

# I seminari del laterizio

ANDIL - Associazione Nazionale degli Industriali del Laterizio



# Prestazioni termiche dell'involucro edilizio

Facoltà di Ingegneria

Università di Pisa

**prof.ssa Maria Luisa Beconcini**

**prof. Pietro Croce**

**arch. Adolfo F. L. Baratta**

Dipartimento di Tecnologie dell'Architettura e Design "P. Spadolini"

Università degli Studi di Firenze

**Pisa, 25 marzo 2009**

# Efficienza energetica

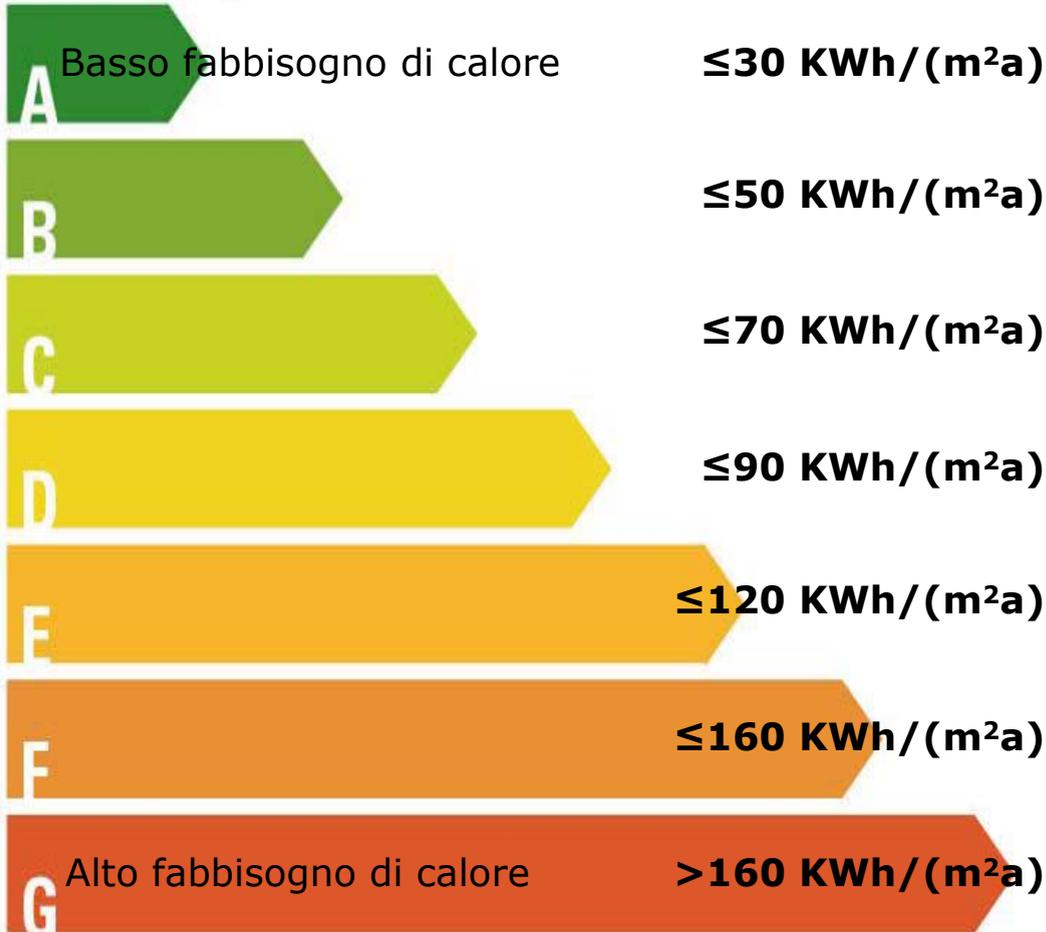
## Bilancio energetico di un edificio

In materia di contenimento dei consumi energetici, in Italia il **D.Lgs. n. 192 del 19.08.2005** e il successivo **D.Lgs. 311 del 29.12.2006** hanno dettato i criteri per un'edilizia energeticamente consapevole: secondo studi recenti una famiglia italiana potrebbe comunque risparmiare il 40% delle spese di riscaldamento semplicemente con un uso più razionale dell'energia.



# Efficienza energetica

## Categoria di consumo di calore



+ **Edifici realizzati con criteri ecologici**

**10 kWh/(m²a)** CasaClima Oro

**15 kWh/(m²a)** Passivhaus

**62 kWh/(m²a)** Abitazione efficiente

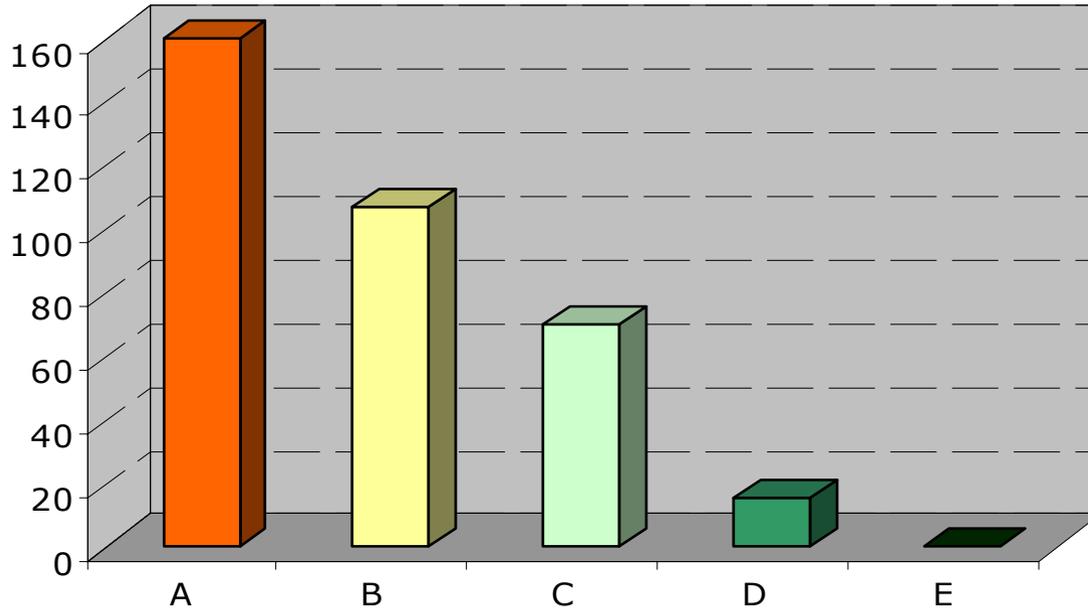
**70 kWh/(m²a)** Standard minimo

**107 kWh/(m²a)** Legge 10/91

**160 kWh/(m²a)** Prima della L. 10/91

# Efficienza energetica

## Consumo energetico



- A = Edificio costruito prima dell'entrata in vigore della L. 10/91;
- B = Edificio costruito dopo l'entrata in vigore della L. 10/91;
- C = Standard minimo D.Lgs. 311/06;
- D = Edificio passivo;
- E = Edificio a consumo energetico nullo.



