

**UNIVERSITÀ DI PISA**  
**DICI** - Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale

# **TECNOLOGIA DELLE COSTRUZIONI**

**Ing. Marco Palazzuoli**

# **STRUTTURE DI ELEVAZIONE A PARETI PORTANTI IN MURATURA**

Le pareti portanti in calcestruzzo armato vengono realizzate con le stesse tecniche delle strutture a telaio.

Possono essere realizzate sia:

- in opera, in casseforme a perdere o reimpiegabili
- prefabbricate in stabilimento o prefabbricate "a piè d'opera"

### **Pareti in calcestruzzo armato gettate in opera**

Le pareti realizzate con casseri a perdere in lastre prevedono l'utilizzo di pannelli modulari di legno mineralizzato o lastre di polistirene espanso a sezione ondulata. Gli elementi hanno spessori variabili da 3 a 9 cm per rispondere ad esigenze di resistenza meccanica in fase di getto e per fornire, successivamente, adeguate prestazioni di isolamento termico.

Per la realizzazione delle pareti strutturali vengono anche impiegati elementi semiprefabbricati costituiti da due lastre sottili in calcestruzzo, armate con rete elettrosaldata (fungono da casseri a perdere) partecipanti alla sezione resistente della parete finita; le due lastre sono legate fra loro da tralicci metallici annegati nel getto in stabilimento. Le pareti semiprefabbricate vengono successivamente posizionate in opera utilizzando ganci che sono già predisposti in officina, concatenate con le armature principali e integrative, sigillate con bande nelle parti di giunzione e, infine, gettate con un getto di completamento che solidarizza l'insieme fino a realizzare una parete portante monostrato. da 50 cm fino a 150 cm









Casseri a perdere o blocchi in fibra di legno mineralizzata accoppiati a isolante in EPS per la realizzazione di setti portanti in cls armato coibentati

Le pareti realizzate con casseri a perdere in blocchi utilizzano anch'esse elementi di legno mineralizzato o polistirene espanso; a differenza delle pareti, i sistemi a blocchi prevedono misure modulari standardizzate e sono prodotti con giunti ad incastro ed elementi speciali per consentire montaggio facilitato e rapidità delle fasi di posa in opera. Data la leggerezza degli elementi costituenti sono previsti blocchi con dimensioni variabili in larghezza, in relazione al calcolo strutturale, con altezze da 25 a 50 cm e lunghezze da 50 cm fino a 150 cm.



Gli elementi del cassero sono in poliestere espanso ad alta densità, costituiti da due lastre isolanti (a spessore variabile) nelle quali sono ancorati dei lamierini zincati. La posa delle armature di progetto ed il riempimento in calcestruzzo completano il sistema





## GENERALITÀ SUGLI EDIFICI IN MURATURA

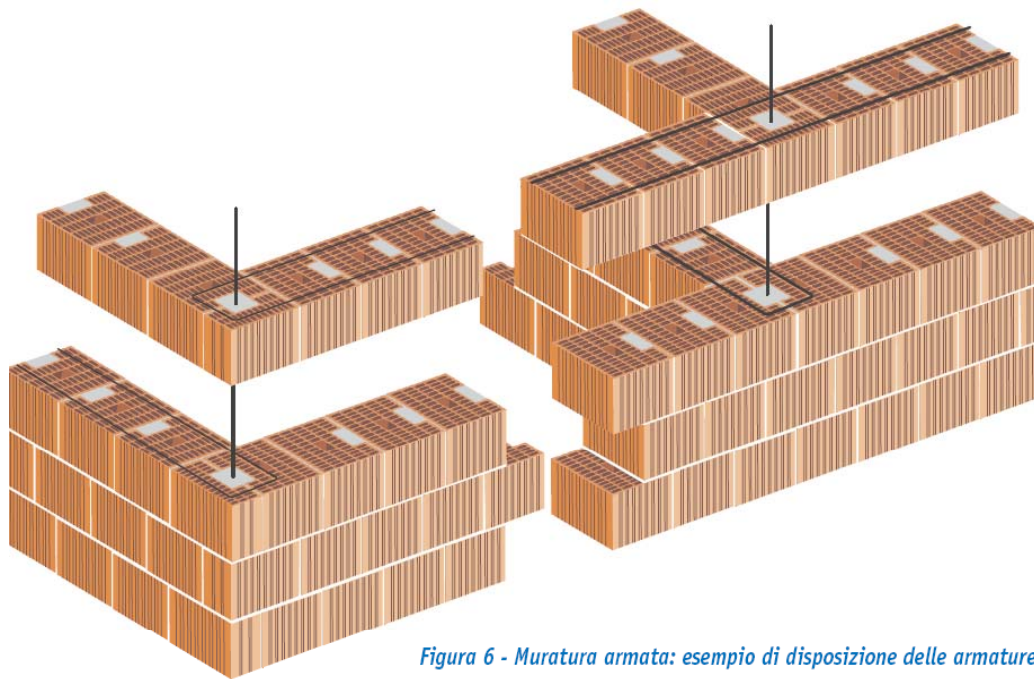
1. Gli edifici in muratura dovranno essere realizzati nel rispetto delle NTC 08. In particolare a tali norme si fa riferimento per ciò che concerne le caratteristiche fisiche, meccaniche e geometriche degli elementi resistenti naturali ed artificiali, nonché per i relativi controlli di produzione e di accettazione in cantiere.
2. Le NTC 08 distinguono due tipi fondamentali di strutture in muratura, **ordinaria ed armata**. Gli Eurocodici 6 e 8 forniscono una ulteriore distinzione, introducendo le **strutture in muratura confinata**. Gli Eurocodici forniscono, inoltre, formulazioni di resistenza per le differenti tipologie di muratura. Per le strutture in muratura armata, si applicano modelli e prescrizioni simili a quelli per il cemento armato.



### *Muratura armata*

La muratura armata in laterizio è un sistema costruttivo costituito da elementi resistenti collegati tra loro mediante giunti continui di malta, all'interno dei quali sono inserite armature metalliche verticali concentrate, armature orizzontali anch'esse concentrate (coincidenti, per interpiani di normale altezza, con le armature dei cordoli di piano) e armature orizzontali diffuse.

Le armature verticali sono previste agli incroci dei muri, in corrispondenza delle aperture, ma anche lungo lo sviluppo della muratura con un determinato interasse, in modo da assorbire sforzi localizzati di trazione e

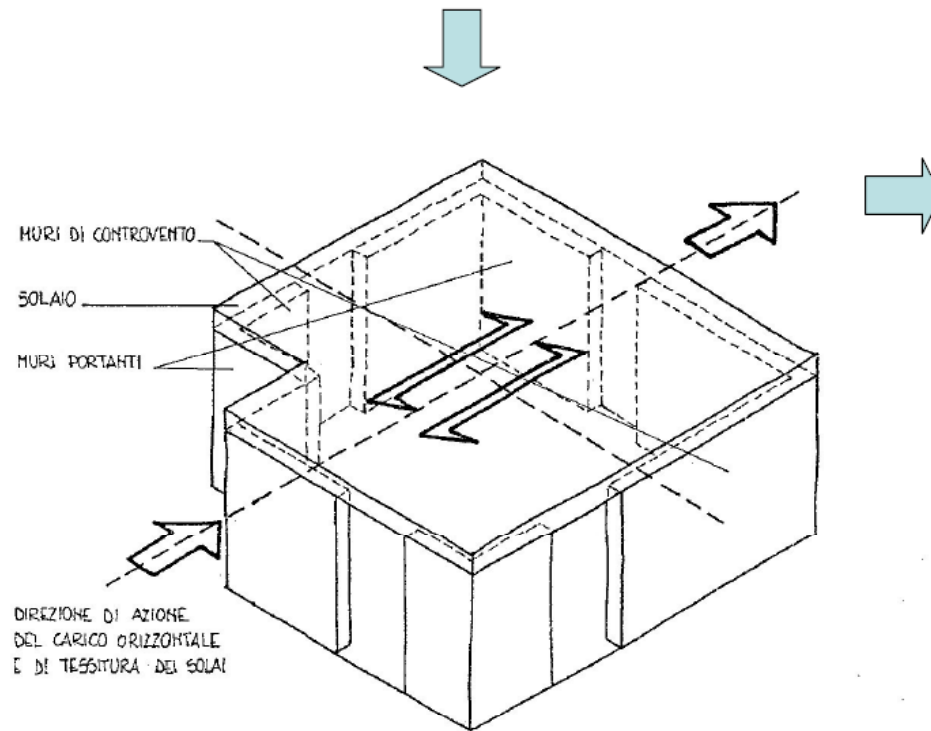


*Figura 6 - Muratura armata: esempio di disposizione delle armature.*

**ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE DEGLI EDIFICI IN MURATURA**

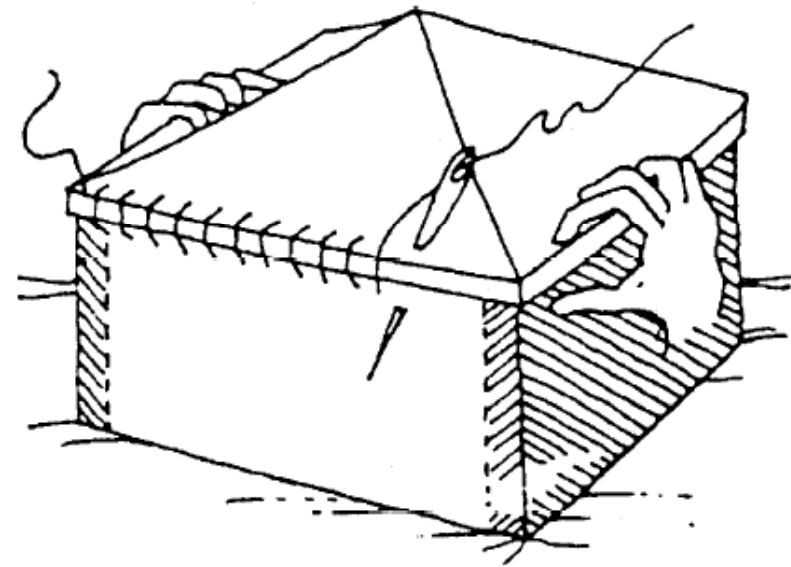
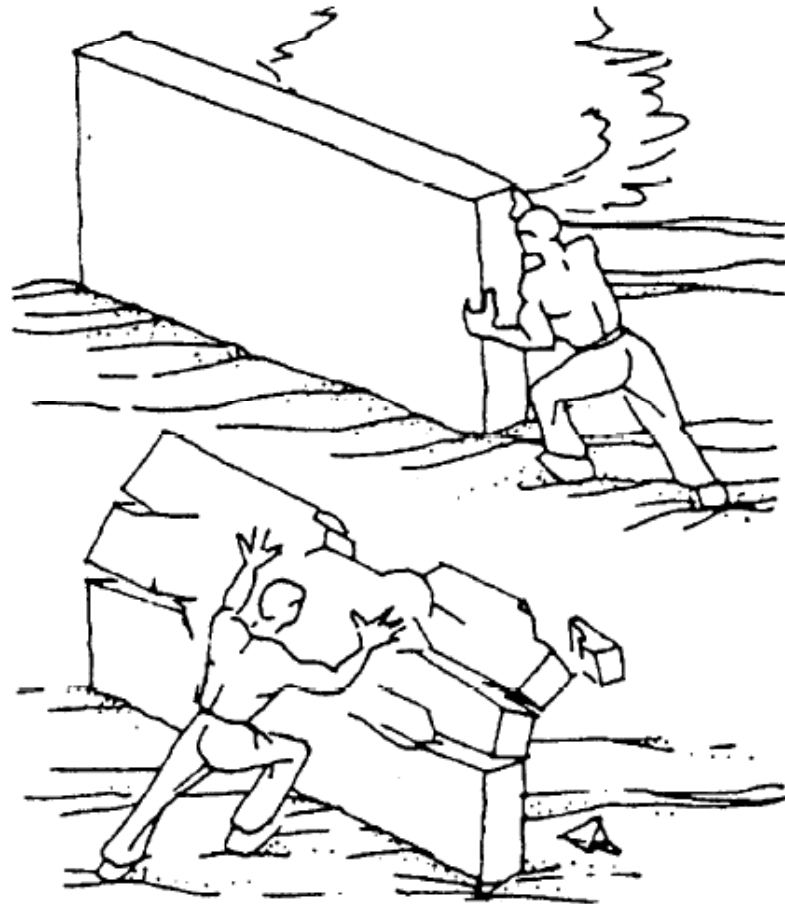
Concezione strutturale a “**SISTEMA SCATOLARE**”:

L'edificio a muratura portante deve essere concepito come una **struttura tridimensionale**. I sistemi resistenti di pareti di muratura, gli orizzontamenti e le fondazioni devono essere collegati tra di loro in modo da resistere alle azioni verticali ed orizzontali.



Ai fini di un adeguato comportamento statico e dinamico dell'edificio, tutte le pareti devono assolvere, per quanto possibile, sia alla **funzione portante** che di **controventamento**.

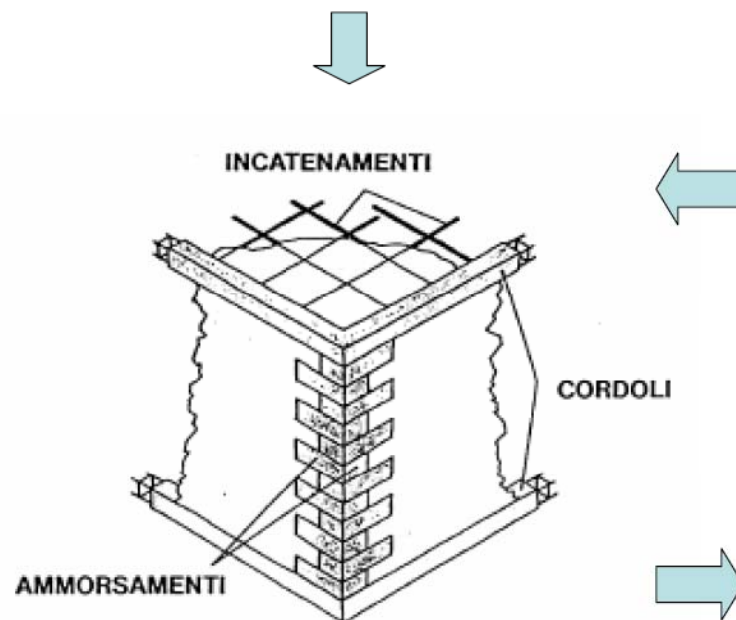
L'organizzazione dell'intera struttura e l'interazione ed il collegamento tra le sue parti devono essere tali da assicurare appropriata resistenza e stabilità, ed un **comportamento d'insieme "scatolare"**.



## ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE DEGLI EDIFICI IN MURATURA

Per garantire il “**SISTEMA SCATOLARE**”:

muri ed orizzontamenti devono essere opportunamente collegati fra loro. Tutte le pareti devono essere collegate al livello dei solai mediante **cordoli di piano di calcestruzzo armato** e, tra di loro, mediante **ammorsamenti** lungo le intersezioni verticali. Devono inoltre essere previsti opportuni **incatenamenti** al livello dei solai, aventi lo scopo di collegare tra loro i muri paralleli della scatola muraria.



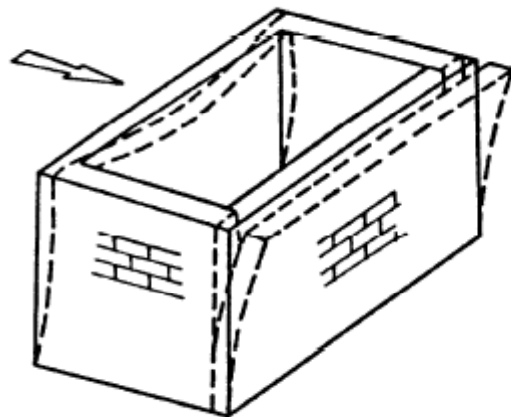
Le pareti portanti sono considerate resistenti anche alle azioni orizzontali quando hanno una lunghezza non inferiore a 0,3 volte l'altezza di interpiano; e devono avere spessore minimo di:

- muratura in elementi resistenti artificiali pieni	150 mm
- muratura in elementi resistenti artificiali semipieni	200 mm
- muratura in elementi resistenti artificiali forati	240 mm
- muratura di pietra squadrata	240 mm
- muratura di pietra listata	400 mm
- muratura di pietra non squadrata	500 mm

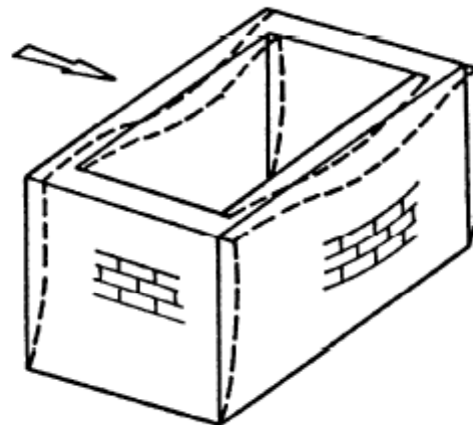
La buona concezione strutturale ed una corretta realizzazione dei dettagli strutturali garantisce un adeguato comportamento strutturale. Ciò è riconosciuto dalle NTC: '**edifici semplici**'.

**Funzioni dei CORDOLI:**

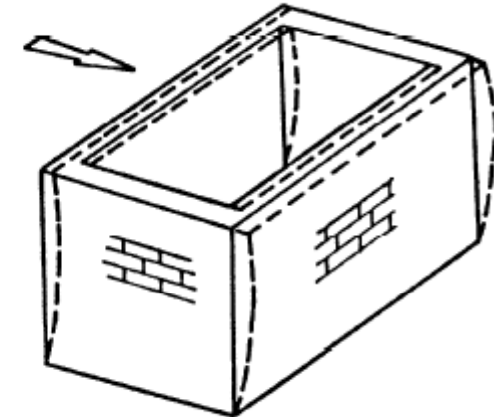
- Svolgono una funzione di **vincolo alle pareti sollecitate ortogonalmente al proprio piano, ostacolando il meccanismo di ribaltamento**.
- Inoltre, un cordolo continuo in c.a. consente di **collegare longitudinalmente muri di controvento complanari, consentendo** la redistribuzione delle azioni orizzontali fra di essi e conferendo maggiore iperstaticità e stabilità al sistema resistente.



a) con solaio deformabile e senza cordolo



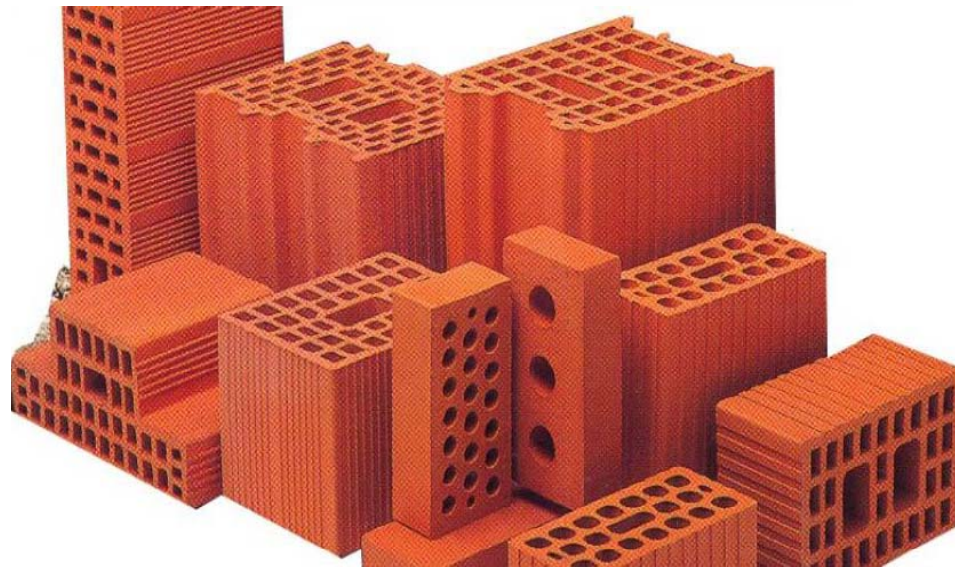
b) con cordolo e con solaio deformabile



c) con cordolo e con solaio rigido

**ELEMENTI RESISTENTI ARTIFICIALI: TIPOLOGIE**

Principali tipologie di elementi resistenti in relazione al materiale costituente:



Elementi di laterizio normale o alleggerito in pasta, con migliori proprietà di isolamento Termico

Dotati di fori verticali o orizzontali di alleggerimento, di presa, per l'inserimento di armature

Le norme tecniche classificano gli elementi ad uso strutturale in base alla loro foratura (**orientamento e percentuale**) e fissano dei requisiti sulla geometria della sezione



Elementi in calcestruzzo di aggregato denso, di aggregato leggero, o calcestruzzo areato autoclavato (Gaseton)

Le forature ampie permettono il semplice inserimento di armature o cordolature. Si distinguono per la buona resistenza al fuoco.



**BLOCCHI IN LATERIZIO: PRESCRIZIONI (NTC)**

Gli elementi resistenti artificiali possono essere dotati di **fori in direzione normale** al piano di posa (foratura verticale) oppure **in direzione parallela** (foratura orizzontale). Gli elementi possono essere rettificati. Sono classificati in base alla **percentuale di foratura  $\phi$**  ed all'**area media di ogni foro  $f$** .

Elementi	Percentuale di foratura $\phi$	
Pieni	$\phi \leq 15\%$	$f \leq 900 \text{ mm}^2$
Semipieni	$15\% < \phi \leq 45\%$	$f \leq 1200 \text{ mm}^2$
Forati	$45\% < \phi \leq 55\%$	$f \leq 1500 \text{ mm}^2$

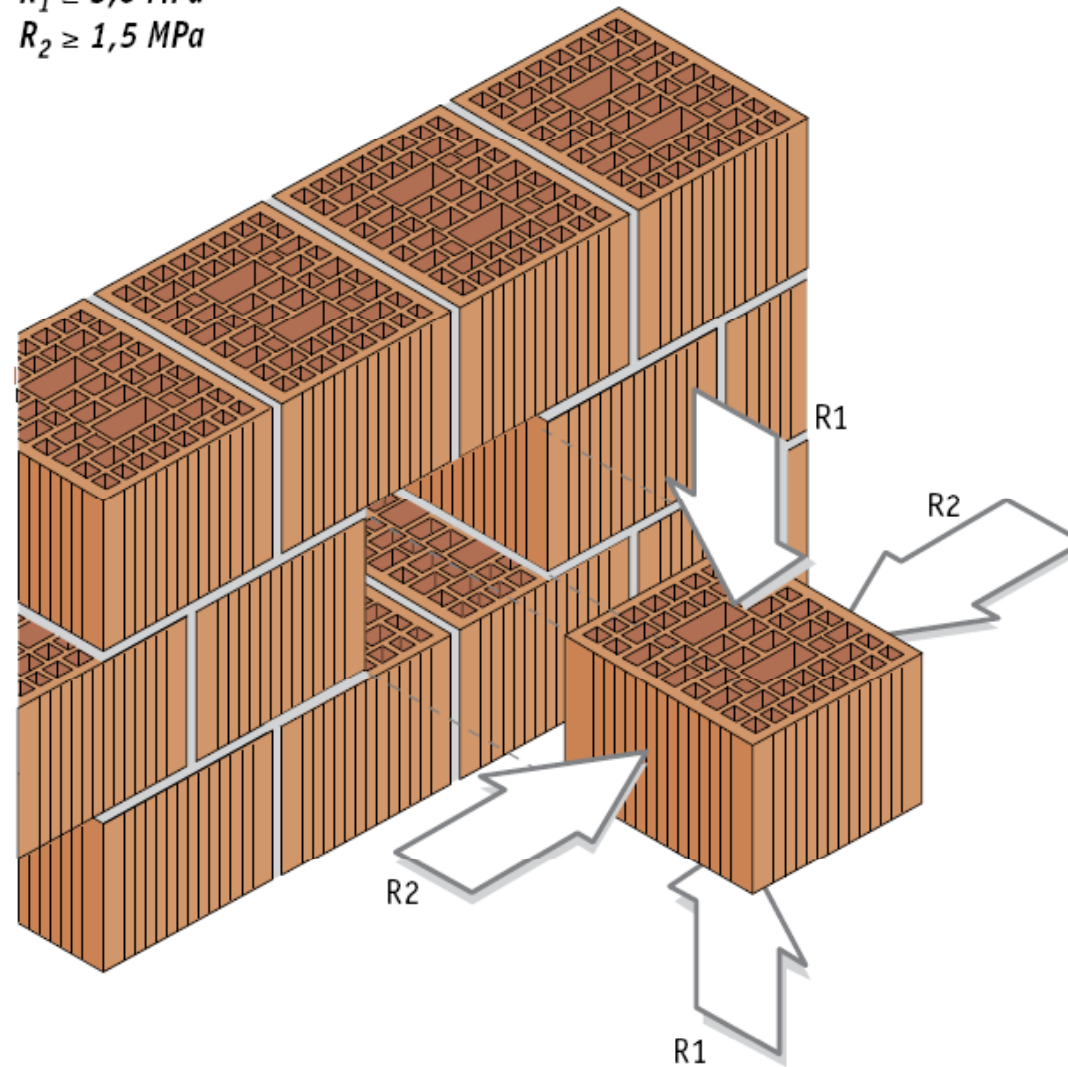
Quando  $A$  sia maggiore di  $300 \text{ cm}^2$  l'elemento può essere dotato di un foro di presa di maggiori dimensioni fino ad un massimo di  $35 \text{ cm}^2$ , ...; per  $A$  maggiore di  $580 \text{ cm}^2$ , i fori di presa possono essere due con area di ogni foro non maggiore di  $35 \text{ cm}^2$  oppure uno la cui area non superi  $70 \text{ cm}^2$ . Non sono soggetti a tale limitazione i fori che verranno riempiti di calcestruzzo o di malta.

