

Prestazioni termiche di elementi di involucro realizzati in pannelli di legno multistrato

S. De Nale, F. Peron, P. Romagnoni

Dipartimento di Costruzione dell'Architettura, Università IUAV di Venezia, Dorsoduro 2206, 30123 Venezia.

SOMMARIO

La ricerca di nuovi materiali per la costruzione edilizia ha evidenziato ormai da alcuni anni come il legno possa a buon diritto collocarsi tra i materiali aventi prestazioni energetiche di tutto rispetto. I requisiti prescrittivi indicati dalla legislazione energetica (D. Lgs. 311/2006) e dalla legislazione in materia di requisiti acustici passivi (D.P.C.M. 5/12/97) favoriscono l'utilizzo di materiali edilizi in grado di associare elevata resistenza termica e ottimi requisiti acustici passivi. Il pannello in legno multistrato è in grado di fornire dei valori di trasmittanza termica notevole: nel presente lavoro vengono calcolati i valori di trasmittanza di pareti esterne, solai di copertura e pavimenti, costituiti da pannelli multistrato isolati.

Nella valutazione delle dispersioni complessive dell'edificio devono essere contemplati anche i ponti termici, che si presentano in modo assai diverso a seconda delle strutture e risultano spesso di difficile determinazione. Allo scopo di fornire un abaco utile per i progettisti che dovranno soddisfare i requisiti di certificazione energetica, vengono proposti i valori di ponti termici calcolati per alcune strutture in legno.

1. INTRODUZIONE

La casa prefabbricata in legno ideale, dal punto di vista strutturale, è quella capace di unire le caratteristiche di una casa duratura, tipiche delle costruzioni "blockhaus" [1], [2] e quelle di stabilità dimensionale delle costruzioni a telaio [3] (vedi Figura 1). Se si considerano il comfort termico ed il risparmio energetico, l'edificio ideale è quello che deve coniugare le elevate prestazioni termiche invernali delle case a telaio con il comfort estivo proprio degli edifici "blockhaus".

La tipologia costruttiva più recente ed innovativa è quella dei pannelli multistrato incrociati [4], vedi Figura 2, che prevede l'impiego di elementi piani massicci che hanno funzione portante. Loro caratteristica è di avere la dimensione lungo gli assi principali molto maggiore rispetto allo spessore.

I pannelli sono costituiti da strati incrociati di tavole (con un massimo 7) incollati fra loro perpendicolarmente in modo da formare una struttura autoportante da fissare ad una fondazione di cemento.

Questi elementi possono essere caricati sia come piastre che come lastre; infatti la loro struttura permette di ottenere la capacità portante nelle due direzioni principali del piano. Lo spessore di un pannello multistrato formato da 5 tavole è solitamente di 95 mm. La dimensione minima varia a seconda delle situazioni, ma in genere non dovrebbe essere inferiore ai 75 mm. Questi, sfruttando tutti i vantaggi del legno quali leggerezza e deformabilità, permettono di avere un buon comportamento sismico; infatti il carico delle azioni sismiche viene distribuito in tutte le direzioni ed è quindi facilmente dissipato, non andando a trasmettersi solamente lungo un unico asse come invece succede con l'utilizzo di travi e montanti.

I collegamenti fra le varie strutture possono essere effettuati con sistemi semplici e standardizzati di connessione, evitando così le lunghe operazioni di finitura e montaggio.

Inoltre il ridotto spessore delle pareti fa ottenere circa l'8% di superficie abitabile in più.

Tramite questi pannelli si può realizzare qualsiasi tipo di costruzione con il massimo livello tecnico.

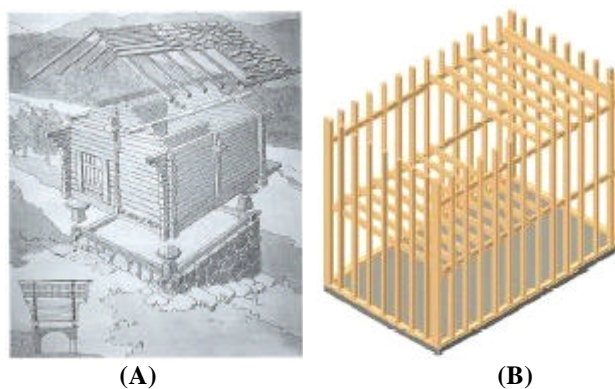


Figura 1: Sistema di costruzione a blockhaus (A), a telaio (B)



Figura 2: Sistema di costruzione a pannelli multistrato

Il loro grado alto di modularità, la produzione in stabilimento che ne garantisce la qualità ed il montaggio rapido rendono le strutture in legno una efficace alternativa ai tradizionali materiali da costruzione.

