



RIQUALIFICAZIONE TERMICA E ACUSTICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI

Prescrizioni di legge e soluzioni di isolamento dall'interno

MANUALE ANIT DI APPROFONDIMENTO TECNICO

Maggio 2017



*Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT.*

I MANUALI ANIT

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, pubblica periodicamente **GUIDE** e **MANUALI** di chiarimento sull'efficienza energetica e l'isolamento acustico degli edifici. Gli argomenti trattati riguardano la normativa di riferimento, le tecnologie costruttive, le indicazioni di posa e molto altro.

Le **GUIDE** analizzano le leggi e le norme del settore e sono riservate ai Soci.

I **MANUALI** invece, caratterizzati da un taglio più pratico e realizzati in collaborazione con le Aziende ANIT, sono scaricabili gratuitamente dal sito www.anit.it

I vari temi sono approfonditi nei **LIBRI** della collana editoriale ANIT "L'isolamento termico e acustico".

STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono



Costante aggiornamento sulle norme in vigore con le GUIDE ANIT



I Software ANIT per calcolare tutti i parametri energetici, igrotermici e acustici degli edifici



Servizio di chiarimento tecnico da parte dello Staff ANIT



La rivista specializzata Neo-Eubios

I servizi e la quota di iscrizione variano in base alla categoria di associato (Individuale, Azienda, Onorario)

I Soci Individuali possono accedere alla qualifica "**Socio Individuale Più**" per ottenere servizi avanzati

Per informazioni: www.anit.it

**MANUALE ANIT REALIZZATO
IN COLLABORAZIONE CON**

Tutti i diritti sono riservati

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT.

I contenuti sono curati dallo Staff ANIT e sono aggiornati alla data in copertina.

Le informazioni riportate sono da ritenersi comunque indicative ed è sempre necessario riferirsi anche a eventuali documenti ufficiali. Sul sito www.anit.it sono disponibili i testi di legge.

Si raccomanda di verificare sul sito ANIT l'eventuale presenza di versioni più aggiornate di questo documento.

INDICE

1	PREMESSA	2
2	La riqualificazione energetica.....	3
2.1	<i>La legislazione vigente: DM 26 giugno 2015.....</i>	3
2.1.1	Ambiti di applicazione.....	3
2.1.2	Esclusioni.....	5
2.1.3	Requisiti di efficienza energetica invernale	6
2.1.4	Verifiche termometriche e requisiti di efficienza energetica estiva	10
2.2	<i>Riqualificare energeticamente con i sistemi a secco</i>	12
3	Acustica e ristrutturazioni.....	25
3.1	<i>La legislazione vigente</i>	25
3.1.1	Il DPCM 5-12-1997	25
3.1.2	Ristrutturazioni e cambio di destinazione d'uso.....	26
3.2	<i>Migliorare le prestazioni acustiche degli edifici con i sistemi a secco</i>	28
3.3	<i>Esempio di calcolo – ΔR_w controparete</i>	33
4	Esempio di riqualificazione termica ed acustica globale	34
5	Esempio di isolamento acustico di solai in legno.....	38
	CONTATTI	40

1 PREMESSA

Il presente documento nasce dalla necessità sempre più impellente di avere maggiore chiarezza su quelle che sono le opportunità, gli obblighi e le criticità della riqualificazione energetica e acustica degli edifici esistenti.

La crisi del settore delle costruzioni vede come unico slancio positivo proprio gli interventi sul patrimonio edilizio esistente. Il nostro parco immobiliare necessita di essere riqualificato non solo per un maggiore comfort, una riduzione dei consumi energetici e delle emissioni inquinanti ma anche per una serie di obblighi legislativi a cui dobbiamo fare fronte come nazione. Dal protocollo di Kyoto alle Conferenze di Parigi l'Italia ha sottoscritto una serie di obiettivi che dovrà rispettare in brevissimo tempo. Per raggiungere questi obiettivi dovrà necessariamente pensare ad una politica che incentivi e in parte obblighi legati all'efficientamento dell'edilizia del passato.

Questa è sicuramente un'opportunità ma è necessario capire come affrontarla nella maniera più idonea.

ANIT fa il punto tecnico-legislativo su cosa cambia rispetto al passato quando si affronta un intervento sull'esistente focalizzando l'attenzione sugli interventi di isolamento dall'interno, di tipologie edilizie tipo appartamenti o edifici con vincoli per interventi dall'esterno.

*Come di consueto alla teoria si accompagna la proposta di soluzioni tecniche grazie alla collaborazione dell'azienda associata **Knauf che produce e commercializza sistemi costruttivi a secco oltre che intonaci, massetti e isolanti.***

Scopo del presente documento è di indicare in modo snello e rapido e con possibili soluzioni progettuali come approcciare correttamente alla progettazione di interventi di isolamento termico e acustico sugli edifici esistenti. E' quindi un manuale dedicato ai professionisti che si occupano trasversalmente della progettazione, direzione lavori e gestione di edifici.

I temi trattati approfondiscono e cercano di correlare i due requisiti di efficienza energetica e comfort acustico.

2 La riqualificazione energetica

2.1 La legislazione vigente: DM 26 giugno 2015

2.1.1 Ambiti di applicazione

Il DM 26 giugno 2015 per gli interventi su edifici esistenti prevede diversi ambiti di applicazione in funzione della dimensione dell'intervento.

Per capire quali siano questi ambiti riportiamo lo schema elaborato da ANIT con attenzione alle ristrutturazioni importanti e riqualificazioni energetiche.

Riportiamo poi in una tabella a parte le distinzioni dei casi legati agli ampliamenti volumetrici.

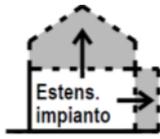
Ristrutturazioni importanti e riqualificazioni energetiche

	<p>Ristrutturazioni importanti di primo livello (All. 1 Art. 1.4.1) La ristrutturazione prevede contemporaneamente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. un intervento che interessa l'involucro edilizio con un'incidenza > 50 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio (**); 2. la ristrutturazione dell'impianto termico (***) per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva asservito all'intero edificio. <p>In tal caso i requisiti di prestazione energetica si applicano all'intero edificio e si riferiscono alla sua prestazione energetica relativa al servizio o servizi interessati.</p>
	<p>Ristrutturazioni importanti di secondo livello (All. 1 Art. 1.4.1) L'intervento interessa l'involucro edilizio con un'incidenza > 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio (**) e può interessare l'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva.</p>
	<p>Riqualificazione energetica dell'involucro (All. 1 Art. 1.4.2) Interventi sull'involucro che coinvolgono una superficie ≤ 25 % della superficie disperdente lorda complessiva dell'edifici (**).</p>

Note:

- (**) Con superficie disperdente si intende la superficie disperdente lorda degli elementi opachi e trasparenti che delimitano il volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno e da ambienti non climatizzati quali le pareti verticali, i solai contro terra e su spazi aperti, i tetti e le coperture.
- (***) Con ristrutturazione dell'impianto si intende quanto previsto dal DLgs192/2009 All.A, ovvero:
"l'insieme di opere che comportano la modifica sostanziale sia dei sistemi di produzione che di distribuzione ed emissione del calore; rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali, nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari o parti di edificio in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato"

Ampliamenti volumetrici

	<p>Ampliamento di edifici esistenti con nuovo impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*) (****)</p> <p>Ampliamento di edifici esistenti (dotati di nuovi impianti tecnici) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente • nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³ <p>La parte ampliata di fatto è trattata come una porzione di nuova costruzione.</p>
	<p>Ampliamento di edifici esistenti con estensione di impianto (All. 1 Art. 1.3 e Art. 6.1) (*)</p> <p>Ampliamento di edifici esistenti (collegati all'impianto tecnico esistente) per il quale valga almeno una delle seguenti condizioni:</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. nuovo volume lordo climatizzato > 15% volume lordo climatizzato esistente 4. nuovo volume lordo climatizzato > 500 m³
<p>Gli ampliamenti volumetrici inferiori al 15% ricadono negli interventi di riqualificazione energetica.</p>	

Note:

(****) Cambio di destinazione d'uso: nel quadro di sintesi riportato all'art. 6.1, Tabella 4, del decreto, in corrispondenza della descrizione degli ampliamenti volumetrici di un edificio esistente con nuovi impianti tecnici è riportata la seguente specificazione:

"Recupero volumi esistenti precedentemente non climatizzati o cambio di destinazione d'uso (es. recupero sottotetti, depositi, magazzini) se dotati di nuovi impianti tecnici."

È importante ricordare che alla base della definizione degli ambiti di applicazione c'è la categorizzazione del DPR 412/93 che elenca gli edifici con le destinazioni d'uso che ricadono negli ambiti di applicazione del DM.

CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI (SECONDO IL DPR 412/93)

E. 1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili:
E. 2	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico
E. 3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cure e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici
E. 4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo
E. 5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni
E. 6	Edifici adibiti ad attività sportive
E. 7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E. 8	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili

2.1.2 Esclusioni

L'applicazione parziale o integrale dei requisiti minimi del DM non è prevista per alcune casistiche specifiche di edifici e di interventi.

Edifici esclusi

Secondo l'Art. 3 del DLgs 192/05 modificato dalla Legge 90/13, sono esclusi dall'applicazione del decreto le seguenti categorie di edifici:

- gli edifici ricadenti nell'ambito della disciplina della parte seconda e dell'articolo 136, comma 1, lettere b) e c), del DLgs 22 gennaio 2004, n. 42, recante il codice dei beni culturali e del paesaggio solo nel caso in cui, previo giudizio dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione ai sensi del codice di cui al DLgs 42 del 22 gennaio 2004, il rispetto delle prescrizioni implichi un'alterazione sostanziale del loro carattere o aspetto, con particolare riferimento ai profili storici, artistici e paesaggistici. E fatto salvo le disposizioni concernenti: a) l'attestazione della prestazione energetica degli edifici; b) l'esercizio, la manutenzione e le ispezioni degli impianti tecnici.
- gli edifici industriali e artigianali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili;
- gli edifici rurali non residenziali sprovvisti di impianti di climatizzazione;
- i fabbricati isolati con una superficie utile totale inferiore a 50 metri quadrati;
- gli edifici che risultano non compresi nelle categorie di edifici classificati sulla base della destinazione d'uso di cui all'articolo 3 del DPR 412/93, il cui utilizzo standard non prevede l'installazione e l'impiego di sistemi tecnici, quali box, cantine, autorimesse, parcheggi multipiano, depositi, strutture stagionali a protezione degli impianti sportivi, fatto salvo le porzioni eventualmente adibite ad uffici e assimilabili, purché scorporabili ai fini della valutazione di efficienza energetica;
- gli edifici adibiti a luoghi di culto e allo svolgimento di attività religiose.

Interventi sulla copertura di edifici di categoria E.8

Un'applicazione parziale dei requisiti si verifica nel caso del rispetto delle trasmittanze termiche di legge U_{lim} nel caso di interventi su edifici esistenti che ricadano nelle casistiche denominate "ristrutturazione importante di secondo livello e riqualificazione energetica". In questi casi non è previsto il rispetto della trasmittanza termica media nel caso la destinazione d'uso degli edifici sia **E.8**. In sostanza gli edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili non hanno un minimo di trasmittanza termica da rispettare.

La deroga non si applica agli altri requisiti minimi igrotermici e di controllo di surriscaldamento estivo. Inoltre nel caso di ristrutturazione importante di secondo livello rimane in essere il requisito relativo al coefficiente di scambio termico medio H'_T .

Interventi su strati ininfluenti dal punto di vista termico e rifacimento di intonaco

Sono esclusi dall'ambito di applicazione del DM in accordo con le indicazioni all'articolo 1.4.3 dell'Allegato, *"gli interventi di **ripristino** dell'involucro edilizio che coinvolgono unicamente strati di finitura, interni o esterni, ininfluenti dal punto di vista termico (quali la tinteggiatura), [...] o rifacimento di porzioni di intonaco che interessino una superficie inferiore al 10 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio"*.

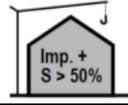
Su edifici esistenti, di qualsiasi destinazione d'uso, è quindi opportuno verificare se l'intervento di ripristino ipotizzato riguarda solo strati di finiture ininfluenti dal punto di vista termico; in questi casi non è prevista l'applicazione dei DM. Gli interventi possono riguardare sia l'involucro esterno che l'involucro interno. Diventa quanto mai fondamentale capire e dimostrare se la tipologia di intervento risulti ininfluente o meno dal punto di vista termico. La tinteggiatura viene sicuramente esclusa così come il puro rifacimento del manto impermeabile. Tale intervento infatti viene considerato ininfluente dal punto di vista termico come riportato nella FAQ n. 2.41 del 1 agosto 2016 del Ministero dello Sviluppo economico.

