

Laboratorio di Costruzione dell'Architettura 1 | A.A. 2012/13
Prof. Arch. Paola Boarin, Ph.D.

Efficienza energetica degli edifici e valutazione della trasmittanza termica

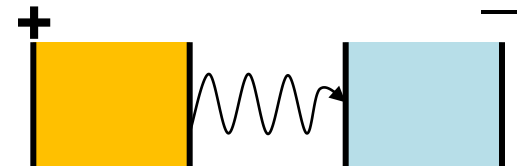
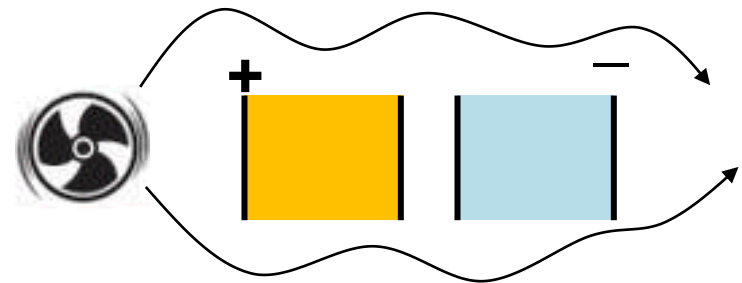
29 novembre 2012



Trasmissione del calore

La trasmissione del calore avviene attraverso un corpo quando esso è sottoposto ad una differenza di temperatura. L'energia si sposta sempre dal corpo più caldo al corpo più freddo. La trasmissione di calore può avvenire per:

- **Conduzione:** trasferimento di calore che avviene attraverso un mezzo continuo (solidi o fluidi in quiete) senza che in esso vi sia movimento macroscopico di materia (scambio di energia a livello atomico tra particelle contigue)
- **Convezione:** trasferimento di calore tra le superfici interna ed esterna dell'involucro e l'aria che le lambisce. A contatto con le superfici solide, l'aria scambia calore, cambia temperatura (e, quindi, densità), generando movimenti ascensionali o discendenti che contribuiscono al trasferimento di calore (moto convettivo)
- **Irraggiamento:** trasferimento di calore per mezzo dell'emissione o dell'assorbimento di radiazioni infrarosse (è un fenomeno come la luce, le onde radio, i raggi X, ma su lunghezze d'onda diverse)

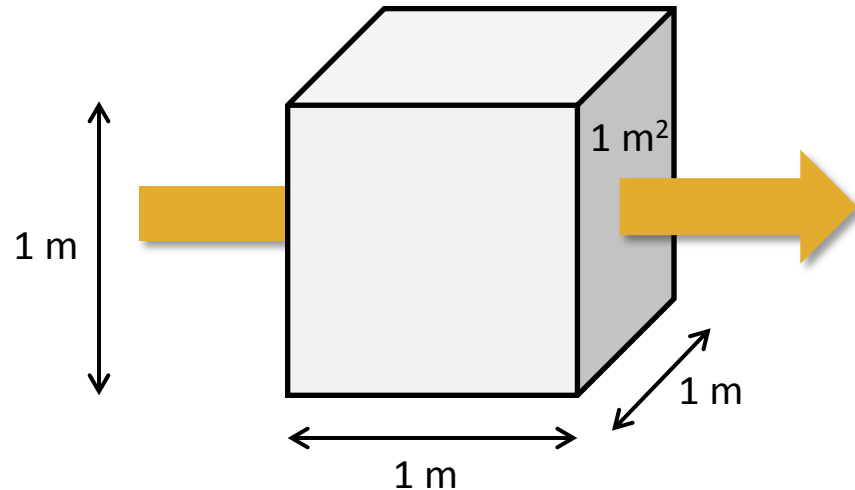


Conducibilità termica λ [W/mK]

È la quantità di calore in Watt che passa attraverso uno strato di materiale di spessore pari a 1 m, di superficie pari a 1 m², quando la differenza calcolata nella direzione del flusso termico è di 1°K.

Esprime la **capacità di un materiale di lasciarsi attraversare dal calore.**

**Più il valore è basso
e più è alto il potere isolante
del materiale.**



λ basso ($0,002 < \lambda < 0,10$)



Materiale ad alte prestazioni isolanti

λ alto ($0,11 < \lambda < 3,00$)



Materiale a basse prestazioni isolanti

Scheda Tecnica BlackCork: sughero "bruno" agglomerato naturalmente



DESCRIZIONE PRODOTTO:

Panelli di sughero "bruno" autoespanso per l'isolamento termico ed acustico degli edifici: ideale in soluzioni a **cappotto**, in **intercapedine** o sotto i **tetti**.

Il conglomerato di sughero espanso è un materiale **naturale al 100 %** fabbricato dalla corteccia della sughera, poi ridotta in granuli, surriscaldata e compattata in blocchi, utilizzando unicamente la Suberina (resina presente nel sughero) come elemento collante ed aggregatore dei granuli.

Il pannello in sughero "bruno" è un materiale **impareggiabile** utilizzabile anche in **bioarchitettura** per l'unicità e la **stabilità** delle sue caratteristiche termiche.

CARATTERISTICHE FISICHE

Materiale	Sughero espanso puro in pannelli secondo le norme UNI EN 13170 e UNI EN 13172
Dimensioni esterne	Lunghezza mm 1000 x Larghezza mm 500 con tolleranze dimensionali UNI: $T_1 - L_1 - W_1$
Spessori disponibili	20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 80 mm, 100 mm Altri spessori a richiesta fino a 330 mm
Imballo	Confezionato in cellophane riciclabile termoretraibile elettrosaldato ai bordi

CARATTERISTICHE TECNICHE

Massa Volumica (ρ)	108 ÷ 120 Kg/m ³								
Carico di rottura per trazione	0,6 ÷ 0,9 Kg/cm ²								
Carico di rottura per flessione	1,25 ÷ 2,31 Kg/cm ²								
Resistenza alla compressione	1,24 ÷ 1,59 Kg/cm ²								
Calore specifico	1,67 KJ/Kg °K								
Coefficiente di dilatazione termica (a 20°C)	25 ÷ 50 x 10 ⁻⁶								
Temperatura di uso	200 ÷ 130 °C								
Resistenza alla diffusione del vapore acqueo (μ)	5 ÷ 30								
Modulo di elasticità	5 N/mm ²								
Rigidità dinamica (spessore 50 mm)	126 N/cm ³								
Assorbimento acustico (spessore 40 mm)	0,29 ÷ 0,33 dB (a 500 Hz)								
Conducibilità termica λ (a 10°)	0,0375 ÷ 0,0363 W/m °K								
Resistenza termica R (m ² K/W)	0,267	0,534	0,801	1,068	1,335	1,602	1,869	2,136	2,403
	10 mm	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm	90 mm

ALTRE CARATTERISTICHE

Proprietà	Non si disgrega in acqua bollente, buona resistenza agli attacchi degli agenti chimici, elastico, antimuffa, imputrescibile, stabile nel tempo e inattaccabile da insetti, parassiti e roditori
-----------	---

Certificazioni unico con certificazione  UNI EN 13170

APPLICAZIONI PRINCIPALI

	Isolamento dall'interno	Isolamento dall'esterno	Isolamento intercapedine	isolamento acustico
Parete perimetrale	•	•	•	
Parete interna			•	•
Parete controterra			•	
Copertura piana ispezionabile	•			
Copertura piana pedonabile	•			
Copertura piana carrabile	•			
Copertura piana giardino	•			
Copertura a falda struttura continua	•	•		
Copertura a falda struttura discontinua	•	•		
Solai	•			•
Cassonetti per avvolgibili	•			
Divisori alloggi				•
Impianti industriali				•
Celle frigorifere	•			

Conduttanza C [W/m²K]

La conduttanza termica indica la quantità di calore che attraversa, in 1 ora, 1 m² di un materiale dello spessore s quando il salto di temperatura tra le due facce è di 1 K. Un valore basso di λ è indice di un'alta conduttanza, mentre un valore alto indica una conduttanza ridotta.

$$C = \lambda / s$$

Resistenza termica R [m²K/W]

Descrive il valore della proprietà coibente di un materiale.

$$R = s / \lambda = 1/C$$

- Nel caso di sistemi edilizi composti da più strati diversi, R è calcolata sommando i valori delle resistenze termiche dei singoli materiali.
- I valori della resistenza termica utilizzati nei calcoli intermedi, devono essere calcolati con almeno tre decimali.

Resistenza termica superficiale ($R_{si} - R_{se}$) [m^2K/W]

È un fattore da **sommare** al calcolo della resistenza totale del componente edilizio. **Indica l'interazione tra la chiusura e gli scambi superficiali in relazione all'irraggiamento e alla convezione causata da movimenti di aria.** La resistenza superficiale è maggiore quando la superficie irradia poco e l'aria è calma.

Le resistenze termiche superficiali R_{si} (per interni) e R_{se} (per esterni) indicano i passaggi termici dall'aria ambientale alla superficie interna dell'elemento edile, nonché dalla superficie esterna dell'elemento edile all'aria esterna, in relazione alla direzione del flusso termico (ascendente, orizzontale o discendente).

	Parete a contatto con l'esterno			Parete a contatto con locale chiuso		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente	Ascendente	Orizzontale	Discendente
R_{si}	0,10	0,13	0,17	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04	0,10	0,13	0,17

I valori riportati sotto "orizzontale" si applicano a flussi termici inclinati fino a $\pm 30^\circ$ sul piano orizzontale.

Trasmittanza termica U [W/m²K]

Rappresenta il flusso di calore che passa attraverso un elemento edilizio per m² di superficie della parete e per °K di differenza tra la temperatura interna ad un locale e la temperatura esterna o del locale contiguo.

La trasmittanza termica è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati.