2. LA DETERMINAZIONE DELLE PRESTAZIONI TERMICHE E ACUSTICHE

2.1 Le caratteristiche termiche

Per ogni struttura considerata è stata realizzata una scheda che ne descrive i vari componenti e le possibili varianti con le relative caratteristiche. Il calcolo della trasmittanza termica U di ciascun componente è stato effettuato secondo la procedura indicata dalla normativa UNI EN ISO 6946 [5].

Nell'ipotesi che siano note le caratteristiche dimensionali (spessore, s [m], superficie, A [m²]) della parete, la resistenza totale relativa allo scambio termico R_{tot} è la somma delle resistenze termiche definite di seguito [5]:

$$R_{tot} = \sum_i R_{t,i} + \sum_j R'_{t,j} + R_{si} + R_{se} \quad (1)$$

R_t = resistenza termica di strato omogeneo;

R'_t = resistenza termica di strato non omogeneo;

R_{si} = resistenza superficiale interna;

R_{se} = resistenza superficiale esterna.

Per la determinazione delle resistenze superficiali, si è ricorsi ai valori presenti in [5]. La trasmittanza termica di una parete opaca alla radiazione solare U_{wall} è pertanto definita come l'inverso della somma delle resistenze termiche ed è ricavabile con l'espressione:

$$U_{wall} = \frac{1}{R_{tot}} \quad (2)$$

Inoltre, al fine di presentare un'indicazione utile ai fini del comportamento estivo della struttura analizzata, si è ritenuto utile fornire sia la massa aerea frontale determinata come:

$$M = \sum_{j=1}^N \rho_j s_j \quad (3)$$

in cui la sommatoria viene estesa a tutti gli strati componenti la struttura. I fenomeni che influenzano le condizioni termiche interne nel periodo estivo sono infatti la capacità delle pareti perimetrali e della copertura di smorzare l'escursione termica esterna mantenendo la temperatura interna a valori prossimi alla media giornaliera, oltre alla resistenza termica.

Per ciascun elemento di involucro è possibile inoltre definire la capacità termica C_t :

$$C_t = \sum_{i=1}^N \rho_i s_i c_i \quad (4)$$

dove ρ_i = densità dell' i -esimo strato [kg/m³];

c_i = capacità termica dell' i -esimo strato [J/(kg K)];

s_i = spessore dello strato i -esimo [m]

N = numero degli strati

Tale grandezza è calcolata secondo quanto indicato nel progetto di norma prEN ISO 13790rev, normativa che dovrà essere utilizzata per i calcoli del Fabbisogno di Energia per il riscaldamento ed il raffrescamento degli edifici.

In sostanza è il parametro in base al quale è valutata l'entità dell'utilizzo degli apporti gratuiti.

Per ciascun componente edilizio può essere inoltre definita la costante di tempo τ tramite la seguente relazione:

$$\tau = R_t C_t = \frac{C_t}{U} \quad (5)$$

Questo parametro potrebbe essere inteso come il tempo necessario per una sollecitazione termica a gradino di giungere al 36,8% del valore di regime: è chiaramente un parametro semplificato che fornisce però un'informazione semplice sulla possibile risposta della singola struttura.

Si tratta di valutazioni puramente indicative che non intendono fornire indicazioni sulle tipologie costruttive più virtuose.

2.2 Le caratteristiche acustiche

Le condizioni di una struttura intelaiata in legno [21] differiscono da quelle delle strutture massicce. In quest'ultime il livello di pressione sonora cresce col crescere della frequenza, mentre nelle prime i suoni a bassa frequenza (sotto i 100 Hz) possono essere sentiti in modo più forte rispetto ad una struttura massiccia ma, al contrario, quelli ad alta frequenza possono essere effettivamente isolati. E' quindi possibile realizzare un comfort complessivo a livello di isolamento acustico in queste costruzioni in quanto la maggior parte dei suoni in un edificio residenziale hanno alte frequenze (tra i 50 ed i 10000 Hz). Una struttura è acusticamente semplice se è fatta tutta con uno stesso materiale o se gli strati dei vari materiali sono in solido contatto l'uno con l'altro in modo che vibrino come un tutt'uno. L'isolamento acustico è così principalmente basato sulla massa. Quando un'onda sonora incontra una struttura si genera in essa una vibrazione. Più questa vibra, più il suono è trasmesso dall'altro lato. Ciò accade sia nelle strutture leggere che in quelle pesanti, la sola differenza sta nel fatto che quelle pesanti isolano meglio. In accordo con la legge di massa, l'isolamento dei suoni trasmessi per via aerea a frequenze diverse può essere approssimativamente trovato con la seguente equazione [6]:

