

*Informazioni dal TAVOLO TECNICO per monitorare  
l'applicazione del r.r.  
1/2018 e ss.mm.ii. di attuazione della l.r. 22/2007*

*LUGLIO 2022*

**Ph.D. Ing. Paolo Cavalletti**

Professore a contratto Scuola Politecnica (UniGe)

E- mail: [paolo.cavalletti@unige.it](mailto:paolo.cavalletti@unige.it)

Casistiche di **errori ricorrenti** effettuati dai Certificatori nella redazione degli APE, riscontrati durante le **verifiche a campione**

Secondo quanto riportato sul Regolamento Regionale n. 1/2018 e ss.mm.ii., in conformità a quanto disposto dall'articolo 5 del D.M. 26/06/2015 gli **APE da sottoporre a verifica** sono individuati nella misura pari ad almeno **il 2%** della totalità degli attestati trasmessi al SIAPEL e vengono individuati tramite sorteggi effettuati informaticamente.

anno	punteggio max	totali estratti	n.c su max	% nc	GE	NC	SV	NC
2017-1	31.4	464	183	39%	263	46%	99	39%
2017-2	53.47	464	199	43%	225	39%	99	41%
2018-1	58	426	159	37%	190	38%	96	36%
2018-2	57.4	427	142	33%	193	33%	109	37%
2019-1	49.34	415	165	40%	193	39%	107	35%
2019-2	58.05	413	171	41%	167	37%	114	44%
2020-1	58	353	113	32%	168	24%	85	21%
2020-2	51.05	353	120	34%	159	25%	85	42%
2021-1	58	408	149	37%	195	30%	100	45%
2021-2	63.2	410	121	30%	195	23%	88	32%
	MEDIA	413.3	152.2	37%	194.8	33%	98.2	37%

Ad ogni APE è assegnato il **Punteggio di Non Conformità (PNC)** è ottenuto come somma di singoli pesi associati ai valori dei P/I secondo quanto riportato all'Allegato A del Regolamento.

$$PNC = \sum_{i=1}^r p_i + \sum_{j=1}^s p_j$$

Sulla base del punteggio di non conformità assegnato ad ogni APE, viene formata una **graduatoria degli attestati** seguendo un ordine decrescente.

Per gli APE con **PNC inferiore al valore soglia** il procedimento di verifica si conclude con esito positivo.

**Gli APE** che risultano validi alla data di estrazione e che hanno riportato **un punteggio di non conformità superiore o uguale al valore soglia**, vengono sottoposti alle ulteriori verifiche previste dal regolamento regionale.

Valore soglia: **18** punti

I **primi 30 attestati** di ogni graduatoria, aventi un punteggio di non conformità superiore al valore soglia, vengono sottoposti a **verifica con sopralluogo** secondo le modalità di cui all'articolo 10 del R.R. n. 1/2018 e ss.mm.ii.

Per **i restanti attestati** con un punteggio di non conformità superiore o uguale al valore soglia, la verifica consiste nella richiesta al soggetto certificatore di **chiarimenti** e/o della **documentazione** necessari a **giustificare** le non conformità riscontrate.

1. Qualora la documentazione o i chiarimenti non vengano forniti entro il **termine perentorio** assegnato, l'esito della verifica si considera **negativo**.
  2. Qualora la documentazione o i chiarimenti **confermino le non conformità riscontrate**, l'esito della verifica si considera **negativo**.
  3. Qualora la documentazione o i chiarimenti inviati giustificano le non conformità, **dimostrandone la correttezza**, l'esito della verifica si considera **positivo**.
-

4. Qualora la documentazione o i chiarimenti forniti **non risultino sufficienti a giustificare** le non conformità riscontrate, si procederà ad **effettuare un sopralluogo** presso l'edificio/unità immobiliare oggetto dell'attestato di prestazione energetica.

## APE in **verifica con sopralluogo**

Principali grandezze oggetto di verifica:

- **Geometria** dell'edificio/unità immobiliare;
- **Climatizzazione invernale**;
- Produzione **ACS**;
- **Climatizzazione estiva**;
- Ventilazione meccanica,
- Illuminazione;
- Trasporto di persone o cose;
- **Solare termico**;
- **Solare fotovoltaico**;
- Varie (**ponti termici, interventi migliorativi...**).



$$PP = \sum_{i=1}^m e_i P_i$$

Per gli APE con **Punteggio di Penalità inferiore o uguale al Punteggio di Penalità limite** il procedimento di verifica si conclude con esito positivo.

Per gli APE con **Punteggio di Penalità maggiore al Punteggio di Penalità limite** il procedimento di verifica si conclude con esito negativo.

APE in **verifica con sopralluogo**

Punteggio di Penalità limite: 20 punti

---

Analisi APE in **Verifica con Sopralluogo** nel 2018-2019-2020:

<b>Grandezza</b>	<b>% APE con peso di penalità</b>
<b>Trasmittanza termica media dei componenti opachi disperdenti</b>	<b>67%</b>
<b>Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione</b>	<b>52%</b>
<b>Produzione Acqua Calda Sanitaria: Volume accumulo</b>	<b>47%</b>
<b>Somma delle singole superfici dei componenti trasparenti disperdenti</b>	<b>47%</b>
<b>Ponti termici</b>	<b>46%</b>

## Risultato analisi

Trasmittanza media indicata dal TC <b>minore</b> della trasmittanza media rilevata del TV	<b>61%</b>
Trasmittanza media indicata dal TC <b>maggiore</b> della trasmittanza media rilevata del TV	39%

Nei casi in cui il TC ha inserito una Trasmittanza termica media minore di quella rilevata dal TV:

- Trasmittanza termica media – media TV: **1,36** W/m<sup>2</sup>K
- Trasmittanza termica media – media TC: **0,76** W/m<sup>2</sup>K

## ➤ Sensibilizzare i Tecnici Certificatori

- Spessore strutture rilevata;
- Epoca di costruzione dell'edificio;
- Strutture standard – UNI/TR 11552:2014.

# Focus trasmissionze

# SCAMBIO TERMICO ATTRAVERSO I COMPONENTI OPACHI

La **resistenza termica equivalente**  $R_{eq}$  [ $m^2K/W$ ] di un *componente piano* per edilizia costituito da *strati in serie* si calcola con la seguente relazione:

$$R_{eq} = R_{si} + \sum_j \frac{L_j}{\lambda_j} + R_a + \sum_n R_n + R_{se}$$

$R_{si}$  = resistenza termica superficiale (liminare) interna [ $m^2K/W$ ]

$L_j$  = spessore dello strato j-esimo [m]

$\lambda_j$  = conducibilità termica del materiale dello strato j-esimo [ $W/mK$ ]

$R_a$  = resistenza termica dell'eventuale intercapedine d'aria [ $m^2K/W$ ]

$R_n$  = resistenza termica dello strato n-esimo [ $m^2K/W$ ]

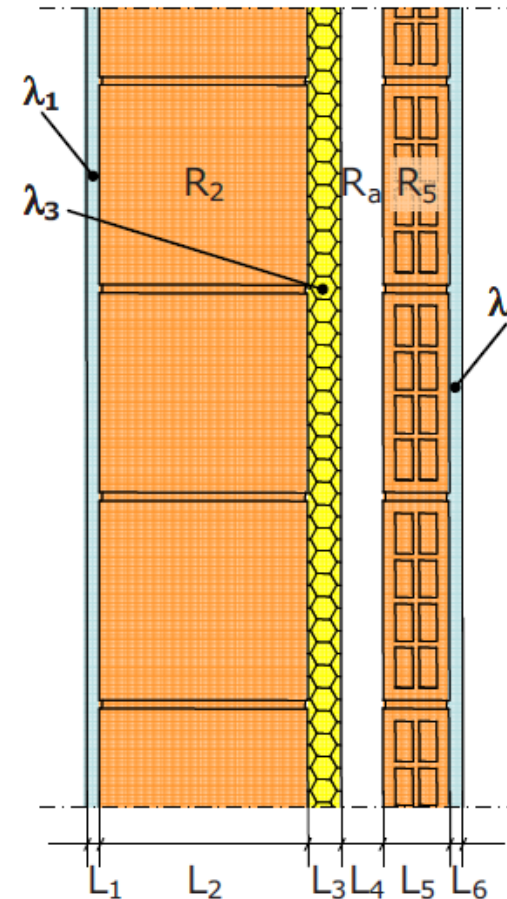
$R_{se}$  = resistenza termica superficiale (liminare) esterna [ $m^2K/W$ ]

La relativa **trasmissione termica**  $U$  [ $W/m^2K$ ] risulta:

$$U = \frac{1}{R_{eq}}$$

## Nomenclatura

Dal momento che nella trattazione successiva si fa riferimento esclusivamente a resistenze termiche specifiche, queste verranno indicate per brevità con  $R$  anziché  $R'$ , in accordo con la normativa.



non si può usare  $L/\lambda$  ! perché l'aria non è un solido !

L'**Appendice A** della **UNI/TS 11300-1:2008** fornisce i valori di trasmittanza di componenti opachi espressi in funzione della tipologia edilizia e del periodo di costruzione.

Di seguito sono riportate a titolo di esempio le trasmittanze di pareti opache verticali coibentate e non.

**Trasmittanza termica delle chiusure verticali opache<sup>a) b)</sup> [W/(m<sup>2</sup>K)]**

Spessore [m]	Muratura di pietrame intonacata	Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	Muratura di mattoni semipieni o tufo	Pannello prefabbricato in calcestruzzo non isolato	Parete a cassa vuota con mattoni forati <sup>c)</sup>
0,15	-	2,59	2,19	3,59	-
0,20	-	2,28	1,96	3,28	-
0,25	-	2,01	1,76	3,02	1,20
0,30	2,99	1,77	1,57	2,80	1,15
0,35	2,76	1,56	1,41	2,61	1,10
0,40	2,57	1,39	1,26	2,44	1,10
0,45	2,40	1,25	1,14	-	1,10
0,50	2,25	1,14	1,04	-	1,10



**Trasmittanza termica delle coperture piane e a falde [W/(m<sup>2</sup>K)]**

Spessore [m]	Soletta piana in laterocemento	Tetto a falda in laterizio	Tetto in legno
0,20	1,85	2,20	1,8
0,25	1,70	2,10	
0,30	1,50	1,80	
0,35	1,35	1,60	

**Trasmittanza termica dei solai sotto ambienti non climatizzati [W/(m<sup>2</sup>K)]**

Spessore [m]	Soletta in laterocemento	Solaio prefabbricato in calcestruzzo tipo Predalles
0,20	1,70	2,15
0,25	1,60	2,00
0,30	1,40	1,85
0,35	1,30	1,75

**Trasmittanza termica dei solai a terra, su spazi aperti o su ambienti non climatizzati [W/(m<sup>2</sup>K)]**

Spessore [m]	Soletta in laterocemento su cantina	Soletta in laterocemento su vespaio o pilotis	Basamento in calcestruzzo su terreno
0,20	1,45	1,75	2,00
0,25	1,35	1,65	1,80
0,30	1,25	1,50	1,65
0,35	1,15	1,30	1,50

### Trasmittanza termica delle strutture coibentate [W/(m<sup>2</sup>K)]



Spessore [m]	Zona climatica			
	C o D		E o F	
	Anno di costruzione			
	1976-1985	1986-1991	1976-1985	1986-1991
Chiusure verticali opache				
0,25	1,20	0,81	0,81	0,61
0,30	1,15	0,79	0,79	0,60
0,35	1,10	0,76	0,76	0,59
0,40	1,10	0,76	0,76	0,59

0.76 è riferito ad un struttura debolmente coibenata

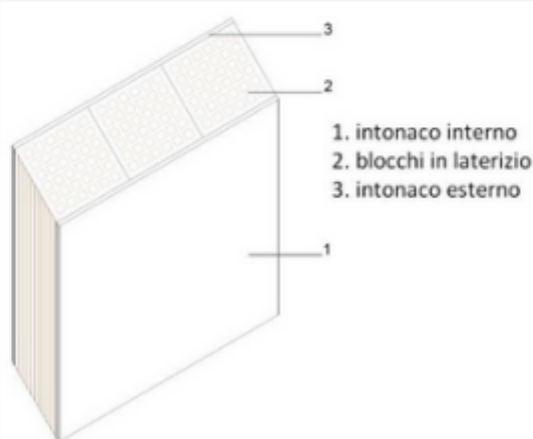
# Nel caso di edifici esistenti si può utilizzare l'abaco della norma UNI/TR 11552:2014. La trasmittanza della parete esterna di spessore 29 cm, sarebbe pari a 1,180 W/m<sup>2</sup>•K

Scheda struttura edilizia: " Muratura in laterizio semipieno s=29 cm (tipo MLP03.1) "

[Torna all'indice](#)

 [Modifica struttura](#)  [Scheda tecnica](#)

Tipologia Parete  
Categoria Componenti opachi  
Tipo struttura opaca Muratura in mattoni semipieni  
Descrizione Muratura in laterizio semipieno s=29 cm (tipo MLP03.1)  
Resistenza termica 0,847 m<sup>2</sup>/KW  
Trasmittanza termica 1,180 W/m<sup>2</sup>/K  
Produttori  
Origine dato Norma UNI  
Confermato Sì



1. intonaco interno  
2. blocchi in laterizio  
3. intonaco esterno

## 5.2 Pareti in laterizio pieno

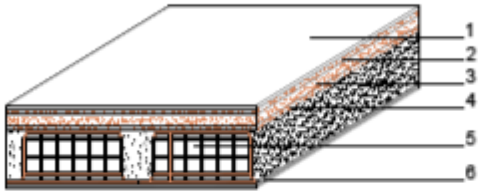
### MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1]

	<b>Strato</b>	<b>d</b> [cm]	<b><math>\rho</math></b> [kg/m <sup>3</sup> ]	<b>c</b> [J/(kg K)]	<b><math>\lambda</math></b> [W/m K]	<b>R</b> [m <sup>2</sup> K/W]
	1 Intonaco interno	2	1400	1000	0,700	-
	2 Mattoni pieni	12-64	1800	1000	0,720	-
	3 Intonaco esterno	2	1800	1000	0,900	-
<b>Descrizione (spessori in cm)</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup> K)]</b>		<b><math>\kappa_i</math> [kJ/(m<sup>2</sup> K)]</b>		<b><math>Y_{ie}</math> [W/(m<sup>2</sup>K)]</b>	
2 - 12 - 2	2,58		67,3		1,639	
2 - 25 - 2	1,76		68,6		0,470	
2 - 38 - 2	1,34		63,1		0,136	
2 - 51 - 2	1,08		61,8		0,039	
2 - 64 - 2	0,90		62,0		0,011	

**MCV02 - Muratura a cassa vuota in laterizio forato, esempio 2- [1]**

	<b>Strato</b>	<b>d</b> [cm]	<b><math>\rho</math></b> [kg/m <sup>3</sup> ]	<b>c</b> [J/(kg K)]	<b><math>\lambda</math></b> [W/m K]	<b>R</b> [m <sup>2</sup> K/W]
	1 Intonaco interno	2	1400	1000	0,700	-
	2 Mattoni forati	8	800	1000	-	0,200 <sup>a)</sup>
	3 Intercapedine con <u>isolante</u>	2-12	30	570	0,045	-
	4 Mattoni semipieni	25	1000	1000	-	0,625 <sup>a)</sup>
5 Intonaco esterno	2	1800	1000	0,900	-	
<b>Descrizione (spessori in cm)</b>	<b>U [W/(m<sup>2</sup> K)]</b>		<b><math>\kappa_i</math> [kJ/(m<sup>2</sup> K)]</b>		<b>Y<sub>ie</sub> [W/(m<sup>2</sup> K)]</b>	
2 - 8 - 2 - 25 - 2	0,67		52,7		0,109	
2 - 8 - 12 - 25 - 2	0,27		55,8		0,029	
a) resistenza termica ricavata secondo la norma UNI 10355						

**SOL02 - Solaio in laterocemento - blocchi collaboranti, esempio 1- [3]**

	Strato	d [cm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	c [J/(kg K)]	$\lambda$ [W/m K]	R [m <sup>2</sup> K/W]
	1 Pavimentazione interna - gres	1,5	1700	1000	1,470	-
	2 Malta di cemento	2	2000	1000	1,400	-
	3 Massetto in calcestruzzo alleggerito	2 6 12	400 900 1400	1000	0,580	-
	4 Malta di cemento	2	2000	1000	-	-
	5 Soletta (blocchi in laterizio+travetti in calcestruzzo)	16 24	900	1000	-	0,300 <sup>a)</sup> 0,350 <sup>a)</sup>
	6 Intonaco esterno	2	1800	1000	0,900	-
Descrizione (spessori in cm)	U [W/(m <sup>2</sup> K)]		$\kappa_i$ [kJ/(m <sup>2</sup> K)]		Y <sub>ie</sub> [W/(m <sup>2</sup> K)]	
	Fl.ascend.	Fl.discend.				
1,5 - 2 - 2 - (2+ 16)- 2	1.92	1.69				
1,5 - 2 - 2 - (2 +24) - 2	1.75	1.56				
1,5 - 2 - 6 - (2+16)- 2	1.69	1.51				
1,5 - 2 - 6 - (2 +24)- 2	1.56	1.41				
1,5 - 2 - 12 - (2+16)- 2	1.44	1.31				
1,5 - 2 - 12 - (2+24)- 2	1.34	1.23				
NOTA 1: a titolo esemplificativo si ipotizza una pavimentazione in gres ceramico						
<sup>a)</sup> resistenza termica ricavata secondo la norma UNI 10355						

# muro cassa vuota da 40 cm MCV01

Trasmittanza termica [W/(m <sup>2</sup> K)]	1.085
Spessore [cm]	40.00

Dati generali **Calcolo Trasmittanza**

Trascinare i materiali dall'elenco laterale. Inserisce prima

LA STRATIGRAFIA S'INTENDE DALL'INTERNO (materiale più in alto) VERSO L'ESTERNO (materiale più in basso)

Codice	Descrizione	Spessore	S.A
inti	Intonaco interno	2	<input type="checkbox"/>
mfor8	Mattoni forati 8	8	<input type="checkbox"/>
intpar15	Intercapedine aria 15 cm	15	<input type="checkbox"/>
mfor12	Mattoni forati 12	12	<input type="checkbox"/>
inte	Intonaco esterno	3	<input type="checkbox"/>

Progetto
Preferiti
Standard

- ▶ Aria flusso orizzontale UNI TR 11552
- ▶ Calcestruzzi
- ▶ Intonaci
- ▶ Intonaci UNI TR 11552
- ▶ Mattoni forati
- ▶ Mattoni forati UNI TR 11552
- ▶ pfb2022
- ▶ Pietre,sabbia,ghiaia UNI TR 11552
- ▶ progetto esame
- C.l.s. con aggr. natur. - dens 2400 (m 25%)
- METALLO

# muro cassa vuota da 40 cm MCV01

## SE SI SBAGLIA

Trasmittanza termica [W/(m2 K)] 0.154

Spessore [cm] 40.00

Dati generali **Calcolo Trasmittanza**

Trascinare i materiali dall'elenco laterale.