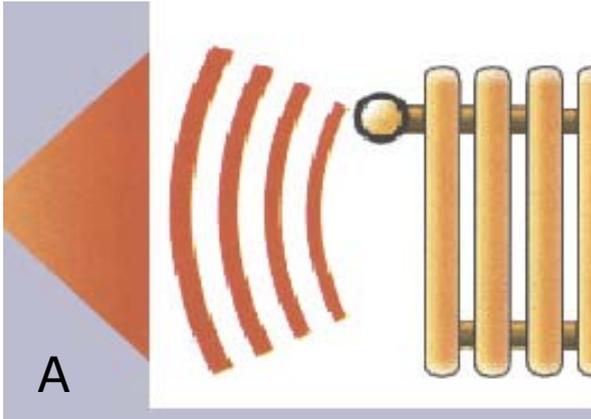
### Limiti di consumo energetico per riscaldamento

Danimarca	45 kWh/m <sup>2</sup> a
Svizzera	45 kWh/m <sup>2</sup> a
Austria	50 kWh/m <sup>2</sup> a
Germania	60 kWh/m <sup>2</sup> a
Italia	70 kWh/m <sup>2</sup> a

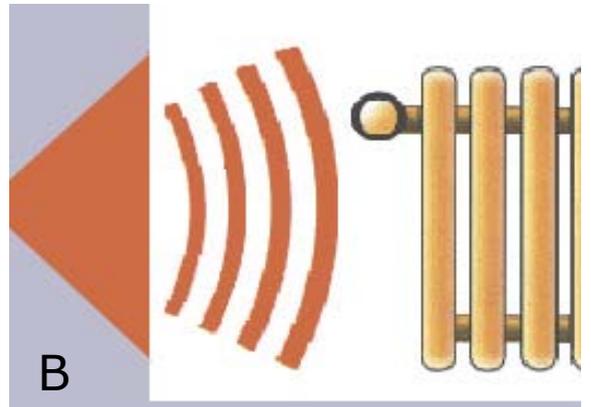
Consumo energetico annuo (kWh/m<sup>2</sup>) necessario per il solo riscaldamento

# Efficienza energetica

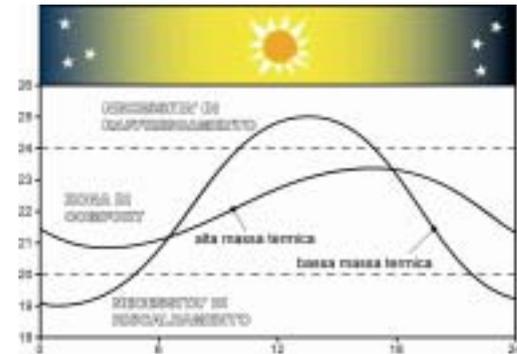
## L'inerzia termica



Muratura ad alta inerzia termica



Attitudine di un materiale di assorbire e accumulare calore che successivamente viene riceduto all'ambiente



Mantiene il più possibile costante e vicina ai valori di comfort la temperatura interna, anche quando sono sensibili le variazioni della temperatura esterna

Quando l'impianto di riscaldamento è acceso la parete accumula calore (A) mentre quando l'impianto di riscaldamento è spento la parete restituisce calore (B)

# Efficienza energetica

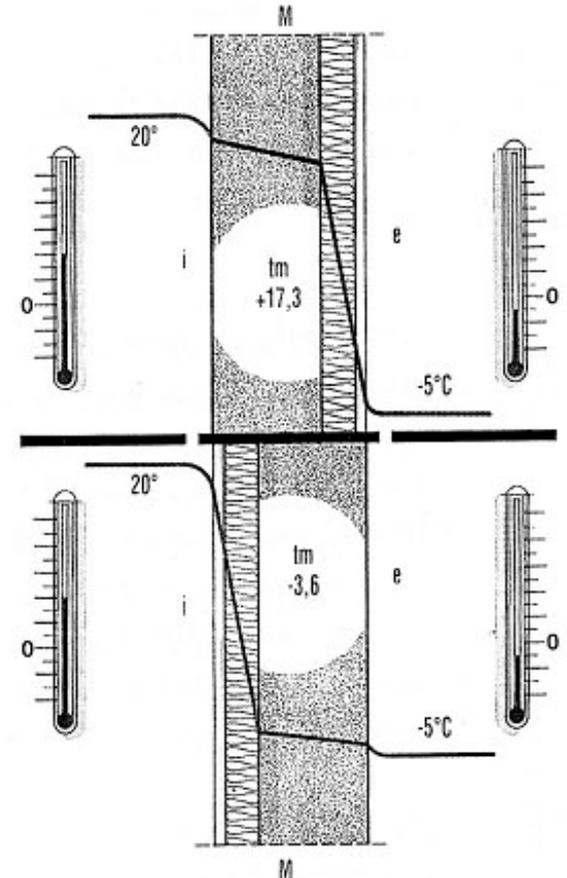
## L'inerzia termica

Parete senza intercapedine composta da tavolati paralleli di blocchi o mattoni, connessi fra loro, che assumono contemporaneamente la funzione di chiusura e isolamento.

L'inerzia termica di una parete ha il compito di mantenere il più possibile costante e vicina ai valori di comfort la temperatura interna, anche quando sono sensibili le variazioni della temperatura esterna.

Mentre la resistenza termica di una parete non dipende dalla successione dei componenti, la quantità di calore accumulato in ognuno di loro è funzione delle loro temperature medie e quindi del loro ordine.

Particolare importanza assume, a parità di spessore, la posizione dell'isolante termico.



M = muratura; tm = temperatura media del volano termico  
i = ambiente interno; e = ambiente esterno

# Efficienza energetica

## Ponte termico

Il ponte termico è una dispersione termica localizzata.

La sua presenza determina un abbassamento della temperatura superficiale, sottraendo calore agli strati d'aria che lambiscono la parete.

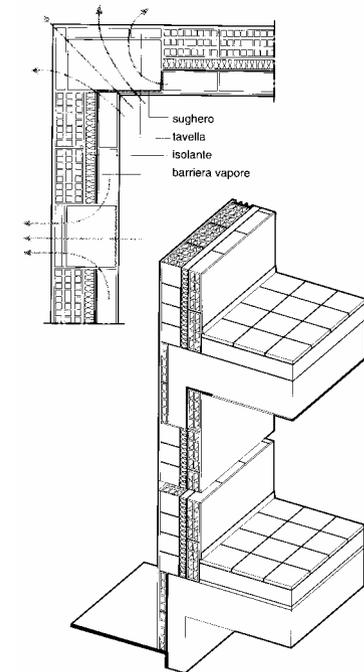
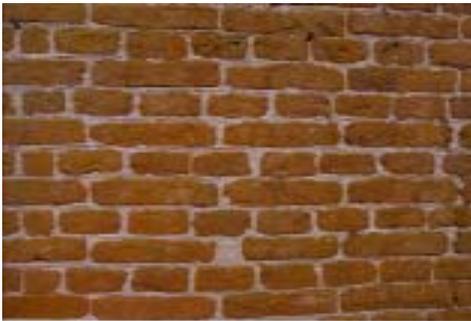
Un effetto visibile del ponte termico è la condensa superficiale: quest'ultima è definita come il passaggio di stato fisico da aeriforme (vapore acqueo) a liquido (acqua) causato dal repentino abbassamento della temperatura. La formazione di muffe dovuta alla condensa superficiale è frequente negli angoli di edifici a struttura intelaiata non adeguatamente protetti.