$$R = 20 \text{ Log} (m f) - 49 \quad (6)$$

R = indice di riduzione sonora della struttura [dB];

m = massa per unità d'area della parete [kg/m²];

f = frequenza [Hz].

L'isolamento acustico di strutture più leggere di 100 kg/m² cresce meno rapidamente che in quelle più pesanti. Quindi quando una struttura è molto pesante il suo potere isolante non può essere significativamente incrementato con una piccola aggiunta di massa. Molta influenza ha dunque il tipo di materiale utilizzato. Il fenomeno della risonanza avviene in una struttura quando questa viene colpita da un'onda sonora con una frequenza che casca entro l'intervallo di risonanza della stessa. Questo fenomeno fa sì che essa vibri e trasmetta il suono intensivamente in quanto causa una riduzione del suo potere isolante. Ciò è dovuto al fatto che il sistema di vibrazioni fra le strutture continua a guadagnare energia dall'onda sonora diretta ad esse. L'intervallo di risonanza di una struttura può essere determinato dalla sua frequenza naturale più bassa f_0 (Hz) alla quale la vibrazione arriva al suo massimo valore. E' importante quindi che questo risulti inferiore all'intervallo di frequenza di 100 - 3150 Hz.

Il fenomeno della coincidenza invece avviene, per esempio, in un pannello e si ha quando l'onda sonora che ne percuote la superficie con un certo angolo di incidenza e l'onda all'interno del pannello stesso viaggiano con la medesima velocità. Durante la propagazione del suono la situazione rimane la stessa per tutto il tempo ed il pannello non isola efficacemente

come ci si potrebbe aspettare sulla carta. L'isolamento dipende quindi principalmente dal meccanismo di perdita del pannello e della struttura. Ogni pannello ha una frequenza di coincidenza f_c che dovrebbe essere superiore all'intervallo 100 - 3150 Hz, in quanto il fenomeno avviene a valori più alti. Maggiore è, più piccolo sarà il fenomeno correlato. La frequenza di coincidenza di una struttura semplice può essere determinata dall'equazione:

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi h} \sqrt{\frac{12g(1-\mu^2)}{E}}$$

f_c = frequenza di coincidenza [Hz];
 c = velocità del suono nell'aria (circa 340 m/s);
 h = spessore della struttura [m];
 ρ = densità della struttura [kg/m³];
 μ = coeff. di Poisson = 0.3;
 E = modulo di elasticità [N/m²]

Se la struttura è formata da più strati di pannelli non incollati fra loro, cosa preferibile dal punto di vista acustico, f_c si determina per ogni strato separatamente. Le strutture formate da doppie pareti basano l'efficacia dell'isolamento acustico sull'interazione fra le due masse separate tra loro e sullo spazio d'aria interposto (vedi Figura 4). In una doppia parete l'onda sonora fa vibrare la prima metà del muro, mentre l'aria compresa fra le due parti trasmette il moto oscillatorio all'altra metà. Più spesso è lo strato d'aria, minore sarà la trasmissione delle vibrazioni all'altra metà della partizione.

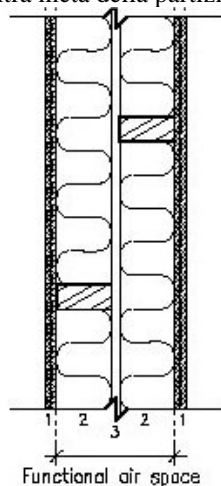


Figura 3: Doppia parete

Mentre fra strutture pesanti e massicce sono sufficienti pochi centimetri, nel caso di muri leggeri esso deve essere sufficientemente grande per far sì che le due pareti non si mettano a vibrare insieme. Ad alte frequenze in questa intercapedine si formano però delle onde che ne riducono il potere di isolamento acustico. L'effetto creato può essere ridotto tramite l'utilizzo di materiali fonoassorbenti, come la fibra di legno, da inserire nello spazio che può essere completamente riempito con materiale leggero. In questo modo l'isolamento acustico può migliorare fino a 6 dB.

3. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE CONSIDERATE

Allo scopo di coprire il maggior numero di varianti possibili nella realizzazione delle strutture perimetrali degli edifici in

legno, sono stati presi in considerazione vari pacchetti costruttivi dei quali viene descritta la composizione.

3.1 Pareti perimetrali

Una delle pareti analizzate (nel seguito denominata Parete 1) è stata realizzata con la tipologia a pannelli portanti. L'elemento resistente è costituito da un pannello multistrato in legno massiccio dello spessore di 95 mm rivestito internamente da un pannello in cartongesso di 1cm. Verso l'esterno è posizionato un pannello di materiale isolante di spessore variabile dai 10 ai 14 cm a cui è applicato il rivestimento costituito da 415mm di intonaco di calce e cemento. La Tabella 1 e la Tabella 2 riportano le principali caratteristiche di tale elemento rappresentato in Figura 4, mentre la Tabella 2 riporta, per la stessa parete, i requisiti termoacustici con le possibili varianti nella composizione della struttura.

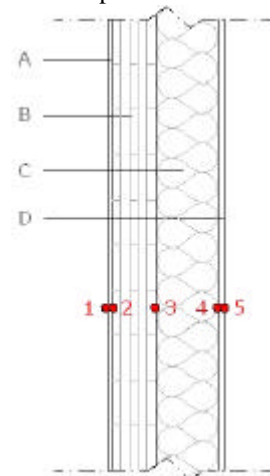


Figura 4: Struttura Parete 1

Tabella 1: Caratteristiche termofisiche degli elementi costituenti la parete 1

	MATERIALE	s (m)	ρ W/(mK)	μ	ρ (kg/m ³)	c kJ/(kgK)
A 1	P.llo in cartongesso	0.01	0.360	11	1150	1,100
B 1	P.llo multistrato in legno	0.095	0.130	50	500	1,600
C 1	P.llo in lana di roccia	0.12	0.041	1	155	1,030
		0.14				
	P.llo in fibra di legno	0.1	0.055	5/7	200	2,500
		0.1				
D 1	Intonaco di calce e cemento	0.004	1	10/35	2000	1,130
		0.015				

Una seconda parete realizzata con la tipologia a pannelli portanti possiede ancora come elemento resistente un pannello multistrato in legno massiccio dello spessore di 95 mm rivestito internamente da un pannello in cartongesso di 1cm. Verso l'esterno si trovano un pannello in lana di roccia di 8cm, dei listelli in abete rosso che creano un'intercapedine (5-8cm) riempita con lana di roccia, una guaina di diffusione al vapore ed un rivestimento in legno di larice (2 cm) applicato su dei listelli di abete rosso che formano un'intercapedine areata di 3cm. Le Tabelle 4, 5 e 6 riportano le caratteristiche principali di questa parete.

Tabella 2: Prestazioni termofisiche della parete 1

R [(m ² K)/W]	U [W/(m ² K)]	M kg/m ²	ϕ=S(R?cs) [h]	Indici di riferimento
4,185	0,23	110,7	36,83	A1 B1 C2 D2
2,584	0,36	87	40,80	A1 B1 C3 D1

Tabella 3: Prestazioni acustiche della Parete 1

	Max		Min	
M	110.7	kg/m ²	85.6	kg/m ²
Rw	49	dB	38	dB

Una seconda parete realizzata con la tipologia a pannelli portanti possiede ancora come elemento resistente un pannello multistrato in legno massiccio dello spessore di 95 mm rivestito internamente da un pannello in cartongesso di 1cm. Verso l'esterno si trovano un pannello in lana di roccia di 8cm, dei listelli in abete rosso che creano un'intercapedine (5-8cm) riempita con lana di roccia, una guaina di diffusione al vapore ed un rivestimento in legno di larice (2 cm) applicato su dei listelli di abete rosso che formano un'intercapedine areata di 3cm. Le Tabelle 4, 5 e 6 riportano le caratteristiche principali di questa parete.