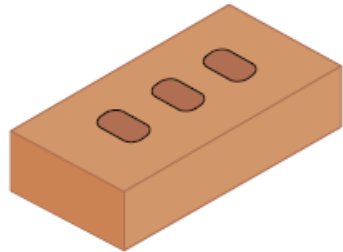
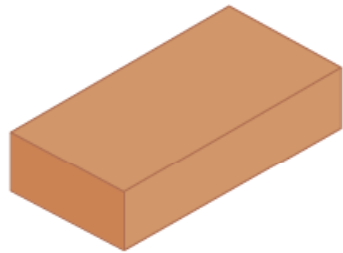
- per muratura portante, si devono utilizzare **elementi pieni o semipieni**:  $\phi \leq 45\%$
- i setti disposti parallelamente al piano del muro devono essere **continui e rettilinei**, uniche interruzioni sono ammesse per i fori di presa e di alloggiamento delle armature;
- la resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante ( $f_{bk}$ ) non sia inferiore a **5 Mpa**, calcolata sull'area al lordo delle forature;
- la resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante, nel piano di sviluppo della parete ( $f_{bk}$ ), calcolata nello stesso modo, non sia inferiore a **1.5 MPa**.

*per elementi pieni e semipieni*

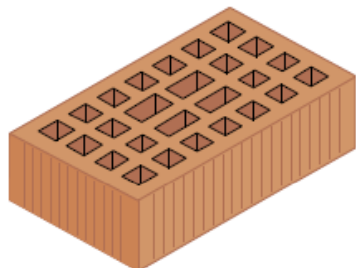
$R_1 \geq 5,0 \text{ MPa}$

$R_2 \geq 1,5 \text{ MPa}$

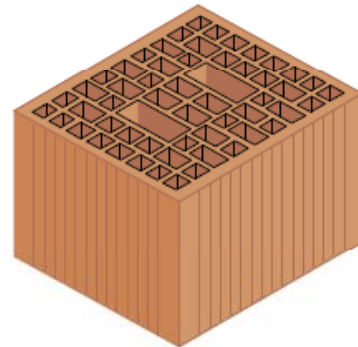




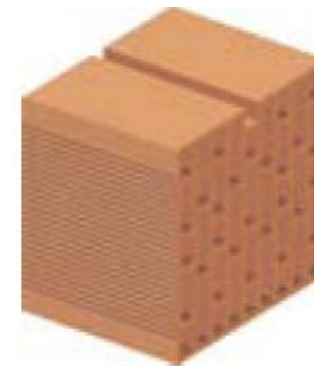
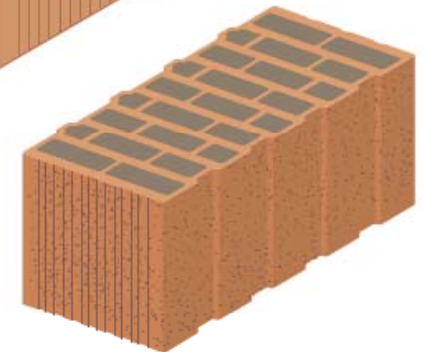
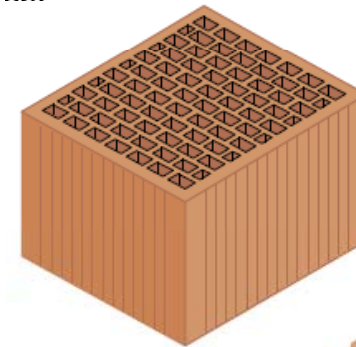
mattone pieno  
(percentuale di foratura  $\leq 15\%$ )



mattone semipieno  
( $15\% >$  percentuale di foratura  $\leq 45\%$ )



blocco semipieno  
( $15\% >$  percentuale di foratura  $\leq 45\%$ )



blocco forato  
( $45\% >$  percentuale di foratura  $\leq 55\%$ )

**MALTE**

NTC: Per l'impiego in muratura portante è ammesso solo l'impiego di malte con resistenza  **$f_m \geq 2,5 \text{ N/mm}^2$** .

Ulteriori prescrizioni per costruzioni in zona sismica:

NTC: La malta di allettamento dovrà avere  **$f_m \geq 5 \text{ N/mm}^2$**  (per muratura ordinaria) e *i giunti verticali dovranno essere riempiti con malta*. Per muratura armata  **$f_m \geq 10 \text{ N/mm}^2$** .

**CARATTERISTICHE GENERALI DELLE COSTRUZIONI****REGOLARITÀ IN PIANTA**

- a) le piante degli edifici dovranno essere quanto più possibile compatte e simmetriche rispetto ai due assi ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidezze;
- b) il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4;
- c) nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25 % della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- d) gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

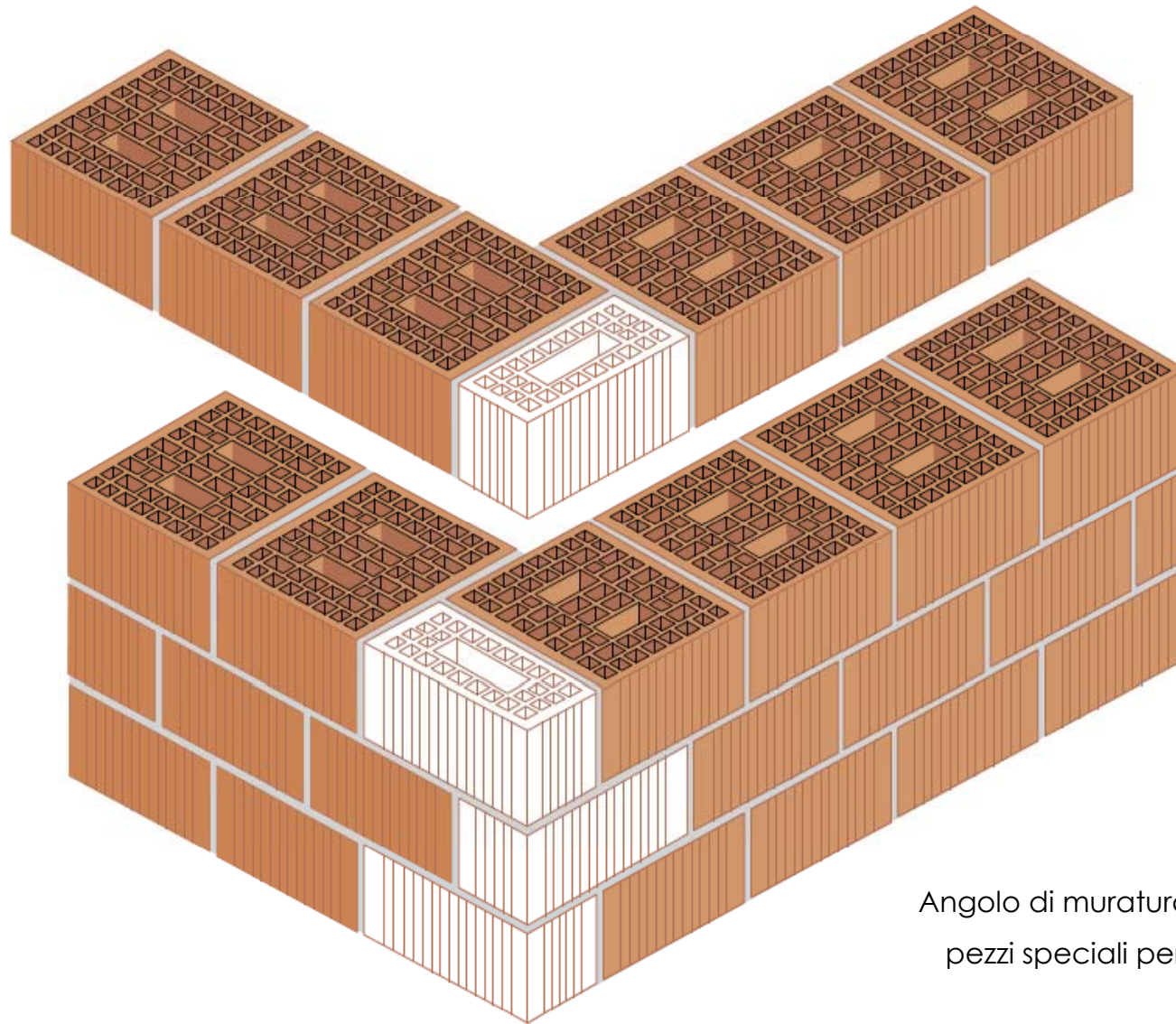
**REGOLARITÀ IN ALTEZZA**

- e) tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione;
- f) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, dalla base alla sommità della costruzione (variazioni di massa  $\leq \pm 25\%$ ,  $- 30\% \leq$  variazioni di rigidezza  $\leq + 10\%$ ); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di ... pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza ...;
- g) ....(requisito per strutture intelaiate);
- h) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro  $\leq 30\%$  1° orizzontamento, e rientro  $\leq 20\%$  orizzontamento sottostante. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani.



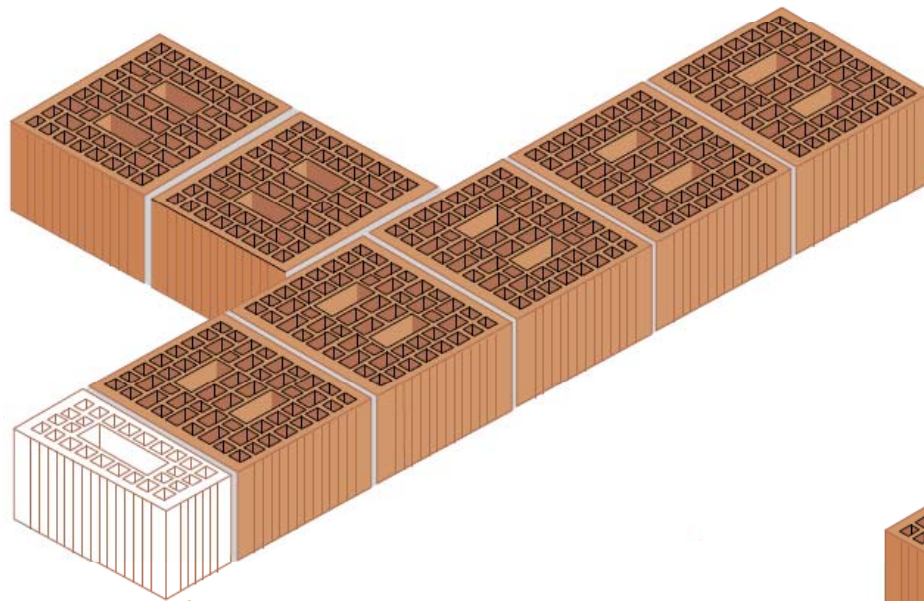
**CARATTERISTICHE GENERALI DELLE COSTRUZIONI**

- a) Le piante degli edifici dovranno essere quanto più possibile compatte e simmetriche rispetto ai due assi ortogonali.
- b) Le pareti strutturali, al lordo delle aperture, debbono avere continuità in elevazione fino alla fondazione, evitando pareti in falso.
- c) Le strutture costituenti orizzontamenti e coperture non devono essere spingenti. Eventuali spinte orizzontali, devono essere assorbite.
- d) I solai devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali, pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma. La distanza massima tra due solai successivi  $\leq 5$  m.
- e) La geometria delle pareti resistenti al sisma, al netto dell'intonaco, deve rispettare i requisiti restrittivi, legati allo spessore della parete, all'altezza di libera inflessione della parete, all'altezza massima delle aperture adiacenti alla parete, alla lunghezza della parete.

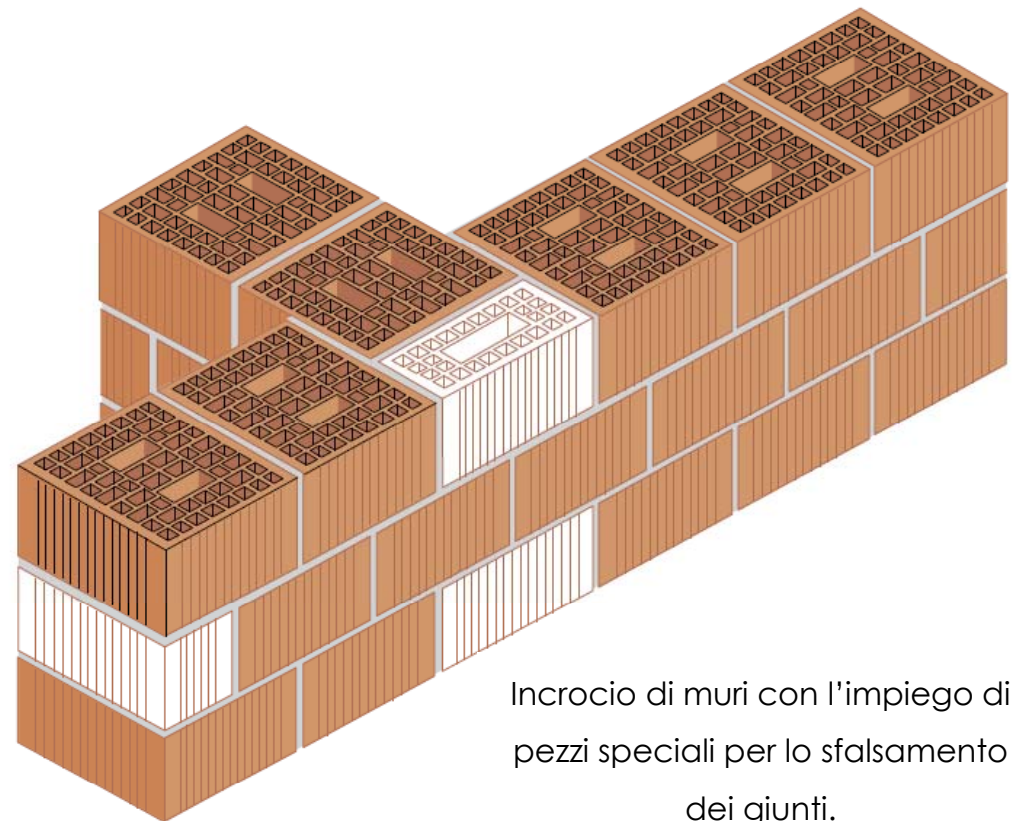


Angolo di muratura eseguito con l'impiego di pezzi speciali per lo sfalsamento dei giunti

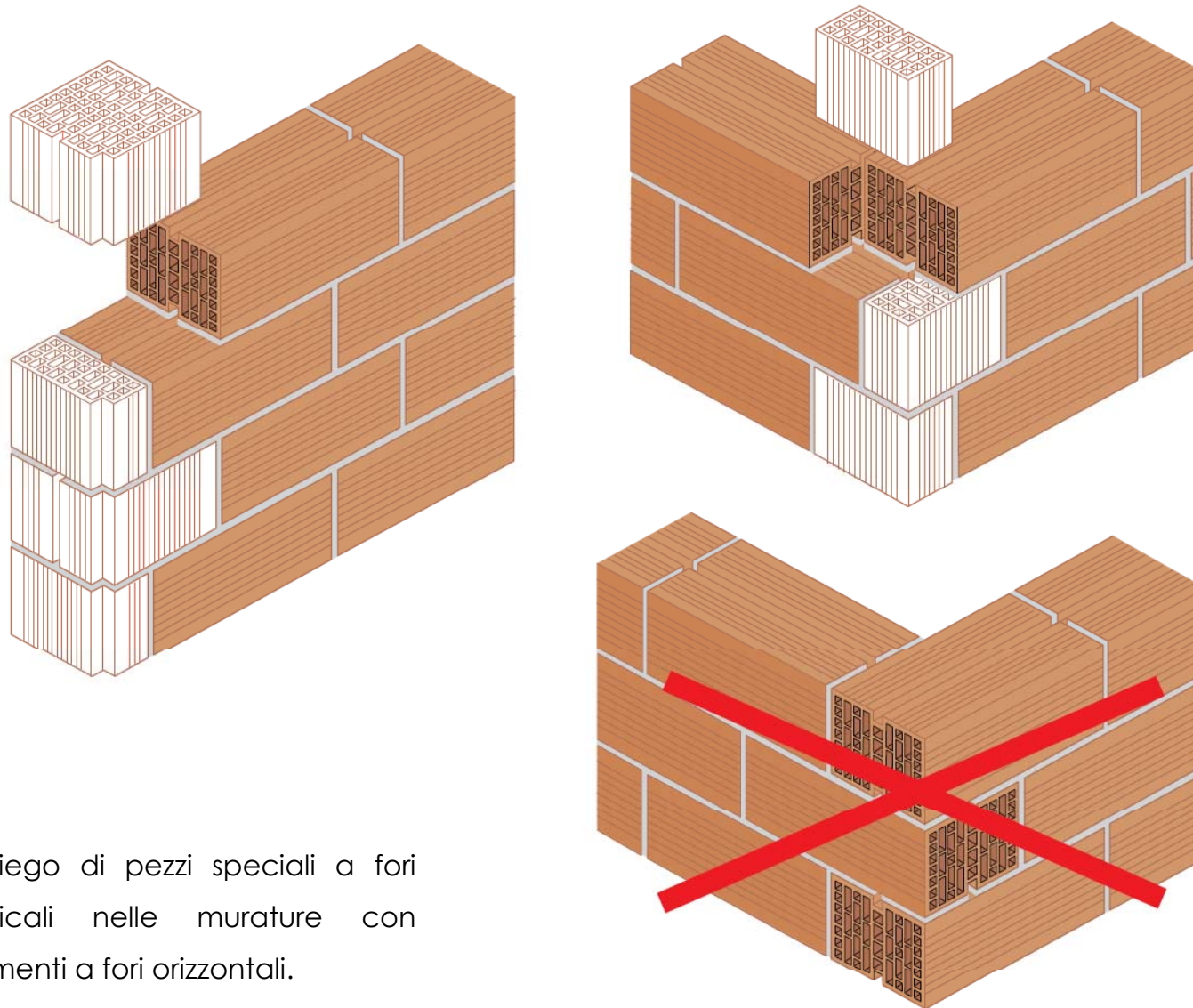




Angolo di muratura eseguito con l'impiego di pezzi speciali per lo sfalsamento dei giunti



Incrocio di muri con l'impiego di pezzi speciali per lo sfalsamento dei giunti.



Impiego di pezzi speciali a fori verticali nelle murature con elementi a fori orizzontali.

# INVOLUCRO ESTERNO

## COSA E' LA TRASMITTANZA TERMICA

La trasmissione del calore avviene attraverso un corpo quando esso è sottoposto ad una differenza di temperatura. L'energia si trasferisce dal punto a temperatura maggiore al punto a temperatura minore. La schematizzazione che si applica alla trasmissione di calore si basa su tre meccanismi fondamentali:

- *Conduzione*
- *Convezione*
- *Irraggiamento*

L'analisi rigorosa di questo fenomeno si basa su basi teoriche molto complesse, e quindi per rendere più agevole lo sviluppo dei calcoli si ipotizzano le seguenti condizioni:

- *regime stazionario (flusso di calore costante nel tempo)*
- *parete piana di estensione infinita*
- *materiale componente perfettamente omogeneo ed isotropo*
- *le due facce esterne della parete sono considerate come superfici isoterme*

La trasmittanza  $U$  (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad  $1^\circ\text{C}$  ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico liminare e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

con:

$R_{si}$  resistenza superficiale interna;

$R_1; R_2; \dots R_n$  resistenze termiche utili di ciascuno strato;

$R_{se}$  resistenza superficiale esterna;

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

con:

$d$

spessore dello strato di materiale nel componente;

$\lambda$

conduttività termica utile calcolata secondo ISO/DIS 10456.2 oppure ricavata da valori tabulati.

Il valore della trasmittanza  $U$  di una parete dell'involucro edilizio ( o di qualunque altra parte dell'edificio che disperde calore) è facilmente calcolabile con la seguente formula, per pareti con  $n$  strati:

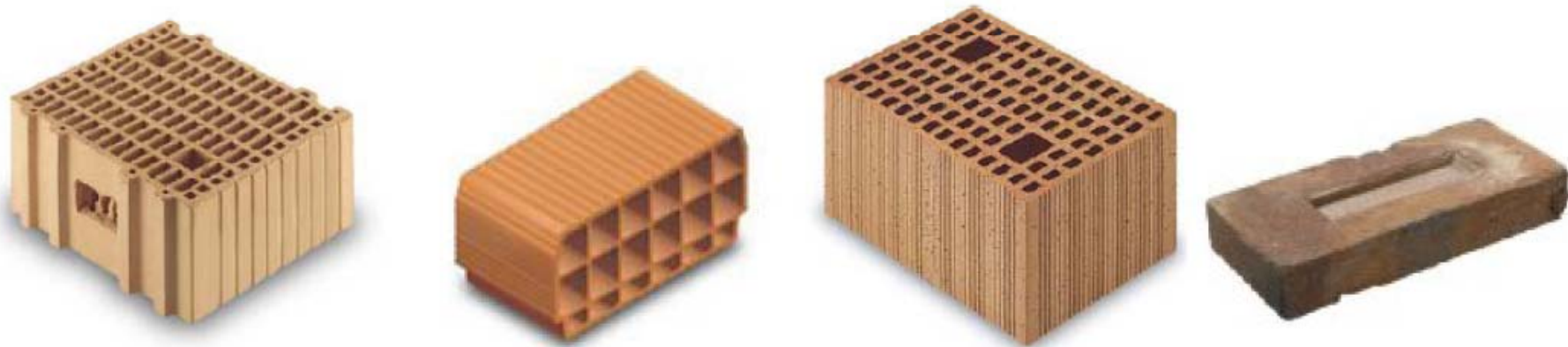
$$U = \frac{1}{1/\alpha_{i_i} + s_1/\lambda_1 + s_2/\lambda_2 + \dots + s_n/\lambda_n + 1/\alpha_e}$$

I valori di  $s_1/\lambda_1$  sono tanti quanti gli strati di materiali presenti nella sezione di parete considerata.

In caso di presenza di una camera d'aria all'interno della parete, la formula avrà un termine in più:

$$U = \frac{1}{1/\alpha_{i_i} + s_1/\lambda_1 + s_2/\lambda_2 + \dots + s_n/\lambda_n + 1/C + 1/\alpha_e}$$

Prima di progettare una costruzione è importante conoscere le prestazioni e le caratteristiche dei materiali a disposizione.





?

E' necessario definire le stratigrafie delle varie parti dell'involucro, gli spessori dei materiali, conoscere i  $\lambda$ , determinare il valore della trasmittanza U e verificare l'assenza di condense.