# Efficienza energetica

## Ponte termico: discontinuità materica

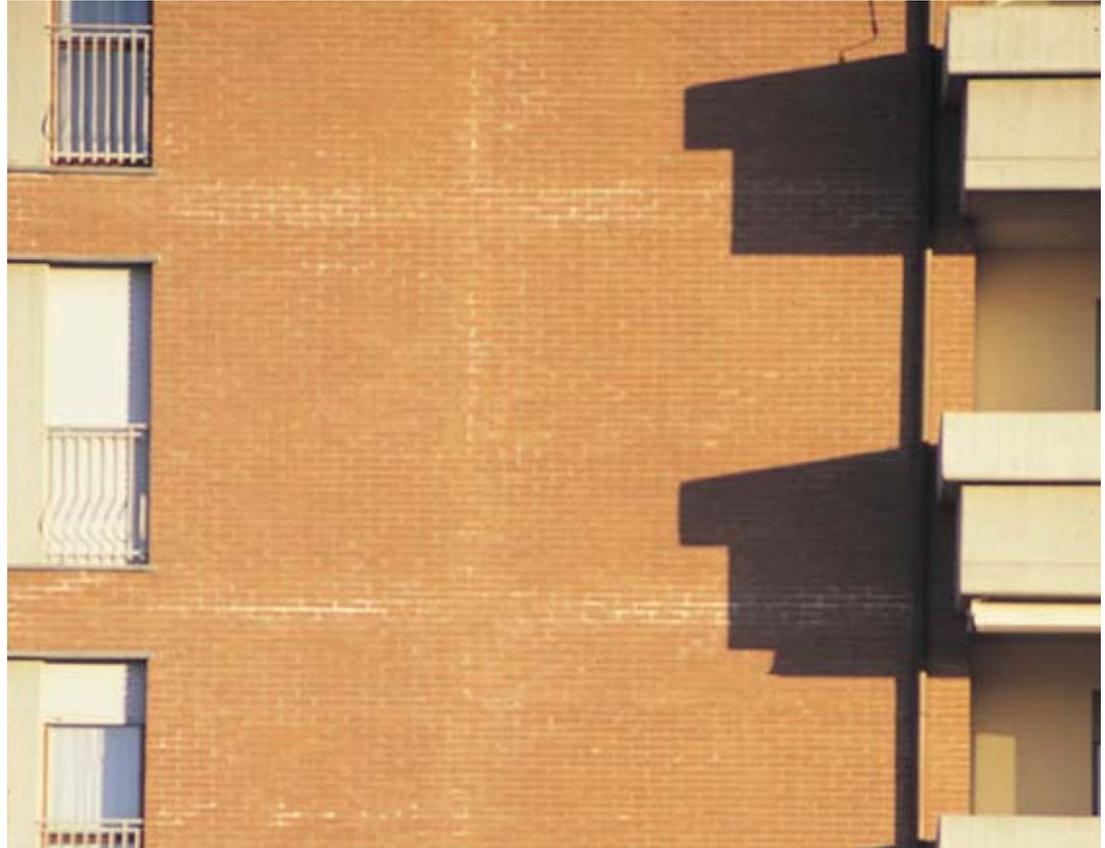
Il ponte termico può crearsi per discontinuità materica, quando in una chiusura è presente un materiale, con caratteristica di continuità tra esterno ed interno, con elevata conducibilità termica. Un ponte termico costruttivo si determina tipicamente in corrispondenza degli elementi strutturali in calcestruzzo armato ( $\lambda=1,3\text{Kcal/hm}^\circ\text{C}$ ) che sono parte di una struttura.



# Efficienza energetica

## Condensa

Le macchie di umido, che si manifestano con diverse tonalità del colore del paramento murario, contorni precisi, eventualmente con frange e aloni dovuti a processi successivi di umidificazione e asciugatura, possono essere attribuite anche alla presenza di un ponte termico.

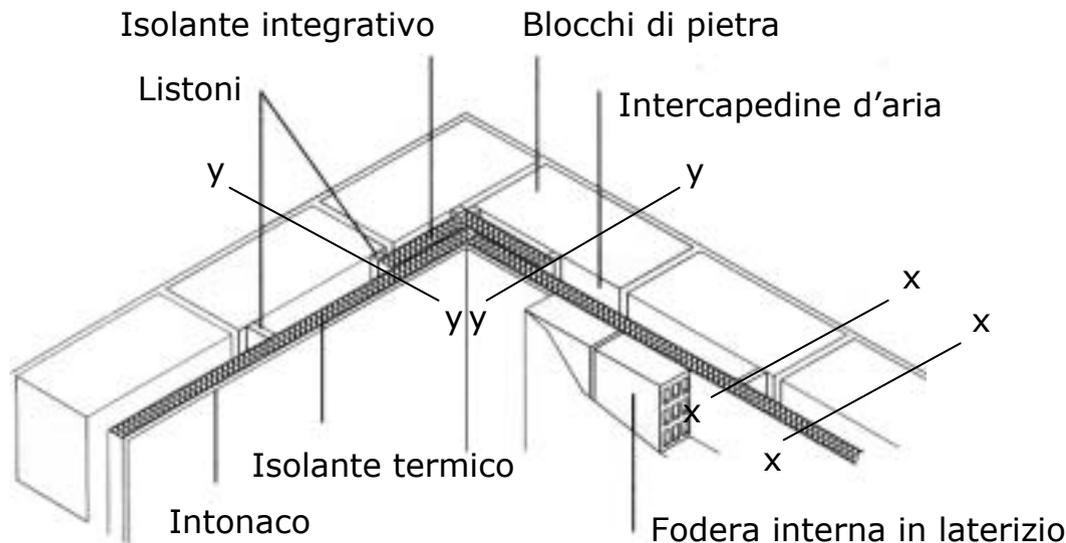


La presenza di un ponte termico è visibile per la formazione di condensa superficiale.

# Efficienza energetica

## Ponte termico: discontinuità geometrica

Il ponte termico dovuto alla discontinuità geometrica si determina quando in una chiusura è presente una discontinuità geometrica che altera la normale trasmissione dei flussi termici tra esterno ed interno. Tale ponte termico si manifesta tipicamente in corrispondenza degli angoli delle chiusure perimetrali.



Nella sezione generica x-x le facce della parete sono piane e parallele e la superficie raffreddata esterna ( $S_e$ ) è uguale alla superficie riscaldata interna ( $S_i$ ); nella sezione d'angolo y-y la superficie raffreddata esterna ( $S_e$ ) è molto superiore alla superficie riscaldata interna ( $S_i$ )

