

KLH[®]

MADE FOR BUILDING
BUILT FOR LIVING

FISICA DELLE COSTRUZIONI



COLOPHON

Edizione: Fisica delle costruzioni, 01/2012

Editore e responsabile dei contenuti: © KLH Massivholz GmbH

KLH® nonché il logo KLH® sono diritti di protezione industriale oggetto di registrazione internazionale della KLH Massivholz GmbH (s.r.l.). Il fatto che un marchio non sia incluso in questo elenco e/o in un testo non sia contraddistinto quale marchio (marchio d'impresa) non può essere interpretato nel senso che questo marchio non è un marchio registrato (marchio d'impresa) e/o che questo marchio possa essere utilizzato senza previo accordo scritto da parte della KLH Massivholz GmbH.



INDICE

01	TENUTA D'ARIA	03
02	ISOLAMENTO TERMICO	06
03	RESISTENZA	12
04	PROTEZIONE DALL'UMIDITÀ	14
05	INSONORIZZAZIONE	18
06	SICUREZZA ANTINCENDIO	23
07	INDICE BIBLIOGRAFICO	25

FISICA DELLE COSTRUZIONI

Occorrono misure urgenti per contrastare il riscaldamento globale o, quanto meno, per rallentare questo processo. A tale riguardo è essenziale la certificazione energetica degli edifici che possa fornire una base legislativa, contribuendo in tal modo alla salvaguardia del clima.

Il rilascio, l'utilizzo, i principi e le basi di un certificato di rendimento energetico disciplinano varie leggi statali nonché la Legge di Presentazione del Certificato Energetico (EAVG). Queste norme giuridiche devono convertire in legislazione nazionale la Direttiva 2002/91/CE (EPBD Energy Performance of Buildings Directive) sul rendimento energetico in edilizia. La certificazione energetica degli edifici è disciplinata, dal punto di vista normativo, dalla ÖNORM H 5055.

Osservare questi principi significa, in inverno mantenere la temperatura interna richiesta, in estate evitare che la calura estiva penetri nell'involucro edilizio, anche perché l'uso di condizionatori è normalmente associato ad elevati costi energetici.

La certificazione energetica può essere equiparata ad un certificato che fornisce dati sul grado di prestazione energetica degli edifici, ovvero se vengono soddisfatti o meno i requisiti per la protezione del clima. Le termocamere consentono inoltre di acquisire dati termografici, visualizzando e misurando le perdite di energia.

L'uso di pannelli in legno massello KLH® offre importanti vantaggi quali la tenuta d'aria nella struttura, la prevenzione di ponti termici grazie agli strati omogenei, l'elevata capacità termica di accumulo per la protezione termica in estate e una maggiore tolleranza di applicazione, grazie alla capacità di accumulo di umidità. L'impiego crescente dei pannelli in legno massello KLH® nella tecnologia "casa passiva" mostra che la carpenteria in legno costituisce, in generale, un primo importante passo verso la sostenibilità e la riduzione di emissioni di CO₂.

TENUTA D'ARIA

01 TENUTA D'ARIA

1.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

La tenuta d'aria, meglio definita come impermeabilità alla convezione, è un parametro essenziale delle costruzioni moderne e sostenibili.

“Secondo i codici di buona pratica, la superficie totale di scambio termico, incluse le fughe, deve essere sigillata a tenuta d'aria in modo permanente.” [7.1].

Secondo OIB – Direttiva 6 “Risparmio energetico e ritenzione di calore”, l'involucro edilizio di nuova costruzione deve essere eseguito a tenuta d'aria e antivento. Il tasso di ricambio d'aria “n50”, misurato ad una differenza di pressione tra interno ed esterno pari a 50 Pascal e

determinato dalla sotto- e sovrappressione, tenendo chiusi i fori dell'aria di mandata e dell'aria di scarico, non deve superare il valore di 3,0/ora. Se viene installato un impianto di condizionamento dell'aria, ad azionamento meccanico con o senza recupero di calore, il tasso di ricambio d'aria n50 non deve superare il valore di 1,5/ora. Nelle abitazioni uni-, bifamiliari e nelle villette a schiera, questo valore è imposto per ciascun edificio, nei condomini occorre rispettarlo in ciascuna unità abitativa. Per le case passive viene richiesto un tasso di ricambio d'aria pari a $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ [7.2].

1.2 “ANTIVENTO” NON SIGNIFICA “A TENUTA D'ARIA”

Nella pratica non si fa distinzione tra i due termini, nonostante la presenza di marcate caratteristiche distintive. La tenuta al vento di un elemento costruttivo impedisce alle correnti d'aria di penetrare nello strato di coibentazione, evitando quindi la deviazione del calore verso l'esterno. La tenuta al vento di un edificio può essere paragonata al materiale di superficie delle giacche invernali: se manca lo strato antivento, il calore viene disperso verso l'esterno e si inizia ad aver freddo. Poiché le guarnizioni antivento si trovano sempre sul lato esterno dello strato di coibentazione, la permeabilità al vapore acqueo della guarnizione antivento dovrebbe essere ridotta al minimo e considerata nell'analisi fisico-costruttiva.

L'ermeticità all'aria di un elemento costruttivo o dell'intero edificio è una grandezza misurabile (tasso di ricambio d'aria).

Essa indica la quantità d'aria all'ora [m^3/h] che ad un differenziale di pressione definito tra interno ed esterno passa attraverso l'elemento costruttivo e/o l'edificio. Il valore n_{50} risultante, determinato dalla portata volumetrica fra l'alta e la bassa pressione a 50 Pascal, classifica un elemento costruttivo in rapporto alla sua tenuta

complessiva all'aria e comunque un buon valore n_{50} da solo non costituisce alcuna garanzia di una costruzione esente da difetti. Solo un'ispezione approfondita dell'edificio da parte di un esperto (grazie alla diagnosi con il test Blower Door) accerta se l'opera è stata eseguita in modo corretto anche nei dettagli e se sia possibile escludere danni strutturali successivi.

“Un edificio non deve assolutamente essere ermetico, bisogna potervi respirare”: sentiamo continuamente ripetere questa affermazione nei dibattiti sull'ermeticità degli edifici.

Una citazione esplicativa è la seguente: “Un'adeguata ventilazione delle abitazioni non potrà mai essere garantita dalle fessure dell'edificio. Persino negli edifici non ermetici, dove c'è corrente d'aria già quanto il vento è moderato, il ricambio d'aria nei periodi miti di assenza di vento è insufficiente. Per contro, la corrente d'aria generata dalle fessure comporta notevoli svantaggi: un'alta percentuale di danni strutturali è causata da un involucro edilizio non ermetico. Altri svantaggi connessi alle fessure sono un'insonorizzazione inadeguata e un'eccessiva perdita di calore.” [7.3]

TENUTA D'ARIA

1.3 LA TENUTA D'ARIA DEI PANNELLI IN LEGNO MASSELLO KLH®

I rilievi eseguiti sui pannelli in legno massello KLH® hanno evidenziato che i pannelli in legno massello KLH® a tre strati, di qualità industriale su un lato o di qualità a vista residenziale sono sufficientemente stagni e possono quindi essere considerati come uno strato ermetico. I pannelli a 5 o più strati soddisfano questo criterio anche nella qualità non a vista.

Nella versione stagna di una struttura KLH® vi sono essenzialmente due possibilità: l'ermeticità della struttura viene garantita con la posa di uno strato impermeabile (ad

es. con una barriera al vapore armonizzata con la restante struttura esterna che funge al contempo da barriera contro la dispersione di calore per convezione, fig. 1; tutto l'edificio viene avvolto e incollato ad una membrana, normalmente in tessuto a maglia in trama) o, analogamente, la costruzione KLH® stessa svolge la funzione di rivestimento di tenuta dell'edificio. Gli spigoli degli elementi costruttivi nonché tutti i giunti tra gli elementi costruttivi o adiacenti agli elementi costruttivi vengono sigillati ad es. con nastri coprifuogo precompressi (vedi fig. 2).