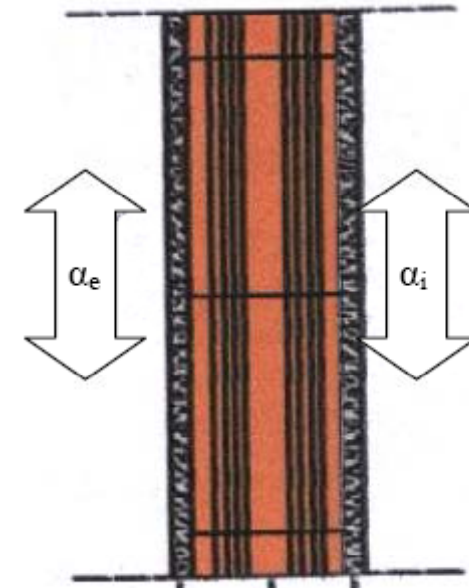


## ESEMPIO 1 Muro in laterizio porizzato

- 1 Intonaco esterno spessore 0,015 m  $\lambda = 0,9$
  - 2 Laterizio porizzato spessore 0,25 m  $\lambda = 0,257$
  - 3 Intonaco interno spessore 0,015 m  $\lambda = 0,9$
- $\alpha_e = 20$   
 $\alpha_i = 7$

$$U = \frac{1}{1/7 + 0,015/0,9 + 0,25/0,257 + 0,015/0,9 + 1/20} =$$

$$U = 0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$$



## ESEMPIO 2 Parete in laterizio porizzato ed isolante posto nell'intercapedine

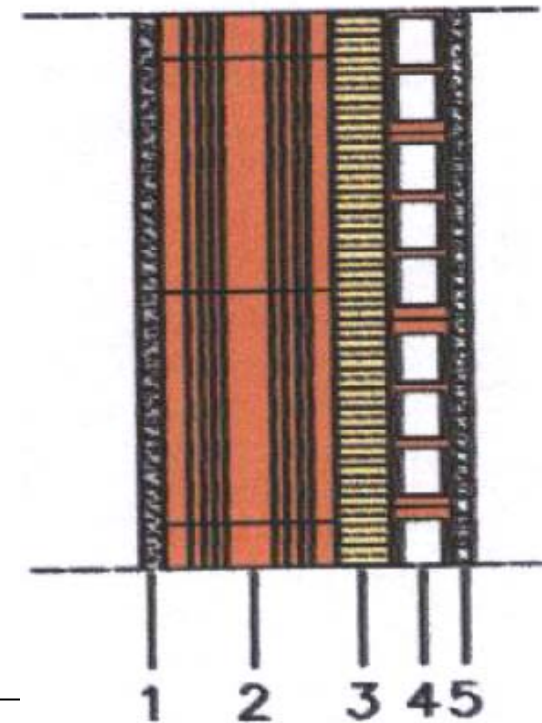
- 1 Intonaco esterno spessore 0,015 m  $\lambda = 0,9$
- 2 Laterizio porizzato spessore 0,30 m  $\lambda = 0,257$
- 3 Materiale isolante spessore 0,08 m  $\lambda = 0,04$
- 4 Laterizio di tamponamento spessore 0,12 m  $\lambda = 0,53$
- 5 Intonaco interno spessore 0,015 m  $\lambda = 0,9$

$$\alpha_e = 20$$

$$\alpha_i = 7$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{7} + 0,015/0,9 + 0,30/0,257 + 0,08/0,04 + 0,12/0,53 + 0,015/0,9 + 1/20}$$

$$U = 0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$$

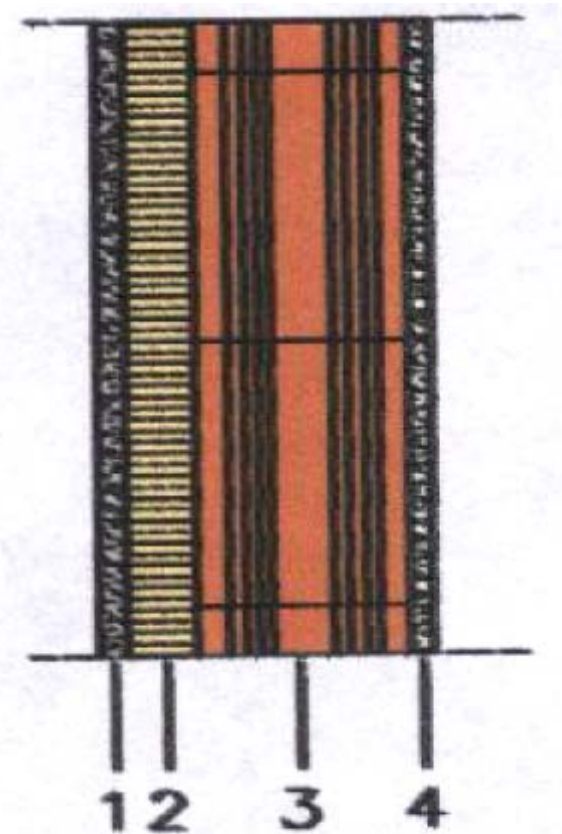


**ESEMPIO 3 Muro isolato con cappotto esterno**

- 1 Intonaco esterno spessore 0,015 m  $\lambda = 0,9$   
 2 Isolamento con cappotto esterno spessore 0,10  $\lambda = 0,04$   
 3 Laterizio porizzato spessore 0,30 m  $\lambda = 0,257$   
 4 Intonaco interno spessore 0,015 m  $\lambda = 0,9$   
 $\alpha_e = 20$   
 $\alpha_i = 7$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{7} + 0,015/0,9 + 0,10/0,04 + 0,30/0,257 + 0,015/0,9 + 1/20}$$

$$U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$$

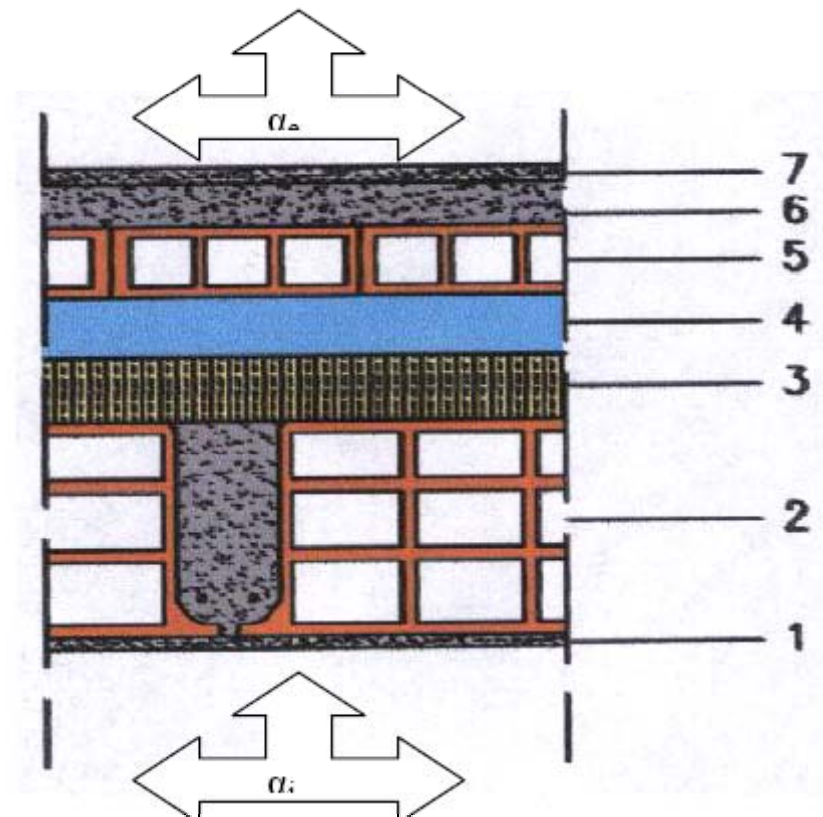


ESEMPIO 4 Solaio di copertura

- 1 Intonaco tradizionale interno spessore 0,015 m  $\lambda = 0,9$
- 2 Solaio spessore 0,20 m  $\lambda = 0,72$
- 3 Materiale isolante in pannelli rigidi spessore 0,06 m  $\lambda = 0,04$
- 4 Camera d'aria spessore 0,06 m  $C = 7$
- 5 Tavellone di laterizio spessore 0,06 m  $\lambda = 0,35$
- 6 Massetto in calcestruzzo cellulare spessore 0,04 m  $\lambda = 0,29$
- 7 Manto impermeabile spessore 0,015 m  $\lambda = 0,18$

$\alpha_i = 8$

$\alpha_e = 20$



$$U = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0,015/0,9 + 0,20/0,72 + 0,08/0,04 + 1/7 + 0,06/0,35 + 0,04/0,29 + 0,015/1,8 + 1/20} =$$

$U = 0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$

# Il quadro normativo italiano

## Il quadro normativo italiano in materia di risparmio energetico...

**Legge 373/76:** “Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici”

**Legge 10/91:** “Norme per l’attuazione del nuovo piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”

**DPR 412/93:** “Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell’articolo 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n.10”

**DPR 551/99:** “Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993 n.412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia”

**Il passato...**

1976

1991

1992

1993

1994

....

2002

2003

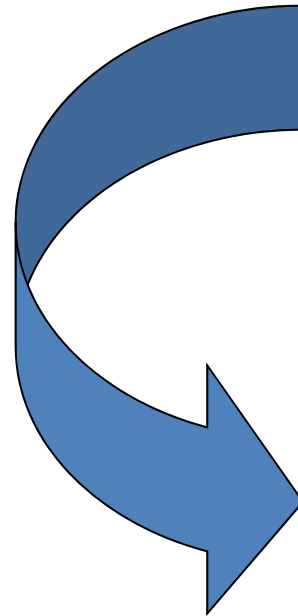
2004

2005

2009

... il

presente



Dopo ben 14 anni esce nel 2005 il secondo decreto attuativo della legge 10/91, il **DM 27 luglio 2005** mentre era in corso di approvazione il decreto legislativo di recepimento della Direttiva Europea 2002/91/CE

# Decreto Legislativo n. 192 del 19 agosto 2005



## Decreto Legislativo n. 311 del 29 dicembre 2006 e s.m.i.

**“Disposizioni correttive e integrative al decreto legislativo  
19/8/05 n. 192, recante attuazione della direttiva  
2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell’edilizia”**



**CAMBIA IL MODO DI PROGETTARE**

**ATTENZIONE!!!**

Trasmittanza componenti verticali opachi

Trasmittanza componenti orizzontali opachi

Trasmittanza componenti inclinati opachi

Trasmittanza componenti finestrati

Trasmittanza divisori tra alloggi

Il **DPR 59/09**, pubblicato in G.U il 10 Giugno 2009, è il primo dei decreti attuativi. Il decreto introduce un nuovo quadro di disposizioni obbligatorie a partire dal 25 Giugno 2009 in sostituzione alle indicazioni “transitorie” dell’Allegato I del DLgs192/05.

Sul tema della certificazione energetica si veda il capitolo 3 di questa Guida dedicato all’approfondimento del DM 26/06/2009 e delle Linee Guida Nazionali.

L’attuazione alla direttiva 2006/32/CE invece è affidata al **DLgs 115/08**, in vigore dal 30 maggio 2008 che introduce novità soprattutto in materia di bonus volumetrici, normativa tecnica e abilitazione alla certificazione energetica.

## ANALISI DEL DPR 59/09

Il decreto ha la finalità di promuovere un'applicazione “omogenea, coordinata e immediatamente operativa” delle norme per l'efficienza energetica sul territorio nazionale. Vengono pertanto definite metodologie, i criteri e i requisiti minimi di edifici e impianti relativamente alla:

- climatizzazione invernale (è mantenuto l'assetto del DLgs 192/05)
- preparazione di acqua calda per usi sanitari (sul l'argomento in realtà non si chiarisce il ruolo dell'obbligo del le fonti rinnovabili)
- climatizzazione estiva ( la principale novità rispetto al DLgs 192/05)
- illuminazione artificiale di edifici del terziario (anche se poi nel testo del decreto non se ne parla)

## ANALISI DEL DPR 59/09: ambiti di applicazione

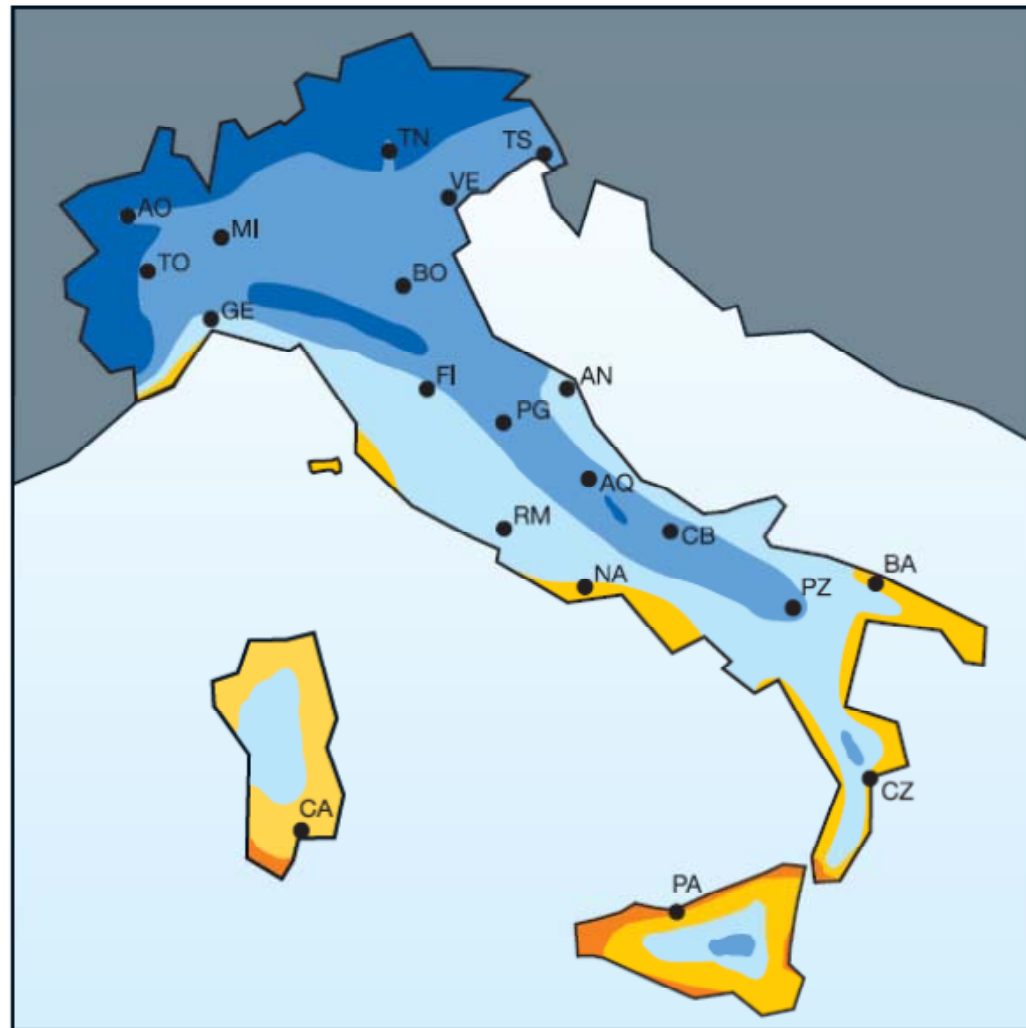
Casi esclusi dall'applicazione del decreto:

- edifici di particolare interesse storico o artistico nei casi in cui il rispetto delle prescrizioni implicherebbe un'alterazione delle loro caratteristiche
- fabbricati industriali, artigianali e agricoli riscaldati solo da processi per le proprie esigenze produttive
- fabbricati isolati con superficie utile < 50 m<sup>2</sup>
- impianti installati ai fini del processo produttivo realizzato nell'edificio, anche se utilizzati, in parte non preponderante, per gli usi tipici del settore civile.

Per tutti gli altri casi esistono 3 differenti livelli d'applicazione:

- a) applicazione integrale a tutto l'edificio
- b) applicazione integrale ma limitata al solo intervento d'ampliamento
- c) applicazione limitata al rispetto di parametri solo per alcuni elementi

Schema indicativo delle Zone climatiche secondo DPR 412/93.



**Legenda**

GG = gradi giorno

- Zona A**  
GG ≤ 600  
(Lampedusa)
- Zona B**  
601 ≤ GG ≤ 900  
(Crotona, Agrigento, Catania, Siracusa, Trapani, Messina, ...)
- Zona C**  
901 ≤ GG ≤ 1400  
(Imperia, Caserta, Lecce, Cosenza, Ragusa, Sassari, ...)
- Zona D**  
1401 ≤ GG ≤ 2100  
(Trieste, La Spezia, Forlì, Isernia, Foggia, Caltanissetta, Nuoro, ...)
- Zona E**  
2101 ≤ GG ≤ 3000  
(Aosta, Sondrio, Bolzano, Udine, Rimini, Frosinone, Enna, ...)
- Zona F**  
GG ≤ 3001  
(Cuneo, Belluno, ...)

TABELLA 1.1		EP <sub>i</sub> limite Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m <sup>2</sup> anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
≥0.9	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

TABELLA 1.2		EP <sub>i</sub> limite dal 1 gennaio 2008 Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m <sup>2</sup> anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	9.5	9.5	14	14	23	23	37	37	52	52
≥0.9	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133

TABELLA 1.3		EP <sub>i</sub> limite dal 1 gennaio 2010 Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in kWh/m <sup>2</sup> anno								
S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
≤0.2	8.5	8.5	12.8	12.8	21.3	21.3	34	34	46.8	46.8
≥0.9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

## Trasmittanza termica delle strutture opache verticali

Zona climatica	Strutture opache verticali, Valori limite della trasmittanza termica U espressa in $W/m^2K$		
	Dall' 1 gennaio 2006 U ( $W/m^2K$ )	Dall' 1 gennaio 2008 U ( $W/m^2K$ )	Dall' 1 gennaio 2010 U ( $W/m^2K$ )
<b>A</b>	0.85	0.72	0.62
<b>B</b>	0.64	0.54	0.48
<b>C</b>	0.57	0.46	0.40
<b>D</b>	0.50	0.40	0.36
<b>E</b>	0.46	0.37	0.34
<b>F</b>	0.44	0.35	0.33

## Trasmittanza termica delle strutture opache orizzontali o inclinate

<b>TABELLA 3.1</b>			
<b>Coperture</b>			
Valori limite della trasmittanza termica $U$ espressa in $W/m^2K$			
<b>Zona climatica</b>	<b>Dall' 1 gennaio 2006</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 gennaio 2008</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 gennaio 2010</b> $U$ ( $W/m^2K$ )
<b>A</b>	0.80	0.42	0.38
<b>B</b>	0.60	0.42	0.38
<b>C</b>	0.55	0.42	0.38
<b>D</b>	0.46	0.35	0.32
<b>E</b>	0.43	0.32	0.30
<b>F</b>	0.41	0.31	0.29

<b>TABELLA 3.2</b>			
<b>Pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno</b>			
Valori limite della trasmittanza termica $U$ espressa in $W/m^2K$			
<b>Zona climatica</b>	<b>Dall' 1 gennaio 2006</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 gennaio 2008</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 gennaio 2010</b> $U$ ( $W/m^2K$ )
<b>A</b>	0.80	0.74	0.65
<b>B</b>	0.60	0.55	0.49
<b>C</b>	0.55	0.49	0.42
<b>D</b>	0.46	0.41	0.36
<b>E</b>	0.43	0.38	0.33
<b>F</b>	0.41	0.36	0.32



## Trasmittanza termica delle chiusure trasparenti

<b>TABELLA 4.a</b>	<b>Chiusure trasparenti</b> Valori limite della trasmittanza termica $U$ espressa in $W/m^2K$		
<b>Zona climatica</b>	<b>Dall' 1 gennaio 2006</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 gennaio 2008</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 gennaio 2010</b> $U$ ( $W/m^2K$ )
<b>A</b>	5.5	5.0	4.6
<b>B</b>	4.0	3.6	3.0
<b>C</b>	3.3	3.0	2.6
<b>D</b>	3.1	2.8	2.4
<b>E</b>	2.8	2.4	2.2
<b>F</b>	2.4	2.2	2.0

<b>TABELLA 4.b</b>	<b>Vetri</b> Valori limite della trasmittanza termica $U$ espressa in $W/m^2K$		
<b>Zona climatica</b>	<b>Dall' 1 gennaio 2006</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 luglio 2008</b> $U$ ( $W/m^2K$ )	<b>Dall' 1 gennaio 2011</b> $U$ ( $W/m^2K$ )
<b>A</b>	5.0	4.5	3.7
<b>B</b>	4.0	3.4	2.7
<b>C</b>	3.0	2.3	2.1
<b>D</b>	2.6	2.1	1.9
<b>E</b>	2.4	1.9	1.7
<b>F</b>	2.3	1.7	1.3

# Come intervenire?!

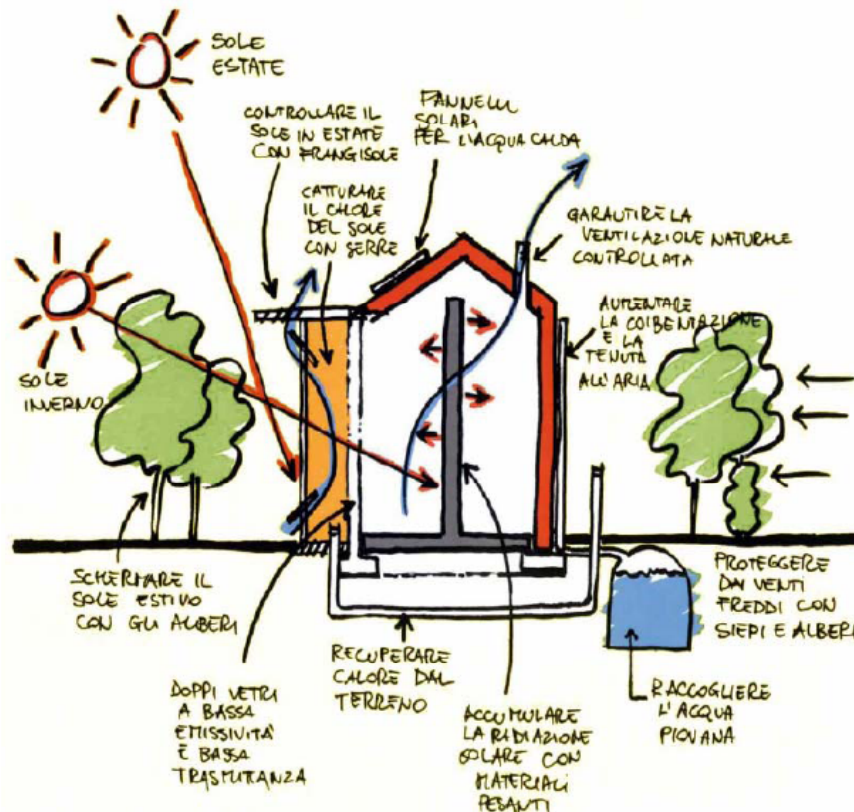
Nel passato l'architettura vernacolare ha sviluppato molti esempi relativi alla possibilità di mettere a punto sistemi costruttivi e architettonici sensibili e reattivi coerenti con il luogo e l'ambiente in cui si sono formati, orientati a determinare una *climatizzazione spontanea* degli ambienti confinati.

Sarebbe peraltro un grande errore concettuale dagli effetti potenzialmente regressivi pensare di riprodurre oggi tali stereotipi concettuali e formali, essendo mutate sia le richieste di qualità ambientale, che le tecniche costruttive e i materiali oggi disponibili e dotati di nuove potenzialità.

Il mondo della ricerca ci mette inoltre a disposizione conoscenze disciplinari e codici di calcolo in grado di svolgere analisi previsionali del reale comportamento di nuove ipotesi progettuali, rispetto alle varie stimolazioni provenienti dall'ambiente esterno.

La *ridefinizione di un corretto rapporto tra edifici e ambiente* dovrebbe quindi attivare una sorta di architettura neovernacolare (**Climate sensitive**) non più basata su una cultura materiale stratificatasi nei secoli, ma su una nuova cultura basata sul dominio approfondito delle scienze e delle ingegneria edilizie e del loro progressivo avanzamento.

