



---

# Ponti termici e ponti acustici

---

# NORME DI RIFERIMENTO e REQUISITI MINIMI DI EFFICIENZA ENERGETICA

➤ DM 26 GIUGNO 2015 E NOVITA' IN ARRIVO

## LA NUOVA DIRETTIVA EPBD o EPBD IV (detta anche Direttiva «case green»)

Edizioni/revisioni precedenti della stessa direttiva:

- Direttiva 2002/91/CE -> Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n.192 + relativi decreti attuativi
- Direttiva 2010/31/UE -> Legge 3 agosto 2013, n.90 + relativi decreti attuativi
- **Direttiva 2018/844/UE -> Decreto Legislativo 10 giugno 2020, n.48**
- EPBD 4 IN GAZZETTA UFFICIALE EUROPEA DAL 8 MAGGIO 2023

# Norme di riferimento e requisiti minimi



E1(1)	A,B,D,F,G,H, J,K,L,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	B,F,H, K,Q, W,Y	A,B,D,E,F,G, H,J,K,L,M, P,Q,R,S, T,U,V, W,X,Y	B,C,E,F,I, K	C,E,F,I, K,Q	E, M,N, Q,R,S, U,V, W,X,Y	M,O, Q,R,S, W,X
E1(2)							
E1(3)							
E2							
E3							
E4							
E5							
E7							
E6	A,B,D,F,H, J,K,L,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	A,B,D,E,F, H,J,K,L,M, P,Q,R,S, T,U,V, W,X,Y					
E8	A,B,F,H, J,K,L,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y,Z	A,B,E,F, H,J,K,L,M, P,Q,R,S, T,U,V, W,X,Y					

# PARAMETRI

<b>A</b>	Verificare che $EP_{H,nd}$ , $EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot}$ siano inferiori ai valori limite (All.1 Art. 3.3 comma 2b.iii e comma 3, App.A)
<b>B</b>	Verificare che $H'_T$ sia inferiore al valore limite (All.1 Art. 3.3 comma 2b.i e Art. 4.2 comma 1b, App.A)
<b>C</b>	Verificare che la trasmittanza delle strutture opache e chiusure tecniche rispetti i valori limite (All.1 Art. 5.2, comma 1a,b,c, Art. 4.2, comma 1a, Art. 1.4.3 comma 2, App. B)
<b>D</b>	Verificare che la trasmittanza dei divisori sia inferiore o uguale a $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (All.1 Art.3.3 comma 5)
<b>E</b>	Le altezze minime dei locali di abitazione [...] possono essere derogate fino a 10 cm. (All.1 Art.2.3 comma 4)
<b>F</b>	Verificare l'assenza di rischio di formazione di muffe e di condensazioni interstiziali. (All. 1 Art. 2.3 comma 2)
<b>G</b>	Verificare nelle località in cui $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$ , che le pareti opache verticali, orizzontali e inclinate rispettino i limiti di trasmittanza periodica ( $Y_{IE}$ ) e massa superficiale ( $M_s$ ) (All.1 Art. 3.3 comma 4b,c)
<b>H</b>	Verificare che il rapporto $A_{sol,est}/A_{sup \text{ utile}}$ rispetti i limiti previsti (All.1 Art. 3.3 comma 2b.ii, App.A)
<b>I</b>	Verificare che per le chiusure tecniche trasparenti $g_{gl+sh} \leq 0,35$ (All.1 Art. 5.2 comma 1d e Art. 4.2 comma 1a)
<b>J</b>	Valutare l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate (All.1 Art.3.3 comma 4a)
<b>K</b>	Verificare l'efficacia, per le strutture di copertura, dell'utilizzo di materiali a elevata riflettanza solare e di tecnologie di climatizzazione passiva (All.1 Art 2.3 comma 3)
<b>L</b>	Rispettare gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili termiche ed elettriche secondo quanto previsto dal DLgs 28/11 e s.m. (All.1 Art. 3.3 comma 6, All.3 DLgs28/11)
<b>M</b>	Verificare che i rendimenti $\eta_H, \eta_W$ e $\eta_C$ siano maggiori dei rispettivi valori limite (All.1 Art. 3.3 comma 2b.iv, Art. 5.3.1 comma 1a, Art.5.3.2 comma 1a, Art. 5.3.3 comma 1, App.A)



## EDIFICIO NZEB

I requisiti si applicano all'intero edificio:

A-  $EP_{H,nd}$   $EP_{C,nd}$   $EP_{gl,tot}$

B-  $H't$

H-  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

D- U limite per divisori  $< 0,8$  (W/m<sup>2</sup>K)

G-  $Y_{ie}$

L- FER

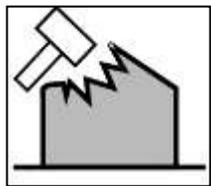
F- verifiche termoigrometriche

M-  $h_H$   $h_w$   $h_c$  : rendimenti limite

Q,R- valvole e

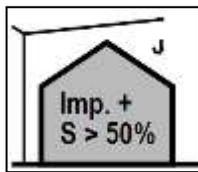
termoregolazione

+ Altri requisiti specifici



Calcolo PT

# RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO



## EDIFICI ESISTENTI

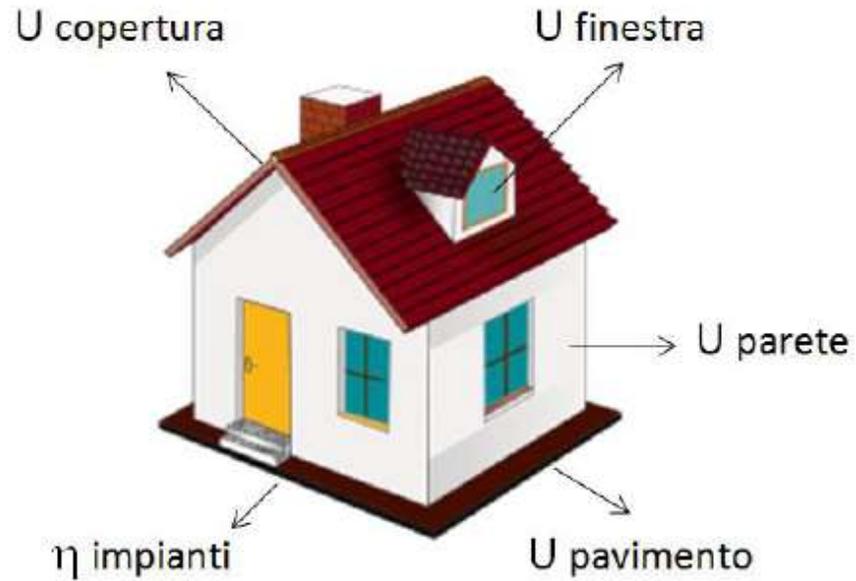


I requisiti si applicano ALL' INTERO EDIFICIO

STESSI REQUISITI DEI NUOVI EDIFICI (a parte le FER a livello nazionale, comprese le FER in Regione Lombardia)