LA STRATIGRAFIA S'INTENDE DALL'INTERNO (materiale più in alto) VERSO L'ESTERNO (materiale più in basso)

Inserisce prima Inserisce dopo

Progetto Preferiti **Standard**

Sposta Su Sposta Giu Elimina Calcola

Codice	Descrizione	Spessore	S.A
inti	Intonaco interno	2	<input type="checkbox"/>
mfor8	Mattoni forati 8	8	<input type="checkbox"/>
uni1035...	Aria in quiete a 293 k	15	<input checked="" type="checkbox"/>
mfor12	Mattoni forati 12	12	<input type="checkbox"/>
inte	Intonaco esterno	3	<input type="checkbox"/>

- ▶ Acqua (UNI 10351 pros A1)
- ▶ Acqua (UNI 10456)
- ▶ Amianto e derivati (UNI 10351 pros A1)
- ▶ Argilla espansa (UNI 10351 pros 2)
- ▶ Argille (UNI 10351 pros A1)
- ▶ Aria flusso ascendente (UNI 6946 pros 2)
- ▶ Aria flusso ascendente (UNI TR 11552)
- ▶ Aria flusso discendente (UNI 6946 pros 2)
- ▶ Aria flusso orizzontale (UNI 6946 pros 2)
- ▶ Aria flusso orizzontale (UNI TR 11552)
- ▼ Aria (UNI 10351 pros A1)
  - Aria in quiete a 293 k



# muro cassa vuota da 40 cm MCV01

## SE SI SBAGLIA

Trasmittanza termica [W/(m2 K)] 0.154

Spessore [cm] 40.00

Dati generali **Calcolo Trasmittanza**

Trascinare i materiali dall'elenco laterale.

LA STRATIGRAFIA S'INTENDE DALL'INTERNO (materiale più in alto) VERSO L'ESTERNO (materiale più in basso)

Inserisce prima Inserisce dopo

Progetto Preferiti **Standard**

Sposta Su Sposta Giu Elimina Calcola

Codice	Descrizione	Spessore	S.A
inti	Intonaco interno	2	<input type="checkbox"/>
mfor8	Mattoni forati 8	8	<input type="checkbox"/>
uni1035...	Aria in quiete a 293 k	15	<input checked="" type="checkbox"/>
mfor12	Mattoni forati 12	12	<input type="checkbox"/>
inte	Intonaco esterno	3	<input type="checkbox"/>

- ▶ Acqua (UNI 10351 pros A1)
- ▶ Acqua (UNI 10456)
- ▶ Amianto e derivati (UNI 10351 pros A1)
- ▶ Argilla espansa (UNI 10351 pros 2)
- ▶ Argille (UNI 10351 pros A1)
- ▶ Aria flusso ascendente (UNI 6946 pros 2)
- ▶ Aria flusso ascendente (UNI TR 11552)
- ▶ Aria flusso discendente (UNI 6946 pros 2)
- ▶ Aria flusso orizzontale (UNI 6946 pros 2)
- ▶ Aria flusso orizzontale (UNI TR 11552)
- ▼ Aria (UNI 10351 pros A1)
  - Aria in quiete a 293 k

## RESISTENZA TERMICA DI INTERCAPEDINI D'ARIA

Per la determinazione della resistenza termica delle intercapedini d'aria  $R_a$  si fa ancora riferimento alla norma **UNI EN ISO 6946:2008**.

Le procedure riportate di seguito si riferiscono alle seguenti condizioni:

- intercapedine limitata da due facce effettivamente parallele tra loro, perpendicolari alla direzione del flusso termico e con un'emissività non minore di 0.8;
- spessore dell'intercapedine nella direzione del flusso termico minore del 10% delle altre due dimensioni e comunque minore di 0.3 m;
- l'intercapedine non scambia aria con l'ambiente interno.

### Bisogna usare

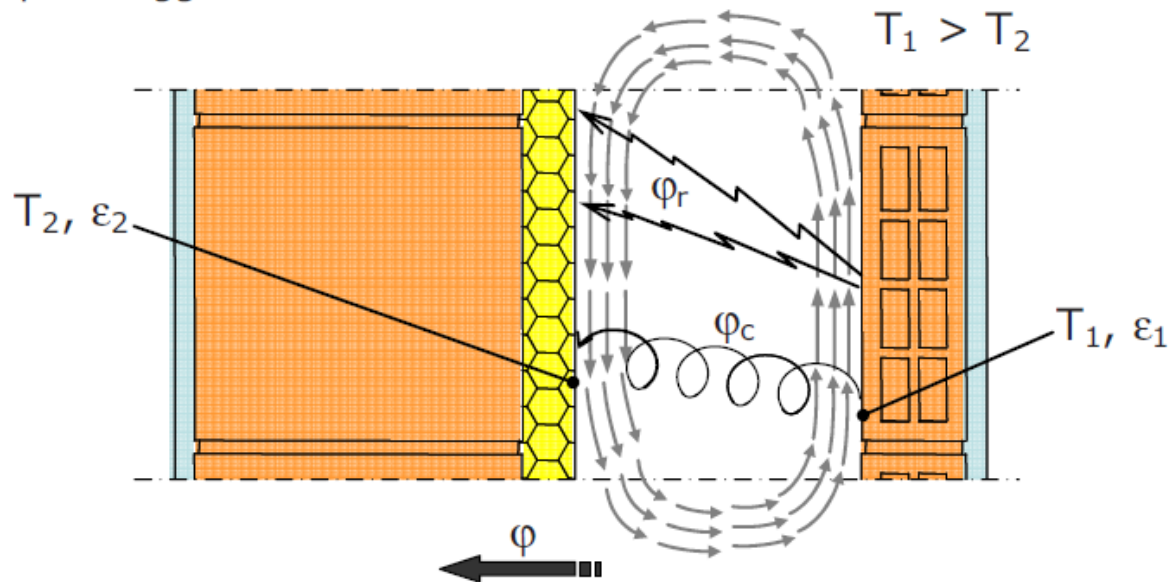
- ▶ Aria flusso ascendente (UNI 6946 pros 2)
- ▶ Aria flusso ascendente (UNI TR 11552)
- ▶ **Aria flusso discendente (UNI 6946 pros 2)**
- ▼ Aria flusso orizzontale (UNI 6946 pros 2)
  - Intercap. aria orizzontale (100 mm)
  - Intercap. aria orizzontale (10 mm)
  - Intercap. aria orizzontale (15 mm)
  - Intercap. aria orizzontale (25 mm)
  - Intercap. aria orizzontale (300 mm)
  - Intercap. aria orizzontale (50 mm)
  - Intercap. aria orizzontale (5 mm)
  - Intercap. aria orizzontale (7 mm)
- ▶ Aria flusso orizzontale (UNI TR 11552)

Spessore intercapedine [mm]	Direzione del flusso termico		
	ascendente ↑	orizzontale →	discendente ↓
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.16	0.17	0.17
25	0.16	0.18	0.19
50	0.16	0.18	0.21
100	0.16	0.18	0.22
300	0.16	0.18	0.23

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

### Osservazione

All'interno di un intercapedine non ventilata il calore si propaga per *convezione naturale* e per *irraggiamento*.



Lo scambio termico per irraggiamento è poco influenzato dallo spessore dell'intercapedine, mentre quello per convezione naturale risente parecchio di tale parametro.

Dall'esame di Tabella 3 si osserva che, fino ad un certo valore dello spessore, la resistenza termica  $R_a$  aumenta in quanto prevale l'effetto conduttivo (aumenta lo spessore dello strato d'aria che si oppone al passaggio del calore).

Oltre un certo valore dello spessore, la resistenza termica  $R_a$  si stabilizza in quanto l'aumento dei moti convettivi all'interno della cavità annulla di fatto l'aumento dell'effetto conduttivo.

La resistenza termica  $R_a$  di un'intercapedine si calcola mediante la seguente relazione:

$$R_a = \frac{1}{h_c + h_r}$$

$h_c$  = coefficiente di convezione [W/m<sup>2</sup>K]

Nel caso in cui la differenza di temperatura tra le superfici che delimitano l'intercapedine sia  $\Delta T \leq 5 \text{ °C}$ , il coefficiente di convezione è assunto pari a:

- flusso di calore ascendente  $h_c$  è il maggiore tra 1.95 e 0.025/d [W/m<sup>2</sup>K]
- flusso di calore orizzontale  $h_c$  è il maggiore tra 1.25 e 0.025/d [W/m<sup>2</sup>K]
- flusso di calore discendente  $h_c$  è il maggiore tra  $0.12 \cdot d^{-0.44}$  e 0.025/d [W/m<sup>2</sup>K]

Nel caso in cui la differenza di temperatura tra le superfici che delimitano l'intercapedine sia  $\Delta T > 5 \text{ °C}$ , il coefficiente di convezione è assunto pari a:

- flusso di calore ascendente  $h_c$  è il maggiore tra  $1.14 \cdot \Delta T^{1/3}$  e 0.025/d [W/m<sup>2</sup>K]
- flusso di calore orizzontale  $h_c$  è il maggiore tra  $0.73 \cdot \Delta T^{1/3}$  e 0.025/d [W/m<sup>2</sup>K]
- flusso di calore discendente  $h_c$  è il maggiore tra  $0.09 \cdot \Delta T^{0.187} \cdot d^{-0.44}$  e 0.025/d [W/m<sup>2</sup>K]

d = spessore dell'intercapedine[m]

I valori di  $R_a$  in Tabella 3 sono stati calcolati nel caso di  $\Delta T \leq 5 \text{ °C}$ .

## **$h_r$ = coefficiente di irraggiamento [ $W/m^2K$ ]**

Il coefficiente di irraggiamento può essere calcolato ipotizzando che l'intercapedine sia una cavità racchiusa tra due piastre parallele indefinite:

$$h_r = \frac{4\sigma T_m^3}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}$$

$\sigma$  = costante di Stefan-Boltzmann,  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$

$\varepsilon_1, \varepsilon_2$  = emissività delle superfici che delimitano l'intercapedine

$T_m$  = temperatura media della superfici che delimitano l'intercapedine [K]

Il coefficiente di irraggiamento, nel calcolo di  $R_a$  in Tabella 3, è stato valutato assumendo  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0.9$  e  $T_m = 10$  °C.

# TETTI VENTILATI

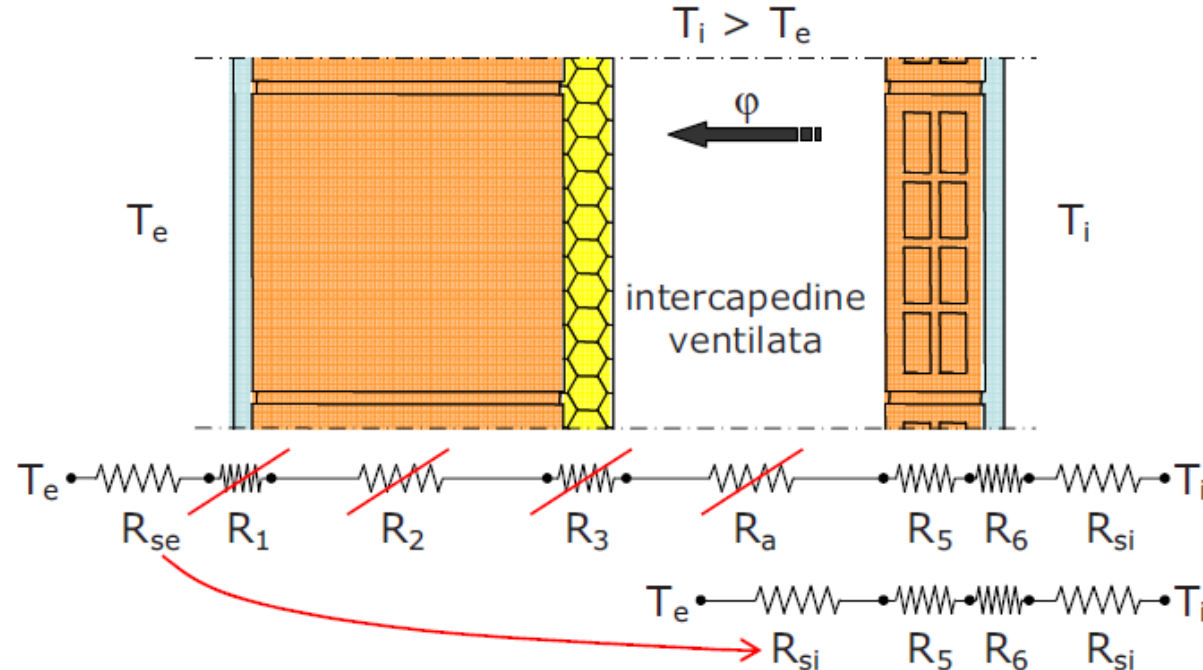
## Intercapedine d'aria fortemente ventilata

Un **intercapedine** d'aria è **fortemente ventilata** se le aperture tra l'intercapedine d'aria e l'ambiente esterno hanno superficie  $A_v$ :

$A_v > 1500 \text{ mm}^2$  per ogni metro di lunghezza, per le intercapedini d'aria *verticali*;

$A_v > 1500 \text{ mm}^2$  per ogni metro quadrato di superficie, per le intercapedini d'aria *orizzontali*.

La *resistenza termica totale* di un componente per edilizia contenente un'intercapedine d'aria fortemente ventilata si ottiene trascurando la resistenza termica dell'intercapedine d'aria e di tutti gli altri strati che separano la stessa intercapedine d'aria dall'ambiente esterno e includendo una resistenza termica superficiale esterna corrispondente all'aria immobile che può essere assunta pari alla resistenza termica superficiale interna  $R_{si}$  del medesimo componente.



## Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione

<b>Grandezza</b>	<b>% APE con peso di penalità</b>
Trasmittanza termica media dei componenti opachi disperdenti	67%
Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione	52%
Produzione Acqua Calda Sanitaria: Volume accumulo	47%
Somma delle singole superfici dei componenti trasparenti disperdenti	47%
Ponti termici	46%

Il **Tecnico Certificatore** inserisce il sistema di regolazione errato quando il sistema di regolazione rilevato dal **Tecnico Verificatore**:  
Tipo di regolazione «**Solo di zona**»

Nel circa il 40% di questi casi il **Tecnico Certificatore** inserisce come sistema di regolazione: «**Solo termostato caldaia**»



# FOCUS SISTEMA DI REGOLAZIONE

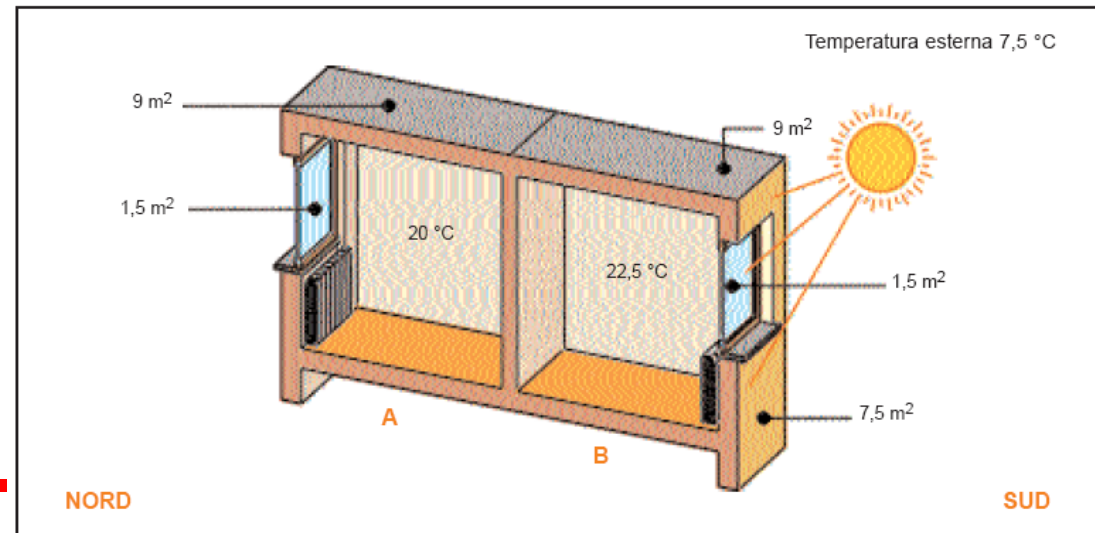
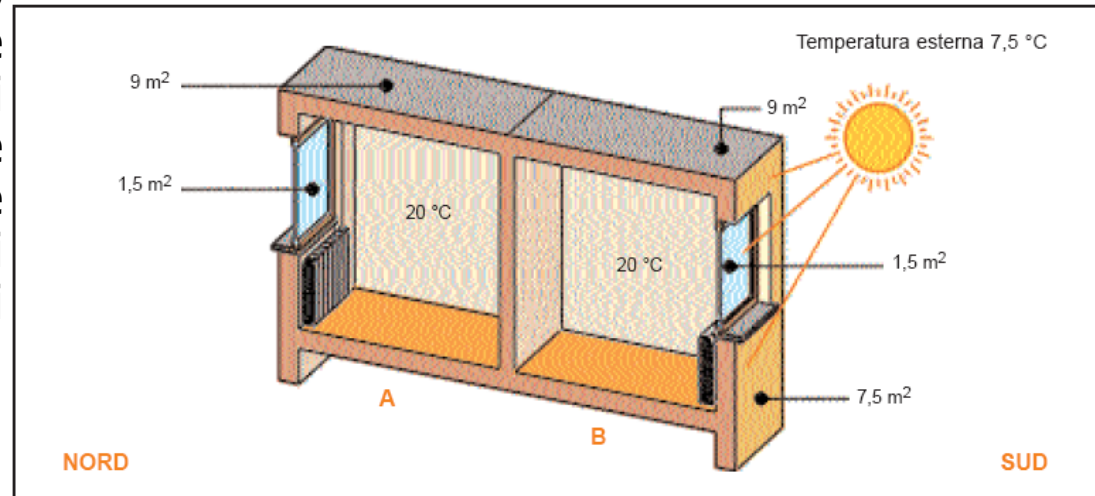
## Rendimento di regolazione

Il rendimento di regolazione medio stagionale è il rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta ed il calore richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con un sistema di regolazione reale.

Il regolatore teorico perfetto è quello in grado di ridurre immediatamente l'emissione del corpo scaldante in presenza di un apporto di calore proveniente da fonte diversa dall'impianto di riscaldamento.

### ESEMPIO:

Calcolo dell'energia dispersa, in un'ora, verso l'esterno, da un locale di abitazione, nel periodo medio stagionale.



# Rendimento di regolazione

A - LOCALE A NORD

S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	Δt (°C)	τ (s)	Q <sub>h</sub> (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q <sub>h</sub>	601

B - LOCALE A SUD

S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	Δt (°C)	τ (s)	Q <sub>h</sub> (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q <sub>s</sub>	61
			Q <sub>h</sub>	540

ideale

A - LOCALE A NORD

S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	Δt (°C)	τ (s)	Q <sub>hr</sub> (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q <sub>hr</sub>	601

B - LOCALE A SUD

S (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	Δt (°C)	τ (s)	Q <sub>hr</sub> (kJ)
16,5	0,6	15	3.600	535
1,5	2,3	15	3.600	186
			Q <sub>hr</sub>	721

reale

Il rendimento di regolazione risulta, nel caso esemplificato:

dove:

$$\eta_c = Q_h / Q_{hr} = (601 + 540) / (601 + 721) = 0,86$$

Q<sub>h</sub> rappresenta la quantità di energia occorrente per riscaldare gli ambienti con il sistema di regolazione teorico perfetto;

Q<sub>hr</sub> rappresenta invece il fabbisogno di calore occorrente con il sistema di regolazione reale, a parità di condizioni esterne e di benessere interno.

# Un sistema di regolazione perfetto riduce immediatamente la potenza del corpo scaldante, sfruttando l'apporto gratuito (ad es metabolismo)

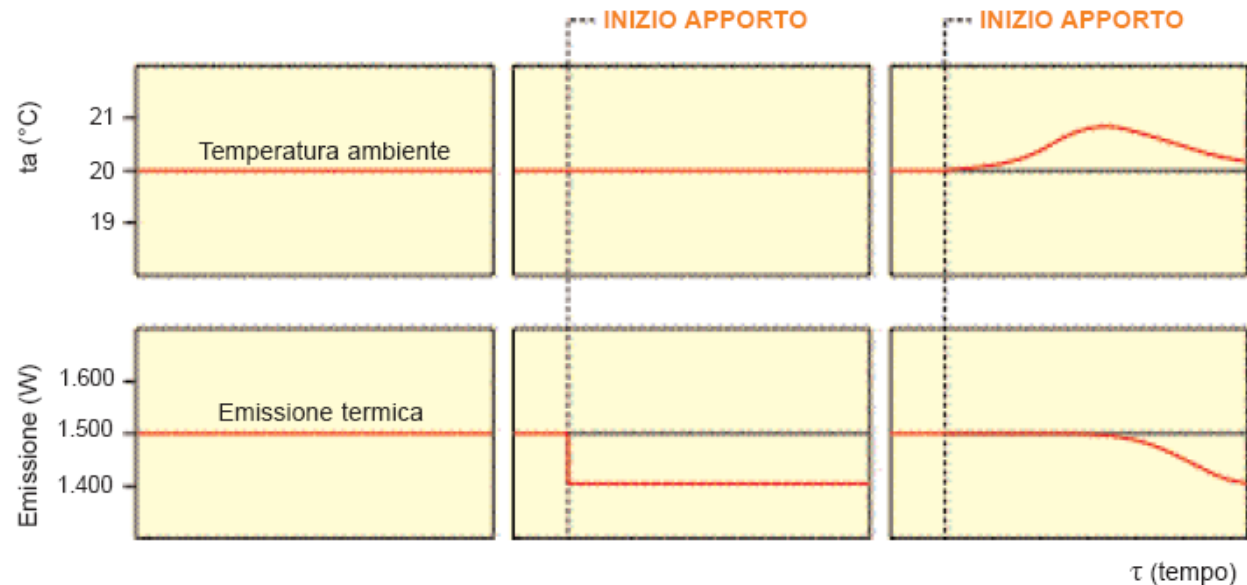
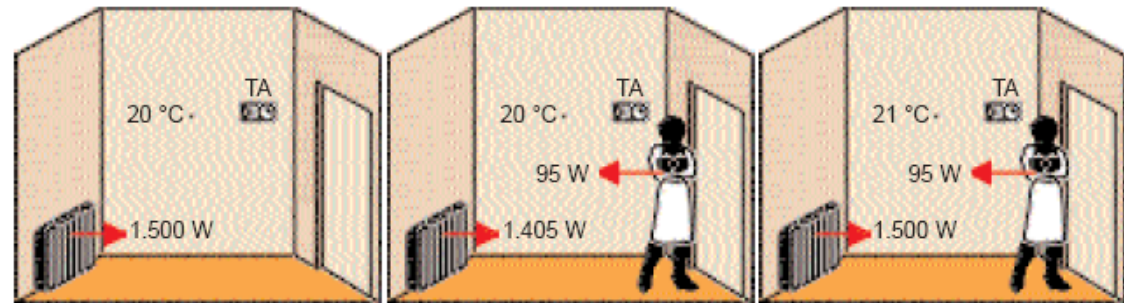
1) Il locale è mantenuto a 20 °C da un corpo scaldante della potenza di 1,5 kW.

2) In seguito all'ingresso nel locale di una persona, che fornisce un apporto di 95 W, il regolatore teorico perfetto riduce immediatamente l'emissione del corpo scaldante a 1.405 W in modo che la somma

risulti sempre 1.500 W e la temperatura rimanga a 20 °C.

3) In presenza dello stesso evento di cui al punto 2), il sistema di regolazione reale reagisce più lentamente, solo dopo che si è verificato un aumento (indesiderato) della temperatura ambiente.

1) LOCALE DI RIFERIMENTO    2) REGOLAZIONE TEORICA    3) REGOLAZIONE REALE



**Rendimenti ( $\eta_{rg}$ ) di regolazione<sup>12)</sup>**

Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica		Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisciradianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annessi alle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente	
Solo Climatologica (compensazione con sonda esterna)		$1 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,98 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,94 - (0,6 \eta_u \gamma)$	
Solo ambiente con regolatore	On off	0,94	0,92	0,88	
	PI o PID	0,99	0,97	0,93	
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92	
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91	
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89	
Climatica + ambiente con regolatore	On off	0,97	0,95	0,93	
	PI o PID	0,995	0,99	0,97	
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96	
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95	
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94	
Solo zona con regolatore	On off	0,93	0,91	0,87	
	PI o PID	0,995	0,99	0,97	
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96	
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95	
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88	
Climatica + zona con regolatore	On off	0,96	0,94	0,92	
	PI o PID	0,995	0,98	0,96	
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95	
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94	
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93	

Nota  $\gamma$  rapporto apporti/perdite.  
 $\eta_u$  fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI/TS 11300-1.

Le perdite del sottosistema di regolazione si calcolano con la formula seguente:

$$Q_{l,rg} = (Q'_{h} + Q_{l,e}) \times \frac{1 - \eta_{rg}}{\eta_{rg}} \quad [Wh] \quad (12)$$

## Tipi di Regolazione

TIPI DI REGOLAZIONE
Manuale
Climatica centralizzata
Singola zona termica
Climatica centralizzata + Singola zona termica
Singolo ambiente
Climatica centralizzata + Singolo ambiente

### PI O PID

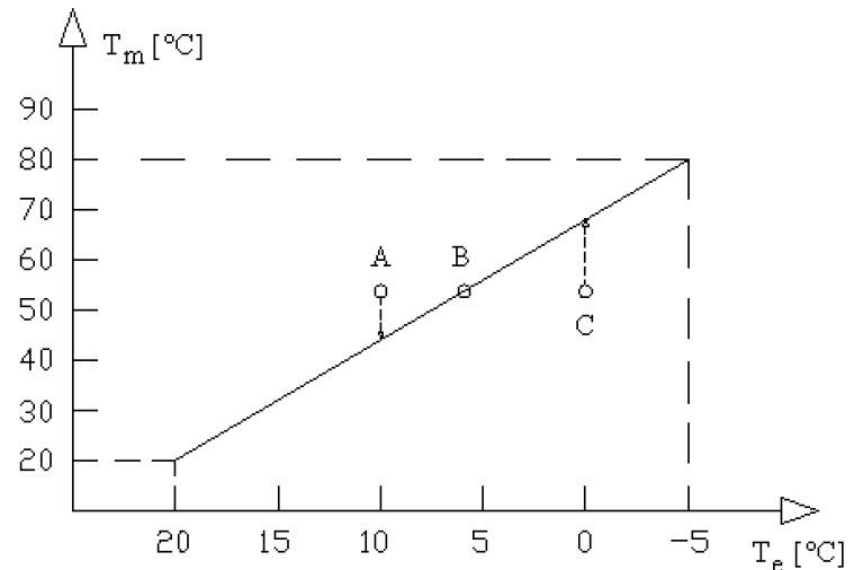
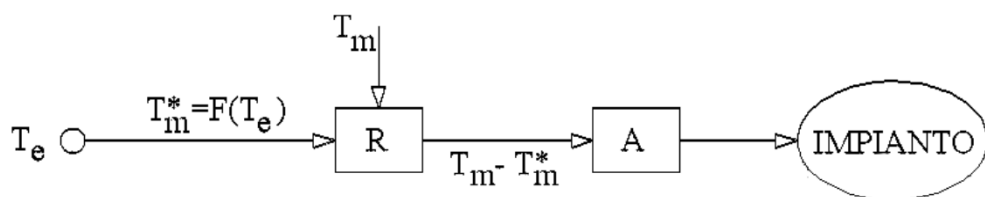
L'energia termica di riferimento per il sistema di regolazione è quella nominale maggiorata delle perdite di emissione

## Regolazione climatica centralizzata con sonda di compensazione esterna

Il sistema è pilotato da una sonda che rileva la temperatura esterna  $T_e$ . La grandezza che viene regolata è la temperatura di mandata  $T_m$  del fluido termovettore.

Principio di funzionamento:

- misuro la temperatura esterna  $T_e$
- calcolo la temp di mandata di rif  $T^* = T_m^* = F(T_e)$
- misuro la temp attuale di mandata  $T_m$
- calcolo l'errore  $E$  e regolo l'impianto con l'attuatore  $A$   $E = T_m - T_m^* \rightarrow 0$



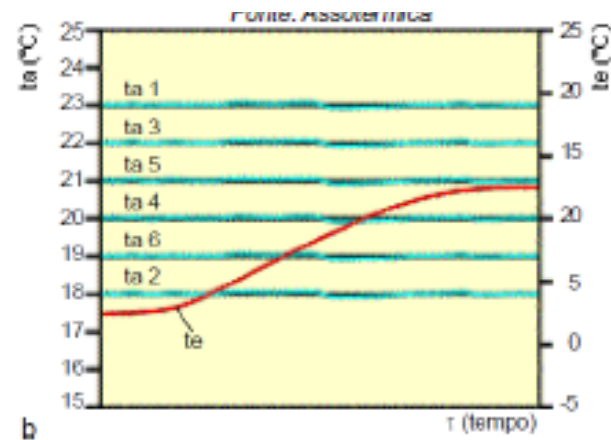
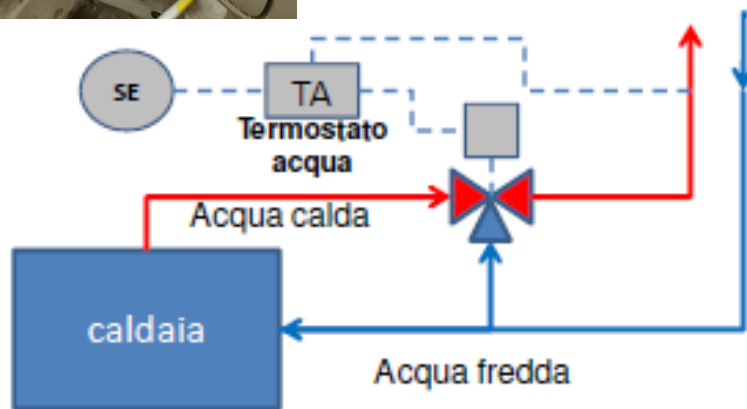
## TERMOSTATO DI CALDAIA



**Solo termostato di caldaia:** il termostato di caldaia consente di mantenere controllata la temperatura del generatore di calore al valore impostato. Questo tipo di regolazione agisce in genere sul bruciatore, accendendo o spegnendo il dispositivo o agendo sulla sua modulazione mantenendo per quanto possibile costante la temperatura di mandata.