Involucro impermeabile con guaina posta all'esterno
(guaina impermeabile al vapore, armonizzata con la restante struttura esterna)

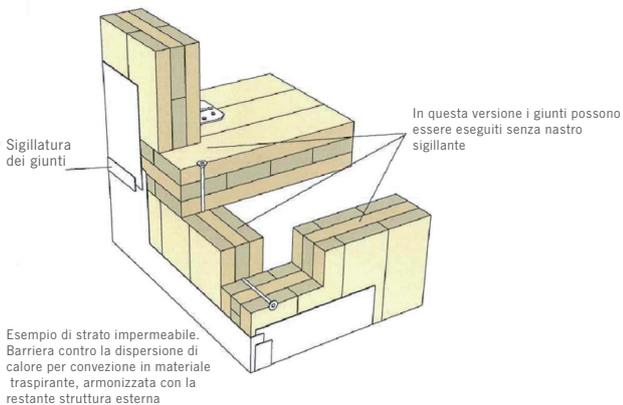


Fig. 1 – Punto di giunzione impermeabile con avvolgimento e incollaggio di una barriera contro la dispersione di calore per convezione

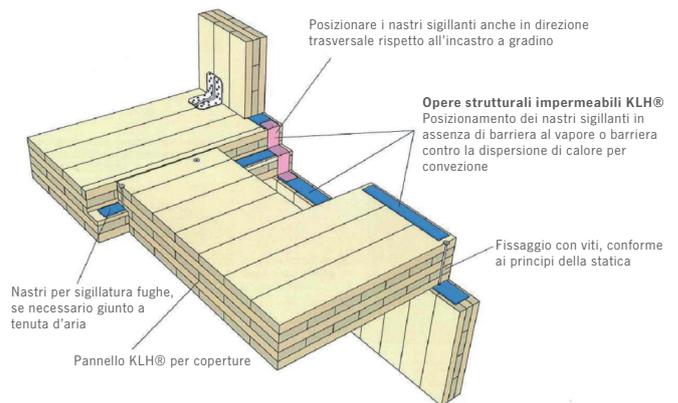


Fig. 2 – Punto di giunzione impermeabile KLH® – pannelli in legno massello con applicazione di nastri sigillanti

TENUTA D'ARIA

La tenuta della costruzione KLH® dipende non tanto dal pannello, quanto dai giunti di raccordo con gli altri elementi costruttivi e le piastre di collegamento.

I punti di giunzione degli elementi costruttivi, i giunti di testa, le perforazioni etc. devono essere sigillate secondo i codici di buona pratica. Si consiglia di verificare la tenuta della costruzione con l'aiuto di una misurazione Blower Door, se possibile, prima di ultimare la costruzione

(eventualmente anche utilizzando pannelli in legno massello KLH® a 3 strati di qualità non a vista).

Eventuali difetti di tenuta rilevati nel corso di questa misurazione possono generalmente essere corretti, senza costi economici troppo elevati. I test BlowerDoor sono necessari solo nelle case passive certificate. Tutti gli edifici a basso consumo energetico con pannelli KLH® e giunti di collegamento eseguiti a regola d'arte possono essere tranquillamente costruiti anche senza certificazioni.

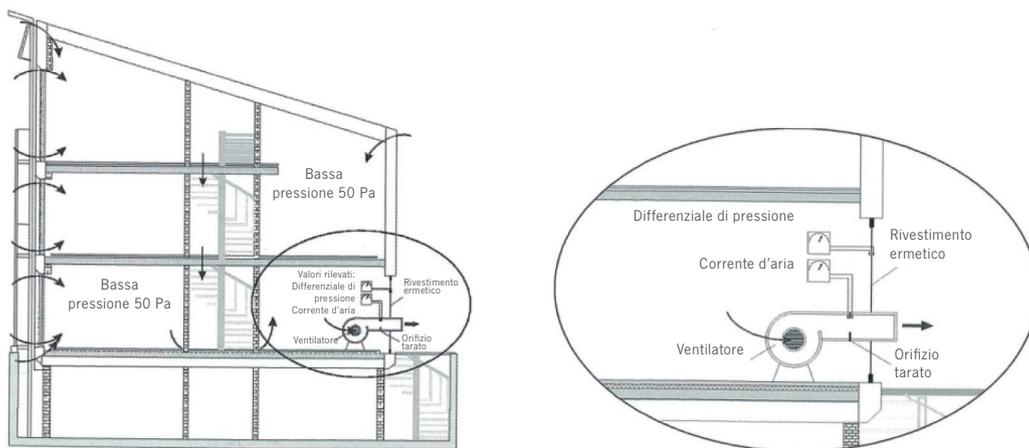


Fig. 3 – Schema di una misurazione BlowerDoor [7.3]

Se la progettazione del livello di tenuta d'aria è coerente e l'esecuzione competente, si potranno sigillare in modo permanente, con nastri per fughe, anche i punti di giunzione tridimensionali (cfr. fig. 2, incastro a gradino nella

zona del solaio). A tal proposito è importante posizionare il nastro di tenuta al centro del pannello, in modo da ottenere una maggiore tenuta in entrambe le direzioni.

02 ISOLAMENTO TERMICO

2.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Determinanti per l'isolamento termico sono soprattutto 2 parametri [7.4]

- la conduttività termica
- l'impermeabilità alla convezione

L'uso dei pannelli in legno massello KLH® negli elementi per pareti e coperture offre il vantaggio, a differenza di altre costruzioni in materiale leggero, di poter costruire su strati sempre omogenei. Ciò si traduce in campi di temperatura uniformi su tutta l'area e ha anche un effetto benefico sul comportamento termoigrometrico della costruzione (elevato potenziale di sicurezza, grazie alla capacità di accumulo di umidità presente nella parete in legno massello, maggiore tolleranza d'uso) – la costruzione acquista “maggior pregio”.

La conduttività termica dipende essenzialmente dalla densità e dal contenuto di umidità del pannello in legno massello KLH®. La ÖNORM 12524 [7.5] indica per il “legname da carpenteria” con densità pari a 500 kg/m^3 , una conduttività termica di $0,13 \text{ W/(m}^*\text{K)}$. La ÖNORM B 3012 [7.6] indica per il legno di pino un valore λ pari a $0,11 \text{ W/(m}^*\text{K)}$, ad un'umidità relativa del legno pari al 12%.

I test di laboratorio condotti dall'Istituto francese CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) su tre campioni KLH® di 3 e 5 strati hanno evidenziato un valore λ pari a $0,10 \text{ W/(m}^*\text{K)}$.

Se l'involucro dell'edificio è in legno massiccio KLH®, nei mesi invernali si potrà registrare un'umidità inferiore al 12%. Per questo motivo, negli esempi che seguono è stato ipotizzato, per gli elementi costruttivi KLH®, un valore λ pari a $0,11 \text{ W/(m}^*\text{K)}$.

In linea di principio si osserva che il comportamento termico del pannello in legno massello KLH® si può valutare realisticamente solo con calcoli di flusso di umidità e termico in regime variabile. Sui modelli di calcolo variabili si basano ad esempio i programmi “Delfin” o “Wufi”.

L'elevata densità del legno determina un lungo spostamento di fase (= intervallo di tempo compreso tra il verificarsi della massima temperatura sulla superficie esterna di un elemento costruttivo e il raggiungimento della massima temperatura sulla sua superficie interna). Essa è rilevante in particolare per l'isolamento termico in estate, poiché un lungo spostamento di fase, ad una temperatura esterna elevata garantisce che l'interno dell'edificio rimanga fresco. Se la temperatura esterna è bassa, il principio di funzionamento è inverso.

Il valore U utilizzato per calcolare il fabbisogno di energia per il riscaldamento indica solo quanto calore viene disperso, ma non in quale arco di tempo. Negli edifici in legno massello KLH®, il fabbisogno di energia per il riscaldamento è ridotto: ciò è dovuto, da un lato all'elevata densità degli elementi e all'elevata capacità termica specifica, dall'altro al ridotto coefficiente di penetrazione del calore e alla bassa conduttività termica.

ISOLAMENTO TERMICO

2.2 L'ISOLAMENTO TERMICO IN INVERNO

In inverno l'obiettivo è quello di raggiungere, all'interno degli edifici, temperature che garantiscano un elevato grado di comfort ambientale.

Esistono tre modi per raggiungere questo obiettivo:

- Riduzione delle perdite di trasmissione (passaggio di calore attraverso gli elementi costruttivi, il calore viene disperso verso l'esterno)
- Assorbimento di energia termica dall'esterno (energia solare dalla superficie delle finestre)
- Approvvigionamento di energia termica interna (energia per il riscaldamento, consumo di energia per le utenze domestiche)

Il fattore determinante è la cosiddetta conduttività termica, meglio nota come valore U.

Il valore U è dato dalle proprietà dell'elemento costruttivo e dalla sua posizione nell'edificio (le resistenze termiche superficiali R_{is} e R_{se} sono variabili). Minore è il valore U, maggiore sarà la resistenza dell'elemento costruttivo al passaggio di calore dall'interno verso l'esterno.