# Urs Burkard e Adrian Meyer

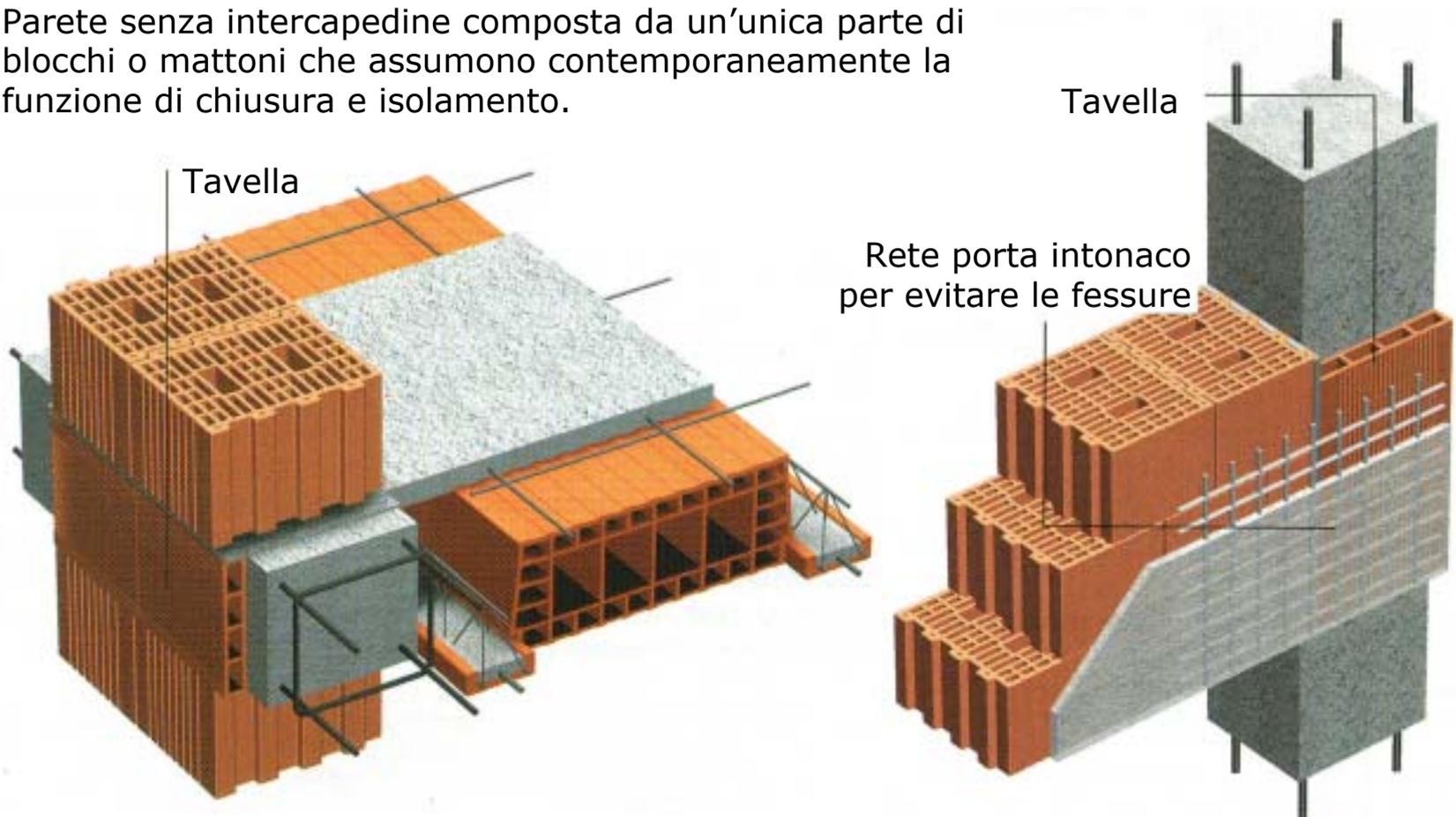
## Residenze, Baden (CH) 1999-2000



# Efficienza energetica

## Parete monostrato

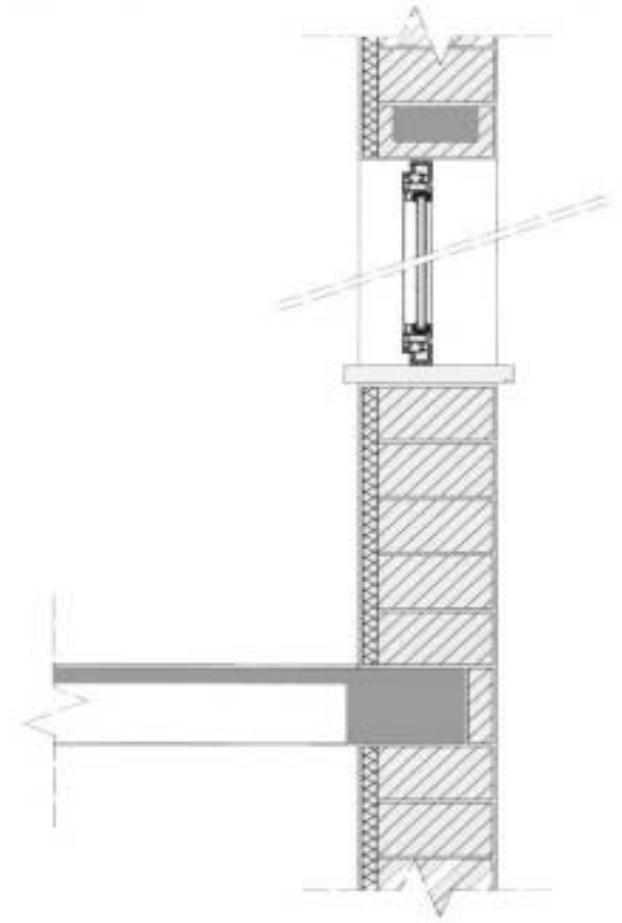
Parete senza intercapedine composta da un'unica parte di blocchi o mattoni che assumono contemporaneamente la funzione di chiusura e isolamento.



# Efficienza energetica

## Pareti con isolamento interno

Parete composta da uno strato esterno autoportante e uno strato di isolamento interno. Viene impiegata soprattutto negli interventi di recupero che richiedono un incremento di isolamento termico.

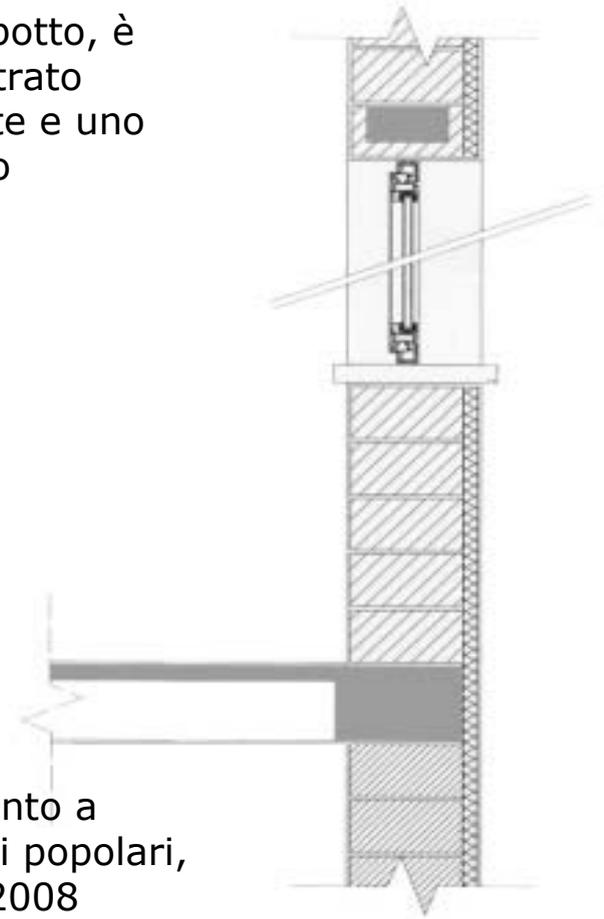


# Efficienza energetica

## Pareti con isolamento esterno (cappotto)



Detta parete a cappotto, è composta da uno strato interno autoportante e uno strato di isolamento esterno.



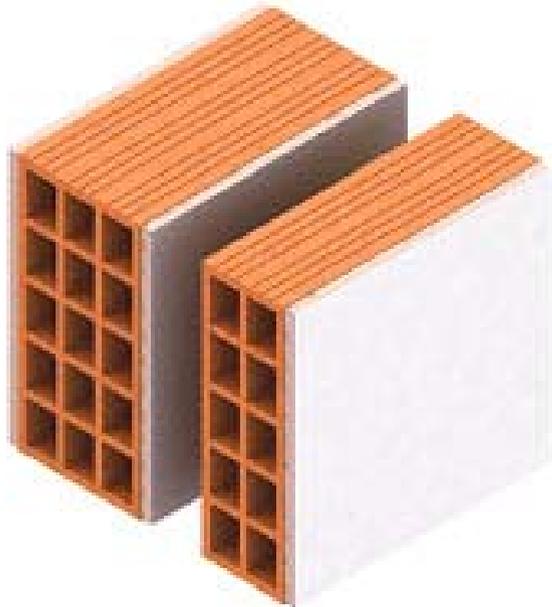
Crollo del rivestimento a cappotto, Abitazioni popolari, Sassari 12 agosto 2008

# Efficienza energetica

## Parete a cassa vuota e parete a cassetta

### Parete a cassa vuota

Detta muratura a doppia parete, è costituita da due pareti parallele poste a distanza ravvicinata con interposta intercapedine d'aria.



