

Costruzioni

**Realizzato grazie al
contributo della
Fondazione CRT - Torino**

**ETICS -External Thermal Insulation Composite System-
Sistemi di isolamento termico a cappotto**



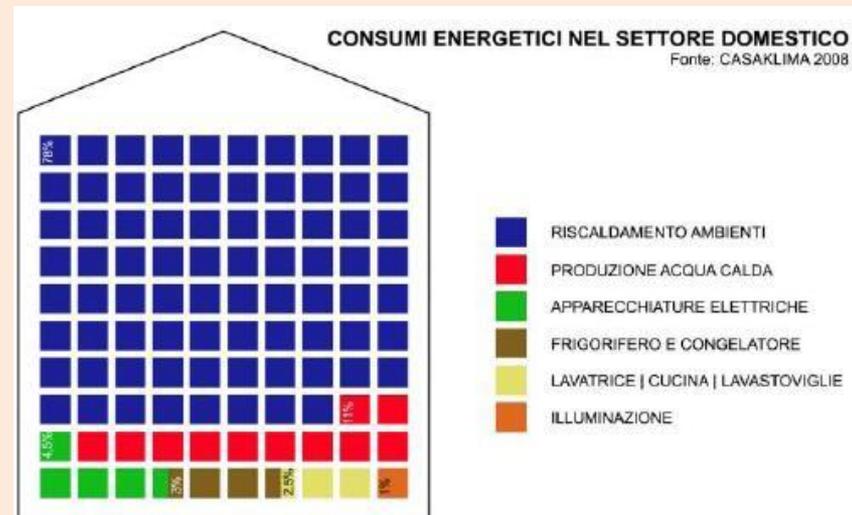
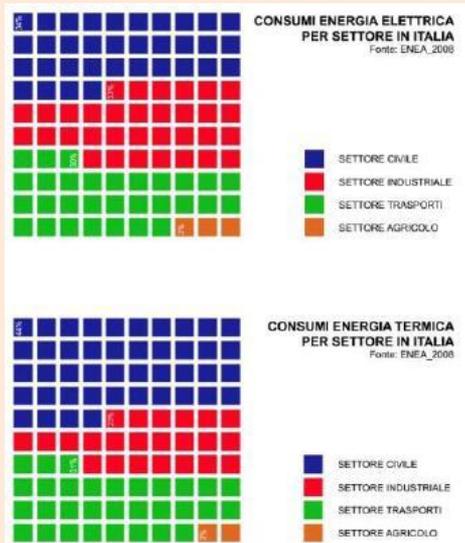
INDICE

- SEZIONE 1: Consumo energetico
- SEZIONE 2: Trasmissione del calore
- SEZIONE 3: Bilancio energetico
- SEZIONE 4: Caratteristiche fisiche
- SEZIONE 5: Classificazione climatica
- SEZIONE 6: Zone climatiche
- SEZIONE 7: Zone climatiche e trasmittanza
- SEZIONE 8: Sistemi e componenti
- SEZIONE 9: Materiali coibenti
- SEZIONE 10: Dove e come coibentare
- SEZIONE 11: Ponti termici
- SEZIONE 12: Sezione parete perimetrale

Consumo energetico

L'edilizia, in Europa, è responsabile da sola di oltre il 40% del consumo di energia primaria per lo più non rinnovabile.

La maggior parte del consumo energetico (circa il 70%) è dovuto alla quantità di energia termica che è necessario introdurre nei periodi freddi (riscaldamento invernale) ed estrarre nei periodi caldi (raffrescamento estivo), mentre meno del 30% del consumo serve per l'illuminazione e i consumi di elettrodomestici.



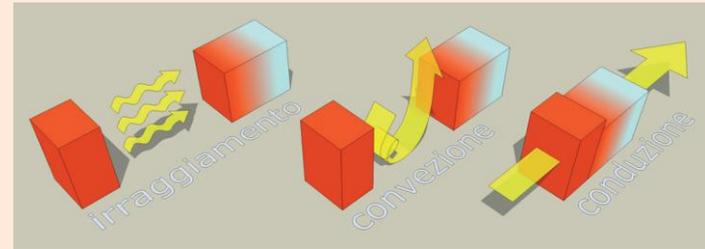
Trasmissione del calore

La trasmissione del calore in natura conduzione, convezione, irraggiamento

La **conduzione termica** è lo scambio che avviene nei mezzi **solidi, liquidi o gassosi** quando, a causa di una differenza di temperatura, viene trasferita energia cinetica da molecole calde (agitate) a molecole fredde (tranquille).

In questo caso il trasferimento di energia termica dall'area a temperatura maggiore a quella a temperatura minore avviene per **contatto molecolare**, senza spostamento di materia.

Se appoggio un cucchiaino sul bordo della pentola bollente dopo un po' di tempo anche il cucchiaino scotta.



Trasmissione del calore

La convezione termica avviene quando almeno UNO dei due corpi interessati è un fluido (liquido o gassoso) in movimento.

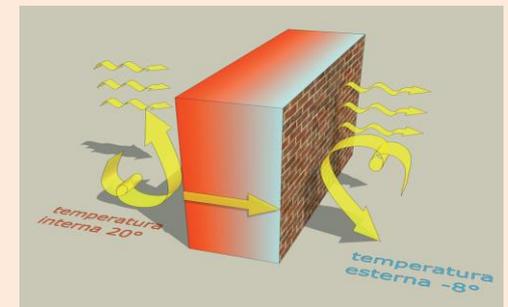
Un fluido entrando in contatto con un corpo a temperatura maggiore si espande, diminuisce la sua densità, ed inizia a salire.

Questo spostamento di fluidi caldi verso l'alto e freddi verso il basso è detto convezione naturale. Nel caso in cui i movimenti dei fluidi siano indotti meccanicamente (ventilatori o pompe) si parla di convezione forzata.

L'irraggiamento termico è la trasmissione di calore che avviene tramite la radiazione elettromagnetica emessa dalla superficie di un corpo a temperatura maggiore verso un altro corpo a temperatura minore che la assorbe.

In questo caso il trasferimento di energia termica dalla superficie a temperatura maggiore a quella a temperatura minore avviene senza contatto e senza spostamento di materia.

L'esempio migliore è l'energia termica del sole: pur essendo distante milioni di chilometri ci fornisce ininterrottamente calore da circa 4 miliardi di anni.



Bilancio energetico

Per calcolare la quantità di energia necessaria per ogni edificio si rende opportuno effettuare il calcolo del Bilancio energetico

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn}$$

Fabbisogno di energia termica dell'edificio per il riscaldamento invernale, in kWh =

Scambio termico totale invernale (dispersioni per trasmissione e ventilazione), in kWh -
fattore di utilizzazione degli apporti termici \times Guadagni solari e guadagni interni
(desiderabili in inverno, da evitare in estate), in kWh

$$Q_{C,nd} = Q_{gn} - \eta_{C,ls} \times Q_{C,ht}$$

Fabbisogno di energia termica dell'edificio per il raffrescamento estivo, in kWh =

Guadagni solari e guadagni interni (desiderabili in inverno, da evitare in estate), in kWh -
fattore di utilizzazione delle dispersioni termiche estive \times Scambio termico totale estivo
(dispersioni per trasmissione e ventilazione), in kWh

Caratteristiche fisiche

Per poter quantificare le dispersioni è inoltre necessario conoscere **caratteristiche fisiche** essenziali dei materiali e delle strutture, quali

**conduttività e capacità termica dei materiali,
resistenza e trasmittanza termica delle strutture.**

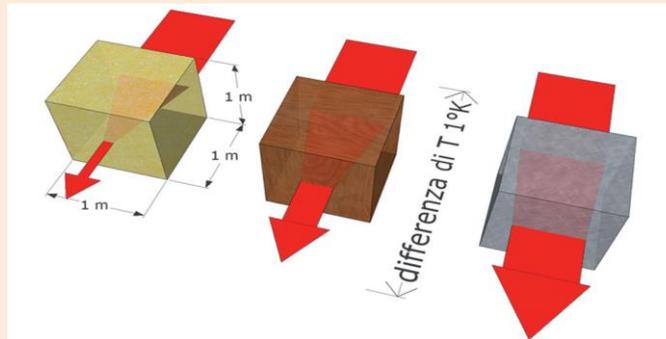
Caratteristiche fisiche

La conduttività termica dei materiali

La conduttività termica dei materiali, indicata con la lettera λ esprime la quantità di calore che al secondo attraversa 1 m di spessore del materiale quando la differenza di temperatura fra le due facce è pari a 1 °K, si misura in W/(m K).