# Gli indici di prestazione energetica

## EDIFICIO DI PROGETTO



Calcolo di

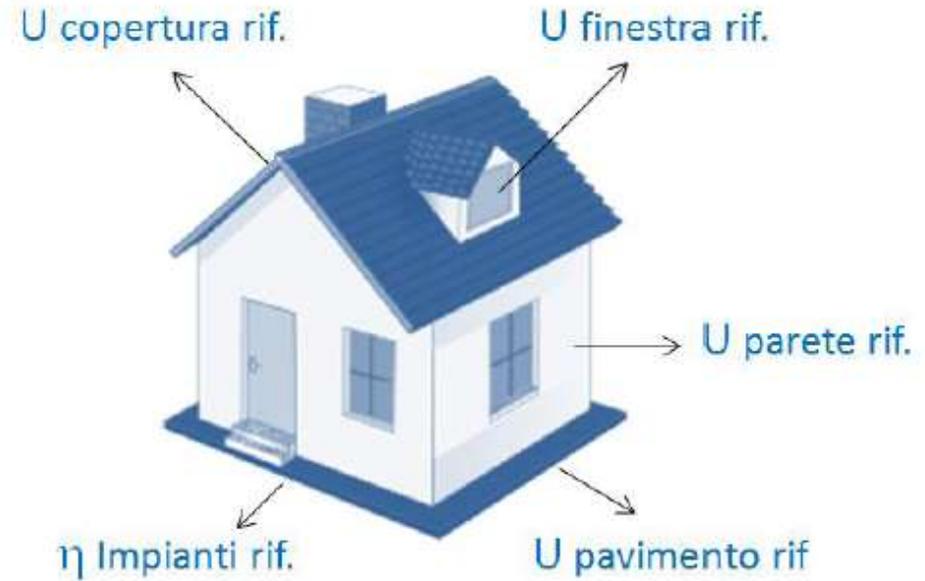
$EP_{H,nd}$

$EP_{C,nd}$

$EP_{gl,tot}$



## EDIFICIO DI RIFERIMENTO



Calcolo di

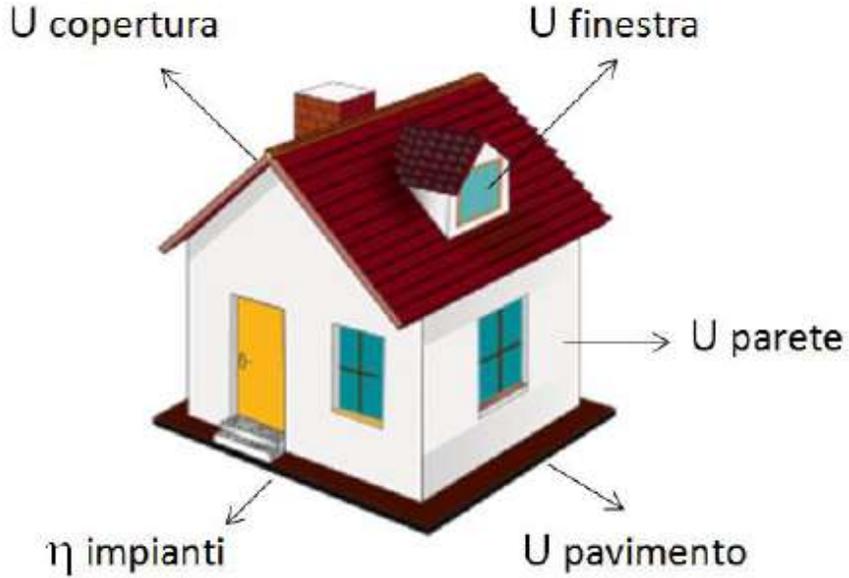
$EP_{H,nd, limite}$

$EP_{C,nd, limite}$

$EP_{gl,tot, limite}$

# NEW!!

## EDIFICIO DI PROGETTO



Calcolo di

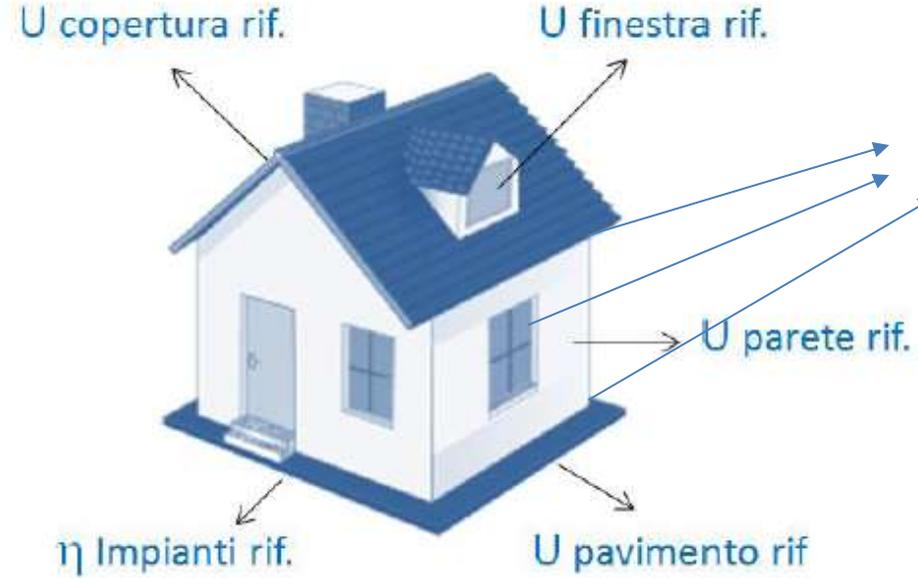
$EP_{H,nd}$

$EP_{C,nd}$

$EP_{gl,tot}$

$\wedge$

## EDIFICIO DI RIFERIMENTO



Calcolo di

$EP_{H,nd, limite}$

$EP_{C,nd, limite}$

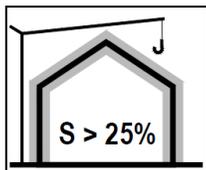
$EP_{gl,tot, limite}$

$\Psi_{RIF}$

---

I valori di trasmittanza di riferimento **si considerano comprensive dell'effetto dei ponti termici diversi da quelli esplicitamente indicati.** Le lunghezze dei ponti termici da utilizzarsi nel calcolo dell'edificio di riferimento sono pari a quelle dell'edificio reale.

Per tutti i parametri da verificare per il nuovo edificio è previsto il calcolo **per unità immobiliare**



## EDIFICI ESISTENTI

I requisiti si applicano alla superficie oggetto di intervento e riguardano:



C- Ulim

B- H't

I-  $g_{gl+sh} < 0.35$

F- verifiche termoisometriche

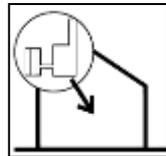
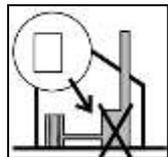
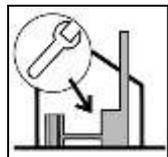
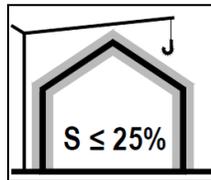
M- hH hw hc : rendimenti limite

Q,R- Installazione valvole e termoregolazione

+ Altri requisiti specifici

Calcolo PT

## EDIFICI ESISTENTI



I requisiti si applicano alla superficie oggetto di intervento e riguardano:

C- Ulim

I-  $g_{gl+sh} < 0.35$

F- verifiche termogrametriche

M- hH hw hc : rendimenti limite

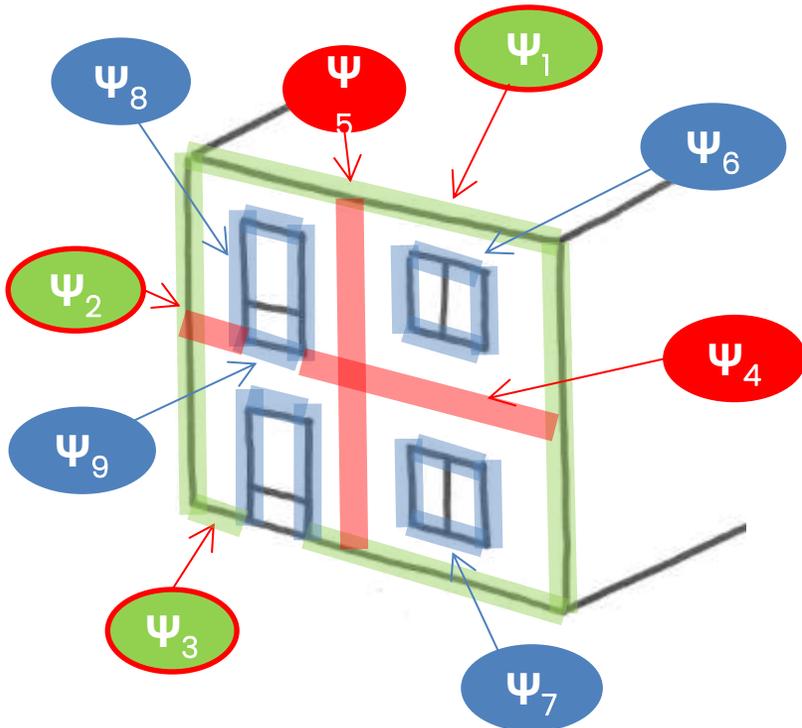
Q,R- Installazione valvole e termoregolazione

+ Altri requisiti specifici

Calcolo PT

# LA SUPERFICIE DI INTERVENTO

# VALUTAZIONE PONTI TERMICI PER U MEDIA



$$U_{\text{progetto}} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \sum_j (\Psi_j \cdot l_j)}{\sum_i A_i} \leq U_{\text{limite}}$$

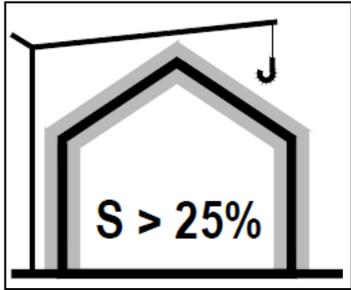
- Dove  $\Psi$  è da valutare al:
- 100% se all'interno dell'area
  - 50% se al perimetro dell'area
  - 100% (o 50%?)