## COME ABBASSARE IL FABBISOGNO ENERGETICO DI UN EDIFICIO



**Orientamento e corretto rapporto S/V edificio**

**Elevato isolamento termico pareti opache**

**Finestre termoisolanti**

**Controllo della ventilazione**

**Assenza o riduzione dei ponti termici**

**Sfruttamento energia solare**

**Ottimizzazione scelta impiantistica**

**Accurata esecuzione dei lavori**

## **EDIFICAZIONE EX-NOVO**

NUOVI BLOCCHI TERMICI

COMPONENTI VERTICALI OPACHI OPPORTUNAMENTE ISOLATI

PARETI STRATIFICATE

MATERIALI INNOVATIVI

COSTRUZIONI IN LEGNO

SISTEMI STRUTTURA/RIVESTIMENTO con tecnologia stratifica a secco

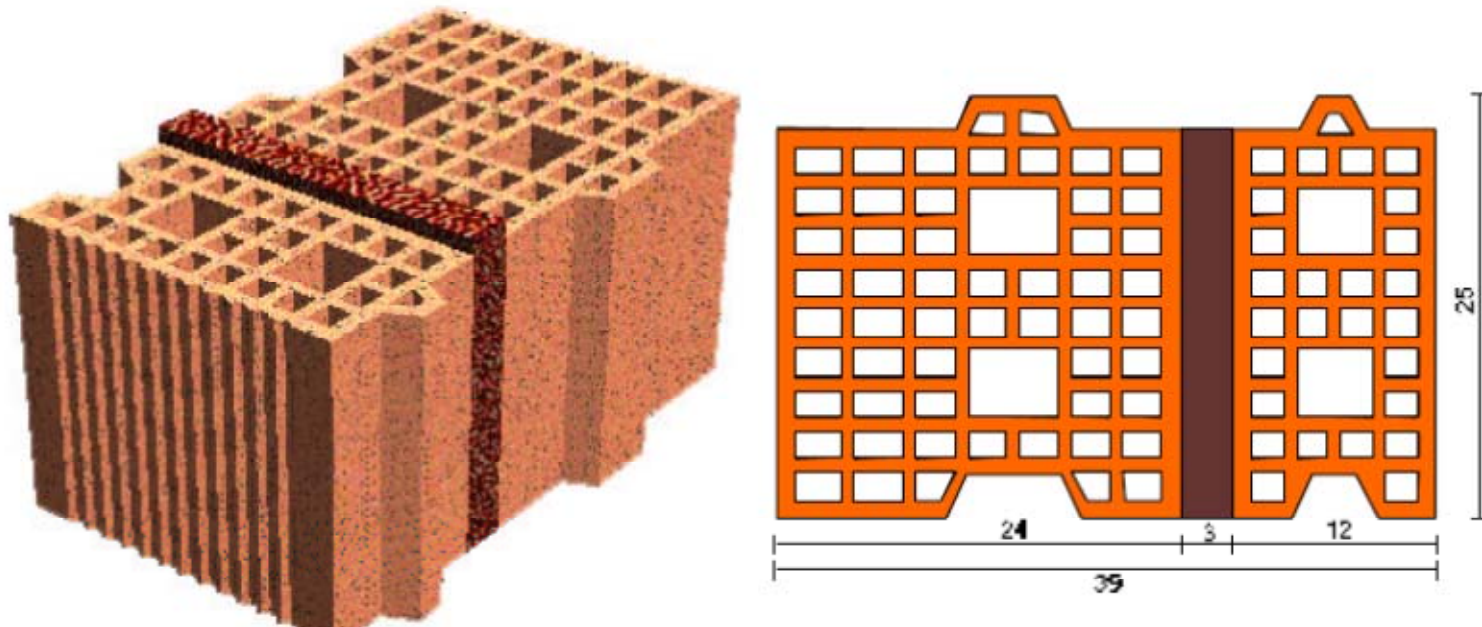
## **RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA O RISTRUTURAZIONE**

CREAZIONE DI UN CAPPOTTO ESTERNO A PANNELLI ISOLANTI

CREAZIONE DI UN CAPPOTTO ESTERNO CON INTONACI ISOLANTI

CREAZIONE DI FACCIATE VENTILATE

RIVESTIMENTO CON PANNELLI COIBENTATI (materiali ceramici, metallici, legno, laterizio...)

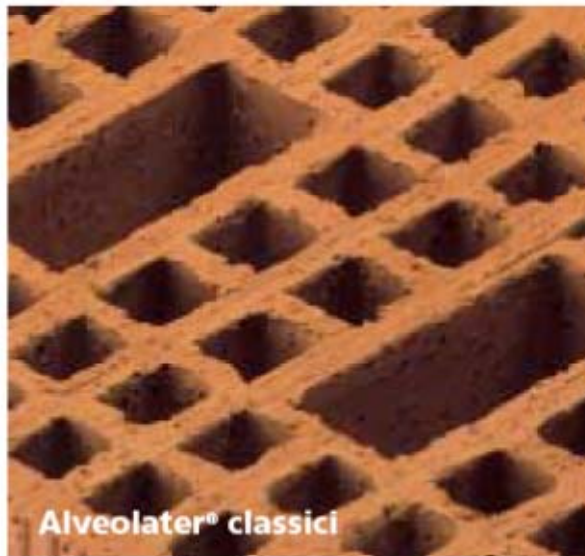


### ALLEGATO 1 - RISULTATI DEL CALCOLO

Conducibilità equivalente della parete:	$\lambda_{eq}$	=	0.190	kCal/m h°C
Conduttanza della parete:	C	=	0.487	kCal/m²h°C
<b>Resistenza termica della parete:</b>	<b>R</b>	=	<b>2.052</b>	<b>m²h°C/kCal</b>
Trasmittanza della parete:	K	=	0.444	kCal/m²h°C

**Trasmittanza della parete intonacata: K = 0.440 kCal/m²h°C**

(con 1 cm intonaco interno + 1 cm intonaco esterno - conducibilità intonaco = 0.90 W/m°C)



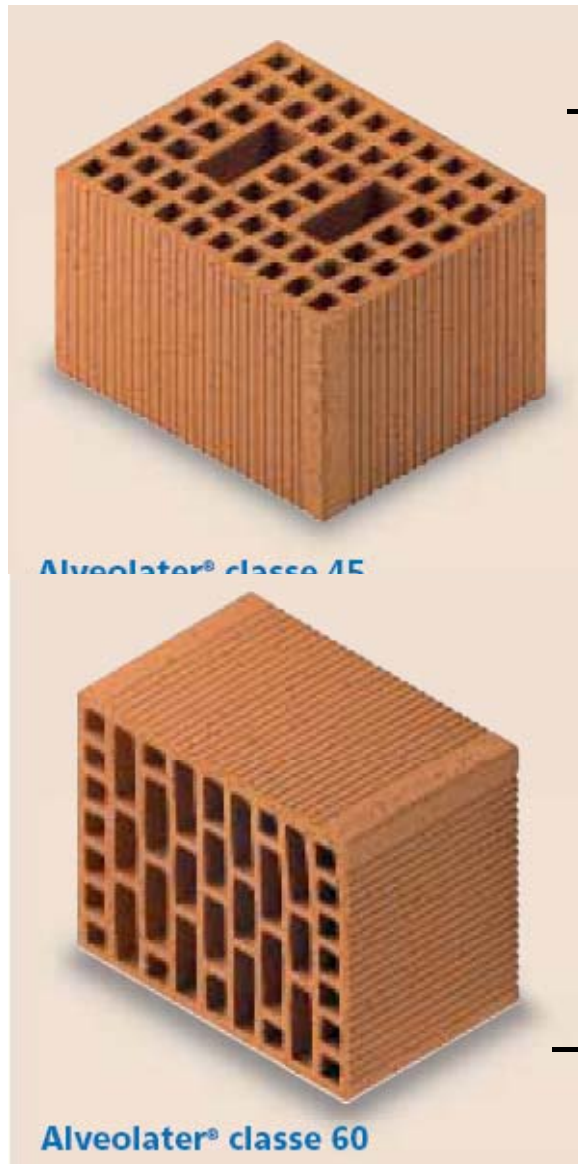
#### Blocchi Alveolater® classici

Nei laterizi Alveolater® classici è presente un grande numero di cavità, fra loro non comunicanti, di diametro massimo variabile da 2 a 2,5 mm, ottenute mescolando all'argilla cruda sferette di polistirolo o granuli di altri materiali combustibili che durante la cottura bruciano senza residui lasciando vuota la sede prima occupata. L'argilla in questo modo è più leggera e la conduttività termica è minore.



#### Blocchi Alveolater® con segatura, farina di legno o lolla di riso

In questi elementi l'alleggerimento è dato da microcavità vuote generate dalla combustione di segatura, farina di legno o lolla di riso. Anche in questo caso l'alleggerimento produce una diminuzione della conduttività del materiale.

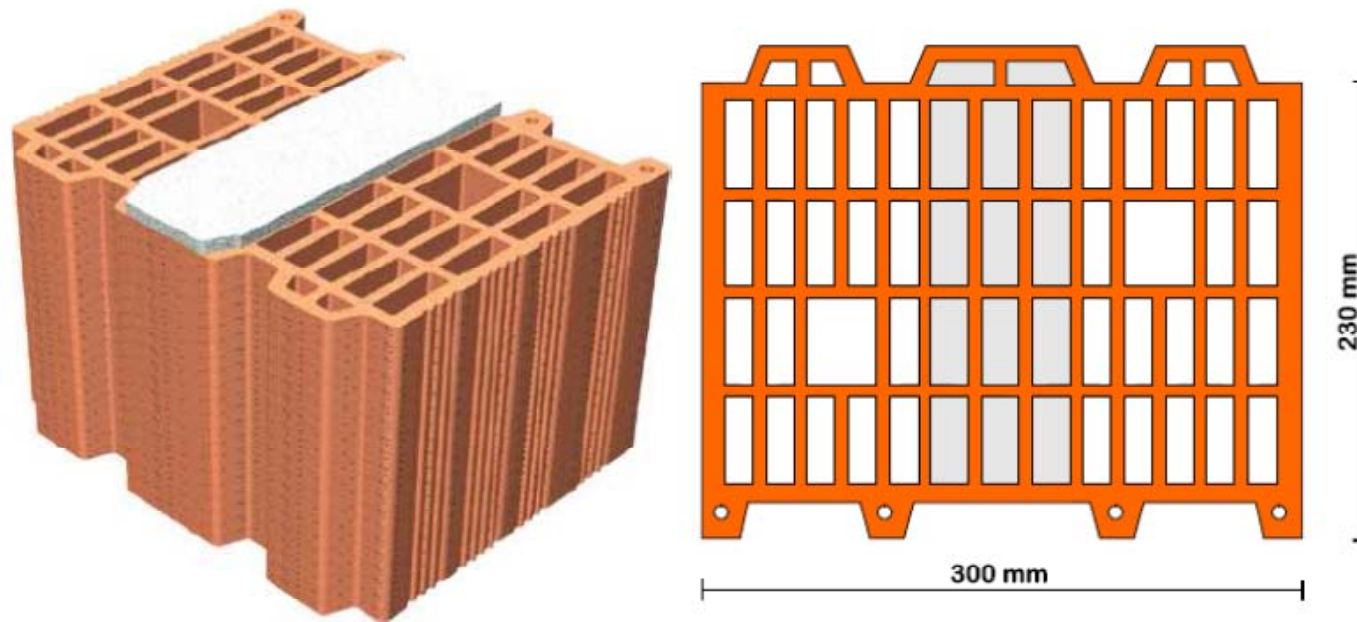


Per murature  
portanti



Per murature di tamponamento a  
elevata inerzia termica

Per murature di tamponamento,  
contropareti e divisori



Conduktivität termica equivalente dell'elemento:	$\lambda_{equ} = 0,136$	W/m K
--	-------------------------	-------

Conduktivität termica equivalente della parete:	$\lambda_{equ} = 0,135$	W/m K
---	-------------------------	-------

Conduktivität termica della parete:	$C = 0,452$	W/m <sup>2</sup> K
-------------------------------------	-------------	--------------------

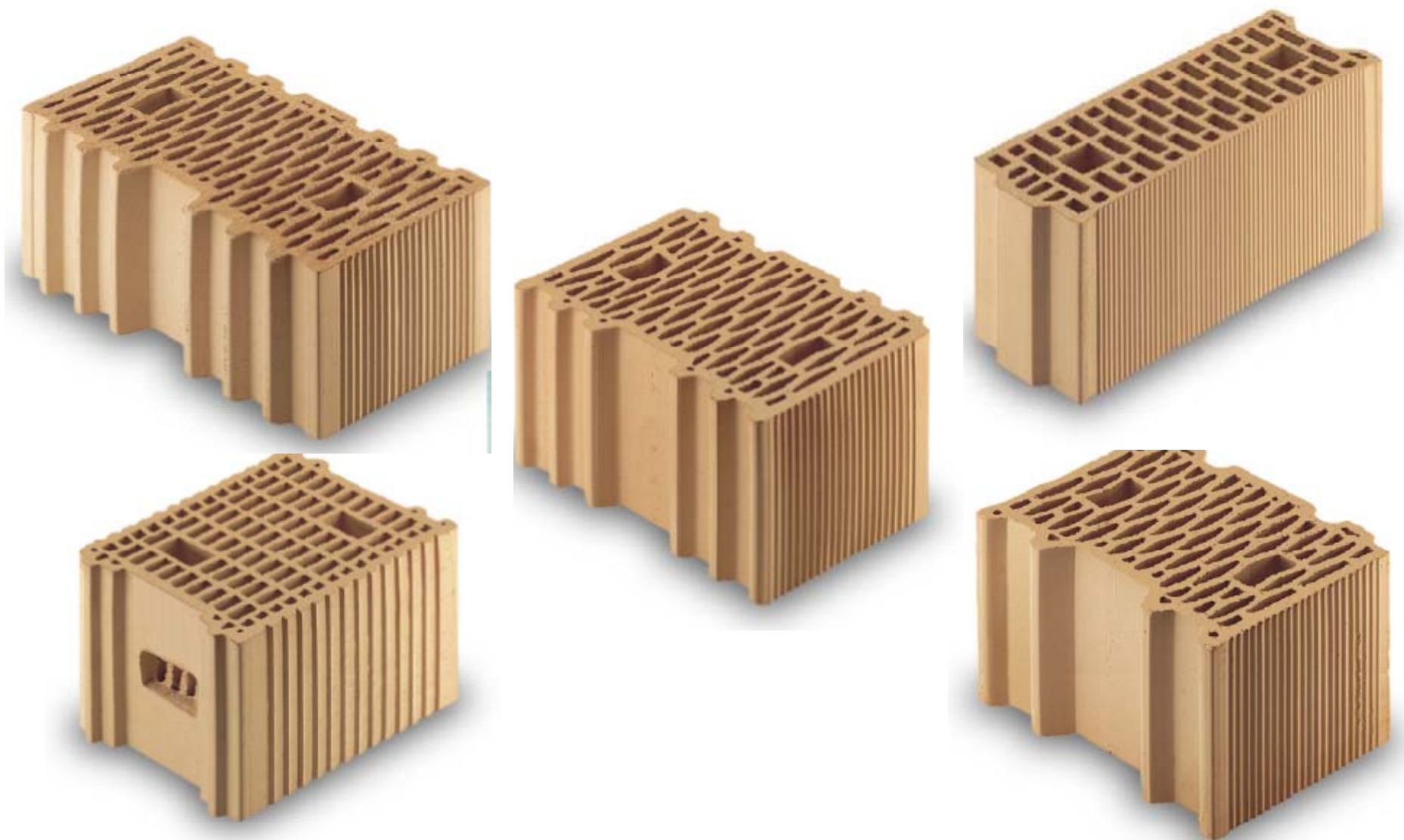
Resistenza termica della parete:	$R = 2,214$	m <sup>2</sup> K/W
----------------------------------	-------------	--------------------

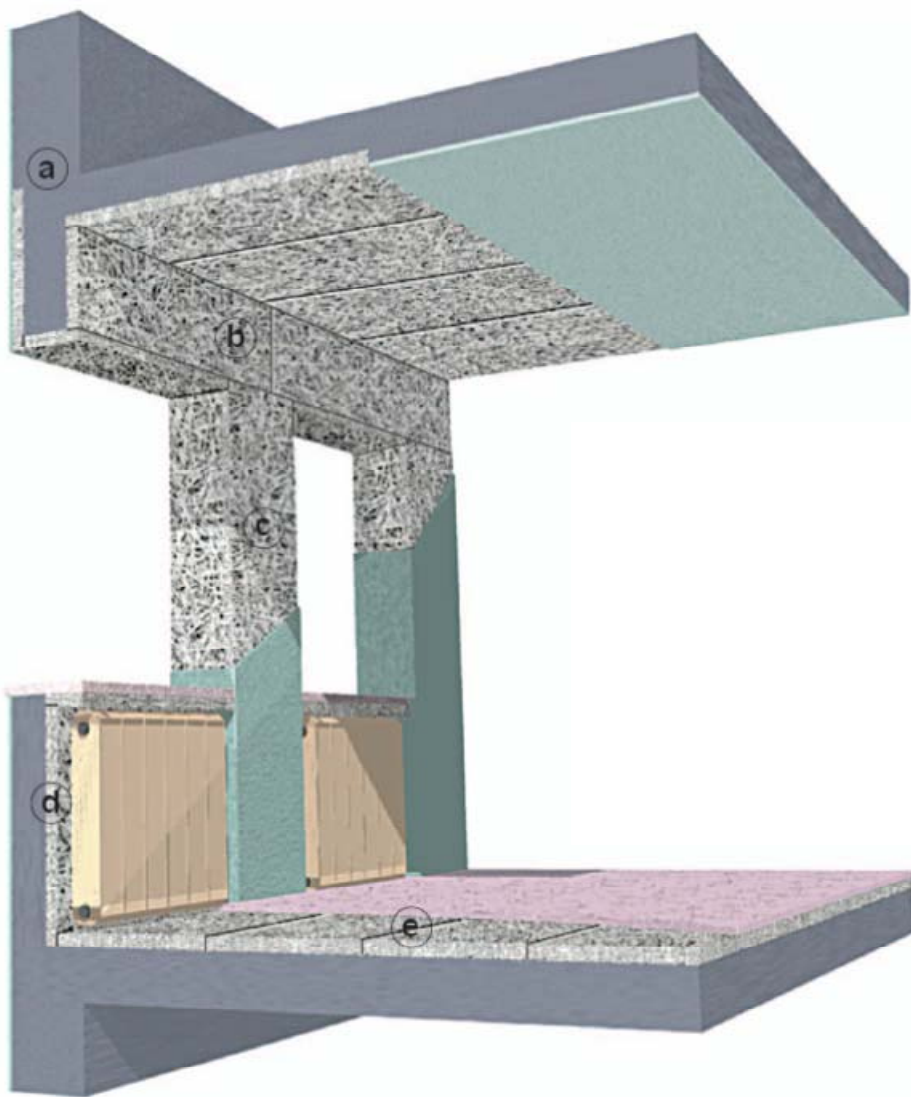
Trasmittanza termica della parete:	$U = 0,419$	W/m <sup>2</sup> K
------------------------------------	-------------	--------------------

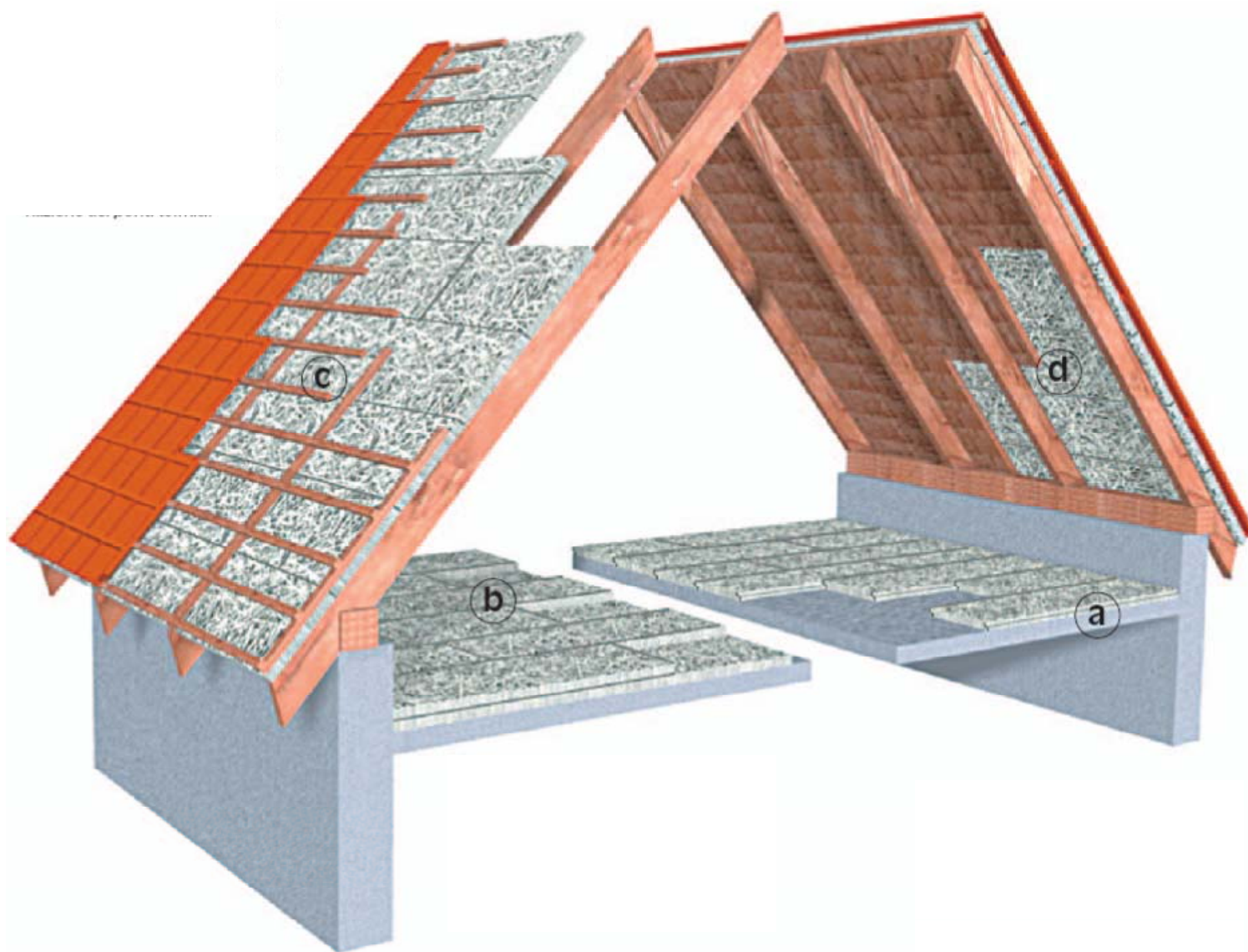
Trasmittanza termica della parete con intonaco:	$U = 0,414$	W/m <sup>2</sup> K
---	-------------	--------------------

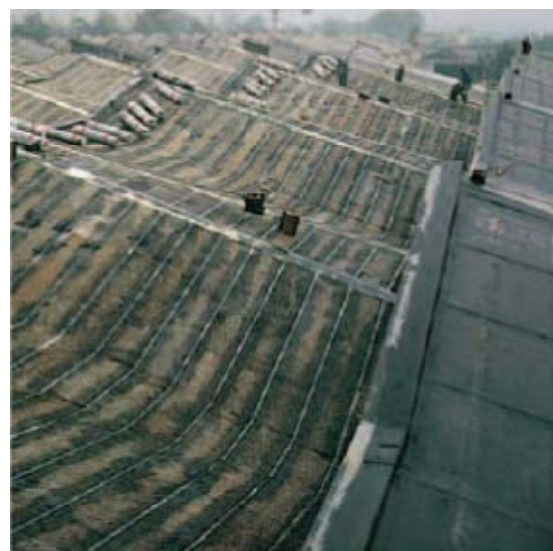
(1,5 cm intonaco interno + 1,5 cm intonaco esterno - conduttività intonaco = 0,93 W/m K)











**PRESTAZIONI**

Conduzzanza termica specifica del pannello:  
 tipo standard 54 = 0,73 W/m<sup>2</sup>K  
 tipo plus 66 = 0,60 W/m<sup>2</sup>K  
 tipo H 89 = 0,44 W/m<sup>2</sup>K

Permeabilità al vapore:  
 sistema traspirante con giunti di tipo aperto. Permeabilità al vapore del pannello:  $\mu=86$

Assorbimento d'acqua:  
 a completa immersione assorbimento acqua dopo un ora minore di 0,03 Kg/m<sup>2</sup>

Peso pannelli:  
 peso medio circa 28 Kg/m<sup>2</sup>

Resistenza di sistema a carico in depressione:  
 variabile a seconda formati e tipo giunto min = 3300 N/m<sup>2</sup>  
 max = 6270 N/m<sup>2</sup>

Resistenza agli urti:  
 rientra nella categoria I e III della norma europea supera il test di Urti molle da 400 joule e l'urto duro da 10 joule

Reazione al fuoco:  
 Euroclasse E. Corrisponde alla classe 1 vecchia norma italiana art.8 D.M. 26-06-1984 e classificazione francese M1

**IL SISTEMA PIZ**

1. Paramento in malta cementizia fibrorinforzata modificata, agganciato direttamente ai profili di fissaggio.
2. Sistemi di ancoraggio di qualità certificata.
3. Supporto isolante in polistirene espanso sinterizzato.
4. Guide di montaggio

**FORMATO PANNELLI STANDARD**

altezza mm	larghezza mm	fuga mm
450	450/675/900	e/15
600	600/900/1200/1350	0/15

**Pannello**  
 spessore 54,66/89 mm. di cui 9 mm. in malta cementizia, strato isolante di spessore 45/57/80 mm. in polistirene espanso sinterizzato.

**Guide di montaggio**  
 in alluminio disponibili nei colori standard nero o silver, a richiesta tutte le tinte RAL.

**Sistemi di ancoraggio**  
 scelti in fase di progetto in funzione del tipo di supporto.

**Formato pannelli**  
 formato standard come tabella con possibilità di variazione di +/- 20 mm.

## SISTEMI A PANNELLI

La struttura è posta in opera mediante fissaggio meccanico di guide in lega leggera su cui è impegnato il pannello isolante Zecca.

