

5 STRUTTURE OPACHE VERTICALI PERIMETRALI

A. Catani © by Mondadori Education S.p.A. - Milano

Le **strutture opache verticali perimetrali** sono quelle strutture che delimitano l'edificio verticalmente: possono essere *portanti*, nel caso siano di supporto alle strutture sovrastanti (figg. 1-2) o di *tamponamento*, nel caso siano costruite successivamente alla realizzazione della struttura portante a telaio, in legno, in c.a. o in acciaio (figg. 3-5)

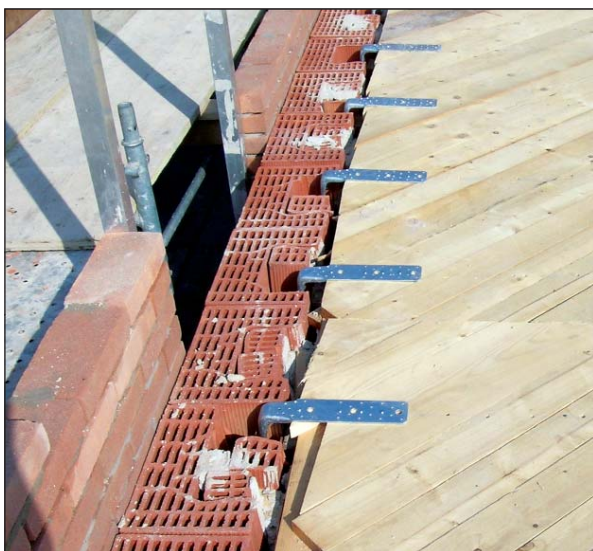


Fig. 1 Struttura portante verticale perimetrale in blocchi di laterizio alveolato associato a mattone a vista: ancoraggio alla muratura di doppio assito incrociato su struttura orizzontale lignea.



Fig. 2 Struttura portante verticale perimetrale in blocchi di laterizio alveolato: appoggio struttura lignea di copertura su cordolo.



Figg. 3-5 Strutture intelaiate: in legno, cemento armato e acciaio. Le relative strutture opache verticali perimetrali andranno a "tamponare" successivamente gli spazi lasciati liberi dallo scheletro portante.

I *requisiti* specifici che le strutture opache verticali perimetrali devono soddisfare sono: *isolare dalle temperature rigide esterne invernali, overosia ridurre la dispersione del calore prodotto dalle fonti di riscaldamento interno; isolare, smorzare, sfasare, proteggere dal calore esterno estivo; impedire incontrollati fenomeni di condensazione superficiale ed interstiziale; isolare dai rumori.*

Il requisito di **isolamento** può essere soddisfatto: *senza l'ausilio di materiali specificamente isolanti, realizzando murature monostrato, a grande spessore, o realizzando stratigrafie con materiali specificamente isolanti, cioè componenti a bassissima conducibilità termica.*

Un esempio del primo tipo può essere una muratura monostrato in blocchi di laterizio porizzato a grande spessore, rettificati e allettati con giunti di malta sottilissimi stesi a

rullo (fig. 6), eventualmente rifinita con intonaci termoisolanti (si veda **Scheda Verde 5**, *I laterizi: efficienza energetica*, della prima parte).

L'utilizzo di strati aggiuntivi di materiali specificamente isolanti aiuta, rispetto a murature monostrato, a raggiungere più facilmente e flessibilmente valori di trasmittanza molto bassi; tuttavia, si è già visto come l'iperisolamento a scapito della componente massiva non garantisca la protezione dal surriscaldamento estivo così efficacemente come strutture ad elevata inerzia termica.

Si hanno dunque *due diverse tipologie di strutture opache verticali perimetrali: leggere e massive*, ed è utile comprenderne limiti e valenze.

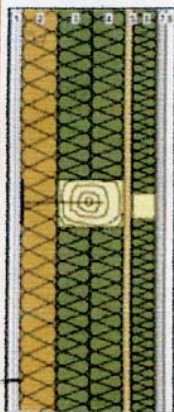
Le **strutture leggere**, in genere a tamponamento delle *strutture intelaiate lignee*, sono costituite quasi esclusivamente da strati di materiali isolanti, a densità differenziata: sono più idonee in zone climatiche caratterizzate prevalentemente da rigide temperature invernali e accettabili condizioni climatiche estive (zone alpine e d'oltr'alpe) (fig. 7). In tali zone climatiche la risorsa costruttiva primaria è sempre stata il legno, il cui utilizzo nel tempo ha sviluppato una consolidata tradizione costruttiva, che si è evoluta tecnologicamente e culturalmente, fornendo risposte progettuali rispondenti alle problematiche e caratteristiche del luogo.