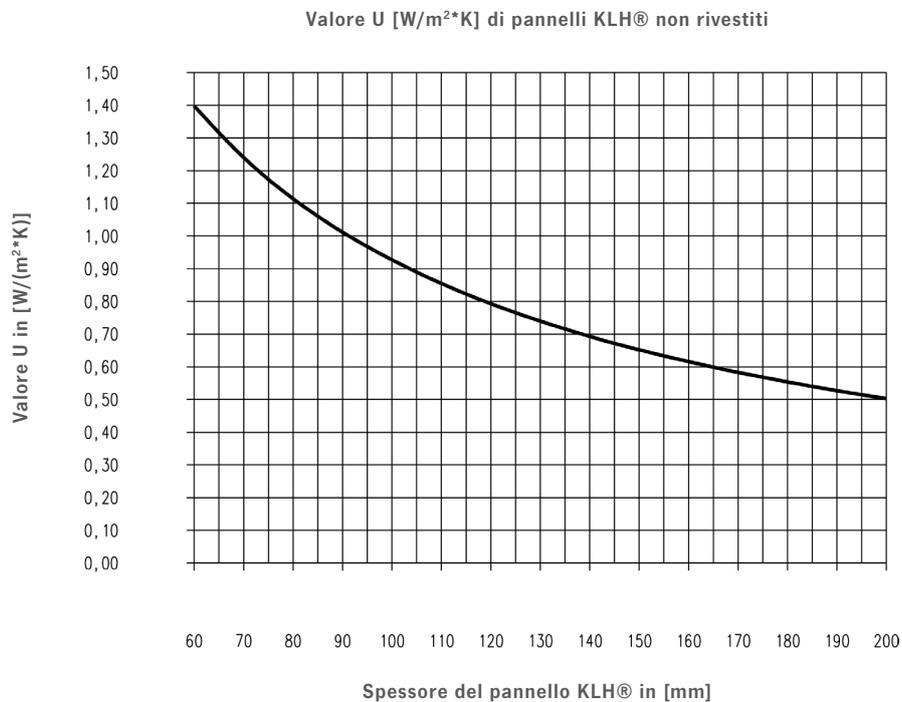


Fig. 4 – Il coefficiente di trasmissione termica dipende dallo spessore del pannello (dove $\lambda_{KLH®} = 0,11 \text{ W/(m}^2\text{K)}$)

ISOLAMENTO TERMICO

Esempio di valore U in un elemento KLH® isolato

In presenza di un gruppo di conduttività termica 035 (WLG 035) con una coibentazione di 140 mm di spessore, il valore U di un elemento per parete KLH® spesso 94 mm viene calcolato come segue:

Coefficiente di trasmissione termica $U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}}$

Resistenze termiche superficiali $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$

Conduttività termica KLH® $\lambda_{KLH®} = 0,11 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Coefficiente di trasmissione termica $U = \frac{1}{0,13 + \frac{0,094}{0,11} + \frac{0,14}{0,035} + 0,04} = 0,199 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

La figura che segue rappresenta un diagramma nel quale sono indicati i valori U degli elementi per parete KLH®, di spessore pari a 94 mm, in funzione dello spessore del materiale isolante (gruppo di conduttività termica 035).

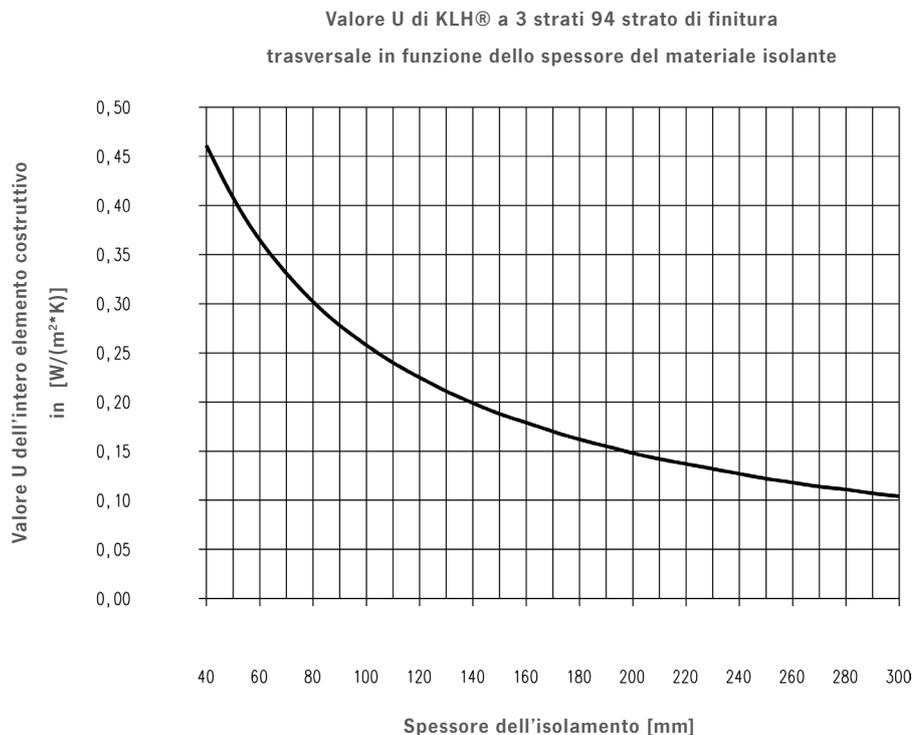


Fig. 5 – Valore U di elementi per pareti (KLH® 3 a strati 94 strato di finitura trasversale) con spessori variabili di materiale isolante

ISOLAMENTO TERMICO

Valore U: Esempi comparativi

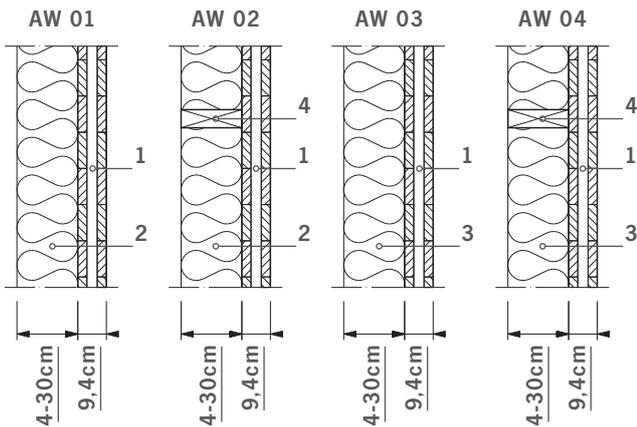


Fig. 6 – Involucro KLH® isolato (KLH® 3 a strati 94 strato di finitura trasversale) in quattro varianti diverse.

Legenda fig. 6

- 1 KLH® a 3 strati 94 strato di finitura trasversale ($\lambda_{KLH®} = 0,11 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
- 2 Isolamento gruppo di conduttività termica 040 ($\lambda = 0,040 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
- 3 Isolamento gruppo di conduttività termica 035 ($\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
- 4 Listellatura etc. nello strato di coibentazione, $\lambda = 0,13 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (percentuale di legno 10%, isolamento 90%)

Valori stabiliti di trasmissione

di calore:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE TERMICA

Spessore isolamento [mm]	Spessore totale [cm]	Involucro 01	Involucro 02	Involucro 03	Involucro 04
		Gruppo di conduttività termica 040	Gruppo di conduttività termica 040	Gruppo di conduttività termica 035	Gruppo di conduttività termica 035
		Isolamento 100%	Isolamento 90%	Isolamento 100%	Isolamento 90%
		Percentuale legno 0%	Percentuale legno 10%	Percentuale legno 0%	Percentuale legno 10%
		Valore U [W/(m ² *K)]	Valore U _m [W/(m ² *K)]	Valore U [W/(m ² *K)]	Valore U _m [W/(m ² *K)]
40	13,4	0,494	0,531	0,461	0,505
60	15,4	0,396	0,434	0,356	0,408
80	17,4	0,331	0,367	0,302	0,343
100	19,4	0,284	0,318	0,258	0,296
120	21,4	0,248	0,281	0,225	0,261
140	23,4	0,221	0,252	0,199	0,233
160	25,4	0,199	0,228	0,179	0,211
180	27,4	0,181	0,209	0,162	0,192
200	29,4	0,166	0,192	0,148	0,177