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}}$$

- R_{si} e R_{se} sono le resistenze termiche superficiali interna ed esterna (m²K/W)
- R_1, R_2, R_n sono le resistenze termiche utili relative ai diversi strati della chiusura

Valori secondo normativa vigente (DLgs 311/2006 – Allegato C) per strutture opache verticali e orizzontali o inclinate

Il valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache (U) espressa in W/m^2K , riferito alle varie tipologie di strutture ed alla zona climatica, è nel seguito indicato:

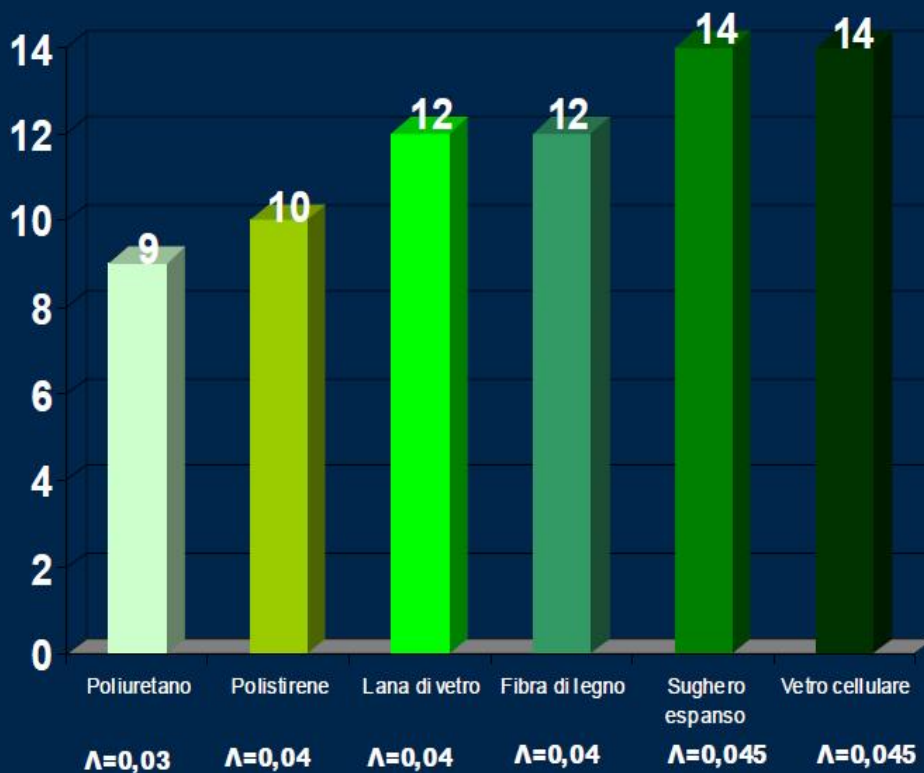
Tabella 2: U strutture verticali [W/m^2K]				Tabella 3: U strutture opache orizzontali o inclinate [W/m^2K]			
Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010	Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010
A	0.85	0.72	0.62	A	0.80	0.42	0.38
B	0.64	0.54	0.48	B	0.60	0.42	0.38
C	0.57	0.46	0.40	C	0.55	0.42	0.38
D	0.50	0.40	0.36	D	0.46	0.35	0.32
E	0.46	0.37	0.34	E	0.43	0.32	0.30
F	0.44	0.35	0.33	F	0.41	0.31	0.29

Valori secondo normativa vigente (DLgs 311/2006 – Allegato C) per strutture opache verticali e orizzontali o inclinate

Il valore limite della trasmittanza termica delle chiusure opache (U) espressa in W/m^2K , riferito alle varie tipologie di strutture ed alla zona climatica, è nel seguito indicato:

Tabella 3: U pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno [W/m^2K]			
Zona climatica	Dal 1/1/2006	Dal 1/1/2008	Dal 1/1/2010
A	0.80	0.74	0.65
B	0.60	0.55	0.49
C	0.55	0.49	0.42
D	0.46	0.41	0.36
E	0.43	0.38	0.34
F	0.41	0.36	0.33

Confronto materiali isolanti



Spessore necessario in cm per $U=0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

Trasmittanza termica dei componenti di un edificio energeticamente efficiente

EDIFICIO UNIFAMILIARE	CasaClima A Casa da 3 litri	CasaClima B Casa da 5 litri	Standard minimo Classe C
Pareti	0,1 – 0,2	0,15 – 0,25	0,25 – 0,4
Tetto	0,1 - 0,2	0,15 – 0,25	0,25 – 0,35
Solaio verso la cantina o aderente al suolo	0,2 – 0,3	0,25 – 0,35	0,4 – 0,6
Vetrata Ug	≤ 1,0	≤ 1,2	≤ 1,4
Finestra Uw	≤ 1,3	≤ 1,5	≤ 1,6
Ventilazione controllata con recupero del calore dall'aria di scarico	normalmente necessaria	non necessaria	non necessaria

Fonte: Agenzia CasaClima

Superficie lorda dei piani: 240 m² (netto 193 m²)

Volume lordo: 660 m³

Superficie delle finestre verso sud: 30 % della facciata

Superficie delle finestre verso est/ovest: 20 % della facciata

Superficie delle finestre verso nord: 10 % della facciata

Trasmittanza termica dei componenti di un edificio energeticamente efficiente

EDIFICIO PLURIFAMILIARE	CasaClima A Casa da 3 litri	CasaClima B Casa da 5 litri	Standard minimo Classe C
Pareti	0,15 – 0,25	0,2 – 0,3	0,3 – 0,45
Tetto	0,1 - 0,2	0,15 – 0,25	0,25 – 0,4
Solaio verso la cantina o aderente al suolo	0,25 – 0,35	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7
Vetrata Ug	≤ 1,0	≤ 1,2	≤ 1,4
Finestra Uw	≤ 1,3	≤ 1,5	≤ 1,6
Ventilazione controllata con recupero del calore dall'aria di scarico	normalmente necessaria	non necessaria	non necessaria

Fonte: Agenzia CasaClima

Superficie lorda dei piani: 405 m² (netto 325)

Volume lordo: 1223 m³

Superficie delle finestre verso sud: 30 % della facciata

Superficie delle finestre verso est/ovest: 20 % della facciata

Superficie delle finestre verso nord: 10 % della facciata

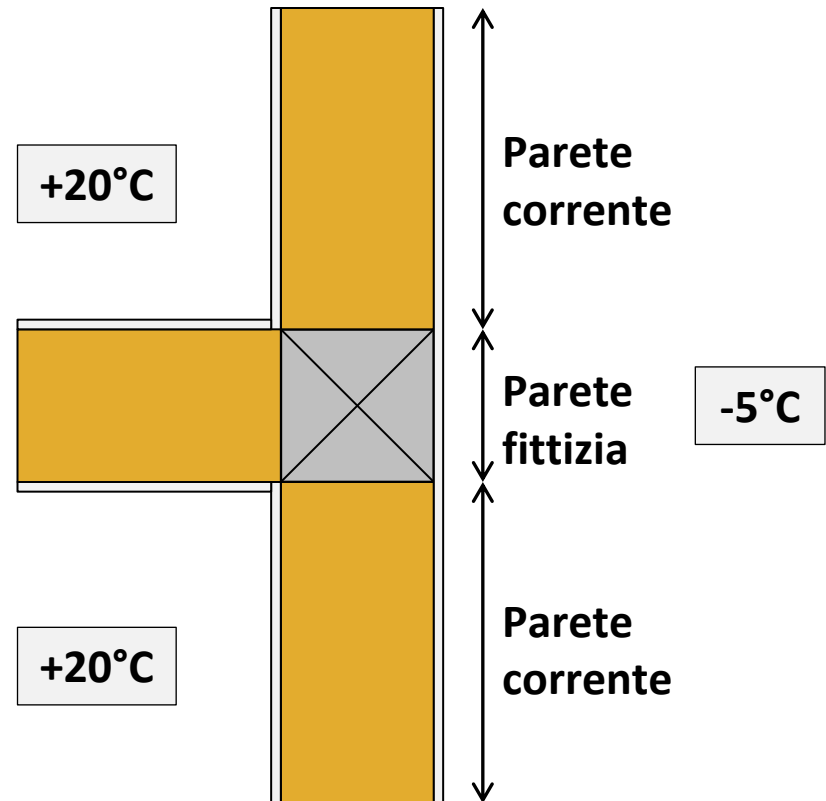
Cos'è un ponte termico?

Il ponte termico è una **discontinuità del comportamento dell'involucro edilizio rispetto al flusso di calore** in ingresso o in uscita.

Lo sviluppo geometrico dei ponti termici può essere:

- **puntiforme;**
- **lineare;**
- **bidimensionale.**

Il DLgs 311/2006 affronta tale problema esclusivamente dal punto di vista energetico, limitando la trasmittanza termica della **parete fittizia**, ovvero il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico; essa, infatti, non deve superare per più del **15% la trasmittanza termica della parete corrente**.



Disomogeneità termica dei materiali che compongono l'involucro edilizio

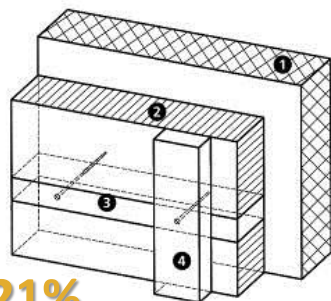
La **differente trasmittanza termica degli strati che compongono il medesimo elemento tecnico** comporta un comportamento differenziale rispetto al flusso di calore e, quindi, un ponte termico.

Tra gli esempi più comunemente diffusi si elencano:

- telai in c.a. con tamponamenti in laterizio;
- architravi e cordoli non isolati;
- raccordo tra infisso e chiusura opaca;
- davanzali;
- balconi realizzati mediante solette in c.a. a sbalzo;
- elementi metallici di ancoraggio.

I ponti termici per disomogeneità di materiale possono essere **lineari o puntiformi**.

