza termica del rivestimento nel seguente modo:

$$Rs = R2 - R1 = (1,15 - 1,00) \text{ m}^2\text{K/W} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

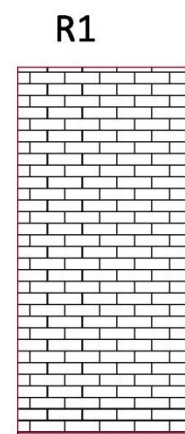
Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

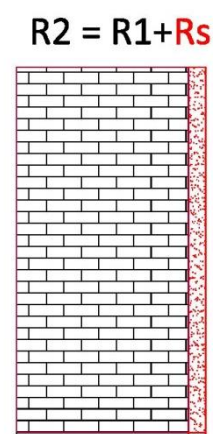
- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico



Proviamo ora a valutare le incertezze in gioco:



$$R1 = (1,00 \pm 0,05) \text{ m}^2\text{K/W}$$



$$R2 = (1,15 \pm 0,06) \text{ m}^2\text{K/W}$$

L'incertezza sul risultato finale è di circa il **51%**

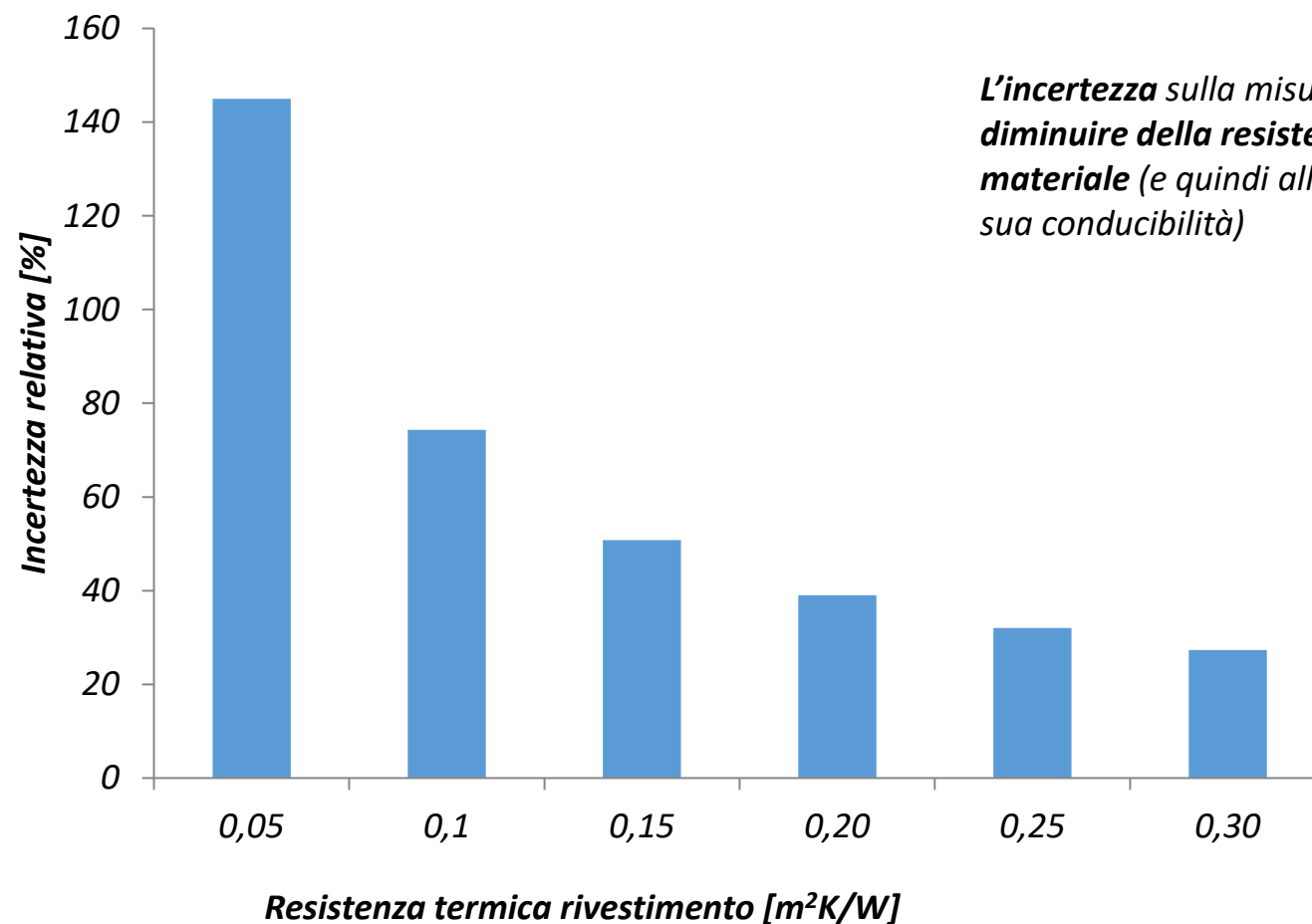
$$Rs = R2 - R1 = (1,15 - 1,00) \text{ m}^2\text{K/W} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$