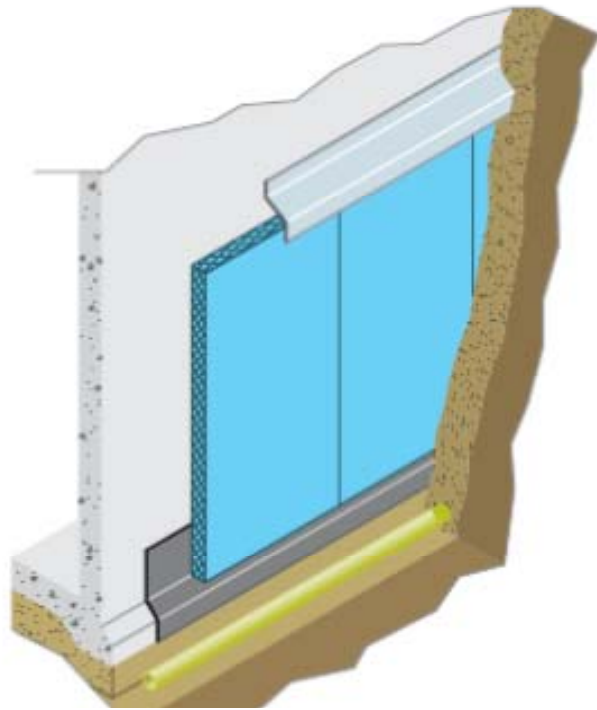
Il pannello è costituito da un paramento in malta cementizia fibrorinforzata accoppiata ad una lastra di materiale isolante.

Sono presenti scanalature sui bordi superiori ed inferiori per accogliere i profili di montaggio

I sistemi a pannelli sono utilizzabili per il rivestimento di edifici civili e industriali, sia per la loro riqualificazione energetica che architettonica.







L'isolamento termico di pareti e pavimenti a contatto con il terreno è un problema che richiede l'adozione di sistemi validi, affidabili e sicuri.

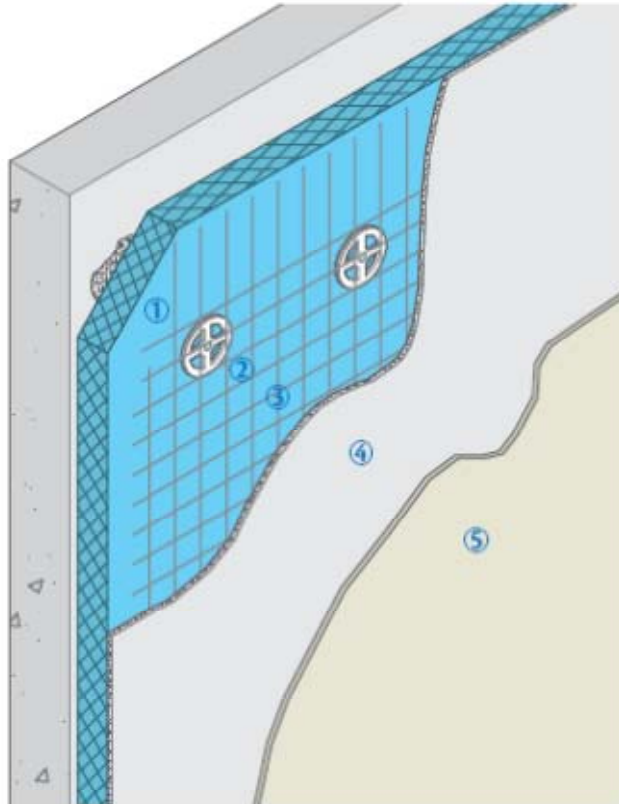
Una volta ultimata la costruzione non sarà possibile intervenire se non con costi molto elevati

È opportuno isolare anche gli ambienti parzialmente interrati per ridurre le dispersioni

L'intervento tecnicamente migliore consiste nel porre l'isolante a diretto contatto con il terreno, permettendo così di sfruttare l'inerzia termica della parete interna e recuperando spazio all'interno

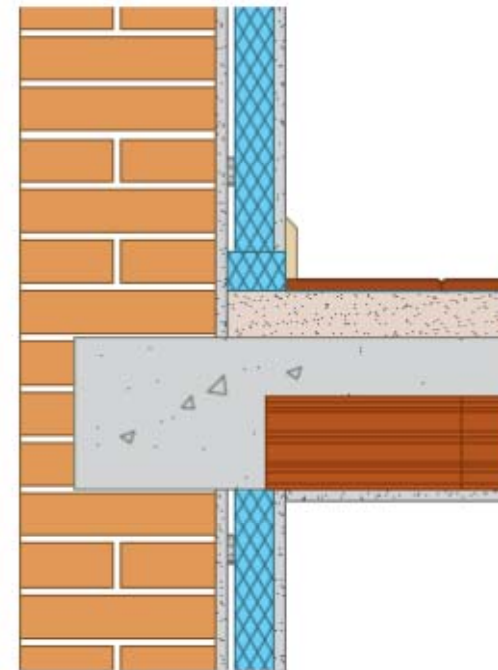




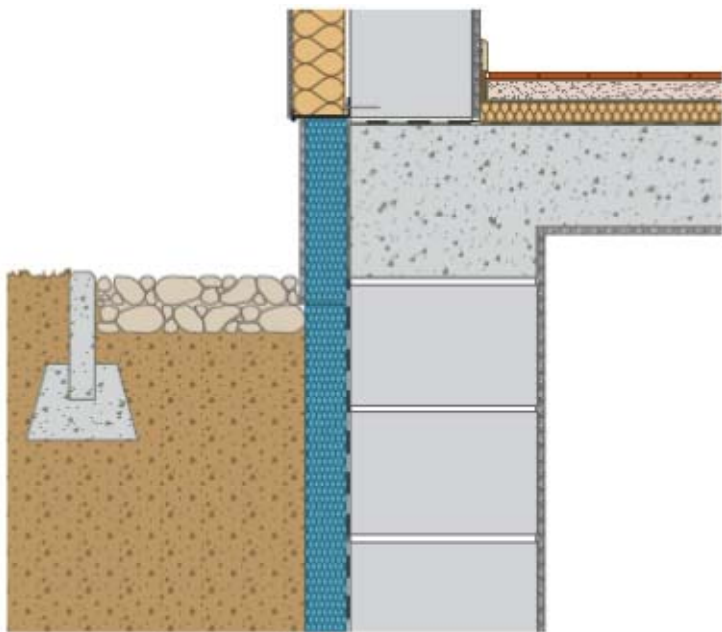


- ① STYROFOAM IB
- ② Tasselli
- ③ Rete
- ④ Malta rasante
- ⑤ Finitura

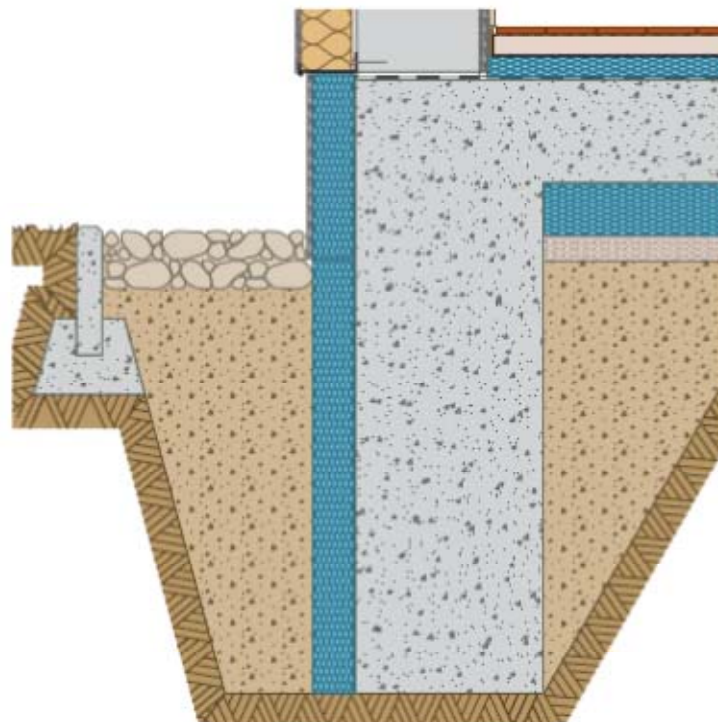
### Isolamento a cappotto



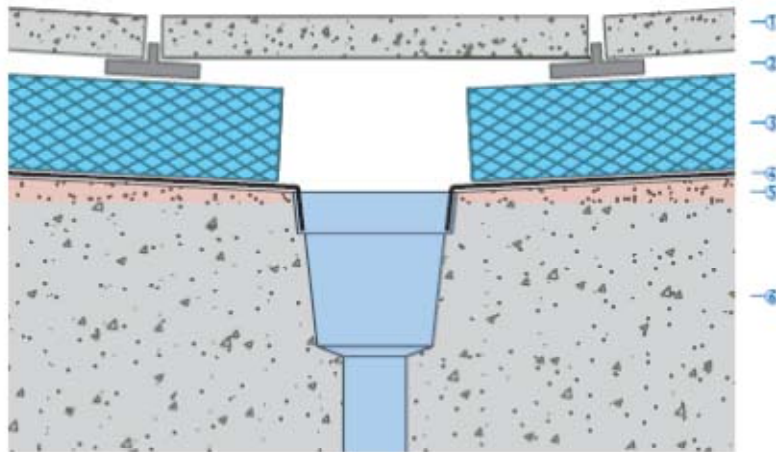
### Isolamento lato interno



Isolamento locali seminterrati



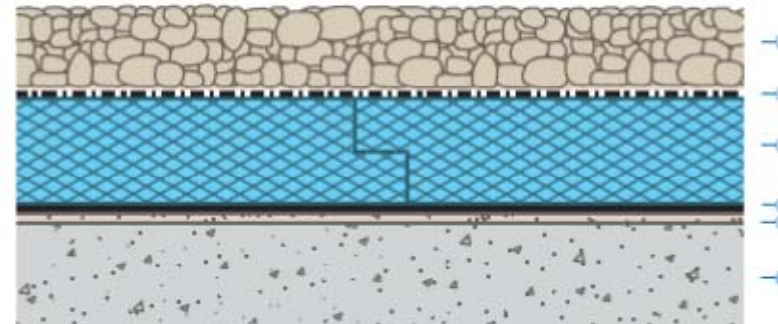
Isolamento strutture a contatto con il terreno



- ① quadrotti prefabbricati
- ② spaziatori
- ③ ROOFMATE SL
- ④ manto impermeabile
- ⑤ strato di livellazione e pendenza
- ⑥ Solaio di copertura

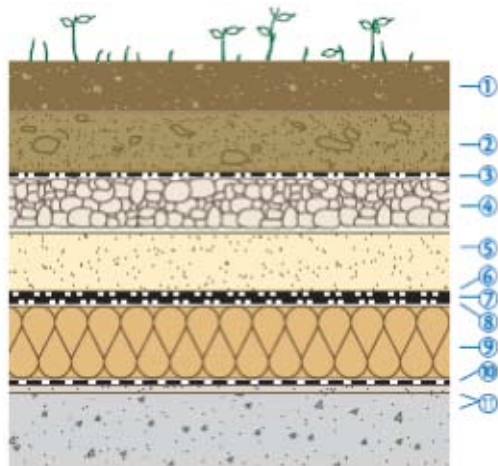


Isolamento di coperture piane



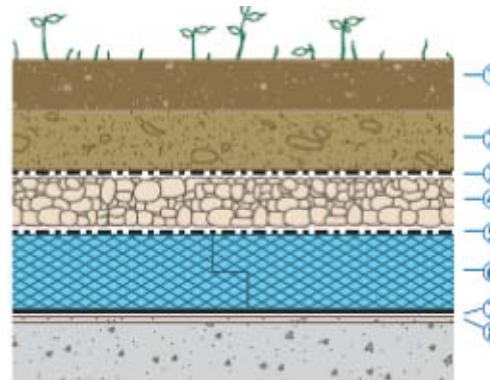
- ① ghiaia
- ② elemento filtrante ("non tessuto" permeabile al vapore)
- ③ ROOFMATE SL
- ④ manto impermeabile
- ⑤ strato di livellazione e pendenza
- ⑥ solaio di copertura

Realizzazione di coperture a verde



- ① humus
- ② terriccio
- ③ elemento filtrante
- ④ drenaggio
- ⑤ massetto protettivo
- ⑥ strato di protezione
- ⑦ manto impermeabile
- ⑧ strato separatore
- ⑨ isolante termico
- ⑩ barriera al vapore
- ⑪ strato livellazione e pendenze

Sistema tradizionale

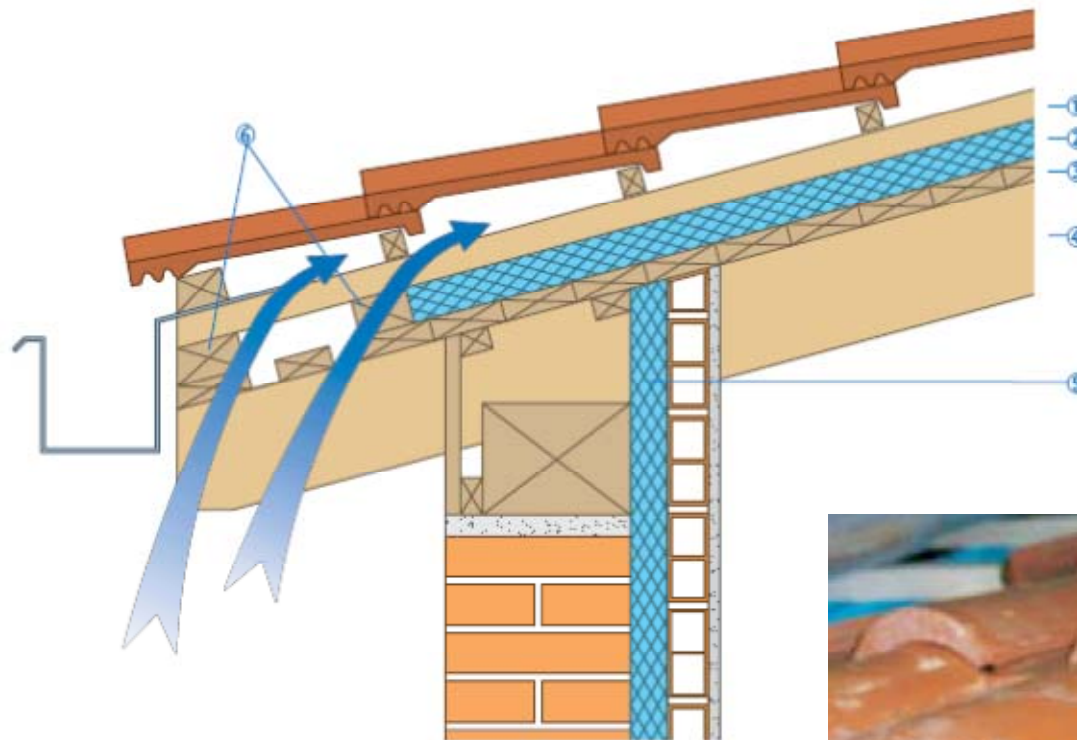


- ① humus
- ② terriccio
- ③ elemento filtrante
- ④ drenaggio
- ⑤ elemento filtrante
- ⑥ ROOFMATE SL
- ⑦ Manto impermeabile
- ⑧ Strato di livellazione e pendenze

Sistema con polistirene estruso



Realizzazione di coperture ventilate



- ① listello di pendenza
- ② ROOFMATE TG
- ③ tavolato in legno
- ④ puntone
- ⑤ WALLMATE CW
- ⑥ listello di fermo



Isolamento di copertura a orditura lignea

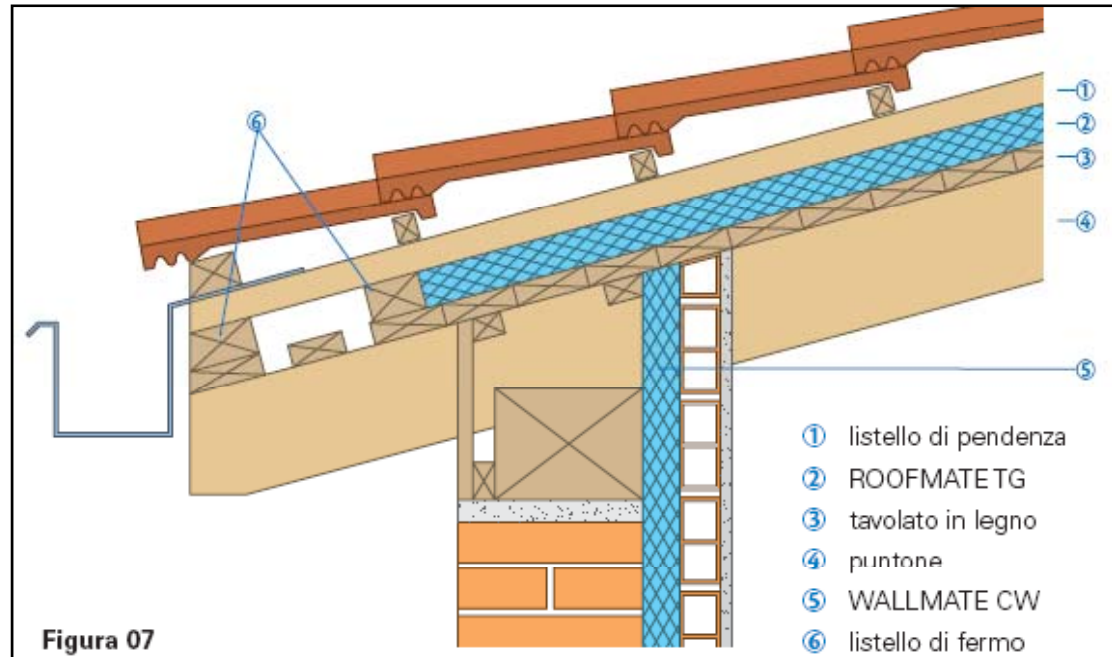
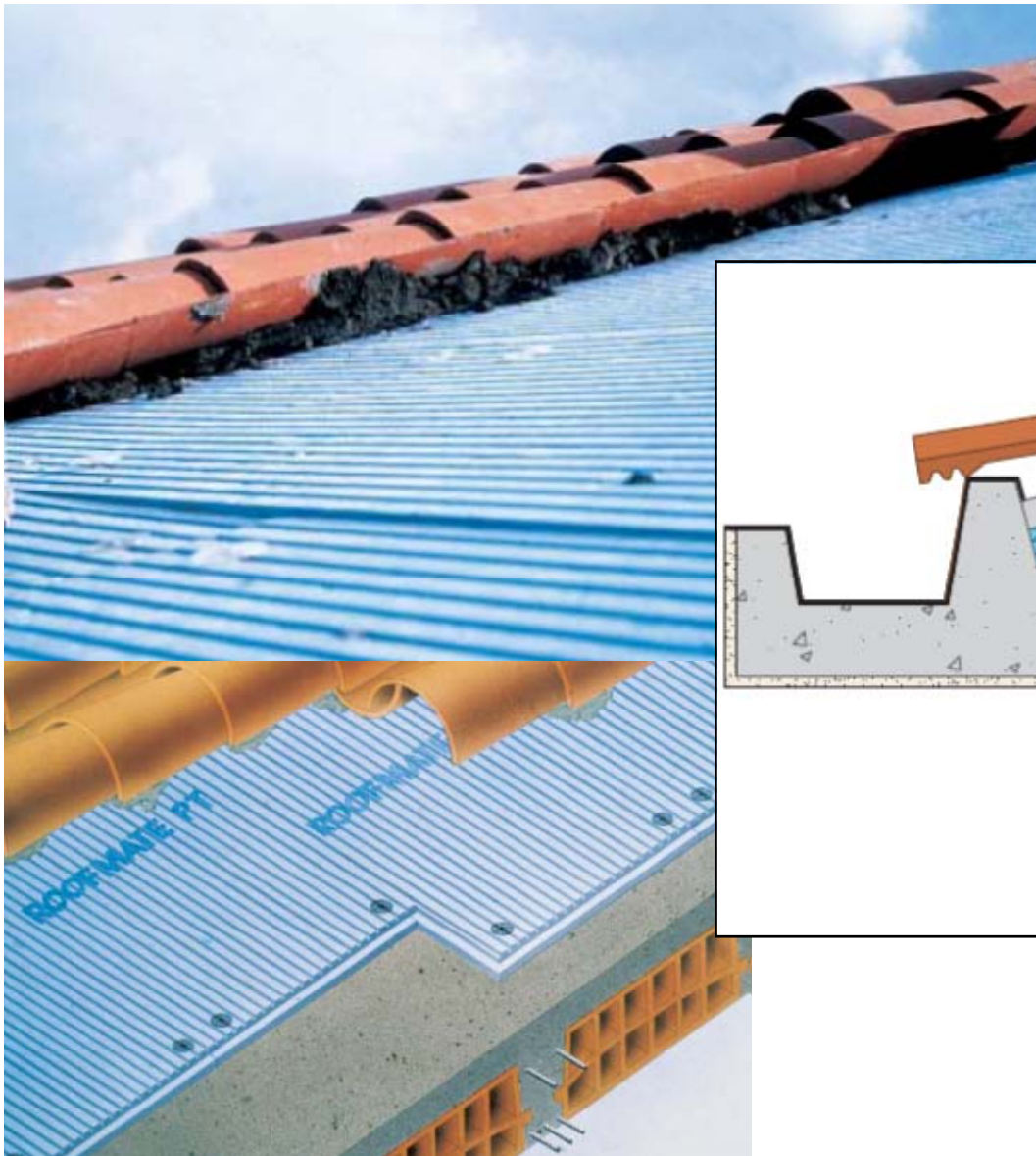
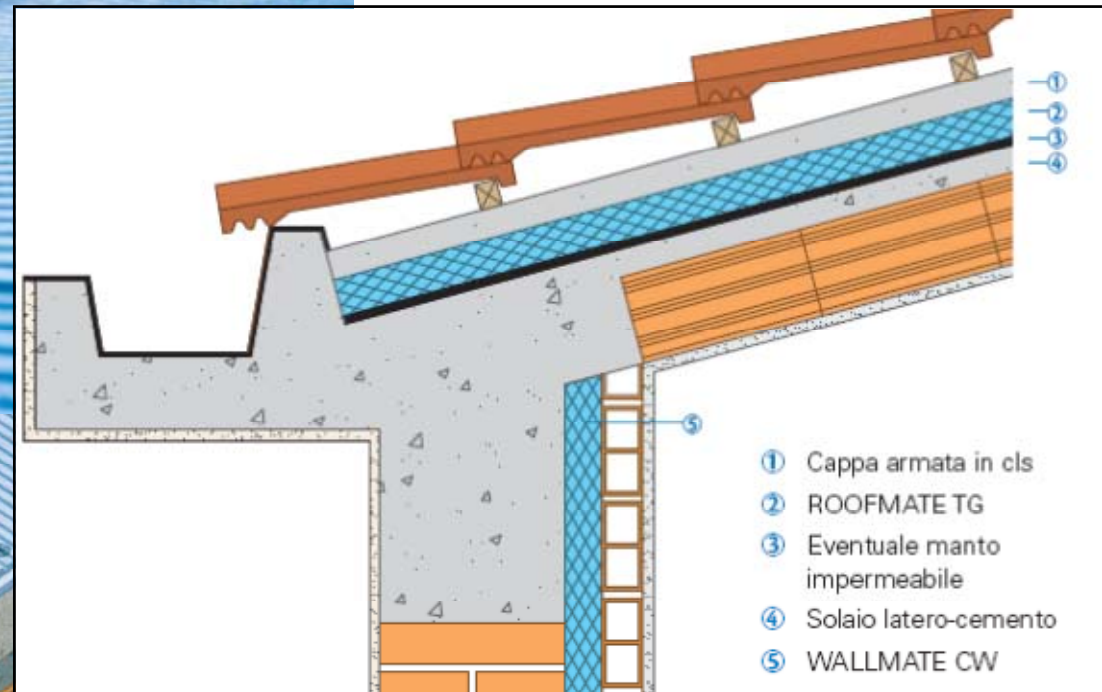