Tabella 4: Caratteristiche termofisiche degli elementi costituenti la parete 2

	MATERIALE	s (m)	?	μ	?	c
			W/(mK)		(kg/m ³)	kJ/(kgK)
A 1	P.llo in cartongesso	0.01	0.360	11	1150	1,100
B 1	P.llo multistrato in legno	0.095	0.130	50	500	1,600
C 1	P.llo in lana di roccia	0.08	0.04	1	70	1,030
D 1	P.llo in lana di roccia	0.05	0.04	1	70	1,030
2		0.08				
E 1	Listelli in abete rosso	0.05	0.110	50	400	2,500
2		0.08				
F 1	Guaina diffusione al vapore				1000	
G 1	Listelli in abete rosso	0.03	0.110	50	400	2,500
H 1	Intercapedine d'aria	0.03			1.3	1,005
I 1	Rivestimento in legno di larice	0.02	0.150	50	600	2,500

Tabella 5: Prestazioni termofisiche della parete 2

R [(m ² K)/W]	U [W/(m ² K)]	M kg/m ²	ϕ=S(R?cs) [h]	Indici di riferimento
5,07	0,19	70,2	23,01	A1 B1 C1 D2 E2 F1 G1 H1 I1
4,32	0,22	68,1	21,06	A1 B1 C1 D1 E1 F1 G1 H1 I1

Tabella 6: Prestazioni acustiche della Parete 2

	Max		Min	
M	70.2	kg/m ²	68.1	kg/m ²
Rw	51	dB	51	dB

3.2 Le coperture

La struttura classica della copertura in legno è costituita da travi in legno (20-24 cm) (Figura 5) le cui intercapedini sono riempite di materiale isolante. Procedendo verso l'interno sono posizionati una barriera al vapore e un rivestimento in

cartongesso di 12.5-25 mm, applicato su delle tavole in legno di pino che creano un'intercapedine d'aria di 24 mm. Verso l'esterno si trovano invece un pannello a base di legno di 15-22 mm e una doppia orditura di listelli, che creano un'intercapedine areata di 8 cm, ai quali sono fissate le tegole. La Tabella 7 riporta la descrizione delle caratteristiche termofisiche della struttura, mentre le Tabelle 9 e 10 riportano i valori dei parametri di prestazione termica e acustica.

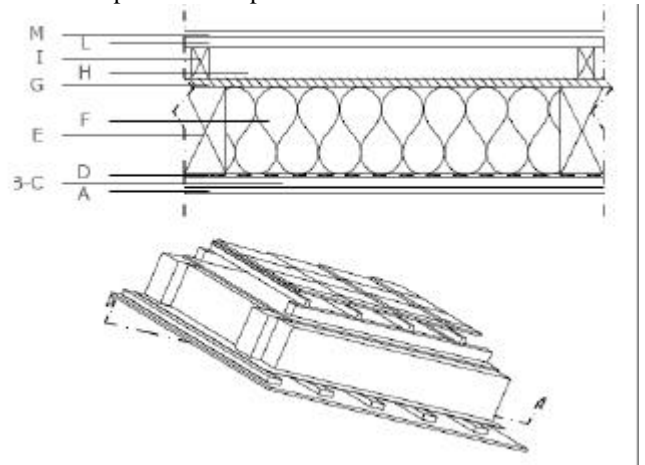


Figura 5: Struttura del tetto a falde

Tabella 7: Caratteristiche termofisiche degli elementi costituenti il tetto

	MATERIALE	s (m)	?	μ	?	c
			W/(mK)		(kg/m ³)	kJ/(kgK)
A 1	Cartongesso	0.0125	0.210	8	900	1,050
2		0.025				
B 1	Intercapedine d'aria	0.024			1.3	1,005
C 1	Tavole in legno di pino	0.024	0.110	50	400	2,500
D 1	Barriera al vapore					
E 1	Telaio	0.2	0.110	50	400	2,500
2		0.24				
F 1	P.llo in lana di vetro	0.2	0.040	1	16	1,030
2		0.24				
3	P.llo in lana di roccia	0.2	0.038	1	33	1,030
4	Fibra di cellulosa	0.2	0.040	1/2	55	2,000
5	P.llo in lana minerale	0.2	0.041	1	30	1,720
G 1	P.llo leggero in fibra di legno	0.022	0.045	2/5	250	2,100
2	P.llo MDF	0.015	0.120	11	600	1,700
H 1	Intercapedine d'aria	0.08			1.3	1,005
I 1	Listelli in abete rosso	0.05	0.110	50	400	2,500
L 1	Listelli in abete rosso	0.03	0.110	50	400	2,500
M 1	Tegole	0.015	0.9	25	2000	0.840