## REGOLAZIONE CLIMATICA

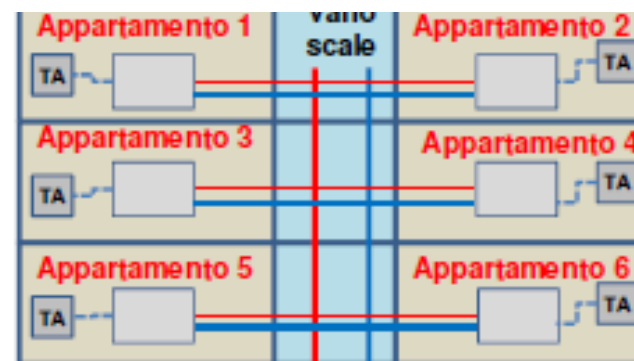
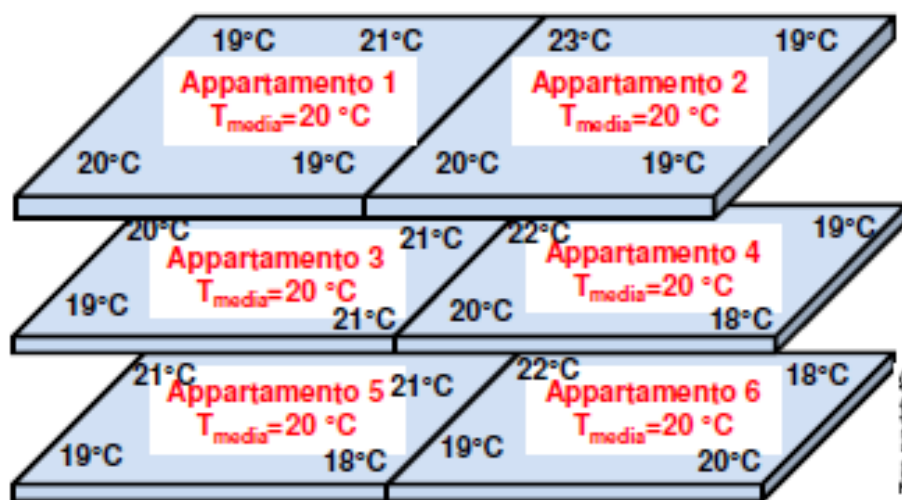
**Solo climatica (compensazione con sonda esterna):** sistema di regolazione che consente di modulare automaticamente la temperatura dell'acqua di mandata ai terminali in funzione della temperatura esterna dell'aria. La centralina di regolazione può agire su una valvola a tre vie (tipico di impianti centralizzati dotati di generatori non a condensazione) che consente di miscelare l'acqua di mandata ai terminali con quella di ritorno, oppure direttamente sulla caldaia (tipico di impianti dotati di caldaia a condensazione gestita a temperatura scorrevole) sostituendo di fatto il termostato di caldaia;





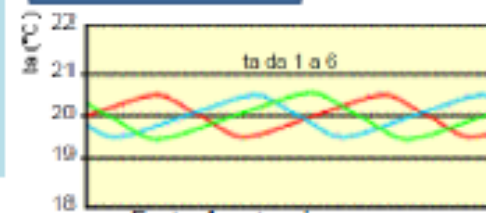
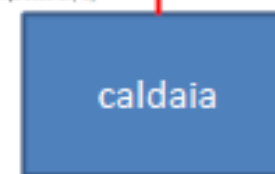
## Regolazione di zona

**Solo di zona:** la regolazione avviene per zone e quindi per gruppi di locali (tipico dei singoli appartamenti o delle zone giorno/notte); questo tipo di regolazione viene in genere garantito mediante appositi termostati/cronotermostati installati in un locale all'interno della zona di pertinenza e opportune valvole/circolatori di zona;



La regolazione di zona assicura la temperatura costante e uniforme nei vari alloggi ma non nei diversi locali

La **regolazione di zona (alloggio per alloggio)** consente di **uniformare la temperatura ambiente in tutte le zone dell'edificio**, con un notevole aumento del rendimento di regolazione rispetto alla regolazione climatica centrale. Comunque la distribuzione del fluido termovettore a temperatura costante durante tutta la stagione non è in grado di garantire una regolazione perfetta entro l'intero campo di variazione del carico, da 0 al 100%.



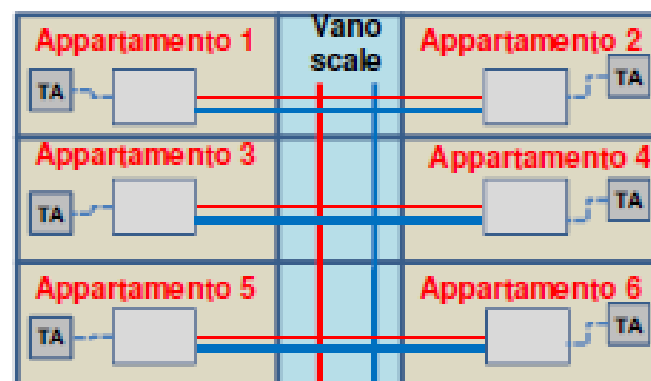
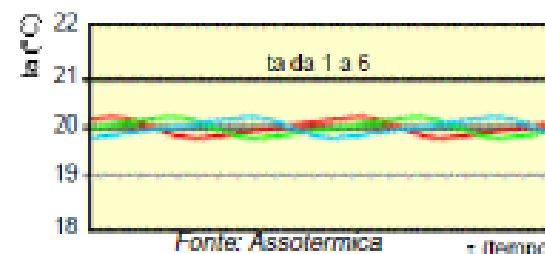
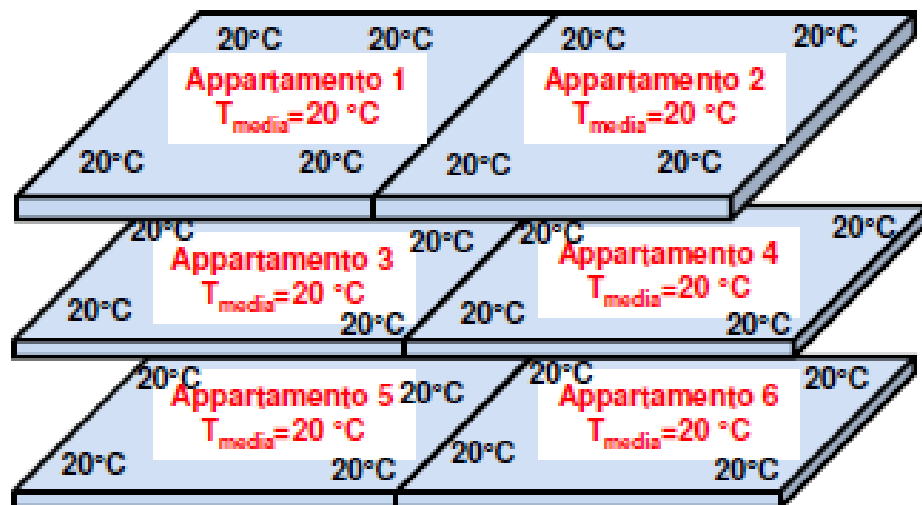
Profilo di temperatura del locale di riferimento dove è installato il termostato



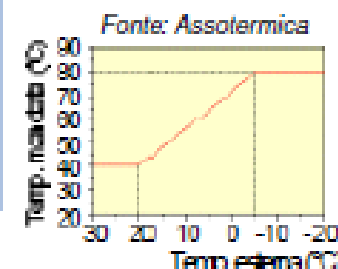
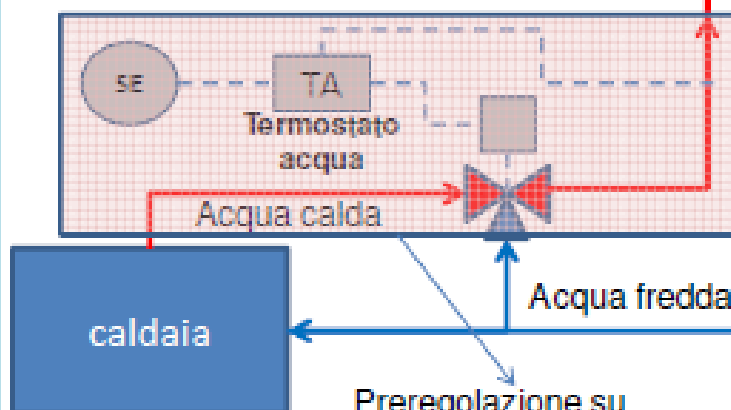
## Regolazione per singolo ambiente



Adottando la regolazione per singolo ambiente si ottiene la temperatura desiderata in ogni singolo locale dell'alloggio,

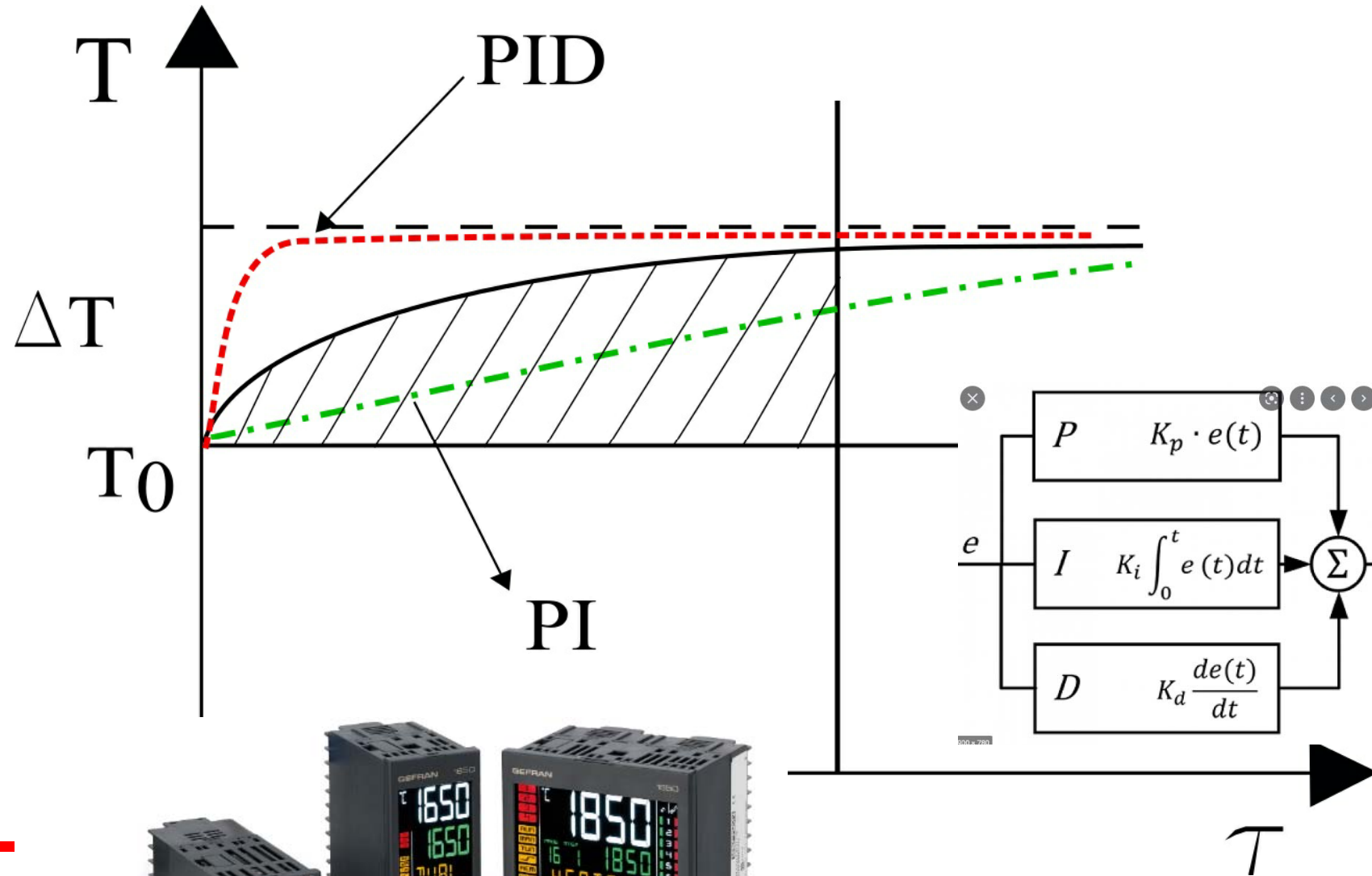


È il miglior tipo di regolazione applicabile agli impianti di riscaldamento condominiali. **Assicura la costanza e l'uniformità della temperatura ambiente in ogni singolo locale.** Una regolazione economica e molto efficace è quella con **valvole termostatiche autoazionate**. In alternativa si possono usare **valvole per radiatore elettriche comandate dal termostato ambiente di ogni locale**



**Solo per singolo ambiente:** la regolazione viene effettuata ambiente per ambiente. Normalmente negli impianti a radiatori questa regolazione è garantita mediante le valvole termostatiche; negli impianti a ventilconvettori sono invece presenti appositi sistemi di controllo che in funzione della temperatura consentono di variare la velocità del ventilatore (da spento al massimo), e se presenti, agire su valvole a due o tre vie motorizzate

# REGOLAZIONE PI proportional-integral, PID proportional-integral derivative



## Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione

<b>Grandezza</b>	<b>% APE con peso di penalità</b>
Trasmittanza termica media dei componenti opachi disperdenti	67%
Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione	52%
Produzione Acqua Calda Sanitaria: Volume accumulo	47%
Somma delle singole superfici dei componenti trasparenti disperdenti	47%
Ponti termici	46%

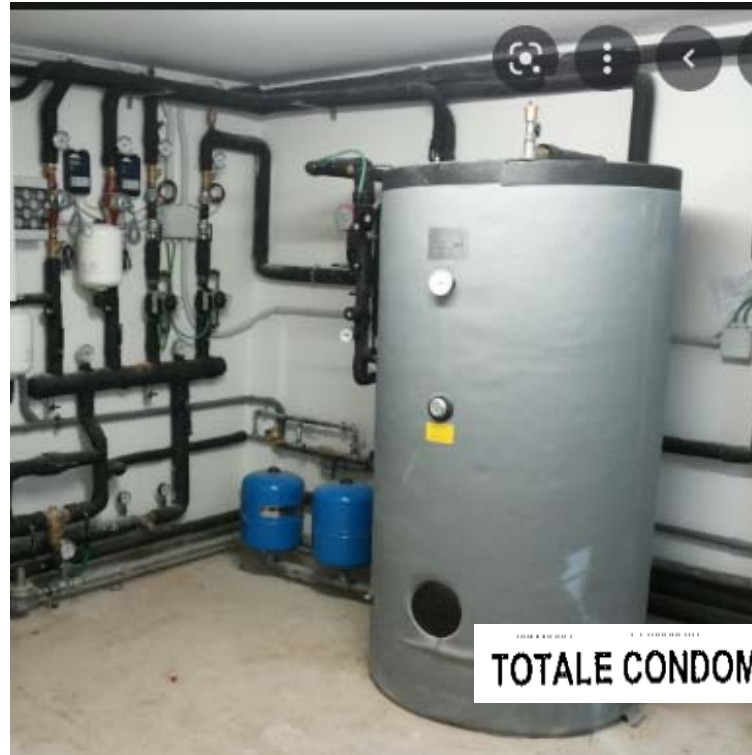
Dall'analisi degli APE a cui è stato assegnato il peso di penalità è emerso che l'errore riguarda:

- 50% dei casi il **valore** del volume dell'accumulo;
- 50% dei casi **l'inserimento** dell'accumulo.

# FOCUS VOLUME DI ACCUMULO

## IL VALORE DEL VOLUME DELL'ACCUMULO;

nel caso condominiale il volume dell'accumulo va proporzionato alla quota parte dell'appartamento



Esempio boiler condominiale da 2000 litri e 9.08 m<sup>2</sup> di superficie disperdente con rendiconto

int	SPESE GENERALI		PARTI UGUALI		UTENZA ACQUA		RISCALD. CONS. VOLONTARIO		RISCALD. CON S. INVOLONTARI		GESTI
	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	
	1	10,6000	189,85 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €				
2	9,3000	166,57 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	3,650,158	981,78 €	17,8700	157,04 €	
3	7,9700	142,75 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	2,373,942	630,57 €	16,8800	148,34 €	
4	8,3100	148,84 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	1,194,415	317,26 €	20,0200	175,93 €	
5	9,9500	178,22 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	1,569,948	417,01 €	9,7100	85,33 €	
<b>TOTALE CONDOMINIO:</b>	<b>1.007,6300</b>	<b>18.047,51 €</b>	<b>95,0000</b>	<b>14.044,45 €</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,22 €</b>	<b>165.834,283</b>	<b>44.049,22 €</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>8.787,65 €</b>	

determinare i dati di competenza int 2

per edifici che non applicano la 10200 Acs si proporziona su mm di proprietà e per risc su mm di riscaldamento ( art 7.5 dm 26.06.09) , per edifici che applicano la 10200 secondo le relative tabelle



## IL VALORE DEL VOLUME DELL'ACCUMULO;

nel caso condominiale il volume dell'accumulo va proporzionato alla quota parte dell'appartamento



Esempio boiler condominiale da 2000 litri e 9.08 m<sup>2</sup> di superficie disperdente con rendiconto

int	SPESE GENERALI		PARTI UGUALI		UTENZA ACQUA		RISCALD. CONS. VOLONTARIO		RISCALD. CON S. INVOLONTARI		GESTI SP
	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	Millesimi	IMPORTO	
	1	10,6000	189,85 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €				
2	9,3000	166,57 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	3.650,158	981,78 €	17,8700	157,04 €	
3	7,9700	142,75 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	2.373,942	630,57 €	16,8800	148,34 €	
4	8,3100	148,84 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	1.194,415	317,26 €	20,0200	175,93 €	
5	9,9500	178,22 €	1,0000	147,83 €	1,0000	10,00 €	1.569,948	417,01 €	9,7100	85,33 €	
<b>TOTALE CONDOMINIO:</b>	<b>1.017,63%</b>	<b>18.047,51 €</b>	<b>95,0000</b>	<b>14.044,45 €</b>	<b>100,0000</b>	<b>1.000,22 €</b>	<b>165.834,283</b>	<b>44.049,22 €</b>	<b>1.000,0000</b>	<b>8.787,65 €</b>	

determinare i dati di competenza int 2

volume proporzionato su mm di prop:  $2000 \times 9.95 / 1017.63 = 19.90$  l

Sup proporzionata su mm di prop:  $9.08 \times 9.95 / 1017.63 = 0.088$  m<sup>2</sup>

Non millesimare significa sbagliare un fattore 100 o 1000!

## Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione

<b>Grandezza</b>	<b>% APE con peso di penalità</b>
Trasmittanza termica media dei componenti opachi disperdenti	67%
Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione	52%
Produzione Acqua Calda Sanitaria: Volume accumulo	47%
Somma delle singole superfici dei componenti trasparenti disperdenti	47%
Ponti termici	46%

## Mediamente

- l'errore per **eccesso** è di circa **+16%**
- l'errore per **difetto** è di circa **-14%**

Rilevare accuratamente le finestre !

## Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione

<b>Grandezza</b>	<b>% APE con peso di penalità</b>
Trasmittanza termica media dei componenti opachi disperdenti	67%
Servizio energetico Climatizzazione invernale, Tipo di regolazione	52%
Produzione Acqua Calda Sanitaria: Volume accumulo	47%
Somma delle singole superfici dei componenti trasparenti disperdenti	47%
Ponti termici	46%

Dall'analisi è emerso che nel **46%** degli APE analizzati non è stato indicato nessun ponte termico.

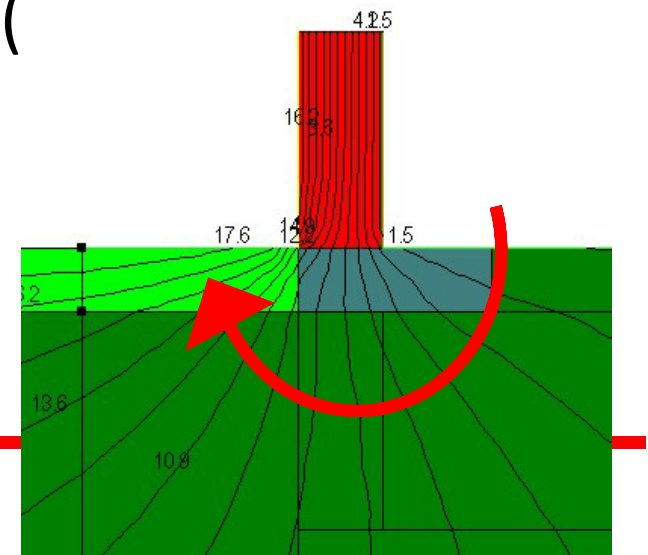
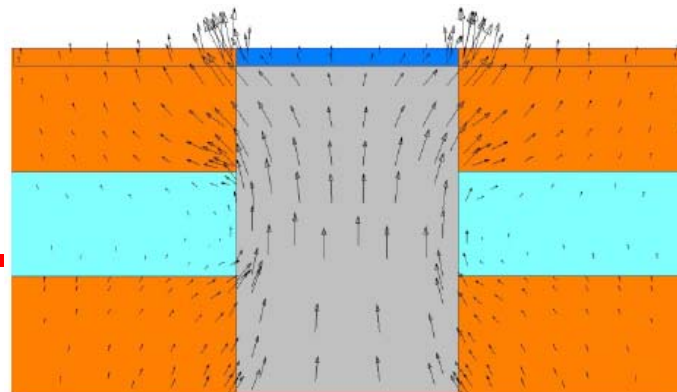
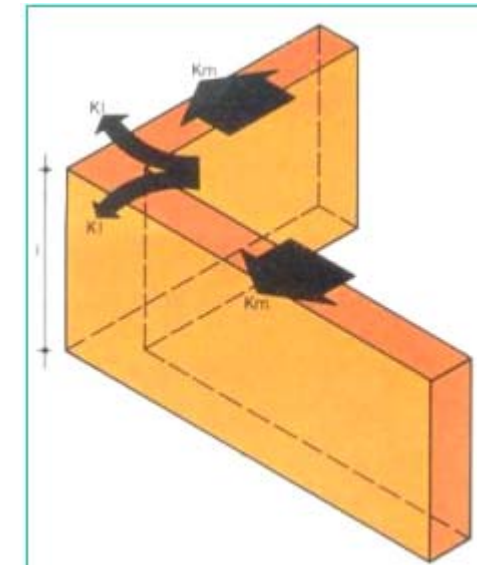
- **Informare** ulteriormente i Tecnici Certificatori
- **Pubblicazione Abaco ponti termici redatto da UNIGE in collaborazione con IRE SpA;**
- **Sensibilizzare i Tecnici Certificatori in merito al campo di validità degli archetipi di ponte termico.**

# FOCUS PONTI TERMICI

## Che cosa è un ponte termico?

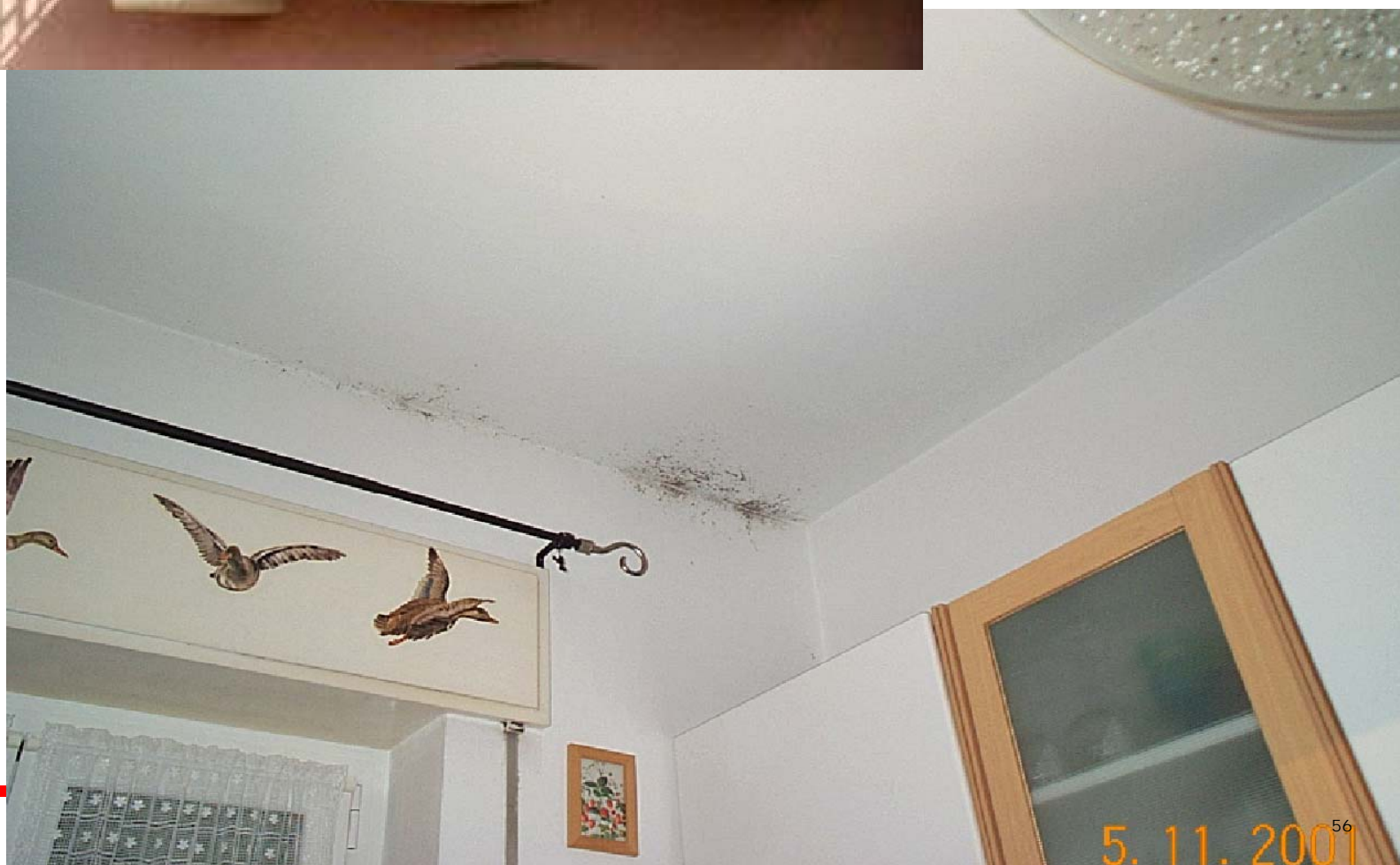
Parte dell'involucro edilizio ove vi è una maggiore facilità di passaggio di flusso termico dovuto a:

- Variazioni geometriche ( angoli, diminuzione di spessori)
- Variazioni di conducibilità dei materiali ( pilastri in murature a cassa vuota e simili)
- Entrambi



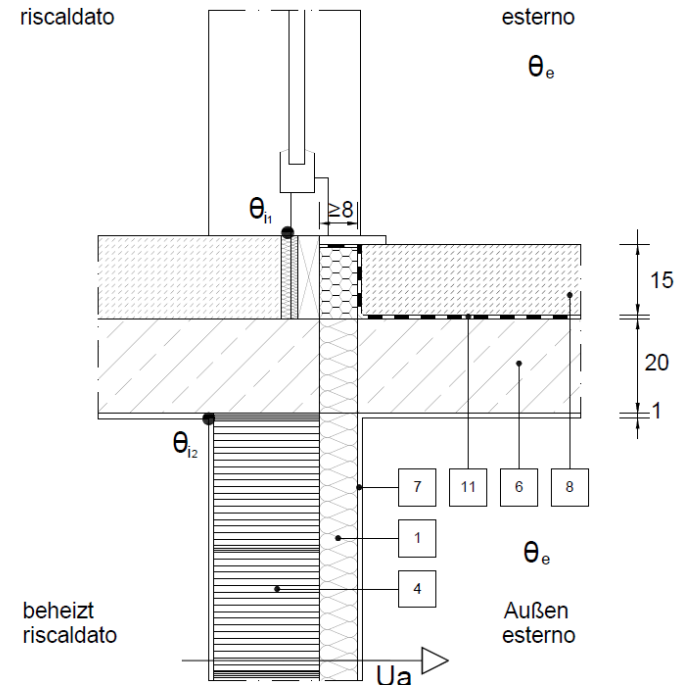
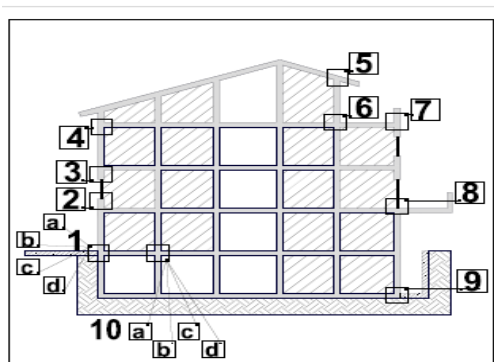
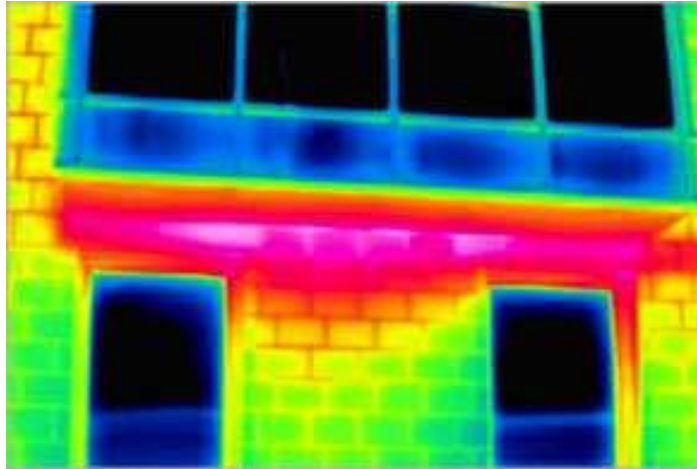


Ponte  
termico?

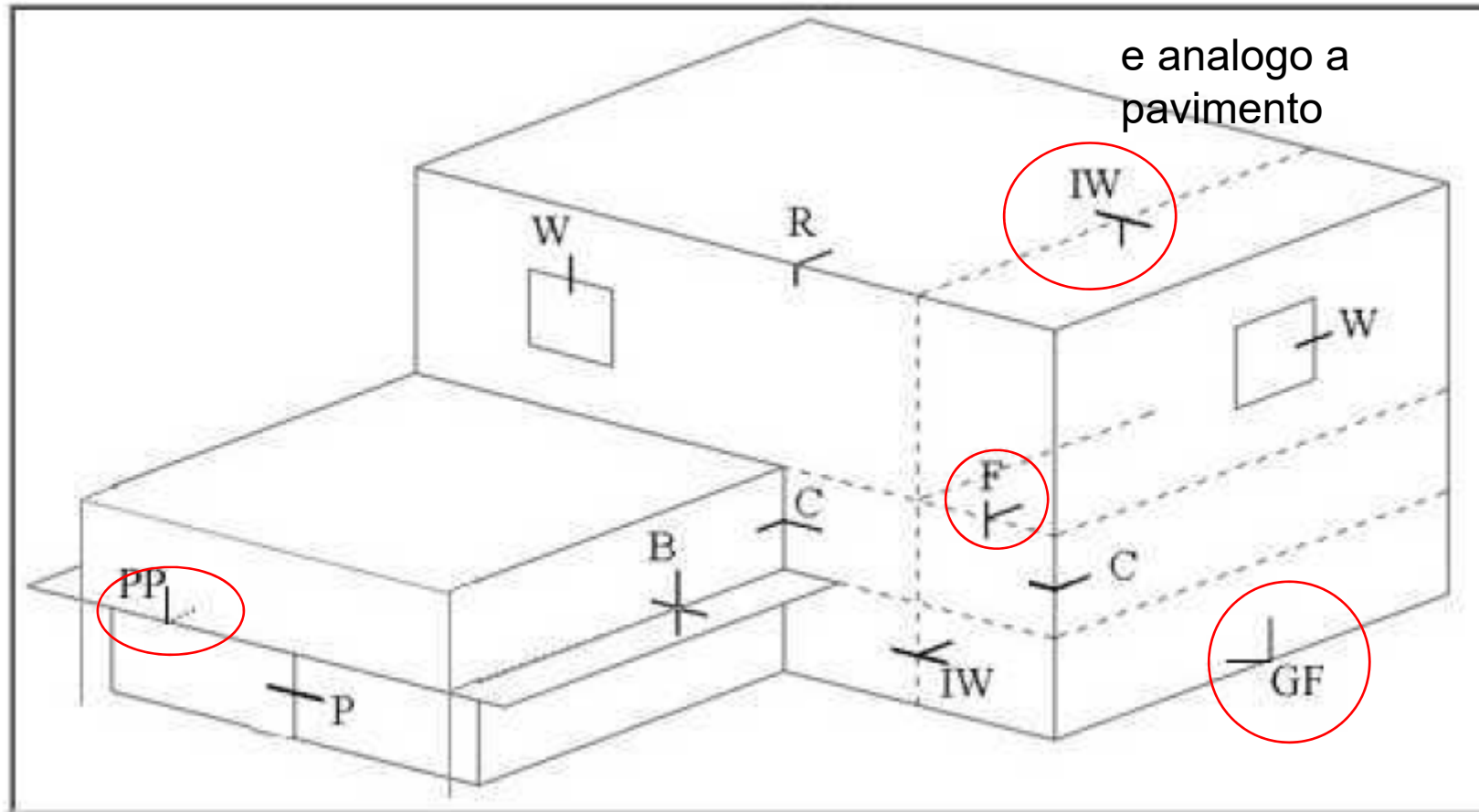




# Dice CASA CLIMA : correggere ponte termico non calcolarlo !



## PRINCIPALI PONTI TERMICI



PONTI TERMICI Più SPESSO DIMENTICATI

## COME SI VALUTA IL FLUSSO DISPERSO ?

~~Metodo forfaitario~~ → abrogato

Metodo dello psi lineico :

$$\varphi = \psi L \Delta T$$

- Abachi ( CENED (Lombardia) ; OFEN ( CH) ; CSTB (France))
  - Uni 6946:08 ( a mano)
  - Modelli 2D o 3D ( uni 10211)
-