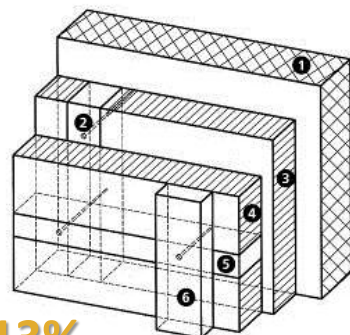
Disomogeneità termica dei materiali che compongono l'involucro edilizio. Variazione di U in base al sistema di fissaggio



+21%

Cappotto termico mono strato con struttura di supporto in travetti di legno

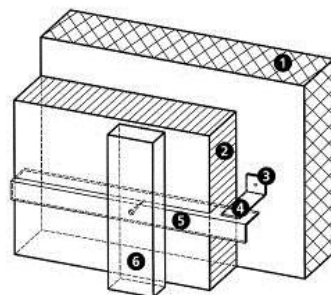
- parete portante
- isolamento
- travetto in legno
- listello di supporto rivestimento di facciata



+13%

Cappotto termico in doppio strato con struttura di supporto in listelli di legno

- parete portante
- travetto in legno
- 1° strato di isolamento
- 2° strato di isolamento
- travetto in legno
- listello di supporto per rivestimento di facciata



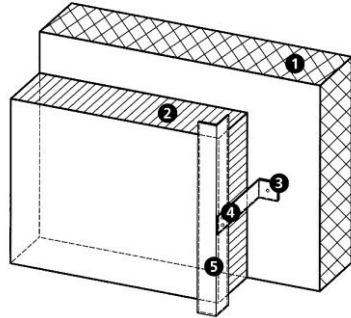
+17%

Cappotto termico mono strato con struttura di supporto in mensole e angolari d'acciaio

- parete portante
- isolamento
- termostop
- mensola in acciaio
- angolare in acciaio
- listello di supporto per rivestimento di facciata

Fonte: CasaClima

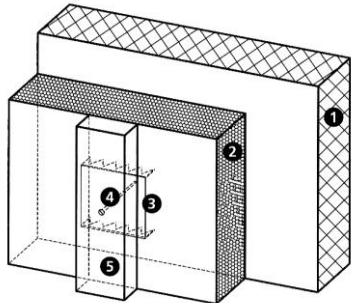
Disomogeneità termica dei materiali che compongono l'involucro edilizio. Variazione di U in base al sistema di fissaggio



+28%

Cappotto termico mono strato con struttura di supporto in alluminio

- parete portante
- isolamento
- termostop
- mensola in alluminio
- profilo di supporto per rivestimento di facciata



+4%

Cappotto termico mono strato con struttura di supporto in tasselli distanziatore e piastre di ancoraggio

- parete portante
- isolamento
- piastra di ancoraggio
- tassello distanziatore
- listello di supporto per rivestimento di facciata

Fonte: CasaClima

Conseguenze dei ponti termici

Oltre alle perdite di calore dovute alla riduzione della temperatura causata dalla discontinuità di comportamento dell'elemento tecnico, i ponti termici possono causare effetti alle strutture e incidere negativamente sulla qualità degli ambienti interni.

La formazione di fenomeni di **condensa superficiale** è tra le conseguenze più immediate della presenza di ponti termici.

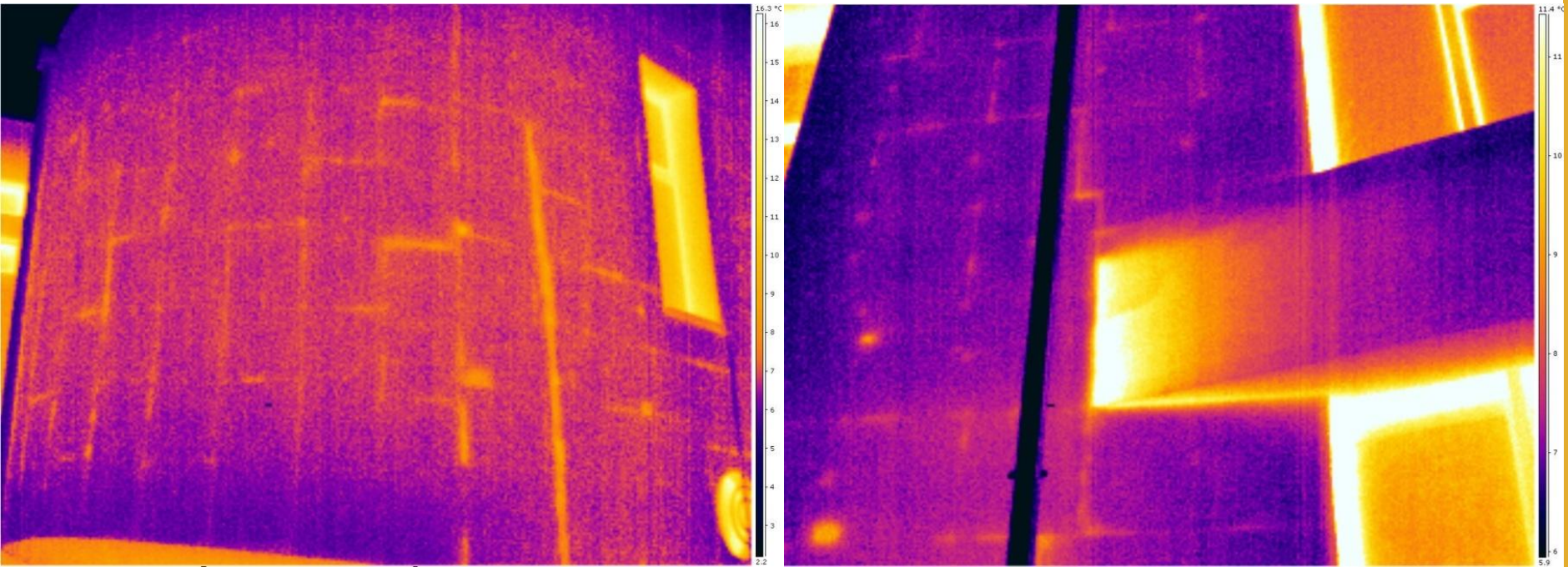
Conseguenza diretta della presenza di acqua condensata è la **crescita di colonie fungine (muffe) sulle superfici interne**, coadiuvate dalla presenza di substrati favorevoli alla proliferazione.



Valutazione dei ponti termici

La valutazione dei ponti termici è un momento molto delicato e che richiede particolare controllo da parte del progettista in tutti i momenti che costituiscono il processo edilizio.

L'**indagine termografica**, attraverso la visualizzazione della distribuzione della temperatura su una porzione di superficie, **agevola l'interpretazione delle cause di continuità o discontinuità termica**: infatti, le irregolarità nelle proprietà termiche dei componenti che costituiscono l'involucro edilizio possono, in determinate condizioni, tradursi in variazioni di temperatura superficiale che lo strumento rende apprezzabili all'occhio umano.



L'analisi termografica

L'analisi termografica è un metodo di indagine qualitativa, non distruttiva, non a contatto basato sull'acquisizione, elaborazione e interpretazione di termogrammi (immagini all'infrarosso), utile alla valutazione di uniformità o discontinuità nel comportamento termico di una superficie radiante e quindi alla formulazione di ipotesi circa le cause di tale comportamento.



Fonte: A. Papi, A. Pancaldi



Fonte: A. Papi

Accorgimenti per la protezione dai ponti termici

1 Separazione con giunti a taglio termico

adottando, ad esempio, balconi esterni separati dall'involucro edilizio, piuttosto che solette a sbalzo

2 Sovrapposizione degli elementi

finalizzata all'incremento delle prestazioni di quelli termicamente più deboli (ad esempio, sovrapporre il materiale isolante al telaio fisso dell'infisso, nei casi di isolamento a cappotto)

3 Sovrapposizione degli strati isolanti

per evitare soluzioni di continuità, quali fessure (ad esempio, nodo tra chiusura opaca e copertura, nodo tra chiusura opaca e solaio a terra, ecc.), privilegiando pannelli con battente e a strati sovrapposti e incrociati

Accorgimenti per la protezione dai ponti termici

4 Ricorso a guarnizioni, nastri e materassini elastici
per evitare fessure in corrispondenza delle congiunzioni degli elementi costruttivi

5 Allineamento degli assi mediani di elementi tecnici o di strati isolanti con funzione coibente

che presentano differenti spessori (ad esempio, montaggio dell'infisso al centro dell'isolante della chiusura verticale)

6 Utilizzo di materiali a bassa conduttività termica
per gli elementi che perforano gli strati di isolante (ad esempio, utilizzo di tasselli termici per il fissaggio dell'isolamento)

7 **Provvedere il massimo prolungamento della sovrapposizione di materiale coibente**

in corrispondenza del punto di interruzione, al fine di prolungare il percorso di fuoriuscita del calore, Qualora non fosse possibile mantenere continuità dell'isolante in tutto l'involucro esterno e sia necessario interromperlo per proseguire con l'isolamento dall'interno

8 **Evitare, se possibile, soluzioni morfologiche che prevedono l'impiego di angoli acuti**

tra le chiusure verticali poiché essi sono particolarmente disperdenti

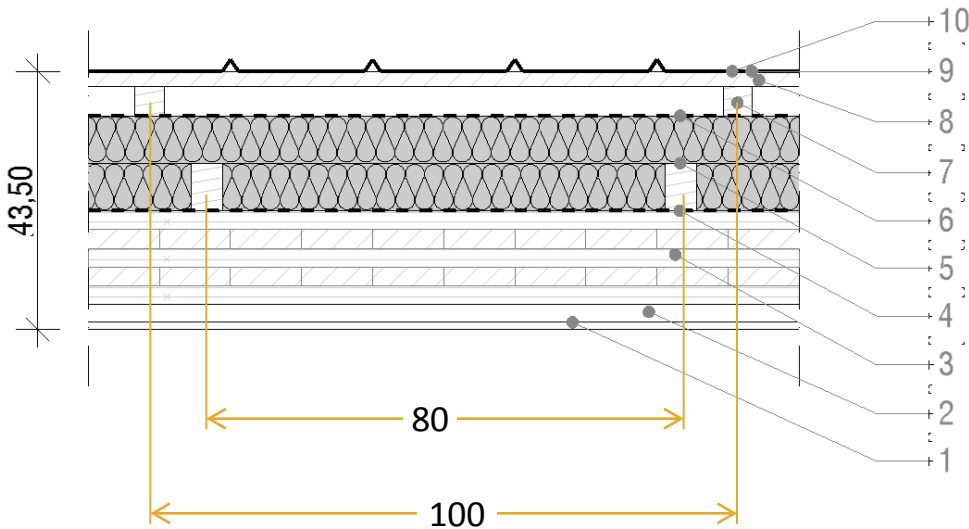
Calcolo della trasmittanza termica di chiusure opache

REGOLE GENERALI

1. Tutti gli **strati sottili** (freni/barriere al vapore, telo antivento, guaine impermeabilizzanti, ecc.) hanno spessori talmente irrisori da non modificare sostanzialmente la trasmittanza termica e, pertanto, non vanno considerati
2. Ogni volta che è presente un'**intercapedine ventilata**, il conteggio degli strati si ferma allo strato precedente all'intercapedine
3. Se nell'intercapedine c'è **aria ferma**, lo strato va conteggiato nel totale, con la relativa conducibilità termica
4. Ogni volta che ci sono delle **listellature** di compartimentazione dell'isolante, la trasmittanza finale della chiusura è pari alla media ponderata delle trasmittanze di tutte le sezioni con differente resistenza
5. Le **coperture a falda** vanno considerate nella sezione perpendicolare alla pendenza e non in proiezione orizzontale