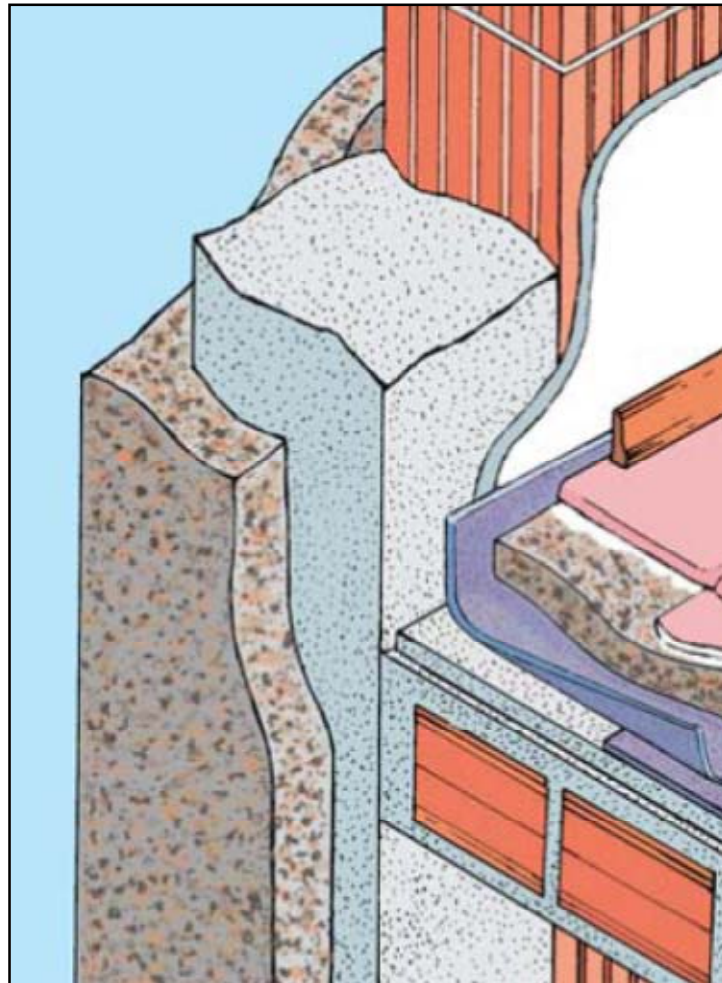
Figura 07





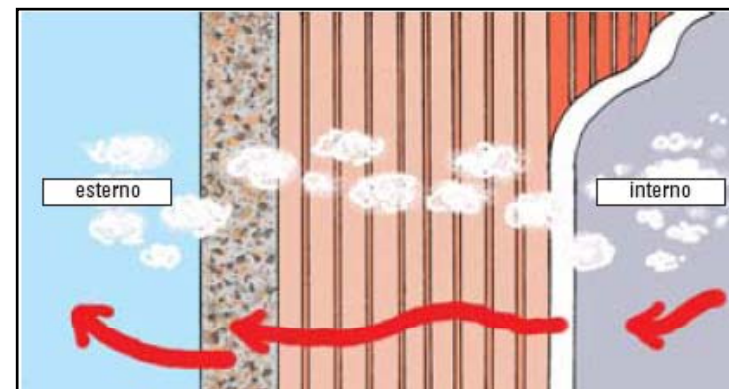
Isolamento di copertura in latero-cemento





- Sistema costruttivo velocizzato, accoppiando un intonaco termico ad un blocco termico
- Non richiede la barriera al vapore perché altamente traspirante
- Conduttività molto bassa
- Non altera l'inerzia termica interna
- Composito ecologico
- Assenza di lesioni capillari per la presenza di fibre in polipropilene
- Resistenza al fuoco classe 1

## INTONACI ISOLANTI





## È così importante isolare bene, soprattutto per l'inverno?!

### FENOMENI DI DEGRADO LEGATI ALLA MANCANZA DI ISOLAMENTO

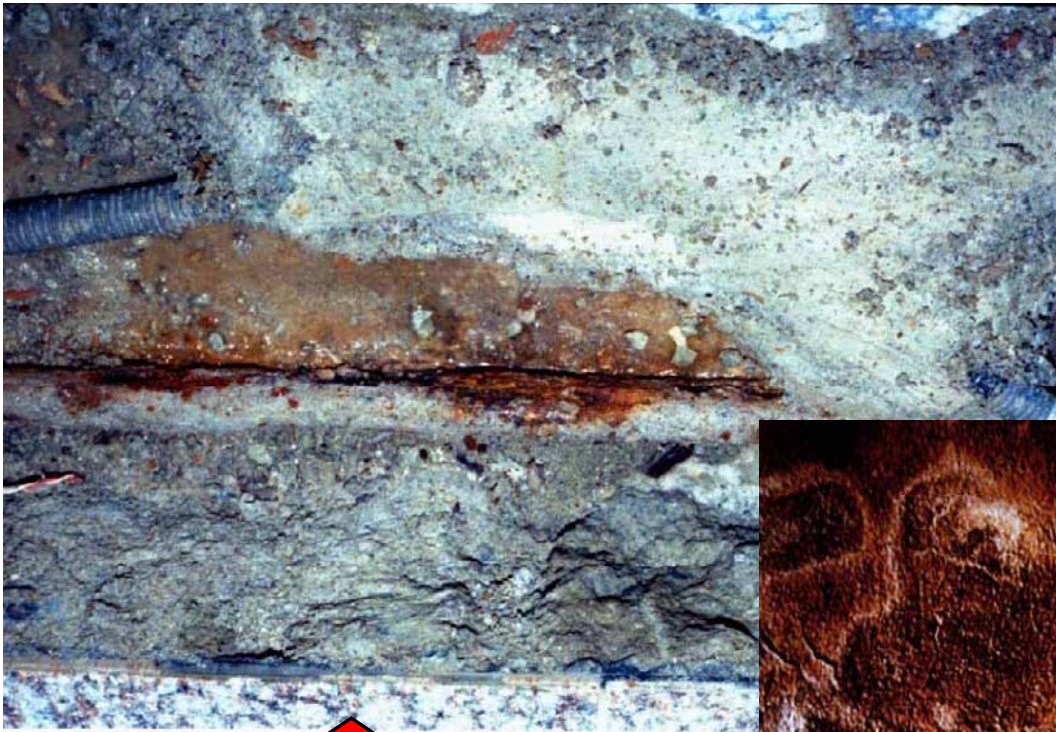
- Crescita di colonie fungine sulle superfici interne
- Presenza condensata superficiale e interstiziale
- Imputridimento delle strutture lignee
- Degrado degli intonaci
- Riduzione del grado di isolamento termico dell'involucro: > dispersioni
- Variazione dimensionale e danneggiamento dei manufatti
- Migrazioni di sali e formazioni di efflorescenze

Formazione di muffa in  
corrispondenza dei ponti termici



Pavimentazione in legno "saltata" per  
rigonfiamento dovuto ad eccessiva  
umidità





Efflorescenze da  
condensa



Corrosione da condensa



Subefflorescenze da  
condensa

**Cosa fare per eliminare la condensa?!**

- 1) Aumentare la ventilazione dei locali
- 2) Ridurre la produzione di vapore
- 3) Aumentare la temperatura media dell'aria
- 4) Aumentare il grado di isolamento e correggere i ponti termici

## Ponti termici?!

Punti critici per la formazione di condensa dovuti principalmente a disomogeneità delle strutture

- Angoli
- Intersezione impalcato-parete
- Innesto tra pareti
- Intersezione balconi e gronde con parete
- Infissi