Le **strutture massive** sono in genere *strutture in muratura, portanti e non portanti* (se a tamponamento di strutture a telaio, per lo più in cemento armato o acciaio), eventualmente associate a materiali isolanti: sono più idonee in zone climatiche



Fig. 6 Struttura portante verticale perimetrale realizzata in blocchi di laterizio alveolato rettificato. Le pareti rettificate dei blocchi assicurano dimensioni precise e permettono un accostamento laterale senza fessure e senza malta e quindi una significativa riduzione dei ponti termici. I blocchi vengono allettati solo orizzontalmente con giunti di malta sottilissimi, stesa a rullo, consentendo di eseguire murature monostrato ad alta efficienza energetica, senza l'ausilio di isolanti.

Isolamento a cappotto con DIFFUTHERM su costruzioni ad intelaiatura in legno



1. NATURAKALK-POR 5 mm
2. Cappotto DIFFUTHERM® - PAVATEX - coibentazione termoacustica 60mm
3. NATURAFLAX - lino - coibentazione termoacustica 60mm
4. NATURAFLAX - lino - coibentazione termoacustica 60mm
5. Pannello OSB 15 mm
6. NATURAFLAX - lino - coibentazione termoacustica 40mm
7. Lastre di fibrogesso fermacell® 12,5 mm
8. MAIA - Fondo di resina naturale Art. 450*
9. MAIA - Intonaco a rullo e a pennello Art. 460

* per inserire il riscaldamento a parete radiante è necessario aumentare lo spessore a 18mm.

Casa Clima Aplus

- Protezione dal freddo (inverno): trasmittanza termica U (W/m^2K) = 0,18
- Protezione dal caldo (estate): sfasamento temperatura (ore) = 12,3 ore
- Isolamento acustico: potere fonoisolante R_w (dB) = 53
- Protezione dal fuoco: resistenza al fuoco REI.../F.. (min) = 60
- Verifica termoigrometrica: nessuna formazione di condensa

Fig. 7 Soluzione di parete di tamponamento perimetrale con materiali naturali bioecocompatibili, da realizzare in sistemi costruttivi intelaiati lignei (Naturalia Bau, Merano, Bolzano).

calde (sud e centro Italia), dove il disagio climatico estivo spinge a trovare comfort nella climatizzazione artificiale. In tali zone, la risorsa costruttiva primaria non è un caso non sia il legno, ma sia sempre stata l'argilla o la pietra.

In caso di scelta di strutture massive è sempre meglio non eccedere con l'isolamento, se non si vuole inficiare il vantaggio dell'inerzia termica della struttura massiva: più lo spessore dell'isolante è elevato più la struttura massiva fa fatica, d'estate, a scaricare di notte all'esterno il calore accumulato durante il giorno, soprattutto quello penetrato all'interno direttamente dalle superfici vetrate ed ivi intrappolato.

La posizione dell'isolante, all'interno della stratigrafia, determina diverse tipologie di strutture opache perimetrali, con caratteristiche e prestazioni differenziate e diverso comportamento igrometrico. L'isolante può essere posizionato: verso l'esterno o verso l'interno.

L'isolamento **verso l'esterno** viene comunemente denominato **isolamento a cappotto esterno**.

Tale sistema è *particolarmente indicato per l'isolamento di edifici fruiti con continuità*, quali gli edifici residenziali, ospedali ecc., in quanto in regime invernale la massa strutturale interna è in grado di accumulare il calore prodotto dal riscaldamento diurno e restituirlo in pausa funzionamento notturno.

Per lo stesso motivo è *meno indicato per edifici fruiti con discontinuità*, quali scuole, case vacanze ecc., in quanto risentono dello svantaggio, ad accensione del riscaldamento, dell'accumulo di calore nella massa muraria, quando in tali casi sarebbe preferibile una rapida messa a regime delle temperature di comfort.