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

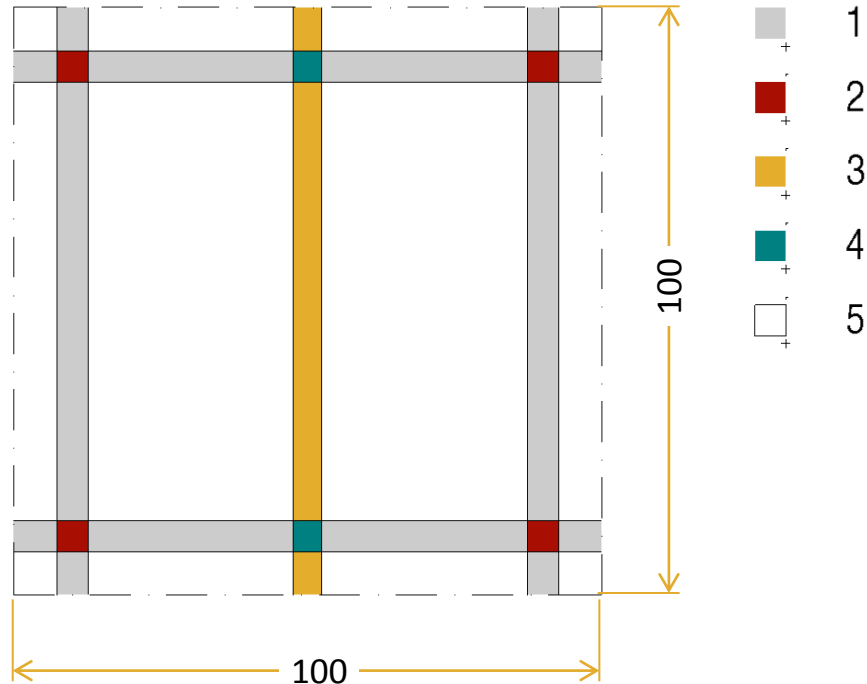
4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale



1. Pannello in cartongesso, 1,5 cm
2. Intercapedine impiantistica su supporto di montanti in alluminio, 3 cm
3. Pannello in legno lamellare multistrato (tipo x-lam), 14 cm
4. Barriera al vapore
5. Isolante termico, 8+8 cm con listelli 5x8
6. Membrana traspirante/telo antivento
7. Intercapedine stagna con listellatura per pendenza, 5 x 5 cm variabili
8. Pannello OSB, 2,5 cm
9. Guaina impermeabilizzante
10. Manto di copertura in lamiera metallica

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale



**DEFINIZIONE DELLE PERCENTUALI
DI INCIDENZA DI CIASCUNA
SEZIONE DELLA CHIUSURA**

SEZIONE 1: $(0,05 \times 1 \times 4) - (0,05 \times 0,05 \times 4 \times 2 \text{strati}) - (0,05 \times 0,05 \times 2) = 0,175$

SEZIONE 2: $0,05 \times 0,05 \times 4 = 0,01$

SEZIONE 3: $(0,05 \times 1) - (0,05 \times 0,05 \times 2) = 0,045$

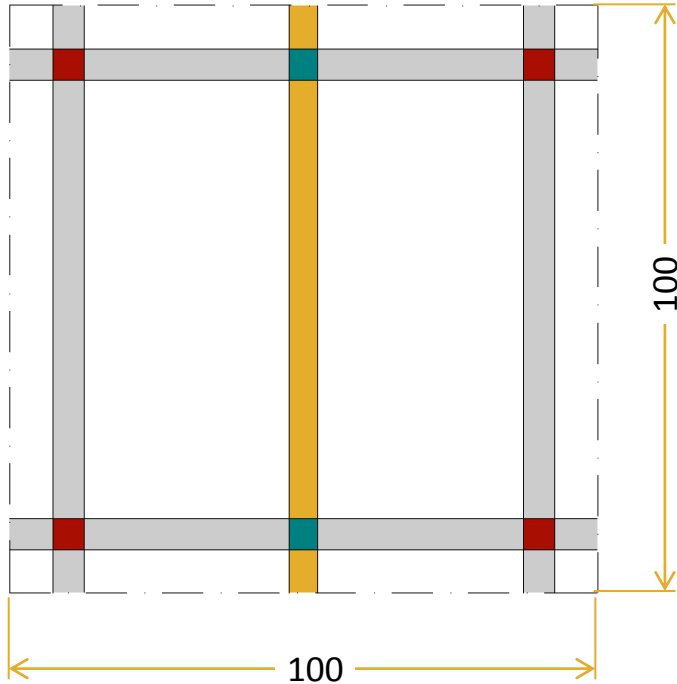
SEZIONE 4: $0,05 \times 0,05 \times 2 = 0,005$

SEZIONE 5: $1 - 0,235 = 0,765$

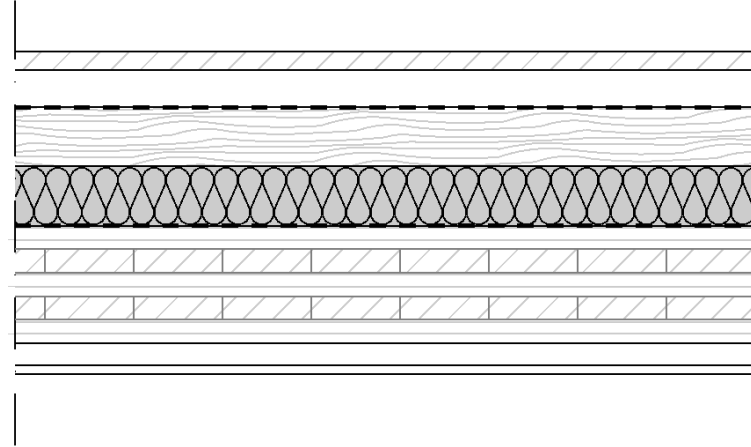
} = 1

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale



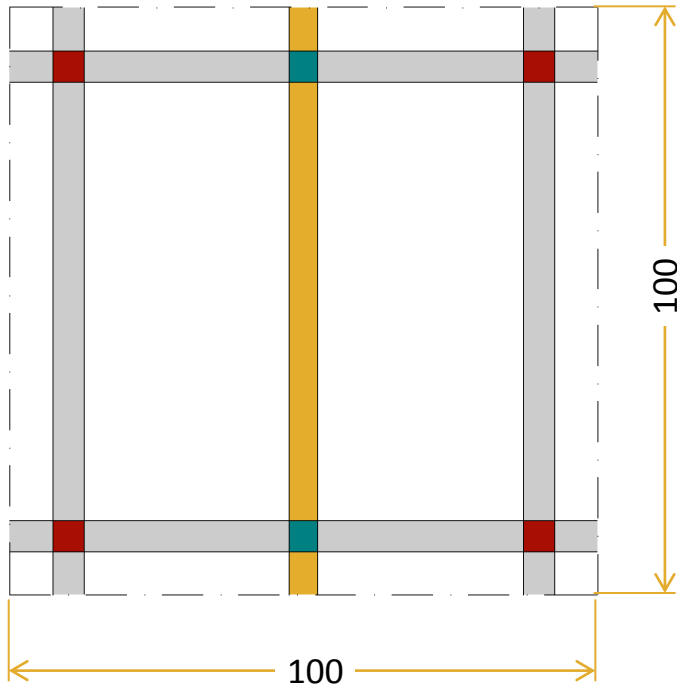
1



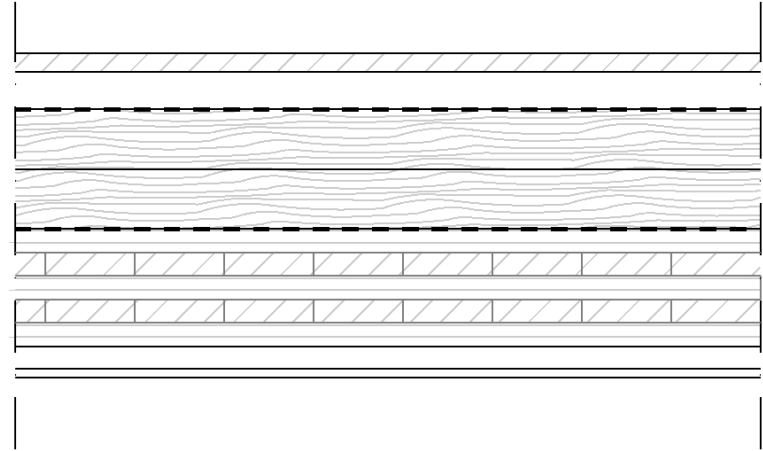
$$U_1 = 0,182 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale



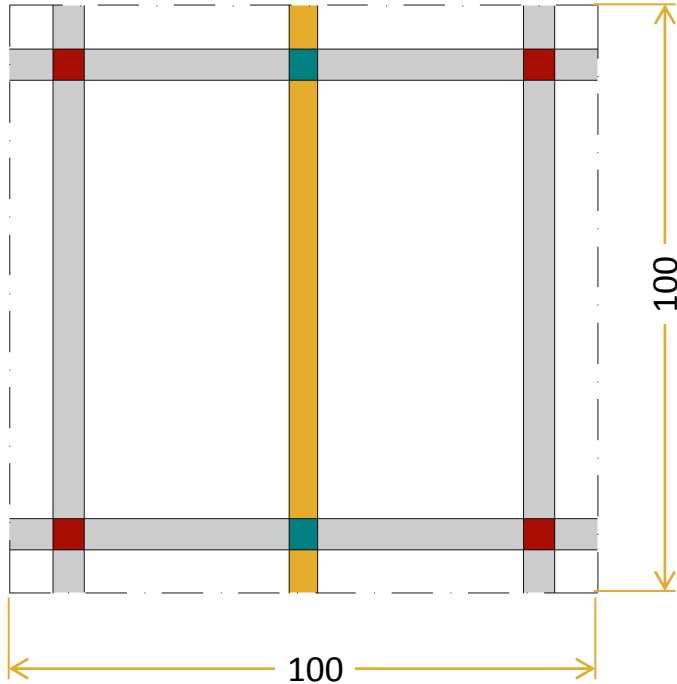
■ 2



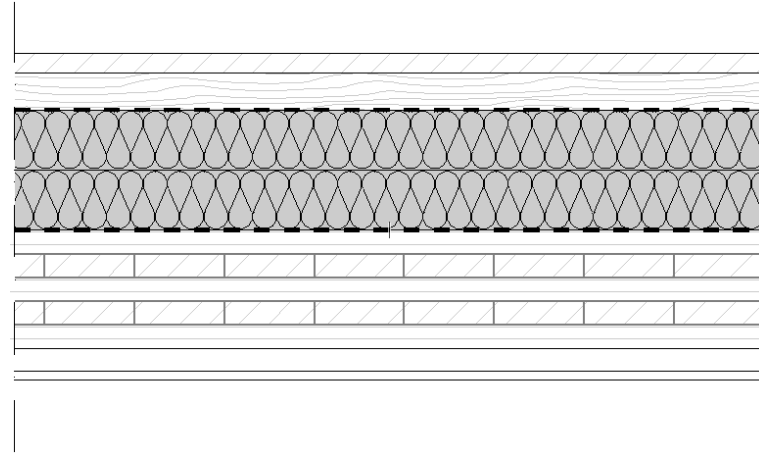
$$U_2 = 0,244 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale



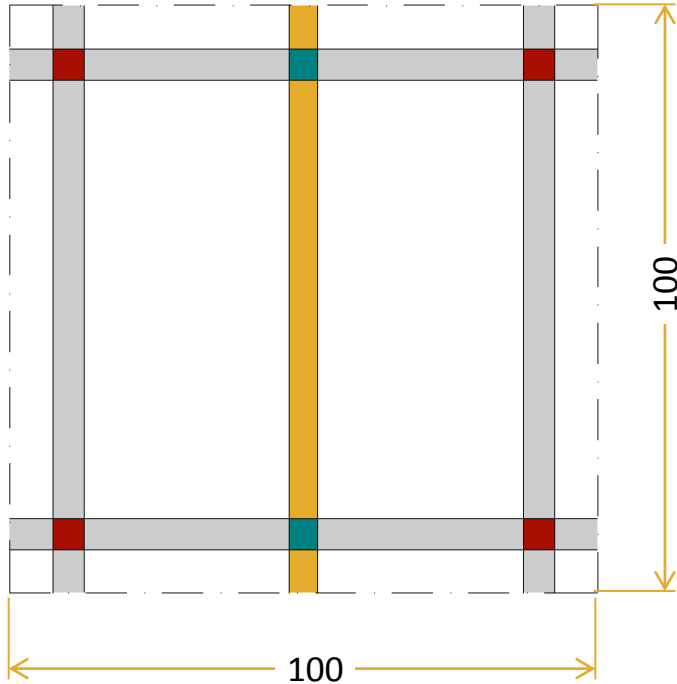
3



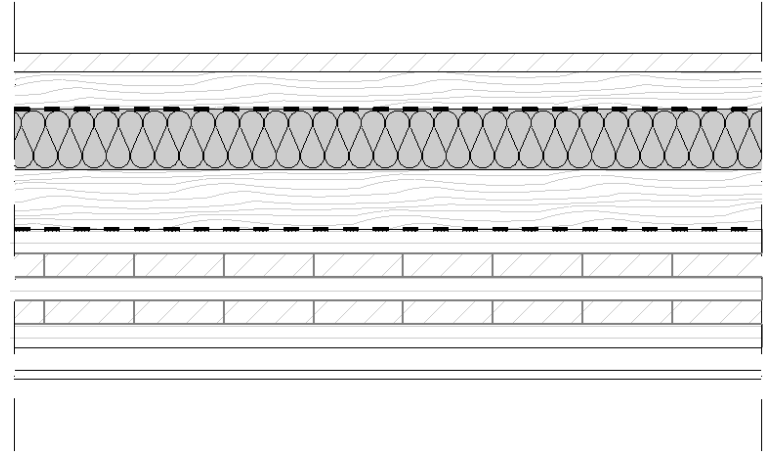
$$U_3 = 0,188 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale



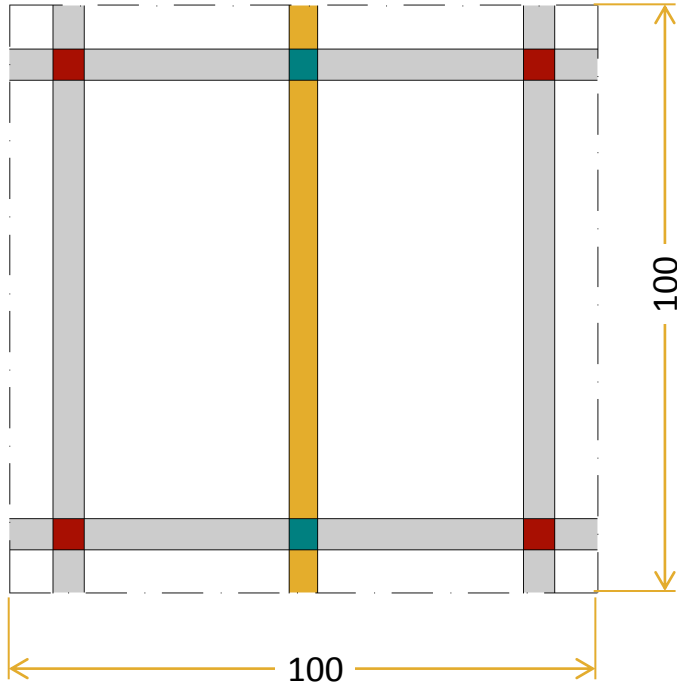
■ 4



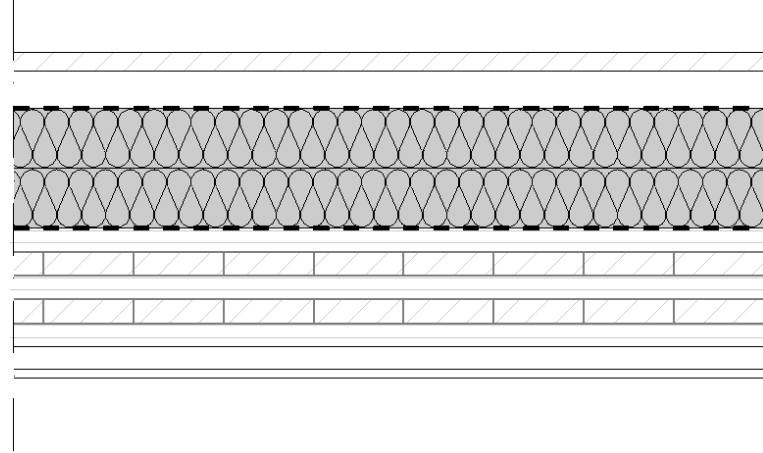
$$U_4 = 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale



□ 5



$$U_5 = 0,146 \text{ W/m}^2\text{K}$$

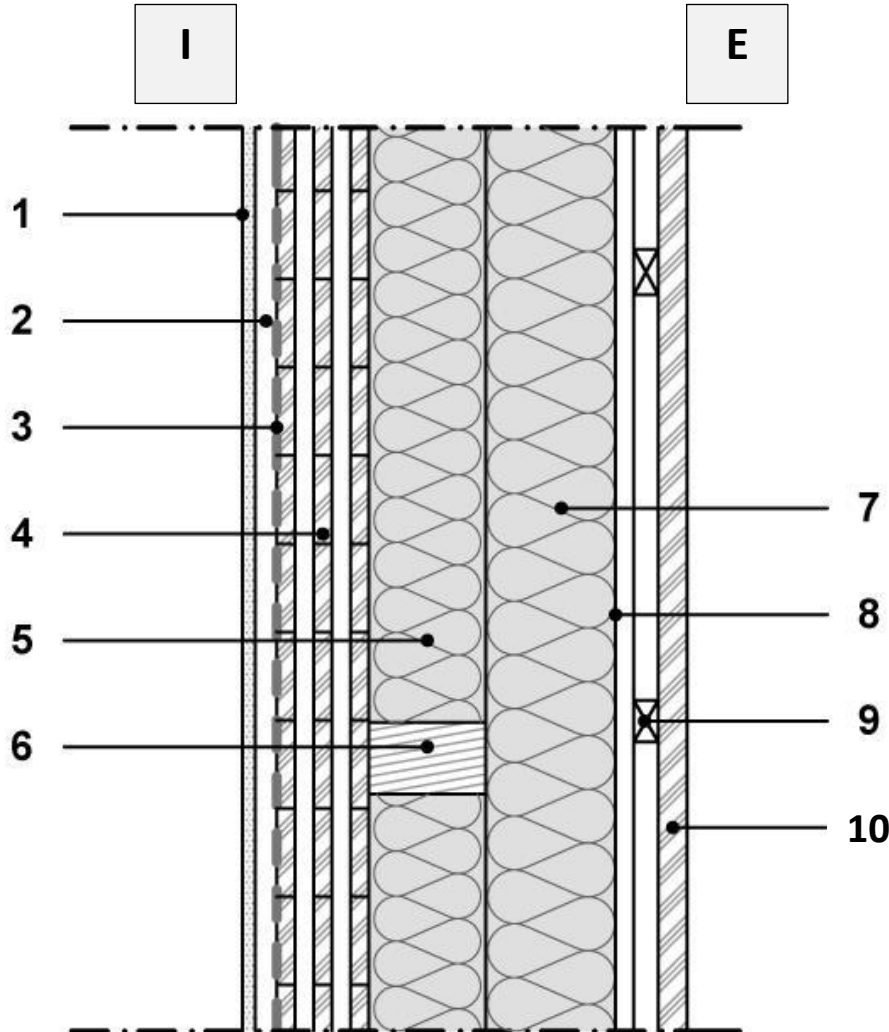
Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

4) Chiusura inclinata superiore con isolamento sopra l'orditura principale

$$\begin{aligned}U_{\text{tot}} &= (0,175 \times 0,182 \text{ W/m}^2\text{K}) + (0,01 \times 0,244 \text{ W/m}^2\text{K}) + \\ &+ (0,045 \times 0,188 \text{ W/m}^2\text{K}) + (0,005 \times 0,170 \text{ W/m}^2\text{K}) + \\ &+ (0,765 \times 0,146 \text{ W/m}^2\text{K}) = \\ &= \mathbf{0,155 \text{ W/m}^2\text{K}}\end{aligned}$$

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

1) CV in multistrato strutturale a fibre incrociate con isolamento e ventilazione