Tabella 8: Prestazioni termofisiche del tetto

R [(m ² K)/W]	U [W/(m ² K)]	M kg/m ²	ϕ=S(R?cs) [h]	Indici di riferimento
6,946	0,14	61,84	9,08	A2 B1 C1 D1 E2 F2 G1 H1 I1 L1 M1
5,401	0,18	56,25	14,83	A1 B1 C1 D1 E1 F5 G2 H1 I1 L1 M1

Tabella 9: Prestazioni acustiche del tetto

	Max		Min	
M	71.5	kg/m ²	49.95	kg/m ²
Rw	52	dB	50	dB

3.3 Il solaio interpiano

La Figura 6 riporta la struttura di uno dei solai interpiano esaminati. Il solaio è realizzato con la tipologia a pannelli portanti. L'elemento resistente è costituito da un pannello multistrato in legno massiccio dello spessore di 12,5 cm. Procedendo verso l'interno sono applicati dei listelli in abete rosso che vanno a formare un'intercapedine di 5 cm riempita di materiale isolante (lana di vetro) e un rivestimento in cartongesso (12,5 mm). Verso l'esterno una guaina di protezione separa il pannello in legno da un massetto alleggerito di 5 cm sopra il quale sono posati uno strato di isolante acustico (3÷4 cm), una guaina di separazione ed uno strato di ghiaia dello spessore di 5 cm. Le Tabelle 10, 11 e 12 ne descrivono le principali caratteristiche.

Tabella 10: Caratteristiche termofisiche degli elementi costituenti il solaio

	MATERIALE	s [m]	λ [W/(mK)]	μ	ρ [kg/m ³]	c [kJ/(kgK)]
A	1 Cartongesso	0.0125	0.210	8	900	1,050
B	1 Listelli in abete rosso	0.05	0.110	50	400	2,500
C	1 P.llo in lana di vetro	0.05	0.040	1	16	1,030
D	1 P.llo multistrato in legno	0.125	0.130	50	500	1,600
E	1 Guaina di protezione		0.200	423	636	
F	1 Massetto alleggerito	0.05	0.70	2	1800	1,000
G	1 Isolante acustico	0.03	0.035	1	68	1,030
H	1 Guaina di separazione					
I	1 Rivestimento	0.05	1,330	50/100	2000	1,080

Tabella 11: Prestazioni termofisiche del solaio

R [(m ² K)/W]	U [W/(m ² K)]	M kg/m ²	Indici di riferimento
3,52	0,26	266,59	A1 B1 C1 D1 E1 F1 G2 H1 I1
3,24	0,28	267,25	A1 B1 C1 D1 E1 F1 G1 H1 I1

Tabella 12: Prestazioni acustiche del solaio

	Max		Min	
M	266,59	kg/m ²	267,25	kg/m ²
R _w	58	dB	58	dB
L _w	48	dB	58	dB

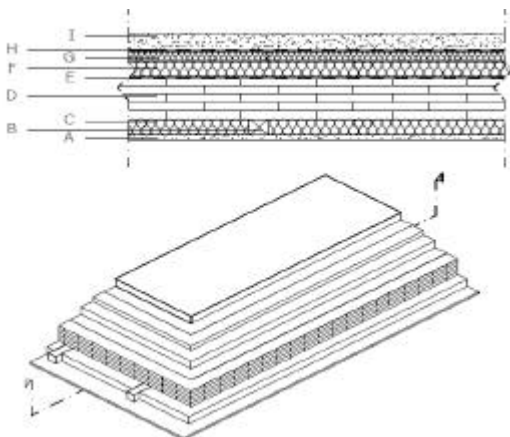


Figura 6: Struttura solaio interpiano

3.4 I ponti termici

La Figura 7 illustra le tipologie di ponti termici esaminate con il codice di calcolo [7]