A titolo esemplificativo si riporta la rappresentazione grafica di una struttura portante perimetrale massiva con isolamento a cappotto esterno (fig. 8), la relativa verifica termica (fig. 9) e igrometrica (fig. 10), la relativa valutazione

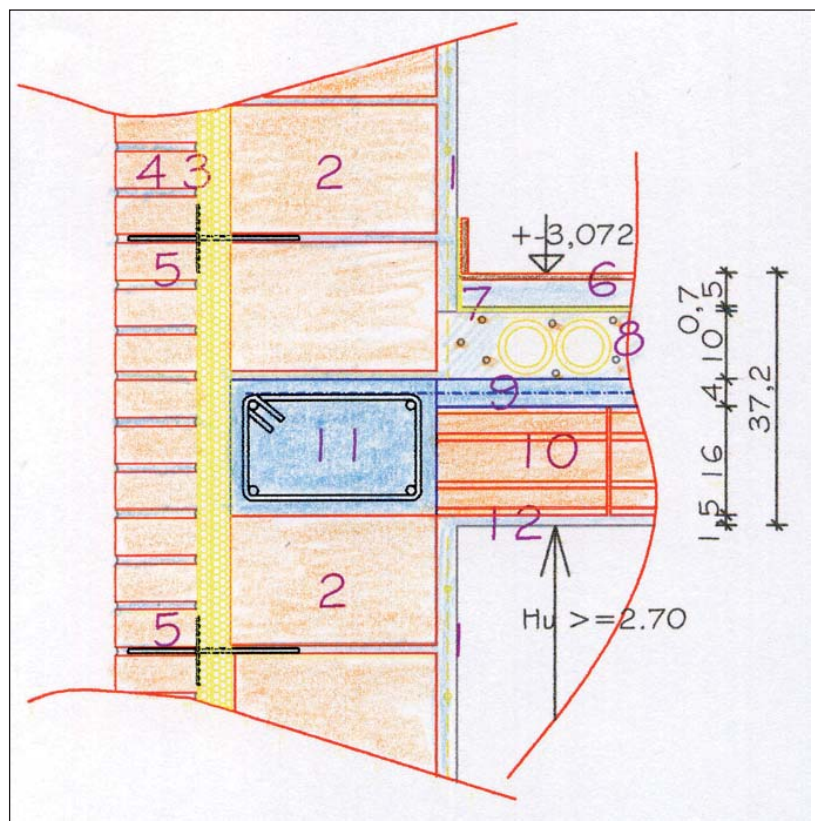


Fig. 8 Snodo solaio interpiano e muratura portante perimetrale con isolante posizionato verso l'esterno: **1.** intonaco interno a copertura pannelli radianti a parete; **2.** blocco portante, antisismico, in laterizio porizzato; **3.** pannelli in sughero o fibra di legno o canapa; **4.** paramento in mattone pieno a vista; **5.** ganci di fissaggio paramento alla struttura portante; **6.** pavimento e relativo sottofondo; **7.** isolamento acustico sottopavimentazione; **8.** strato di cls alleggerito con granuli di sughero a copertura impianti; **9.** caldana armata con rete elettrosaldata; **10.** solaio in laterocemento; **11.** cordolo in c.a.; **12.** intonaco di calce a rifinitura intradosso solaio.

dei parametri indicativi ai fini dell'inerzia termica. La struttura è costituita da un blocco portante antisismico in laterizio alveolato con farina di legno, di spessore cm 30 (2) e da pannelli isolanti di spessore cm 5, bioecocompatibili e traspiranti, che possono essere in sughero, in fibre di legno, di canapa, di kenaf (si vedano le **Schede Verdi 13-14**, della prima parte) (3). Essa è rifinita esternamente con paramento in mattone a vista (4), ancorato alla struttura portante tramite ganci (5) ed è rifinita internamente con intonaco traspirante di calce, su pannelli radianti a parete, in rame (1).

STRUTTURE OPACHE VERTICALI: muratura portante isolam. esterno		Conduttività termica	Densità	Spessore	Resistenza d/λ	Massa $\rho \cdot d$
Strati	Descrizione	λ [W/(m K)]	ρ [kg/m ³]	d [m]	R [m ² K/W]	m_s [kg/m ²]
Sup. int.	Resist. addutt. superf.				0,13	
1	Intonaco int. di calce	0,700	1400	0,030	0,043	42,0
2	Termofon grip	0,183	800	0,300	1,639	240,0
3	Pannelli sughero	0,045	130	0,050	1,111	6,5
4	Mattoni a vista	0,800	1800	0,120	0,150	216,0
Sup. est.	Resist. addutt. superf.				0,04	
				d_m [m]	R_m [m ² K/W]	m_{stot} [kg/m ²]
				0,500	3,11	505
					U_m [W/(m ² K)]	
					0,32	

D. Lgs. 311/2006 – Alleg.C – Tab. 2.1
STRUTT. OPACHE VERTICALI – Valore limite Zona E = 0,34

Fig. 9 Verifica della trasmittanza. La struttura in oggetto presenta un valore $U = 0,32$ W/m²K, inferiore ai limiti richiesti per la zona climatica E, $U = 0,34$ W/m²K.