2.1.3 Requisiti di efficienza energetica invernale

Per quanto riguarda gli interventi sull'involucro le prescrizioni dipendono dalla dimensione dell'intervento. Di seguito riporteremo i requisiti principali in funzione degli ambiti di applicazione con l'aiuto della Guida ANIT.

<p>A EP (All. 1 Art. 3.3 comma 2b.iii e comma 3, App.A)</p>	<p>Verificare che: $EP_{H,nd} < EP_{H,nd,limite}$ $EP_{C,nd} < EP_{C,nd,limite}$ $EP_{gl,tot} < EP_{gl,tot,limite}$</p> <p>Dove: $EP_{H,nd}$: è l'indice di prestazione termica utile per il riscaldamento [kWh/m²] $EP_{C,nd}$: è l'indice di prestazione termica utile per il raffrescamento [kWh/m²] $EP_{gl,tot}$: è l'indice di prestazione energetica globale dell'edificio totale (ovvero sia rinnovabile che non rinnovabile) [kWh/m²]</p> <p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> I valori limite sono calcolati utilizzando l'edificio di riferimento (vd. di seguito)
<p>B H'_T (All.1 Art. 3.3 comma 2b.i e Art. 4.2 comma 1b, App.A)</p>	<p>Verificare che: $H'_T < H'_{T,limite}$</p> <p>Dove: H'_T: è il coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente [W/m²K]</p> <p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> I limiti sono riportati nella Tabella 10, dell'Appendice A del DM 26/06/2015 H'_T si calcola come rapporto tra il coefficiente globale di scambio termico per trasmissione dell'involucro $H_{tr,adj}$ (calcolato in accordo con UNI/TS 11300-1 ed espresso in W/K) e la sommatoria delle superfici dei componenti opachi e trasparenti costituenti l'intervento ($\sum A_k$ valutata in m²).
<p>C Trasmittanza (All.1 Art. 5.2, comma 1a,b,c, Art. 4.2, comma 1a, Art. 1.4.3 comma 2, App. B)</p>	<p>Verificare che:</p> <p>Trasmittanza strutture opache verticali \leq valori limite (App.B Tab. 1) Trasmittanza strutture opache orizz. coperture \leq valori limite (App.B Tab.2) (escl.E8) Trasmittanza strutture opache orizz. pavimenti \leq valori limite (App.B Tab.3) Trasmittanza chiusure tecniche trasp. o opache \leq valori limite (App.B Tab.4) (escl.E8)</p> <ul style="list-style-type: none"> I valori di trasmittanza limite si considerano comprensivi dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione (a esempio ponte termico tra finestra e muro) e di metà del ponte termico al perimetro della superficie oggetto di riqualificazione (<i>ndr, per il calcolo del coefficiente Ψ le norme di riferimento sono UNI EN ISO 14683 e UNI EN ISO 10211</i>).

La trasmittanza termica rimane il parametro più indicativo della progettazione energetica degli edifici per il rispetto dei requisiti minimi. Sia che l'edificio sia di nuova costruzione, sia che l'intervento riguardi edifici esistenti, il progettista deve confrontarsi con valori di trasmittanza termica limite o di riferimento. Le due tabelle sottostanti riassumono i valori di trasmittanza da tenere in considerazione: nel primo caso si parla di trasmittanze di riferimento per calcolare gli indici di prestazione energetica limite ($EP_{H,nd}$, $EP_{C,nd}$ di involucro invernale ed estivo e $EP_{gl,tot}$ globale totale) e nel secondo invece di trasmittanze limite. Nel tabella di seguito sono sintetizzate le verifiche obbligatorie nel caso di interventi su edifici esistenti nelle quali rientra la trasmittanza.

					
E1(1)	<p>U di riferimento per il rispetto di $EP_{H,nd}, EP_{C,nd}, EP_{gl,tot}$ + $H't$</p>		<p>Coeff. medio di scambio termico $H't$</p>	<p>U limite + $H't$</p>	<p>U limite</p>
E1(2)					
E1(3)					
E2					
E3					
E4					
E5					
E7					
E6					
E8			Le coperture sono escluse dalla verifica di trasmittanza limite		

TRASMITTANZE DI RIFERIMENTO

TRASMITTANZE LIMITE

<p>TABELLA 1 (Appendice A) Trasmittanza termica U di riferimento delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Zona climatica</th> <th colspan="2">U_{rif} [W/m²K]</th> </tr> <tr> <th>Dal 1° ottobre 2015</th> <th>Dal 1° gennaio 2019/2021</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A-B</td><td>0,45</td><td>0,43</td></tr> <tr><td>C</td><td>0,38</td><td>0,34</td></tr> <tr><td>D</td><td>0,34</td><td>0,29</td></tr> <tr><td>E</td><td>0,30</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>F</td><td>0,28</td><td>0,24</td></tr> </tbody> </table>	Zona climatica	U_{rif} [W/m ² K]		Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021	A-B	0,45	0,43	C	0,38	0,34	D	0,34	0,29	E	0,30	0,26	F	0,28	0,24	<p>TABELLA 1 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali, verso l'esterno soggette a riqualificazione</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Zona climatica</th> <th colspan="2">U_{limite} [W/m²K]</th> </tr> <tr> <th>Dal 1° ottobre 2015</th> <th>Dal 1° gennaio 2021</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A-B</td><td>0,45</td><td>0,40</td></tr> <tr><td>C</td><td>0,40</td><td>0,36</td></tr> <tr><td>D</td><td>0,36</td><td>0,32</td></tr> <tr><td>E</td><td>0,30</td><td>0,28</td></tr> <tr><td>F</td><td>0,28</td><td>0,26</td></tr> </tbody> </table>	Zona climatica	U_{limite} [W/m ² K]		Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021	A-B	0,45	0,40	C	0,40	0,36	D	0,36	0,32	E	0,30	0,28	F	0,28	0,26
Zona climatica		U_{rif} [W/m ² K]																																							
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021																																							
A-B	0,45	0,43																																							
C	0,38	0,34																																							
D	0,34	0,29																																							
E	0,30	0,26																																							
F	0,28	0,24																																							
Zona climatica	U_{limite} [W/m ² K]																																								
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021																																							
A-B	0,45	0,40																																							
C	0,40	0,36																																							
D	0,36	0,32																																							
E	0,30	0,28																																							
F	0,28	0,26																																							
<p>Tabella 2 (Appendice A) Trasmittanza termica U di riferimento delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e ambienti non riscaldati</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Zona climatica</th> <th colspan="2">U_{limite} [W/m²K]</th> </tr> <tr> <th>Dal 1° ottobre 2015</th> <th>Dal 1° gennaio 2021</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A-B</td><td>0,38</td><td>0,35</td></tr> <tr><td>C</td><td>0,36</td><td>0,33</td></tr> <tr><td>D</td><td>0,30</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>E</td><td>0,25</td><td>0,22</td></tr> <tr><td>F</td><td>0,23</td><td>0,20</td></tr> </tbody> </table>	Zona climatica	U_{limite} [W/m ² K]		Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021	A-B	0,38	0,35	C	0,36	0,33	D	0,30	0,26	E	0,25	0,22	F	0,23	0,20	<p>Tabella 2 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno in riqualificazione.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Zona climatica</th> <th colspan="2">U_{rif} [W/m²K]</th> </tr> <tr> <th>Dal 1° ottobre 2015</th> <th>Dal 1° gennaio 2019/2021</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A-B</td><td>0,34</td><td>0,32</td></tr> <tr><td>C</td><td>0,34</td><td>0,32</td></tr> <tr><td>D</td><td>0,28</td><td>0,26</td></tr> <tr><td>E</td><td>0,26</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>F</td><td>0,24</td><td>0,22</td></tr> </tbody> </table>	Zona climatica	U_{rif} [W/m ² K]		Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021	A-B	0,34	0,32	C	0,34	0,32	D	0,28	0,26	E	0,26	0,24	F	0,24	0,22
Zona climatica		U_{limite} [W/m ² K]																																							
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021																																							
A-B	0,38	0,35																																							
C	0,36	0,33																																							
D	0,30	0,26																																							
E	0,25	0,22																																							
F	0,23	0,20																																							
Zona climatica	U_{rif} [W/m ² K]																																								
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021																																							
A-B	0,34	0,32																																							
C	0,34	0,32																																							
D	0,28	0,26																																							
E	0,26	0,24																																							
F	0,24	0,22																																							

TABELLA 3 (Appendice A) Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento , verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra			TABELLA 3 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento , verso l'esterno soggette a riqualificazione		
Zona climatica	U_{rif} [W/m²K]		Zona climatica	U_{limite} [W/m²K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021		Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,46	0,44	A-B	0,48	0,42
C	0,40	0,38	C	0,42	0,38
D	0,32	0,29	D	0,36	0,32
E	0,30	0,26	E	0,31	0,29
F	0,28	0,24	F	0,30	0,28

LA VALUTAZIONE DEI PONTI TERMICI

Nella valutazione delle prestazioni di isolamento sia per ristrutturazioni importanti che riqualificazione energetica non bisogna dimenticare i ponti termici. Le trasmittanze di riferimento infatti comprendono già l'incidenza della discontinuità, quindi significa che, se immagino di progettare per rientrare negli indici limite, la trasmittanza di progetto dovrà essere minore di quella di riferimento in funzione della possibile incidenza del ponte termico. Nel caso delle trasmittanze limite, il calcolo del valore della trasmittanza da confrontare con i valori di tabella dovrà essere eseguito tenendo conto dei ponti termici presenti. I valori di trasmittanza delle tabelle dell'Allegato B infatti si considerano comprensive dei ponti termici all'interno delle strutture oggetto di riqualificazione (a esempio ponte termico tra finestra e muro) e di metà del ponte termico al perimetro della superficie oggetto di riqualificazione.

Se immaginiamo di avere un'incidenza dei ponti termici del 30% (situazione non insolita per gli edifici esistenti) significa dover raggiungere una trasmittanza per la sezione corrente, nel caso di pareti verticali in zona E, almeno di 0,21 W/m²K attualmente e di 0,19 W/m²K nel 2021.

Bisogna quindi fare molta attenzione a capire i valori da cui partire in fase di progetto. Sono possibili due vie: ridurre il più possibile i ponti termici, o, dove non possibile, attenuarne l'incidenza riducendo il valore di trasmittanza della sezione corrente con il rischio però di aumentare la possibilità di formazione di muffe e condense. Le verifiche termo igrometriche diventano quando mai indispensabili per garantire la corretta salubrità degli ambienti.

ISOLAMENTO DALL'INTERNO E IN INTERCAPEDINE

BONUS: TRASMITTANZE LIMITE MAGGIORATE (All.1, Art. 1.4.3 comma 2)

Solo in caso di interventi di riqualificazione energetica che prevedano l'isolamento termico della superficie opaca interna dell'involucro edilizio o l'isolamento termico in intercapedine, i valori delle trasmittanze di cui alle tabelle da 1 a 4 dell'Appendice B, sono incrementati del 30%.

La valutazione della trasmittanza anche in questo caso dovrà però tenere conto dei ponti termici.

Questo significa che le trasmittanze limite per edifici esistenti diventano quelle riportate nella tabella sottostante.



TABELLA 1 (Appendice B) + bonus 30 Trasmittanza termica U massima delle strutture opache verticali , verso l'esterno soggette a riqualificazione dall'interno		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,59	0,52
C	0,52	0,47
D	0,47	0,42
E	0,39	0,36
F	0,36	0,34

Tabella 2 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle Strutture opache orizzontali o inclinate di copertura , verso l'esterno in riqualificazione dall'interno		
Zona climatica	U _{rif} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
A-B	0,44	0,42
C	0,44	0,42
D	0,36	0,34
E	0,34	0,31
F	0,31	0,29

TABELLA 3 (Appendice B) Trasmittanza termica U massima delle strutture opache orizzontali di pavimento , verso l'esterno soggette a riqualificazione dall'interno		
Zona climatica	U _{limite} [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,62	0,55
C	0,55	0,49
D	0,47	0,42
E	0,40	0,38
F	0,39	0,36

ISOLAMENTO DALL'INTERNO IN CONTROSOFFITTO O A PAVIMENTO

DEROGA NELLE ALTEZZE (All.1 Art.2.3 comma 4)

Le altezze minime dei locali di abitazione previste al primo e al secondo comma del DM 5/7/75 possono essere derogate fino a un massimo di 10 centimetri.