Tabella 2: Valutazione numerica degli esempi in figura 6

ISOLAMENTO TERMICO

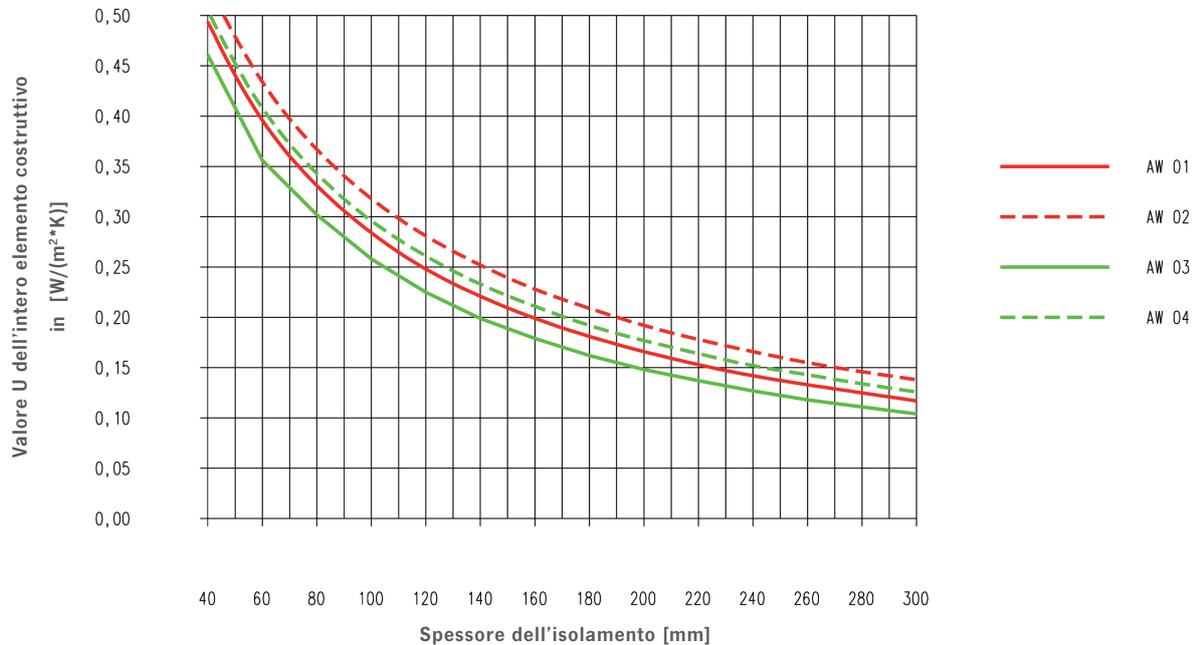


Fig. 7 – Analisi grafica della tabella 2

2.3 L'ISOLAMENTO TERMICO IN ESTATE

L'architettura moderna si caratterizza per l'ampio uso di superfici vetrate, le quali in inverno captano energia solare, permettendo un guadagno termico considerevole, ma in estate aggravano la situazione di partenza. Se consideriamo l'isolamento termico in estate, occorre di norma tener conto che anche senza l'uso di condizionatori non si deve superare la temperatura massima mediamente percepita nella stanza e che negli edifici ove sia necessario un condizionatore, il carico di raffrescamento debba essere mantenuto il più basso possibile.

Il surriscaldamento estivo si considera scongiurato quando la temperatura percepita in una data stanza durante un'ondata di caldo, non supera le temperature limite definite [7.7].

In estate l'isolamento termico deve essere opportunamente pianificato, nell'ambito di una visione d'insieme, sotto 3 aspetti:

- carichi,
- ventilazione,
- tecnica costruttiva

Il termine “carichi” indica, nel settore residenziale, la penetrazione dell'energia solare attraverso le finestre. La protezione più efficiente ed efficace contro il surriscaldamento è uno schermo protettivo esterno. La percentuale di trasmissione di calore attraverso gli elementi costruttivi opachi è invece trascurabile.

Obiettivo di qualsiasi progetto è quello di creare nell'edificio condizioni climatiche corrispondenti al clima esterno, ottenibili arieggiando l'ambiente in modo naturale (semplice ventilazione mediante apertura delle finestre). Un raffreddamento mediante dispositivi tecnici comporta elevati costi energetici e non risponde ai criteri di pianificazione sostenibile in edilizia residenziale.

ISOLAMENTO TERMICO

La figura 8 mostra l'efficacia della ventilazione mediante apertura di finestre, a seconda della posizione dell'imposta. Un impianto di aerazione controllata può anche dare un contributo significativo poiché il flusso

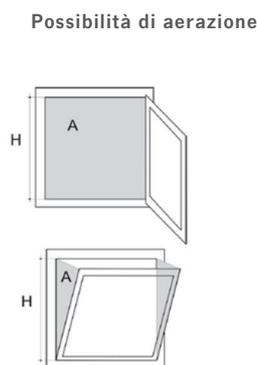


Fig. 8 – Rapporto tra la posizione dell'imposta e il tasso di ricambio d'aria [7.8]

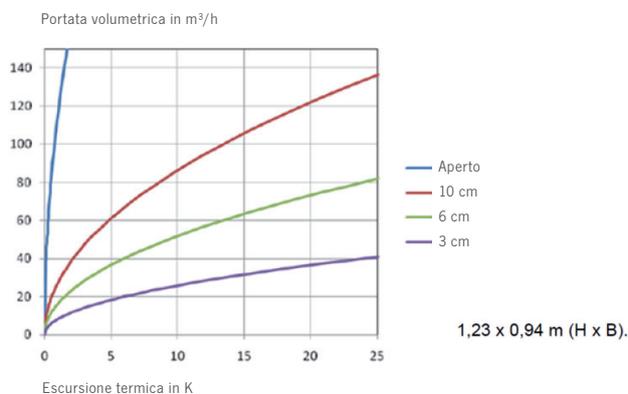
In edilizia residenziale, la tendenza ad aumentare lo spessore dell'isolamento, nel quadro di una crescente ritenzione di calore nei mesi invernali ha causato lo spostamento di fase dell'involucro esterno, a prescindere dall'uso di elementi costruttivi "pesanti" o "leggeri". Semplificando: "ciò che va bene per l'inverno, è adatto anche per l'estate".

L'energia termica solare che, nonostante lo schermo protettivo penetra nell'edificio, deve essere assorbita il più possibile dalle superfici perimetrali, senza creare un clima di disagio nella stanza. La parete in legno massello KLH® può avere la funzione di muro di accumulo termico in laterizio.

d'aria è sufficiente a garantire un ricambio d'aria igienico, ma non basta a dissipare abbastanza energia termica dall'edificio.

$$\dot{V} = C_{ref} \cdot A \cdot \sqrt{H} \cdot \sqrt{\Delta T}$$

$$C_{ref} = 100 \frac{m^{0,5}}{h \cdot K^{0,5}}$$



Per attivare le masse di accumulo nell'edificio, occorre soddisfare le seguenti condizioni:

- I materiali di accumulo devono essere in contatto diretto con l'aria (nessuna controparete)
- Buon isolamento termico all'esterno (condizione di norma soddisfatta)
- Evitare di schermare con attrezzature, tappeti mobili (hanno lo stesso effetto di una controparete)
- L'elemento costruttivo preposto all'accumulo termico deve essere sufficientemente spesso

Il progettista deve tener conto che il calore diurno accumulato all'interno dei locali deve essere espulso durante la notte. Il principio di funzionamento è analogo a quello di una batteria.

Poiché la ventilazione notturna può dissipare solo una limitata quantità di calore in funzione del tasso di ricambio d'aria, vento e differenza di temperatura (ΔT tra interno ed esterno), una struttura in acciaio e calcestruzzo comporta inevitabilmente un surriscaldamento (effetto stufa), se non si ricorre ad elevati costi energetici per il raffreddamento.

RESISTENZA

Le costruzioni in legno massello KLH® rappresentano quindi un equilibrio ottimale tra l'accumulo termico diurno e l'erogazione notturna di energia. La misura più efficace contro il surriscaldamento estivo è uno schermo protettivo trasparente che trattiene fino al 90% delle radiazioni solari, pur garantendo un'adeguata illuminazione dei locali. Il restante 10% che ha accesso ai locali viene

accumulato durante il giorno nei pannelli in legno massello KLH®. Grazie alla naturale ventilazione notturna, il pannello in legno massello KLH® che ha accumulato energia durante il giorno, la rilascia durante le fredde ore notturne. Il rischio di un lento surriscaldamento viene in tal modo scongiurato.

03 RESISTENZA

3.1 USO PREVISTO DEL PANNELLO IN LEGNO MASSELLO KLH®

I pannelli in legno massello KLH® sono elementi strutturali portanti o non portanti, in legno e possono essere esposti a carichi statici, quasi-statici e, per breve periodo, a carichi dinamici (ad es. carichi sismici). L'impiego previsto è definito in base alla classe di servizio 1 e 2, conformemente alla norma EN 1995-1-1 [7.9].

Gli elementi costruttivi più esposti agli agenti atmosferici devono essere protetti contro le intemperie.

Classe di servizio	Clima nei locali		Umidità di gran parte delle conifere	Struttura portante o edificio
	Temperatura	Umidità relativa ^a		
1	20°C	≤ 65%	≤ 12%	Locali interni di edifici residenziali, scolastici e amministrativi
2	20°C	≤ 85%	≤ 20%	Locali interni di costruzioni di servizio come magazzini, maneggi, capannoni industriali nonché strutture coperte all'aperto, i cui elementi costruttivi non sono esposti alle intemperie (30° angolo di incidenza della pioggia)
3	-	> 85%	> 20%	Edifici all'aperto con protezione costruttiva del legno

^a L'umidità relativa deve corrispondere alla classe di servizio 1 e 2 e può superare i valori indicati, al massimo per alcune settimane all'anno.

Fig. 9 – Le strutture portanti suddivise per classi di servizio, secondo la norma EN 1995-1-1

I requisiti si basano sulla presunta vita utile dei pannelli in legno massello KLH® di 50 anni. I dati relativi alla vita utile non possono essere interpretati come una garanzia fornita dal produttore: sono da considerarsi semplice-

mente come uno strumento utile per la scelta del prodotto giusto, in considerazione della durata prevista dell'edificio e del relativo impegno economico [7.10].

RESISTENZA

3.2 PROTEZIONE STRUTTURALE DEL LEGNO – PROTEZIONE CHIMICA DEL LEGNO

A seconda della posa, il legno può essere esposto, in misura diversa, all'attacco di organismi che distruggono il legno. Con l'aiuto delle classi di rischio definite nelle norme è possibile valutare il tipo e la portata del trattamento chimico preventivo da adottare. Per il legno in servizio della classe di rischio 0 non è necessaria alcuna protezione chimica.

