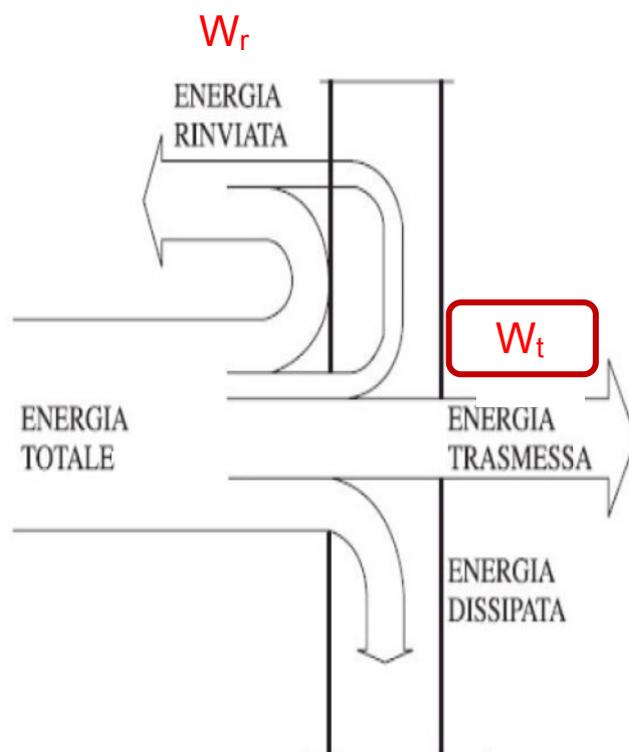


## ISOLAMENTO ACUSTICO DEGLI EDIFICI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

In campo civile, in particolar modo per quanto riguarda abitazioni, uffici e locali pubblici, lo studio dell'acustica è molto importante al fine di garantire un buon isolamento acustico da parte sia dell'involucro esterno sia delle partizioni interne. L'isolamento acustico è fondamentale al fine di avere edifici sia confortevoli per gli occupanti, sia conformi alla normativa vigente.

Partiamo analizzando lo schema dell'energia che interagisce con un divisorio. In questo schema ci soffermiamo sulla parte di *Energia Trasmessa*, in quanto ci occupiamo di requisiti acustici passivi, cioè di isolamento e trasmissione di energia. L'energia trasmessa è rappresentata dal *Coefficiente di Trasmissione "t"*, che fa parte, insieme al *Coefficiente di Assorbimento "a"* e al *Coefficiente di Riflessione "r"*, della seguente relazione:



$$a + t + r = 1$$

Tenendo conto della quantità di energia trasmessa da un materiale, possiamo definire un materiale fonoisolante quando minimizza la potenza sonora trasmessa " $W_t$ ". Parliamo invece di materiale fonoassorbente quando minimizza la potenza sonora riflessa " $W_r$ ".

I concetti di *materiale fonoisolante* e *materiale fonoassorbente* sono molto diversi. Ad esempio, una parete di acciaio dello spessore di 10cm, come la corazza di un carrarmato, ha un incredibile potere fonoisolante, non lascia passare nulla ma, in compenso, riflette tutto, quindi è un pessimo materiale fonoassorbente. Invece, quei tendoni pesanti, che si trovano nei cinema, sono degli ottimi fonoassorbenti, in quanto eliminano l'eco di ritorno delle pareti, ma, in termini fonoisolanti, sono praticamente inutili, in quanto stando dietro la tenda è possibile sentire il sonoro dei film proiettati. Esistono, comunque, materiali che sono simultaneamente dei buoni fonoassorbenti e dei buoni fonoisolanti, come quelli utilizzati per le barriere antirumore lungo le strade. Per ottenere proprietà fonoassorbenti e fonoisolanti è necessario accoppiare materiali con proprietà diverse. Un materiale fonoisolante è impermeabile, cieco, senza fori, duro, liscio, pesante, compatto e non poroso, quindi un materiale solido, compatto, ad alta densità (una lastra di piombo) e smorzato, in grado, cioè, di estinguere rapidamente l'energia vibrante trasformandola in calore. Lo capacità di smorzamento di un materiale è riscontrabile colpendo direttamente la superficie. Tutte le precedenti caratteristiche presenti in un materiale fonoisolante, tranne lo smorzamento sono, invece, negative per il fonoassorbimento. Un materiale fonoassorbente deve essere poroso, deve avere una trama aperta con dei vuoti, deve lasciare che il suono lo penetri. Le barriere antirumore stradali, che sono isolanti e assorbenti, saranno quindi composte davanti, lato suono, da un materassino di lana di

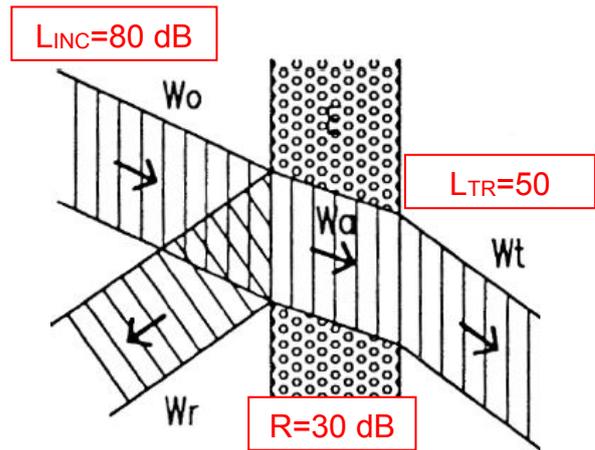
vetro o fibra poliestere, materiali porosi e leggeri, e dietro da una parete di calcestruzzo o di lamiera d'acciaio, pesante, rigida e compatta.

## POTERE FONISOLENTE

Materialmente il fonoisolamento è definito dal *Coefficiente di trasmissione "t"*, numero che però nella pratica viene sostituito dal *Potere fonoisolante "R"*, che non è altro che *t* messo in dB.