Note:

- La deroga si applica per gli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni importanti o a riqualificazioni energetiche nel caso di installazione di impianti termici dotati di pannelli radianti a pavimento o a soffitto e nel caso di intervento di isolamento dall'interno.
Nei comuni montani al di sopra dei metri 1000 sul livello del mare può essere consentita una riduzione dell'altezza minima dei locali abitabili a metri 2,55.



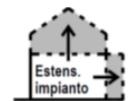
La possibilità di deroga di 10 cm sull'altezza netta interna si applica anche per interventi tra unità immobiliari sovrapposte e/o su divisori verso ambienti non climatizzati.

Si segnala che tale opportunità si applica indipendentemente dal valore dell'incremento di resistenza termica raggiunto tranne nel caso di strutture opache verso l'esterno o verso ambienti non climatizzati per le quali vanno rispettati i limiti in funzione della tipologia di intervento (ristrutturazione di 1° livello, di 2° livello o riqualificazione energetica). Ovviamente vale il bonus di maggiorazione del 30% sulle trasmittanze limite.

2.1.4 Verifiche termo igrometriche e requisiti di efficienza energetica estiva

<p>F Verifiche igrotermiche <i>(All. 1 Art. 2.3 comma 2)</i></p>	<p>Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica dell'assenza:</p> <ul style="list-style-type: none"> • di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione; • di condensazioni interstiziali. <p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Le condizioni interne di utilizzazione sono quelle previste nell'appendice alla norma sopra citata, secondo il metodo delle classi di concentrazione. • Le medesime verifiche possono essere effettuate con riferimento a condizioni diverse, qualora esista un sistema di controllo dell'umidità interna e se ne tenga conto nella determinazione dei fabbisogni di energia primaria per riscaldamento e raffrescamento.
<p>G Inerzia involucro opaco <i>(All.1 Art. 3.3 comma 4b,c)</i></p>	<p>Ad esclusione della zona F per le località in cui il valore medio mensile dell'irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$, verificare che:</p> <ul style="list-style-type: none"> • per le pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante Nord-ovest/Nord/Nord-Est) sia rispettata almeno una delle seguenti condizioni: <ul style="list-style-type: none"> ○ $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$ ○ $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ • per tutte le pareti opache orizzontali e inclinate, che: <ul style="list-style-type: none"> ○ $Y_{IE} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ <p>Dove:</p> <p>M_s : rappresenta la massa superficiale della parete opaca compresa la malta dei giunti ed esclusi gli intonaci [kg/m^2].</p> <p>Y_{IE} : rappresenta la trasmittanza termica periodica valutata in accordo con UNI EN ISO 13786:2008 e successivi aggiornamenti [$\text{W/m}^2\text{K}$].</p>

Le verifiche termo igrometriche sono sempre obbligatorie a prescindere dall'ambito di intervento e dalla dimensione dello stesso. Le verifiche estive invece sono obbligatorie solo nel caso di riqualificazione di primo livello e vengono esclusi gli edifici di categoria E7 e E8.

					
E1(1)	<p>Verifiche igrotermiche + estivo</p>		<p>Verifiche igrotermiche</p>		
E1(2)					
E1(3)					
E2					
E3					
E4					
E5					
E7					
E6	<p>Verifiche igrotermiche</p>				
E8					

Di seguito verrà analizzato il problema termo igrometrico in quanto le verifiche estive risultano obbligatorie solo nelle casistiche assimilabili all'edificio di nuova costruzione e ,se consideriamo un edificio esistente, solo nel caso di ristrutturazione importante di primo livello.

VERIFICHE DI MUFFA E CONDENZA INTERSTIZIALE

Si deve verificare, in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788 e UNI EN 15026), che per ogni struttura dell'involucro a contatto con l'esterno (con particolare attenzione ai ponti termici per gli edifici di nuova costruzione) non ci sia rischio di formazione di muffa sulla superficie interna e non ci sia rischio di formazione di condensa interstiziale.

Per eseguire la verifica i valori interni di umidità e temperatura sono definiti in base alla classe di concentrazione di vapore dell'utenza (appendice A - UNI EN ISO 13788) a meno della presenza di un impianto in grado di controllare l'umidità relativa interna (quindi non si usa più la definizione dell'ambiente interno a 20°C e 65%UR).

Rischio muffa e condensazione superficiale

Il fenomeno della condensazione superficiale avviene quando in corrispondenza della faccia interna di una struttura edilizia si raggiungono le condizioni di saturazione (UR=100%). Il rischio di muffa si può presentare, invece, molto prima che si crei condensazione. La norma UNI EN ISO 13788 propone un metodo per calcolare la soglia d'allarme con cui il progettista confronta i suoi risultati in riferimento al rischio di formazione di muffa considerando non la saturazione, ma un valore di umidità superficiale pari all'80%.

Ad esempio per un ambiente con le condizioni interne di 20°C e UR 57% si ottiene la temperatura critica pari a 14.6°C. Alle stesse condizioni la temperatura di rischio di condensazione superficiale è pari a 11,2°C. E' quindi chiaro che, in fase di progetto, la verifica del rischio di muffa risulta più severa: tutti i punti dell'involucro devono avere una temperatura superficiale superiore a quella di rischio muffa. Nella normativa precedente (DPR 59/09) era sufficiente verificare che la temperatura in ogni punto non superasse quella di rischio di condensazione.

Verifica di assenza di condensazione interstiziale

Il vapore presente nell'aria tende a spostarsi dall'ambiente a più alta pressione di vapore (generalmente quello interno) verso l'ambiente a più bassa pressione di vapore (generalmente quello esterno). Questa migrazione comporta il fatto che l'involucro esterno dell'edificio venga attraversato quasi costantemente da un flusso di vapore.

Questo flusso, in termini assoluti molto piccolo, può creare dei problemi qualora in un punto interno alla strutture si creino le condizioni perché avvenga la condensazione.

Gli effetti dei fenomeni di condensazione interstiziale sono tanti e diversi, diamo qui una breve descrizione dei principali: perdita delle proprietà dei materiali, efflorescenze, subflorescenze.

Secondo le regole attualmente in vigore una struttura risulta verificata rispetto al rischio di condensazione interstiziale se si dimostra l'assenza totale di condensazione.

Quando si parla di riqualificazione energetica spesso si deve ricorrere ad isolare dall'interno. La coibentazione dal lato interno presuppone che la struttura sia quasi tutta fredda e quindi potrebbe aumentare il rischio di condensazione interstiziali, infatti il vapore passante troverà diversi strati freddi.

Per evitare la condensazione interstiziale è necessario porre attenzione alla progettazione della stratigrafia degli elementi dell'involucro.

A tal fine ci vengono incontro due semplici regole:

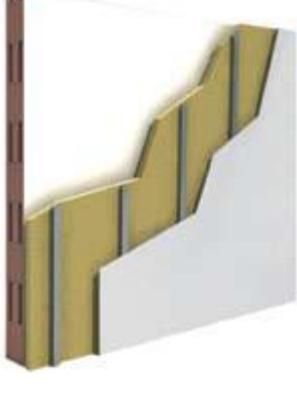
- posizionare gli strati a **più alta resistenza al passaggio del vapore** il più possibile **verso l'interno** dell'ambiente;
- posizionare gli strati a **più alta resistenza termica** il più possibile **verso l'esterno**.

La prima regola consente di avere la minima quantità possibile di vapore che raggiunge gli strati più esterni e quindi più freddi della struttura. La seconda fa sì che la maggior parte degli strati rimangano caldi, in modo tale che il vapore attraversandoli non trovi zone fredde e quindi a rischio di condensazione. Naturalmente, per il tipo di strutture, per le varie tipologie costruttive e anche per i gradi di libertà molto variabili consentiti nei mille possibili casi di interventi edilizi, non sempre è possibile rispettare queste regole.

In questi casi sono da prevedere degli interventi che consentano comunque di limitare il fenomeno o di evitarlo del tutto, preservando l'integrità e le prestazioni dell'involucro.

2.2 Riqualificare energeticamente con i sistemi a secco

Contropareti a secco

Incollata alla muratura esistente KNAUF W624	Con orditura metallica vincolata alla muratura KNAUF W623	Con orditura metallica autoportante KNAUF W625/W626
		

Controsoffitti a secco

In aderenza al soffitto KNAUF D111	Con struttura ribassata KNAUF D112	Autoportante KNAUF D117
		

E' sempre possibile definire lo spessore del materiale isolante da utilizzare in funzione delle prestazioni richieste. Si segnala inoltre di verificare sempre la necessità di inserire una barriera al vapore o utilizzare sistemi con strati con resistenza al passaggio del vapore molto bassa e simile tra loro.

Il vantaggio dei sistemi a secco è sicuramente, oltre questa versatilità nella composizione degli strati e quindi della scelta prestazionale, anche la facilità e velocità di posa .

VERIFICHE NEL CASO D'ISOLAMENTO DALL'INTERNO

Proponiamo la verifica termica e termo igrometrica di due esempi di isolamento dall'interno per coperture e pareti in zona climatica E (Milano) per la destinazione d'uso residenziale.

Per la copertura sono state analizzate due coperture piane, la prima con solaio in laterocemento, la seconda con predalle.

Nella prima abbiamo isolato con controsoffitto in aderenza al solaio . L'isolamento previsto è stato progettato per rispettare i limiti di trasmittanza per edifici esistenti tenendo conto del bonus del 30% previsto per l'isolamento dall'interno. L'esempio riporta a confronto la struttura originale e la struttura dopo l'intervento di isolamento.

Nella seconda copertura abbiamo utilizzato un solaio con predalle isolato con controsoffitto appeso composto da doppio strato isolante in lana di vetro da (10+4,5) cm e lastra GKB con barriera al vapore.

Per le pareti sono state analizzate due tipologie di pareti con due differenti soluzioni. Anche in questo caso si propone una soluzione più sottile che però risponde alle prescrizioni di trasmittanza con il bonus del 30% , mentre la seconda più spessa che risponde alle trasmittanze limite senza bonus.

Nella prima è stata analizzata una parete in doppio laterizio con intercapedine vuota mentre per la seconda è stata considerata una parete con blocchi alveolati.

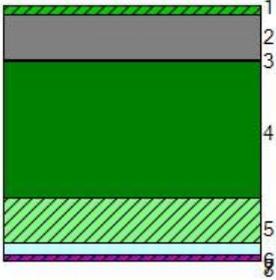
La parete in laterizio è stata isolata dall'interno con una controparete con orditura metallica autoportante e 7,5 cm di isolante in lana minerale oltre alla doppia lastra GKB + KASA. In questo caso si è previsto di rispettare i valori di trasmittanza comprensivi del bonus del 30% isolamento.

Nella struttura con blocchi alveolati si è previsto un isolamento con 10 cm di lana di roccia, con tale controparete si rispettano i limiti di trasmittanza senza bonus.

