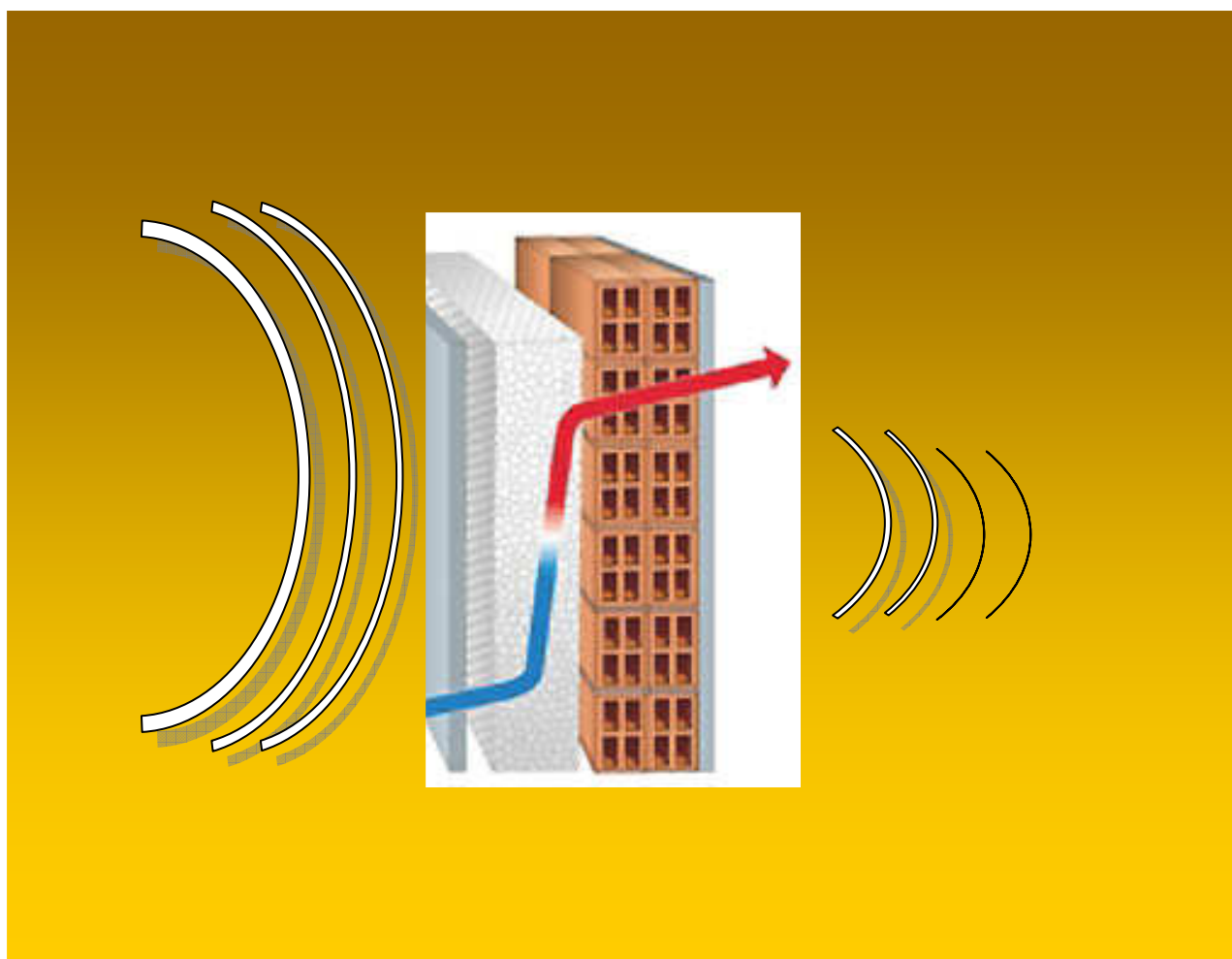


ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARETI ESTERNE CON SISTEMA DI ISOLAMENTO A “CAPPOTTO” IN EPS Polistirene Espanso Sinterizzato



VOLUME 7



Via M. A. Colonna, 46 – 20149 Milano - Tel + 39 02 33 60 65 29 – Fax + 39 02 33 60 66 04
e-mail: aipe@epsass.it – www.aipe.biz

ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARETI ESTERNE CON SISTEMA DI ISOLAMENTO A “CAPPOTTO” IN EPS

Polistirene Espanso Sinterizzato

Testi a cura di AIPE – Marco Piana

VOLUME 7



**Documentazione specifica sul
sistema a cappotto
può essere ritrovata nel sito
dell'Associazione**

www.aipe.biz

SOMMARIO

1. Isolamento acustico. Gli aspetti fisici	Pag. 07
2. Il sistema a "Cappotto"	Pag. 19
3. L'EPS e l'isolamento acustico	Pag. 25
4. Le norme di riferimento	Pag. 31
5. Gli obblighi di legge	Pag. 33
6. Le verifiche sperimentali di AIPE	Pag. 34
7. Isolamento acustico di pareti con cappotto	Pag. 43
8. Marchio di qualità e di trasparenza dei dati	Pag. 45



1.

ISOLAMENTO ACUSTICO.

GLI ASPETTI FISICI

Se si pone una sorgente sonora in un locale (emittente) separato da un altro (ricevente) mediante una parete divisoria, una parte dell'energia sonora emessa dalla sorgente colpisce la parete divisoria.