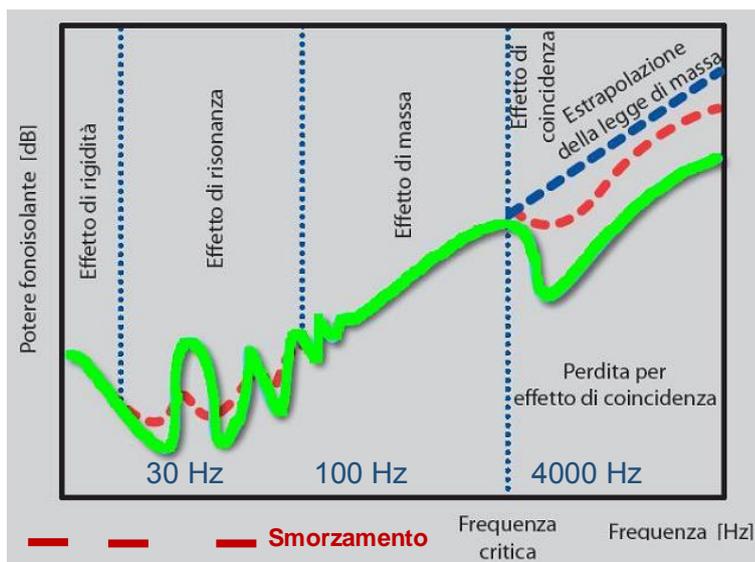
Coefficiente di trasmissione:  $t = \frac{W_t}{W_o} (<1)$

Potere fonoisolante:  $R = 10 \log_{10} \left[ \frac{1}{t} \right] \text{ (dB)}$



Esempio potere fonoisolante di parete con R = 30 dB

Il potere fonoisolante varia fortemente con la frequenza, come si può vedere a fianco nel diagramma, che mostra l'andamento tipico del valore di R in funzione della frequenza. Nel diagramma si individuano 4 diverse regioni:



- Regione governata dalla **rigidità** del pannello (R cala di 6dB/ottava)
- Regione governata dalla **risonanza** (frequenze naturali di risonanza proprie del pannello)
- Regione governata dalla **massa** del pannello (R cresce di 6dB/ottava)
- Regione di **coincidenza** (l'effetto di coincidenza riduce il potere fonoisolante del pannello)

(1 ottava = raddoppia la frequenza)

Per quanto riguarda la regione governata dalla rigidità, si deve sapere che non contano il peso, la forma e le dimensioni di una parete ma conta solo quanto il materiale di cui è fatta la parete ha una rigidità elevata. La rigidità di una parete omogenea è proporzionale al modulo elastico del materiale ed al momento di inerzia della parete stessa, che dipende dalla quarta potenza dello spessore. Quindi aumentando lo spessore e utilizzando un materiale più rigido, cresce il potere fonoisolante alle frequenze basse (20-30 Hz) tipiche della regione governata dalla rigidità.

La successiva regione delle risonanze ed antirisonanze è quella più interessante in quanto un qualunque corpo ha delle proprie frequenze naturali di risonanza (alle quali il corpo vibra) e di anti-risonanza (alle quali il corpo non vibra). Alle frequenze di risonanza si hanno dei "buchi" di potere fonoisolante mentre alle frequenze di anti-risonanza si hanno dei picchi di potere fonoisolante, in quanto la parete diventa rigida e non trasmette. I valori di frequenza di risonanza e anti-risonanza delle varie pareti dipendono da fattori geometrici (parete grande=frequenze di risonanza basse), dal materiale, dallo stato di caricamento statico (una parete scarica ha frequenze di risonanza basse), dai vincoli. A causa di tutte queste variabili, i tecnici acustici svolgono i loro calcoli ipotizzando che il potere fonoisolante della parete corra basso seguendo l'involuppo dei minimi (comportamento "al peggio"). Nella regione di risonanza, per attenuare l'effetto delle risonanze, il principale espediente che si può utilizzare è lo smorzamento. La parete che dà picchi e valli molto pronunciati, se smorzata, segue la linea tratteggiata in rosso, che corre mediamente più alta. Lo smorzamento si può ottenere in diversi modi come ad esempio inserendo un foglio di plastica smorzante tra le due lastre di un cristallo antisfondamento. I materiali smorzanti sono utilizzati negli edifici costruiti interamente a secco, che hanno spesso seri problemi acustici con risonanze fino a 1000Hz, mentre le strutture in getto di malta sono smorzate dalle proprietà del calcestruzzo.

Nella successiva regione, governata dalla massa della parete (100-4000Hz), diversamente dalla regione precedente, si ha un andamento molto lineare e quindi il comportamento fonoisolante diventa estremamente certo. Ed è possibile un facile calcolo analitico (legge di Massa) che consente di calcolare il valore di R a ciascuna frequenza.

Nella regione governata dalla coincidenza si nota una brusca caduta del potere fonoisolante, causata proprio dalla coincidenza della  $\lambda_{vib}$  vibrazionale della parete e la  $\lambda_a$  dell'aria. Questo fenomeno avviene solitamente a frequenze alte e crea problemi nei casi di pareti molto sottili, nelle quali la frequenza di coincidenza si sposta in basso. In campo edilizio, l'unica struttura veramente sottile è costituita dai vetri delle finestre ed anche in questo caso lo smorzamento riduce i dB persi a causa della coincidenza.