Nota: Tutti i calcoli sono stati eseguiti utilizzando il [software PAN](#), fornito ai Soci ANIT



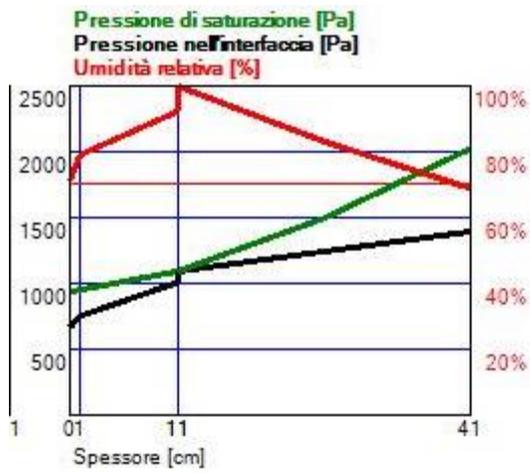
ESEMPIO 1.1: COPERTURA PIANA ISOLATA DALL'INTERNO

Copertura originale in laterocemento			Copertura isolata mediante controsoffitto KNAUF D111 in aderenza al solaio		
					
1	VAR	Piastrelle in ceramica	1	VAR	Piastrelle in ceramica
2	CLS	Calcestruzzo - 1800 kg/m ³	2	CLS	Calcestruzzo - 1800 kg/m ³
3	IMP	Bitume	3	IMP	Bitume
4	SOL	Laterocemento sp.30 cm.rif.2.1.05	4	SOL	Laterocemento sp.30 cm.rif.2.1.05
			5	ISO	MINERAL WOOL 035 KNAUF (sp.7 cm)
			6	INT	Intercapedine d'aria non ventilata
			7	IMP	Barriera al vapore integrata nella lastra
			8	VAR	lastra GKB Knauf (GKB+B.V.)
Parametri stazionari			Parametri stazionari		
Spessore totale	0,410	m	Spessore totale	0,560	m
Massa superficiale	518,1	kg/m ²	Massa superficiale	547,1	kg/m ²
Massa superficiale esclusi intonaci	518,1	kg/m ²	Massa superficiale esclusi intonaci	547,1	kg/m ²
Resistenza	0,65	m ² K/W	Resistenza	3,76	m ² K/W
Trasmittanza U	1,54	W/m ² K	Trasmittanza U	0,266	W/m ² K

VERIFICA TRASMITTANZE					
Verifica invernale			Verifica invernale		
Trasmittanza	1,544	W/m ² K	Trasmittanza	0,266	W/m ² K
Trasmittanza di riferimento	di 0,22	W/m ² K	Trasmittanza di riferimento	di 0,22	W/m ² K
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,24	W/m ² K	Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,24	W/m ² K
			Bonus isolamento interno- Ulimite+30%	0,312	W/m ² K
Verifica non superata			Verifica superata con il bonus isolamento		
Verifica estiva			Verifica estiva		
Irradianza media del mese di massima insolazione			Irradianza media del mese di massima insolazione		
269,6 W/m ² < 290 W/m ²			269,6 W/m ² < 290 W/m ²		
<i>Verifica inerziale non richiesta</i>			<i>Verifica inerziale non richiesta</i>		
VERIFICHE TERMO IGROMETRICHE					
Verifica superficiale					
	Rischio condensa	Rischio formazione muffe		Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	gennaio	ottobre	Mese critico	gennaio	ottobre
Fattore di temperatura	0,567	0,809	Fattore di temperatura	0,567	0,809
Resistenza minima accettabile	0,58 m ² K/W	1,31 m ² K/W	Resistenza minima accettabile	0,58 m ² K/W	1,31 m ² K/W
Resistenza dell'elemento	0,65 m ² K/W		Resistenza dell'elemento	3,76 m ² K/W	
STRUTTURA Non regolamentare			STRUTTURA regolamentare		

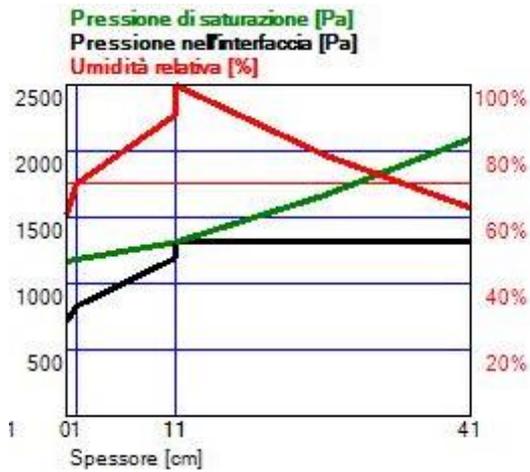
Verifica condensa interstiziale

FEBBRAIO



NESSUNA CONDENSA

MARZO

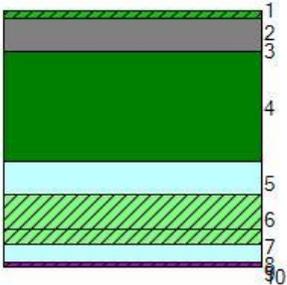


Condensa accumulata nell'interfaccia 3 tra bitume e solaio

STRUTTURA Non regolamentare

STRUTTURA regolamentare

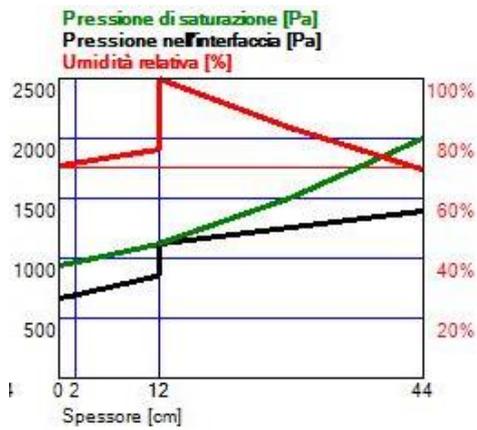
ESEMPIO 1.2 : COPERTURA PIANA ISOLATA DALL'INTERNO

Copertura originale in PREDALLE			Copertura isolata mediante controsoffitto KNAUF D112 SOSPESA		
					
1	VAR	piastrelle ceramica	1	VAR	piastrelle ceramica
2	CLS	Calcestruzzo - 1800 kg/m ³	2	CLS	Calcestruzzo - 1800 kg/m ³
3	IMP	Bitume puro	3	IMP	Bitume puro
4	SOL	Predalle laterizio sp.32 cm.rif.2.1.09 F.A.	4	SOL	Predalle laterizio sp.32 cm.rif.2.1.09 F.A.
			5	INA	Camera non ventilata
			6	ISO	LASTRA KNAUF EKOVETRO R (sp.10cm)
			7	ISO	LASTRA KNAUF EKOVETRO R (sp.5cm)
			8	INA	Camera non ventilata
			9	IMP	Barriera al vapore incorporata nella lastra
			10	VAR	lastra GKB Knauf (GKB+B.V.)
Parametri stazionari			Parametri stazionari		
Spessore totale	0,440	m	Spessore totale	0,752	m
Massa superficiale	666,2	kg/m ²	Massa superficiale	678,5	kg/m ²
Massa superficiale esclusi intonaci	666,2	kg/m ²	Massa superficiale esclusi intonaci	678,5	kg/m ²
Resistenza	0,60	m ² K/W	Resistenza	4,95	m ² K/W
Trasmittanza U	1,66	W/m ² K	Trasmittanza U	0,202	W/m ² K

VERIFICA TRASMITTANZE					
Verifica invernale				Verifica invernale	
Trasmittanza	1,657	W/m ² K	Trasmittanza	0,202	W/m ² K
Trasmittanza di riferimento	0,22	W/m ² K	Trasmittanza di riferimento	0,22	W/m ² K
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,24	W/m ² K	Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,24	W/m ² K
Verifica non superata			Verifica superata		
Verifica estiva			Verifica estiva		
Irradianza media del mese di massima insolazione			Irradianza media del mese di massima insolazione		
269,6 W/m ² < 290 W/m ²			269,6 W/m ² < 290 W/m ²		
<i>Verifica inerziale non richiesta</i>			<i>Verifica inerziale non richiesta</i>		
VERIFICHE TERMO IGROMETRICHE					
Verifica superficiale					
	Rischio condensa	Rischio formazione muffe		Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	gennaio	ottobre	Mese critico	gennaio	ottobre
Fattore di temperatura	0,567	0,809	Fattore di temperatura	0,567	0,809
Resistenza minima accettabile	0,58 m ² K/W	1,31 m ² K/W	Resistenza minima accettabile	0,58 m ² K/W	1,31 m ² K/W
Resistenza dell'elemento	0,60 m ² K/W		Resistenza dell'elemento	4,95 m ² K/W	
STRUTTURA Non regolamentare			STRUTTURA regolamentare		

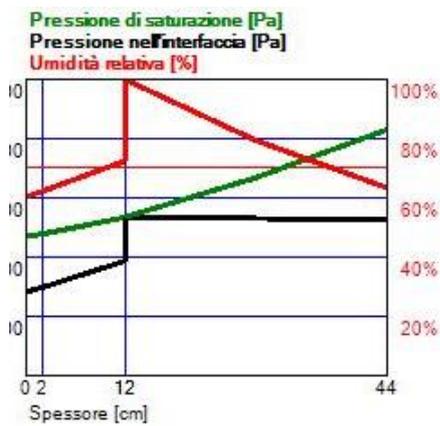
Verifica condensa interstiziale

FEBBRAIO



NESSUNA CONDENSA

MARZO

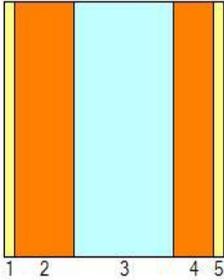
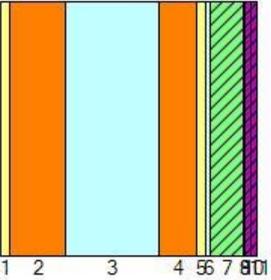


Condensa accumulata nell'interfaccia 3 tra bitume e solaio

STRUTTURA Non regolamentare

STRUTTURA regolamentare

ESEMPIO 2.1: PARETE ISOLATA DALL'INTERNO

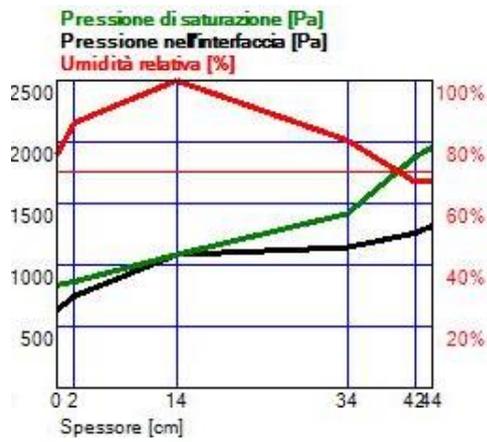
Parete originale			Parete isolata mediante: controparete con orditura metallica autoportante KNAUF W626		
					
1	INT	Malta di calce o di calce e cemento	1	INT	Malta di calce o di calce e cemento
2	MUR	Laterizi pieni sp.12 cm.rif.1.1.02	2	MUR	Laterizi pieni sp.12 cm.rif.1.1.02
3	INA	Camera non ventilata	3	INA	Camera non ventilata
4	MUR	Laterizi forati sp.8 cm.rif.1.1.19	4	MUR	Laterizi forati sp.8 cm.rif.1.1.19
5	INT	Intonaco di calce e gesso	5	INT	Intonaco di calce e gesso
			6	ISO	MINERAL WOOL035 KNAUF (sp.7,5cm)
			7	IMP	Barriera al vapore integrata nella lastra
			8	VAR	Lastra GKB Knauf (GKB+B.V.)
			9	VAR	Lastra KASA Knauf
Parametri stazionari			Parametri stazionari		
Spessore totale	0,440	m	Spessore totale	0,550	m
Massa superficiale	342,2	kg/m ²	Massa superficiale	362,9	kg/m ²
Massa superficiale esclusi intonaci	278,2	kg/m ²	Massa superficiale esclusi intonaci	298,9	kg/m ²
Resistenza	0,75	m ² K/W	Resistenza	3,14	m ² K/W
Trasmittanza U	1,33	W/m ² K	Trasmittanza U	0,319	W/m ² K

VERIFICA TRASMITTANZE					
Verifica invernale				Verifica invernale	
Trasmittanza		1326	W/m ² K	Trasmittanza	0,319
Trasmittanza di riferimento	di	0,26	W/m ² K	Trasmittanza di riferimento	di
Trasmittanza limite per edifici esistenti		0,28	W/m ² K	Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,28
				Bonus isolamento interno- Ulimite+30%	0,364
Verifica non superata			Verifica superata con il bonus isolamento		
Verifica estiva			Verifica estiva		
Irradianza media del mese di massima insolazione			Irradianza media del mese di massima insolazione		
269,6 W/m ² < 290 W/m ²			269,6 W/m ² < 290 W/m ²		
<i>Verifica inerziale non richiesta</i>			<i>Verifica inerziale non richiesta</i>		
VERIFICHE TERMO IGROMETRICHE					
Verifica superficiale					
	Rischio condensa	Rischio formazione muffe		Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	gennaio	gennaio	Mese critico	gennaio	gennaio
Fattore di temperatura	0,464	0,678	Fattore di temperatura	0,464	0,678
Resistenza minima accettabile	0,47 m ² K/W	0,78 m ² K/W	Resistenza minima accettabile	0,47 m ² K/W	0,78 m ² K/W
Resistenza dell'elemento	0,75 m ² K/W		Resistenza dell'elemento	3,14 m ² K/W	
Verifica non superata			STRUTTURA regolamentare		