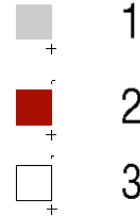
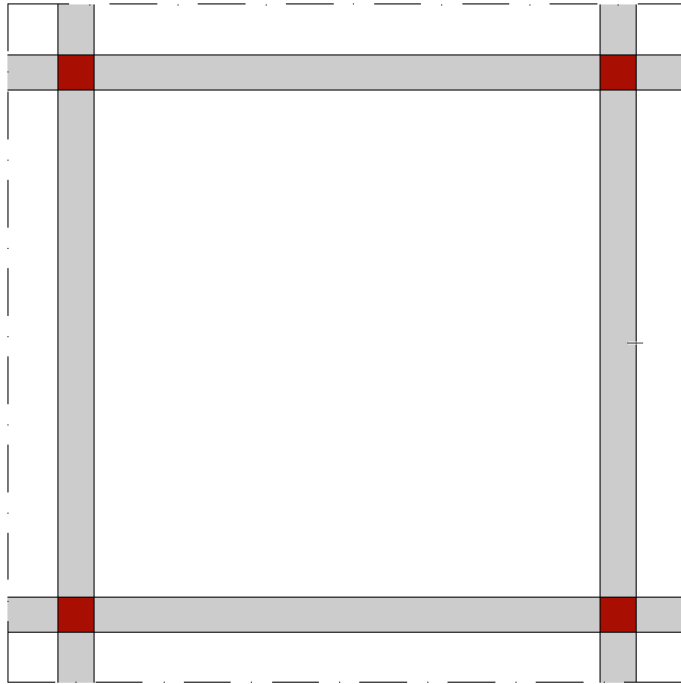


DESCRIZIONE DEGLI STRATI:

1. Pannelli in cartongesso, 1,2 cm
2. Intercapedine, 3 cm
3. Freno vapore
4. Pannello multistrato in legno, 10 cm
5. Isolante termico, 12 cm
6. Listelli in legno 8 x 12 cm
7. Isolante termico, 12 cm
8. Listelli in legno 8X 14 cm
9. Listelli per supporto rivestimento, 2,5 cm
10. Rivestimento in doghe, 3 cm

Calcolo della trasmittanza termica di alcune chiusure

1) CV in multistrato strutturale a fibre incrociate con isolamento e ventilazione



**DEFINIZIONE DELLE PERCENTUALI
DI INCIDENZA DI CIASCUNA
SEZIONE DELLA CHIUSURA**

SEZIONE 1: $(0,08 \times 1 \times 4) - (0,08 \times 0,08 \times 4 \times 2 \text{strati}) = 0,269$

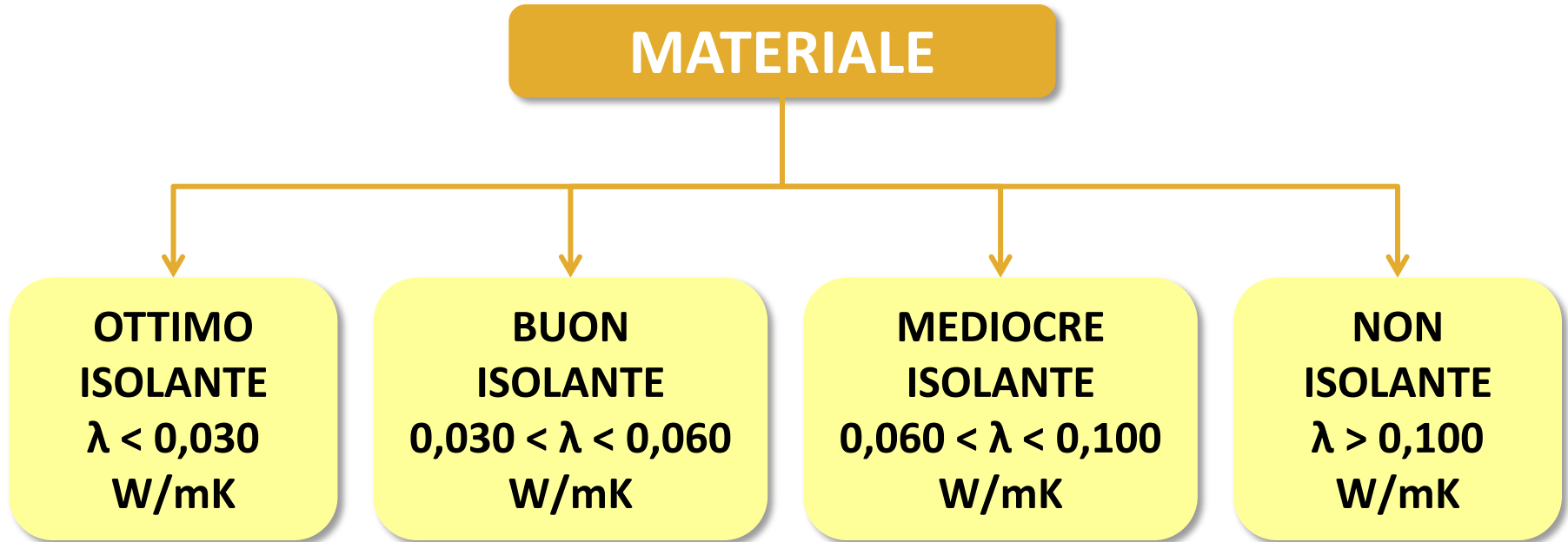
SEZIONE 2: $0,08 \times 0,08 \times 4 = 0,026$

SEZIONE 3: $1 - 0,294 = 0,706$

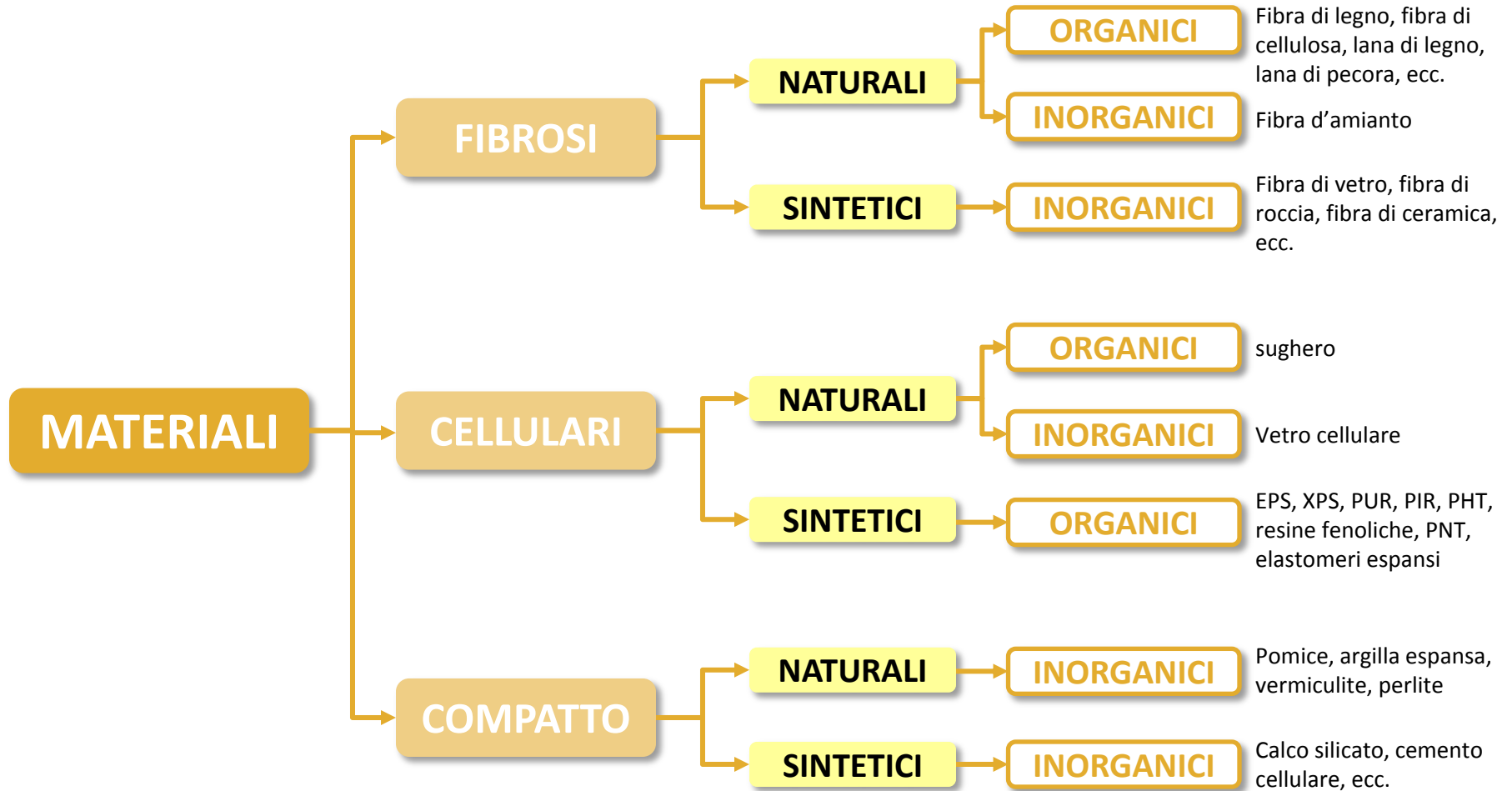
} = 1

$$\begin{aligned} U_{\text{tot}} &= (0,269 \times 0,184 \text{ W/m}^2\text{K}) + (0,026 \times 0,272 \text{ W/m}^2\text{K}) + \\ &+ (0,706 \times 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}) = \\ &= \mathbf{0,147 \text{ W/m}^2\text{K}} \end{aligned}$$