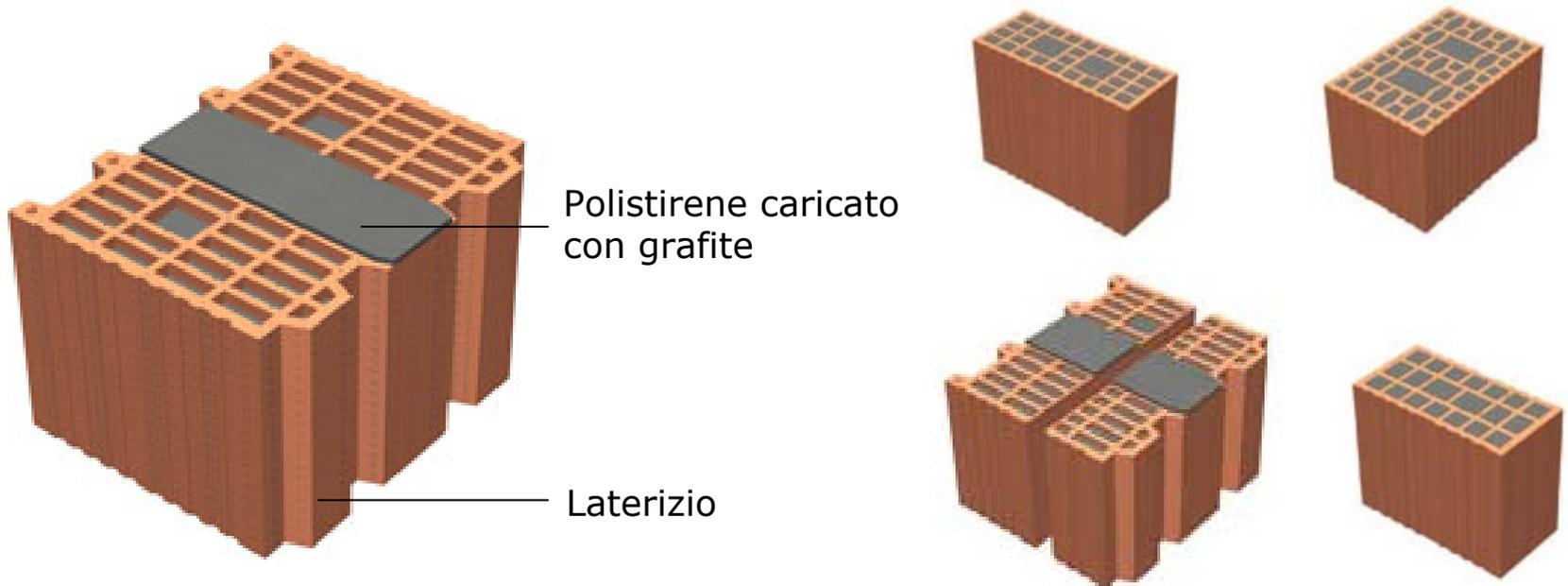
### Parete a cassetta

Parete costituita da due pareti parallele poste a distanza ravvicinata con interposto isolante termico e, in alcuni casi, intercapedine d'aria.



# Efficienza energetica

## Parete a cassetta



Trasmittanza del blocco di spessore 30,0 cm .....  $U = 0,33 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ;  
Isolamento acustico di facciata ..... Oltre 40 dB  
Resistenza al fuoco .....  $REI = 180$ ;  
Notevole inerzia termica che attenua gli effetti delle escursioni termiche estive ed invernali e riduzione dei ponti termici grazie alla presenza dei pezzi speciali;  
Velocità di posa.

# Efficienza energetica

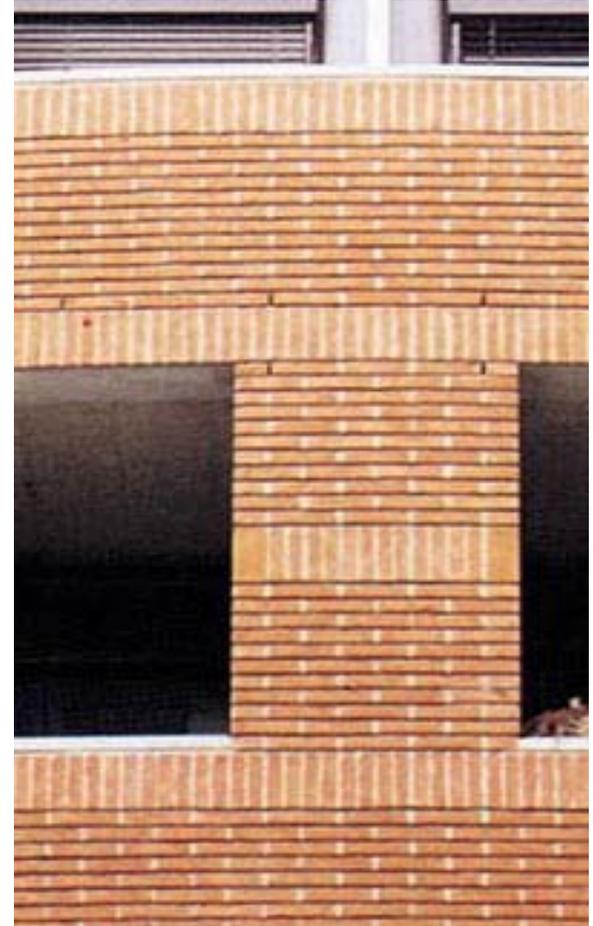
## Parete ventilata

Parete composta da un rivestimento esterno leggermente distanziato dalla parete interna, sulla quale in alcuni casi è posto un isolante termico, così da creare un'intercapedine d'aria nella quale si genera un moto convettivo dal basso verso l'alto.

Nei climi freddi, con lunghi periodi di pioggia battente, la parete esterna può assorbire acqua per tutto il suo spessore: con una intercapedine microventilata viene favorita l'asciugatura delle pareti interna ed esterna, oltre a favorire il deflusso del vapore acqueo.

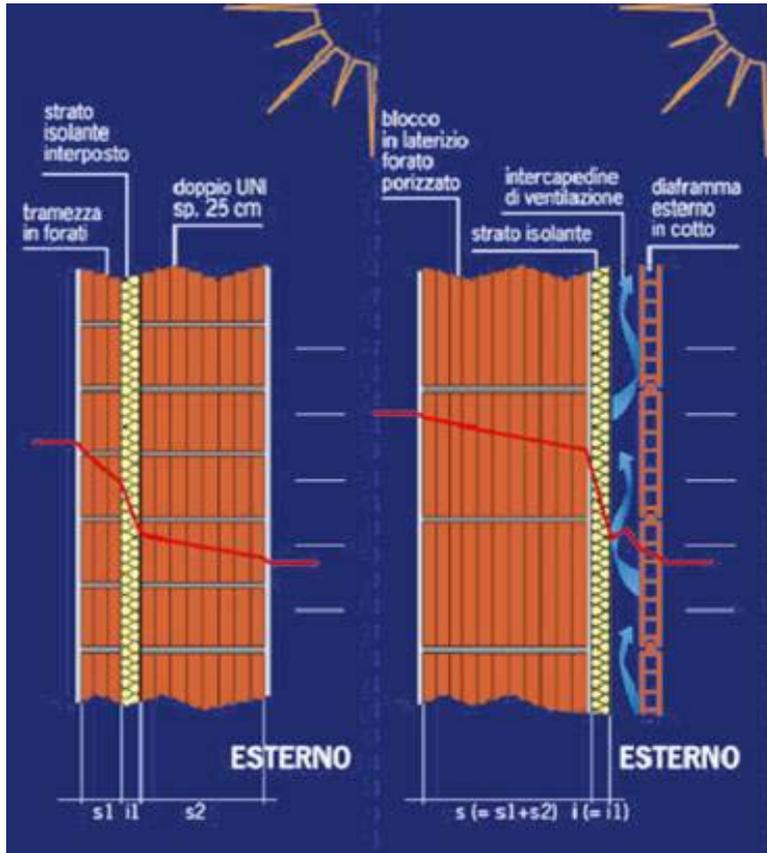
Nei climi molto caldi il problema è opposto. La parete esterna si surriscalda e irradia calore verso la parete interna: in questo caso la ventilazione riduce tale effetto raffreddando la parete esterna.