**TABELLA 1** (Appendice B)  
Trasmittanza termica U massima delle **strutture opache verticali**, verso l'esterno soggette a riqualificazione

Zona climatica	U <sub>limite</sub> [W/m <sup>2</sup> K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
<b>D</b>	0,36	<b>0,32</b>
<b>E</b>	0,30	<b>0,28</b>
F	0,28	0,26

**NEW!!**



I requisiti si applicano alla superficie o sistema oggetto di intervento e riguardano:

**B** - H't

C

1 -  $U_{\text{sezione corrente}} < U_{\text{lim tabella}}$

2 -  $U_{\text{media}} < U_{\text{lim}}$  con valutazione PT di riferimento

I -  $g_{\text{gl+sh}} < 0.35$

F - verifiche termoigrometriche

Q,R - Installazione valvole e termoregolazione

# NEW!!

1-  $U_{\text{sezione corrente}} < U_{\text{lim tabella}}$

Tabella 1- *Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione*

Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)
A e B	0,40
C	0,36
D	0,32
E	0,28
F	0,26

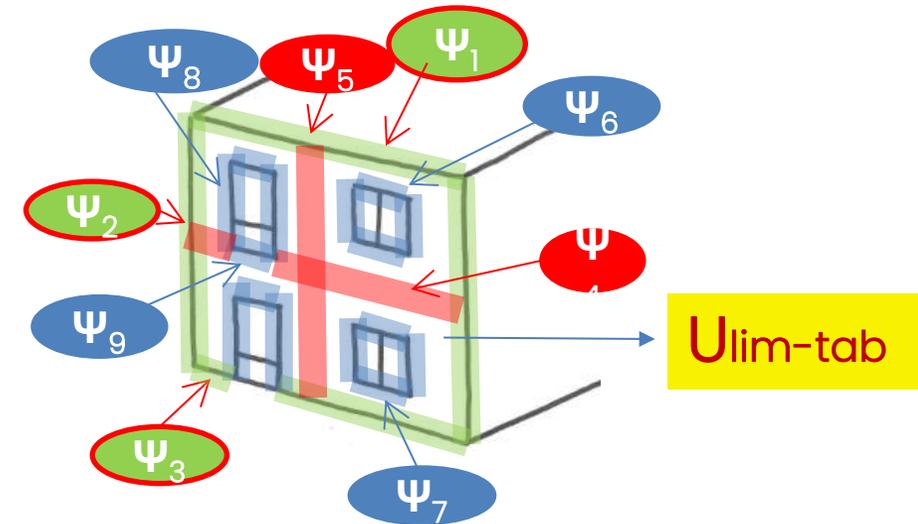
2 -  $U_{\text{media}} < U_{\text{lim}}$  con valutazione PT

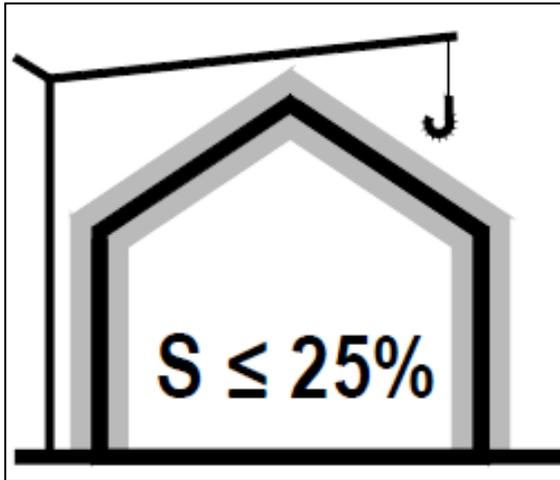
Si calcola la **trasmittanza termica limite comprensiva dei ponti termici** come:

$$U_{\text{progetto}} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_i) + \sum_j (\Psi_j \cdot l_j)}{\sum_i A_i} \leq U_{\text{limite}} = \frac{\sum_i (A_i \cdot U_{\text{lim-tab}}) + \sum_j (\Psi_{\text{tab}} \cdot l_j)}{\sum_i A_i}$$

dove

- A è l'area di intervento [m<sup>2</sup>];
- U<sub>lim</sub> è la trasmittanza limite della sezione corrente che si ricava dalle tabelle 1, 2, 3 e 4 [W/m<sup>2</sup>K];
- L è la lunghezza del ponte termico [m]
- Ψ<sub>tab</sub> è il coefficiente lineico di trasmissione riportato nelle tabelle da 5 a 7 [W/mK];





I requisiti si applicano alla superficie o sistema oggetto di intervento e riguardano:

- C -  $U_{lim}$  solo in sezione corrente
- I -  $g_{gl+sh} < 0.35$
- F - verifiche termoigrometriche
- Q,R - Installazione valvole e termoregolazione

- Assenza rischio di muffa
- Assenza rischio di condensazione interstiziale
- Condizioni di calcolo secondo la norma UNI EN ISO 13788



(FAQ 3.11 di dicembre 2018)

Si intende il rispetto della quantità massima ammissibile e nessun residuo alla fine di un ciclo annuale



(FAQ 2.24 di Agosto 2016)

Oppure anche con un'analisi igrotermica dinamica secondo UNI EN 15026).

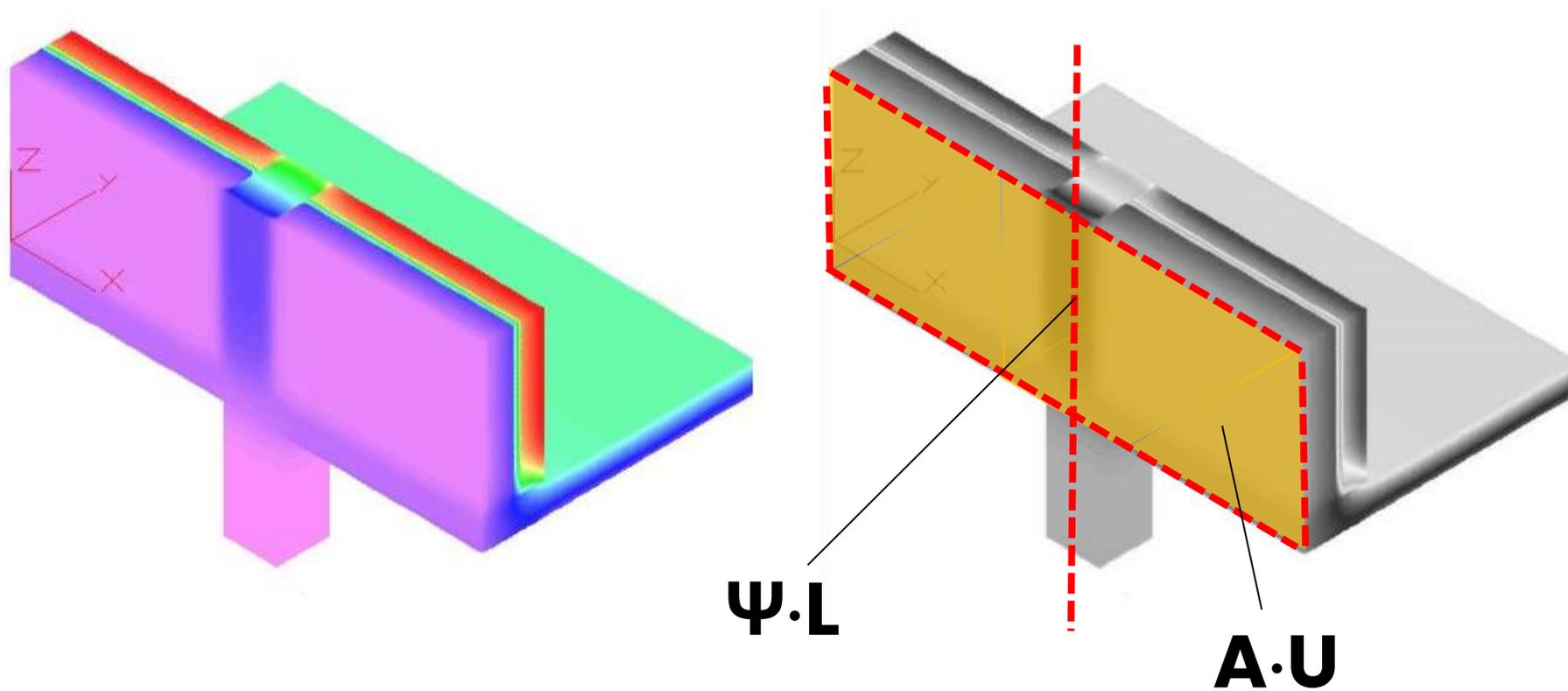
---

Nella bozza di decreto, oltre ad **integrare le FAQ nel testo** (in merito alla quantità di condensa massima accettabile e all'utilizzo di metodi di calcolo più raffinati), la frase riportata sembra indicare che **le verifiche di rischio muffa debbano essere eseguite sui ponti termici in tutti i casi**, anche negli edifici esistenti.