## LA LEGGE DI MASSA

Con la legge di massa, che vale alle frequenze intermedie, è possibile stimare il *potere fonoisolante R*:

$$R = 20 \cdot \log_{10}(\sigma \cdot f) - 44.0$$

$\sigma$  = Massa areica (kg/m<sup>2</sup>) o

Massa per unità di superficie o

Densità superficiale ( $\rho \cdot$  spessore)

$f$  = Frequenza

| Materiale           | Massa per unità di superficie per unità di spessore ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1}$ ) |
|---------------------|--|
| Piombo              | 11,2   |
| Acciaio             | 8,1  |
| Calcestruzzo armato | 2,3  |
| Mattone             | 1,9  |
| Vetro               | 2,5  |
| Perspex             | 1,15   |
| Cemento-amianto     | 1,9  |
| Alluminio           | 2,7  |
| Masonite            | 0,81   |
| Lastra di gesso     | 0,75   |
| Compensato          | 0,58   |

Utilizzando la *legge di massa*, ad ogni raddoppio della massa della parete o della frequenza, l'incremento di R è di 6 dB.

Questa legge è importante e direttamente utilizzabile per la progettazione, per capire se i materiali utilizzati sono sufficientemente pesanti per garantire l'isolamento acustico.

### Esempio – Legge di massa

Si considera una parete di CLS con:

- $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$
- Spessore = 0.2 m
- $\sigma = (2400 \cdot 0.2) = 480 \text{ kg/m}^2$
- $f = 1000 \text{ Hz}$

$$R = 20 \cdot \log_{10}(\sigma \cdot f) - 44.0$$

$$R = 20 \cdot \log_{10}(480 \cdot 1000) - 44.0 = 69.62 \text{ dB}$$

Il potere fonoisolante ottenuto è molto grande, tenendo conto che la normativa italiana richiede un  $R = 50\text{dB}$  tra due appartamenti confinanti. Si tenga comunque in considerazione il fatto che se una parete non pesa almeno  $250 \text{ kg/m}^2$  non rispetta la normativa vigente e quindi si può desumere che l'edilizia leggera è "fuori norma" in Italia.

Vediamo il legame che esiste tra *Potere fonoisolante* e *Isolamento acustico*.

Se si considerano due stanze separate da una parete divisoria con una determinata superficie, il potere fonoisolante è dato da:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} \frac{S}{\sum a_i S_i}$$

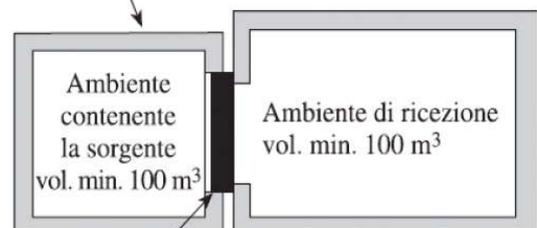
$S$  = dimensione della parete divisoria

$a$  = unità assorbiti dell'ambiente ricevente

$L_1$  = livello generato nell'ambiente trasmittente

$L_2$  = livello percepito nell'ambiente ricevente

200-300 mm di calcestruzzo o materiale equivalente



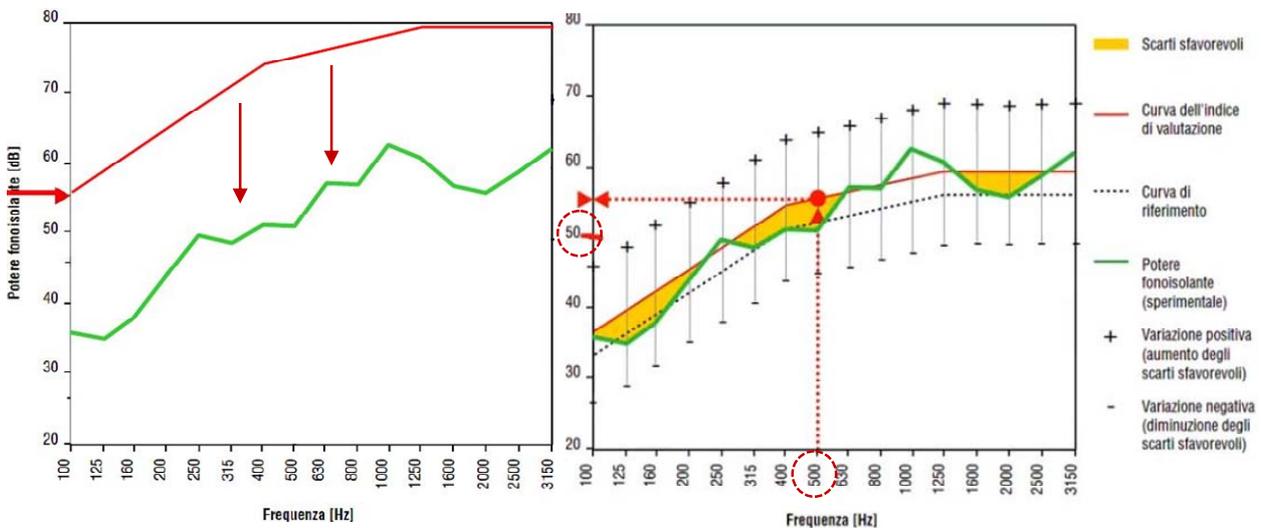
Divisoria in prova, di circa  $10 \text{ m}^2$   
con dimensione minore di almeno 2,5 m

Vista la precedente formula, si capisce che per incrementare l'effettivo isolamento acustico (definito come  $L_1 - L_2$ ) si deve ridurre l'estensione della superficie di confine tra i due locali e inserire nei locali un arredamento che fa in modo che cresca l'assorbimento.

E' bene ricordare che, a differenza degli altri paesi, la legge italiana non richiede i valori di isolamento acustico, ossia di livello fra i due ambienti, ma impone i valori di R, che non variano con la presenza o meno degli arredi o con le dimensioni della stanza. Dovendo, per legge, misurare R e non  $L_1 - L_2$  si capisce che non è possibile porre rimedio ad una parete sottile e acusticamente progettata male utilizzando ad esempio materiali fonoassorbenti all'interno degli ambienti, materiali che comunque avrebbero un effetto positivo sull'acustica percepita dall'ascoltatore.

## INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONISOLOANTE

L'indice di valutazione del potere fonoisolante si ottiene partendo da una curva di riferimento (curva rossa, nel grafico), normalizzata secondo la norma ISO 717, che varia con la frequenza. Questa curva, inizialmente non relazionata con la nostra curva del potere fonoisolante (curva verde), viene fatta scendere a passi di 1dB finché la somma degli scarti sfavorevoli (aree gialle) risulta inferiore a 32. A questo punto nel caso in esame, si verifica che alla frequenza di 500Hz (dato fornito dalla norma) l'indice di potere fonoisolante è di  $R_w=55\text{dB}$  e quindi, visto che  $R > 50\text{dB}$ , il collaudo è positivo e l'edificio rispetta le norme per l'abitabilità. La valutazione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante viene effettuata in automatico dal fonometro con cui vengono fatte le misure, oppure, più frequentemente, dal software fornito a corredo dello stesso.



## REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

Il Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri - D.P.C.M. del 5 dicembre 1997 tratta la "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" e fissa valori limiti da raggiungere per cinque requisiti acustici passivi, misurati in opera ad edificio ultimato e non in laboratorio, nelle diverse categorie (A,B,C,D,E,F,G) degli ambienti abitativi.

I cinque requisiti acustici passivi sono i seguenti:

- $R'_w$  : Potere fonoisolante
- $D_{2m,Nt,w}$  : Isolamento acustico standardizzato di facciata
- $L'_{nw}$  : Livello di rumore di calpestio normalizzato
- $L_{ASmax}$  : Livello massimo di pressione sonora ponderata
- $L_{Aeq}$  : Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata

| CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI |  |
|--|--|
| CATEGORIA A                              | Edifici adibiti a residenza o assimilabili                               |
| CATEGORIA B                              | Edifici adibiti ad uffici e assimilabili                                 |
| CATEGORIA C                              | Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili           |
| CATEGORIA D                              | Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili       |
| CATEGORIA E                              | Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili |
| CATEGORIA F                              | Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili         |
| CATEGORIA G                              | Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili                   |

Nel Decreto è riportata la seguente tabella contenente i valori limite da rispettare

| TABELLA B<br>Categorie di edifici   | Parametri [dB] |               |            |             |           |
|---|----------------|---------------|------------|-------------|-----------|
|   | $R'_w$         | $D_{2m,nT,w}$ | $L'_{n,w}$ | $L_{ASmax}$ | $L_{Aeq}$ |
| Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili (D)                                 | $\geq 55$      | $\geq 45$     | $\leq 58$  | $\leq 35$   | $\leq 25$ |
| Residenze, alberghi, pensioni o attività assimilabili (A,C)                         | $\geq 50$      | $\geq 40$     | $\leq 63$  | $\leq 35$   | $\leq 35$ |
| Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili (E)                           | $\geq 50$      | $\geq 48$     | $\leq 58$  | $\leq 35$   | $\leq 25$ |
| Uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili (B,F,G) | $\geq 50$      | $\geq 42$     | $\leq 55$  | $\leq 35$   | $\leq 35$ |

(\*) Valori di  $R'_w$  riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Dove:

$R'_w$  è il valore minimo di isolamento al rumore tra alloggi

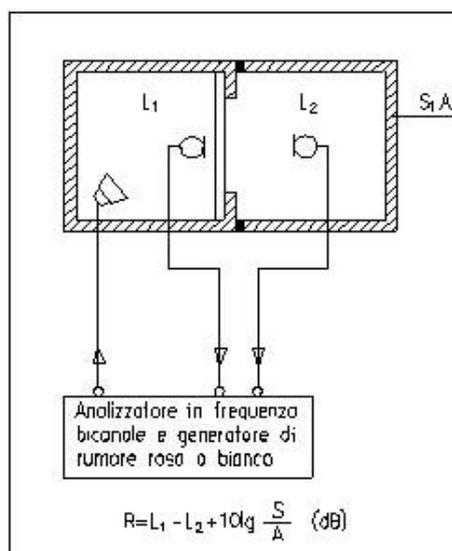
$D_{2m,nT,w}$  è il valore minimo di isolamento dai rumori provenienti dall'esterno

$L'_{n,w}$  è il valore massimo di rumore di calpestio percepito

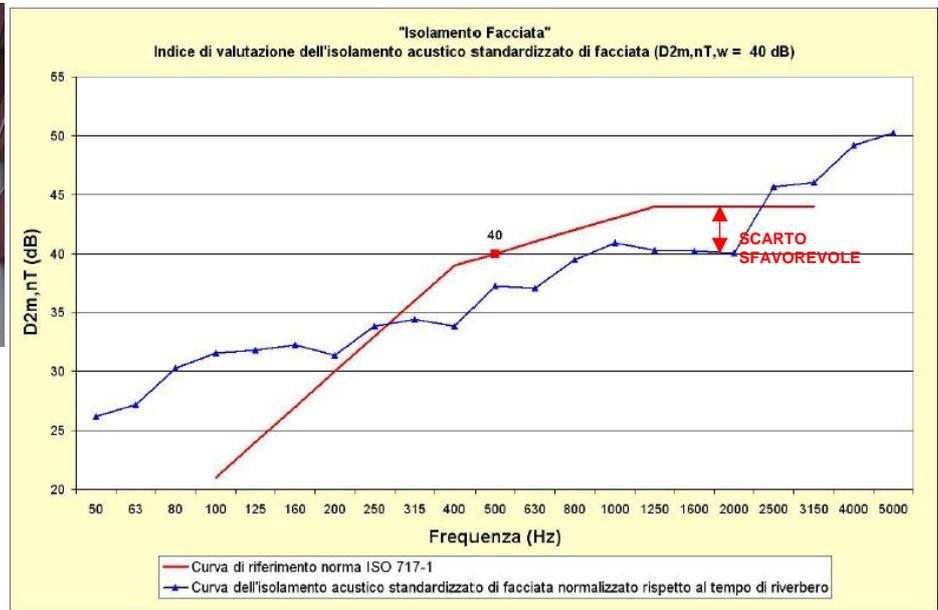
$L_{ASmax}$  è il livello massimo di rumore per gli impianti a funzionamento discontinuo