Prima di iniziare un trattamento chimico preventivo è opportuno verificare in che misura il legno possa essere protetto da accorgimenti costruttivi di prevenzione, ad esempio mantenendolo sempre asciutto (umidità massima dell'aria 70%, umidità massima del legno 20%).

Un'attenzione particolare meritano le superfici di contatto tra gli elementi in legno massello KLH® e le superfici fredde come ad esempio le fondazioni e i solai delle cantine. Aree climatiche critiche in corrispondenza delle basi di appoggio nonché la possibile formazione di condensa possono causare danni a lungo termine alle strutture in

legno: tutto questo deve quindi essere evitato. Accorgimenti costruttivi come la posa di resistenti traverse in larice o di basamenti eseguiti a regola d'arte consentono di sollevare il pannello in legno CLT separandolo dalla zona critica [7.7].

Per la produzione dei pannelli in legno massello KLH® vengono utilizzati esclusivamente legnami naturali, non trattati. Prima di essere incollati, i singoli strati vengono essiccati in forno. Alla consegna, l'umidità dei pannelli in legno massello KLH® è pari a $12\% \pm 2\%$. Una volta posati nelle classi di servizio approvate 1 e 2, normalmente non è necessario alcun trattamento chimico di prevenzione. Un eventuale trattamento deve sempre essere eseguito dopo il taglio dei pannelli. Considerata la varietà di prodotti per la protezione del legno e dei loro differenti meccanismi di azione è opportuno verificare, caso per caso, quale tipo di conservante sia più adatto per l'uso specifico e se sia ragionevole e fattibile eseguire il trattamento in loco o in fabbrica.

3.3 PROTEZIONE DALLE TERMITI

Le termiti possono infestare anche il legno secco e nutrirsi di tutto ciò che contenga cellulosa, dal legno di latifoglie, al legname da costruzione fino alla carta.

In base alla specie, le termiti si distinguono in terrestri e del legno secco. Mentre le prime hanno bisogno del contatto con la terra per organizzare e gestire le loro colonie, le termiti del legno secco preferiscono un pezzo di legno secco che diventa sia dimora che catena alimentare.

Generalmente il legno può essere protetto con un trattamento chimico o una prevenzione progettuale. Per

motivi ambientali, la soluzione progettuale è da preferirsi: le pareti in legno massello KLH® vengono ad esempio posizionate su basamenti in cemento armato, che ne impediscono il contatto con il terreno. Già una distanza di pochi centimetri assicura una protezione adeguata ed efficace.

Se si prescrive il trattamento chimico o semplicemente si opta per gli impregnanti chimici, è possibile applicarli, dopo il taglio, su tutti i lati e i bordi stretti.

 PROTEZIONE DALL'UMIDITÀ

04 PROTEZIONE DALL'UMIDITÀ

4.1 ASPETTI PRINCIPALI

Il legno come materiale da costruzione è in grado di trasportare umidità non solo per diffusione ma anche per assorbimento e conduzione capillare. A questo proposito il legno offre prestazioni incredibili, anche se i risultati di questa ricerca, condotta negli ultimi 20 anni, sono stati pressoché sconosciuti al grande pubblico.

Vi sono 3 meccanismi responsabili del trasporto dell'umidità nel legno:

- Diffusione al vapore acqueo (vapore/differenziale di pressione)
- Conduzione di sorbato (umidità relativa dell'aria)
- Conduzione capillare (tensione superficiale)

Si tratta di processi variabili, dove il rischio di condensa si basa sul diagramma di "Glaser". Poiché questo strumento analizza solo la diffusione nelle sostanze minerali, si rivela inadeguato per il legno. [7.11].

Il pannello in legno massello KLH® si comporta come una barriera al vapore igrovariabile. In inverno, a causa della bassa umidità dell'aria, il legno come materiale da costruzione riduce la propria capacità di trasportare l'umidità, aumentandola non appena l'umidità negli edifici si adegua al clima estivo. Il legno, inteso come materiale da costruzione naturale, si comporta secondo natura, per sempre. Se si applica il collaudato principio "interno più ermetico dell'esterno", l'involucro viene reso più sicuro, da un punto di vista fisico-costruttivo, se dotato di un pannello in legno massello KLH®.

Un'altra caratteristica del legno correlata all'umidità è la dilatazione e il ritiro. Poiché il legno è un materiale anisotropo con proprietà igroscopiche, la dilatazione e il ritiro avvengono per gradi e dipendono dalla direzione delle fibre.

Nel legno si distinguono 3 direzioni principali di taglio:

- Longitudinale (~0,01% di deformazione per % di variazione di umidità)
- Radiale (0,16% di deformazione per % di variazione di umidità)
- Tangenziale (0,33% di deformazione per % di variazione di umidità)

Grazie alla disposizione trasversale degli strati e alla qualità dell'incollaggio, nei pannelli in legno massello KLH® questi valori si riducono notevolmente. A livello di pannello si riscontra solo un leggero calo longitudinale, nella direzione dello spessore, pari al valore medio tra radiale e tangenziale.

- A livello di pannello ~0,01% di deformazione per % di variazione di umidità
- In senso trasversale rispetto alla direzione del pannello ~0,20% di deformazione per % di variazione di umidità (vedi "Caratteristiche tecniche")

PROTEZIONE DALL'UMIDITÀ

4.2 AMBIENTI UMIDI

I pavimenti e i rivestimenti per pavimenti in pietra e ceramica in genere non sono impermeabili. Il punto debole sono le fughe. Sebbene il pannello in legno massello KLH® sia molto stabile, perché incollato a strati incrociati, sarebbe fatale posare piastrelle e/o rivestimenti analoghi direttamente sulla superficie del legno. Per evitare un'eccessiva sollecitazione alla trazione e alla flessione causata dalla deformazione, il pannello in legno massello KLH® dovrebbe essere rivestito da

lastre in gesso. Queste lastre a bassa dilatazione e ritiro costituiscono una "compensazione del movimento" tra KLH® e lo strato di usura.

La fig. 10 mostra la variazione in lunghezza causata dall'umidità, nei pannelli da costruzione di uso comune. Si può chiaramente vedere la differenza di comportamento, per quanto riguarda la dilatazione e il ritiro, tra i pannelli da costruzione in gesso e quelli contenenti legno.

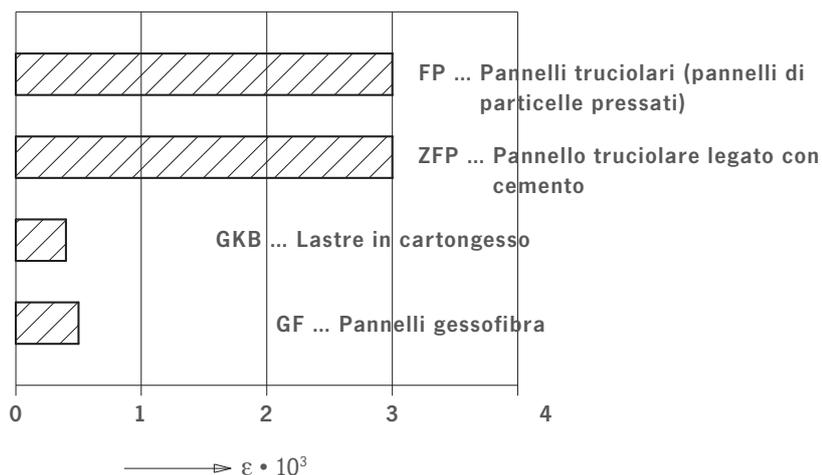
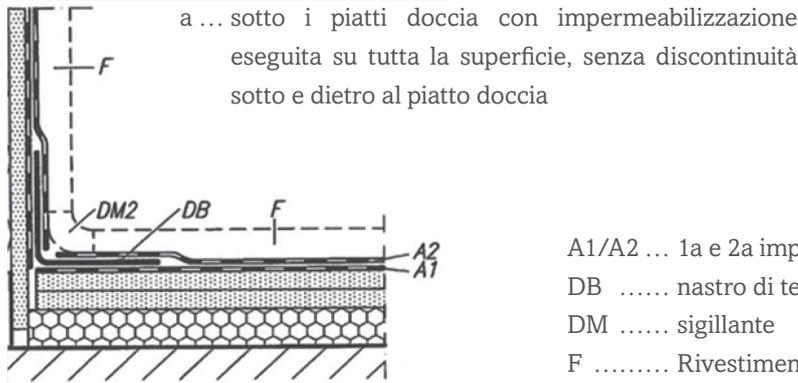


Fig. 10 - Differenza di comportamento di dilatazione e ritiro, in pannelli di uso comune, a confronto [7.12]

Negli angoli tra parete e pavimento si riscontrano inevitabilmente dei movimenti (isolamento rumore d'impatto), ai quali si può ovviare solo con giunti elastici e flessibili. Inoltre, a causa del disaccoppiamento dei rumori d'impatto sulle pareti laterali è necessario un giunto elastico soggetto a manutenzione. Nelle aree inaccessibili (piatto doccia, vasca da bagno) o nelle zone con forte proiezione d'acqua (doccia), essi devono essere sigillati come illustrato in fig. 11 (impermeabilizzazione di parete e pavimento). Nella restante zona del bagno è sufficiente procedere come mostrato in fig. 12 (impermeabilizzare solo il pavimento, applicando sui lati una fascetta perimetrale concava). Sulla parete è sufficiente realizzare un rivestimento in cartongesso (pannelli coibenti, cfr. fig. 11 e 12).