# TRASMITTANZA E PONTI TERMICI

## Come considero i ponti termici?

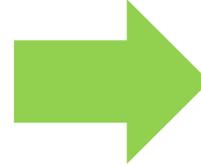


# ANALISI DEI PONTI TERMICI

## Norme di riferimento per il calcolo:

### UNI EN ISO 14683

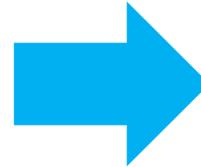
Ponti termici in edilizia –  
Coefficienti di trasmissione  
lineica – Metodi semplificati e  
valori di riferimento



- **Elenco dei metodi**
- **Abaco precalcolato**

### UNI TS 11300-1

Modalità di considerare i  
PT nel calcolo del  
fabbisogno



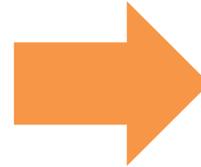
- **Uso del coef.  $\Psi$**
- **Divieto per l'uso dell'Abaco precalcolato**

# ANALISI DEI PONTI TERMICI

## Norme di riferimento per il calcolo:

### UNI EN ISO 10211

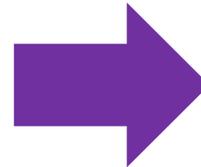
Ponti termici in edilizia –  
Flussi termici e temperature  
superficiali – Calcoli  
dettagliati



- **Costruzione nodo**

### UNI EN ISO 13788

Prestazione igrotermica dei  
componenti e degli elementi  
per edilizia – Temperatura  
superficiale interna per evitare  
l'umidità superficiale critica e  
la condensazione interstiziale –  
Metodi di calcolo



- **Clima interno**
- **Verifiche igrotermiche**

## UNI EN ISO 10211- Analisi ad elementi finiti

### Il modello geometrico:

La norma specifica:

-Come si costruisce il **modello geometrico** per l'analisi agli elementi finiti (dove si "taglia" il modello)

-Quali **caratteristiche vanno attribuite ai materiali** (conduttività termica, caratteristiche delle intercapedini ecc...)

-Come si definiscono le **condizioni al contorno** (temperature e resistenze superficiali)

# UNI EN ISO 10211

## Il modello geometrico:

Il modello geometrico è costituito dall'(dagli) elemento(i) centrale(i), dagli elementi laterali e, qualora lo si ritenga necessario, dal terreno. Il modello geometrico è delimitato dai piani di taglio.

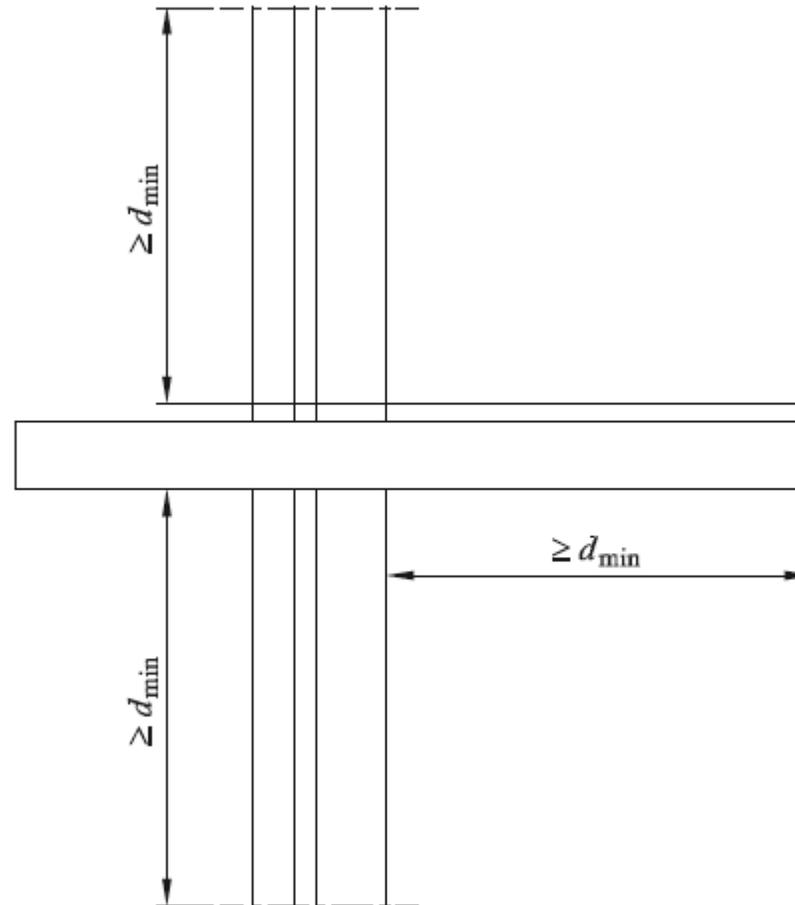
I piani di taglio devono essere posizionati come segue:

- in corrispondenza di un piano di simmetria se questo dista meno di  $d_{\min}$  dall'elemento centrale (vedere figura 5);
- ad almeno  $d_{\min}$  dall'elemento centrale se non c'è piano di simmetria più vicino (vedere figura 6);
- nel terreno, in conformità al punto 5.2.4,

dove  $d_{\min}$  è il valore maggiore tra 1 m e tre volte lo spessore dell'elemento laterale considerato.

## UNI EN ISO 10211

Posizione dei piani di taglio ad almeno  $d_{\min}$   
dall' elemento centrale



Obiettivo del calcolo		
	Temperatura superficiale	Flusso termico e temperatura superficiale
A	Almeno tre volte lo spessore della parete	0.5 x dimensione del pavimento
B	Almeno tre volte lo spessore della parete	2.5 x larghezza del pavimento
C	Almeno 3 metri	2.5 x larghezza del pavimento
D	Almeno 1 metro	2.5 x larghezza del pavimento

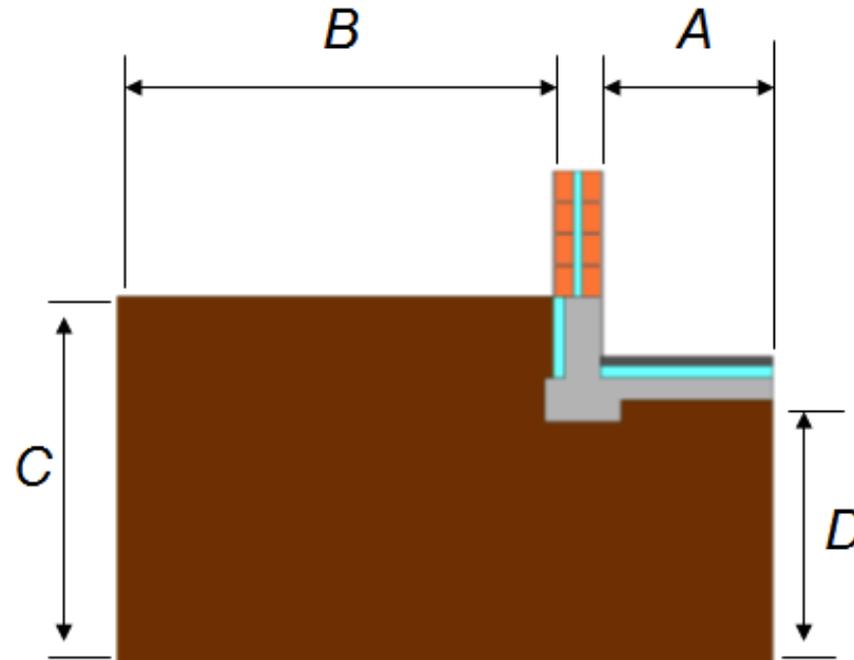
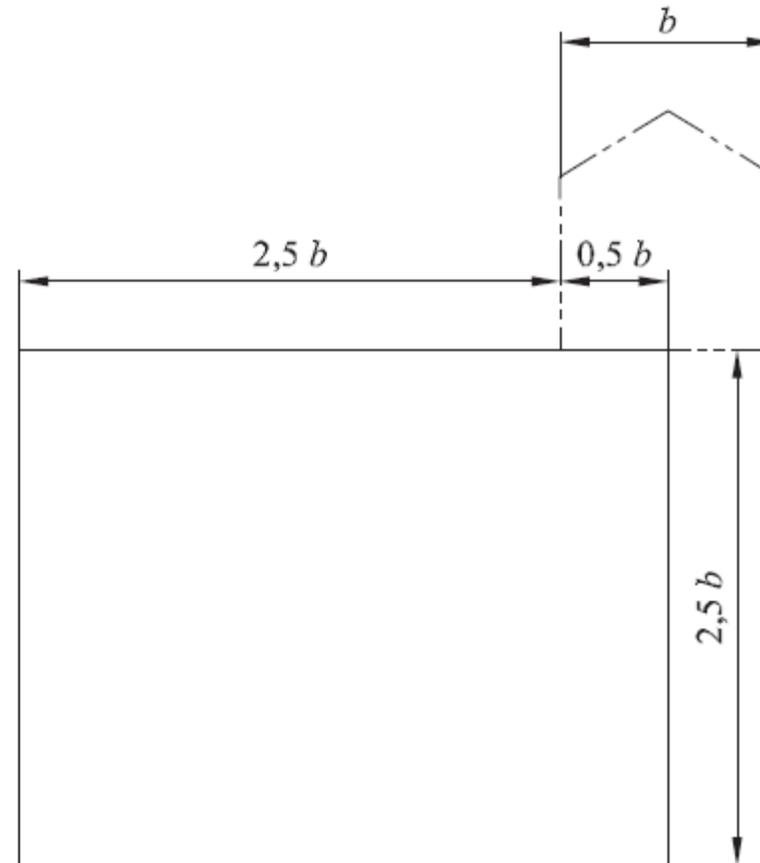