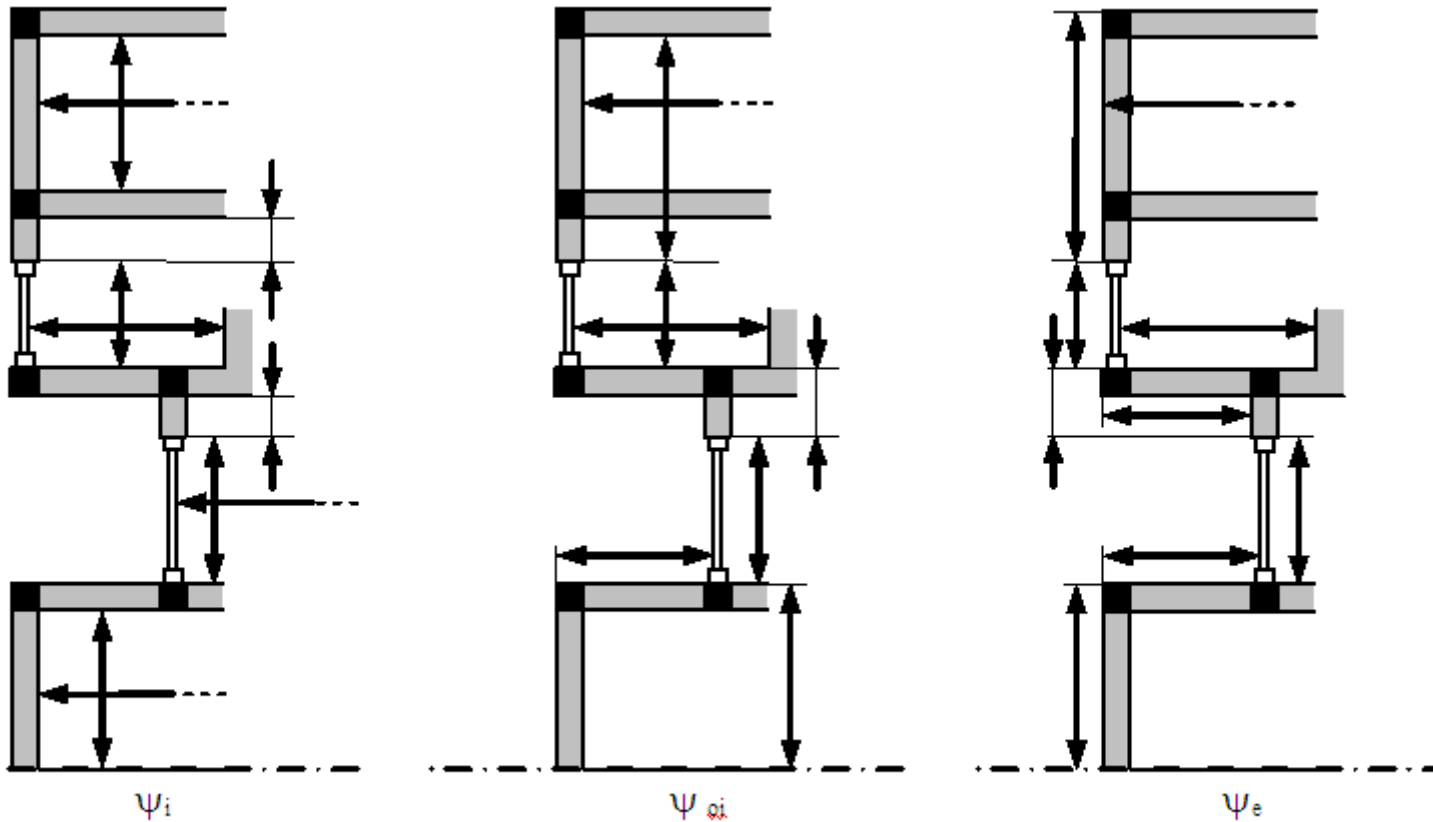
# Calcolo dello psi

$\psi_i$  riferito alle dimensioni interne

Celeste 2

$\psi_{oi}$  riferito alle dimensioni totali interne

$\psi_e$  riferito alle dimensioni esterne



# CASI IN CUI PSI È NEGATIVO

Il valore della trasmittanza termica lineare del ponte termico “Psi” può avere valore minore di 0 quando una superficie scambiante coinvolta nel ponte termico viene considerata due volte. Si riporta di seguito un’immagine esplicativa:

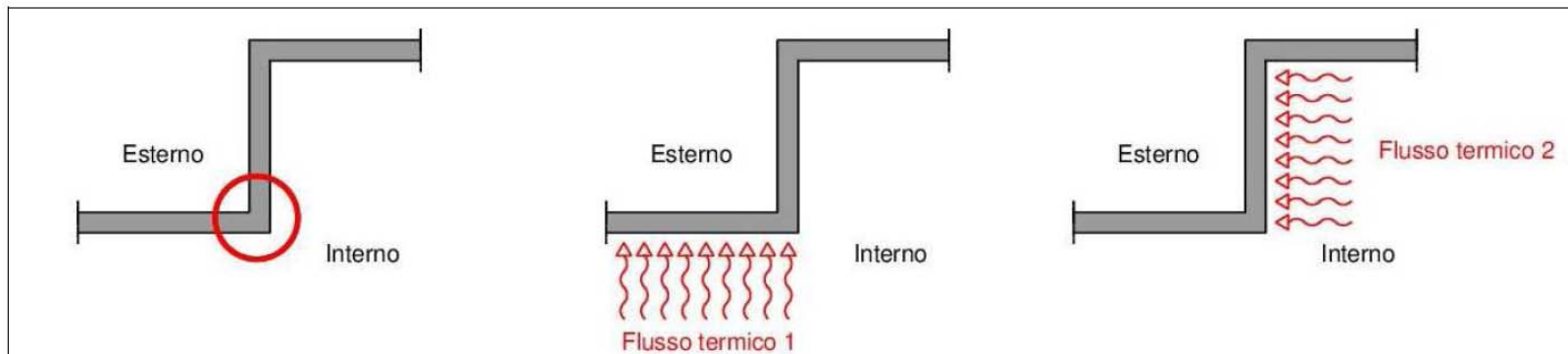
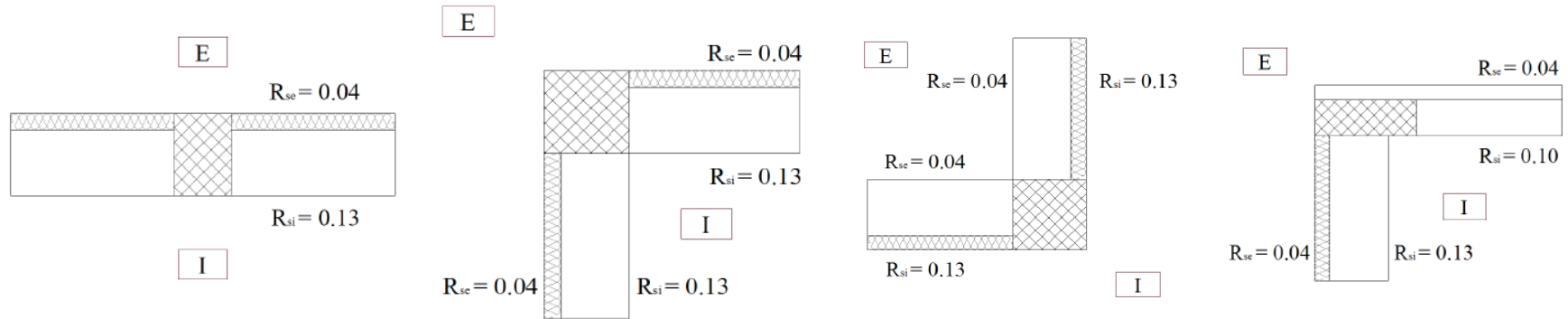


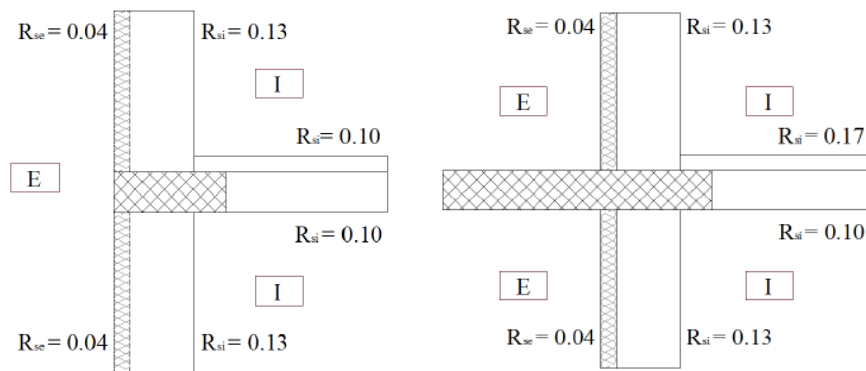
Figura 7.4.6: Esempio ponti termici parete

# • Abachi ( CENED ) Solo 8 casi

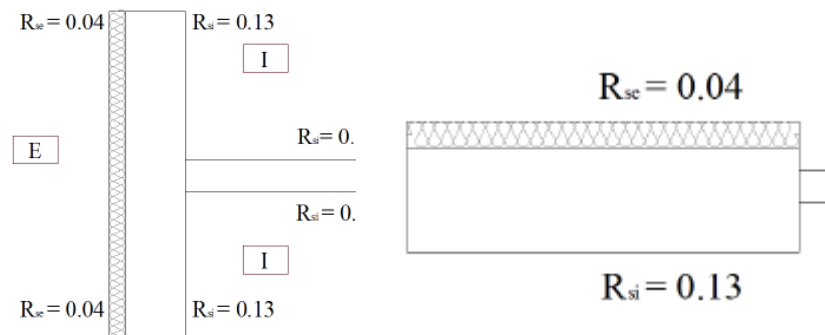
**Parete con pilastro Angoli sporgenti rientranti con e senza pilastro Parete verticale con tetto piano**



**Parete verticale con solaio/ balcone**

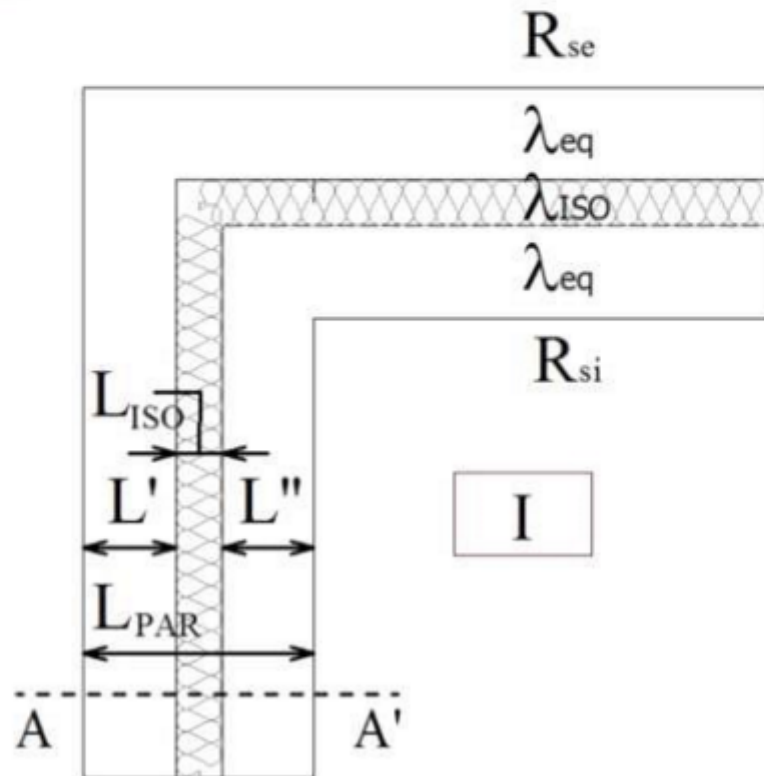


**Parete est/int Parete esterna con serramento**



Descrizione	Valore
Descrizione:	Angolo esterno
Categoria:	Angoli esterni
Sottocategoria:	ANGOLO SPORGENTE ISOLATO IN MEZZERIA SENZA PILASTRO
Struttura parete	Parete esterna
Psi interno [W/m.K]:	0.128

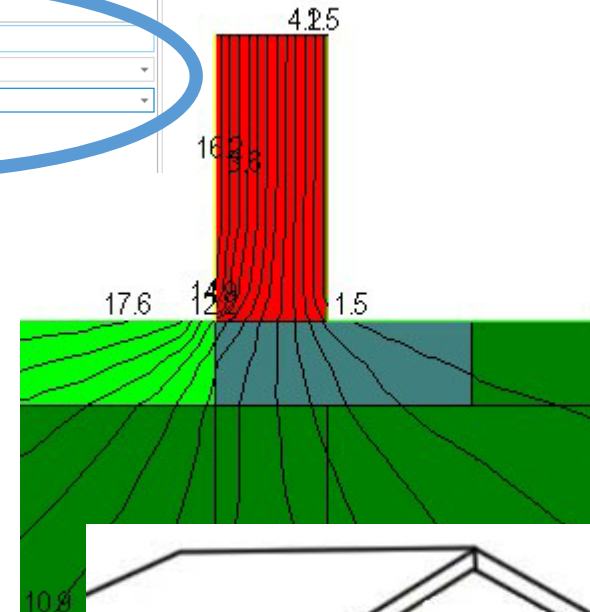
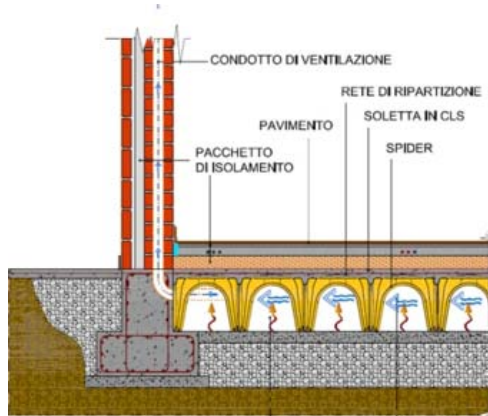
E



Mancano

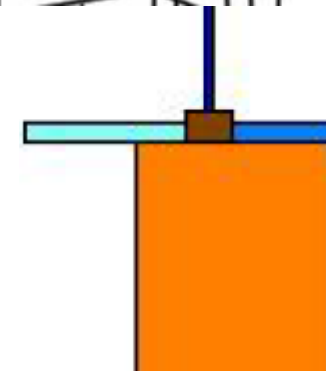
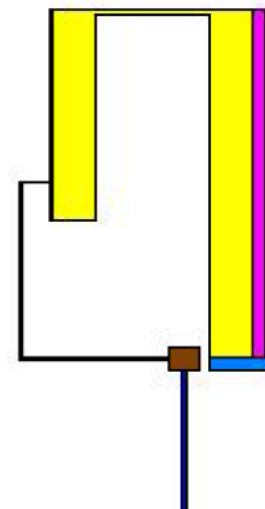
Descrizione:	Nuovo 1019978
Categoria:	Pavimenti controterra
Sottocategoria:	Psi definito da utente
Psi interno [W/m.K]:	0.000

- Verso terreno o solai aerati



- Verso non riscaldati (U) (scale, cantine sottotetti)

- Davanzali e mezzanini





# OFEN Office fédéral de l'énergie

**Isolé, façade ventilée**

Conditions standard	
Mur	Brique t.c.
Dalle	18-22 cm
Porte-à-faux	100 cm
Isolation partie en saillie	8 cm

1.2-A4						
Valeur U façade en W/(m <sup>2</sup> · K)	Valeur U toiture en W/(m <sup>2</sup> · K)				Valeur g' en W/(m · K)	
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.14	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12
0.20	0.13	0.14	0.14	0.13	0.13	0.12
0.25	0.11	0.12	0.13	0.13	0.12	0.12
0.30	0.09	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
0.35	0.07	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10
0.40	0.05	0.07	0.08	0.09	0.09	0.09

Majorations	
Mur en béton armé	+ 0.02 W/(m · K)
Dalle 24 cm	+ 0.02 W/(m · K)
Porte-à-faux 50 cm	- 0.05 W/(m · K)
Porte-à-faux 150 cm	+ 0.02 W/(m · K)
Isolation partie en saillie 4 cm	+ 0.06 W/(m · K)
Isolation partie en saillie 12 cm	- 0.04 W/(m · K)

SOLO COIBENTATI !