È una caratteristica propria di ogni materiale che viene determinata in laboratorio secondo procedimenti stabiliti da norme tecniche europee.

Ai fini della coibentazione termica più il valore λ è basso meglio è.



Conduttività termica di vari materiali: a sinistra un tipico materiale coibente con $\lambda = 0,04$ W/(mK), al centro il legno con $\lambda = 0,13$ W/(mK) e a destra un materiale con alta conduttività tipo il cls armato con $\lambda = 2,30$ W/(mK).

Caratteristiche fisiche

La conduttività termica dipende dalla densità relativa del materiale e dall'umidità:

quanto più un materiale è leggero tanto più il valore λ è basso e quindi il materiale isola termicamente: questo perché l'aria intrappolata in gran quantità fra le fibre o gli alveoli dei materiali è un **cattivo conduttore di calore**, ma a condizione che sia ferma: pertanto è indispensabile che i materiali termoisolanti, soprattutto quelli fibrosi o a cellule aperte, siano protetti dal vento e dai movimenti d'aria;

quanto più un materiale contiene acqua tanto più cresce il valore λ e tanto meno isola termicamente: questo perché l'acqua è un **ottimo conduttore di calore**. Quindi la scelta dei materiali coibenti deve avvenire in funzione delle condizioni di utilizzo e della loro capacità di assorbire l'umidità. Ad esempio i materiali coibenti fibrosi si prestano a essere usati in ambienti asciutti, mentre i materiali a cellule chiuse che non possono assorbire acqua sono adatti ad essere impiegati anche in luoghi umidi come gli interrati e le fondazioni.

Per i prodotti che non sono costituiti da un unico materiale, come ad esempio i laterizi forati (costituiti dalla terra cotta e dall'aria contenuta nei fori) viene fornito un valore di conduttività termica equivalente **λ_{eq}**

Caratteristiche fisiche

Capacità termica specifica dei materiali

Altra grandezza fisica è la capacità termica specifica, cioè **la quantità di calore necessaria per innalzare di 1 °K la temperatura di un kg di un determinato materiale;**

è indicata con la lettera **C** e la si misura in J/(kg K)

La capacità termica specifica di un materiale insieme alla sua massa volumica ρ (ro), misurata in kg/m³ e alla sua conduttività termica λ permettono di determinare la **diffusività termica a, proprietà che sintetizza il comportamento dinamico:**

$$a = \lambda / \rho \cdot c \text{ [m}^2\text{/s]}$$

Quanto più è bassa la diffusività termica di un materiale tanto più rapidamente viene smorzata l'onda termica sulla sua superficie.

Caratteristiche fisiche

Resistenza termica delle strutture opache

La resistenza termica, indicata con la lettera **R**, è una grandezza fisica che rappresenta la capacità di uno strato di materiale termicamente omogeneo di 1 m² di superficie, avente spessore **s** e conduttività termica **λ**, di opporsi al passaggio di calore quando tra le due facce opposte e parallele la differenza di temperatura è di 1°K ed è così definita:

$$R = s / \lambda = \text{m}^2 / \text{KW}$$

La resistenza termica di una struttura costituita da più strati omogenei di materiali è data dalla somma delle resistenze termiche dei singoli strati.

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + R_3 \dots R_n + R_{se} = R_{si} + s_1 / \lambda_1 + s_2 / \lambda_2 + s_3 / \lambda_3 + \dots + s_n / \lambda_n + R_{se}$$

R_{si} = resistenza superficiale interna della struttura

R_n = resistenza dei vari strati omogenei

R_{se} = resistenza superficiale esterna della struttura.

Ai fini della bontà termica di una struttura più il valore R è alto meglio è.

Caratteristiche fisiche

Trasmittanza termica delle strutture opache

L'inverso della resistenza termica totale di una struttura è la trasmittanza termica, il cui simbolo è la lettera U.

$$U = 1 / R_T$$

La trasmittanza termica indica la quantità di calore che esce istantaneamente attraverso un metro quadro di una data struttura, quando la differenza di temperatura tra interno ed esterno è di un grado Kelvin, la si misura appunto in $W/m^2 K$.

Ai fini della bontà termica, **più valore U è basso meglio è perché si disperde poco calore.**

Classificazione climatica

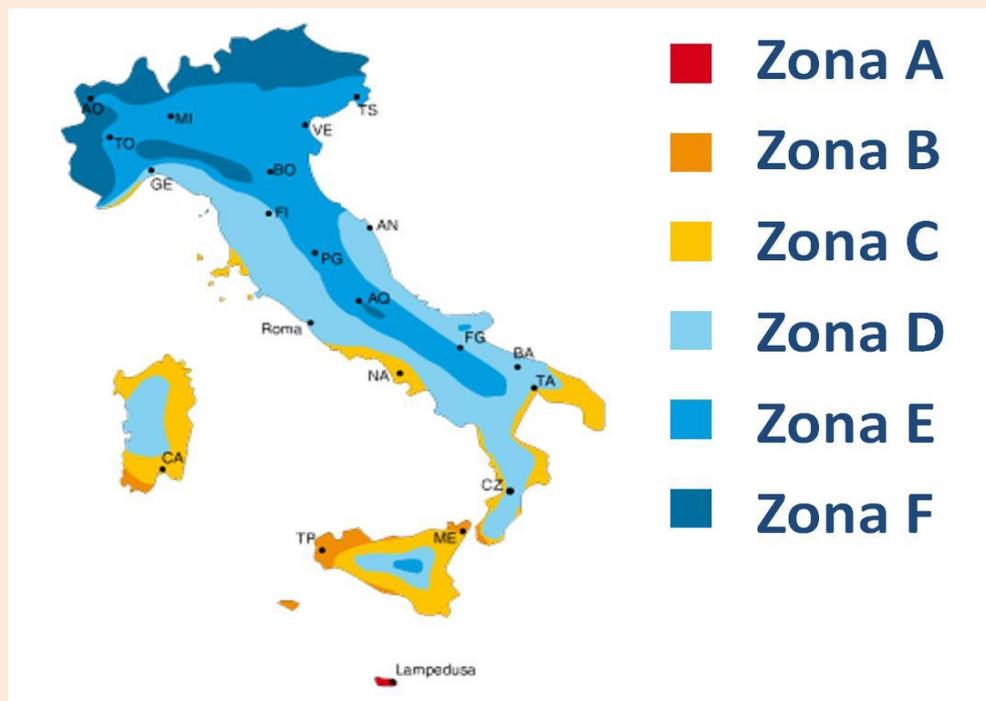
In base alla località in cui opereremo, dovremo considerare anche situazioni climatiche diverse, pertanto è stata redatta una Classificazione Climatica dei comuni italiani

La **classificazione climatica** è stata introdotta dal D.P.R. n. 412 del 26 agosto 1993 e successive modifiche ed integrazioni in merito al *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'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10.*

I comuni sono stati suddivisi in sei zone climatiche, per mezzo della tabella A, allegata al decreto.