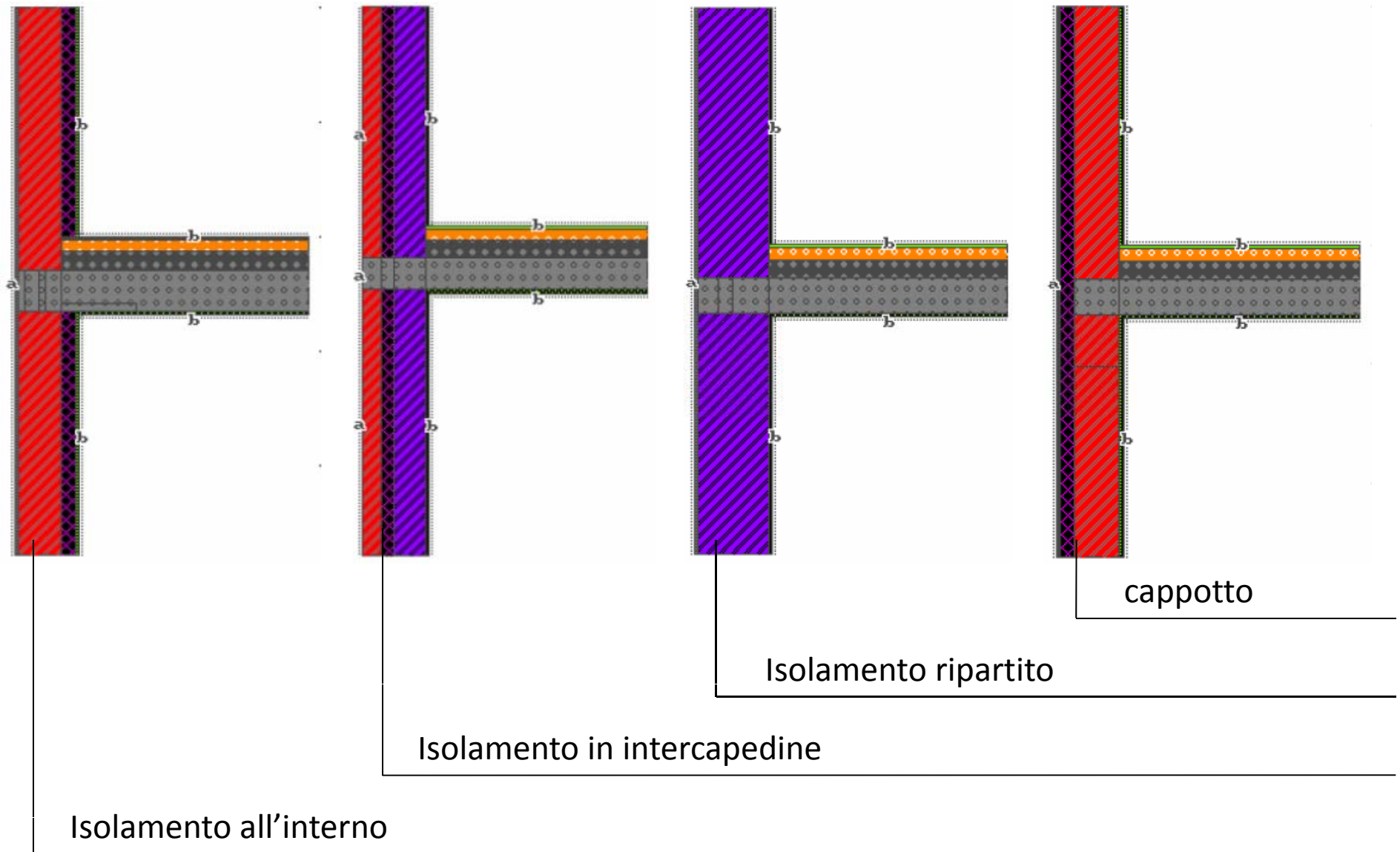




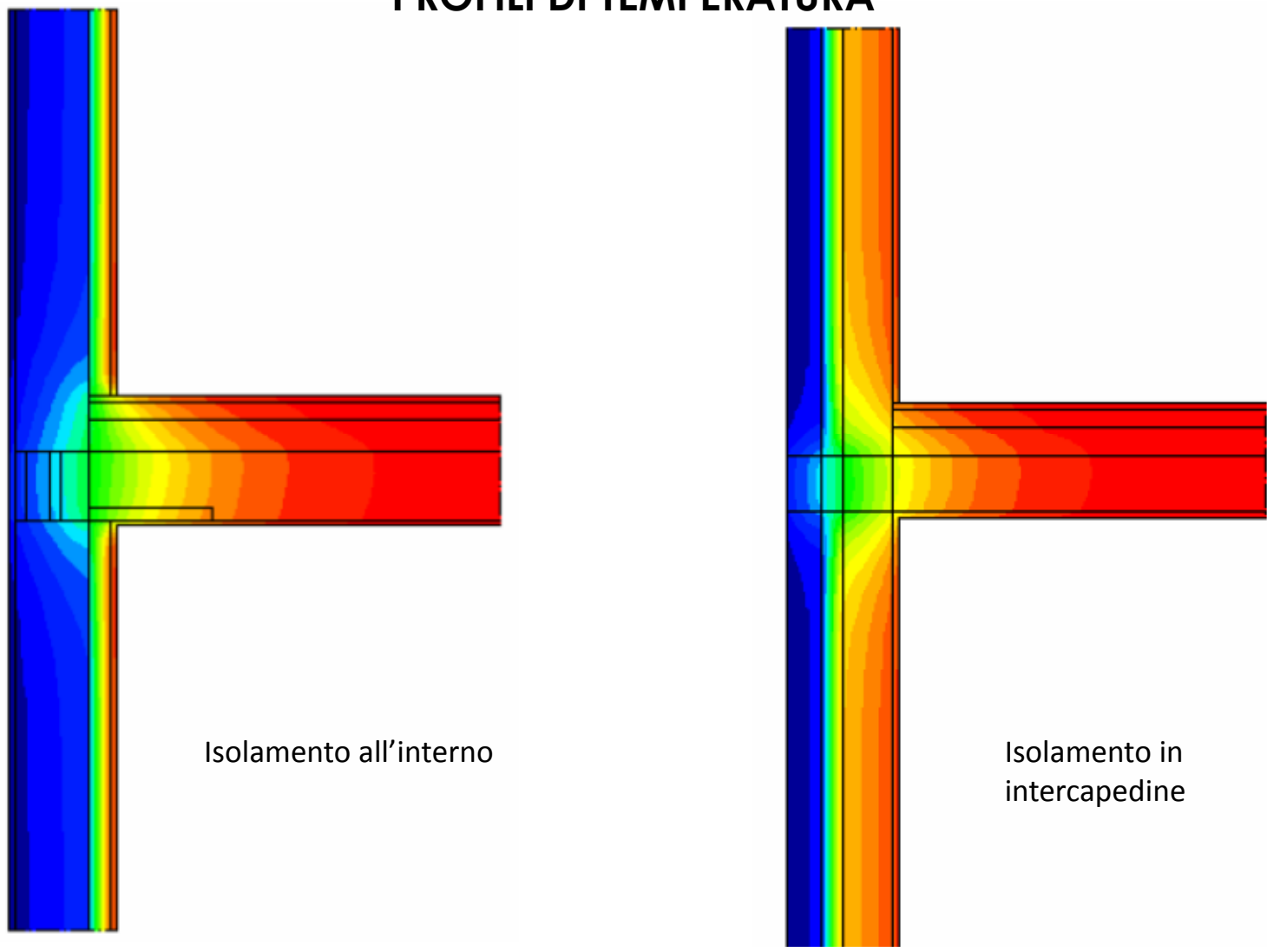








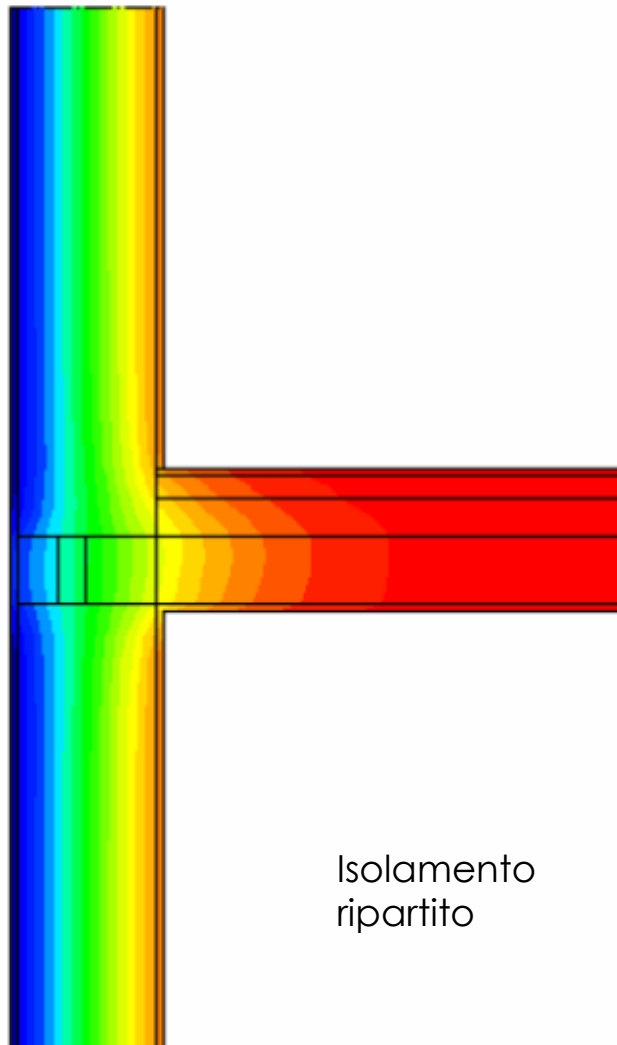
### PROFILI DI TEMPERATURA



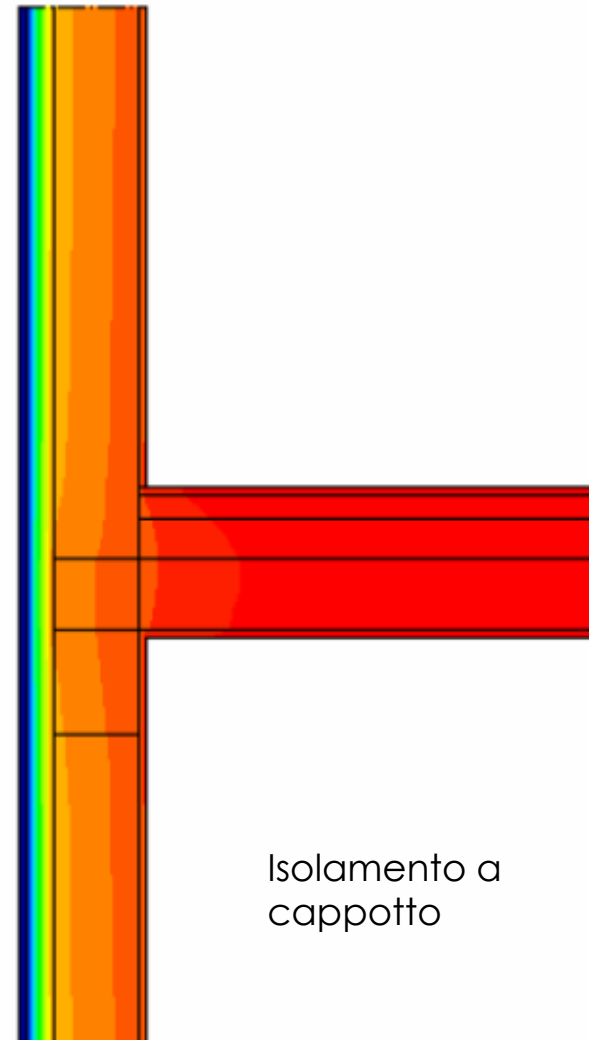
Isolamento all'interno

Isolamento in intercapedine

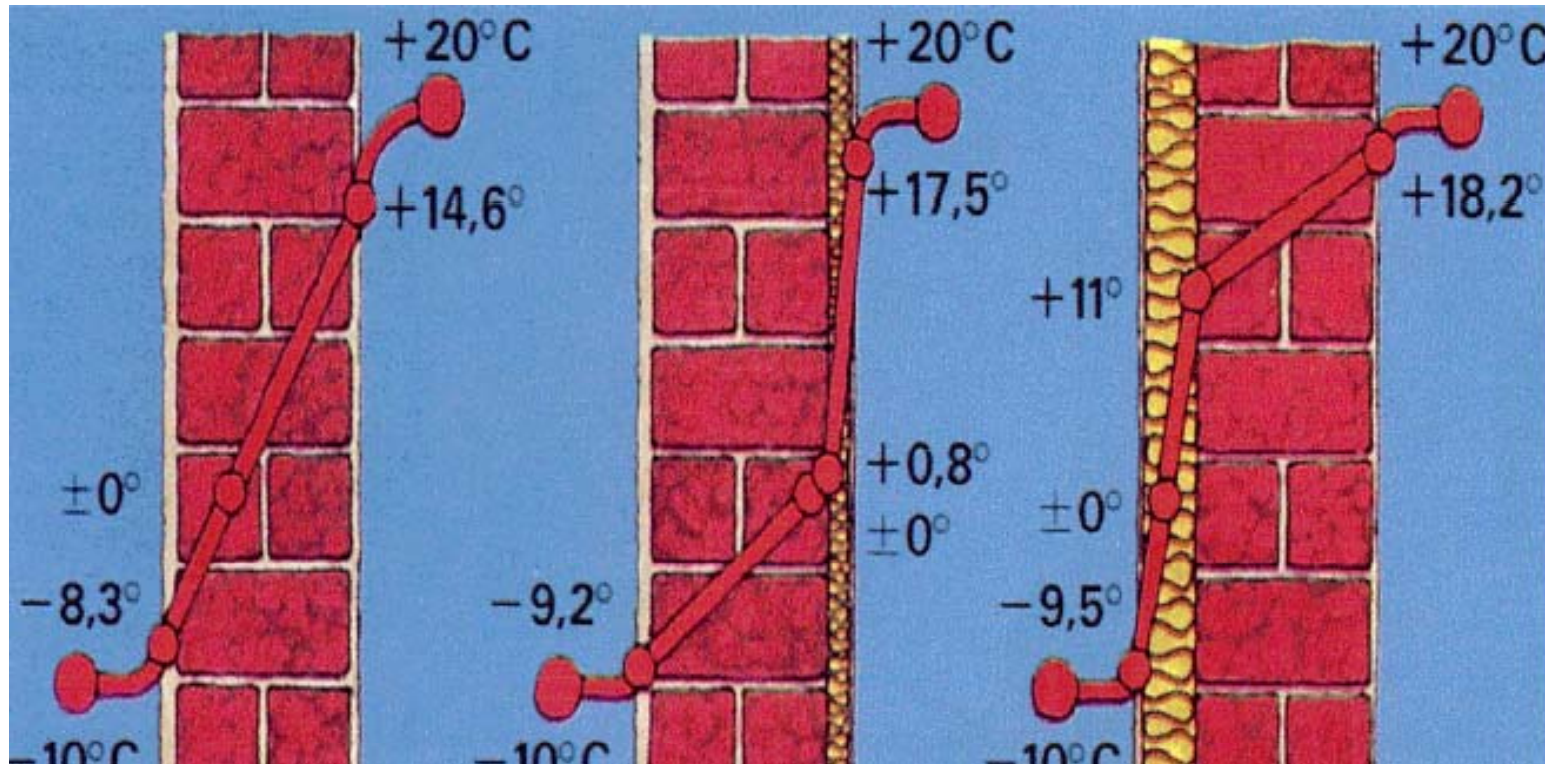
## PROFILI DI TEMPERATURA



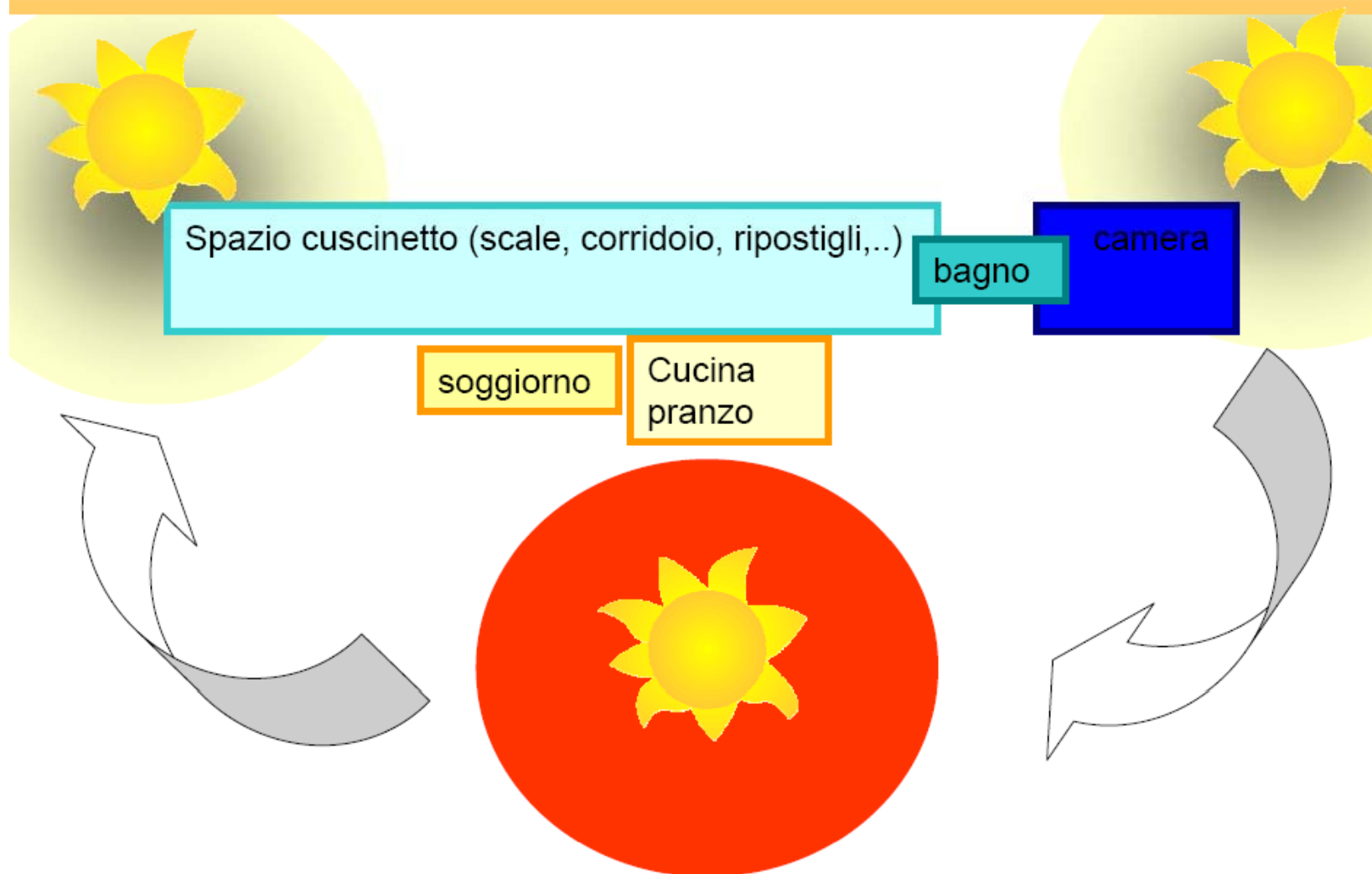
Isolamento  
ripartito



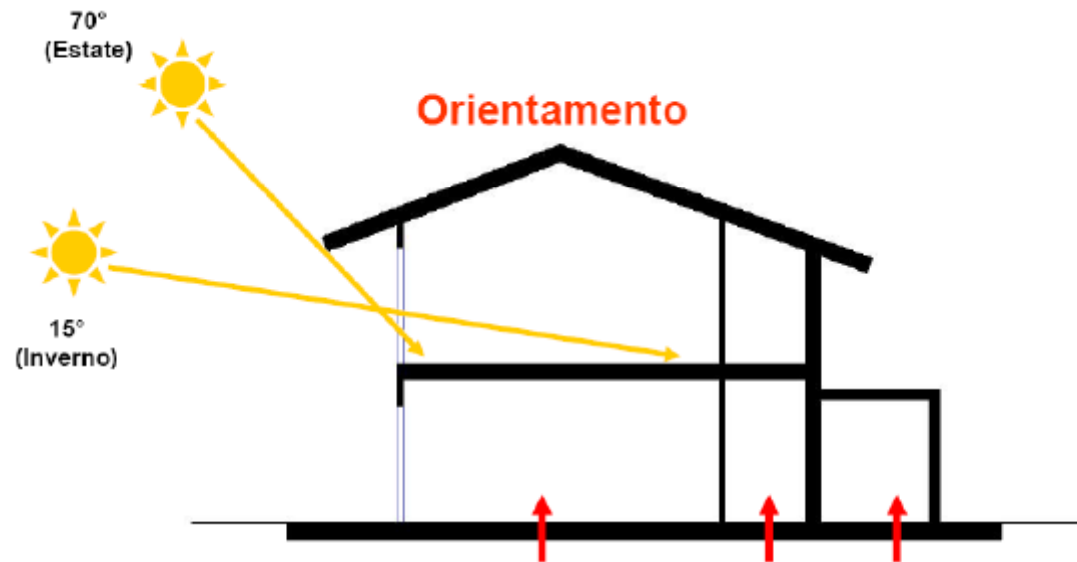
Isolamento a  
cappotto



Sfruttamento dell'energia solare: una corretta esposizione dell'edificio



## Sfruttamento dell'energia solare: l'influenza dell'orientamento dell'edificio

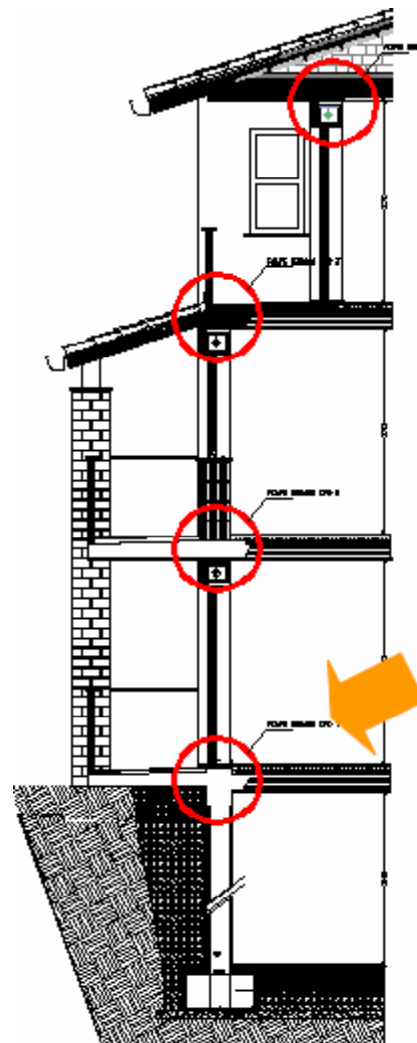


L'obiettivo è quello di mantenere positivo il rapporto tra dispersioni ed apporti termici:

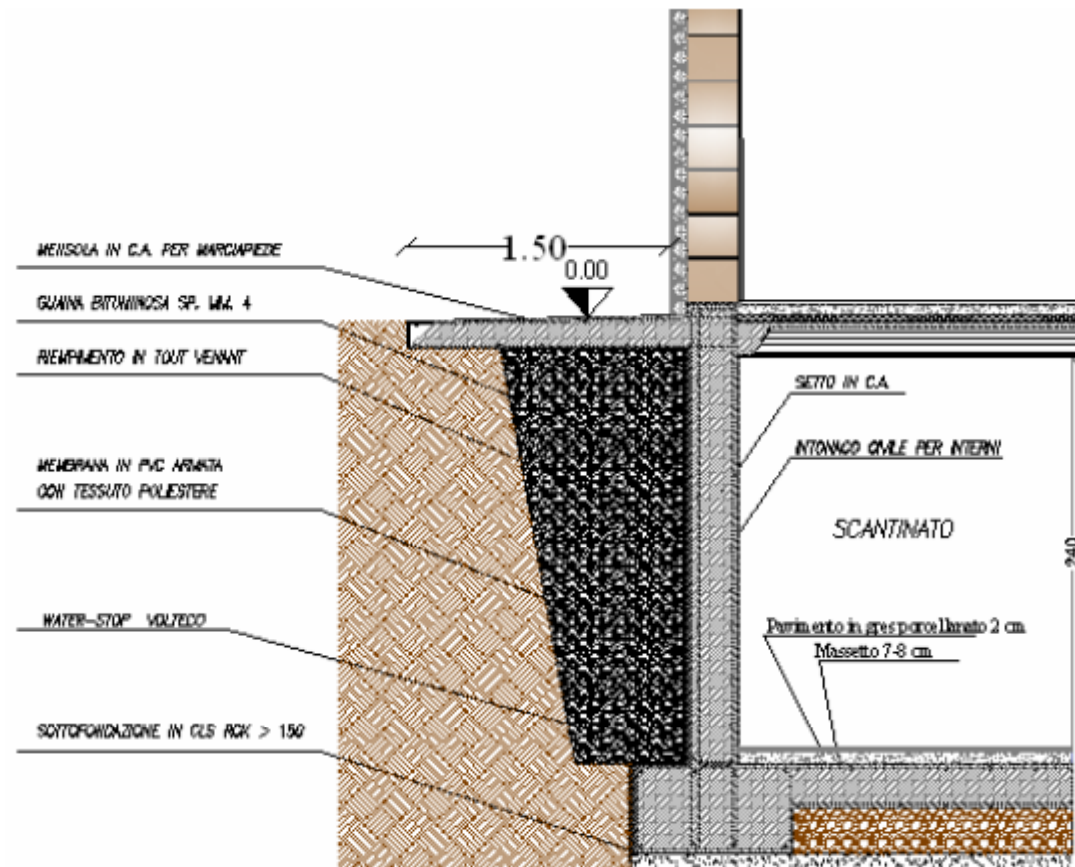
**Orientamento sud + Orientamento est/ovest =**

**Orientamento nord -**

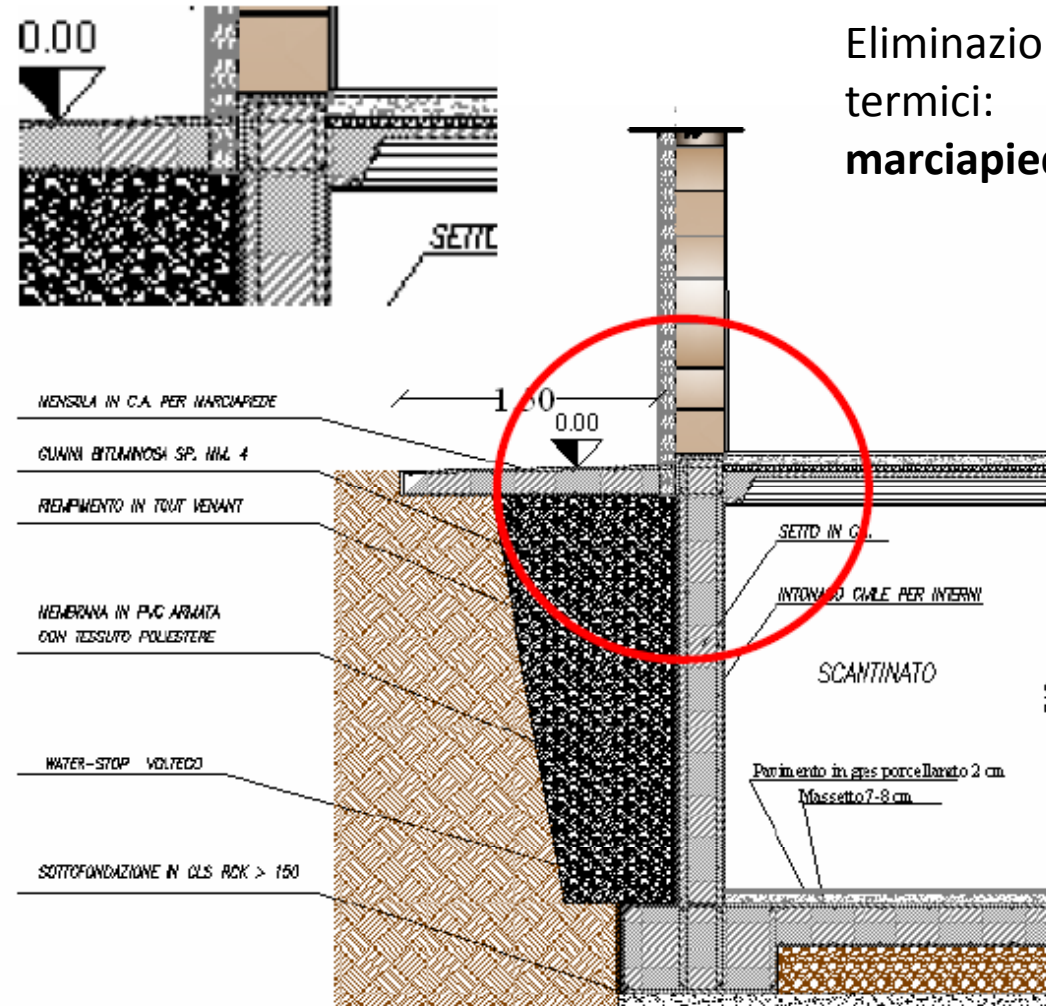
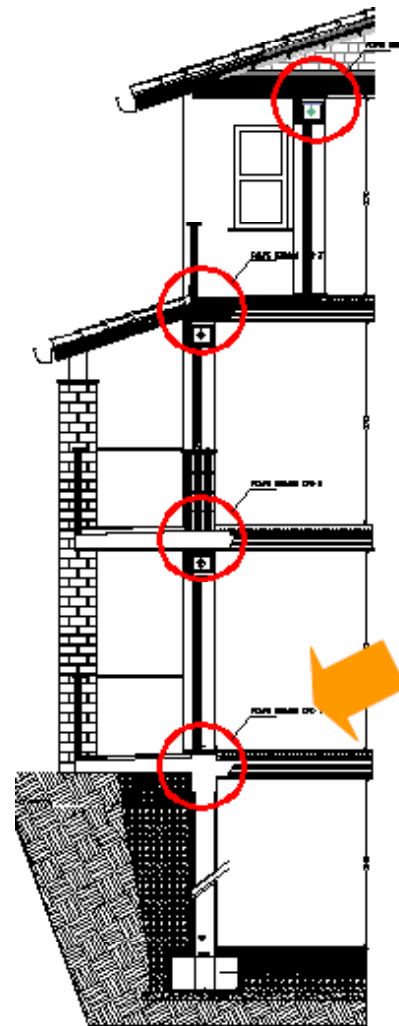




Eliminazione dei ponti termici

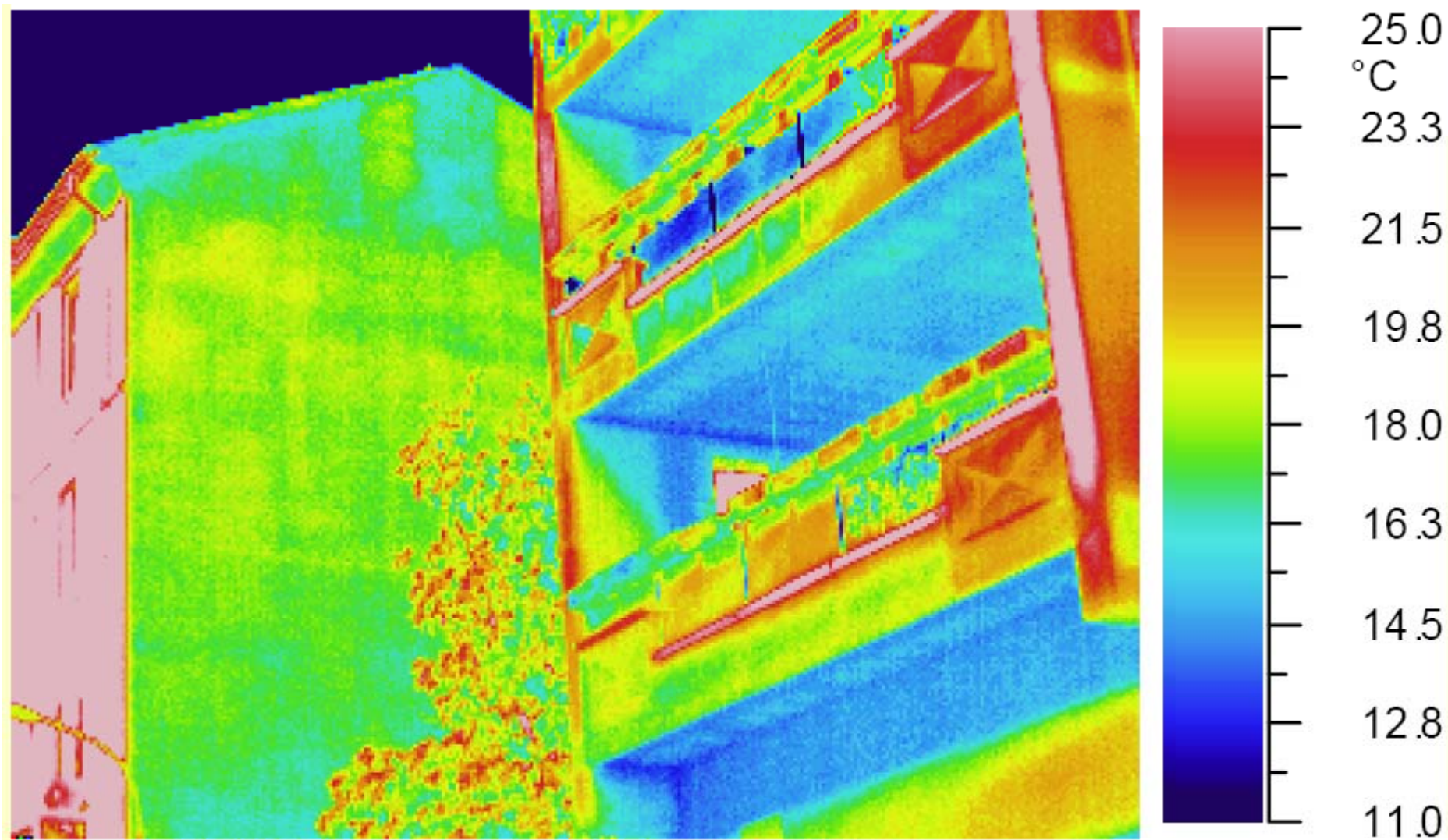


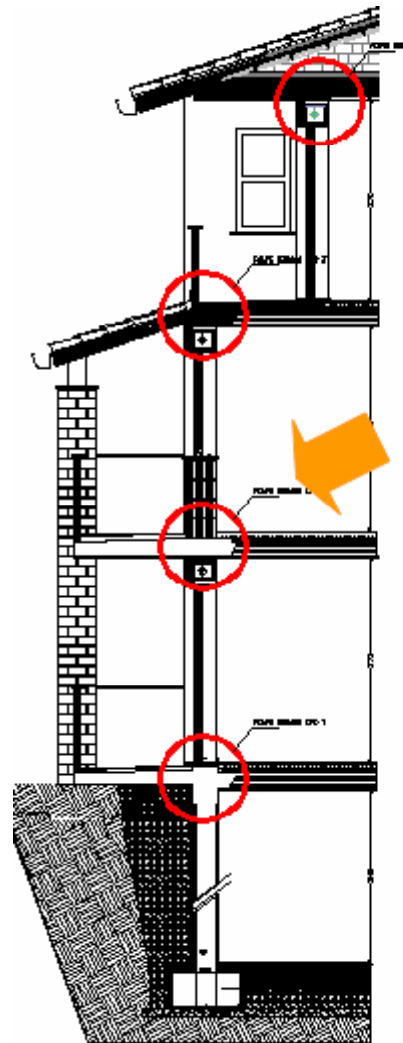
PARTICOLARE ELIMINAZIONE PONTE TERMICO 1: ATTACCO MURATURA MARCIAPIEDE  
SEZIONE 1:50



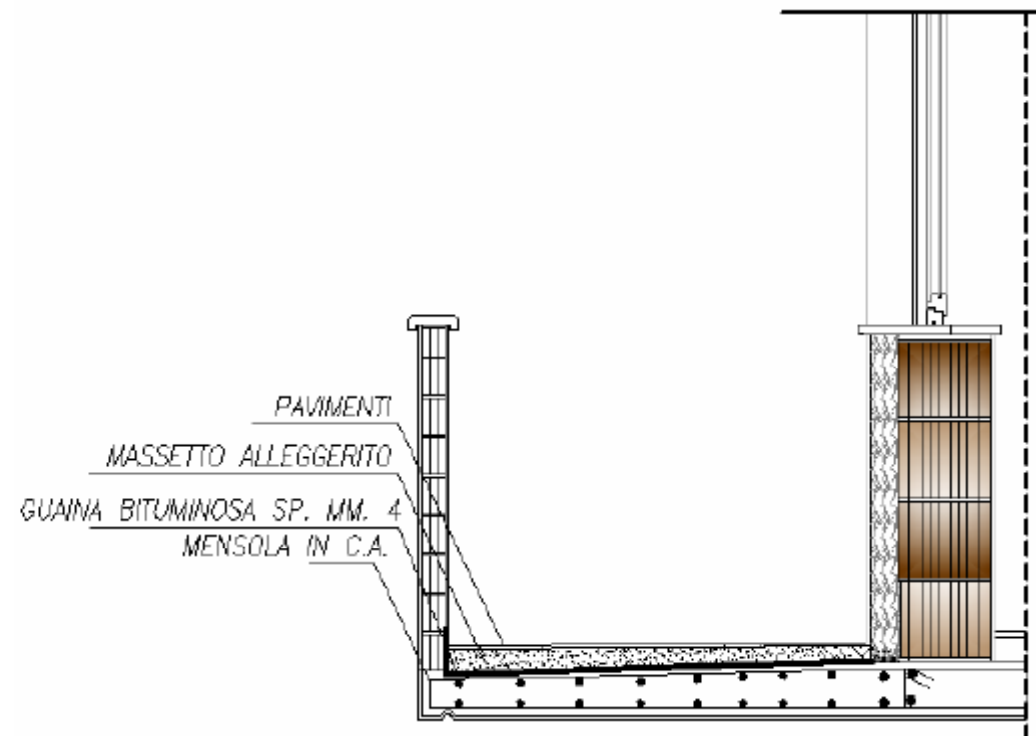
Eliminazione dei ponti termici:  
marciapiede

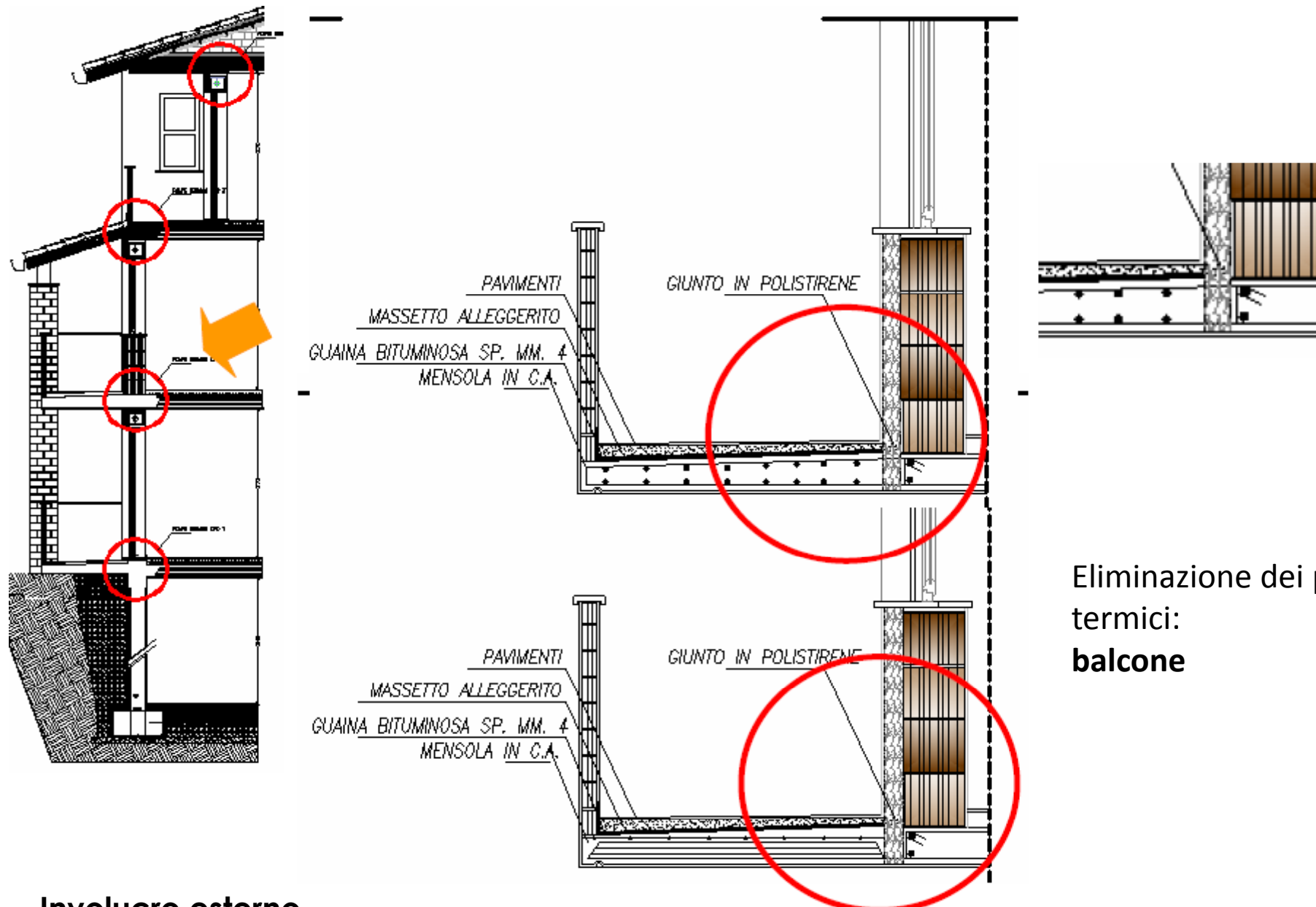
PARTICOLARE ELIMINAZIONE PONTE TERMICO 1: ATTACCO MURATURA MARCIAPIEDE  
SEZIONE 1-50