La struttura in oggetto presenta adeguati valori di trasmittanza ($U = 0,32$ W/m²K inferiore ai limiti richiesti per la zona climatica E, $U = 0,34$ W/m²K); presenta valori ammissibili di condensa superficiale ed interstiziale, in corrispondenza del mattone a faccia vista esterno; offre prestazioni termiche estive ottime (massa superficiale di 505 kg/m² > 230 kg/m² e sfasamento di 14 h e 31' > 12).

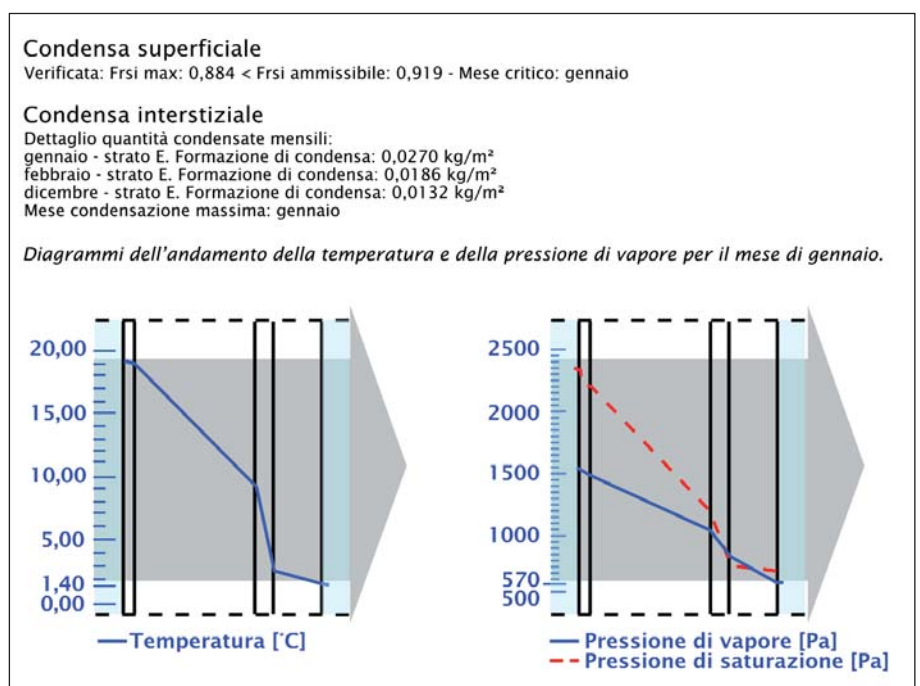


Fig. 10 Verifica igrometrica. La struttura in oggetto presenta valori minimi, ammissibili, di condensa superficiale e interstiziale, in corrispondenza del mattone a faccia vista esterno.

L'isolamento a cappotto esterno è correttivo dei ponti termici dati dal cordolo, in c.a., in corrispondenza delle strutture orizzontali interpiano (fig. 8) e di copertura (si veda **Scheda Verde 6**, *Le coperture*, fig. 9).

I ponti termici, che si vengono a creare nel caso di previsione di balconi, pensiline, sporti di copertura, collegati alla struttura, possono essere corretti: isolando perimetralmente tutta la struttura in aggetto (fig. 11); mantenendo la continuità dell'isolamento, risolvendo il problema strutturale con sistemi brevettati e certificati (fig. 12); prevedendo strutture in appoggio autonomo, con balconi, pensiline, coperture, indipendenti dalla struttura dell'edificio (figg. 13-14).

Con i cappotti esterni, rifiniti a intonaco, aumentano i rischi di problemi tecnico-strutturali: la realizzazione dei dettagli tecnici di applicazione e di rifinitura richiede di essere eseguita con particolare attenzione e cura. Il supporto murario su cui applicare i pannelli deve essere privo di polveri, i pannelli vanno accuratamente posati senza fughe, meglio se a due strati sfasati, previa stesura di eventuale collante traspirante (fig. 15) e comunque ben fissati con tassellatura meccanica (fig. 16). È necessario usare tasselli termici a bassa conduttività termica. Tutti gli spigoli vanno protetti tramite l'impiego di profili in alluminio e l'intonaco deve essere armato da rete antifessurazione (fig. 17), rinforzata nei giunti e nei punti deboli in corrispondenza delle aperture. Le relative pitture devono avere inoltre gradi di riflessione maggiori al 20% perché in caso contrario si crea assorbimento di calo-