Per ciascun comune sono state fornite le indicazioni sulla somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20 °C, e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il grado giorno. /GG)

Zone climatiche



Zona Climatica	Gradi Giorno
A	fino a 600
B	da 600 a 900
C	da 900 a 1400
D	da 1400 a 2100
E	da 2100 a 3000
F	oltre a 3000

Zone climatiche e trasmittanza

Il **DM 26/6/2015** stabilisce i valori della trasmittanza in base alle zone climatiche, alle parti di struttura interessate e al periodo di entrata in vigore.

Le tabelle di seguito riportano i valori delle trasmittanze di riferimento delle strutture opache verticali, comprensive di incidenza dei ponti termici da utilizzare nel calcolo degli indici di prestazione energetica limite per lo specifico edificio oggetto di valutazione, divise per data di entrata in vigore: **il primo insieme di valori per tutti gli edifici dal 01/07/2015, mentre il secondo dal 01/01/2019 per gli edifici pubblici e dal 01/07/2021 per tutti gli edifici.**

Tabella 1 Appendice A (**DM 26/6/2015**)

Trasmittanza termica U di riferimento delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2019/2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 1 Appendice B (**DM 26/6/2015**)

Trasmittanza termica U di riferimento delle strutture opache verticali, verso l'esterno, soggette a riqualificazione

Zona climatica	U (W/m ² K)	
	2015 ⁽¹⁾	2021 ⁽²⁾
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Sistemi e componenti

La tecnologia costruttiva, per la realizzazione dell'involucro degli edifici, più diffusa in Italia è quella in blocchi e mattoni anche se lentamente si sta cominciando ad utilizzare il legno.

Le innovazioni di produzione più recenti e i sistemi di posa più avanzati (sottilissimi strati di malte e colle a bassa conduttività termica) consentono di realizzare strutture dalle notevoli caratteristiche termiche invernali e soprattutto estive, ma con spessori generalmente elevati, non inferiori cioè a 40/50 cm.

Marcatura CE blocchi da costruzione

Per i blocchi da costruzione vige l'obbligo di marcatura CE che attesti la conformità alla norma armonizzata UNI EN 771 divisa in sei parti:

- UNI EN 771-1:2011 Parte 1: Elementi per muratura di laterizio
- UNI EN 771-2:2011 Parte 2: Elementi di muratura di silicato di calcio
- UNI EN 771-3:2011 Parte 3: Elementi per muratura di calcestruzzo
- UNI EN 771-4:2011 Parte 4: Elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato
- UNI EN 771-5:2011 Parte 5: Elementi per muratura di pietra agglomerata
- UNI EN 771-6:2011 Parte 6: Elementi di muratura di pietra naturale.

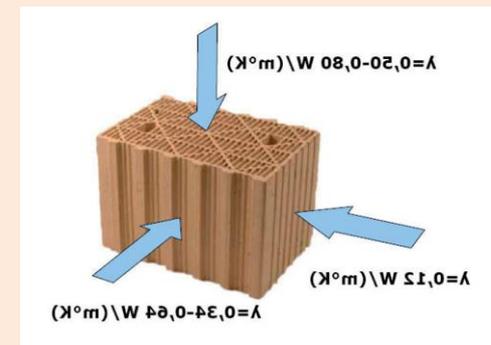
Sistemi e componenti

Blocchi in laterizio porizzato

I blocchi in laterizio porizzato, grazie alla bassa densità apparente – ottenuta sia con la complessa geometria interna, sia con l'aggiunta nell'impasto di particelle di materiali che durante la cottura vaporizzano lasciando una miriade di alveoli/pori – raggiungono ragguardevoli comportamenti termici.

I migliori sono quelli rettificati, cioè con superfici di accostamento piane molto precise, che permettono strati di malta/colla sottilissimi (anche 1 mm), stesi con appositi apparecchi che consentono di sigillare fra corsi successivi i vuoti di trafilatura e impediscono l'instaurarsi di moti convettivi all'interno della parete.

I blocchi, benché abbiano comportamenti eccellenti, non sono isotropi, cioè non hanno lo stesso comportamento termico in tutte le direzioni; in particolare, la conduttività termica dichiarata è solo quella relativa alla corretta posizione di posa ortogonale al flusso termico.



Sistemi e componenti

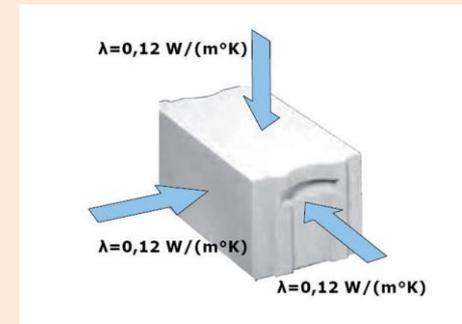
Blocchi in calcestruzzo aerato autoclavato (AAC)

I blocchi in calcestruzzo aerato autoclavato, detto comunemente calcestruzzo cellulare, trovano impiego sia come elementi per murature portanti che di tamponamento, a seconda della densità (da circa 300 kg/mc a 800 kg/mc) e della resistenza alla compressione.

Sono costituiti da sabbia quarzifera, cemento, calce anidra e acqua che, miscelati, sono colati in appositi stampi e fatti espandere con l'aggiunta di un agente espandente (ad esempio polvere di alluminio).

Successivamente i grossi pani vengono tagliati e sagomati per essere poi sottoposti a maturazione ad alta pressione in autoclave ad una temperatura di circa 190 °C.

Caratteristiche tipiche sono la leggerezza, la bassa conduttività termica, l'incombustibilità e, soprattutto, il comportamento isotropo dovuto all'omogeneità del materiale.



Sistemi e componenti

Blocchi in calcestruzzo alleggerito

Alcuni tipi di blocchi si ottengono dalla miscela di sabbia e cemento con l'aggiunta di diversi additivi, come argilla espansa o pomice, con la funzione di diminuire la densità apparente del calcestruzzo da oltre 2000 kg/m^3 a mediamente $500\text{-}1200 \text{ kg/m}^3$, diminuendone di conseguenza la conduttività termica. Questa tipologia di blocchi non ha comportamento isotropo.



Sistemi e componenti

Blocchi cassero in legno mineralizzato

La materia prima è l'abete non trattato, proveniente da scarto di segheria, mineralizzato con cemento Portland, miscelato con acqua,ossido di ferro.

Non sono blocchi portanti, ma veri e propri casseri a perdere in cui, previa posa di armatura metallica fra un corso e l'altro, viene poi eseguito un getto in c.l.s.

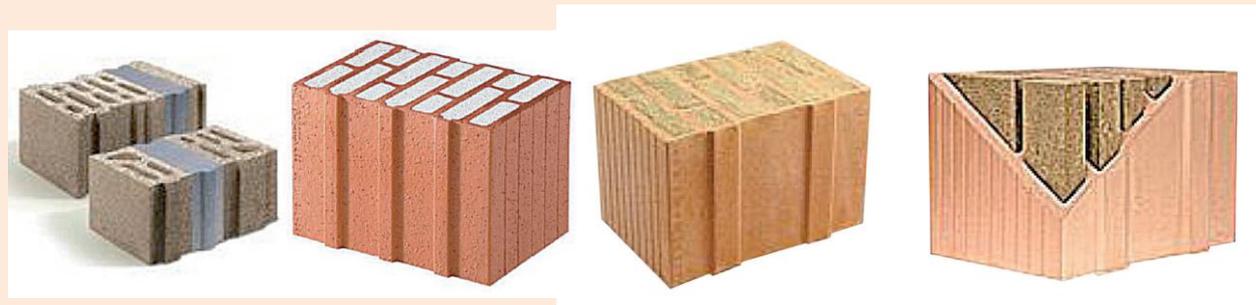
Vengono commercializzati anche già accoppiati con materiali coibenti nelle cavità.