Sul pavimento in genere vengono posati due strati di pannelli gessofibra. Qui è consigliabile optare per materiali da costruzione per pavimentazione. Nelle strutture in legno si raccomanda inoltre di eseguire un ulteriore semplice strato di impermeabilizzazione sotto il pavimento, direttamente sul pannello del solaio KLH®. Lo strato di impermeabilizzazione dovrebbe essere realizzato con fascetta perimetrale concava, da applicare su tutti i lati e avere la possibilità di drenaggio nei pozzetti di installazione. Nell'eventualità di rottura di un tubo, il danno potrebbe essere individuato tempestivamente, evitando di deteriorare l'edificio.

PROTEZIONE DALL'UMIDITÀ

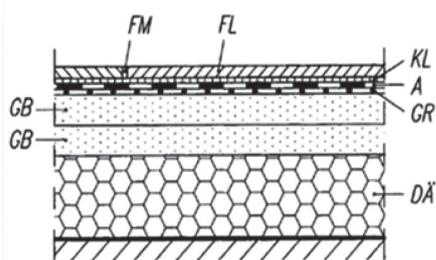


- A1/A2 ... 1a e 2a impermeabilizzazione
- DB nastro di tenuta
- DM sigillante
- F Rivestimento di piastrelle, se presente sulla parete

Fig. 11 – Sezione d'angolo e impermeabilizzazione nella zona di proiezione d'acqua. L'impermeabilizzazione "F" deve proseguire dietro le piastrelle [7.12]



Fig. 12 – Impermeabilizzazione dell'area non interessata da proiezione d'acqua. Tralasciare l'impermeabilizzazione della parete soprastante. [7.12]



- FL ... piastrella
- FM ... stucco
- KL ... adesivo, malta a letto sottile, ad indurimento idraulico
- A barriera disposta su tutta la superficie, dispersione sintetica modificata
- GR ... mano di fondo, se richiesto dal produttore del sigillante
- GB ... pannelli da costruzione in gesso, cartongesso o gessofibra, controllare l'omologazione del materiale
- DÄ ... strato isolante

Fig. 13 – Pavimento e impermeabilizzazione dell'area [7.12]

PROTEZIONE DALL'UMIDITÀ

Ecco alcuni esempi per rappresentare graficamente la zona di proiezione d'acqua secondo l'opuscolo "Istruzioni per bagni e ambienti umidi in legno o a secco", servizio informazioni legno. Nella zona grigia occorre procedere con l'impermeabilizzazione illustrata nelle figure 11-13.

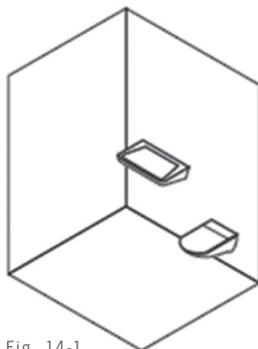


Fig. 14-1
WC ospiti

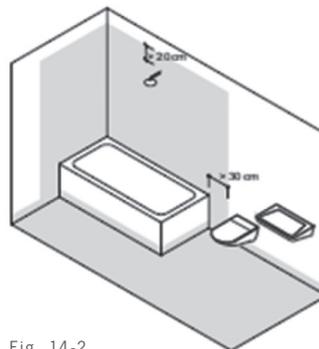


Fig. 14-2
Bagno domestico privato con vasca come piatto doccia

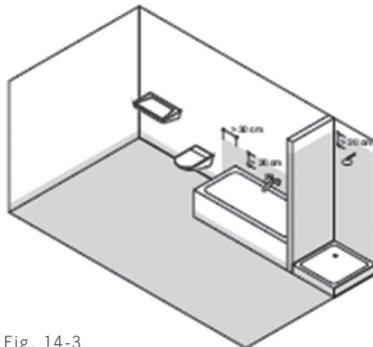


Fig. 14-3
Bagno domestico privato con vasca senza uso doccia e doccia

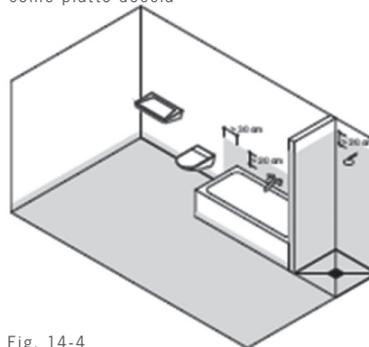


Fig. 14-4
Bagno domestico privato con vasca senza uso doccia e uso previsto dello scarico a pavimento nella zona doccia

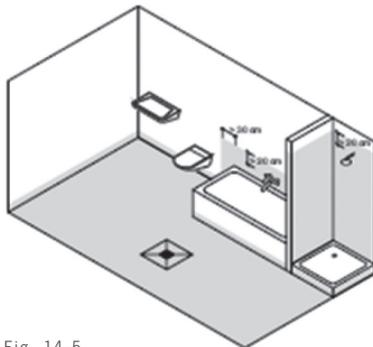


Fig. 14-5
Bagno domestico privato con vasca senza uso doccia e uso non previsto dello scarico a pavimento

Sollecitazione minima o assente dovuta agli spruzzi d'acqua, classe di sollecitazione 0 

Sollecitazione media dovuta agli spruzzi d'acqua (zona di proiezione d'acqua), classe di sollecitazione A01, A02 

Fig. 14 – Aree maggiormente esposte agli spruzzi d'acqua in bagno

INSONORIZZAZIONE

4.3 MUFFA

Le muffe e le loro spore rappresentano una componente naturale del nostro ambiente e spesso sono presenti anche negli ambienti chiusi. Prosperano su un'infinita varietà di materiali e resistono ad un'ampia gamma di temperature. L'umidità, in particolare quella superficiale dei materiali svolge un ruolo cruciale.

Nella maggior parte dei casi, tale umidità si deve attribuire a difetti strutturali (es. ponti termici o giunti aperti in elementi costruttivi), eventi dannosi (falle nelle condutture idriche, giunti di raccordo difettosi nei bagni) nonché ad una inadeguata aerazione e alla scarsa igiene.

I funghi non distruggono il patrimonio edilizio, di cui invece hanno bisogno sia come substrato adatto alla loro crescita, sia perché i suoi costituenti rappresentano un cibo potenziale. Poiché, come abbiamo accennato, riescono a svilupparsi entro un'ampia gamma di temperature, non è importante solo la temperatura della superficie

interna, bensì anche l'umidità relativa dell'aria. Gli scienziati hanno fissato a 12,5 °C il limite della temperatura superficiale per la proliferazione delle muffe. Se si considerano le condizioni tipiche di 20°C di temperatura e 50% di umidità relativa dell'aria all'interno degli edifici, ad isoterme di 12,5° corrisponde un'umidità dell'aria pari all'85%. Questa umidità relativa dell'85%, in genere non è sufficiente a favorire lo sviluppo di muffe, indipendentemente dal materiale.

Il legno come materiale da costruzione minerale ha, per la sua igroscopicità e i suoi costituenti, una maggiore tolleranza all'umidità. Gli elementi per pareti, eseguiti a strati incrociati e la capacità dei pannelli in legno massello KLH® di assorbire l'umidità si traducono in un potenziale notevole, in termini di sicurezza e in una maggiore tolleranza d'applicazione igrotermica delle strutture realizzate con pannelli in legno massello KLH®.

05 INSONORIZZAZIONE

5.1 RECENTI SVILUPPI IN AMBITO NORMATIVO

Mediante l'armonizzazione delle norme, nell'Unione Europea sono state unificate le procedure di calcolo e di misurazione delle caratteristiche acustiche degli elementi costruttivi e degli edifici.

L'obiettivo è quello di scomporre l'edificio nei suoi elementi costitutivi (come pareti, soffitti, finestre ...) per

individuare con esattezza, in laboratorio, le proprietà di fonoisolamento dei suoi elementi costruttivi. Ne risulta un certificato di prova che contiene solo valori interi, non influenzati dalle vie di trasmissione secondarie (trasmissione del suono laterale).

INSONORIZZAZIONE

Valori come R' - ed L' - che un tempo comparivano nei certificati di collaudo, oggi sono scomparsi. La differenza minima tra “vecchio” e “nuovo” sta nel “trattino di riferimento”. Questa distinzione indica se il valore è stato determinato con o senza trasmissione del suono laterale. La Fig. 16 mostra in modo schematico le possibili vie di propagazione del suono aereo e d’impatto.