**0.0** Le premier chiffre en rouge indique le groupe-type, le second le sous-groupe du détail.

**00** Le chiffre en noir indique le numéro de la page correspondante.

# REGLES TH-U POUR LES BÂTIMENTS EXISTANTS

2.4 - Exemple de fiche



ADEME



Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

Nature des parois →

Mur	Plancher bas
Br	EP

Paramètres	Domaine d'emploi
Nature du mur inférieur	Béton
Nature du mur supérieur	Brique pleine Brique perforation V Brique perforation H
Bec acier collé	Avec ou sans
Placelle	Sans
R isolant mur	1 à 3
R isolant plancher	1 à 3
Épaisseur plancher ( $E_p$ )	15 à 30 cm
Épaisseur mur ( $E_m$ )	20 à 30 cm

← Domaine d'emploi

Indique la position de l'isolation du plancher

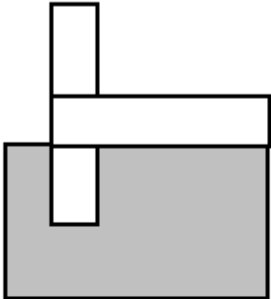
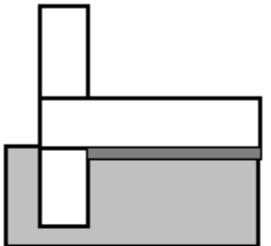
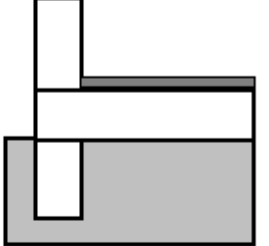
Plancher	Non isolé	Sous face	Par dessus
Mur			
Non isolé		 $E_m = 15 \text{ cm}$ $V = 0.28$ $Q = 0.38$	 Mur brique pleine $V = 0.30$ Mur brique creux $V = 0.27$
ITI	 $E_m = 15 \text{ cm}$ $V = 0.62$	 $E_m = 15 \text{ cm}$ $V = 0.62$ $E_p = 30 \text{ cm}$ $V = 0.04$ Majoration : Avec bec collé/à bras : +0.10	 $E_m = 15 \text{ cm}$ $V = 0.62$
ITE	 $E_m = 20 \text{ cm}$ Mur brique pleine $V = 0.21$ Mur brique creux $V = 0.25$ Majoration : $E_p = 10 \text{ cm}$ $\Delta V = + 15\%$ $E_p = 20 \text{ cm}$ $\Delta V = + 12\%$	 $E_m = 20 \text{ cm}$ Mur brique pleine $V = 0.21$ Mur brique creux $V = 0.25$ Majoration : Avec bec collé/à bras : +0.10 $E_p = 30 \text{ cm}$ $\Delta V = + 28\%$ $E_p = 20 \text{ cm}$ $\Delta V = + 12\%$	 $E_m = 20 \text{ cm}$ Mur brique pleine $V = 0.40$ Mur brique creux $V = 0.32$ Majoration : $E_p = 30 \text{ cm}$ $\Delta V = + 25\%$ $E_p = 20 \text{ cm}$ $\Delta V = + 12\%$

Indique la position de l'isolation du mur

Illustration simplifiée du détail constructif.

Valeurs principales de ponts thermiques exprimées en  $W/(m.K)$

Majoration à appliquer sur la valeur principale de  $\Psi$

Plancher Mur	Non isolé	Sous face	Par dessus																												
Non isolé	 <p><u>Voile extérieur porteur</u></p> <p><math>\Psi = 0.50</math></p> <p><u>Voile intérieur porteur</u></p> <p><math>\Psi = 0.65</math></p> <p><b>Majoration :</b> Avec nervure : +0.15</p>	 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Epaisseur voile intérieur</th> <th colspan="2"><math>R_{isolant}</math> en (m<sup>2</sup>.K)/W</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>5 cm</b></td> <td>0.75</td> <td>0.88</td> </tr> <tr> <td><b>10 cm</b></td> <td>0.85</td> <td>0.98</td> </tr> <tr> <td><b>20 cm</b></td> <td>1.05</td> <td>1.20</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Majoration :</b> Avec nervure : +0.15 <math>E_p = 30</math> cm : +20%</p>	Epaisseur voile intérieur	$R_{isolant}$ en (m <sup>2</sup> .K)/W		1	3	<b>5 cm</b>	0.75	0.88	<b>10 cm</b>	0.85	0.98	<b>20 cm</b>	1.05	1.20	 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Epaisseur voile intérieur</th> <th colspan="2"><math>R_{isolant}</math> en (m<sup>2</sup>.K)/W</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>5 cm</b></td> <td>0.40</td> <td>0.44</td> </tr> <tr> <td><b>10 cm</b></td> <td>0.59</td> <td>0.62</td> </tr> <tr> <td><b>20 cm</b></td> <td>0.70</td> <td>0.71</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Extrapolation et interpolation possible</i></p> <p><b>Majoration :</b> Avec nervure : +0.15</p>	Epaisseur voile intérieur	$R_{isolant}$ en (m <sup>2</sup> .K)/W		1	3	<b>5 cm</b>	0.40	0.44	<b>10 cm</b>	0.59	0.62	<b>20 cm</b>	0.70	0.71
	Epaisseur voile intérieur	$R_{isolant}$ en (m <sup>2</sup> .K)/W																													
		1	3																												
<b>5 cm</b>	0.75	0.88																													
<b>10 cm</b>	0.85	0.98																													
<b>20 cm</b>	1.05	1.20																													
Epaisseur voile intérieur	$R_{isolant}$ en (m <sup>2</sup> .K)/W																														
	1	3																													
<b>5 cm</b>	0.40	0.44																													
<b>10 cm</b>	0.59	0.62																													
<b>20 cm</b>	0.70	0.71																													



# NUOVO ABACO UNIGE-IRE



Università degli studi di Genova - Scuola Politecnica

DIME - Dipartimento di Ingegneria meccanica, energetica, gestionale e dei trasporti

Via all'Opera Pia 15A, 16145 Genova

<b>Archetipo</b>	<b>Codifica</b>	<b>Numero</b>	<b>Sottogruppo</b>
Giunzione tra una parete o tamponamento perimetrale e la soletta controterra	CTR	001-006	B8-B4
Piana della finestra	PF	001-003	T1-T4

Con i sottogruppi B, relativi alla codifica CTR, si indica il centro range del parametro B (dimensione caratteristica), di seguito introdotto, a cui il numero di archetipo associato fa riferimento.

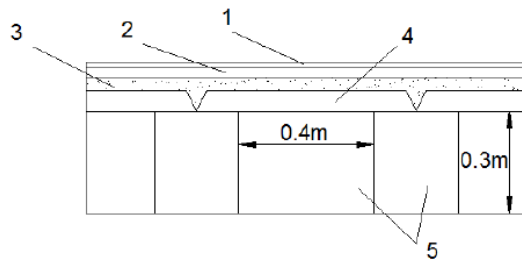
Con i sottogruppi T, relativi alla codifica PF, si indica il range di trasmittanze del telaio della finestra a cui il numero di archetipo fa riferimento. Tali gruppi di trasmittanze sono ricavati dal prospetto B.2 della norma UNI 11300-1:2014.

# Stratigrafie introdotte nell'abaco

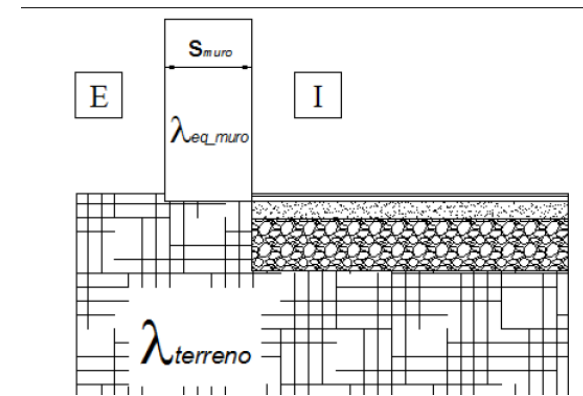
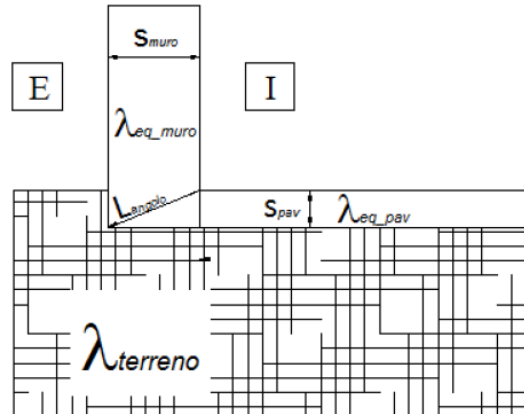
PARETE PORTANTE E SOLETTA

SOLAIO SU VESPAIO (sol13)

MURICCI

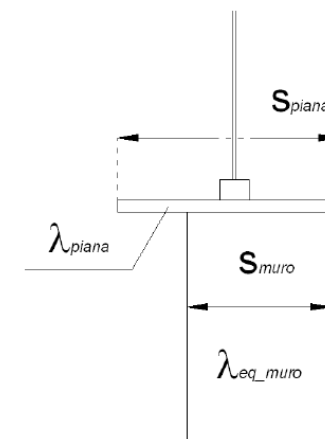
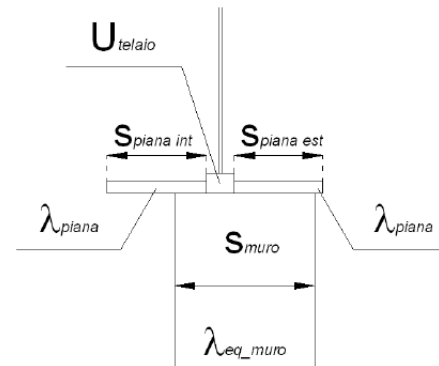
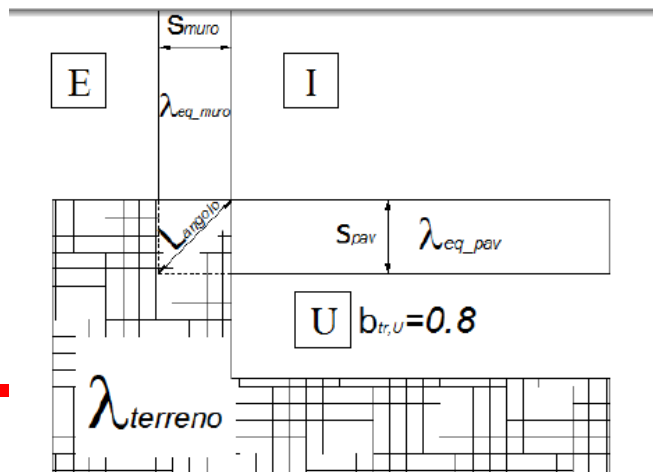


CONTROTERRA



PARETE DI TAMPONAMENTO E SOLAIO SU INTERCAPEDINE O SEMINTERRATO.


PIANA DELLA FINESTRA



- 1) verificare che le strutture coinvolte nel ponte termico rientrino nel campo di validità indicato, per entrambi gli Abachi, nella scheda di ogni archetipo; a tal proposito, si veda il capitolo 2 “VADEMECUM PER IL CALCOLO DEL CAMPO DI VALIDITA’ DEGLI ARCHETIPI DI PONTE TERMICO”

Se le strutture coinvolte nel ponte termico rientrano nei campi di validità indicati negli Abachi, è possibile proseguire con i punti 2 e 3, altrimenti, se le strutture coinvolte nel ponte termico NON rientrano nei campi di validità, occorre fare riferimento al successivo punto a).

ossia usare il calcolo bidimensionale

Conc. Trasmittanza adimensionale	$U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$
Trasmittanza del pilastro	$U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + \frac{L_{ISO,PIL}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$
Trasmittanza della parete	$U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L''}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$
	
Campo di validità	$1.1 \leq U^* \leq 3.4 \quad 0.30 \leq S_{PIL} \leq 0.50 \text{ (m)} \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$
Intervallo di confidenza	$IC_E^{95\%} = \pm 0.09 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.09 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$

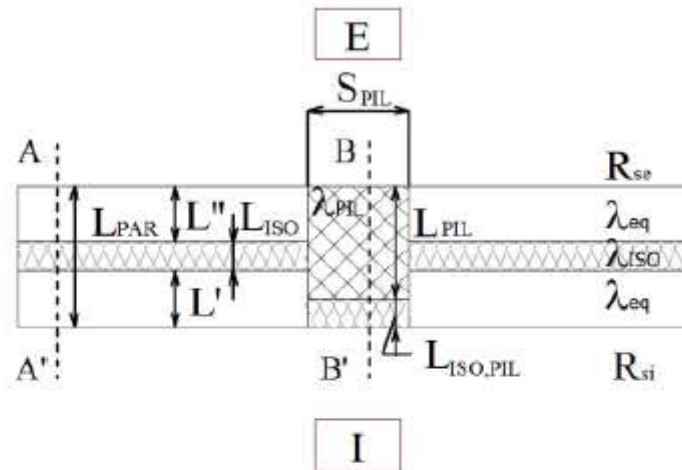
esempio di scheda

PIL.006

**PARETE ESTERNA ISOLATA IN MEZZERIA CON PILASTRO ISOLATO ALL'INTERNO**

Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate in mezzera, con presenza di pilastro isolato dall'interno nella giunzione.

**SEZIONE ORIZZONTALE**



**TRASMITTANZA TERMICA LINEARE**

Riferita alle dimensioni esterne

$$\psi_E = -0.001 + 0.093 \cdot U^* + 0.510 \cdot \lambda_{eq} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

Riferita alle dimensioni interne

$$\psi_I = -0.001 + 0.093 \cdot U^* + 0.510 \cdot \lambda_{eq} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

Con:

Trasmittanza adimensionale

$$U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$$

Trasmittanza del pilastro

$$U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + \frac{L_{ISO,PIL}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

Trasmittanza della parete

$$U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L''}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

Campo di validità

$$1.1 \leq U^* \leq 3.4 \quad 0.30 \leq S_{PIL} \leq 0.50 \text{ (m)} \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$

$$IC_E^{95\%} = \pm 0.09 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.09 \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$$



➤ **Sensibilizzare** i Tecnici Certificatori in merito al **campo di validità** degli archetipi di ponte termico

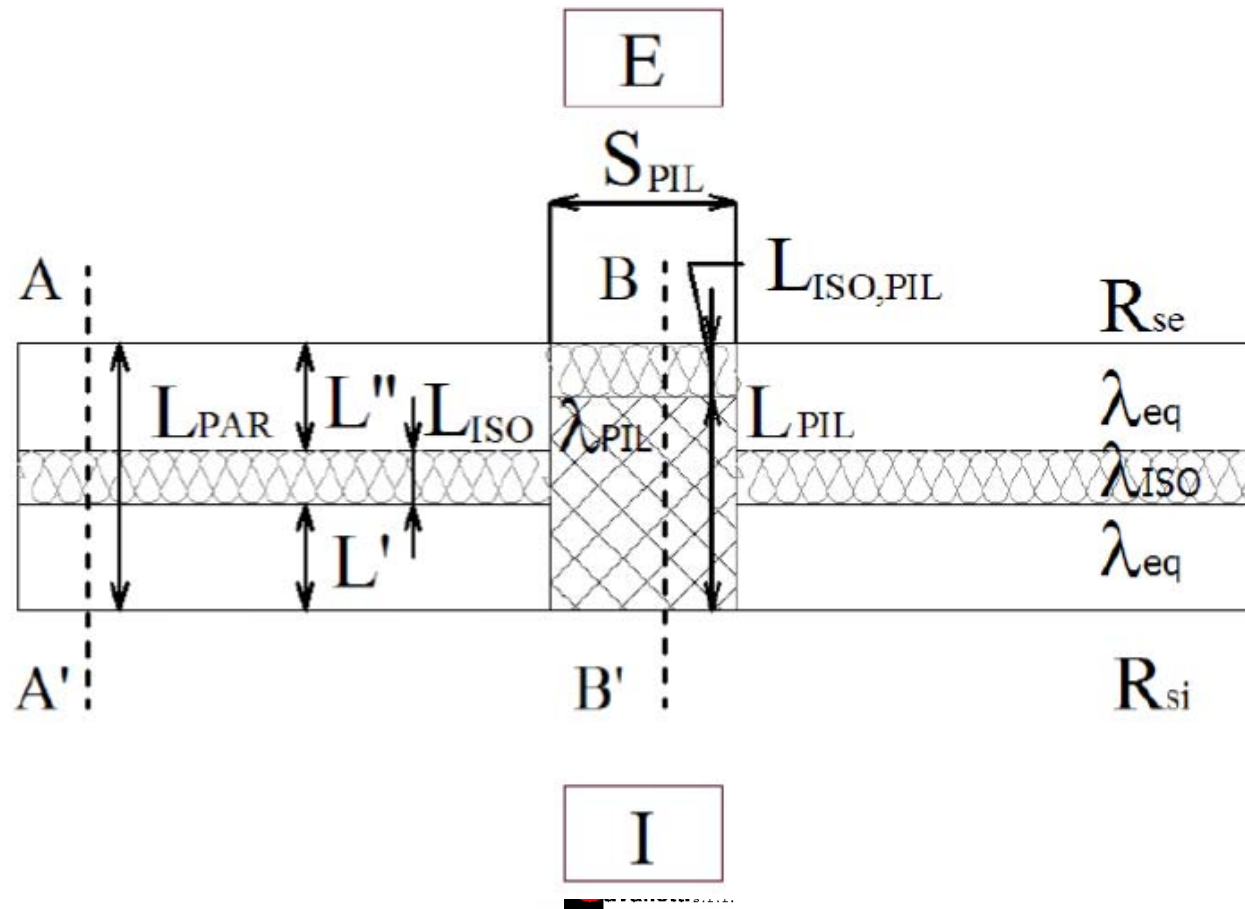
The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top containing: INPUT DATI, CALCOLI, STAMPE, INDIRIZZARIO, ARCHIVI EDIFICIO, ARCHIVI IMPIANTO, ELENCO PROGETTI, and RELAZIONE TECNICA. Below the menu bar, there are buttons for 'In Progetto', 'In Preferiti', 'Elimina', and 'Nuovo'. A table is displayed with the following columns: 'Decisione' and 'Valore'. The first row of the table has the following data: 'PT parete esterna soletta', 'Definito da utente', 'Psi definito da utente', and '0.251'. A green arrow points from the 'Elimina' button to the 'Validità' column header. A green box highlights a warning message above the table: 'Si ricorda che il controllo del campo di validità delle formule resta a cura del certificatore. Si invita leggere attentamente l'abaco dei ponti termici di riferimento.'