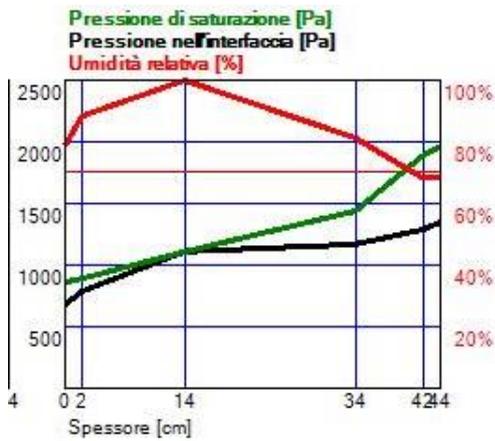
Verifica condensa interstiziale

NESSUNA CONDENSA

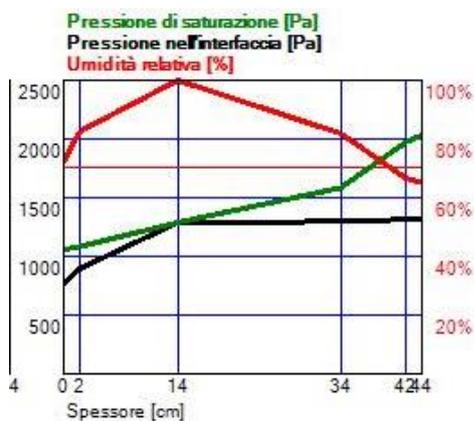
DICEMBRE



GENNAIO



FEBBRAIO

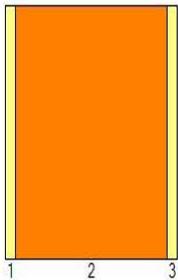
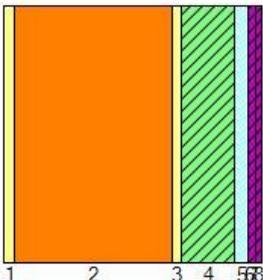


Condensa accumulata all'interfaccia 2

STRUTTURA Non regolamentare

STRUTTURA regolamentare

ESEMPIO 2.2 : PARETE ISOLATA DALL'INTERNO

Parete originale			Parete isolata mediante: controparete con orditura metallica autoportante KNAUF W626		
					
1	INT	Malta di calce o di calce e cemento	1	INT	Malta di calce o di calce e cemento
2	MUR	Laterizi alveolati sp.30 cm.rif.1.1.08	2	MUR	Laterizi alveolati sp.30 cm.rif.1.1.08
3	INT	Intonaco di calce e gesso	3	INT	Intonaco di calce e gesso
			4	ISO	KNAUF ISOROCCIA (sp. 10 cm)
			5	INA	Camera non ventilata
			7	IMP	Barriera al vapore integrata nella lastra
			8	VAR	Lastra GKB Knauf (GKB+B.V.)
			9	VAR	Lastra KASA Knauf
Parametri stazionari			Parametri stazionari		
Spessore totale	0,340	m	Spessore totale	0,492	m
Massa superficiale	324,1	kg/m ²	Massa superficiale	350,3	kg/m ²
Massa superficiale esclusi intonaci	260,1	kg/m ²	Massa superficiale esclusi intonaci	286,3	kg/m ²
Resistenza	0,99	m ² K/W	Resistenza	4,16	m ² K/W
Trasmittanza U	1,01	W/m ² K	Trasmittanza U	0,241	W/m ² K

VERIFICA TRASMITTANZE					
Verifica invernale				Verifica invernale	
Trasmittanza	1.009	W/m ² K	Trasmittanza	0,241	W/m ² K
Trasmittanza di riferimento	0,26	W/m ² K	Trasmittanza di riferimento	0,26	W/m ² K
Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,28	W/m ² K	Trasmittanza limite per edifici esistenti	0,28	W/m ² K
Verifica non superata			Verifica superata		
Verifica estiva			Verifica estiva		
Irradianza media del mese di massima insolazione 269,6 W/m ² < 290 W/m ²			Irradianza media del mese di massima insolazione 269,6 W/m ² < 290 W/m ²		
<i>Verifica inerziale non richiesta</i>			<i>Verifica inerziale non richiesta</i>		
VERIFICHE TERMO IGROMETRICHE					
Verifica superficiale					
	Rischio condensa	Rischio formazione muffe		Rischio condensa	Rischio formazione muffe
Mese critico	gennaio	gennaio	Mese critico	gennaio	gennaio
Fattore di temperatura	0,464	0,678	Fattore di temperatura	0,464	0,678
Resistenza minima accettabile	0,47 m ² K/W	0,78 m ² K/W	Resistenza minima accettabile	0,47 m ² K/W	0,78 m ² K/W
Resistenza dell'elemento	0,99 m ² K/W		Resistenza dell'elemento	4,16 m ² K/W	
STRUTTURA regolamentare			STRUTTURA regolamentare		
Verifica condensa interstiziale					
STRUTTURA regolamentare			STRUTTURA regolamentare		

3 Acustica e ristrutturazioni

3.1 La legislazione vigente

3.1.1 Il DPCM 5-12-1997

Gli edifici di nuova costruzione devono rispettare i limiti di isolamento ai rumori indicati nel DPCM 5/12/1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” che riguardano:

- Isolamento dai rumori aerei tra differenti unità immobiliari
- Isolamento dai rumori provenienti dall'esterno (isolamento di facciata)
- Isolamento dai rumori da calpestio
- Isolamento dai rumori degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo
- Tempo di riverberazione di aule scolastiche e palestre

Per ogni tipologia di rumore il DPCM indica:

- il descrittore da utilizzare
- i valori limite **da rispettare in opera**, a fine lavori

I paragrafi che seguono descrivono gli aspetti principali trattati nel DPCM 5/12/1997. Maggiori informazioni sono riportate nella [GUIDA ANIT - ACUSTICA](#) e nel [Volume 3](#) della collana ANIT “L'isolamento termico e acustico”. Il testo completo del Decreto è scaricabile dal sito www.anit.it

DESCRITTORI	
Potere fonoisolante apparente R'_w	Indica la capacità di una partizione realizzata in opera di limitare il passaggio di rumori aerei (voci, TV, radio, ecc.). Il parametro definisce in sostanza “quanti dB è in grado di eliminare la partizione”. Più il valore di R'_w è alto, migliore è la prestazione di isolamento.
Isolamento acustico di facciata $D_{2m,nTw}$	Caratterizza la capacità di una facciata di abbattere i rumori aerei provenienti dall'esterno. Anche questo parametro indica in sostanza “quanti dB” è in grado di eliminare la facciata. Alti valori di $D_{2m,nTw}$ evidenziano migliori prestazioni di isolamento.
Livello di rumore di calpestio di solai normalizzato L'_{nw}	Caratterizza la capacità di un solaio di abbattere i rumori impattivi. Si valuta azionando una macchina per il calpestio sul solaio da analizzare e misurando il livello di rumore percepito nell'ambiente disturbato. Di conseguenza più basso è il livello di rumore rilevato migliori sono le prestazioni di isolamento del solaio.
Livello di rumore di impianti a funzionamento discontinuo L_{ASmax}	Il parametro si valuta in sostanza misurando il “picco massimo” di rumore emesso dall'impianto. Il DPCM considera impianti a funzionamento discontinuo: ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria.
Livello di rumore di impianti a funzionamento continuo L_{Aeq}	Il descrittore si determina misurando il “livello costante” di rumore emesso dall'impianto. Il DPCM considera impianti a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.
Tempo di riverberazione T	È il tempo necessario perché un suono decada di 60 dB all'interno di un locale. Il parametro indica la qualità acustica di un ambiente e varia con la frequenza considerata.

Categorie di ambienti abitativi	LIMITI DA RISPETTARE				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	≥ 55	≥ 45	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti a residenze, alberghi, pensioni ed attività assimilabili	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	≤ 35
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	≤ 35

Tempo di riverberazione (T)

Il DPCM richiama la Circ. Min. LL. PP. n. 3150 del 22/05/1967 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici":

*"La media dei tempi di riverberazione **misurati** alle frequenze 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz, non deve superare **1,2 sec.** ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo. Nelle palestre la media dei tempi di riverberazione (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio) non deve superare **2,2 sec.**"*

Nota: Regolamenti edilizi o leggi regionali possono imporre valori limite più restrittivi.

3.1.2 Ristrutturazioni e cambio di destinazione d'uso

È obbligatorio rispettare i limiti del DPCM 5-12-1997 in caso di ristrutturazione o di cambio di destinazione d'uso di un edificio esistente? Il Decreto non specifica niente in merito.

Di seguito sintetizziamo alcune indicazioni, relative alle sole ristrutturazioni, riportate in varie Circolari Ministeriali e Leggi regionali. Si raccomanda di verificare la presenza di eventuali documenti più aggiornati ed eventuali indicazioni nei **Regolamenti Edilizi comunali**

CIRCOLARI MINISTERIALI

I documenti completi sono scaricabili da www.anit.it nella sezione "Leggi e norme – Acustica edilizia – DPCM 5-12-1997".

MINISTERO DELL'AMBIENTE – SETTEMBRE 1998

Il DPCM 5-12-1997 è da applicare per la ristrutturazione di edifici esistenti. Per ristrutturazione si intende il rifacimento anche parziale di impianti tecnologici, delle partizioni orizzontali e verticali degli edifici, ed il rifacimento delle facciate esterne, verniciatura esclusa.

MINISTERO DELL'AMBIENTE – MARZO 1999

Sono soggetti al rispetto dei limiti del DPCM 5-12-1997 tutti gli impianti tecnologici, sia installati ex-novo che in sostituzione di altri già esistenti. Non sono soggetti all'adeguamento delle caratteristiche passive delle pareti e dei solai gli edifici che non siano oggetto di totale ristrutturazione. L'accertato superamento dei limiti degli impianti tecnologici deve essere risolto con interventi sull'impianto ma senza adeguare le caratteristiche passive della pareti già esistenti.

CONSIGLIO SUPERIORE LAVORI PUBBLICI – GIUGNO 2014

Le disposizioni del DPCM 5-12-1997 devono essere applicate anche in caso di ristrutturazioni di edifici esistenti che prevedano il rifacimento anche parziale di impianti tecnologici e/o di partizioni orizzontali o verticali (solai, coperture, pareti divisorie, ecc.) e/o delle chiusure esterne dell'edificio (esclusa la sola tinteggiatura delle facciate), oppure la suddivisione di unità immobiliari interne all'edificio, cioè in definitiva tutti gli interventi di ristrutturazione che interessino le parti dell'edificio soggette al rispetto dei requisiti acustici passivi

regolamentati dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997. I limiti previsti del D.P.C.M. 5-12-1997 devono essere rispettati nel caso di rifacimento anche parziale di impianti tecnologici di particolare rumorosità, quali quelli previsti per gli impianti di riscaldamento/condizionamento, o impianti per laboratori tipo: officine meccaniche, laboratori sale prove motori, gallerie del vento, o altri che producano livelli analoghi di rumorosità. Anche nel caso delle partizioni orizzontali e verticali, nel caso di rifacimento si applicano i limiti del Decreto, mentre non vanno seguite le prescrizioni del D.P.C.M. 5-12-1997 nel caso di semplice tinteggiatura e restauro parziale delle pareti e/o intonaci esistenti.

LEGGI REGIONALI

I testi completi possono essere scaricati da www.anit.it nella sezione “Leggi e norme – Acustica edilizia – Leggi regionali”.

CALABRIA - L.R. 19/10/2009 n. 34 - Art. 24

Nella ristrutturazione e nei casi di recupero del patrimonio edilizio esistente [...] si tiene conto dei requisiti acustici passivi degli edifici [...] con la redazione di un progetto acustico [...] finalizzato al raggiungimento dei requisiti acustici passivi in opera definiti con DPCM 5/12/1997.

LOMBARDIA - L.R. 10/08/2001, n.13 - Art. 7

I progetti relativi ad interventi sul patrimonio edilizio esistente che ne modifichino le caratteristiche acustiche devono essere corredati da dichiarazione del progettista che attesti il rispetto dei requisiti acustici stabiliti dal DPCM 5/12/1997 e dai regolamenti comunali.

MARCHE – DGR 809 del 10/07/2006 – Nuovo par. 5.5 di “Criteri e linee guida L.R. 14/11/2001 n° 28”

Nei casi di ristrutturazione e recupero del patrimonio edilizio esistente, il Certificato Acustico di Progetto tiene conto solo dei requisiti acustici degli elementi costruttivi e degli impianti che verranno modificati. Qualora alcune o tutte le prestazioni normative non siano tecnicamente conseguibili, ovvero qualora, in base a valutazioni tecniche, economiche o di necessità di restauro conservativo di edifici storici, non possa essere garantito, in fase progettuale, il raggiungimento dei requisiti del DPCM 5/12/1997, la progettazione dovrà comunque tendere al miglioramento delle prestazioni passive e ne Certificato Acustico di Progetto dovrà essere indicata la prestazioni garantita.