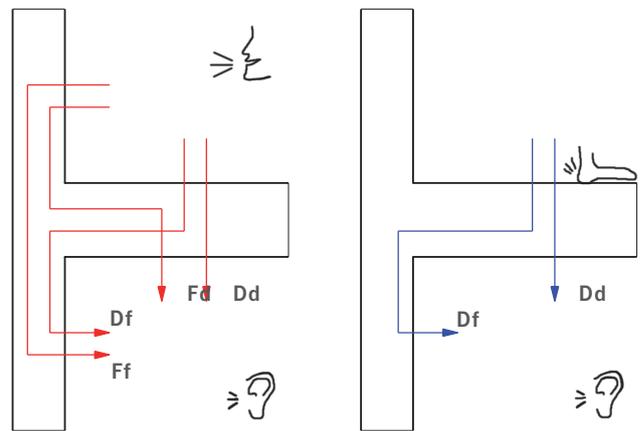


Fig. 16 – Vie di propagazione del suono aereo e d’impatto tra stanze attigue [7.13]

Nella fase successiva viene analizzata e, se possibile, definita in termini aritmetici, la situazione di accoppiamento tra elementi costruttivi divisori e gli elementi costruttivi adiacenti. Dall’analisi separata degli elementi costruttivi e delle trasmissioni sonore secondarie possono derivare, se necessario, dei correttivi utili. Se ad esempio l’isolamento acustico laterale è insufficiente, non ha senso migliorare l’elemento costruttivo divisorio. Un metodo collaudato per migliorare la trasmissione laterale del rumore è l’installazione di strati intermedi tra gli elementi costruttivi della parete e del solaio. La fig. 17 mostra una combinazione di prodotti di costruttori diversi. A seconda degli elementi scelti per il pavimento e le pareti, i cuscinetti dovranno essere installati sopra o sotto il solaio, per ottimizzare lo smorzamento dell’impatto. Già in fase di progettazione occorre decidere se i punti di interconnessione debbano essere eseguiti con o senza cuscinetti elastici.

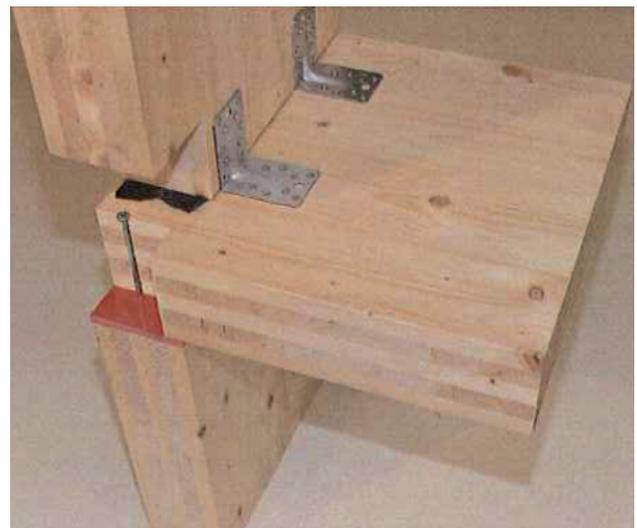


Fig. 17 – Cuscinetti Getzner (rossi, in basso) e Trelleborg (neri, in alto) come possibile correttivo della trasmissione laterale del rumore [7.7]

INSONORIZZAZIONE

Nella terza fase, l'energia dei due elementi si somma. Il risultato è l'isolamento acustico previsto nell'edificio. Il suono d'impatto nel sito è dato ad es. dalla somma di energia "D_d" e "D_f" (cfr. fig. 16).

$$L'_n = 10 \log \left(10^{(L_n/10)} + 10^{(L_{n,Df}/10)} \right) \text{ [dB]}$$

L'_n Livello di rumore di calpestio incluse le vie di trasmissione secondarie

L_n Livello di rumore di calpestio dell'elemento costruttivo misurato in laboratorio

L_{n,Df} Livello di rumore di calpestio attraverso la trasmissione laterale del rumore

Un tempo, soprattutto nei paesi di lingua tedesca, le proprietà fonoassorbenti degli elementi costruttivi molto spesso venivano testate su edifici di prova. Gli elementi previsti per le pareti e le coperture venivano installati sul banco di prova, assieme alle vie di trasmissione secondarie, di norma presenti negli edifici e successivamente si procedeva alla misurazione del rumore. I risultati riportati erano un misto di trasmissione diretta del rumore (elemento costruttivo) e trasmissione secondaria presente sul banco di prova. Gli esiti delle prove erano fruibili per i progettisti fintanto che l'esigenza o di situazione di cantiere era paragonabile a quella di laboratorio. L'analisi separata di elemento costruttivo e trasmissione laterale del rumore può quindi essere vista come uno strumento utile ai progettisti per raggiungere i valori di fonoisolamento richiesti, anche con elementi costruttivi leggeri.

5.2 INSONORIZZAZIONE CON PANNELLI IN LEGNO MASSELLO KLH®

L'inquinamento acustico e lo stress in costante aumento nel mondo del lavoro rafforzano l'idea che è sempre più importante ritrovare la pace e la tranquillità necessaria dentro le quattro pareti domestiche.

Le maggiori esigenze di insonorizzazione riguardano gli elementi costruttivi che separano abitazioni.

Per rispondere a questa esigenza di maggiore isolamento acustico, in genere viene eseguito un secondo strato di rivestimento esterno, rispondente agli standard più aggiornati. Persino l'edilizia pesante, per raggiungere i valori richiesti deve ricorrere a questo tipo di costruzione, dato che un aumento delle dimensioni spesso non sortisce l'effetto desiderato. Una parete divisoria con intercapedine realizzata con pannelli in legno massello KLH® ha prestazioni analoghe alle classiche soluzioni con intercapedine in calcestruzzo. Le strutture sono paragonabili per spessore, tuttavia il peso della costruzione in legno massello è cinque volte più leggera (coefficiente di riduzione peso = 5).

Il requisito fondamentale è un'attenta pianificazione dei dettagli, la conoscenza dei meccanismi del fonoisolamento e una corretta applicazione dei dettami di insonorizzazione in cantiere. Un altro modo per rendere più efficienti gli elementi costruttivi consiste nel combinare i pannelli in legno massello KLH® con elementi a secco o in edilizia leggera.

Malgrado la massa mancante, lo smorzamento del materiale e la morbidezza dei componenti (ad es. contropareti) consente di ottenere valori equivalenti o addirittura migliori rispetto al calcestruzzo minerale.

Da oltre un decennio, KLH Massivholz GmbH compie ricerche e sviluppa, in collaborazione con vari Istituti accreditati in Europa, prototipi per un miglioramento continuo dell'insonorizzazione delle costruzioni KLH®. Da diversi anni, la società possiede banchi di prova per pareti e solai nonché l'attrezzatura necessaria per proporre alla propria clientela soluzioni personalizzate in tempi rapidi.

INSONORIZZAZIONE

L'acustica si divide essenzialmente in due tronconi principali

- L'acustica architettonica (qualità acustica degli ambienti)
- L'acustica edilizia (isolamento acustico tra gli ambienti)

L'isolamento acustico tra gli ambienti svolge un ruolo essenziale. Un errore di progettazione in acustica architettonica risulterà spiacevole, ma il problema in genere si può risolvere ad un costo relativamente contenuto.

Se invece l'errore di progettazione riguarda l'acustica edilizia (propagazione del rumore aereo e di impatto), le misure correttive sono normalmente associate a costi molto elevati.



Fig. 18 – Intervento di risanamento eseguito su parete a blocchi in calcestruzzo alveolare, con intercapedine, per mezzo di una sega a doppia lama su un dorso lungo 5 metri [7.14]



Il rumore si propaga in direzione verticale, orizzontale ma anche diagonale. Il suono che si sposta attraverso l'elemento costruttivo (corpo solido) viene definito suono intrinseco e si differenzia notevolmente, per la sua complessità, dal suono aereo fondamentale nell'acustica architettonica. In ultima analisi, pur trattandosi sempre di suono intrinseco, nell'isolamento acustico degli edifici si distingue tra propagazione del rumore aereo e di impatto. La differenza risiede nell'eccitazione dell'elemento costruttivo.