figura 10

Illustrazione di piani di taglio per il modello geometrico 2-D che include il terreno

Legenda

$b$  Larghezza del pavimento



## UNI 10351:2021

Schema per la determinazione dei valori di riferimento per materiali **già in opera** generici e isolanti

		Data installazione/ costruzione		$\lambda$ (W/mK)	$\mu$	$c$ (J/kgK)
Materiali già in opera	Materiali da costruzione generici	etichetta CE disponibile		Valore di marcatura CE se presente nell'etichetta	Valore di marcatura CE se presente nell'etichetta	UNI EN ISO 10456:2008
		etichetta CE NON disponibile o valori non presenti nell'etichetta	ante UNI EN ISO 10456:2008	prospetto A.1	prospetto A.1	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 J/(kg×K)
			post UNI EN ISO 10456:2008	Materiali presenti nella norma	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008
		Materiali non presenti nella norma		prospetto A.1	prospetto A.1	Valori di letteratura o 1000 J/(kg×K)
	Materiali isolanti	ante obbligo marcatura CE		prospetto A.1	prospetto A.1	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 J/(kg×K)
		post obbligo marcatura CE	etichetta CE disponibile	Valore di marcatura CE	Valore di marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 J/(kg×K)
	etichetta CE non disponibile		prospetto 2	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 J/(kg×K)	

## UNI 10351:2021

Schema per la determinazione dei valori di riferimento per materiali **di nuova installazione** generici e isolanti

		Data installazione/ costruzione		$\lambda$ (W/mK)	$\mu$	c (J/kgK)	
Materiali di nuova installazione	Materiali da costruzione generici	le cui prestazioni termo-igrometriche sono dichiarate nella marcatura CE		Marcatura CE	Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008	Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008 o valore da specifici dati sperimentali	
		le cui prestazioni termo-igrometriche non sono dichiarate nella marcatura CE	presenti UNI EN ISO 10456:2008		UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o valore da specifici dati sperimentali
			Non presenti nella UNI EN ISO 10456:2008	Specificati nel prospetto A.1	prospetto A.1	a partire dai valori di $\delta$ del prospetto A.1	1000 J/(kg×K) o valore da specifici dati sperimentali
		Non specificati nel prospetto A.1		Valori dichiarati conformemente al punto 4.1.3	valori di letteratura tecnica o valori da specifici dati sperimentali	1000 J/(kg×K) o valore da specifici dati sperimentali	
	Materiali isolanti	Prodotto commerciale già scelto	Prodotto con marcatura CE		Valore di marcatura CE	Valore di marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008 o valore da specifici dati sperimentali o valore 1000 J/(kg×K)
			Prodotto privo di marcatura CE		Valutazione in base al punto 4.2.3	UNI EN ISO 10456:2008 o se non presente valore da specifici dati sperimentali	UNI EN ISO 10456:2008 o valore da specifici dati sperimentali o valore 1000 J/(kg×K)
		Scelto il tipo di materiale ma non il prodotto commerciale			prospetto 2 Appendice B	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o valore da specifici dati sperimentali o valore 1000 J/(kg×K)

# UNI EN ISO 10211- Analisi ad elementi finiti

## I risultati del calcolo

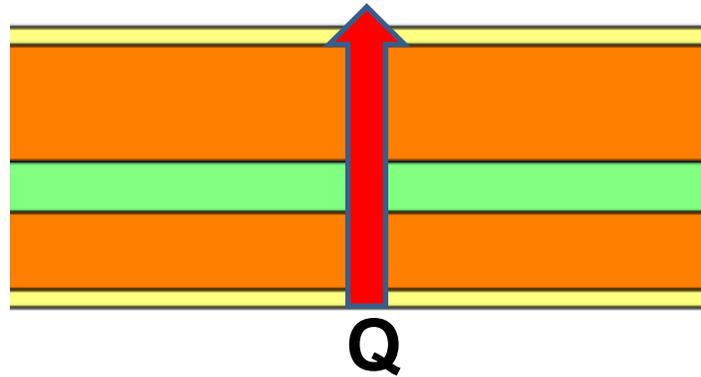
Il calcolo fornisce:

- L'andamento delle **temperature** nel nodo → per la verifica del rischio di muffa
- L'andamento dei **flussi termici** nel nodo → per il calcolo di  $\psi$

## PERCHE' IL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI?

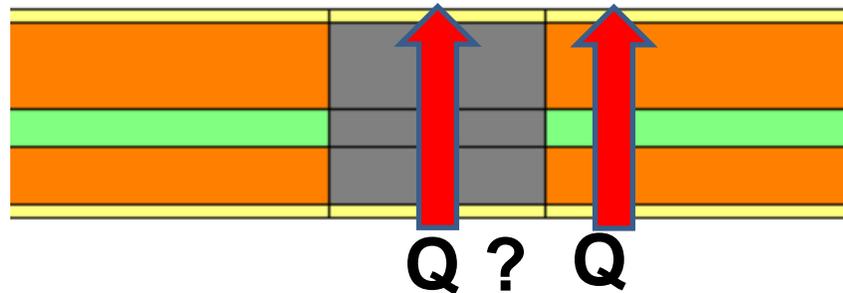
Calcolo del flusso attraverso una parete

$$Q = \frac{A \times U \times \Delta T}{H} \quad (W)$$



**NB.** Ipotesi: il flusso è **monodimensionale** e **perpendicolare alle facce** della parete

Che cosa succede se c'è una discontinuità? Posso ragionare allo stesso modo (come se fossero due diverse pareti affiancate)?

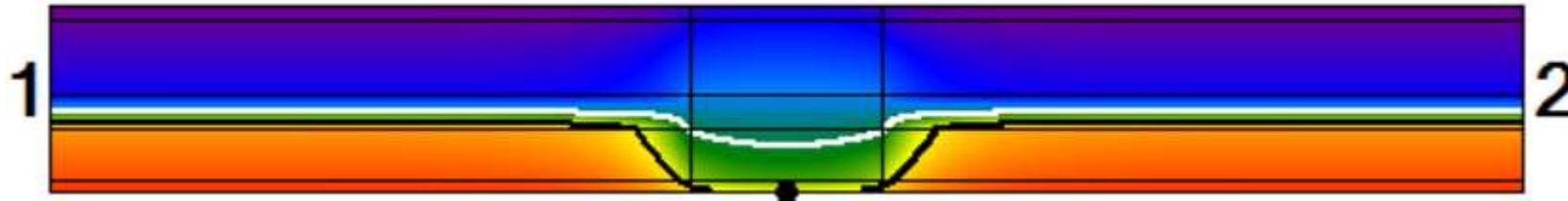


$H_{\text{parete}} + H_{\text{pilastro}}$   
??