Sistemi e componenti

Blocchi compositi e riempiti

Esistono in commercio blocchi in laterizio, in calcestruzzo aerato autoclavato, in calcestruzzo alleggerito e legno mineralizzato accoppiati o riempiti con coibenti termici sia sintetici tipo EPS o EPS con grafite, sia naturali tipo sughero o minerali tipo schiuma o lana di roccia.



Materiali coibenti

Per avere strutture che impediscono il passaggio del calore è necessario utilizzare, nelle stratigrafie delle murature, materiali con bassa conduttività termica.

Un materiale è considerato **blandamente coibente** se caratterizzato da un valore di conduttività termica λ inferiore a 0,10-0,08 W/(mK),

mediamente coibente con valori compresi tra 0,045-0,035 W/(mK),

altamente coibente con valori λ inferiori a 0,030 W/(mK)

I materiali coibenti in commercio sono numerosissimi e molto vari per caratteristiche tecniche.

Materiali coibenti

Marcatura CE

Per i materiali coibenti è obbligatoria la **marcatura CE** dal 13/05/2003 e devono essere conformi alle norme armonizzate **UNI EN** dalla 13162 alla 13172.

In mancanza di norma tecnica europea armonizzata EN i prodotti coibenti devono essere dotati di **ETA** (*European Technical Assessment - Certificato Tecnico Europeo*) che certifichi le caratteristiche tecniche e le prestazionali riferite alle rispettive caratteristiche essenziali.

Gli ETA sono basati sugli **EAD** (*European Assessment Documents - Documenti per la Certificazione Europea*) e costituiscono il documento essenziale per redigere il **DoP** (*Declaration of Performance - Dichiarazione di Prestazione*) del prodotto, documento principale della marcatura CE secondo gli aggiornamenti apportati dall'entrata in vigore il 01/07/2013 del Regolamento (UE) N. 305/2011.

Materiali coibenti

Origine minerale

Argilla espansa (LWA)
Perlite espansa (EP, EPB)
Vermiculite espansa (EV)
Pomice naturale
Calce-cemento cellulare
Calcio silicato
Lana di roccia (MW)
Lana di vetro (MW)
Vetro cellulare (CG)

Origine animale

Lana di pecora
Piuma animale

Origine vegetale

Canna palustre
Fibra di Typha Latifolia
Paglia
Pannelli in fieno
Fibra di canapa
Fibra di kenaf
Fibra cotone
Fibra di cocco
Fibra di lino
Fibra di mais
Fibra di cellulosa
Fibra di legno (WF)
Lana di legno minerale(WW)
Sughero (ICB)

Origine sintetica

Polistirene espanso (EPS)
Polistirene estruso (XPS)
Poliuretano espanso (PUR)
Resine fenoliche espanse
Fibra di Poliestere (PET)
Pannelli sottovuoto (VIP)
Isolanti sottili riflettenti
Aerogel

Materiali coibenti di origine minerale

Argilla espansa (LWA)

Argille selezionate in cave a cielo aperto, lasciate stagionare per diversi mesi e frantumate. I granuli ottenuti sono sottoposti a un trattamento termico (1200 °C) in cui avviene l'essiccazione e l'espansione. Si trova in commercio sfusa e viene impiegata in riempimenti a secco oppure, impastata con legante idraulico, nella realizzazione di sottofondi termoisolanti.



Perlite espansa (EP, EPB)

Roccia di origine vulcanica frantumata e ridotta in granuli espansi in forni a temperature comprese tra 850 e 1000 °C. Ha caratteristiche di idrorepellenza a volte migliorate mediante trattamenti con silicone, paraffina o silicato di potassio. Può essere usata in riempimenti a secco, come inerte in sottofondi alleggeriti o, nella tipologia a pannelli, come supporto termoisolante per guaine impermeabilizzanti.



Vermiculite espansa (EV)

Altro minerale di origine vulcanica frantumato e ridotto in granuli espansi con trattamento termico in forni a 1000 °C. Anche la vermiculite espansa può essere impiegata in riempimenti a secco, come inerte in sottofondi alleggeriti.



Materiali coibenti di origine minerale

Pomice naturale

Roccia vulcanica a struttura alveolare, estratta dalla cava, macinata e trattata con sostanze idrofughe. La pomice sfusa trova impiego in riempimenti a secco, come inerte in sottofondi alleggeriti.



Calce-cemento Cellulare (Schiuma minerale)

Composto di sabbia quarzifera, cemento Portland, idrato di calcio, anidrite, schiuma espandente e acqua: con lo stesso procedimento di produzione del calcestruzzo cellulare autoclavato, viene fatto espandere e consolidare in caldaie a pressione di vapore e successivamente essiccato.

Ridotto in granuli può avere gli stessi impieghi di perlite, vermiculite.

In pannelli è utilizzato nella coibentazione a cappotto esterno e facciate ventilate.



Calcio silicato (CS)

Prodotto in pannelli con calcio silicato poroso e cellulosa (-5%). Il suo principale impiego, vista la grande permeabilità al vapore, è nella coibentazione dall'interno, avendo la capacità di assorbire l'umidità per poi rilasciarla negli ambienti.



Materiali coibenti di origine minerale

Lana di roccia (MW)

Sono rocce di basalto, diabase e dolomite macinate e portata a fusione a 1400°C e trasformate in fibre. Le fibre vengono spruzzate di resine e oli come leganti e idrofughi (fenolformaldeide), successivamente fatte indurire in forni e tagliate in pannelli.

Particolarmente impiegata in sistemi a cappotto esterno, in intercapedine e nella protezione antincendio.



Lana di vetro (MW)

La lana di vetro è prevalentemente ottenuta da vetro di recupero tramite fusione a 1350 °C con sabbia, trasformata in fibre e addizionata con un legante (resine melamminiche e fenoliche) per aumentarne la coesione. Successivamente le fibre sono sottoposte a calandratura a 200 °C e infine ridotte in materassini, pannelli e feltri.

Adatta per sistemi a cappotto e in intercapedine.



Vetro cellulare (CG)

Dalla fusione di sabbia quarzifera, calcio, feldspato, soda e vetro riciclato si ricava una massa di vetro fuso che viene estrusa e macinata fino a ottenere una polvere di vetro. La miscela, dopo l'aggiunta di carbonio, viene posta nuovamente a 1000 °C per la fase di espansione.

Può essere utilizzato in presenza di umidità, sotto forma di ghiaia è particolarmente adatto per isolamenti di fondazioni



Materiali coibenti di origine animale

Lana di pecora

La lana viene lavata con sapone naturale, sciacquata con carbonato di sodio, trattata con sali di boro come trattamento antiparassitario, cardata in strati successivi, pressati e agugliati meccanicamente senza utilizzo di colla o resine sintetiche, a volte miscelata con poliestere (20%), e asciugata a 200 °C. Per aumentare la rigidità dei pannelli si può impiegare 70% lana di pecora, 20% fibra di canapa e 10% fibra di poliestere.



Piume animali

Le piume animali sono un sottoprodotto dell'allevamento e successivo abbattimento di oche, anatre e altri volatili a scopo alimentare, in particolare legati alla produzione del cosiddetto *fois gras*. In Francia vengono prodotti rotoli di piume, previa miscelazione con lana di pecora e fibre sintetiche di rinforzo: disinfettati e legati a una temperatura di circa 150 °C sono poi trattati con sali di boro per renderli imputrescibili e inattaccabili dai parassiti.