$L_{Aeq}$  è il valore massimo di rumore per gli impianti a funzionamento continuo

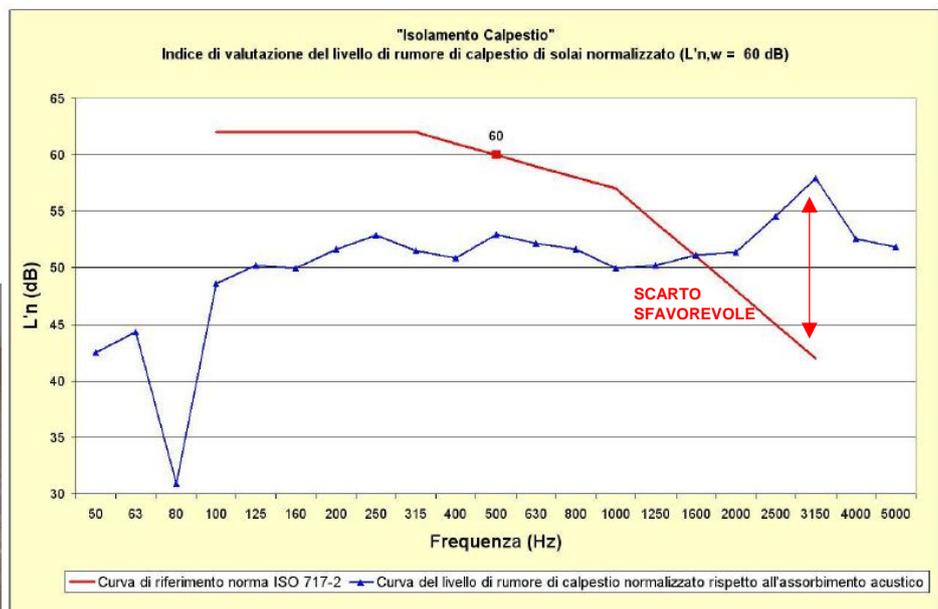
**POTERE FONOISOLANTE  $R'_w$** : si riferisce sia ai divisori verticali (pareti) sia ai divisori orizzontali (solai) tra unità abitative diverse. Per approfondire riferirsi ai paragrafi precedenti.



**ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA  $D_{2m,nT,w}$ :** ossia l'isolamento fornito dai serramenti. La norma, in questo caso, non parla del potere fonoisolante ma di una differenza di livello (isolamento) tra un microfono posto 2m fuori dalla finestra e un microfono posto dentro la stanza. Per testare la reale qualità intrinseca della facciata ed evitare l'effetto derivato dall'estensione dei serramenti e dell'arredamento, si applica una correzione basata sul tempo di riverbero dell'ambiente.



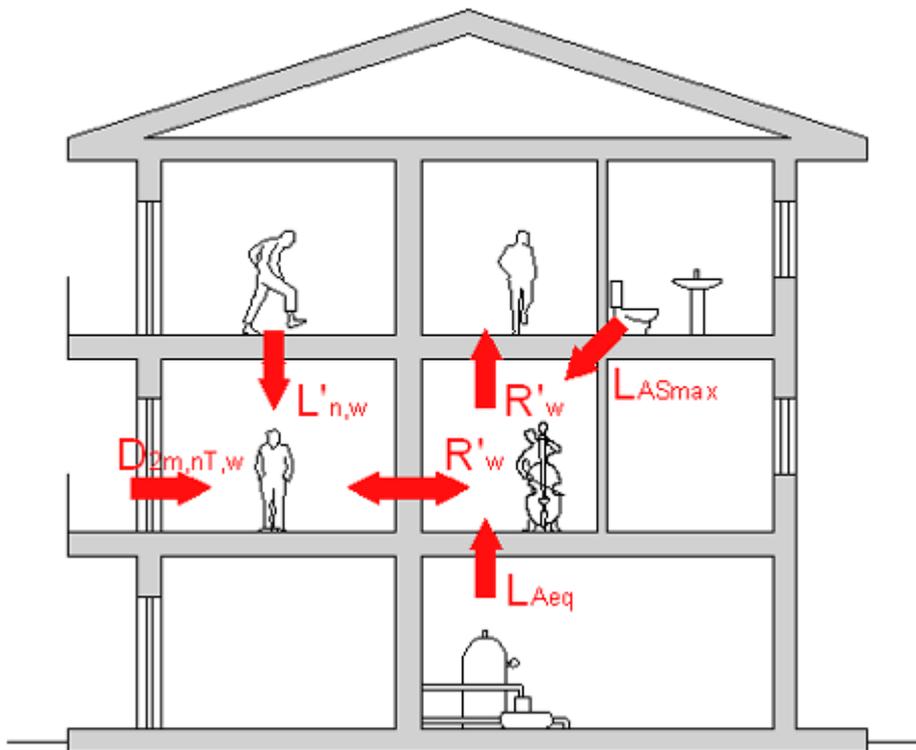
**LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO NORMALIZZATO  $L'_{n,w}$ :** la macchina di calpestio è una apparecchiatura normalizzata contenente dei martelletti che picchiettano il pavimento su cui essa viene posizionata. Il livello che questa macchina produce nell'ambiente sottostante deve essere inferiore ai valori limite presenti in tabella. Da notare, nel grafico sottostante, che la curva rossa di riferimento della norma ISO 717-2 ("livello normalizzato di calpestio") è decrescente con la frequenza, mentre quella delle prove di isolamento ("Isolamento di facciata") è crescente. Il diverso andamento è dato dal fatto che l'isolamento è un valore minimo e quindi vengono considerate scarti sfavorevoli le frequenze in cui la curva misurata (blu) è minore di quella di riferimento (rossa), mentre nel caso del calpestio funziona in modo contrario.