$$u(Rs) = \sqrt{u(R1)^2 + u(R2)^2} = (\sqrt{0,05^2 + 0,06^2}) \text{ m}^2\text{K/W} = 0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico

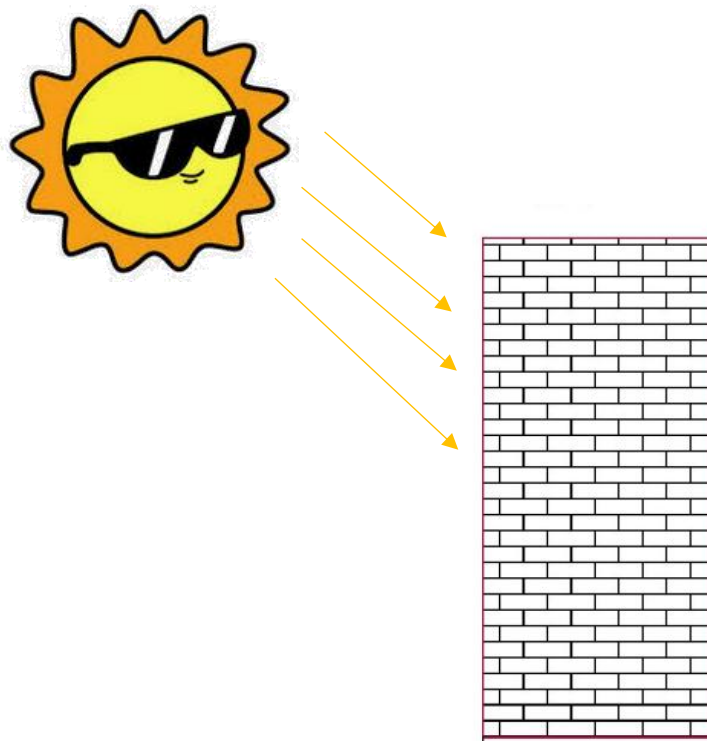


Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

ESEMPIO 2: misure in campo

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico



$$U_{\text{parete}} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Delta T = 10^\circ\text{C}$$

$$Q = U * \Delta T = 3,0 \text{ W/m}^2$$

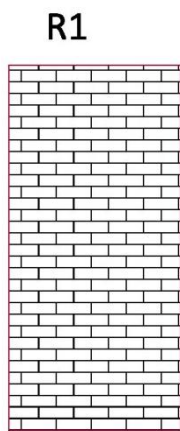
*Possiamo ipotizzare che tra il giorno e la notte la parete subisca una variazione tra **0** e circa **700 W/m²** sulla sua superficie. Ipotizzando un coefficiente di assorbimento della radiazione solare pari al 20% abbiamo una perturbazione sul flusso pari a **140 W/m²** che è ben oltre un ordine di grandezza superiore rispetto al flusso che vogliamo registrare.*