I fori realizzati alla base della muratura esterna possono anche essere utilizzati per far defluire l'eventuale umidità causata dall'infiltrazione di acqua piovana attraverso la parete esterna.

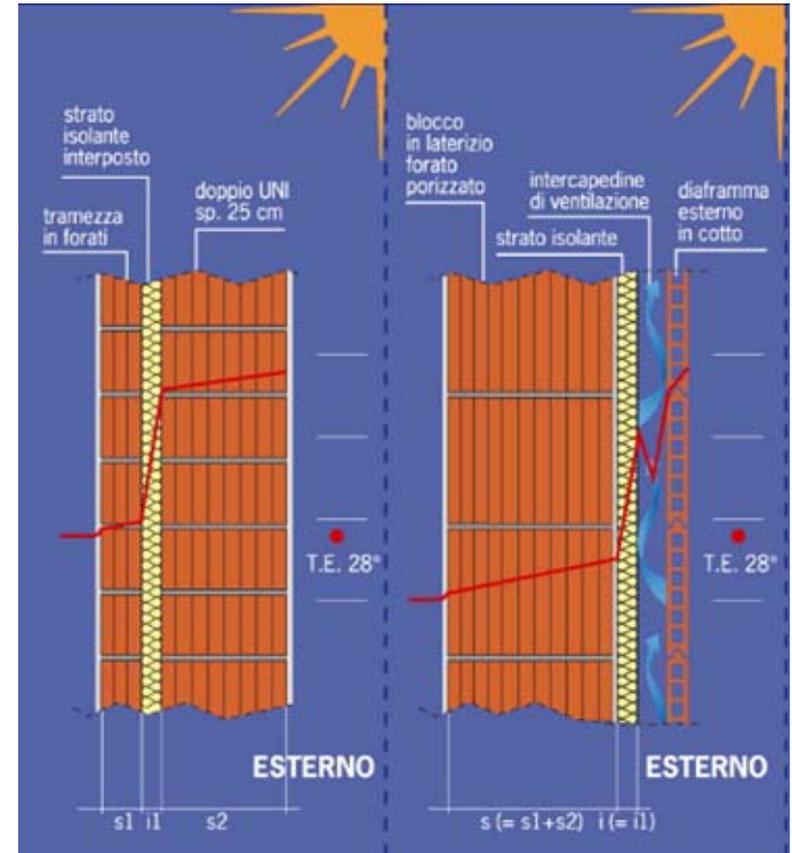


# Efficienza energetica

## Parete ventilata

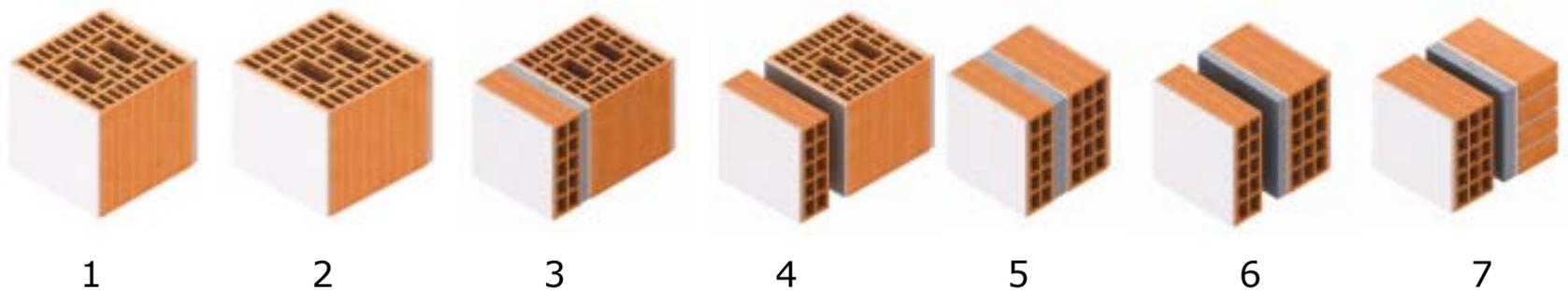


Inverno (ore 08<sup>00</sup>) - Parete in ombra



Estate (ore 14<sup>00</sup>) - Parete irraggiata dal sole

# Prestazioni



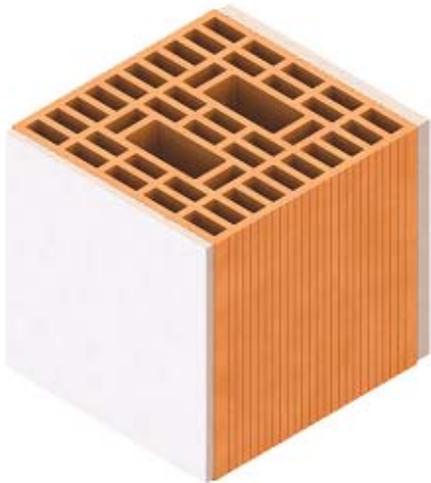
n.	Tipologia	Spessore	U W/m <sup>2</sup> K	2008						2010					
				A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
01.	Monostrato	41,0	0,45	A	B	C				A	B				
02.	Monostrato	48,0	0,39	A	B	C	D			A	B	C			
03.	A cassetta	45,0	0,19	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
04.	A cassa vuota	42,0	0,65	A											
05.	A cassetta	32,0	0,31	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
06.	A cassetta	37,0	0,30	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
07.	Faccia a vista	39,0	0,36	A	B	C	D	E		A	B	C	D		

# Prestazioni

## Muratura monostrato

### *Stratificazione*

- Intonaco esterno (2,0 cm)
- Blocco in laterizio alleggerito (38,0 cm)
- Intonaco interno (1,0 cm)



*Spessore complessivo 41,0 cm*

### *Prestazioni*

Trasmittanza  $U = \mathbf{0,45 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Massa superficiale  $M_s = 333 \text{ kg/m}^2$

Fattore di decremento (smorzamento) 0,17

Ritardo del fattore di decremento 11 h

Isolamento acustico  $R_w = 50 \text{ (dB)}$

Resistenza al fuoco  $REI > 180$

Classe reazione al fuoco 0

Classe tossicità in uso 0

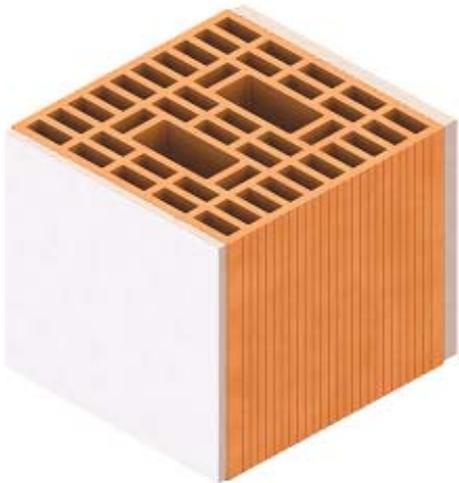
Classe tossicità in incendio 0

# Prestazioni

## Muratura monostrato

### *Stratificazione*

- Intonaco esterno (2,0 cm)
- Blocco in laterizio alleggerito (45,0 cm)
- Intonaco interno (1,0 cm)