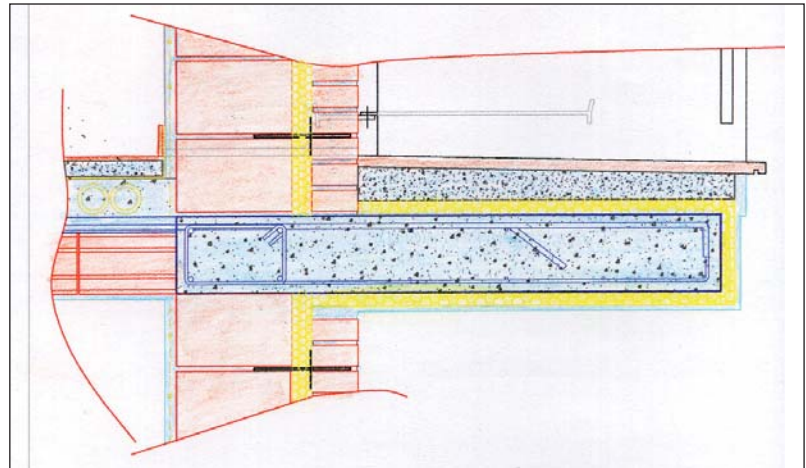


Fig. 11 Correzione ponte termico balcone con isolamento perimetrale della struttura in aggetto.

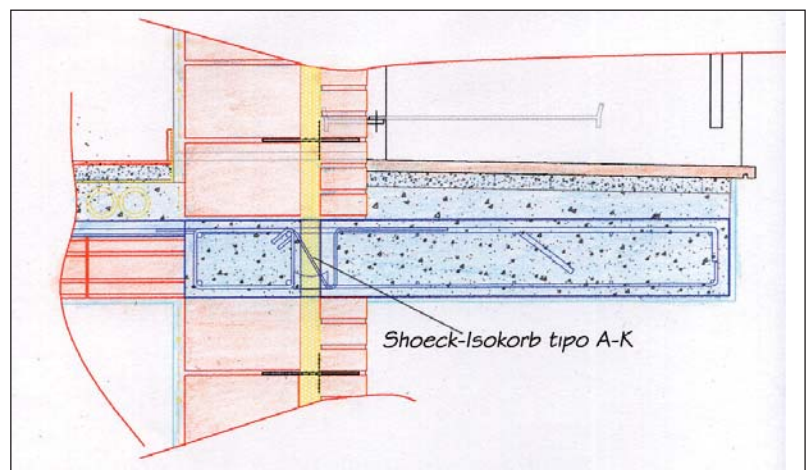


Fig. 12 Correzione ponte termico balcone con sistema brevettato e certificato (Isokorb A.K. Schoeck).



Fig. 13 Val Pusteria, Riscone, Brunico. Casa clima A. Arch. B. Rubner. Balconi e pensiline su struttura indipendente.



Fig. 14 Val Pusteria, Falses, Brunico. Casa clima A+. Arch. Mahlneht. Sporto di copertura staccato ed autonomo.

Le relative pitture devono avere inoltre gradi di riflessione maggiori al 20% perché in caso contrario si crea assorbimento di calo-



Fig. 15 Applicazione collante traspirante su pannello di sughero.



Fig. 16 Pannelli di sughero applicati alla muratura con tassellatura meccanica.

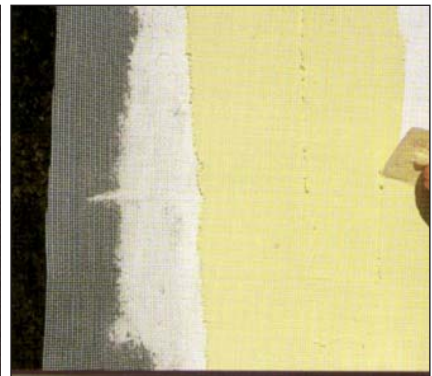


Fig. 17 Rete portaintonaco e finiture finali.

re in facciata, che in taluni casi potrebbe compromettere la stabilità del sistema a cappotto. Anche la realizzazione dello zoccolo di base esterno deve essere eseguita con particolare attenzione e cura, differenziando la parte a contatto con il terreno da quella in elevazione, utilizzando specifici profilati di stacco e supporto.