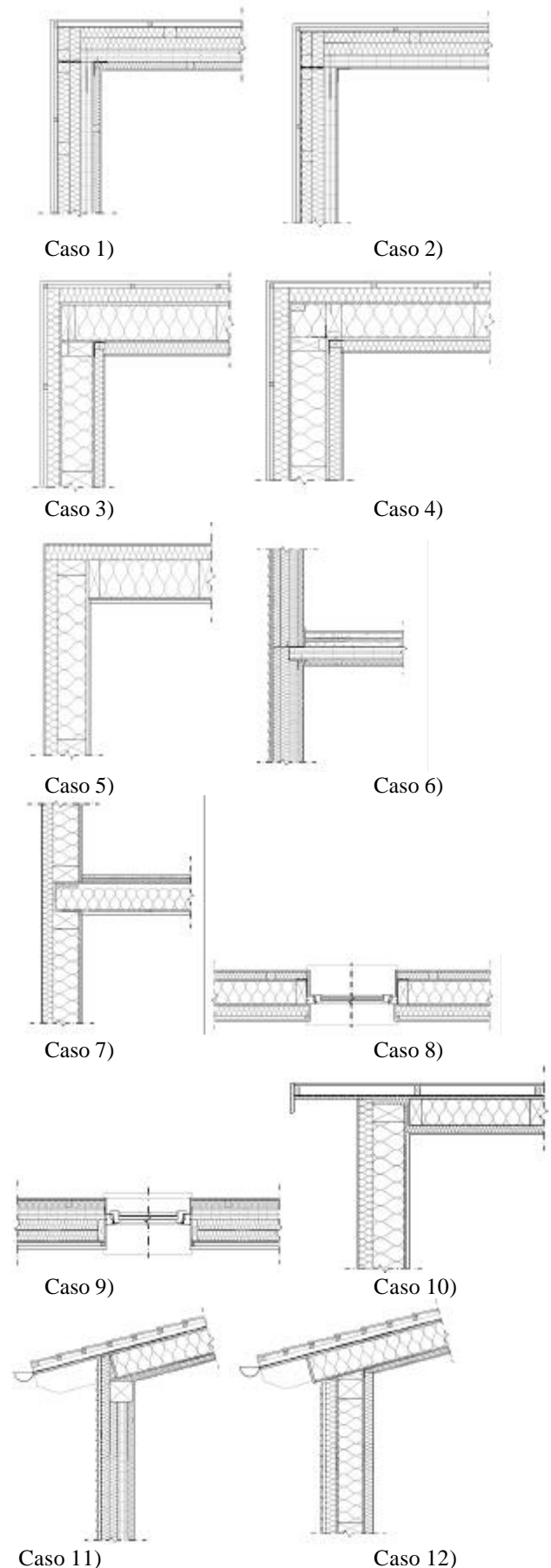


Figura 7: Ponti termici calcolati

La Tabella 13 riporta i valori dei coefficienti lineici calcolati.

Tabella 13: Valori dei coefficienti lineici

Ref	Elementi	Indici di riferimento (codici)	ψ_L [W/(m K)]
1	Parete 5	A1 B1 C1 D1 E1 F2 G2 H1 I1 L1 M1	0,0044
2	Parete4	A1 B1 C1 D2 E2 F1 G1 H1 I1	0,0515
3	Parete 22	A4 B2 C2 D1 E3 F2 G1 H2 I1 L1 M1	0,0484
4	Parete 22	A4 B2 C2 D1 E3 F2 G1 H2 I1 L1 M1	0,0524
5	Parete 6	A2 B1 C3 D2 E2 F2	0,0821
6	Parete 5 – Solaio 1	A1 B1 C1 D1 E1 F2 G2 H1 I1 L1 M1 A1 B1 C1 D1 E1 F1 G2 H1 I1	0,0645
7	Parete 6 – Solaio 3	A2 B1 C3 D2 E2 F2 A2 B1 C1 D1 F2 G2 H2 I1 L1	0,1227
8	Parete 22	A4 B2 C2 D1 E3 F2 G1 H2 I1 L1 M1	0,0666
9	Parete 5	A1 B1 C1 D1 E1 F2 G2 H1 I1 L1 M1	0,0601
10	Parete 6 – Tetto piano 5	A2 B1 C3 D2 E2 F2 A2 B1 C1 D1 F2 G1 H1 I1 L1 M1	0,0687
11	Parete 5 – Tetto falde 8	A1 B1 C1 D1 E1 F2 G2 H1 I1 L1 M1 A2 B1 C1 D1 E2 F2 G2 H1 I1 L1 M1	0,1150
12	Parete 22 – Tetto falde 8	A4 B2 C2 D1 E3 F2 G1 H2 I1 L1 M1 A2 B1 C1 D1 E2 F2 G2 H1 I1 L1 M1	0,0319

Conclusioni

Dall'analisi effettuata su alcuni pacchetti costruttivi in legno si è potuto notare che i valori di trasmittanza che si possono ottenere sono decisamente inferiori rispetto alla media delle strutture realizzate in altri materiali.