SARDEGNA - Delib. n. 62/9 del 14/11/2008 – Parte VI, aggiornata con Delib. n. 18/19 del 5/4/2016

Le disposizioni contenute nel DPCM 5/12/1997 si applicano alla progettazione e realizzazione di ambienti abitativi, per i quali debba essere rilasciato il permesso di costruire per gli interventi sotto riportati:

- nuova costruzione;
- ampliamento e ristrutturazione di costruzioni esistenti che già rispettano il D.P.C.M. 5 dicembre 1997;
- ristrutturazione edilizia limitatamente ai casi di demolizione e ricostruzione, e ristrutturazione globale;
- ristrutturazione e/o risanamento conservativo con contestuale cambio di destinazione d'uso relativamente all'intero edificio e non ad una singola unità immobiliare.

UMBRIA – L.R. N° 1/2015 Art. 196

I progetti relativi a nuove costruzioni e quelli riguardanti gli interventi di ristrutturazione urbanistica di cui all'articolo 7, comma 1, lettera f) devono essere corredati del progetto acustico, sulla base dei criteri determinati all'articolo 128 delle norme regolamentari, Titolo III. Il progetto acustico, predisposto nel rispetto dei requisiti stabiliti dal d.p.c.m. 5 dicembre 1997 e dai regolamenti comunali, è redatto da un tecnico competente in acustica ambientale o da un tecnico abilitato alla progettazione edilizia del fabbricato oggetto dell'intervento.

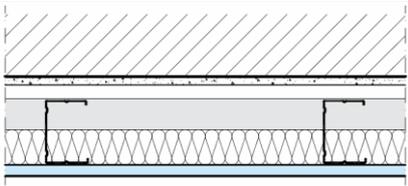
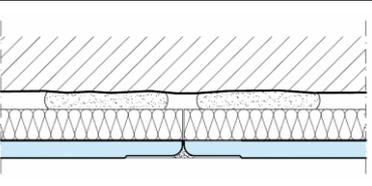
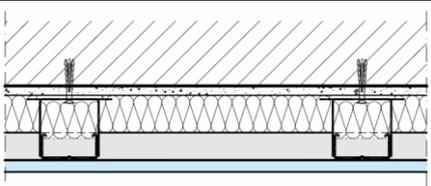
(*) Nota: L'art. 7, comma 1, lettera f) riporta la seguente definizione: “interventi di ristrutturazione urbanistica”, quelli rivolti a sostituire l'esistente tessuto urbanistico-edilizio, urbano o rurale, con altro diverso, mediante un insieme sistematico di interventi edilizi, anche con la modifica e/o lo spostamento dell'area di sedime e la modificazione del disegno dei lotti, degli isolati edilizi e della rete stradale;

3.2 Migliorare le prestazioni acustiche degli edifici con i sistemi a secco

Di seguito si riporta un elenco di sistemi costruttivi a secco che permettono di migliorare le prestazioni acustiche degli edifici esistenti.

Contropareti a secco

Le contropareti a secco possono aumentare il potere fonoisolante (R'_w) di una parete esistente. Come per il miglioramento dell'efficienza energetica le contropareti possono essere di tipo:

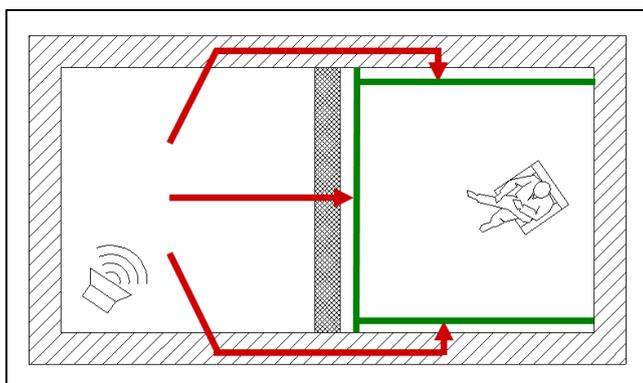
		
Su struttura autoportante KNAUF W626/W625	Incollate alla parete esistente KNAUF W624	Collegate alla parete esistente KNAUF W623

L'entità del miglioramento acustico dipende da:

- Tipologia di controparete utilizzata
- Tipologia di lastre e materiale isolante utilizzati
- Prestazione fonoisolante della partizione esistente
- Incidenza delle trasmissioni laterali di rumore

In generale:

- Più è bassa la prestazione fonoisolante della parete esistente più è "facile" migliorarne le caratteristiche.
- Si ottengono prestazioni migliori se si utilizzano:
 - soluzioni desolidarizzate dalla struttura esistente,
 - materiali isolanti fonoassorbenti
 - lastre con densità maggiore.
- È opportuno limitare la presenza di impianti (scatole elettriche, prese, interruttori, ecc.)
- Se vi sono importanti trasmissioni laterali l'intervento può risultare poco efficace. In questi casi può diventare necessario rivestire con contropareti/controsoffitti anche le strutture laterali e realizzare una "scatola nella scatola".



Contropareti interne o esterne, realizzate sulle pareti di facciata, possono migliorare l'isolamento acustico ai rumori esterni ($D_{2m,Tw}$). È importante però ricordare che la prestazione finale dipende molto dalle caratteristiche di tutti gli elementi che compongono la facciata. Nel caso le finestre abbiano scarse

caratteristiche fonoisolanti o vi siano altri “ponti acustici” (ad es. aperture per il ricambio dell’aria), le contropareti non determineranno evidenti miglioramenti.

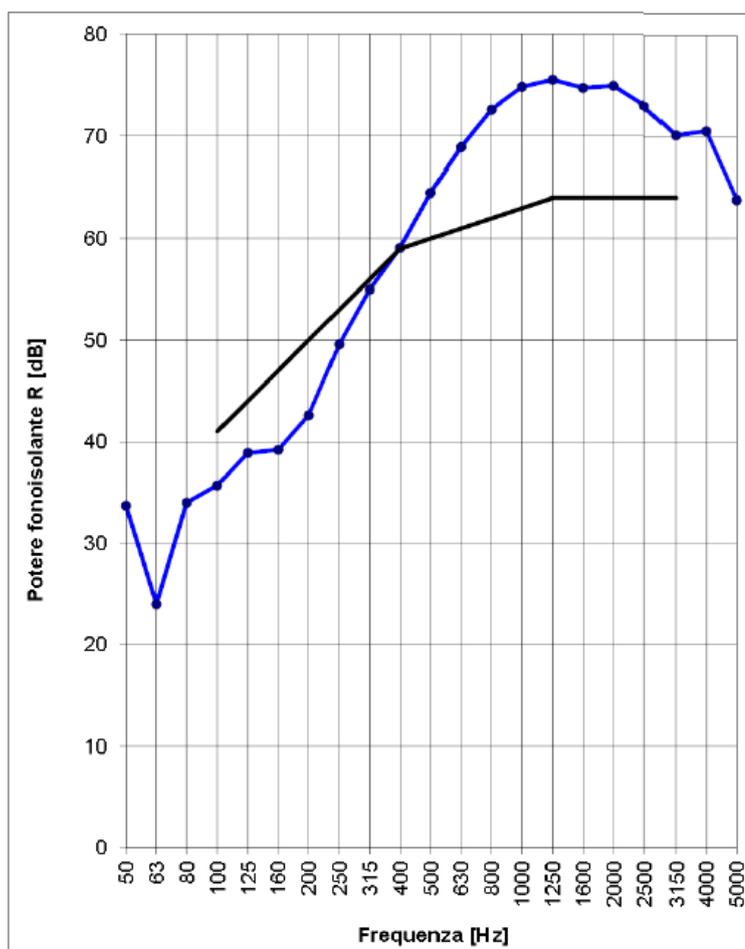
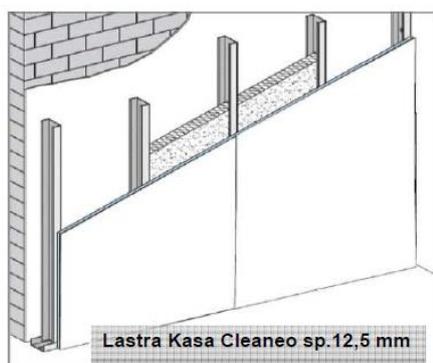
Di seguito si riportano i risultati di un **test di laboratorio** di misura dell’indice di potere fonoisolante (R_w) di una parete in laterizi, isolata con una controparete su struttura autoportante.

Si precisa che il dato riguarda la sola struttura in esame e non considera le trasmissioni laterali di rumore che saranno presenti in opera. È possibile stimare quale potrà essere la prestazione in cantiere eseguendo un calcolo previsionale con i modelli di calcolo delle norme UNI EN 12354, ad esempio utilizzando il [software ECHO](#), fornito ai Soci ANIT.

Controparete autoportante, distanziata 5 mm dalla faccia di un forato da 80 mm intonacato su entrambi i lati con 15 mm di malta cementizia. (Spessore totale controparete: 62,5 mm)

Cotroparete realizzata con:

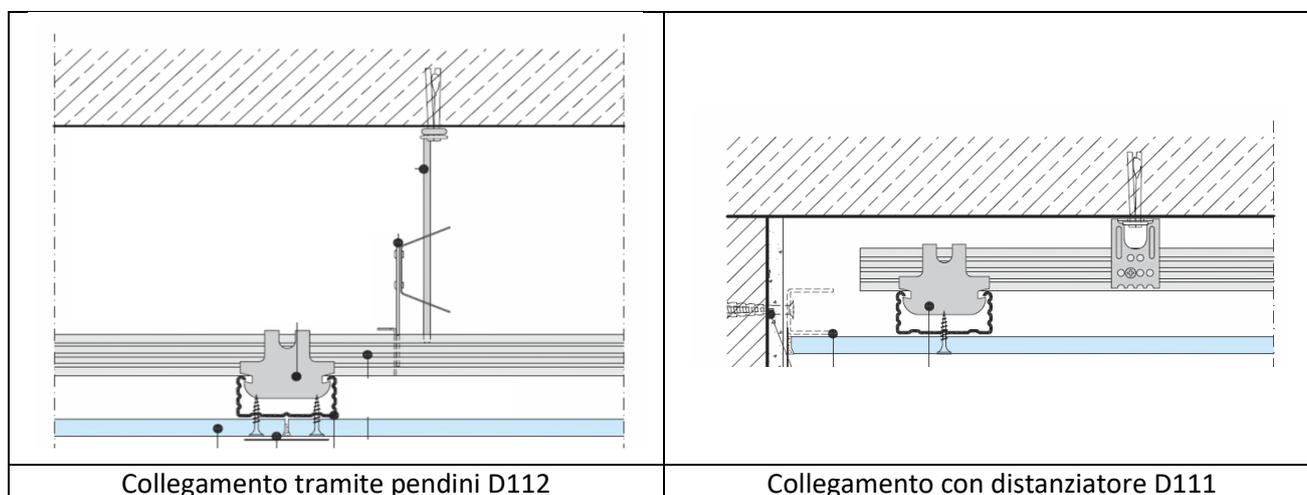
- **Lastre:** 1 lastra Knauf Kasa Cleaneo C spessore 12,5 mm
- **Profili:** Montanti Knauf a “C” 50/50/50, sp.0,6 mm, interasse 600 mm distanziati 5 mm dalla parete in forato, Guide Knauf a “U” 40/50/40, sp. 0,6 mm.
- **Isolamento:** Pannello in lana minerale, Sp.40 mm inserito all’interno dei montanti a C



$R_w (C; C_{tr}) = 60 (-3; -9) \text{ dB}$

Controsoffitti fonoisolanti

I controsoffitti fonoisolanti, realizzati con lastre continue, permettono di migliorare l'isolamento ai rumori aerei (R'_w) e ai rumori da calpestio (L'_{nw}) dei solai. I controsoffitti, per questioni statiche, devono essere collegati al solaio esistente tramite pendini o opportuni distanziatori.



Anche in questo caso l'incremento di isolamento ai rumori aerei e da calpestio dipende da:

- tipologia di controsoffitto e di collegamento
- tipologia di lastre e materiale isolante
- prestazione del solaio esistente
- incidenza delle trasmissioni laterali di rumore

Come per le contropareti:

- Più è bassa la prestazione del solaio più è "facile" migliorarne le caratteristiche.
- In genere si ottengono prestazioni migliori se si utilizzano **pendini in grado di limitare la trasmissione di vibrazioni**, materiali isolanti fonoassorbenti e lastre con densità maggiore.
- Se vi sono importanti trasmissioni laterali l'intervento può risultare poco efficace e può diventare necessario rivestire con contropareti le partizioni laterali e realizzare una "scatola nella scatola".