**LIVELLO PRESSIONE SONORA PONDERATA  $L_{ASmax}$ :** si riferisce al livello massimo prodotto dagli impianti a funzionamento discontinuo (il più rilevante è lo sciacquone del wc) misurato in unità abitative distinte da quella di origine del rumore.

**LIVELLO CONTINUO EQUIVALENTE DI PRESSIONE SONORA PONDERATA  $L_{Aeq}$ :** si riferisce al livello massimo prodotto dagli impianti a funzionamento continuo (riscaldamento, condizionamento). Anche in questo caso la misura va fatta in un ambiente diverso da quello in cui si origina il rumore,.

La seguente figura mostra tutti i possibili percorsi dei 5 diversi tipi di rumore che si propagano attraverso le strutture di un edificio, con riferimento ai parametri definiti dal DPCM 5/12/1997



## OSSERVAZIONI sull'isolamento di facciata

Se prendiamo in considerazione un serramento a “mappe interne”, non vediamo i cardini perchè restano nascosti dentro il serramento. La mappa interna prevede il taglio di una delle due guarnizioni, quella esterna rimane intera, quella interna viene interrotta. In questo punto si crea il ponte acustico e quindi i 40 dB di isolamento di facciata, che di norma vanno garantiti in un edificio residenziale, non vengono ottenuti.



Invece un più economico serramento a mappe esterne, esteticamente meno pregevole, grazie alle due guarnizioni che corrono ininterrotte, riesce a raggiungere la prestazione richiesta dalla legge.



E' meglio utilizzare materiali più poveri ma più efficienti, un corretto uso e montaggio del serramento permette un buon isolamento acustico con un maggior rendimento rispetto ad un serramento molto più costoso, ma montato male.

## Estratto dal libro del professor Fausti di Ferrara



osservazioni: nell'indice di valutazione abbiamo un valore pari a 54 dB, ma per essere più sicuri è meglio tenere un indice di almeno 56, perchè in opera si perdono almeno 4 dB. Una soluzione più sicura sarebbe quella di tenere due blocchi in laterizio da 12 cm di cui una intonacata su entrambe le facce in modo da avere tre strati di intonaco. Eventualmente si può utilizzare una gomma pressata che fa sì che la parete sia svincolata dalla parete, ed è importante per migliorare l'isolamento. Questo permette di ottenere un vincolo elastico.

**APPENDICE**

**INDICE DI VALUTAZIONE:  $R_w=58$  dB**

Termini correttivi  $C=-2$  dB;  $C_{tr}=-6$  dB

**PLACCAGGIO PARETE IN MURATURA –  $R_w=58$**  **250 - 50**

Massa dell'elemento in laterizio:  
Kg 11,6 spessore 25 cm  
Spessore totale della parete: 31 cm

**PARETE SEMPLICE CON UN PLACCAGGIO COSTITUITA DA:**

- Blocchi in laterizio alleggerito Alveolater® 25x30x19 cm  $F/A=45\%$  a setti rettilinei e allineati, in opera a fori verticali e montati sullo spessore di 25 cm, con giunti verticali e orizzontali continui in malta cementizia.
- Intonaco di 1,5 cm sul lato non placcato.
- Placcaggio con pannelli LabelRock® 406.113, lana di roccia spessore 4 cm, densità 85 kg/m<sup>3</sup> pre accoppiata a lastra cartongesso spessore 13 mm, fissaggio con mucchietti di malta adesiva e sigillatura giunti con stucco di gesso.

In questa soluzione non abbiamo la parete doppia, e si è utilizzato un controplaccaggio di questo tipo per raggiungere il valore di 58 dB. Effettuando il controplaccaggio su entrambe le facce si può raggiungere un valore di 65 dB (idoneo ad es. per un cinema multisala).

**PARETE LEGGERA W112-  $R_w=54$**  **13 - 13 - 50 - 13 - 13**

Termini correttivi:  $C=-2$  dB;  $C_{tr}=-8$  dB

Peso della parete: 43 Kg/m<sup>2</sup>.  
Spessore totale della parete: 100 mm.

**PARETE A ORDITURA METALLICA E DOPPIO RIVESTIMENTO (W112):**

- Orditura metallica Knauf in acciaio zincato sp. 0,6 mm con guide a U di dimensioni 50x40 mm e montanti a C di dimensioni 50x50 mm posti ad interasse di 600 mm. Isolata dalle strutture perimetrali con nastro vinilico monoadesivo Knauf dello spessore di 3,5 mm.
- Pannelli in lana di roccia ROCKWOOL® 225, spessore 40 mm, densità 70 kg/m<sup>3</sup>, posti nell'intercapedine tra i montanti della struttura.
- Rivestimento in doppio strato di lastre di gesso rivestito Knauf GKB (A), spessore 12,5 mm, avvitate all'orditura metallica e quindi stuccate sui giunti.

**INDICE DI VALUTAZIONE:  $R_w=54$  dB**

Quest'altra soluzione di parete in cartongesso presenta le misure minime per una soluzione di questo tipo. Questa soluzione è l'unica eccezione alla legge di massa, consentendo di raggiungere i livelli minimi con un peso minimo, circa 43kg per metro quadro. Di regola ce ne vorrebbero almeno 200 kg.

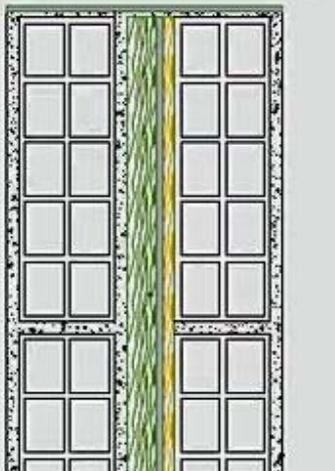
### Estratti dal manuale NDA “i pannelli del silenzio”

In questa soluzione vediamo una doppia parete con forati da 8, che di norma non raggiungono il livello minimo consentito. L'utilizzo di una fascia tagliamuro permette come di avere un secondo intonaco, arrivando a 58 dB. Il vantaggio è il risparmio è di 4 cm in meno (ma è una soluzione costosa).