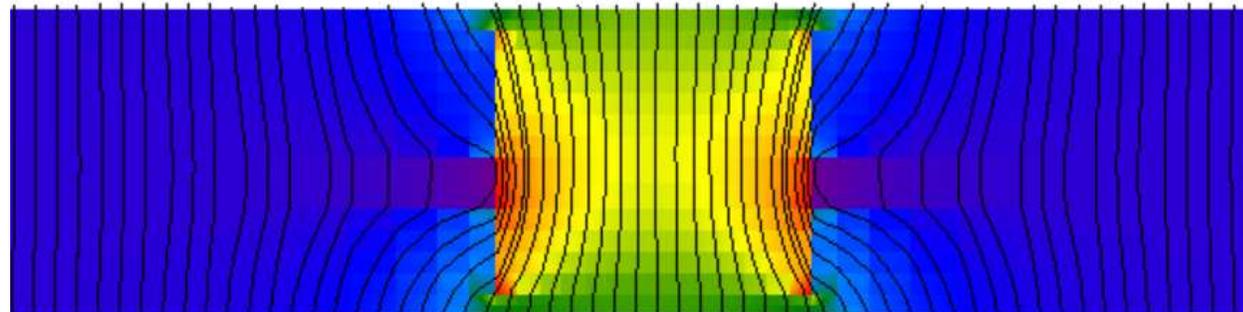
# PERCHE' IL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI?

**Risultati:**

**1) Andamento delle temperature**



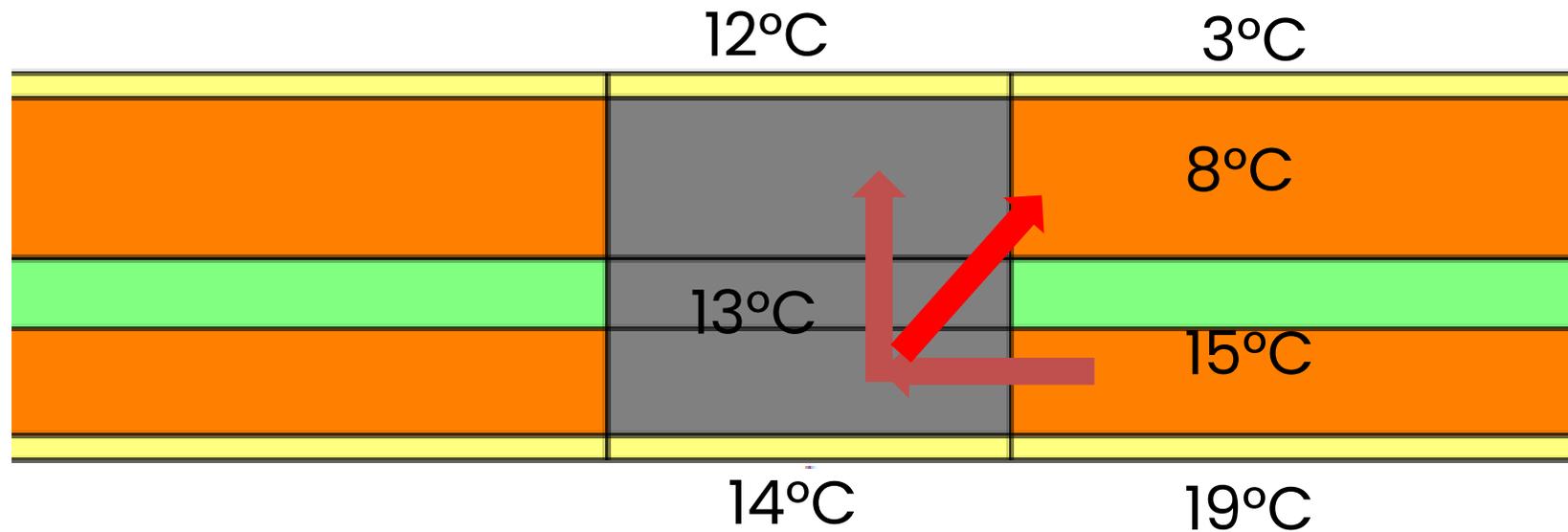
**2) Andamento dei flussi**



## PERCHE' IL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI?

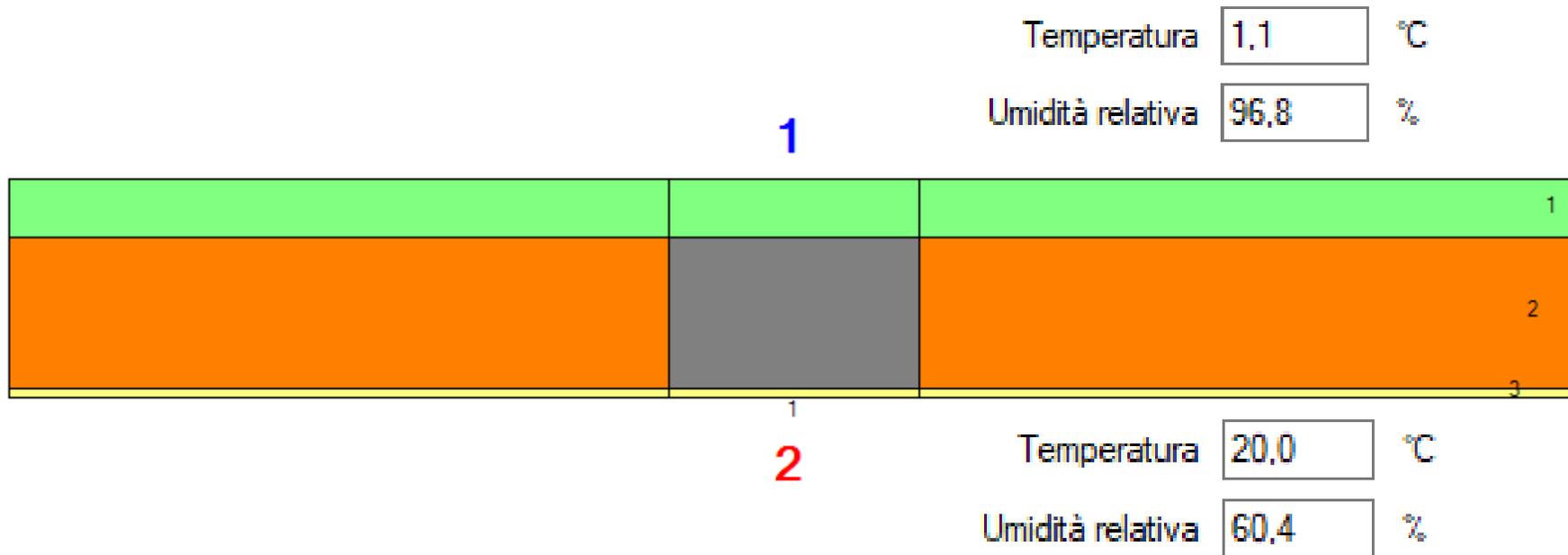
Con l'analisi FEM si riesce a rilevare il flusso aggiuntivo generato dalla discontinuità

$$E - T_e$$



$$I - T_i$$

## DALLA FEM ALLE DISPERSIONI- SIGNIFICATO FISICO DI $\psi$



**A**

L'analisi agli elementi finiti risponde a questa domanda:

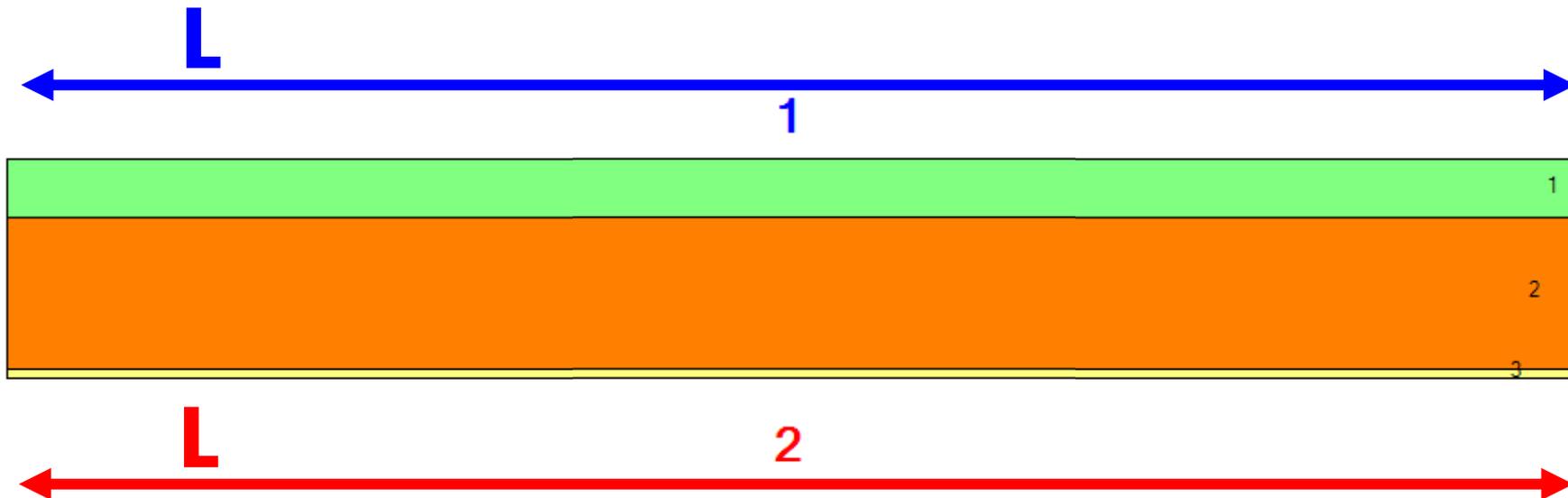
**Quanto vale il flusso attraverso il nodo?**