Decisione	Valore
PT parete esterna soletta	Definito da utente
	Psi definito da utente
	0.251

## ESEMPIO DI **NON VALIDITA** DELL'ABACO

per altri i esempi consultare «Vademecum per il **calcolo del campo di validità** degli archetipi di ponte termico» IRE Giu 2022

Archetipo “PARETE ESTERNA ISOLATA IN MEZZERIA CON PILASTRO ISOLATO ALL'ESTERNO” – (PIL 005, pagina 48 dell'Abaco dei ponti termici redatto in collaborazione tra ANCE Lombardia, CESTEC e Politecnico di Milano)



stratigrafia della parete rilevata in fase di sopralluogo:

	l	$\lambda$
	[m]	[W/(m·K)]
intonaco interno	0,02	0,9
blocco forato	0,15	0,333
materiale isolante	0,1	0,045
blocco forato	0,15	0,333
intonaco esterno	0,02	0,9

stratigrafia del pilastro rilevato in fase di sopralluogo:

	l	$\lambda$
	[m]	[W/(m·K)]
intonaco interno	0,02	0,9
cls armato	0,38	1,91
materiale isolante	0,02	0,045
intonaco esterno	0,02	0,9

**Calcolo delle resistenze superficiali utili per il calcolo della trasmittanza termica delle strutture verticali<sup>3</sup>:**

$$R_{si} = \frac{1}{h_i} = \frac{1}{7,7} = 0,13 \frac{m^2 K}{W}$$

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = \frac{1}{25} = 0,04 \frac{m^2 K}{W}$$

**Calcolo della conduttività termica equivalente della parete.** Per definizione, la conduttività termica equivalente della parete è determinata come il prodotto tra la conduttanza della parete e lo spessore della parete stessa escludendo, per entrambi, lo strato di isolante:

$$\lambda_{eq} = C \times L$$

$$C = \frac{1}{\sum_i \frac{L_i}{\lambda_i}}$$

Dato che nel caso preso in esame la stratigrafia della parete è simmetrica rispetto all'isolante (intonaco e blocco forato dello stesso spessore), per il calcolo delle grandezze ( $C$ ,  $L$  e  $\lambda_{eq}$ ) è possibile prendere in considerazione metà parete.

$$C = \frac{1}{\sum_i \frac{L_i}{\lambda_i}} = \frac{1}{\frac{0,02}{0,9} + \frac{0,15}{0,333}} = 2,116 \frac{W}{m^2 K}$$

$$L = 0,02 + 0,15 = 0,17 \text{ m}$$

$$\lambda_{eq} = C \times L = 2,116 \times 0,17 = 0,36 \frac{W}{m K}$$

## Calcolo delle altre grandezze utili:

$$U_{pil} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{pil}}{\lambda_{pil}} + \frac{L_{iso,pil}}{\lambda_{iso}} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,38}{1,91} + \frac{0,02}{0,045} + \frac{0,02}{0,9} + 0,04} = 1,166 \frac{W}{m^2K}$$

$$U_{par} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{iso}}{\lambda_{iso}} + \frac{L''}{\lambda_{eq}} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + \frac{0,02}{0,9} + \frac{0,15}{0,333} + \frac{0,10}{0,045} + \frac{0,15}{0,333} + \frac{0,02}{0,9} + 0,04} = 0,300 \frac{W}{m^2K}$$

$$U^* = \frac{U_{pil}}{U_{par}} = \frac{1,166}{0,300} = 3,89$$

## Verifica del campo di validità per l'archetipo PIL 005:

Campo di validità riportato sull'abaco:

$$1,1 \leq U^* \leq 3,4$$

$$0,30 \leq S_{pil} \leq 0,50$$

$$0,23 \leq \lambda_{eq} \leq 0,81$$

	Valore inferiore	Valore calcolato	Valore superiore	
U*	1,1	3,89	3,4	Grandezza fuori dal campo di validità, non è possibile utilizzare questo archetipo
Spil	0,3	0,4	0,5	Grandezza rientrante nel campo di validità
$\lambda_{eq}$	0,23	0,36	0,81	Grandezza rientrante nel campo di validità

L'insieme delle strutture edilizie coinvolte nel ponte termico ha caratteristiche tali da **non rientrare nel campo di validità** riportato nell'abaco di riferimento. Pertanto, l'algoritmo per il calcolo della trasmittanza lineare " $\Psi_i$ " presente sull'abaco e implementato in CELESTE 3.0 **NON può essere**

- **utilizzato.**

## 2.6 Calcolo della trasmittanza termica lineare

Come riportato nella norma UNI EN ISO 10211:2008, la trasmittanza termica lineare ( $\Psi$ ) è pari all'incremento di flusso termico (rispetto al valore ottenuto con il calcolo monodimensionale) che si ha per lo sviluppo di un campo termico bi-tri dimensionale, in regime stazionario e diviso per una lunghezza caratteristica del ponte termico e per la differenza di temperatura tra gli ambienti posti a ciascun lato, cioè:

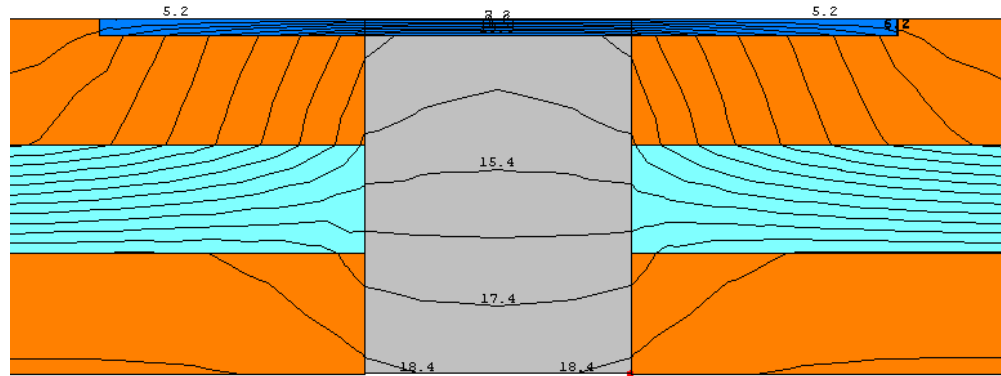
$$\Psi = \frac{\Phi^{2D} - \sum_1^N \Phi_1^{1D}}{L_{PT} \cdot \Delta\theta}$$

La trasmittanza termica lineare è quindi una grandezza che consente di calcolare il flusso termico addizionale dovuto al ponte termico rispetto al flusso termico monodimensionale calcolato per gli elementi edilizi piani concorrenti e/o costituenti tale ponte termico ed è operativamente calcolabile dalla sua definizione come:

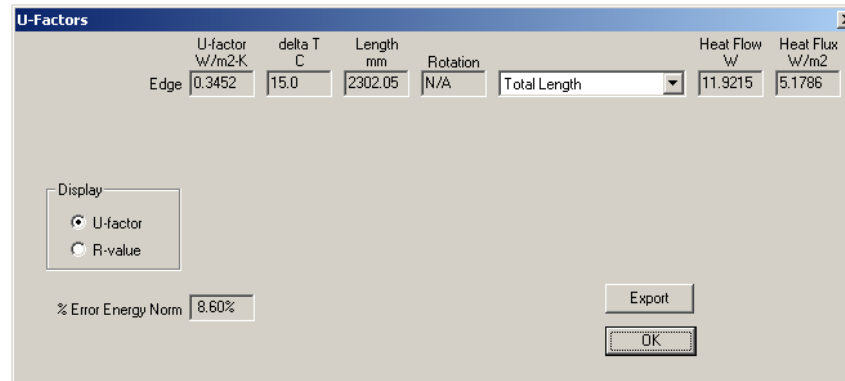
$$\Psi = \frac{\Phi^{2D}}{L_{PT} \cdot \Delta\theta} - \sum_1^N \frac{\Phi_1^{1D}}{L_{PT} \cdot \Delta\theta} = L_{2D} - \sum_1^N U_1 \cdot l_1$$

# Nei casi mancanti modello 2D

(Therm 7.3)



2 cm  
isolante su  
pt



	U	lunghezza			flusso
U factor	0.3452	2.302			0.79465
	U	lunghezza			flusso
parete	0.21	2.302			0.480307
					0.1
					0.480307
		$\psi$ int			0.314343



## DETERMINAZIONE DELLA LAMBDA EQUIVALENTE

DATI:

$U_{PAR}$ ,  $S_{PAR}$

Resistenza superficiale [m <sup>2</sup> K/W]	Direzione del flusso termico		
	ascendente ↑	orizzontale →	discendente ↓
$R_{si}$	0.10	0.13	0.17
$R_{se}$	0.04	0.04	0.04

$$\frac{1}{U_{par}} = R_{si} + \frac{S}{\lambda_{eq}} + R_{se}$$

Da cui

$$\lambda_{eq} = \frac{S}{\left(\frac{1}{U_{par}} - R_{si} - R_{se}\right)}$$

Esempio cassa vuota da 40 cm  $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$\lambda_{eq} = \frac{0.4}{\left(\frac{1}{1.1} - 0.13 - 0.04\right)} = 0.541 \text{ W/mK}$$

Muro cassa vuota				
	Spessore	Resistenza media	Conducibilità media	U fissata
Rsi		0.13		
MURO INTERNO DA 12	0.4	0.74	0.541	1.10
telaio				
parete				
Rse		0.04		
	0.4	0.91		
TRASMITTANZA	1.1	da celeste 2		
RESISTENZA TERMICA	0.909			

## Ulteriori errori significativi

- **Climatizzazione estiva:** APE con raffrescamento rilevato dai TV, 32% non inserito dal TC;
- **Superficie Lorda Disperdente;**
- **Volume lordo** riscaldato/raffrescato;
- Superficie di **solare termico** inserita nell'APE.

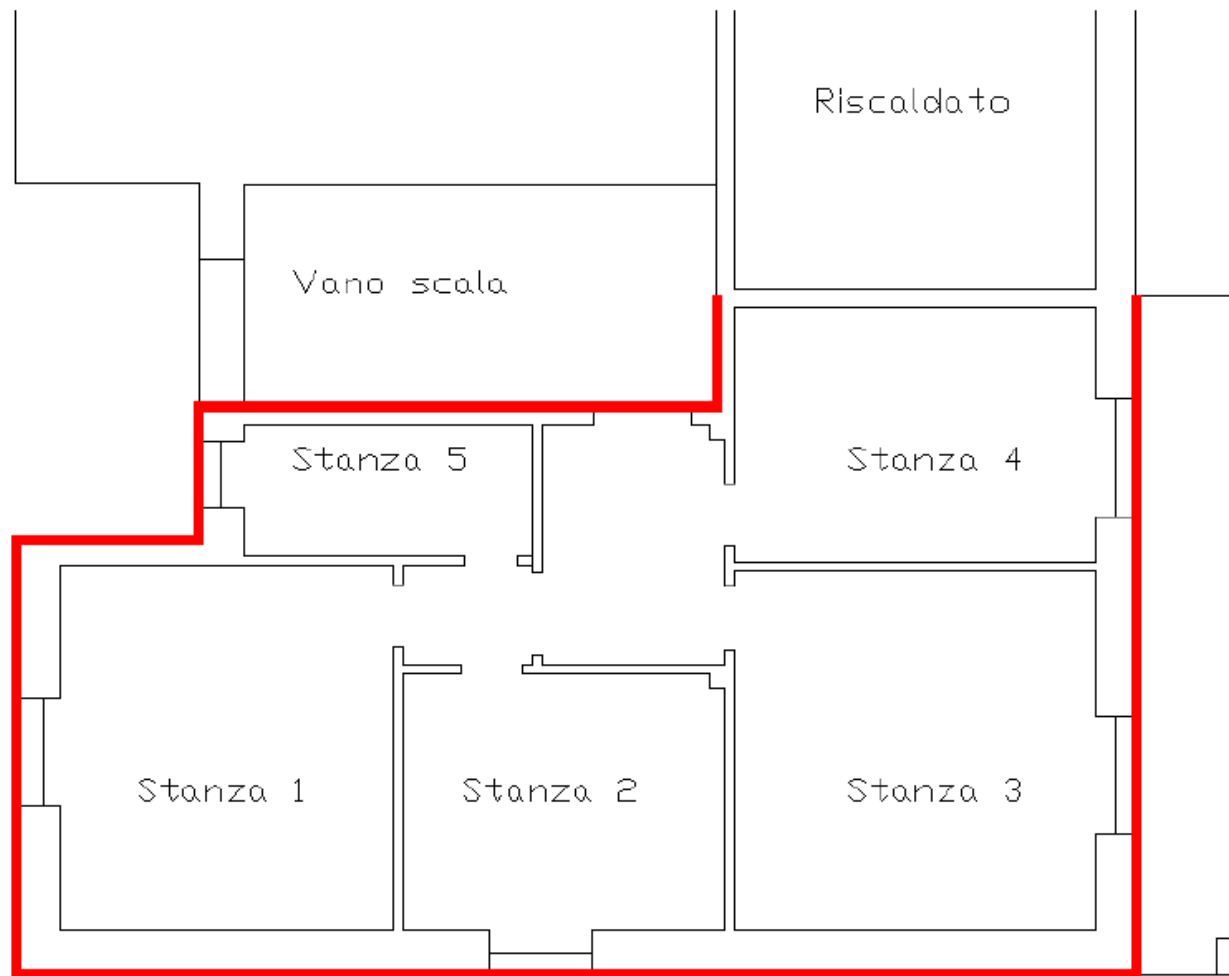
1) L'impianto deve essere adeguato al carico termico dell'appartamento --→ va inserito

2) E' molto improbabile che esistano pdc aria aria solo invernali !  
( maggioranza degli errori)

## Ulteriori errori significativi

- **Climatizzazione estiva:** APE con raffrescamento rilevato dai TV, 32% non inserito dal TC;
- **Superficie Lorda Disperdente;**
- **Volume lordo** riscaldato/raffrescato;
- Superficie di **solare termico** inserita nell'APE.

**Perimetro disperdente**



**Perimetro lordo: 31,14 m**

**VERIFICARE SE SONO SCAMBIANTI  
ANCHE SOFFITTO O PAVIMENTO !**

## Ulteriori errori significativi

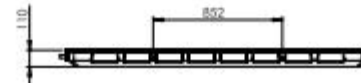
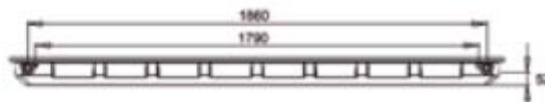
- **Climatizzazione estiva:** APE con raffrescamento rilevato dai TV, 32% non inserito dal TC;
- **Superficie Lorda Disperdente;**
- **Volume lordo** riscaldato/raffrescato;
- Superficie di **solare termico** inserita nell'APE.

1) Se l'immobile è dotato di impianto solare ad accumulo per la generazione del riscaldamento, il serbatoio deve essere implementato anche nel sottosistema accumulo.

2) In caso impianto centralizzato i valori di accumulo e superficie devono essere inseriti riportati alla singola unità immobiliare le grandezze che caratterizzano l'impianto di riscaldamento per il riscaldamento degli ambienti, moltiplicandole per i **millesimi di riscaldamento o Acs** in funzione del servizio dell'impianto solare.

MODELLO		182	230
Dimensioni collettore (H x L x P)	mm	2010 x 1260 x 110	2010 x 1010 x 110
Cassa collettore		Alluminio navale	Alluminio navale
Superficie totale collettore	m <sup>2</sup>	2,51	2,03
Superficie d'apertura	m <sup>2</sup>	2,33	1,82
Superficie captante netta	m <sup>2</sup>	2,30	1,82
Contenuto collettore	litri	2,12	1,75
Peso a vuoto collettore	kg	45,4	38
Capacità termica	kJ/m <sup>2</sup> K	7,86	7,86
Coefficiente assorbimento		95 % ± 2 %	95 % ± 2 %
Coefficiente trasmissione		5 % ± 2 %	5 % ± 2 %
Pressione massima d'esercizio	bar	10	10
Temperatura di stagnazione	°C	173,8	173,8

vers. 182    vers. 230





IRE chiede

*Sensibilizzare i Tecnici Certificatori  
relativamente al valore della «Superficie  
complessiva dell'impianto solare termico  
(Stampata in APE) [m<sup>2</sup>]» presente nella sezione del  
software "Progetto solare termico" del software  
CELESTE 3.0*

**9.1.4. Come si compila il campo "Superficie complessiva dell'impianto solare termico (Stampata in APE)[m<sup>2</sup>]" presente nella sezione del software "Progetto solare termico"?**

Nel campo "Superficie complessiva dell'impianto solare termico (Stampata in APE) [m<sup>2</sup>]" occorre inserire la superficie complessiva dell'impianto solare



*Prof. Ing. Paolo Cavalletti*

*(a contratto)*

[paolo.cavalletti@unige.it](mailto:paolo.cavalletti@unige.it)