**PARETE CON DOPPIO FORATO DA 80 mm**

*Realizzata con:*  
AKUSTIK ONE®, pannello tristrato composto da poliuretano agglomerato e lana di vetro con interposta lamina in EPDM.

*Prodotti accessori:*  
WALL BAND, fascia taglia muro in gomma vulcanizzata ad alta densità. ↔

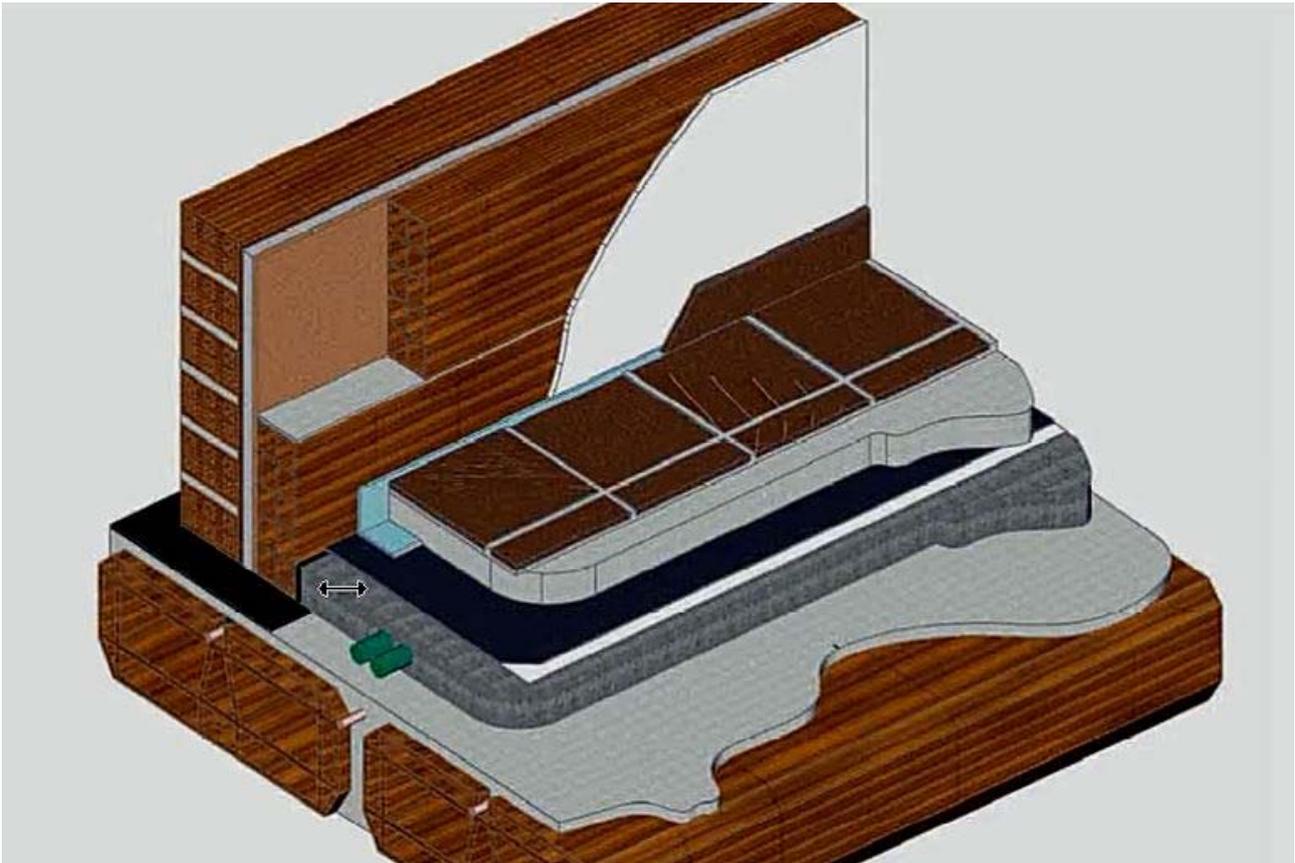


|   |                  |
|---|------------------|
| 1 | Intonaco 15mm    |
| 2 | Forato 80mm      |
| 3 | AKUSTIK ONE 37mm |
| 4 | Rinzaffo 10mm    |
| 5 | Forato 80mm      |
| 6 | Intonaco 15mm    |
| 7 | WALL BAND 5mm    |