**Flusso** = 14,762 [W/m]

**L2D** = Flusso /  $\Delta T$  = 14,762 / (20.0-1.1) = 0,781 [W/mK]

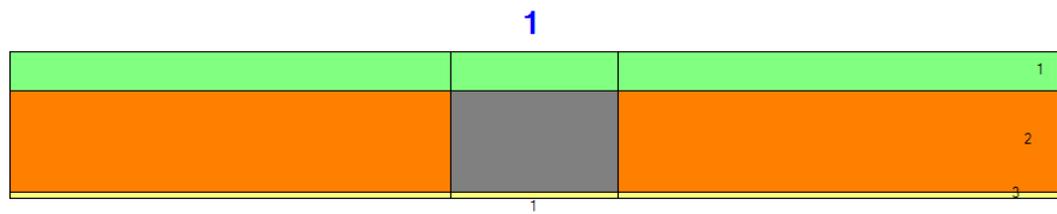
**B** Quanto vale la dispersione in assenza del ponte termico?

$$\mathbf{Disp.} = U \times A = U \times (L \times 1\text{m}) = 0,760 \text{ [W/mK]}$$

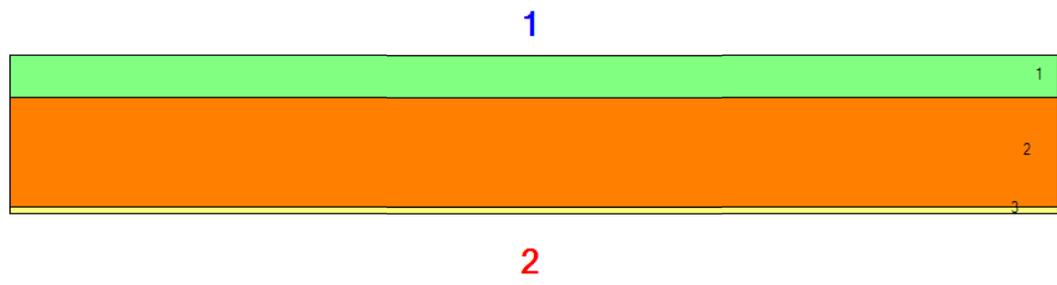


**C** Quanto pesa energeticamente il pilastro?  
**Per rispondere confrontiamo il caso A e il caso B**

**L2D = 0,781 [W/mK]**



**Disp. = 0,760 [W/mK]**

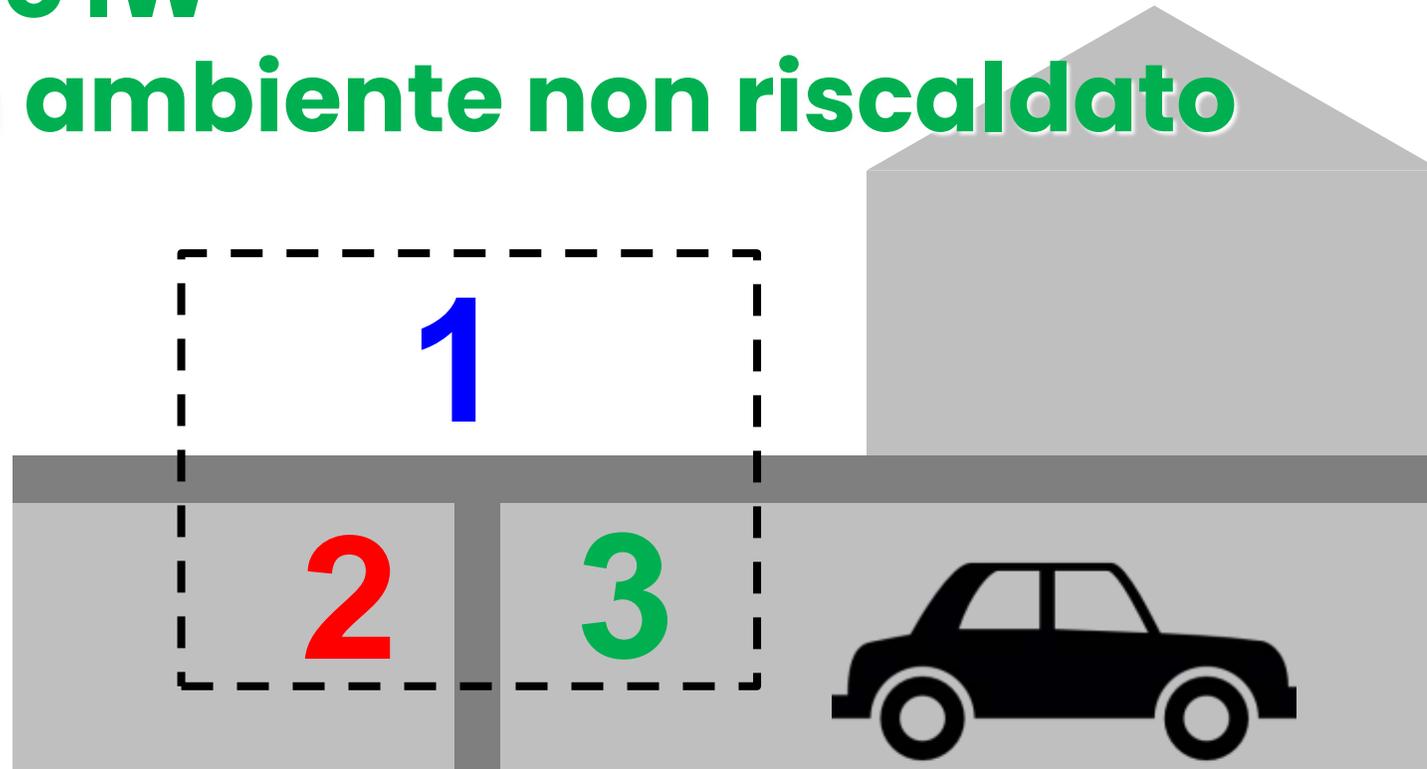


**$\Psi = \text{L2D} - \text{Disp.} = 0,021 \text{ [W/mK]}$**       **$\Psi_e = \Psi_i$**

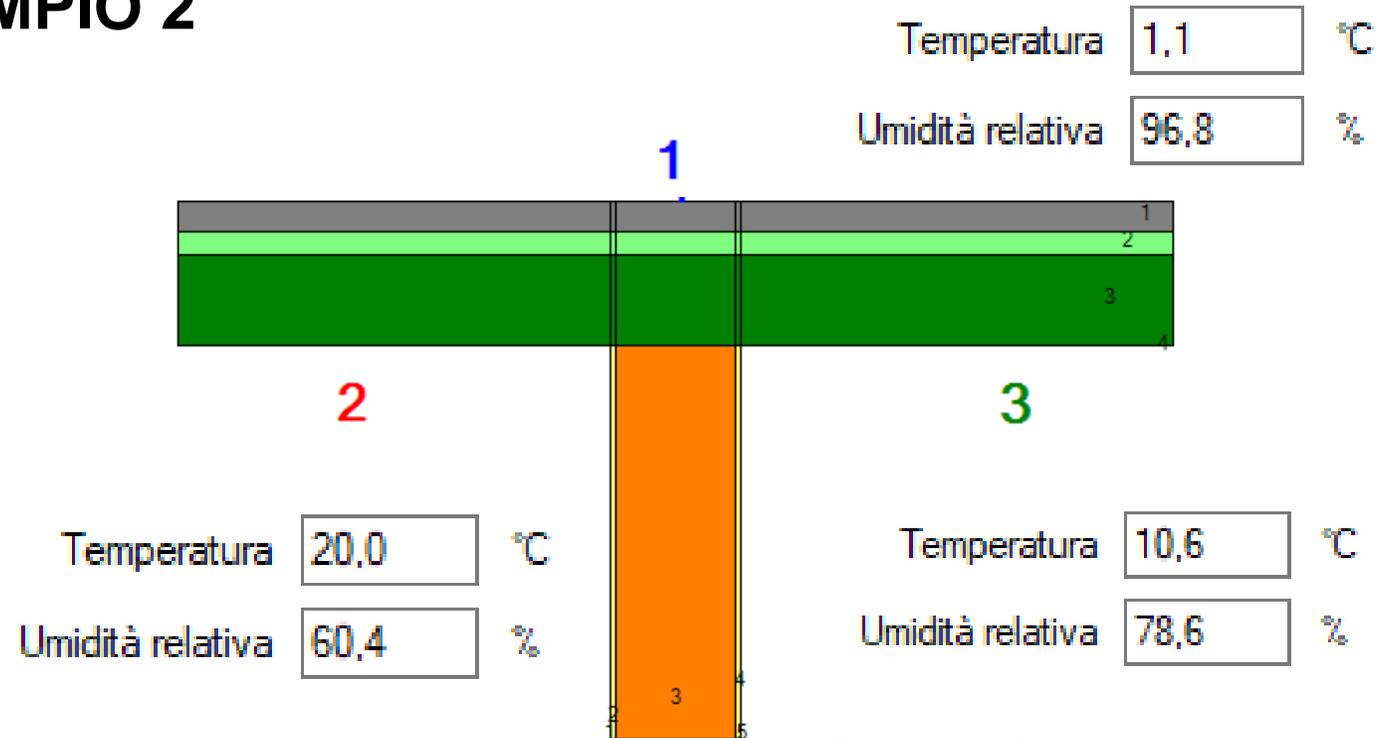
## ESEMPIO 2

### Nodo IW

### Con ambiente non riscaldato



## ESEMPIO 2



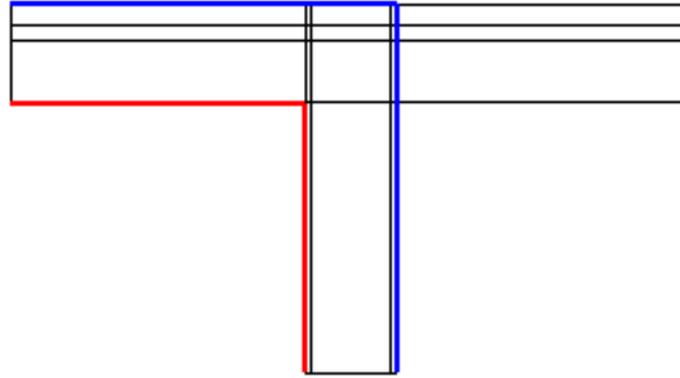
**Ambiente interno non riscaldato**

**NOTA:** Si può impostare la temperatura dell'ambiente 3 a partire dal coefficiente btr

$$T_{\text{ambiente}} = T_{\text{interna}} \cdot (1 - b_{\text{tr}}) + (T_{\text{esterna}} \cdot b_{\text{tr}})$$