Materiali coibenti di origine vegetale

Canna palustre

La canna palustre è una graminacea raccolta secca, compressa e legata meccanicamente con fil di ferro zincato o nylon. Può essere utilizzata in cappotti interni ed esterni, in intercapedine, in solai e coperture.



Fibra di Typha Latifolia (Stiancia)

Pianta monocotiledone, viene fatta essiccare e trasformata in pannelli rigidi, se la disposizione delle fibre è a strati incrociati, si ottiene un buon comportamento meccanico (resistenza a compressione fino a 80 N/mm² per pannelli da 320 kg/m³).



Paglia

Il materiale è lo scarto agricolo delle coltivazioni dei cereali, in particolare degli steli che dopo la trebbiatura vengono compattati e ridotti in balle di densità variabile da 90 a 180 kg/m³. Le balle sono poi cordate con spaghi e costituiscono veri e propri blocchi da costruzione con cui vengono costruite intere strutture secondo varie tecniche.



Fieno (graminacee)

I pannelli sono costituiti dalla parte cellulosa del fieno di graminacee addizionati con fibra in polietilene. La base cellulosa ed il trattamento ignifugo cui sono sottoposti, rendono il materiale inalterabile nel tempo.



Materiali coibenti origine vegetale

Fibra di canapa

Dopo l'essiccamento in appositi forni e la macerazione in vasche d'acqua, per distaccare le fibre, viene trattata con soda o sali di boro e sottoposta a termofissaggio, dopo l'aggiunta come supporto, di fibre di poliestere o di mais.



Fibra di kenaf

Dopo l'essiccamento, le fibre mediane, da cui viene eliminata la parte legnosa, sono pulite e ridotte in fiocchi con cui vengono prodotti pannelli semirigidi previa l'aggiunta di prodotto naturale ignifugo e poliestere con termofissaggio finale.



Fibra di cotone

Il cotone occupa circa l'1% delle superfici coltivabili, purtroppo la sua coltivazione è responsabile del 20% dell'utilizzo di pesticidi e necessita di enormi quantità di acqua. È molto sensibile all'umidità e viene prodotto in materassini o fornito sfuso in questo caso può essere utilizzato per sigillare i controtelai di finestre e porte.



Materiali coibenti di origine vegetale

Fibra di cocco

È ricavata dalla parte fibrosa che ricopre la noce di cocco. Le fibre, dopo la macerazione in acqua salmastra e fango sono lavate, essiccate e impregnate con sali di boro, silicato di sodio o solfato di ammonio. Con processi di cardatura e agugliatura si producono feltri, rotoli e pannelli. Non teme l'umidità.



Fibra di lino

Le piante vengono estirpate, essiccate, macerate per isolare le fibre e dividerle in lunghe, per l'industria tessile, e corte per la produzione di pannelli termoisolanti. Per renderle ignifughe sono trattate con sali di boro.



Fibra di mais

Deriva dalla pannocchia di mais, viene poi sottoposta a cardatura, faldatura e termoregolatura in appositi forni alla temperatura di 160°C.



Materiali coibenti di origine vegetale

Fibra di cellulosa

Dalla carta già utilizzata, sminuzzata, trattata con sali di boro per renderla ignifuga e inattaccabile dai parassiti, si ottengono i fiocchi che, dopo un ulteriore trattamento termico con fibra di poliestere, possono essere composti in materassini. Sotto forma di fiocchi può essere impiegata per l'insufflaggio meccanico in intercapedini di pareti e solai, coperture o sottotetti non praticabili.



Fibra di legno (WF)

Viene ottenuta dagli scarti di lavorazione del legno. Le fibre vengono impastate con acqua calda, emulsioni idrorepellenti e solfato di alluminio per formare dei pani fatti asciugare in forni a 120-180 °C. La fibra viene commercializzata sfusa e in pannelli.



Lana di legno mineralizzata (WW)

Deriva da legname di scarto. Le fibre vengono macerate e sfibrate meccanicamente, impregnate di magnesite o cemento; sono commercializzati anche in pannelli compositi con coibenti tipo EPS, fibra di legno, schiuma minerale, lana minerale.



Sughero (ICB)

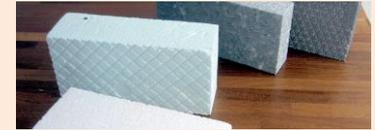
Si ottiene dalla corteccia della quercia che ridotta in granuli viene utilizzato sia sfuso sia in pannelli di varie tipologie.



Materiali coibenti di origine sintetica

Polistirene espanso (EPS)

Il polistirene è un polimero termoplastico ottenuto dalla polimerizzazione dello stirene o stirolo. Dopo processi di produzione piuttosto complessi il polistirene espanso (le palline sfuse) viene sinterizzato per la produzione di pannelli rigidi. Si presenta solitamente di colore bianco, di recente se ne trova di colore grigio, dovuto all'aggiunta di polvere di grafite che ne migliora la capacità coibente.



Polistirene espanso estruso (XPS)

Il polistirolo estruso viene prodotto con procedimento del tutto simile a quello espanso, solo che al termine della lavorazione le perline di stirolo vengono estruse con gas propellenti. La struttura a cellule chiuse lo rende particolarmente resistente all'umidità.



Poliuretano (PUR) e poliisocianurato (PIR) espanso

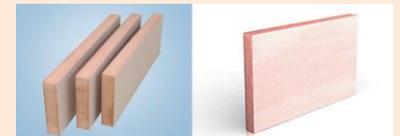
Sono polimeri termoindurenti derivati dal petrolio. In commercio si possono trovare lastre rigide solitamente rivestite con alluminio su ambo i lati.

Può anche essere usato come schiuma espandente per sigillature (ad esempio controtelai dei serramenti).



Resine fenoliche espanse (PF)

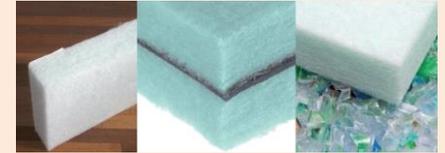
Hanno aspetto simile al poliuretano espanso, il materiale base è costituito da resine fenoliche ottenute dalla reazione di fenolo e formaldeide e l'utilizzo di pentano quale agente espandente.



Materiali coibenti di origine sintetica

Fibra di Poliestere (PET)

Le materie prime sono costituite da fibre di poliestere e fibre co-poliestere termoleganti. Le fibre vengono miscelate, cardate e stratificate. Successivamente, in forno a circa 180 °C, avviene il processo di termolegatura, in cui le fibre copoliestere termoleganti vengono fuse con aria calda e successivamente raffreddate. Le fibre sono idrorepellenti.



Pannelli sottovuoto (VIP)

I pannelli sottovuoto o VIP (*Vacuum Insulation Panels*) sono costituiti da un involucro protettivo multistrato (alluminio, nylon, PET) ad alta tenuta, resistente alla pressione, impermeabile all'aria e al vapore acqueo.



Isolanti sottili riflettenti

Questi tipi di isolanti hanno essenzialmente la funzione di ostacolare la trasmissione del calore per irraggiamento. Sono formati da più superfici riflettenti, in genere fogli in alluminio plastificati con bassissimi valori di emissività, alternati a feltri sottili di materiali sintetici e naturali o da strati di aria incapsulata in cuscinetti per formare materassini di 1-3 cm di spessore.