*Spessore complessivo 48,0 cm*

### *Prestazioni*

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

Massa superficiale  $M_s = 430 \text{ kg/m}^2$

Fattore di decremento (smorzamento) 0,07

Ritardo del fattore di decremento 16 h

Isolamento acustico  $R_w = 53 \text{ (dB)}$

Resistenza al fuoco  $REI > 180$

Classe reazione al fuoco 0

Classe tossicità in uso 0

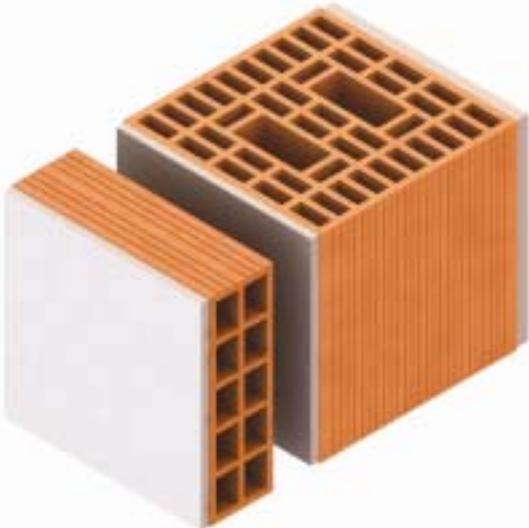
Classe tossicità in incendio 0

# Prestazioni

## Muratura a cassa vuota

### *Stratificazione*

- Intonaco esterno (2,0 cm)
- Blocco in laterizio alleggerito in pasta (25,0 cm)
- Intonaco di staghezza (1,0 cm)
- Intercapedine d'aria (5,0 cm)
- Elemento forato in laterizio (8,0 cm)
- Intonaco interno (1,0 cm)



*Spessore complessivo 42,0 cm*

### *Prestazioni*

Trasmittanza  $U = \mathbf{0,65 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Massa superficiale  $M_s = 255 \text{ kg/m}^2$

Fattore di decremento (smorzamento) 0,21

Ritardo del fattore di decremento 14,1 h

Isolamento acustico  $R_w = 52 \text{ (dB)}$

Resistenza al fuoco  $REI > 180$

Classe reazione al fuoco 0

Classe tossicità in uso 0

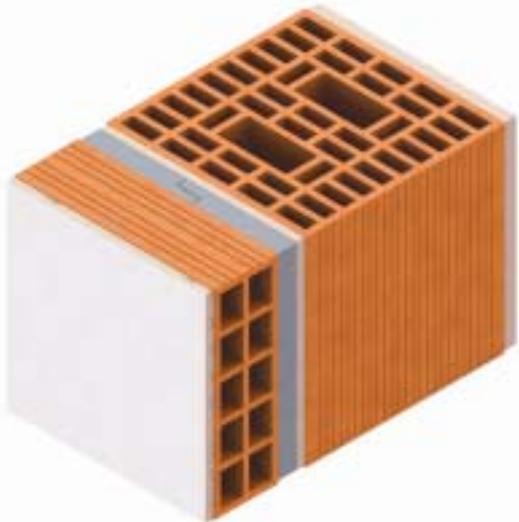
Classe tossicità in incendio 0

# Prestazioni

## Muratura a cassetta

### *Stratificazione*

- Intonaco esterno (2,0 cm)
- Blocco in laterizio alleggerito in pasta (25,0 cm)
- Intonaco di staghezza (1,0 cm)
- Isolante termico in polistirene espanso sinterizzato (8,0 cm)
- Elemento forato in laterizio (8,0 cm)
- Intonaco interno (1,0 cm)



*Spessore complessivo 45,0 cm*

### *Prestazioni*

Trasmittanza  $U = \mathbf{0,19 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Massa superficiale  $M_s = 255 \text{ kg/m}^2$

Fattore di decremento (smorzamento) 0,09

Ritardo del fattore di decremento 20,2 h

Isolamento acustico  $R_w = 52 \text{ (dB)}$

Resistenza al fuoco  $REI > 180$

Classe reazione al fuoco 1

Classe tossicità in uso 0

Classe tossicità in incendio 0

# Prestazioni

## Muratura a cassetta

### *Stratificazione*

- Intonaco esterno (2,0 cm)
- Elemento forato in laterizio (12,0 cm)
- Intonaco di staghezza (1,0 cm)
- Isolante termico in polistirene espanso sinterizzato (8,0 cm)
- Elemento forato in laterizio (8,0 cm)
- Intonaco interno (1,0 cm)



*Spessore complessivo 32,0 cm*

### *Prestazioni*

Trasmittanza  $U = \mathbf{0,31 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Massa superficiale  $M_s = 160 \text{ kg/m}^2$

Fattore di decremento (smorzamento) 0,37

Ritardo del fattore di decremento 10,3 h

Isolamento acustico  $R_w = 48 \text{ (dB)}$

Resistenza al fuoco  $REI > 180$

Classe reazione al fuoco 1

Classe tossicità in uso 0

Classe tossicità in incendio 0

# Prestazioni

## Muratura a cassetta

### *Stratificazione*

- Intonaco esterno (2,0 cm)
- Elemento forato in laterizio (12,0 cm)
- Intonaco di staghezza (1,0 cm)
- Intercapedine d'aria (5,0 cm)
- Isolante termico in polistirene espanso sinterizzato (8,0 cm)
- Elemento forato in laterizio (8,0 cm)
- Intonaco interno (1,0 cm)



*Spessore complessivo 37,0 cm*

### *Prestazioni*

Trasmittanza  $U = \mathbf{0,30 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Massa superficiale  $M_s = 160 \text{ kg/m}^2$

Fattore di decremento (smorzamento) 0,35

Ritardo del fattore di decremento 10,5 h

Isolamento acustico  $R_w = 47 \text{ (dB)}$

Resistenza al fuoco  $REI > 180$

Classe reazione al fuoco 1

Classe tossicità in uso 0

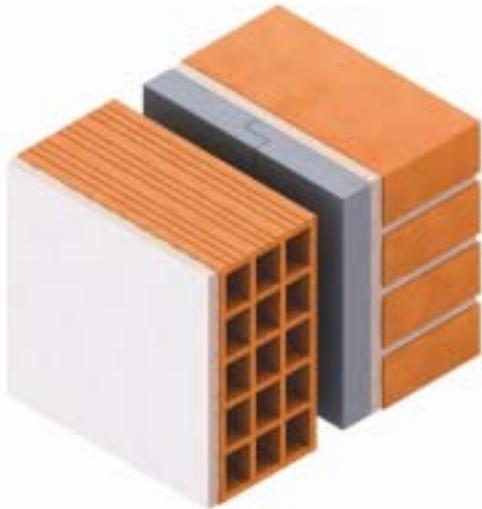
Classe tossicità in incendio 0

# Prestazioni

## Muratura a cassetta con faccia a vista

### *Stratificazione*

- Mattone pieno faccia a vista (12,0 cm)
- Intonaco di staghezza (1,0 cm)
- Isolante termico in polistirene espanso sinterizzato (8,0 cm)
- Intercapedine d'aria (5,0 cm)
- Elemento forato in laterizio (12,0 cm)
- Intonaco interno (1,0 cm)



*Spessore complessivo 39,0 cm*

### *Prestazioni*

Trasmittanza  $U = \mathbf{0,36 \text{ W/m}^2\text{K}}$

Massa superficiale  $M_s = 251 \text{ kg/m}^2$

Fattore di decremento (smorzamento) 0,19

Ritardo del fattore di decremento 12,0 h

Isolamento acustico  $R_w = 51 \text{ (dB)}$

Resistenza al fuoco  $REI > 180$

Classe reazione al fuoco 1

Classe tossicità in uso 0

Classe tossicità in incendio 0

# Efficienza energetica

## Passivhaus

Il settore delle costruzioni ha un potenziale di risparmio energetico probabilmente più elevato di qualsiasi altro settore. In Germania le esperienze in tale senso hanno portato all'ideazione della Niedrigenergiehaus (Casa a basso consumo energetico), un sistema che, grazie alla relativa semplicità applicativa e ai costi concorrenziali di costruzione, ha conosciuto in questo Paese un prospero sviluppo.

Negli stessi anni Ottanta si sono avute analoghe esperienze costruttive nei Paesi dove l'attenzione verso l'ambiente e il risparmio energetico sono al vertice dell'interesse collettivo (Austria, Danimarca e Svezia, Paese quest'ultimo dove le Nybyggnadsregler diventano obbligatori gli standard energetici forniti dalle case a basso consumo energetico).