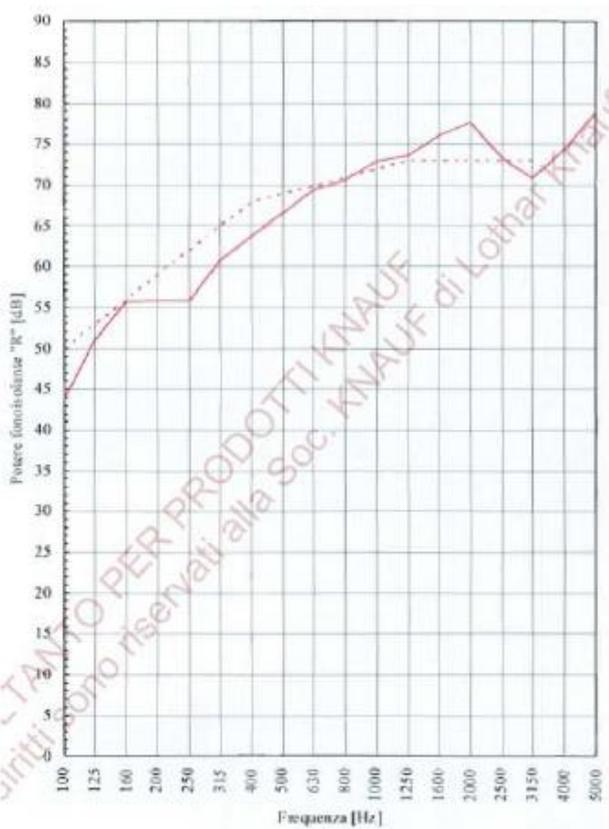
Di seguito si riportano i risultati di un **test di laboratorio** di misura dell'indice di potere fonoisolante (R_w) e del livello di calpestio (L_{nw}) di un solaio in laterocemento, controplaccato con un controsoffitto.

Anche in questo caso si specifica che il dato riguarda la sola struttura in esame e non considera le trasmissioni laterali di rumore.

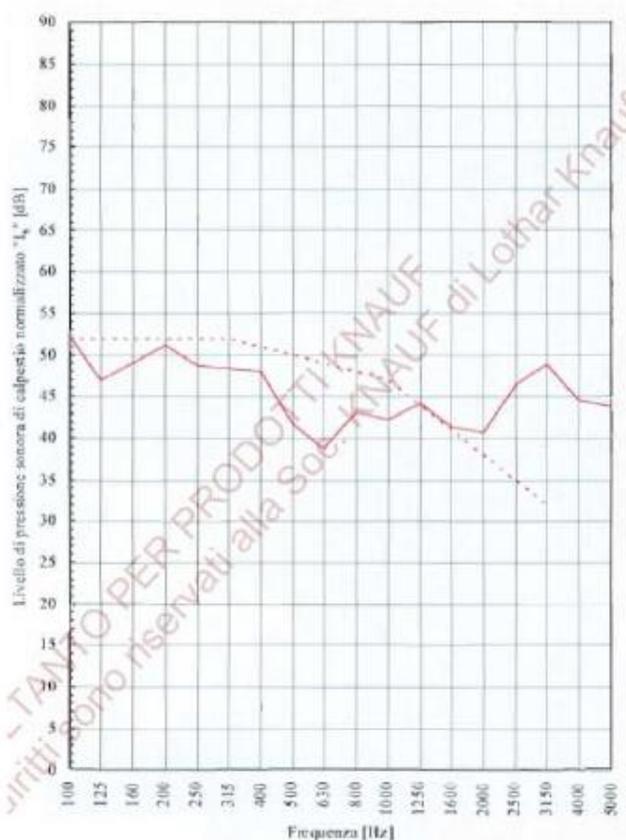
Controsoffitto fissato su una soletta in latero cemento, 16 + 4 cm, finita all'intradosso con un intonaco spesso 15 mm. (Spessore totale controsoffitto: 213 mm)

Controsoffitto realizzato con:

- **Lastre:** 1 lastra Knauf GKB spessore 12,5 mm.
- **Profili:** - Guide Knauf a "U" 30/27/30, sp. 0,6 mm
 - - Orditura principale con profili Knauf "C Plus" 27/50/27, sp.0,6 mm, int. 1000 mm
 - - Orditura secondaria con profili Knauf "C Plus" 27/50/27, sp.0,6 mm, int. 500 mm
- **Sospensione:** Pendino e gancio con molla, interasse 750 mm
- **Isolamento:** doppio strato di "Knauf Ekovetro R" sp.45 mm inserito in intercapedine
- **Gancio:** Gancio di unione ortogonale Knauf a base doppia



Rw (C; Ctr) = 69 (-3; -8) dB



L_n (C₁) = 50 (-6) dB

Controsoffitti fonoassorbenti

I controsoffitti fonoassorbenti, realizzati con apposite lastre in grado di assorbire i suoni, in genere hanno una limitata incidenza sull'isolamento ai rumori aerei e da calpestio, ma consentono di controllare il tempo di riverbero (T) della stanza nella quale vengono installati.

Il risultato finale dipende principalmente da:

- Tipo, quantità e posizionamento dei pannelli fonoassorbenti utilizzati
- Dimensioni dell'ambiente abitativo

Massetti a secco

I massetti a secco permettono di ridurre i rumori da calpestio e aumentare l'isolamento ai rumori aerei dei solai sui quali vengono installati. Le lastre vengono posate su materiale granulare o su materiale resiliente in pannelli o rotoli. In alcuni interventi vengono utilizzati entrambi i materiali.

La prestazione finale dipende dalla tipologia di massetto a secco utilizzato (lastre e materiale sottostante) e dalle caratteristiche del solaio esistente.

Riduzione del livello di rumore da impianti

Per ridurre il livello di rumore da impianti, percepito in un ambiente abitativo, può essere utile controplaccare la partizione che trasmette il disturbo con contropareti, controsoffitti o massetti a secco. Se però non è facile individuare la sorgente di rumore, in alcuni casi può diventare necessario realizzare una "scatola nella scatola" utilizzando tutti i sistemi sopra citati.

Tabella di sintesi

La tabella che segue sintetizza quali soluzioni tecnologiche utilizzare per le varie problematiche.

	Isolamento ai rumori aerei (R'_w)	Isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$)	Rumori da calpestio (L'_{nw})	Rumori da impianti ($L_{ASmax} - L_{Aeq}$)	Tempo di riverbero (T)
Contropareti interne	•	•		•	
Contropareti esterne		•			
Controsoffitti fonoisolanti	•		•	•	
Controsoffitti fonoassorbenti					•
Massetti a secco	•		•	•	

Note sulla posa in opera

Nel caso in un ambiente abitativo esistente si debbano realizzare più sistemi costruttivi a secco, ad esempio per realizzare una "scatola nella scatola", in genere si procede eseguendo prima le contropareti, poi i controsoffitti e infine i massetti a secco. In tal modo si riescono a controllare meglio sia l'isolamento termico che acustico dell'ambiente che la statica delle partizioni posate.

3.3 Esempio di calcolo – ΔR_w controparete

Si propone di seguito un esempio di calcolo di incremento di potere fonoisolante su una parete esistente con una controparete a secco.

L'incremento di potere fonoisolante ΔR_w , può essere calcolato in funzione della frequenza di risonanza (f_0) del sistema "struttura di base-rivestimento". Per le contropareti a secco su struttura autoportante la frequenza di risonanza è pari a:

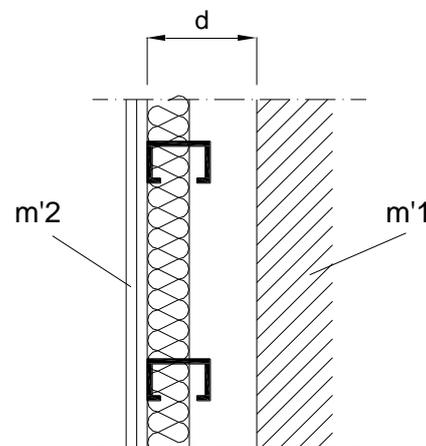
$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0,111}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$$

dove:

d è lo spessore della cavità [m]

m'_1 è la massa per unità di superficie della parete esistente [kg/m^2]

m'_2 è la massa per unità di superficie della controparete [kg/m^2]



In funzione di f_0 , e del potere fonoisolante (R_w) della parete esistente, si ricava il valore di ΔR_w

Frequenza di risonanza f_0	ΔR_w
$f_0 \leq 80$	$35 - \frac{R_w}{2}$
$80 < f_0 \leq 125$	$32 - \frac{R_w}{2}$
$125 < f_0 \leq 200$	$28 - \frac{R_w}{2}$
$200 < f_0 \leq 250$	-2

Frequenza di risonanza f_0	ΔR_w
$250 < f_0 \leq 315$	-4
$315 < f_0 \leq 400$	-6
$400 < f_0 \leq 500$	-8
$500 < f_0 \leq 1600$	-10
$f_0 > 1600$	-5

Se si considera una partizione in laterizi forati (sp. 8 cm) intonacata sui due lati e una controparete su struttura autoportante, realizzata con doppia lastra in gesso rivestito e intercapedine da 8 cm parzialmente riempita con 5 cm di lana minerale, si possono ipotizzare i seguenti dati di ingresso.

$$R_w \text{ parete: } \mathbf{39 \text{ dB}} \quad m' \text{ parete: } 90 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad m' \text{ controparete: } 22,5 \text{ kg}/\text{m}^2 \quad d = 0,08 \text{ m}$$

E di conseguenza:

$$f_0 = 44,4 \text{ Hz}$$

$$\Delta R_w = \mathbf{15,5 \text{ dB}}$$

$$R_w + \Delta R_w = \mathbf{54,5 \text{ dB}}$$

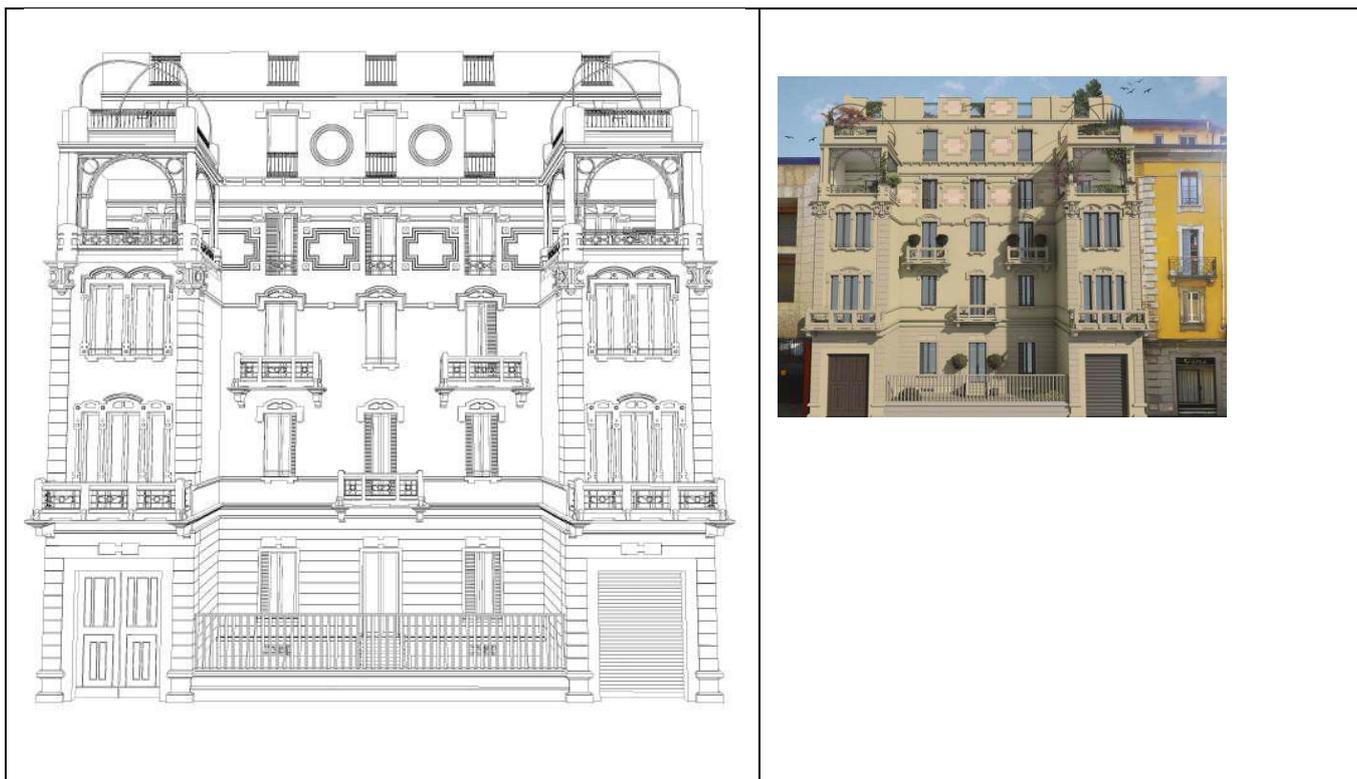
Nota: Anche in questo caso il calcolo analizza solo l'incremento di prestazione fonoisolante della parete in esame. Non prende in considerazione le trasmissioni di rumore attraverso le strutture laterali che saranno presenti in opera.