Aerogel

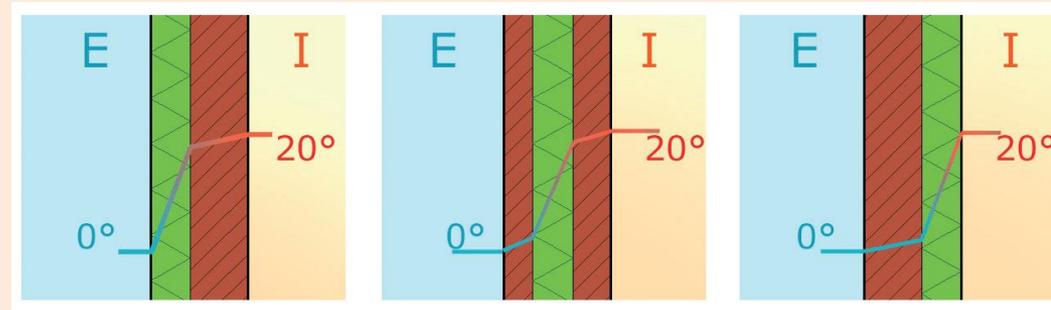
Questo materiale si crea dalla gelificazione della silice in un solvente. Con l'eliminazione del solvente ciò che rimane è in pratica "sabbia gonfiata", con una porosità fino al 99%. I nanopori così ottenuti sono tanto fitti e numerosi da rallentare il trasporto di calore



Dove e come coibentare

Tenendo sempre presente che lo strato coibente deve presentare una linea continua su tutta la parte esterna della struttura, si distinguono tre soluzioni a seconda del posizionamento nella stratigrafia delle strutture che costituiscono l'involucro:

- coibentazione dall'interno
- coibentazione in intercapedine
- coibentazione dall'esterno (a cappotto).



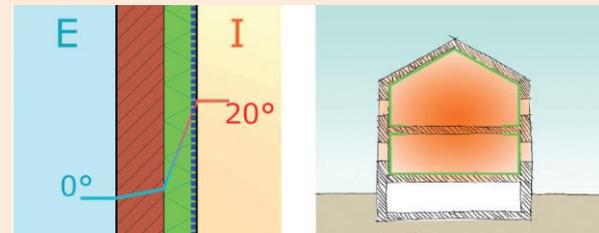
Dove e come coibentare

Coibentazione dall'interno

È la soluzione più complicata da risolvere perché non può essere rispettata in maniera rigorosa la linea continua di isolamento. Può essere adottata in casi particolare, come nel caso di edifici storici con facciata posta a tutela o nel caso di nuove edificazioni con particolari scelte architettoniche (ad esempio facciate in cemento armato a vista)

Vantaggi

- posa relativamente semplice (assenza di ponteggi esterni);
- rapido riscaldamento degli ambienti, perché l'inerzia delle murature viene completamente tagliata fuori dallo strato coibente



Dove e come coibentare

Coibentazione dall'interno

Svantaggi:

- ridotti spessori di coibentazione (6 -10 cm, per limitare l'eccessivo abbassamento della temperatura della superficie di contatto tra coibente e parete perimetrale);
- riduzione delle dimensioni degli ambienti interni;
- estrema difficoltà di risoluzione dei ponti termici;
- nel caso di edifici esistenti è indispensabile accertarsi della presenza di impianti, in particolare reti dell'acqua e del riscaldamento, perché prima dell'intervento la parete è riscaldata dalle stesse dispersioni ma dopo l'intervento di coibentazione la temperatura della parete può scendere notevolmente e provocare problemi nelle tubature;
- se si utilizzano materiali fibrosi o cellulari, quali fibre minerali o polistirene espanso o estruso, è indispensabile la posa di una barriera al vapore sul lato caldo dello strato coibente per evitare problemi di condensa interstiziale che, oltre a diminuire sensibilmente il potere termoisolante del coibente, possono portare con il tempo anche a danni strutturali.

Dove e come coibentare

Coibentazione in intercapedine

Nelle nuove edificazioni, affinché sia rispettata la linea continua di isolamento, la coibentazione in intercapedine va concepita come un vero e proprio "cappotto" aderente alla muratura interna, protetto esternamente da una muratura di 8-12 cm, adeguatamente ancorata alla muratura interna (in media 6 graffe/m²).

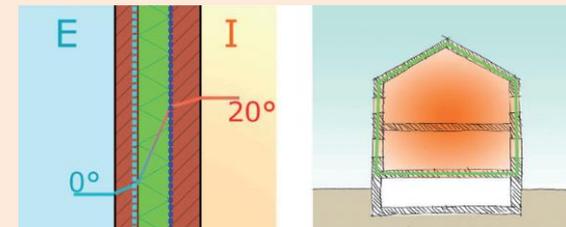
Poiché la graffatura in materiale metallico che attraversa lo strato coibente ne riduce l'efficacia, bisogna tener conto nei calcoli della trasmittanza totale U della parete.

Nel caso sia prevista un'intercapedine d'aria sul lato esterno del coibente, questa deve essere adeguatamente ventilata per smaltire il vapore in uscita dalla parete e limitarne la condensazione.

La superficie fredda del coibente, soprattutto se di tipo fibroso, deve essere protetta con un telo antivento, altamente traspirante.

Negli edifici esistenti privi di coibentazione in intercapedine è uso insufflare materiale sciolto (vermiculite, argilla espansa, vetro espanso, fiocchi di cellulosa). Così facendo purtroppo si disomogeneizza completamente il comportamento delle pareti: dove il coibente riesce a riempire l'intercapedine questa sarà effettivamente coibentata, ma dove il coibente non arriva la situazione sarà invariata, con conseguente costituzione di ponti termici.

Se non c'è sufficiente ricambio d'aria degli ambienti interni si può formare muffa.



Dove e come coibentare

Coibentazione in intercapedine

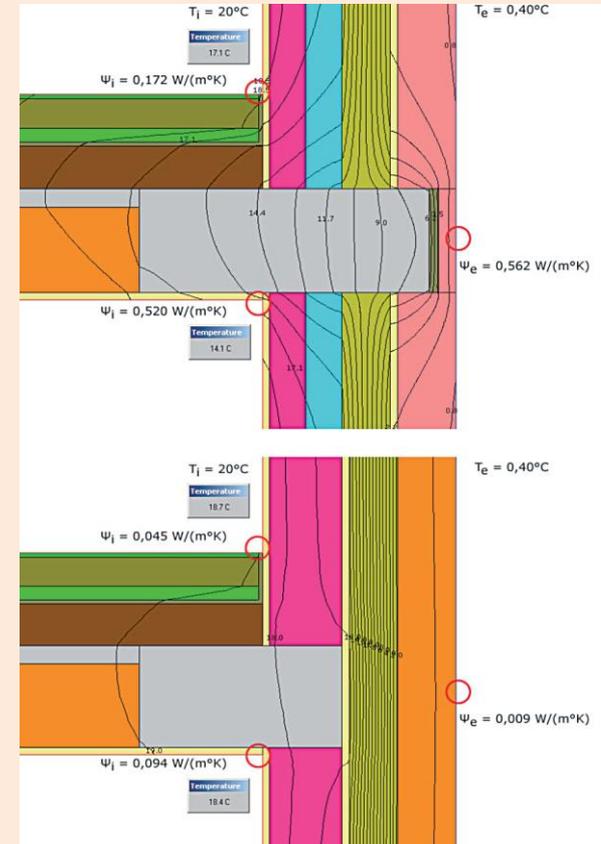
Svantaggi:

- spessori mediamente elevati delle pareti (45-55 cm e oltre);
- sistema molto costoso per le numerosi lavorazioni necessarie nei nodi più complessi.

Vantaggi:

- lunga durata dei materiali coibenti;
- perché molto ben protetti dagli agenti atmosferici;
- buon comportamento acustico;
- ottimo comportamento estivo .

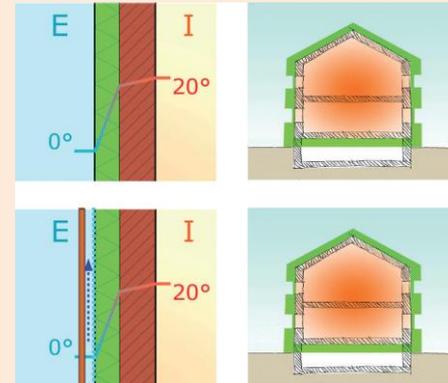
Dettaglio del bordo solaio: sopra dettaglio errato e sotto dettaglio corretto.