## ESEMPIO 2



Misure esterne

Misure interne

**L2D** = 1,420 [W/mK]

1,420 [W/mK]

**Disp.** = 1,697 [W/mK]

1,266 [W/mK]

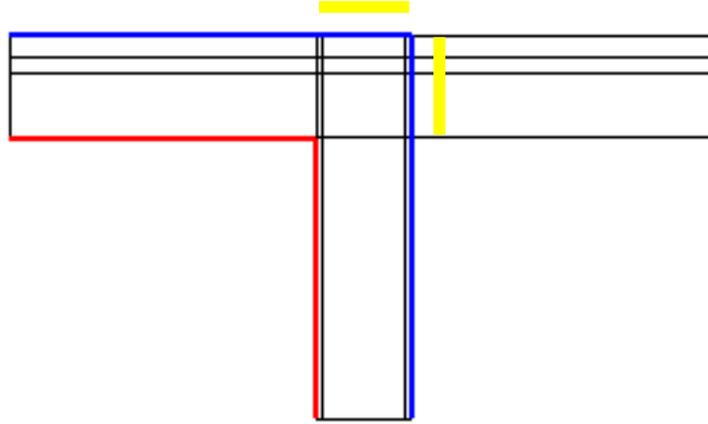
**$\Psi = \text{L2D} - \text{Disp.} = -0,278$**  [W/mK]

0,153 [W/mK]

$\Psi_e$

$\Psi_i$

## $\Psi$ negativo??



Il significato non è fisico ma **SOLO GEOMETRICO**

La valutazione dell'area esterna risulta essere sovrastimata rispetto alla realtà (perché si considerano entrambe le porzioni evidenziate in giallo)

Per correggere l'effetto di questa sovrastima, lo  $\psi$  corrispondente risulta essere negativo

## Il rischio di formazione di muffa



Spigoli e pilastri



Cassonetti



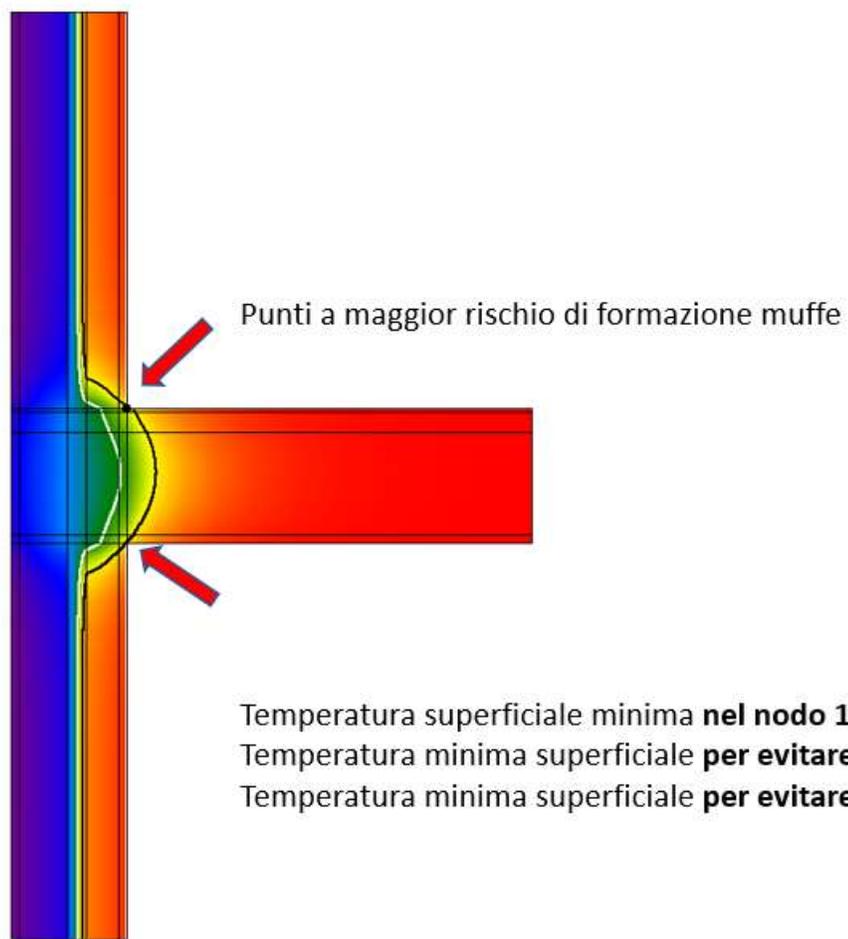
Pareti non isolate

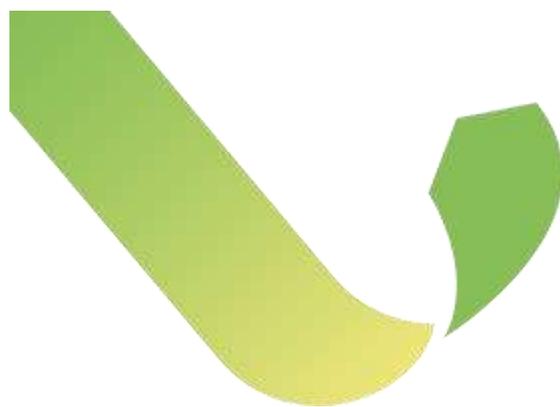


Serramenti

Fonte: TEP srl

# Verifica del rischio di muffa sui ponti termici





**Grazie per l'attenzione**