Fig. 19 – Diffusore sferico utilizzato per determinare l'isolamento acustico ai rumori aerei [7.14]

INSONORIZZAZIONE

Sia la propagazione del suono aereo che il livello di rumore di calpestio nell'area di ricezione sono fortemente influenzati da

- Peso dell'elemento costruttivo al m²
- Smorzamento interno dell'elemento costruttivo
- Distanza pareti in caso di strutture pluristrato
- Rigidezza dinamica del setto antiacustico nelle strutture pluristrato (ad es. isolamento rumore d'impatto tra massetto e pannello in legno massello KLH®)
- Elevata flessibilità in termini di acustica edilizia
- Riduzione della propagazione del rumore attraverso le superfici di contatto e i mezzi di fissaggio

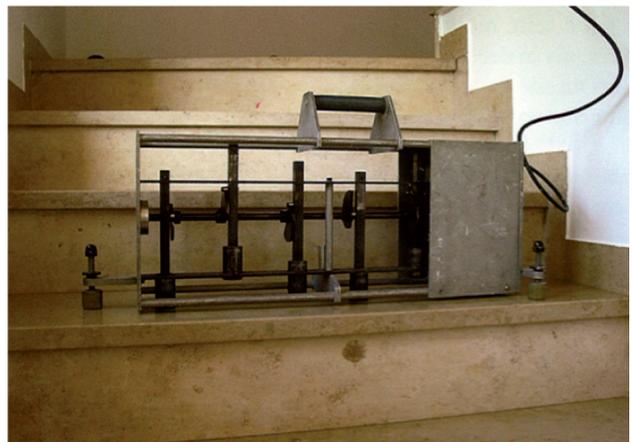


Fig. 20 – Macchina generatrice di rumore da impatto normalizzato utilizzata per la valutazione del livello di rumore di calpestio [7.14]

Moderni programmi di calcolo e una vasta gamma di misurazioni di elementi costruttivi facilitano la determinazione delle caratteristiche acustiche degli elementi costruttivi. Per soddisfare i requisiti di assorbimento acustico in una costruzione non è sufficiente definire solo le caratteristiche degli elementi separanti, ma occorre anche tener conto dell'influenza delle vie di trasmissione secondarie. Quanto più efficiente è l'elemento principale

separante, tanto maggiore sarà l'influenza delle vie di trasmissione secondarie. In base al tipo di eccitazione, l'energia acustica prende strade diverse: analogamente alla corrente elettrica, anche il rumore imbocca la strada con minore resistenza. Già in fase di pianificazione, quindi, è importante non solo ottimizzare l'elemento separante ma occorre anche tener conto dei percorsi del suono laterale.

Il progettista ha inoltre a disposizione i 3 strumenti che seguono

- Separazione strutturale degli elementi costruttivi (i controsoffitti continui, ad esempio, devono essere evitati)
- Disaccoppiamento parziale tramite morbide solette elastiche
- Schermatura (le contropareti ostacolano l'entrata o l'uscita dell'energia acustica)

La terza misura è probabilmente la più efficace poiché non apporta miglioramenti solo i termini di isolamento acustico, ma aumenta anche la protezione antincendio procurando una superficie neutra.

06 SICUREZZA ANTINCENDIO

6.1 COMBUSTIBILITA' DEL PANNELLO

Le caratteristiche di reazione al fuoco del pannello in legno massello KLH® sono definite nel Benestare Tecnico Europeo ETA-06/0138 con D-s2, d0 e corrisponde all'infiammabilità del legno massello.

REAZIONE AL FUOCO

Classe	Proprietà
A1	incombustibile
A2	quasi incombustibile
B, C, D	combustibilità in aumento
E	requisito minimo per i materiali da costruzione
F	non ammesso come materiale da costruzione

PRODUZIONE DI FUMO

Codice	Proprietà
s 1	produzione di fumo leggera
s 2	produzione di fumo media
s 3	produzione di fumo forte

GOCCIOLAMENTO / CADUTA DI MATERIALE ARDENTE

Codice	Proprietà
d 0	nessun gocciolamento / caduta di materiale ardente
d 1	breve gocciolamento / caduta di materiale ardente
d 2	persistente gocciolamento / caduta di materiale ardente

Grazie all'utilizzo di pitture ignifughe, la reazione al fuoco dei pannelli in legno massello KLH® può migliorare ad esempio da D-s0, d0 a C-s2, d0 o addirittura a B-s1, d0. E' importantissimo fare attenzione se la pittura va applicata all'interno o all'esterno, poiché le pitture per uso esterno devono presentare anche un'elevata resistenza ai raggi UV.

6.2 RESISTENZA AL FUOCO – CRITERI “R”, “E” ED “I”

Prova di resistenza – criterio “R”

La prova di resistenza deve essere condotta, durante il calcolo statico, su ciascun elemento costruttivo. Nel Benestare Tecnico Europeo ETA-06/0138 vengono definite le velocità di consumo (burn-up rate) dei pannelli in legno massello KLH®. Sulla base di questa viene quindi condotta la prova di resistenza in caso di incendio, conformemente all'Eurocodice 5.

SICUREZZA ANTINCENDIO

Se la superficie dei pannelli in legno massello KLH® è inizialmente rivestita ad es. da lastre ignifughe in cartongesso, è opportuno dar conto, durante le misurazioni, dei tempi di resistenza dei rivestimenti. Utilizzando i pannelli in legno massello KLH® pluristrato si possono realizzare elementi costruttivi altamente resistenti al fuoco, conducendo ad es. le prove R90 o R120.

I pannelli in legno massello KLH® a 5 strati raggiungono per lo più, senza ulteriori interventi, R60 o, con spessori corrispondenti, anche R90. In questo modo vengono realizzate strutture visibili altamente resistenti al fuoco. Un ulteriore incremento è attuabile o aumentando lo spessore del pannello e/o il numero degli strati e/o rivestendoli opportunamente.

Per aumentare la convenienza, lasciando inalterata la snellezza degli elementi costruttivi, molto spesso si ricorre all'uso di un pannello in legno massello KLH® a 3 strati (max. R30), con rivestimento aggiuntivo.

Si noti che le pareti portanti interne sono spesso soggette a combustione su entrambi i lati. Un'attenzione particolare va inoltre rivolta ai pilastri tra finestra e porte nelle pareti esterne.

Prova di ermeticità o tenuta – criterio “E”

Il criterio di densità del fumo è considerato soddisfatto se all'attacco delle fiamme resistono, integri, sul versante di attacco delle fiamme, due strati di tavole di legno nonché una lamina residua di 5 mm di spessore. Ne deriva che si devono conservare intatti un pannello residuo di 3 strati e due giunti di colla.

Prova di isolamento – criterio “I”

Nelle costruzioni con pannelli in legno massello KLH®, il criterio di isolamento riveste un ruolo marginale, visto che viene soddisfatto già con uno spessore di pannello residuo di pochi centimetri.

INDICE BIBLIOGRAFICO

07 INDICE BIBLIOGRAFICO

- | | |
|--|---|
| <p>[7.1] http://www.luftdicht.de/luftdicht_in_enev2009.htm</p> | <p>[7.8] Bednar T., Vortragsreihe Sommerlicher Wärmeschutz, MHC Linz, 2010</p> |
| <p>[7.2] OIB- Richtlinie 6, April 2007, 7.2.1 f., Seite 7</p> | <p>[7.9] ÖNORM B 1995- 1- 1, 15.08.2010</p> |
| <p>[7.3] IBO- österreichisches Institut für Baubiologie und-ökologie, Passivhaus Bauteilkatalog, Springer Wien New York, 2008]</p> | <p>[7.10] ETA- 06/0138 der KLH Massivholz GmbH</p> |
| <p>[7.4] 5. Grazer Holzbau-Fachtagung - 5. GraHFT'06 – Tagungsband Kapitel L:
Forschung an der TU Graz – Bauphysikalische Aspekte für den Holz-Massivbau mit BSP
DI Heinz Ferk, Leiter des Labors für Bauphysik im Bautechnikzentrum der TU Graz</p> | <p>[7.11] Borsch- Laaks R., Holzbau die neue Quadriga 5/2003, "Jenseits von Glaser"</p> |
| <p>[7.5] ÖNORM EN 12524 Baustoffe und -produkte - Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte, Ausgabedatum: 2000-09-01</p> | <p>[7.12] Informationsdienst Holz, Holzbau Handbuch, Reihe 3, Teil 2, Folge 1: "Naßbereich in Bädern"</p> |
| <p>[7.6] ÖNORM B 3012, Holzarten - Kennwerte zu den Benennungen und Kurzzeichen der OENORM EN 13556, Ausgabedatum: 2003-12-01</p> | <p>[7.13] Teibinger M., Dolezal F., Matzinger I., Deckenkonstruktionen für den Mehrgeschossigen Holzbau Schall- und Brandschutz, Detailkatalog, Band 20 der HFA- Schriftenreihe, 1. Auflage Mai 2009</p> |
| <p>[7.7] BSPHandbuch – Kapitel F: Bauphysik – Hochbau – Leitdetails Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz – Nachweise auf Basis des neuen europäischen Normenkonzepts Technische Universität Graz – holz.bau forschungs gmbh – Karlsruher Institut für Technologie – Technische Universität München – Eidgenössische Technische Hochschule Zürich</p> | <p>[7.14] H. Baumgartner, R. Kurz; Schadensfreies Bauen, Hrsg. G. Zimmermann, Fraunhofer IRB Verlag, 2003, Seite 126</p> |



KLH MASSIVHOLZ GMBH

Gewerbestraße 4 | 8842 Teufenbach-Katsch | Austria

Tel +43 (0)3588 8835 | Fax +43 (0)3588 8835 415

office@klh.at | www.klh.at



Passione per la natura



Stampato su carta ecologica