4 Esempio di riqualificazione termica ed acustica globale

Si riporta in sintesi un lavoro di riqualificazione eseguito a Milano su un palazzo liberty in centro storico.

Sull'edificio non era possibile intervenire dall'esterno e quindi il progettista ha previsto di isolare dall'interno le pareti verticali e le partizioni orizzontali, sia quelle verso l'esterno che quelle tra diverse unità immobiliari per limitare oltre che le dispersioni termiche anche il disturbo da rumore.

Progettare un isolamento continuo che comprende tutte le componenti (orizzontali e verticali) permette di ridurre notevolmente il problema dei ponti termici che altro non sono che discontinuità di coibentazione.

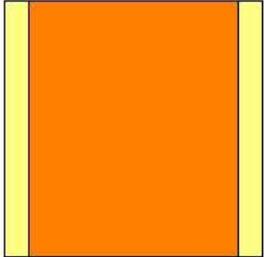
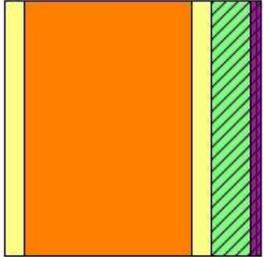


Di seguito riportiamo alcune immagini dell'intervento per cui sono state utilizzate tutte strutture a secco con lastre in cartongesso GKB con barriera al vapore verso l'esterno e dai 7 ai 10 cm di isolante che, tenendo conto del bonus del 30% sulle trasmittanze limite previsto per l'isolamento dall'interno, ha permesso di rispettare ampiamente i requisiti di efficienza energetica e l'isolamento omogeneo su tutte le partizioni ha portato ad una classe energetica molto elevata.

L'isolamento delle pareti perimetrali in mattone pieno di 42 cm ha permesso di migliorare la prestazione termica e ridurre le dispersioni passando da una trasmittanza termica di $1,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ a $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le partizioni isolate con 10 cm di MINERAL WOOL 035 KNAUF e $0,34 \text{ W/m}^2\text{K}$ per le partizioni isolate con 7 cm .

Tali prestazioni sono ampiamente comprese nei limiti previsti dalla Legislazione della Regione Lombardia che prevede in generale una trasmittanza limite di $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$ aumentata per l'isolamento dall'interno a $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Il confronto tra il prima e dopo, considerando un isolamento di 10 cm è riportato nelle tabelle di seguito.

Parete originale			Parete isolata mediante: controparete con orditura metallica autoportante W626				
							
1	INT	Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno	1	INT	Intonaco di cemento sabbia e calce per esterno		
2	MUR	Laterizi pieni sp.42 cm.rif.1.1.01	2	MUR	Laterizi pieni sp.42 cm.rif.1.1.01		
3	INT	Intonaco di calce e gesso	3	INT	Intonaco di calce e gesso		
			4	ISO	MINERAL WOOL 035 KNAUF		
			5	IMP	foglio d alluminio		
			6	VAR	lastra GKB Knauf (GKB+B.V.)		
			7	VAR	lastra KASA Knauf		
Parametri stazionari							
Spessore totale		0,520	m	Spessore totale		0,645	m
Massa superficiale		924,8	kg/m ²	Massa superficiale		946,2	kg/m ²
Massa superficiale esclusi intonaci		764,8	kg/m ²	Massa superficiale esclusi intonaci		786,2	kg/m ²
Resistenza		0,84	m ² K/W	Resistenza		3,82	m ² K/W
Trasmittanza U		1,19	W/m ² K	Trasmittanza U		0,26	W/m ² K
Verifiche termoigrometriche							
STRUTTURA regolamentare				STRUTTURA regolamentare			

Per l'isolamento acustico tra le differenti unità immobiliari è stata prevista una specifica progettazione delle partizioni interne e delle connessioni ai giunti con le strutture perimetrali.

Isolamento omogeneo: Intervento "Box in the Box" mediante contropareti W626 e controsoffitti D117/D112



Isolamento pareti verticali W626 GKB+B.V. e KASA e prima fase di lavorazione controsoffitti ad orditura autoportante D117



Attenzione ai particolari artistici e storici integrati con le tecnologie ad elevato isolamento termico-acustico



Isolamento EKOVETRO sp.100mm nell'intercapedine del controsoffitto D117



5 Esempio di isolamento acustico di solai in legno

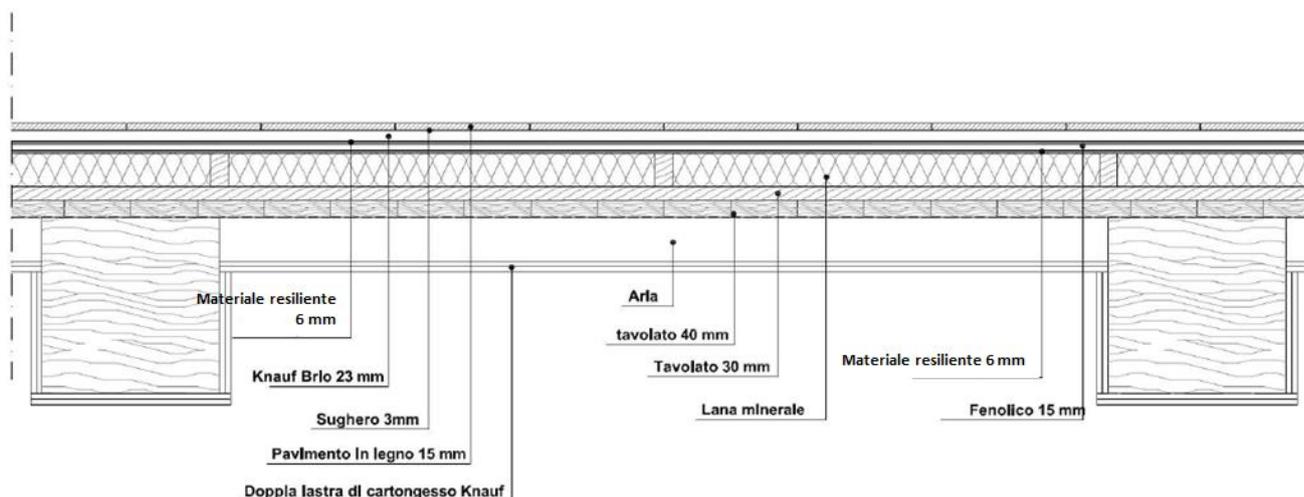
Di seguito si riportano i risultati di prove in opera di isolamento ai rumori aerei e da calpestio eseguite su un solaio in legno di un edificio residenziale riqualificato.

Le misure, pur non essendo generalizzabili su altri edifici in quanto caratterizzano le sole partizioni esaminate, evidenziano come una corretta applicazione di sistemi a secco su solai leggeri possa permettere di raggiungere il rispetto delle prescrizioni legislative. In particolare nel caso in esame si ha una combinazione di massetto a secco, materiali resilienti e controsoffitto a doppia lastra.

Nota: Le pareti esterne dell'edificio sono strutture in pietra molto massive dello spessore di 50 ÷ 60 cm, isolate internamente con controparete a doppia lastra in cartongesso, e le pareti interne di nuova costruzione sono state realizzate a secco. Questi aspetti comportano, per il caso in esame, una ridotta influenza delle trasmissioni laterali di rumore attraverso le pareti verticali.

Stratigrafia del solaio tra piano terra e piano primo:

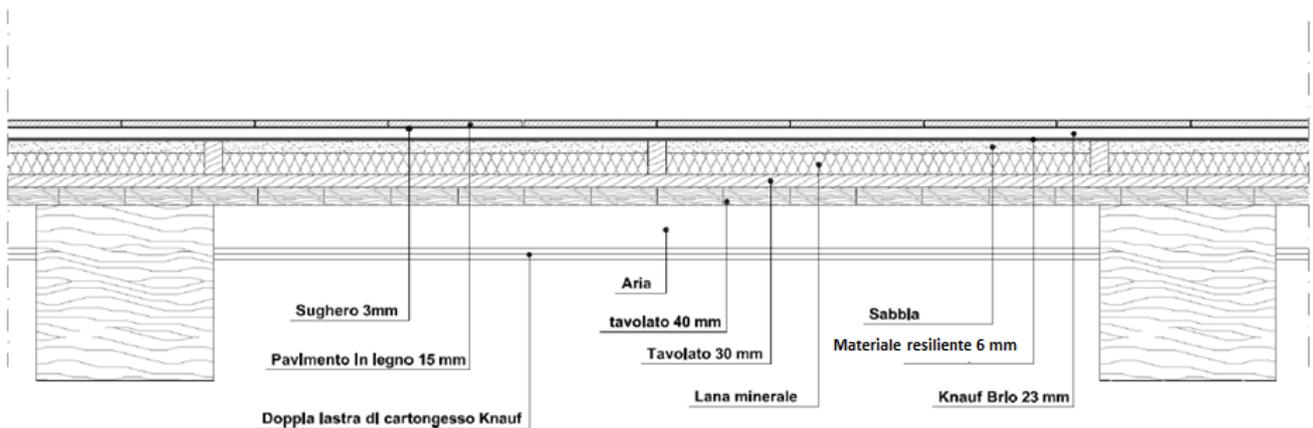
1. Pavimento in legno 15 mm
2. Sughero 3 mm
3. Lastre Knauf BRIO 23 mm
4. Materiale resiliente 6 mm
5. Fenolico 15 mm
6. Materiale resiliente 6 mm
7. Lana minerale
8. Tavolato 30 mm
9. Tavolato 40 mm
10. Aria
11. Doppia lastra GKB Knauf



		Misura in opera	Limite di legge (DPCM 5-12-1997)
Indice di potere fonoisolante apparente	$R'w$	53	≥ 50 dB
Indice di livello di rumore da calpestio	L'_{nw}	57	≤ 63 dB

Stratigrafia del solaio tra piano primo e sottotetto:

1. Pavimento in legno 15 mm
2. Sughero 3 mm
3. Lastre Knauf BRIO 23 mm
4. Materiale resiliente 6 mm
5. Sabbia
6. Lana minerale
7. Tavolato 30 mm
8. Tavolato 40 mm
9. Aria
10. Doppia lastra GKB Knauf



		Misura in opera	Limite di legge (DPCM 5-12-1997)
Indice di potere fonoisolante apparente	R'_w	52	≥ 50 dB
Indice di livello di rumore da calpestio	L'_{nw}	59	≤ 63 dB

CONTATTI

- **ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico**
Via Lanzone 31 - 20123 Milano
Tel. 02-89415126
www.anit.it
info@anit.it

- **KNAUF**
Via Livornese 20- 56040- CASTELLINA M.MA (Pisa)
Tel. 050- 69211
www.knauf.it
knauf@knauf.it

ANIT
Associazione
Nazionale
per l'Isolamento
Termico e acustico



ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, ha tra gli obiettivi generali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone.

ANIT

- Diffonde la corretta informazione sull'isolamento termico e acustico degli edifici
- Promuove la normativa legislativa e tecnica
- Raccoglie, verifica e diffonde le informazioni scientifiche relative all'isolamento termico ed acustico
- Promuove ricerche e studi di carattere tecnico, normativo, economico e di mercato

I soci **ANIT** si dividono nelle categorie

- **SOCI INDIVIDUALI**: Professionisti, studi di progettazione e imprese
- **SOCI AZIENDA**: Produttori di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico
- **SOCI ONORARI**: Enti pubblici e privati, Università e Scuole Edili, Ordini e Collegi professionali

STRUMENTI PER I SOCI

I soci ricevono



Costante aggiornamento sulle norme in vigore con le **GUIDE ANIT**



I Software **ANIT** per calcolare tutti i parametri energetici, igrotermici e acustici degli edifici



Servizio di chiarimento tecnico da parte dello Staff **ANIT**



La rivista specializzata **Neo-Eubios**

I servizi e la quota di iscrizione variano in base alla categoria di associato
I Soci Individuali possono accedere alla qualifica "**Socio Individuale Più**" per ottenere servizi avanzati

Per informazioni

www.anit.it

info@anit.it

Tel. 0289415126

ANIT - Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico
Via Lanzone 31 - 20123 – Milano