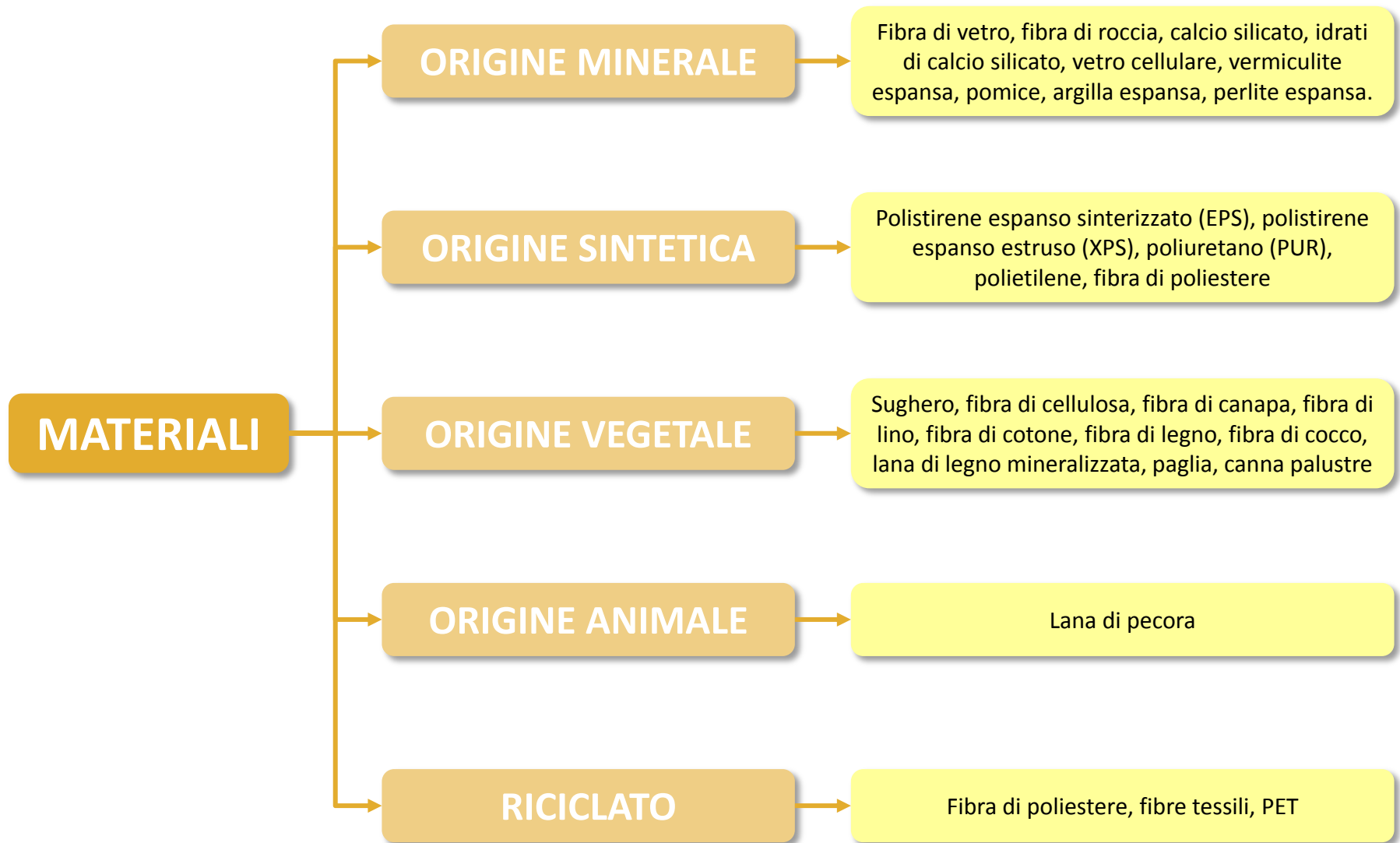
Classificazione dei materiali isolanti



Classificazione dei materiali isolanti in base alla struttura



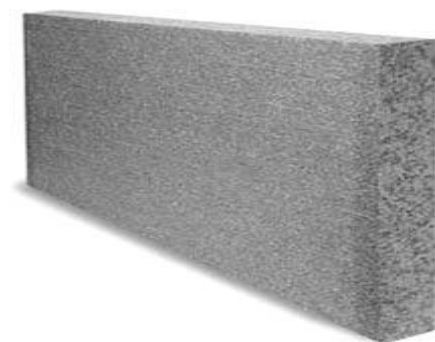
Classificazione dei materiali isolanti in base all'origine



Presentazione dei prodotti in commercio

I materiali isolanti possono essere reperiti in commercio sotto forma di:

- **Materiale sfuso** (granuli, fibre, fiocchi). Sono ideali per il riempimento di intercapedini o, miscelati al calcestruzzo, per formare strati di alleggerimento con parziale potere isolante. Sono particolarmente adatti nei risanamenti poiché riescono a riempire interstizi non perfettamente complanari. Devono essere posati da maestranze specializzate in gradi di garantire la corretta compattazione del prodotto.
- **Feltri morbidi o materassini**. Possono essere adottati come riempimento tra le travi o nelle intercapedini. È necessaria particolare accortezza nella posa in opera al fine di non creare ponti termici dovuti alla soluzione di continuità fra strati di materiale contiguo.
- **Pannelli rigidi con diverse densità**. Si adattano a molti usi, ma non al riempimento tra le travi (in particolare in edifici esistenti). Possono essere forniti con spigoli vivi oppure battentati o con incastro maschio-femmina.



Ambiti di impiego dei materiali isolanti

Sotto la platea di fondazione

Granulato di vetro cellulare, vetro cellulare (densità appropriata), XPS ad alta resistenza meccanica

Pavimento di cantine o controterra

Resistenza a compressione minima 500 kg/mq

Vetro cellulare (densità appropriata), XPS

Isolamento perimetrale (isolamento esterno pareti controterra delle cantine)

Granulato di vetro cellulare, pannelli di EPS idrofobizzato, XPS, vetro cellulare (densità appropriata)

Isolamento esterno facciate (sistemi a cappotto e facciate ventilate)

Pannelli XPS, EPS, sughero, idrati di silicato di calcio, fibre minerali, fibre di canapa, fibra di legno, vetro cellulare (densità appropriata)

Isolamento interno pareti senza barriera al vapore (valutare freno vapore)

Pannelli in calcio silicato, cellulosa, fibra di legno a diffusione aperta, pannelli in PUR rivestiti in alluminio, vetro cellulare (densità appropriata), XPS non aperti alla diffusione

Isolamento per pareti con sistema costruttivo a telaio

Pannelli o materassini in fibra di canapa, di lino, fibre minerali, fibra di legno, lana di pecora, fiocchi di cellulosa, granuli di sughero, perlite espansa

Ambiti di impiego dei materiali isolanti

Solai intermedi: isolamento acustico anticalpestio

Pannelli EPS, fibre minerali, fibra di canapa, fibra di lino, fibra di legno, sughero, lana di pecora, perlite espansa, fibra di cocco

Solai o tetti in travi di legno Isolamento non resistente a compressione tra puntoni

Feltri in fibra di lino, di canapa, fibre minerali, lana di pecora, fibra di legno, perlite espansa, granuli di sughero, fiocchi di cellulosa, fibre di canapa

Isolamento sopra i puntoni

EPS, fibre minerali ad alta resistenza, PUR, XPS, pannelli in fibra di legno, sughero, pannelli in fibra di canapa, vetro cellulare (densità appropriata)

Ultimo solaio

EPS, sughero, perlite espansa, fibre minerali pesanti, PUR, XPS, vetro cellulare, fibre di canapa, di legno, cellulosa

Partizioni interne, tetto piano e tetto verde

Perlite espansa, fibre minerali ad alta resistenza, PUR, vetro cellulare (densità appropriata), XPS



Presentazione: granuli sfusi

Materia prima: impasto di argilla e olio sottoposto ad elevate temperature

Proprietà: scarso potere termoisolante, buone capacità fonoassorbenti, ottima protezione estiva

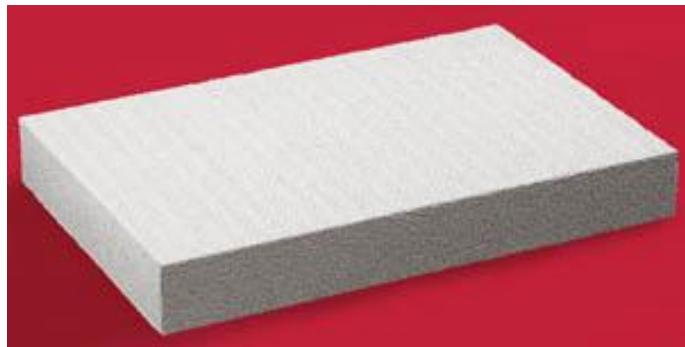
Impiego: riempimento di intercapedini, alleggerimento di solai (miscelato con cls)

Conducibilità termica λ : 0,09 – 0,12 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 2-8

Costo medio: 50-250 €/mc





Presentazione: pannelli

Materia prima: ossidi di calcio e di silicio con l'aggiunta di cellulosa (3-6%) per migliorare la flessibilità e la resistenza degli spigoli. I materiali vengono miscelati con acqua (silicato di calcio idrato) e versati in stampi, dunque trattati con vapore acqueo in autoclave ad alte temperature, fino ad ottenere una struttura aperta con pori fini (fino al 90%)

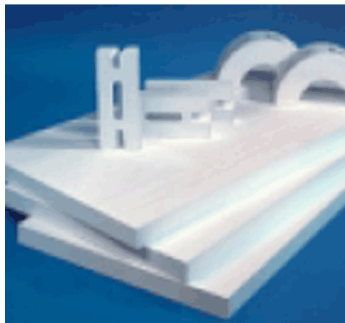
Proprietà: isolamento interno e risanamento da umidità e muffe. Deve essere trattato in superficie con materiali aperti alla diffusione dei vapori.

Conducibilità termica λ : 0,060-0,095 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 3-20

Costo medio: 350-450 €/mc





Presentazione: pannelli o granuli (derivanti dagli scarti di fabbricazione dei pannelli)

Materia prima: sabbia silicea, idrato di calce, cemento Portland, acqua, schiuma proteica e sostanze idrofobizzanti

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, buona capacità di regolazione dell'umidità grazie all'elevata permeabilità al vapore. Non adatto come isolante acustico.

Impiego: isolamento a cappotto

Impiego: Conducibilità termica λ : 0,076 – 0,094 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 15-20

Costo medio: 200-300 €/mc



Presentazione: pannelli, feltri, materassini, materiale sfuso

Materia prima (lana di vetro): sabbia di quarzo o vetro riciclato (45-49%), soda, dolomite, feldspato, calcare e resina sintetica (bakelite). Processo di fusione e centrifugazione.

Materia prima (lana di roccia): rocce basaltiche, resine sintetiche portate a fusione e idrofobizzazione con sostanze a base di silicone o oli minerali.

Proprietà: qualità isolanti molto buone, ma scarsa protezione estiva, ottimo isolamento acustico, non regola l'umidità.

Impiego: coperture (tra e sopra i travetti), solai intermedi, isolamento a cappotto e facciate ventilate, riempimento tra sistemi costruttivi a secco. Deve essere protetto dall'umidità e necessita generalmente di compartimentazione.