Quando è possibile, in ragione dei costi e degli spessori, è preferibile rifinire i cappotti con materiali che offrono maggiore stabilità e durezza dell'intonaco, quali paramenti murari in mattone a vista o rivestimenti applicati a montanti di supporto. I montanti di supporto spesso fungono da intercapedini ventilate (figg. 18-19), per la realizzazione di **facciate ventilate**, *ovverosia strutture verticali a comportamento dinamico*, che aggiungono, alla prestazione energetica dell'isolante, il beneficio della ventilazione contro il surriscaldamento estivo. I rivestimenti esterni, secondo le risorse e/o il contesto culturale del luogo, possono spaziare da listellature lignee (regioni boschive) (fig. 20) ad elementi in cotto (fig. 21), in materiale lapideo (fig. 22) ecc.



Fig. 18 Particolare supporti agli elementi in laterizio e camera di ventilazione.



Fig. 19 Particolare zoccolo di base con ingresso aria fredda nella camera di ventilazione.

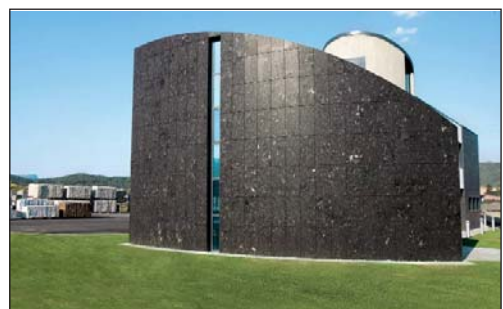


Fig. 20 Austria, Vienna, Deutsch Wagram, Cantiere di un asilo (2009). Progetto Arch. Reinberg. Facciata con rivestimento ligneo.



Fig. 21 Italia, Milano, Progetto Arch. M. Botta (2008). Pareti ventilate con rivestimento in Cottoimpruneta.

Fig. 22 Italia, Verona, Progetto Geom. Ottolini. Rivestimento ventilato in marmo Brown.



L'isolamento **verso l'interno** viene comunemente denominato **isolamento a cappotto interno**.

Tale sistema è maggiormente idoneo per edifici fruiti con discontinuità, quali scuole, case vacanze ecc., in quanto possono beneficiare del fatto che il calore, prodotto dal riscaldamento diurno, non venendo accumulato nella massa muraria, porta velocemente a regime le temperature interne, senza disagi e spreco di energia.

Edifici residenziali o assimilabili alla residenza, cioè abitati con continuità, come si è già detto, risentono dello svantaggio che il calore prodotto dal riscaldamento diurno non possa essere accumulato e restituito in pausa funzionamento, a meno che lo spessore dell'isolante non sia di esiguo spessore e associato a pannelli radianti a parete, coperti da intonaco.

A fianco si riporta come esempio la rappresentazione grafica di struttura portante perimetrale massiva, isolata verso l'interno (fig. 23), la relativa verifica termica (fig. 24) e igrometrica (fig. 25), la relativa valutazione dei parametri indicativi ai fini dell'inerzia termica. La struttura è costituita da un blocco portante antisismico in laterizio alveolato con farina di legno, di spessore cm 30 (3) e da pannelli isolanti di spessore cm 3 (2), bioecocompatibili e traspiranti, su cui sono applicati pannelli radianti a parete in rame, ricoperti con intonaco di calce e pitture traspiranti (1). Esternamente è rifinita con intonaco traspirante di calce (4).