Dove e come coibentare

Coibentazione sul lato esterno (a cappotto)

Con questo sistema lo strato di coibentazione è completamente all'esterno della parete, ed è a questa fissato con specifici collanti e tasselli, in ragione di circa 6 tasselli/mq, con finitura a intonaco o incollaggio di listelli in laterizio per la finitura mattone faccia a vista, o ancora a facciata ventilata (che necessita di apposita sottostruttura). È il sistema che permette di rispettare più agevolmente la linea continua dell'isolamento.

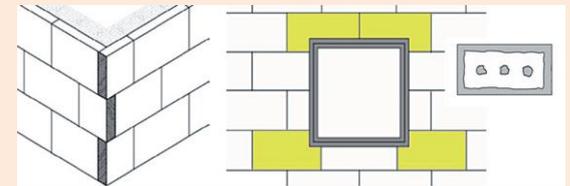


Dove e come coibentare

Coibentazione sul lato esterno (a cappotto)

Nella progettazione e realizzazione della coibentazione a cappotto esterno bisogna rispettare alcune regole essenziali:

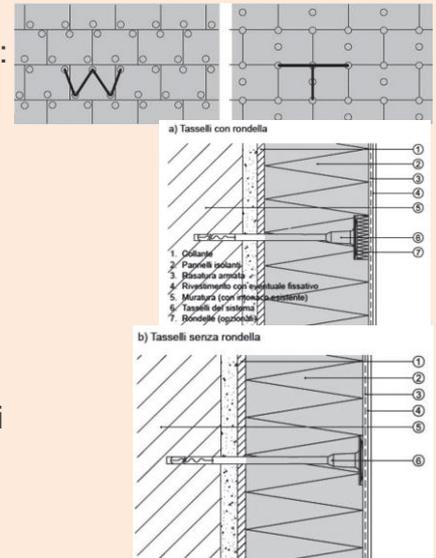
- il supporto deve essere stabile e piano: nel caso di vecchi edifici con intonaco rovinato questo deve essere rimosso;
- i pannelli devono essere perfettamente complanari fra di loro;
- è necessario predisporre prima tutti i collegamenti alle pareti da coibentare con pezzi speciali coibenti (come aggancio ringhiere, pluviali, cardini persiane, faretti, etc.);
- tutte le parti esposte agli spruzzi della pioggia (nei pressi di marciapiedi, balconi, parti di tetto contro pareti) devono essere realizzate con materiale coibente che non assorba l'umidità (esempio XPS o EPS alta densità con trattamento idrofugo);
- i pannelli devono essere posati a giunti sfalsati e incrociati sugli spigoli dell'edificio;
- gli angoli delle aperture per finestre o porte non devono coincidere con gli spigoli dei pannelli;
- bisogna fare prove di trazione per decidere la tipologia dei tasselli da utilizzare
- i pannelli di coibente devono aderire perfettamente al supporto ed essere incollati in maniera tale che non si possano formare intercapedini d'aria in movimento;



Dove e come coibentare

Coibentazione sul lato esterno (a cappotto)

- se è rimasta qualche piccola fuga, deve essere sigillata con lamelle di coibente;
- il collante deve ricoprire almeno il 40% del pannello ed essere sempre spalmato su tutto il contorno e in mezzo in tre punti o a "W";
- la tassellatura deve essere effettuata solo dopo che il collante ha fatto presa, e i tasselli devono avere la testa a fungo perfettamente a filo con la superficie del pannello.
Nel caso di successivo incollaggio di listelli in laterizio o Klinker la tassellatura deve essere effettuata sopra la rete di armatura per sopportare il peso aggiuntivo (intorno ai 25 kg/m²)
- lo schema della disposizione dei tasselli dipende dal tipo di coibente utilizzato: schema a W per materiali fibrosi e sintetici, schema a T per materiali rigidi, il primo tassello ad essere posato deve essere quello centrale;
- la rete di armatura deve sempre essere posizionata a metà nel rasante, o meglio nel terzo esterno e non deve mai essere in aderenza al coibente;
- per la sigillatura contro l'infiltrazione di acqua all'interno dello strato coibente, devono essere incollati nastri espandenti attorno ai davanzali, contro i telai fissi delle finestre, attorno ai passa-fuori del tetto e a qualsiasi altra struttura contornata dallo strato di coibente.



Dove e come coibentare

Coibentazione sul lato esterno (a cappotto)

Svantaggi

- difficilmente adottabile negli edifici storici;
- nel caso di edifici esistenti può essere complicato e costoso per la contemporanea realizzazione di interventi ausiliari, tipo spostamento soglie e davanzali, impianti in facciata;
- possibili impedimenti per rispetto di distanze da strade e proprietà confinanti.

Vantaggi:

- possibili spessori anche molto elevati di coibentazione;
- il mantenimento della parete perimetrale a una temperatura più costante (calda);
- buon comportamento estivo (se viene scelto il coibente corretto);
- sicuro sfruttamento dell'inerzia termica delle pareti;
- alto valore di utilizzazione degli apporti termici gratuiti;
- costi contenuti.

Ponti termici

I ponti termici sono discontinuità nel comportamento termico dell'involucro, dovute a perturbazioni locali del flusso termico e caratterizzate dalla deviazione delle isoterme.

Vanno intesi come veri e propri strappi nell'involucro da cui fuoriesce calore in forma concentrata.

Possono essere di tipo **geometrico** (ad esempio gli spigoli dell'edificio) o **strutturale** (come il pilastro in cemento armato all'interno della parete perimetrale).

Possono essere **lineari** se estesi per una dimensione (tipicamente i balconi a sbalzo) o **puntuali** se concentrati in un punto (come ad esempio una mensola metallica ancorata a una parete esterna).

Le conseguenze di un ponte termico non corretto sono:

- aumento delle dispersioni termiche dell'involucro in quel punto;
- temperatura superficiale interna bassa e conseguente discomfort termico;
- possibile formazione di muffe.

Ponti termici

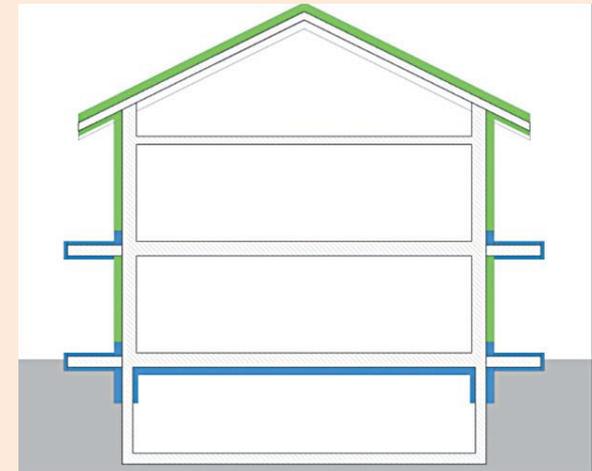
Il balcone e marciapiedi

Nella consuetudine costruttiva i balconi e i marciapiedi sono quasi sempre costituiti da una soletta in aggetto solidale con la trave di cordolo del solaio del piano. Questo è un forte ponte termico, sia costruttivo, perché il calcestruzzo armato conduce molto bene il calore, $\lambda = 2,3 \text{ W/(m K)}$, sia geometrico, per la grande superficie disperdente della soletta aggettante.