La maggioranza dei valori ottenuti si aggira infatti attorno ai 0.20-0.25 W/m²K, valori che risultano al di sotto delle prescrizioni di legge [8] e che dimostrano come col legno si possa ottenere un ottimo isolamento termico invernale.

Dal confronto effettuato tra una parete perimetrale in legno realizzata con pannelli multistrato incrociati ed un muro tradizionale in laterizio alveolato si nota che con la prima si può ottenere, con circa la metà dello spazio occupato dalla seconda (26 cm invece che 54 cm), un valore di trasmittanza decisamente inferiore rispetto alla parete in laterizio (0,23 W/m²K contro i 0.58 W/m²K). Per quanto riguarda invece il comportamento estivo di queste strutture, è stato possibile effettuare simulazioni numeriche da cui si sono ottenuti valori di ritardo ed attenuazione dell'onda termica. Il valore di sfasamento dell'onda termica, anche se non raggiunge le 16 ore della parete in laterizio, è di circa 11 ore e quindi rientra nell'intervallo ottimale di sfasamento (10-14ore); inoltre i valori di smorzamento delle due partizioni risultano essere molto vicini. Anche per quanto riguarda i tetti il problema del raggiungimento di adeguati valori di sfasamento sta nella difficoltà di inserire una massa sufficiente nelle strutture intelaiate.

Le simulazioni hanno consentito di valutare che le strutture realizzate tramite l'impiego di pannelli in legno multistrato incrociati contribuiscono meglio al raggiungimento di adeguati valori di ritardo; infatti per il pacchetto costruttivo preso in considerazione tra i tetti piani, realizzato con questa tipologia, si sono ottenuti valori di sfasamento di circa 17 ore mentre per le coperture realizzate tramite travature portanti i tempi più alti raggiunti, calcolati con un metodo semplificato, stanno tra le 8 e le 10 ore. Altro aspetto importante nella realizzazione degli edifici è quello riguardante i ponti termici. Per questo motivo ne sono stati presi in considerazione degli esempi, realizzati tramite la combinazioni di alcune delle strutture studiate, per ricavarne i coefficienti di dispersione lineica.

Dai dati ottenuti si può quindi notare che le dispersioni dovute a questi punti critici sono molto basse, anche grazie al fatto che la gran parte delle strutture considerate hanno un isolamento a cappotto che evita che si creino delle discontinuità di materiale isolante.

Le elevate prestazioni termiche fornite quindi da questo tipo di strutture ed il loro contributo al comfort ambientale, unite agli aspetti di sostenibilità ed al fatto che oggi si possa realizzare qualsiasi tipo di costruzione in legno con il massimo livello tecnico, fanno sì che esso risulti essere un'ottima alternativa ai tradizionali materiali da costruzione.

Bibliografia

- [1] P. Davoli, *Costruire con il legno*, Hoepli, Milano 2005
- [2] A. Frattari, I. Garofolo, *Architettura e tecnica degli edifici in legno*, Arti Grafiche Saturnia, Trento 1996
- [3] G. Schickhofer, A. Bernasconi, G. Traetta, *Costruzione di edifici in legno*, LIGNOMECC, Bolzano, Febbraio 2005
- [4] Rasom Holz&Ko, *Tetti e case preassemblati in legno ad alto risparmio energetico*, catalogo
- [5] UNI EN ISO 6946, *Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo*, 2004
- [6] T. Lahtela, *Sound insulation. Guidelines for wooden residential buildings*, Wood Focus Oy 2005
- [7] Blomberg T., *Heat 2 - A PC Program for heat transfer in two dimensions*, Lund Gothenburg for Computational Building Physics, Release 5.0
- [8] Decreto Legislativo n°311, *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 Agosto 2005 n° 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*, Suppl. Ord. N°158 alla G.Uff. n° 26 del 1 febbraio 2007

Summary

The new laws in Europe and in Italy about energy performances and acoustic (D.Lgs 311/2006 and D.P.C.M. 5/12/1997) push for the adoption of building materials with high thermal resistance and sound insulation. In this paper thermal transmittances of several external walls, roofs and floors have been evaluated. Moreover a number of thermal bridges correlated with these structures are analysed and their linear thermal transmittance are evaluated by means of numerical simulations.