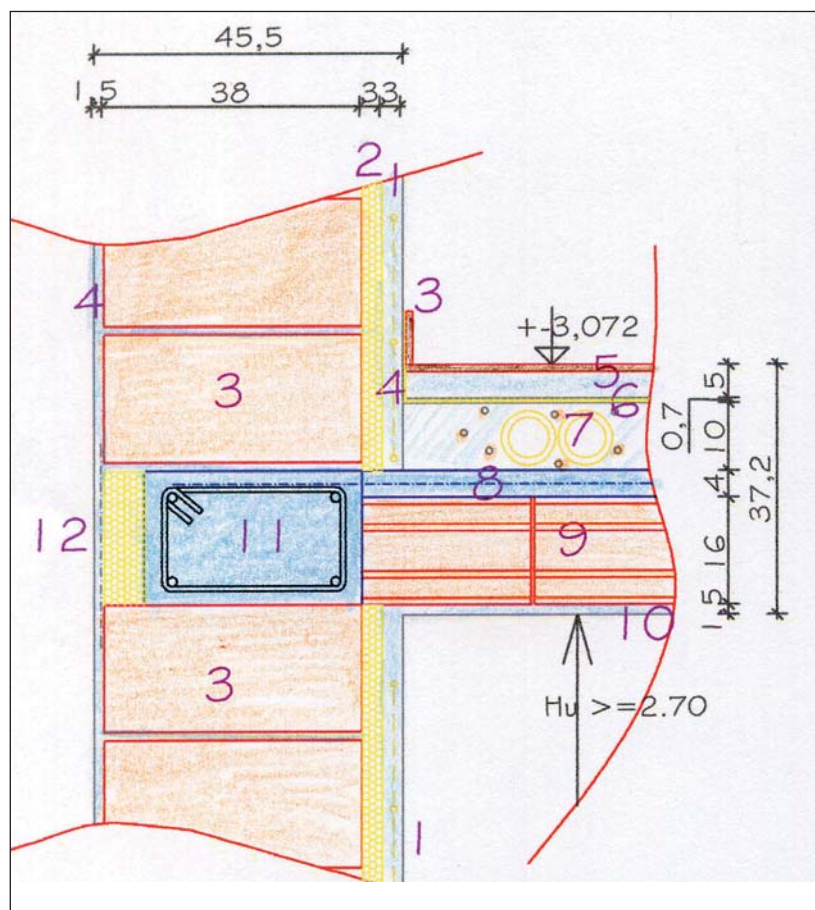
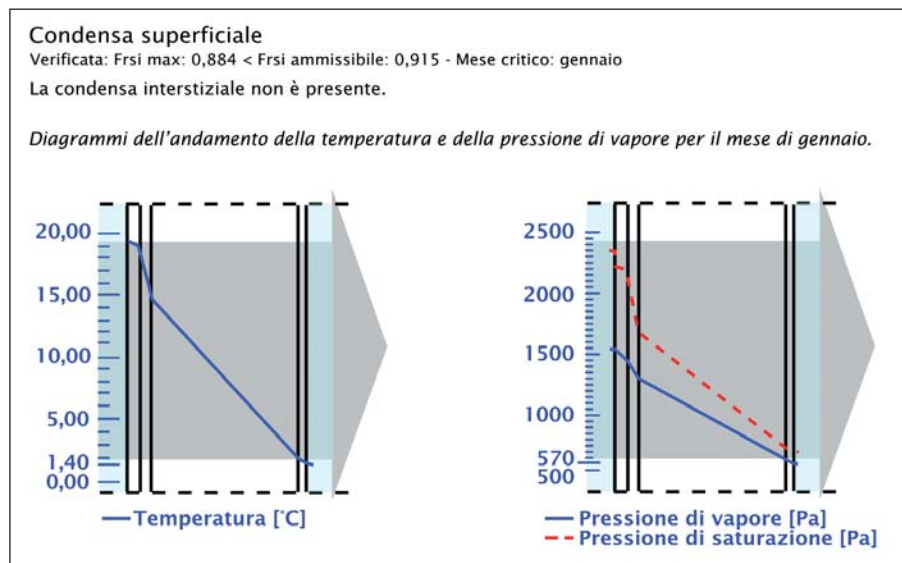


Fig. 23 Snodo solaio interpiano e muratura portante perimetrale con isolante posizionato verso l'interno: **1.** intonaco interno a copertura pannelli radianti a parete; **2.** pannelli in sughero o fibra di legno o canapa; **3.** blocco portante, antisismico, in laterizio porizzato; **4.** intonaco di calce esterno; **5.** pavimentazione e relativo sottofondo; **6.** isolamento acustico sottopavimentazione; **7.** strato di cls alleggerito con granuli di sughero a copertura impianti; **8.** caldana armata con rete elettrosaldata; **9.** solaio in laterocemento; **10.** intonaco di calce a rifinitura intradosso solaio; **11.** cordolo in c.a.; **12.** correzione ponte termico cordolo c.a. con isolante.