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

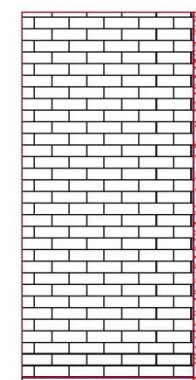
ESEMPIO 3: metodi dinamici non normati

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico



$$Y_{ie} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$R2 = R1 + R_s$$



$$Y_{ie} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Con $\Delta T = 20^\circ\text{C}$
 $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$



Ampiezza max oscillazione 1 = $(0,18 \times 20 \times 0,13)^\circ\text{C} = 0,47^\circ\text{C}$

Ampiezza max oscillazione 2 = $(0,12 \times 20 \times 0,13)^\circ\text{C} = 0,31^\circ\text{C}$

incertezza strumento utilizzato... **0,13°C**

Abbassamento max della temperatura superficiale stimato sulla base delle trasmittanze termiche periodiche: $(0,47 - 0,31)^\circ\text{C} = 0,16^\circ\text{C}$

Abbassamento max della temperatura superficiale riportato nel rapporto:... **1,9°C**

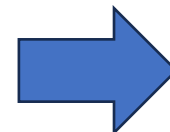
12 volte più grande!!!

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico

Alta riflessione solare



Resistenza termica o conduttività equivalente migliore???



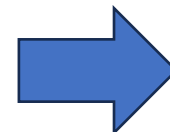
Riflessione solare: proprietà superficiale

- Indica la capacità di una superficie di riflettere la radiazione solare incidente.
- Riduce il **guadagno termico per irraggiamento** sulla superficie, quindi può abbassare la temperatura superficiale in condizioni di esposizione al sole.
- È legata a parametri ottici (riflettanza, emissività) e non alla capacità del materiale di opporsi al flusso termico.

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico

Alta riflessione solare



Resistenza termica o
conduttività equivalente
migliore???



Se fosse vero, riflettendo la radiazione solare, in inverno **dovrei avere un aumento di U...**

Non si può descrivere la riflessione in termini di resistenza termica poiché, per definizione, un **aumento di questo parametro riduce il flusso termico in entrambe le direzioni**, mentre la riflessione solare riduce il solo flusso termico entrante d'estate

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico



Le malte tradizionali (cementizie, calce, gesso) hanno **emissività elevata**, prossima a **0,9**, perché sono superfici opache e minerali. Questo significa che **non riflettono bene la radiazione infrarossa**, ma la assorbono e la riemettono.

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico



Formula di riferimento (UNI EN ISO 6946)

La trasmittanza termica U si calcola come:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R_{strati} + R_{se}}$$

dove:

- R_{si} = resistenza superficiale interna
- R_{se} = resistenza superficiale esterna
- $\sum R_{strati}$ = somma delle resistenze degli strati (conduzione)

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico



Ipotesi di calcolo

- Resistenza degli strati (parete):

$$\sum R_{strati} = 2,50 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

- Caso **emissività normale** ($\varepsilon \approx 0,9$):

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W}, R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

- Caso (**per assurdo**) **bassa emissività** ($\varepsilon \approx 0,05$):

$$R_{si} = 0,14 \text{ m}^2 \text{ K/W}, R_{se} = 0,05 \text{ m}^2 \text{ K/W}$$

PRESTAZIONI ISOLANTI: QUANDO IL MARKETING SUPERA LA FISICA

- Metodi di prova errati
- Relazione tra riflessione solare e isolamento termico
- Relazione tra emissività e isolamento termico



Calcolo U – Caso normale

$$U_{normale} = \frac{1}{0,13 + 2,50 + 0,04} = \frac{1}{2,67} \approx 0,374 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Calcolo U – Caso low-e

$$U_{low-e} = \frac{1}{0,14 + 2,50 + 0,05} = \frac{1}{2,69} \approx 0,372 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

**La trasmittanza U resta praticamente invariata
(variazione < 1%).**



GRAZIE PER LA VOSTRA ATTENZIONE

Colagiacomo Corrado

PER INFORMAZIONI E RICHIESTE

SCRIVERE A:

c.colagiacomo@giordano.it