Alcune possibili soluzioni:

Avvolgere completamente la soletta in aggetto con uno strato di coibente tale che assicuri una buona resistenza termica. Se il balcone è molto profondo può essere sufficiente isolare fino a 1,5 m: il principio è che, pur se lo strato coibente risulta interrotto, il percorso che il caldo deve fare per uscire è lungo e difficoltoso.

Questa soluzione è adatta sia per nuove costruzioni che per l'esistente, pur con qualche difficoltà in quest'ultimo caso perché possono risultare sfalsati i piani fra interno ed esterno.



Ponti termici

Il balcone e marciapiedi

Altra soluzione è l'uso dei giunti strutturali a taglio termico o disgiuntori termici. Si tratta di pezzi speciali, prodotti in moltissime varianti, che permettono di collegare strutturalmente la trave di cordolo del solaio con la soletta del balcone con interposta coibentazione ad alta densità (sintetica o minerale)



Disgiuntori termici per l'esecuzione di un aggetto.

Altra soluzione è la separazione strutturale del balcone dalla parete, appoggiandolo a terra con pilastri o appendendolo alla struttura superiore con tiranti.

Questa è la soluzione migliore ma non sempre adottabile: dipende dalle norme urbanistiche che definiscono la superficie coperta o la distanza fra gli edifici.

Esiste anche la possibilità di realizzare il solaio del balcone con orditura parallela alla parete, con tronconi di travi a sbalzo dal cordolo del solaio.

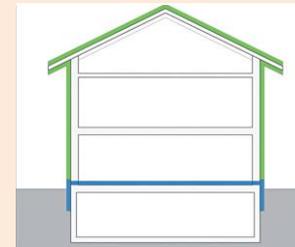
Questo permette di posare prima del getto un pannello di coibente, di isolare puntualmente le travi o di adottare i giunti termici e usare per il solaio pignatte in lana di legno mineralizzato.

Ponti termici

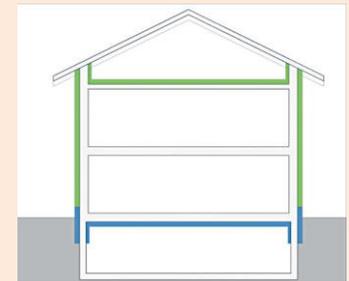
Pareti su solai verso interrati o verso sottotetti non riscaldati

Un altro ponte termico cui dedicare attenzione è costituito dall'appoggio delle pareti, sia esterne che interne, su solai verso locali freddi.

Esistono in commercio pezzi speciali coibenti – generalmente a base di vetro cellulare ad alta resistenza meccanica – su cui appoggiare le murature.



Nel caso in cui il solaio verso locali interrati sia coibentato dall'intradosso è necessario eseguire dei risvolti interni di coibente sulle pareti verticali dell'interrato per un'altezza non minore di 1 m.



Ponti termici

Pilastri su solai verso locali non riscaldati

Altro caso di ponte termico da valutare con attenzione sono i pilastri che poggiano su solai verso ambienti non riscaldati.

Se si è scelto di coibentare il solaio dall'estradosso i pilastri devono essere avvolti sul lato caldo (ambienti riscaldati) per un'altezza $H \geq 1,0 - 1,5$ metri dal basso verso l'alto.

Se si è scelto invece di coibentare il solaio dall'intradosso i pilastri devono essere avvolti sul lato freddo (ambienti interrati non riscaldati) per un'altezza $H \geq 1,0 - 1,5$ metri dall'alto verso il basso. La situazione è inversa, ma viene risolta con gli stessi principi, in caso di sottotetti.



Rampe delle scale

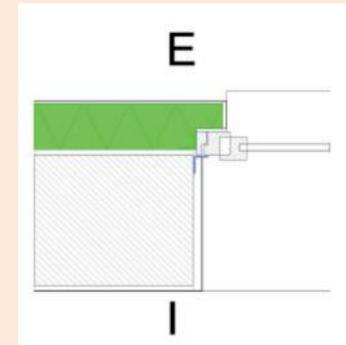
Le rampe delle scale, solitamente non riscaldate, devono essere trattate come i balconi e i marciapiedi. In questo caso è più agevole renderle strutturalmente indipendenti dalle pareti perimetrali, in maniera da poter interporre lo strato coibente.

Ponti termici

Serramenti

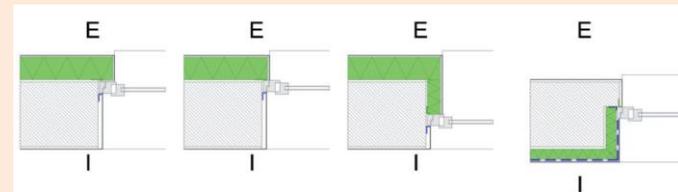
Tutto il perimetro di contatto fra il sistema finestra e la parete se non adeguatamente risolto costituisce un ponte termico. La situazione ideale è data dall'installazione del serramento nello spessore dello strato coibente esterno: questo perché le linee isoterme non vengono eccessivamente deviate. Questa soluzione è possibile solo in caso di spessori consistenti dello strato coibente (20-30 cm).

Posizione ideale del serramento nello strato coibente.



Un'altra buona soluzione è quella che prevede l'installazione del serramento a filo esterno della muratura e la sovrapposizione dello strato coibente sul telaio fisso (ottimo) o almeno del contro-telaio (mediocre).

Posizioni del serramento rispetto allo strato coibente.



Ponti termici

Nel caso in cui sia necessario, per motivi tecnici o scelte architettoniche, installare il serramento arretrato o addirittura a filo interno parete, si dovranno coibentare le mazzette laterali, il voltino e il sotto-davanzale con uno strato di coibente fino a collegarsi con il contro-telaio o il telaio fisso.

Se il serramento prevede avvolgibili o veneziane esterne come sistemi di oscuramento e ombreggiamento, il cassonetto dovrà essere coibentato con uno strato tale da assicurare una buona resistenza termica.

Sezione parete perimetrale

- 1 Intonaco interno
- 2 Blocco in laterizio alveolare
- 3 Collante del sistema a cappotto
- 4 Pannello coibente del sistema
- 5 Rasante con rete di rinforzo
- 6 Tasselli di fissaggio dei pannelli con coppella di copertura
- 7 Nastri interni ed esterni di tenuta all'aria giunto parete/controtelaio
- 8 Coibente ad alta densità sottodavanzale
- 9 Davanzale esterno in lamiera piegata verniciata a polvere
- 10 Lato inferiore del controtelaio (taglio termico)
- 11 Nastri interni ed esterni di tenuta all'aria giunto controtelaio/cassonetto
- 12 Cassonetto coibentato per avvolgibile con ispezione esterna
- 13 Pannello portaintonaco
- 14 Nastri interni ed esterni di tenuta all'aria giunto cassonetto/solaio
- 15 Disgiuntore termico in coibente ad alta densità e tondini in acciaio inox di collegamento tra trave di bordo e balcone
- 16 Soletta del balcone in aggetto in calcestruzzo armato
- 17 Sottofondo di pendenza in c.l.s.
- 18 Guaina di impermeabilizzazione
- 19 Massetto armato
- 20 Pavimentazione esterna
- 21 Rasante e collante impermeabilizzante previsto dal sistema a cappotto per la zona di zoccolo
- 22 Coibente specifico previsto dal sistema a cappotto per la zona di zoccolo: solitamente XPS
- 23 Sottofondo per passaggio impianti in c.l.s. alleggerito
- 24 Isolante acustico (anticalpestio)
- 25 Massetto in c.l.s. (pannello radiante)
- 26 Pavimentazione interna
- 27 Risvolto dell'isolante acustico sul perimetro
- 28 Battiscopa (non a contatto con pavimentazione)
- 29 Getto di completamento del solaio in latero-cemento
- 30 Pignatta di alleggerimento in laterizio
- 31 Trave di bordo in calcestruzzo armato