STRUTTURE OPACHE VERTICALI: muratura portante isolam. esterno		Conduttività termica	Densità	Spessore	Resistenza d/λ	Massa $\rho \cdot d$
Strati	Descrizione	λ [W/(m K)]	ρ [kg/m ³]	d [m]	R [m ² K/W]	m_s [kg/m ²]
Sup. int.	Resist. addutt. superf.				0,13	
1	Intonaco int. di calce	0,700	1400	0,030	0,043	42,0
2	Pannelli sughero	0,045	130	0,030	0,667	3,9
3	Termofon grip	0,183	800	0,380	2,077	304,0
4	Intonaco est. di calce	0,700	1400	0,015	0,021	21,0
Sup. est.	Resist. addutt. superf.				0,04	
				d_m [m]	R_m [m ² K/W]	m_{stot} [kg/m ²]
				0,455	2,98	371
					U_m [W/(m ² K)]	
					0,34	

D. Lgs. 311/2006 – Alleg.C – Tab. 2.1

STRUTT. OPACHE VERTICALI – Valore limite Zona E = 0,34**Fig. 24** Verifica della trasmittanza muratura portante perimetrale con isolante interno.**Fig. 25** Verifica igrometrica muratura portante perimetrale con isolante interno.

La struttura in oggetto presenta valori di trasmittanza ($U = 0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$) rispondenti ai limiti richiesti per la zona climatica E; non presenta fenomeni di condensazione superficiale e interstiziale; offre prestazioni termiche estive medie (massa superficiale di $371 \text{ kg/m}^2 > 230 \text{ kg/m}^2$ e sfasamento di $10 > 9 \text{ h}$ e $16' > 8$).

L'isolamento a cappotto interno crea discontinuità nell'isolamento dell'involucro edilizio, sia in corrispondenza delle strutture orizzontali interpiano che di copertura, sia in presenza di aggetti. I primi devono essere corretti isolando esternamente il cordolo (fig. 23), i secondi isolando, come nel caso di cappotto esterno, tutta la struttura in aggetto perimetralmente (fig. 26) o prevedendo strutture in appoggio autonomo.

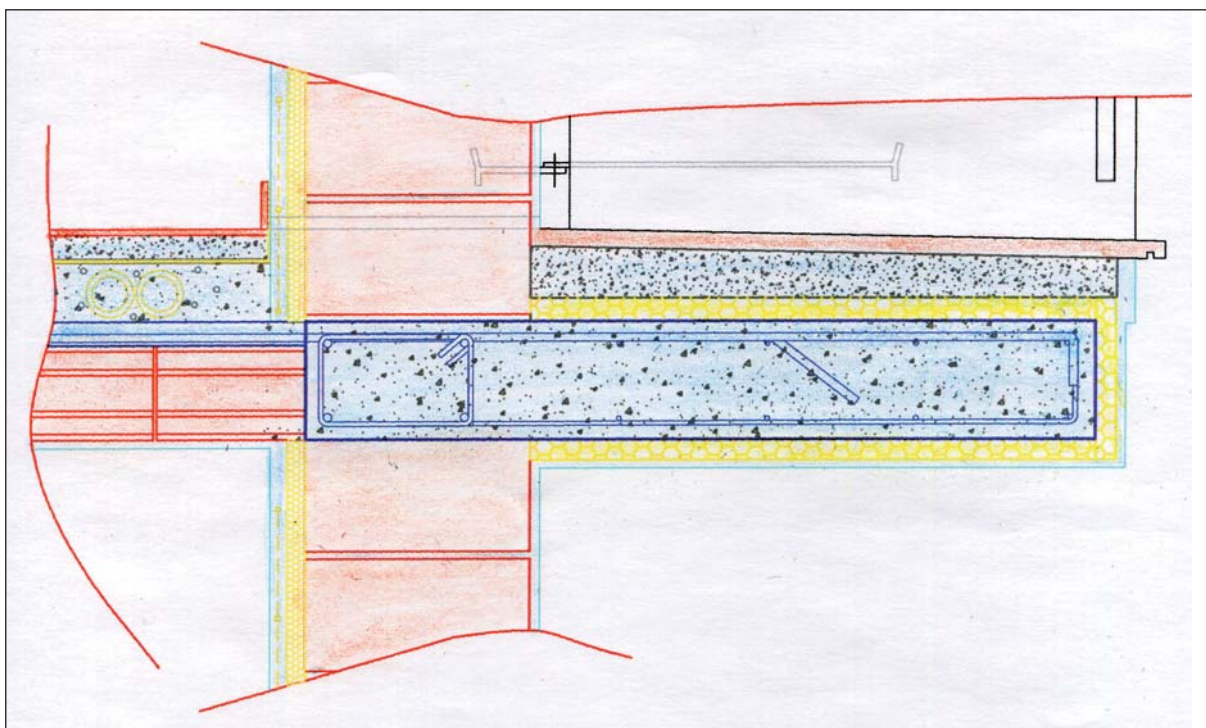


Fig. 26 *Correzione ponte termico balcone con isolamento perimetrale della struttura in aggetto.*