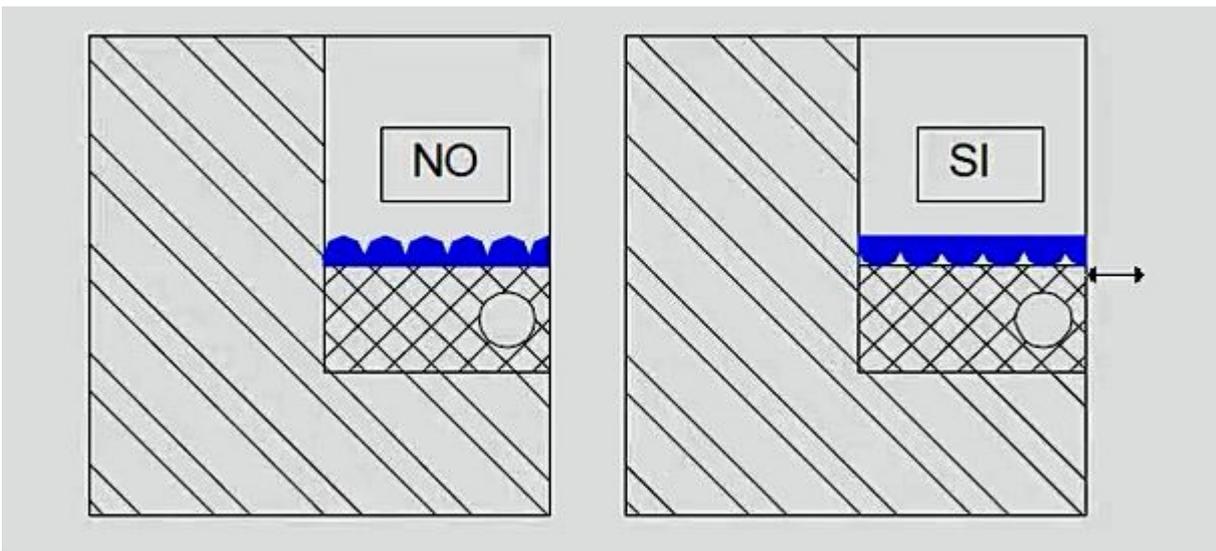
### ISOLAMENTO ACUSTICO A PAVIMENTO

La regola è il “massetto galleggiante”, che comporta un soffice strato di separazione tra il massetto su cui sono fissate le piastrelle e tutto ciò che c'è sotto. Per la realizzazione si utilizzano materiali che impediscono la formazione di un ponte acustico tra il solaio e la parete.

Importante per la realizzazione è la posa degli impianti e dei tubi nella superficie di calcestruzzo alleggerito: se gli impianti vengono lasciati appoggiati sulla soletta non si avrà mai una superficie livellata continua, su cui stendere il materassino elastico. Nell'immagine sotto notiamo una soluzione a doppio massetto acustico che però nel caso in cui ci sia il riscaldamento a pavimento causa una forte resistenza termica peggiorandone la funzione. (soluzione costosa)

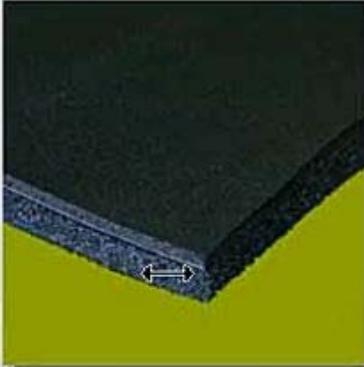


Nell'immagine sotto notiamo come il materiale elastico da posare sopra allo strato di calcestruzzo alleggerito ha un verso di posa: è importante tenere le bugnature sullo strato sotto in modo da non avere la malta che nel caso errato andrebbe a coprire e a inserirsi all'interno delle bugnature impedendone la funzione. Elemento importante è l'elemento laterale morbido posto a chiusura tra la pavimentazione e la parete con la propria chiusura per impedire alla malta di colare all'interno del giunto.



## ISOLAMENTO ACUSTICO DEGLI IMPIANTI

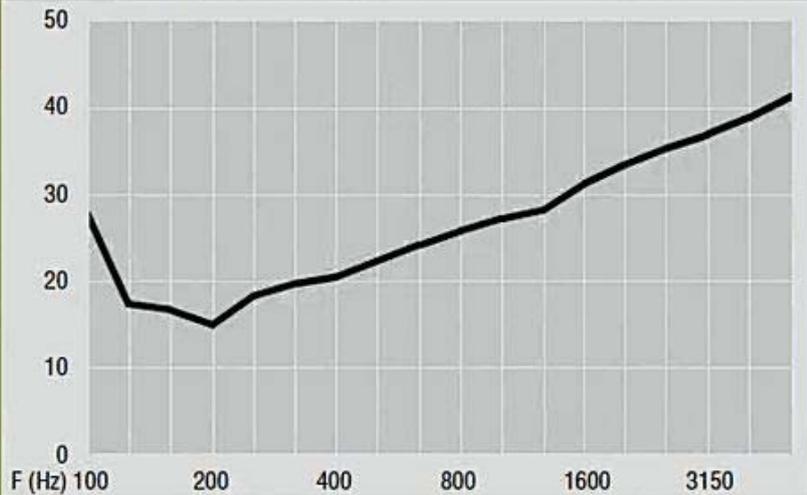
L'AKUSTIK® METAL SLIK rappresenta il miglior prodotto presente sul mercato per prestazioni, spessore e facilità di applicazione. Il prodotto risulta essere modellabile, malleabile, adattabile anche agli interstizi e alle curve più difficili.



**AKUSTIK® - METAL SLIK Art. 5**  
Akustik Metal slik art. 5 è il pannello acustico fonoimpedente composto da polietilene espanso reticolato da 3 mm e poliuretano espanso 10 o 20 mm con interposta lamina di piombo di spessore da 0,35 a 0,50 mm.

Potere fonoisolante  $R_w = 27,5$  dB

certif. CSI n. DC05/011b/01



Importante è l'utilizzo di prese d'aria silenziato che permettono al suono di non passare mentre permettono il passaggio dell'aria.

**SMART 160** è al top per flessibilità, facilità di installazione e dimensioni ridotte. È particolarmente indicato laddove il paramento esterno sia stato già realizzato e dove gli spazi per l'inserimento del silenziatore siano davvero esigui: è sufficiente un carotaggio da 160 mm per inserire lo SMART 160.  
 $D_{2nw}$  43,0 dB certificato



**ZEUS®** è al top per prestazioni e tecnologia: può essere inserito in fase di realizzazione del paramento esterno, senza dover effettuare scassi e ripristini successivi. Il prodotto è autoportante ed è marcato CE.

$D_{2nw}$  54,0 dB certificato

Altro punto delicatissimo per quanto riguarda gli impianti è la parte del serramento delle finestre in cui si va a posizionare il cassonetto dell'avvolgibile: esso va rivestito di materiale fonoisolante per impedire il ponte acustico.