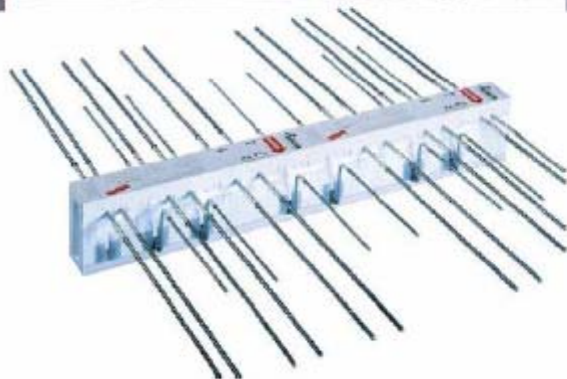


Eliminazione dei ponti termici:  
**balcone**

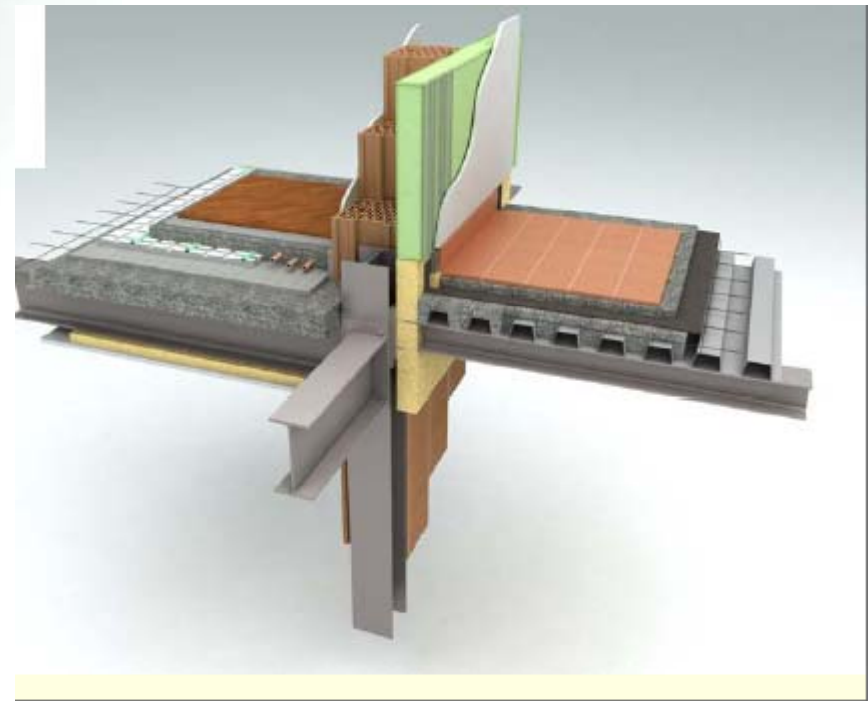
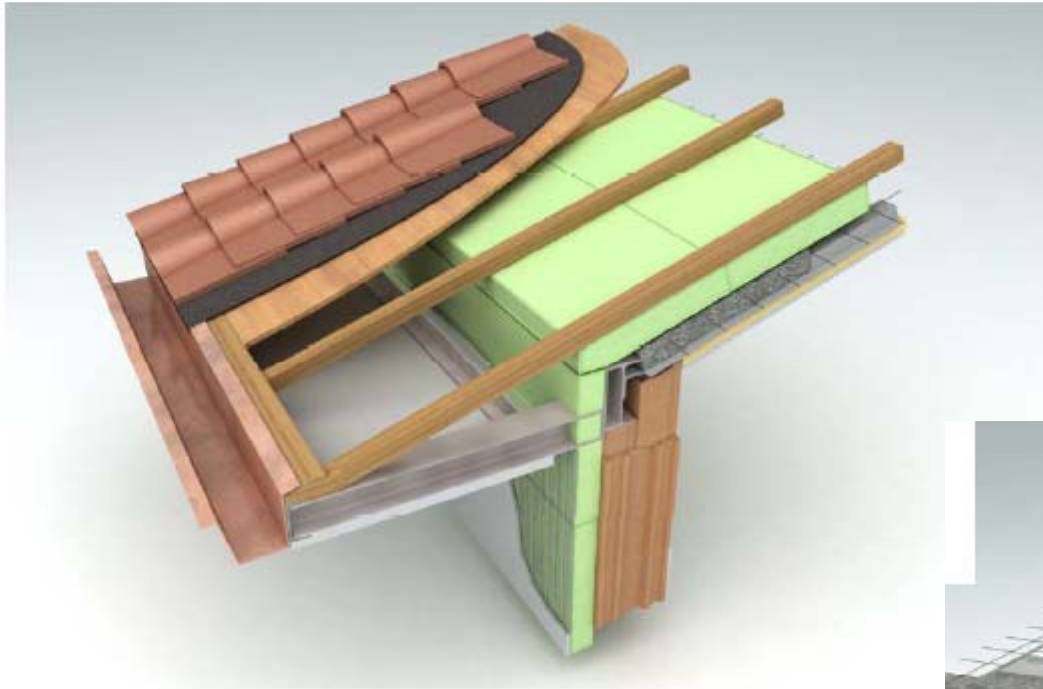




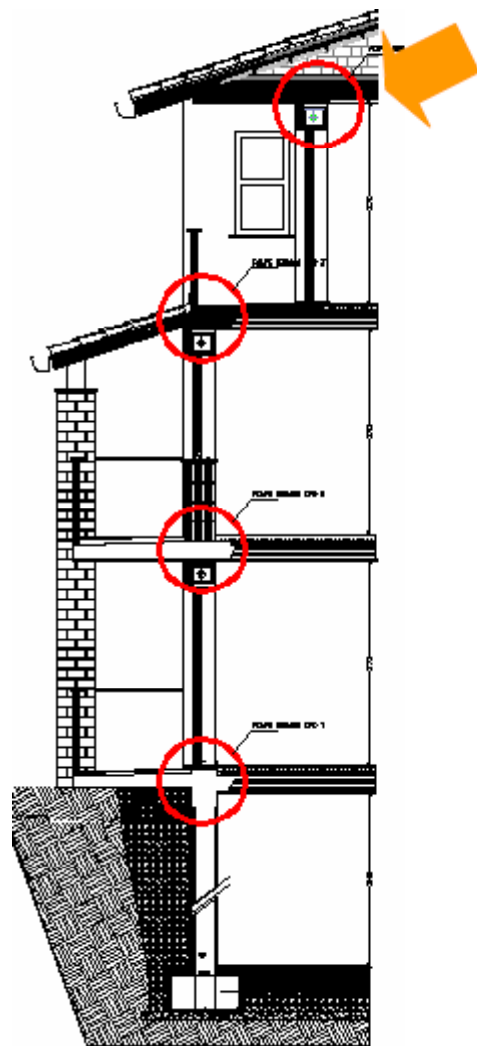
## Eliminazione dei ponti termici terrazzi e marciapiedi



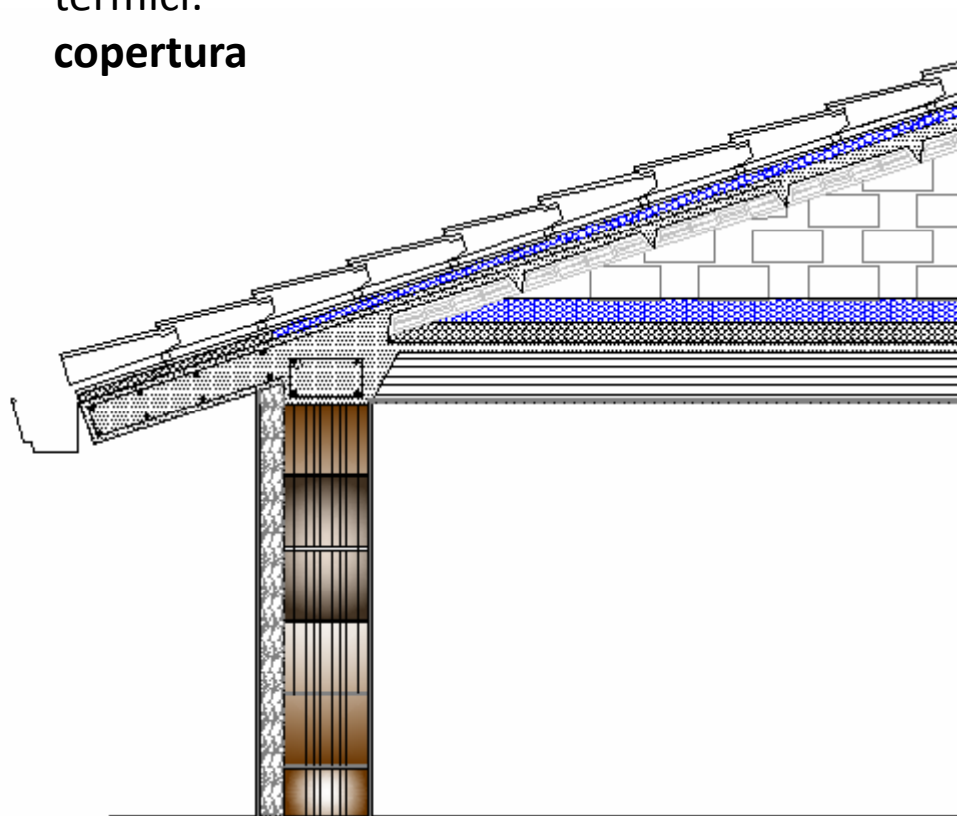


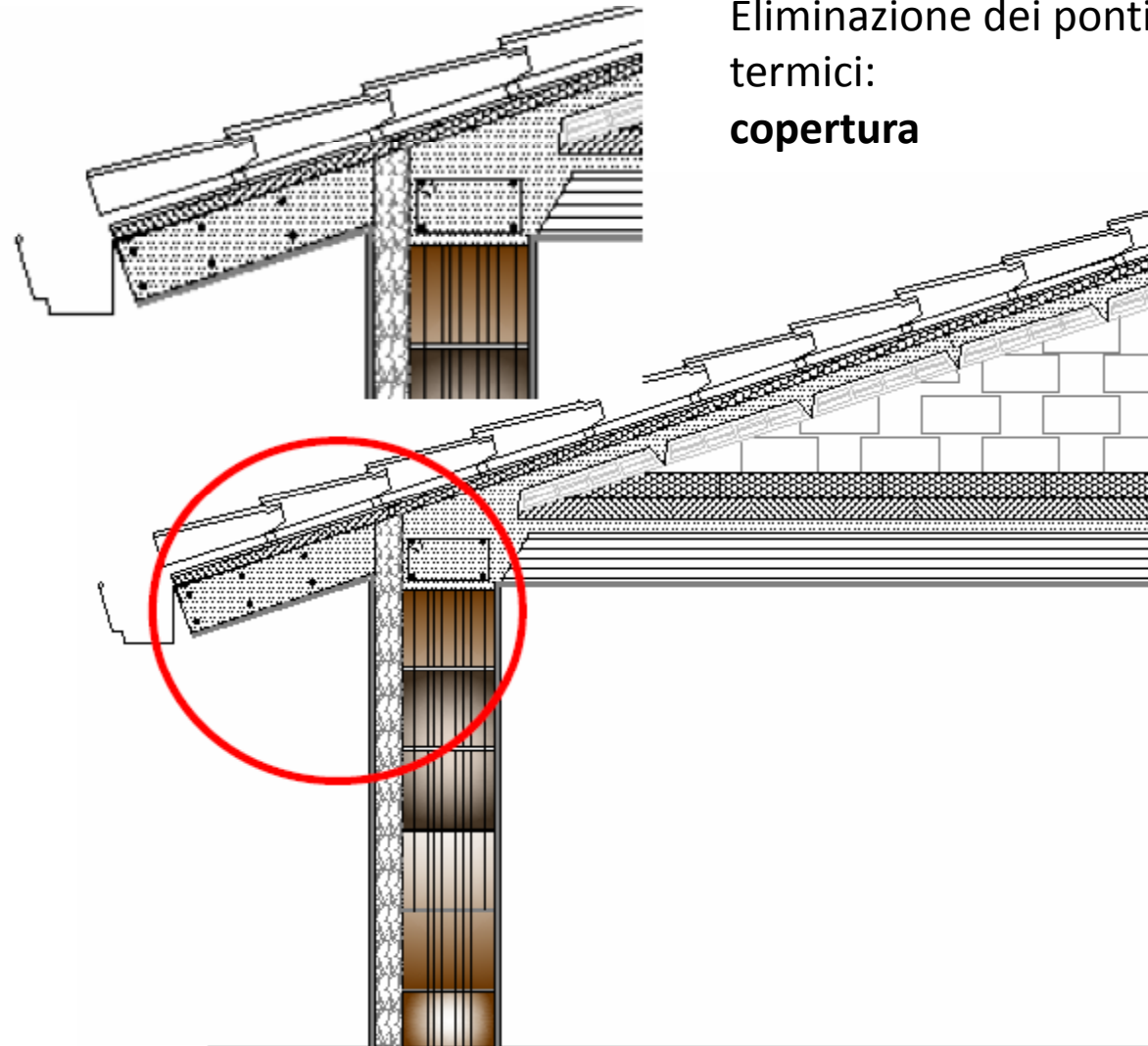
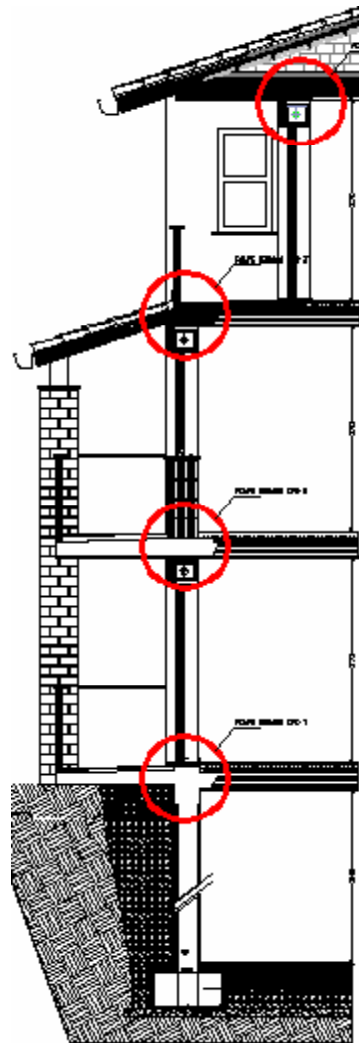




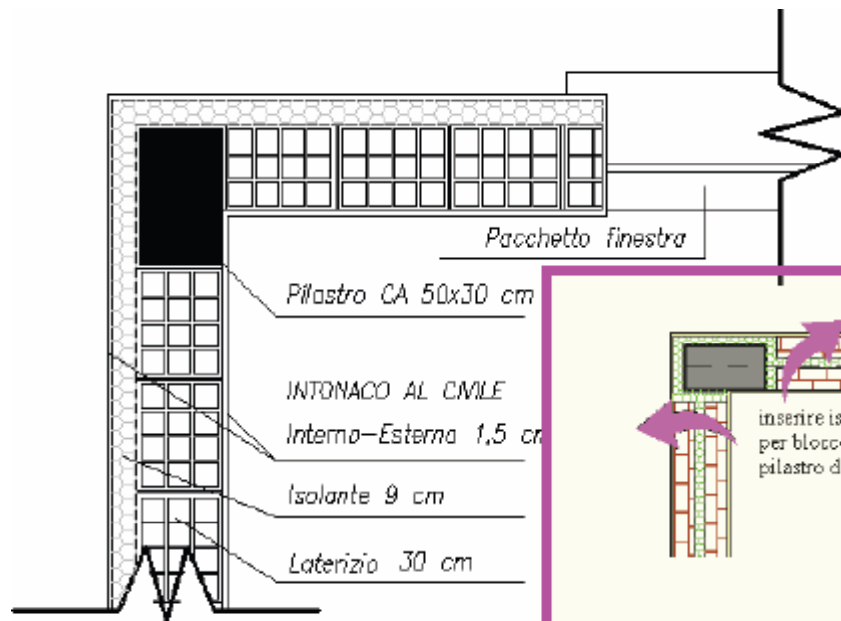


Eliminazione dei ponti termici:  
copertura



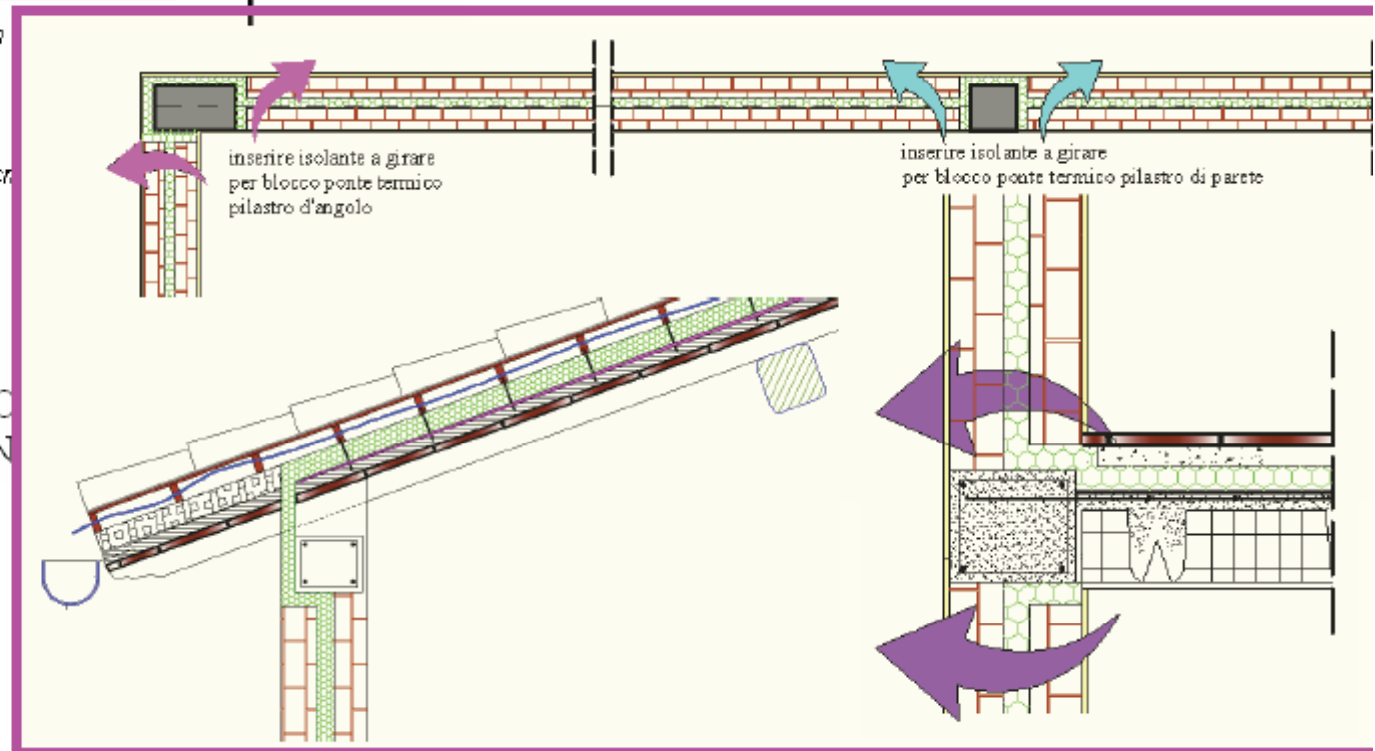


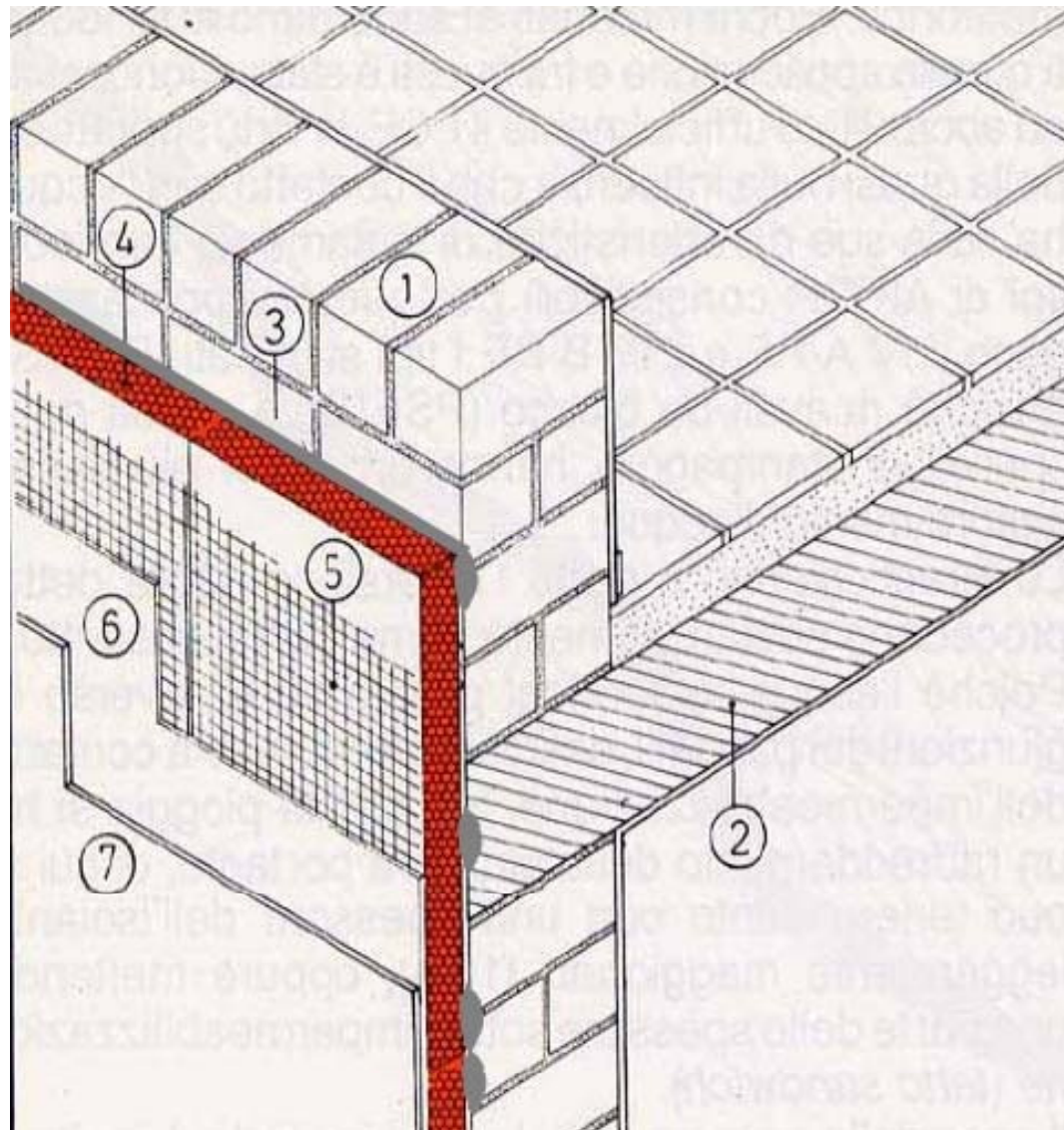
Eliminazione dei ponti termici:  
**copertura**



PARTICOLARE ELIMINAZIONE  
PILASTRO D'ANGOLO PIAN

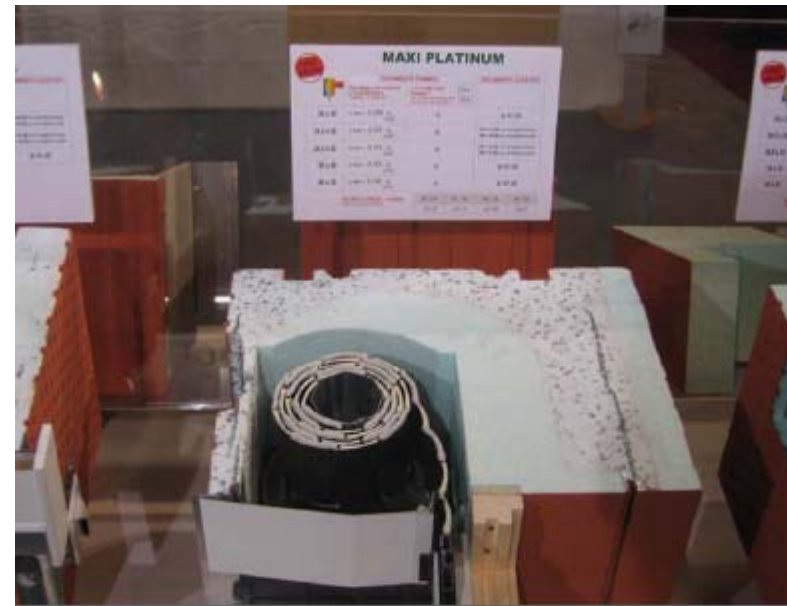
Eliminazione dei ponti termici:  
**Nodi strutturali**







Eliminazione dei ponti termici:  
cassonetti



### Sfruttamento dell'energia solare