Conducibilità termica λ : 0,038-0,053 W/mK (vetro) | 0,037 – 0,054 W/mK (roccia)

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1 (v+r)

Costo medio: 100-350 €/mc (vetro) | 80-250 €/mc (roccia)



Presentazione: pannelli, blocchi, granuli, elementi sagomati

Materia prima: sabbia quarzifera e vetro riciclato (fino a oltre il 60%) macinati e portati ad elevate temperature con aggiunta di carbonio che causa la formazione di gas e conferendo struttura alveolare.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti e buona protezione estiva, completamente impermeabile all'acqua e al vapore. I pannelli hanno elevata resistenza meccanica a compressione, ma su superfici piane (altrimenti rischio rottura)

Impiego: in presenza di umidità, ovvero coperture, pareti contro terra, solai verso ambienti esterni.

Conducibilità termica λ : 0,055 – 0,066 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : ∞

Costo medio: 300-500 €/mc (pannelli) | 80-150 €/mc (granulato sfuso)



Presentazione: granuli sfusi, pannelli

Materia prima: sabbia quarzosa e/o vetro riciclato (fino a oltre il 60%) portati ad elevate temperature.

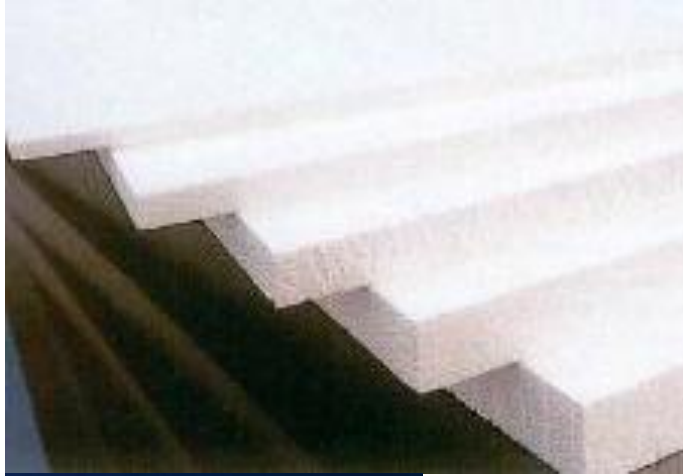
Proprietà: Buona permeabilità al vapore, anche se i singoli granuli sono completamente impermeabili. E' un materiale con buone proprietà termoisolanti e fonoassorbenti, è incombustibile e non emette fumi tossici in caso di incendio, non contiene sostanze nocive per la salute, è inerte, stabile nel tempo, inattaccabile da parassiti.

Impiego: riempimento di intercapedini, coperture, sottotetti non praticabili, impastata con calce idraulica è impiegata per la realizzazione di sottofondi e massetti in solai interpiano o controterra, coperture piane e a falda. A granulometria per la realizzazione di intonaci termoisolanti, fonoassorbenti e resistenti al fuoco.

Conducibilità termica λ : 0,045-0,070 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-5

Costo medio: 100-250 €/mc



Presentazione: pannelli, perle sciolte, elementi sagomati

Materia prima: polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. È possibile aggiungere polvere di alluminio o grafite per migliorare le proprietà termiche (EPS grigio).

Proprietà: da buone a ottime proprietà termoisolanti, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio ma non da trasmissione aerea.

Impiego: coperture, solai a terra e interpiano (anche come supporto di sistemi radianti a pavimento), sistemi a cappotto.

Conducibilità termica λ : 0,040 – 0,056 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 21-107

Costo medio: 50-250 €/mc



Presentazione: pannelli con o senza «pelle» (addensamento superficiale compatto), da solo o accoppiato con altri materiali

Materia prima: polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. Il propellente più utilizzato per l'espansione del polistirolo liquido è la CO₂.

Proprietà: proprietà termoisolanti molto buone, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio ma non da trasmissione aerea.

Impiego: principalmente negli attacchi a terra e negli ambienti umidi particolarmente sollecitati ai carichi (coperture praticabili, a verde).

Conducibilità termica λ : 0,034 – 0,041 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 87-321

Costo medio: 150-250 €/mc



Presentazione: pannelli, schiume ad espansione in situ, elementi presagomati

Materia prima: polimerizzazione dello stirene, ottenuto da benzolo ed etilene, ricavati da petrolio e metano. Il propellente più utilizzato per l'espansione del polistirolo liquido è la CO₂.

Proprietà: proprietà termoisolanti molto buone, scarsa protezione estiva, nessuna capacità di regolazione dell'umidità, buone proprietà di isolamento acustico da calpestio.

Impiego: copertura, come isolamento anticalpestio nei solai intermedi, isolamento di condotte impiantistiche.

Conducibilità termica λ : 0,032-0,034 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 60

Costo medio: 200-300 €/mc



Presentazione: feltri, pannelli, fibre sfuse

Materia prima: prodotto vegetale della canapa, trattato con soda o sali di boro per aumentare le proprietà antincendio e talvolta rinforzato con fibre di poliestere.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, buona protezione termica estiva, buona capacità di regolare l'umidità (riesce ad assorbire umidità fino a un terzo del suo peso senza perdere le proprietà isolanti), buon isolamento acustico. È un materiale rinnovabile e riutilizzabile.

Impiego: in copertura come isolamento tra travetti, in parete nei sistemi di isolamento a cappotto (posato in più strati tra montanti) e nelle chiusure stratificate a secco. Nei solai intermedi vengono utilizzati i feltri anticalpestio. Può essere impiegato al posto delle schiume per il riempimento delle cavità.

Conducibilità termica λ : 0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-5

Costo medio: 150-300 €/mc



Presentazione: pannelli, fiocchi sfusi

Materia prima: carta da giornale riciclata arricchita con sali di boro per la protezione antincendio e con additivi per la protezione dai roditori. Possono essere impiegate fibre di juta per il rinforzo dei pannelli.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, buona protezione termica estiva, buona capacità di regolare l'umidità, molto buone proprietà di isolamento e assorbimento acustico. Se in fiocchi, è un materiale rinnovabile e riutilizzabile.

Impiego (fiocchi sfusi): per insufflazione nelle intercapedini di solai e chiusure verticali.

Impiego (pannelli): isolamento tra travetti o come isolamento anticalpestio.

Conducibilità termica λ : 0,045-0,058 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-3

Costo medio: 100-350 €/mc



Presentazione: feltri, materassini, pannelli

Materia prima: rafia delle noci di cocco, sali di boro e solfato di ammonio per renderla ignifuga.

Proprietà: proprietà termoisolanti da medie a buone, buona capacità di regolare l'umidità, ottimo isolante acustico anticalpestio. Materia prima disponibile, ma pregiata, lunghi tragitti per il trasporto (valutazione LCA). È riciclabile.

Impiego: isolamento tra travetti, tra telai in legno o come isolamento anticalpestio.

Conducibilità termica λ : 0,043 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1



Presentazione: pannelli

Materia prima: residui della lavorazione del legno di conifere e latifoglie, senza o con aggiunta di lattice, paraffina, bitume, cera naturale per rendere i pannelli resistenti all'umidità.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, ottima protezione dal calore estivo, buone capacità di regolazione dell'umidità, buon isolamento acustico, anche d a calpestio. Risorsa sufficientemente disponibile, rigenerabile, può essere riciclato come combustibile.

Impiego: isolamento tra e sopra i travetti di copertura. Isolamento in pannelli anticalpestio nei solai. Pannelli per isolamento a cappotto e facciate ventilate. Buono anche per l'isolamento dall'interno.

Conducibilità termica λ : 0,040-0,55 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 2-5

Costo medio: 150-300 €/mc



Presentazione: pannelli

Materia prima: fibre di abete mineralizzate rivestite da un legante minerale: il cemento Portland. Le fibre vengono sottoposte ad un trattamento mineralizzante che rende le fibre perfettamente inerti e ne aumenta la resistenza al fuoco

Proprietà: la struttura cellulare del legno conferisce al pannello isolamento, leggerezza, elasticità. Gli interstizi fra le fibre sono responsabili dell'assorbimento acustico e dell'ottimo aggrappaggio a tutte le malte.

Impiego: isolamento dai ponti termici di elementi in c.a. (usato come cassero per getti), architravi, cordoli solai, nicchie radiatori. Nelle chiusure verticali per isolamento a cappotto e per isolamento in intercapedine per protezione acustica. Nei solai per protezione acustica.

Conducibilità termica λ : 0,085-0,091 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 3-50 (solo lana di legno 5)

Costo medio: 200-550€/mc



Presentazione: pannelli, feltri, fibre sfuse

Materia prima: prodotto vegetale dal lino, trattato con boro o sali di ammonio per la resistenza al fuoco e agli insetti. Può presentare fibre di poliestere come rinforzo.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, media protezione dal caldo estivo, buone capacità di regolazione dell'umidità. Materia prima rinnovabile.

Impiego: isolamento di coperture e di chiusure stratificate a secco. Nei solai sono impiegati feltri anticalpestio; utilizzato in intercapedini come riempitivo al posto delle schiume.

Conducibilità termica λ : 0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1



Presentazione: granulato sfuso, pannelli di agglomerato espanso

Materia prima: corteccia della quercia da sughero (Francia del Sud, Spagna, Portogallo, Africa del Nord) frantumata e sottoposta a cottura senza l'aggiunta di alcuna sostanza. Materia prima limitata e pregiata. Nella fase di cottura possono svilupparsi sostanze pericolose per la salute. Tragitti abbastanza lunghi per il trasporto (valutazione LCA). Può avere un odore molto forte.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti e capacità di protezione dal caldo estivo, buona capacità di regolazione dell'umidità, buone capacità di isolamento acustico.

Impiego: il granulato viene impiegato come riempimento di intercapedini. Isolamento a cappotto o parete ventilata. Coperture ventilate. Pannelli anticalpestio.

Conducibilità termica λ : 0,043-0,052 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 9-19

Costo medio: 200-450 €/mc



Presentazione: feltri, fiocchi

Materia prima: lana di pecora, urea e derivati e sali di boro come trattamento antincendio e antitarma. Prodotto naturale sufficientemente disponibile.

Proprietà: buone proprietà termoisolanti, protezione termica estiva media, buona capacità di regolazione dell'umidità, buon isolamento acustico anche anticalpestio.

Impiego: in copertura è impiegato sotto forma di materassini tra travetti. In chiusura verticale come riempitivo in strutture stratificate a secco. Isolamento anticalpestio e in intercapedine tra le tubature.

Conducibilità termica λ : 0,035-0,040 W/mK

Coefficiente di resistenza alla diffusione di vapore μ : 1-5

Costo medio: 150-250 €/mc



building a better world