In Italia, in materia di contenimento dei consumi energetici, il D.Lgs. 192 del 19.08.2005 ha dettato criteri per un'edilizia energeticamente consapevole: nonostante la norma abbia contribuito in maniera significativa alla ricerca di soluzioni adatte alla riduzione del consumo energetico, secondo studi recenti una famiglia italiana potrebbe risparmiare il 40% delle spese di riscaldamento semplicemente con un uso più razionale dell'energia.



# Efficienza energetica

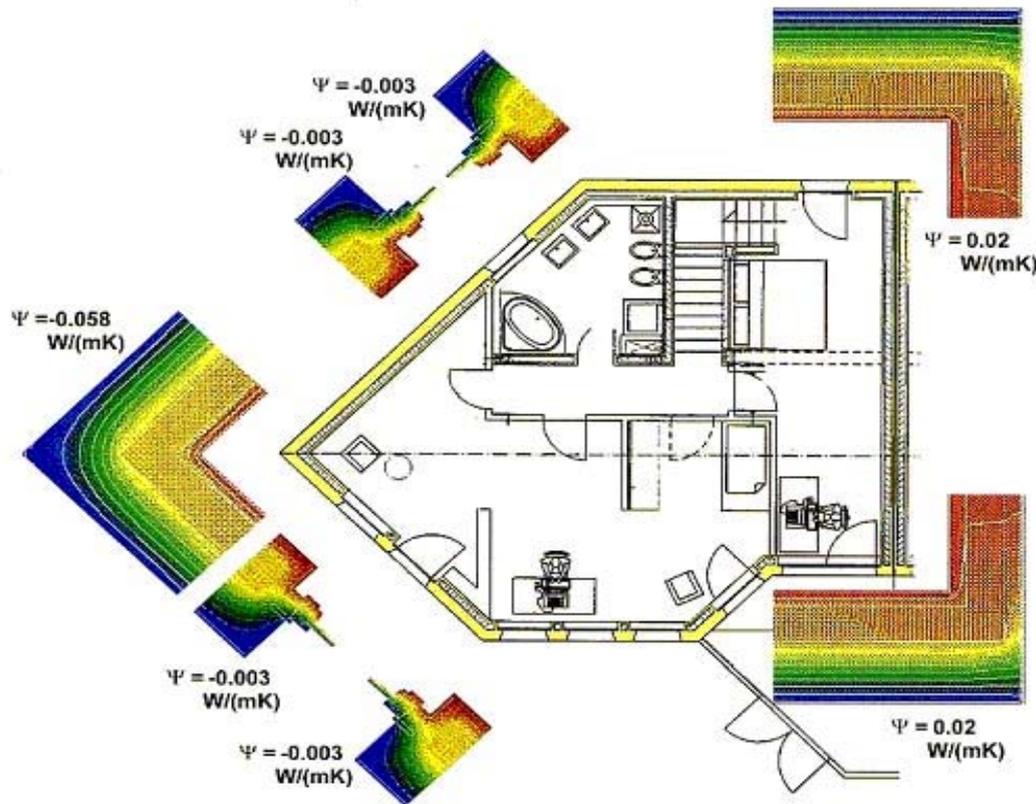
## Passivhaus

La passivhaus riesce a condizionarsi attraverso sistemi passivi e rinnovabili di produzione di energia (quali il sole, l'aria, il corpo umano, ecc.) determinando un gradevole clima interno senza utilizzare un impianto di riscaldamento o di climatizzazione convenzionale. Fino ad un terzo dell'energia termica necessaria è prodotta da sistemi a guadagno solare passivo che da soli contribuiscono ad annullare quasi del tutto i costi di esercizio. Un ulteriore contributo al risparmio energetico è fornito da un moderno impianto di ricambio d'aria: il ricambio avviene con il recupero del calore dell'aria espulsa e il successivo impiego per il riscaldamento di quella in ingresso. Alla produzione di energia termica partecipa anche la potenza termica emanata dagli occupanti e dalle apparecchiature contenute nell'edificio (basti pensare che con due lampadine di 75 W si può riscaldare una stanza di circa 20,0 m<sup>2</sup>).



# Efficienza energetica

## Passivhaus



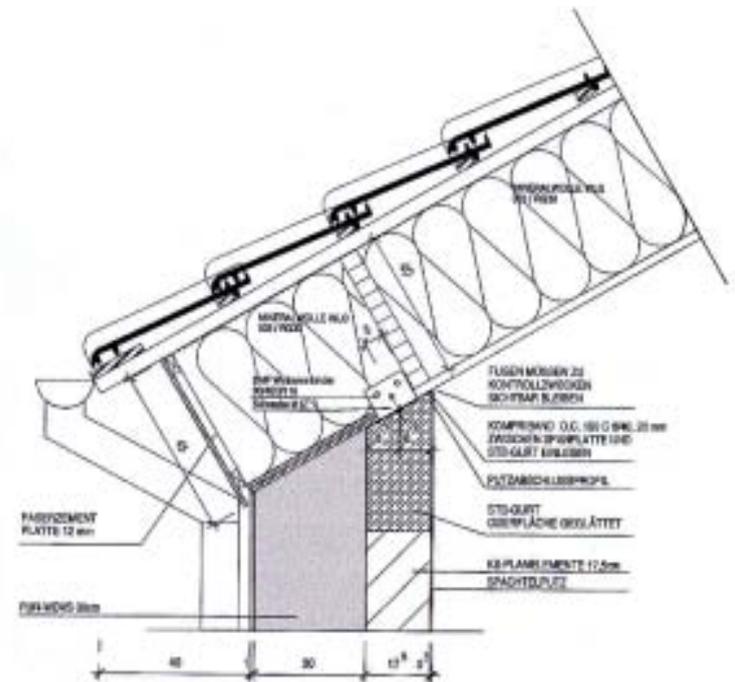
Il ricorso ad impianti di riscaldamento attivi non è eliminato, altrimenti si potrebbe parlare di casa a consumo energetico nullo: soltanto quando l'intero guadagno passivo di energia non si rivela sufficiente, ovvero quando la temperatura esterna scende sotto i  $-20^{\circ}\text{C}$ , entra in funzione un impianto ausiliario che riscalda la sola aria immessa negli ambienti. A titolo orientativo, in Italia, un edificio di vecchia costruzione consuma l'energia necessaria per il riscaldamento della sola acqua di una casa passiva.

# Efficienza energetica

## Passivhaus

Affinché una casa possa definirsi passiva si devono contemporaneamente soddisfare una serie di requisiti che si traducono, per il sistema edificio-impianto, in elevati livelli prestazionali sia dal punto di vista energetico che della sostenibilità ambientale. A tal fine, componenti opachi e finestrati devono presentare un eccezionale isolamento termico e il sistema di ventilazione deve presentare elevata efficienza ed efficacia.

È facilmente comprensibile come la casa passiva costituisca un investimento per il futuro: per riscaldarla è sufficiente il 10% dell'energia necessaria a riscaldare un edificio tradizionale, l'emissione di sostanze nocive è ridotta dell'80% e i costi di riscaldamento sono praticamente annullati. Sempre a proposito di convenienza, una casa passiva è considerata economicamente vantaggiosa quando il suo costo complessivo di progettazione, costruzione e gestione (per circa 30 anni) non supera i costi di sola costruzione di un edificio tradizionale.



# Grazie

## Contatti

arch. Adolfo Baratta  
Dip. di Tecnologie dell'Architettura e Design  
Via San Niccolò, n. 93 - 50125 Firenze  
tel. +39.055.2491511  
e.mail [adolfo.baratta@taed.unifi.it](mailto:adolfo.baratta@taed.unifi.it)