Dell'energia incidente la parete (W_1), una parte viene riflessa all'indietro verso la sorgente, una parte viene assorbita dalla parete durante il suo attraversamento ed una parte viene trasmessa (W_2) al locale adiacente.

La trasmissione avviene in quanto la parete, investita da onde successive di pressione e depressione, viene da queste posta in vibrazione diventando essa stessa un generatore sonoro, capace di trasmettere energia nel locale ricevente. Naturalmente la quantità di energia trasmessa sarà tanto minore, quanto maggiore è la resistenza opposta dalla parete ad essere posta in vibrazione, ossia quanto maggiore è la sua capacità isolante. Il rapporto fra energia trasmessa ed energia incidente viene definito coefficiente o fattore di trasmissione:

$$1) \tau = \frac{W_2}{W_1}$$

La capacità di isolare acusticamente posseduta dalla parete è invece il potere fonoisolante espresso in decibel dalla relazione:

$$2) R = 10 \log \frac{W_1}{W_2} = 10 \log \frac{l}{\tau}$$

La trasmissione quindi dell'energia sonora da un locale all'altro attraverso la parete comune viene definita **trasmissione diretta** (vedi Figura 1, linea 1) e dipende sia dal potere fonoisolante della stessa che dalle sue dimensioni; cioè, a parità di potere fonoisolante, una superficie divisoria doppia di un'altra trasmette il doppio dell'energia sonora nel locale ricevente.

Tuttavia nei casi più comuni la trasmissione dell'energia sonora da un locale ad un altro ad esso adiacente non avviene soltanto attraverso la parete di separazione, ma anche attraverso le pareti laterali o le solette dei locali (vedi Figura 1, linee 2,3,4); si parla allora di **trasmissione laterale o secondaria**.

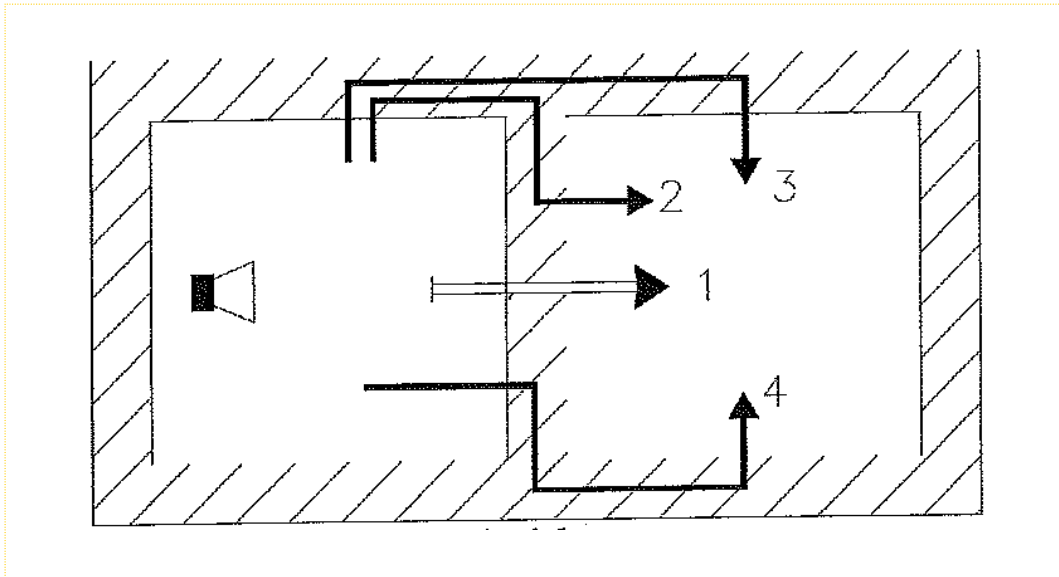


Figura 1: Vie di trasmissione diretta e laterale del rumore

Tale tipo di trasmissione dipende dalla natura delle pareti stesse e dai collegamenti fra queste e la parete di separazione.

Pertanto quello che normalmente si misura fra due locali è un **potere fonoisolante apparente** pari a:

$$3) R' = 10 \log \frac{W_1}{W_2 + W_3}$$

Essendo W_1 potenza sonora incidente sulla parete

W_2 potenza sonora trasmessa attraverso il divisorio

W_3 potenza sonora trasmessa attraverso gli elementi laterali

In entrambi i casi esaminati tuttavia il livello sonoro che si determina nell'ambiente ricevente non dipende soltanto dal potere fonoisolante e dalle dimensioni della parete divisoria, ma anche dalle caratteristiche di assorbimento acustico delle superfici interne del locale stesso.

Il parametro strettamente correlato all'assorbimento acustico interno di un locale è il tempo di riverberazione T_{60} .

Se l'emissione della sorgente è infatti prolungata nel tempo, e la durata della riverberazione nel vano ricevente è elevata, l'energia direttamente trasmessa attraverso il divisorio si somma a quella trasmessa poco prima, e ancora in parte presente per effetto delle riflessioni interne delle pareti del locale ricevente.

Quanto minore è quindi il tempo di riverberazione, o analogamente, quanto maggiore è l'assorbimento acustico del locale ricevente tanto minore è l'energia riflessa e di conseguenza minore è il livello sonoro nel locale ricevente.

Si ricorda che il tempo di riverberazione in un ambiente è per definizione, quello necessario perché il livello sonoro in esso esistente, decresca di 60 dB a partire dall'istante in cui cessa la causa che lo determina.

Tale tempo di riverberazione, espresso in secondi, secondo la formula di Sabine è pari a:

$$4) T_{60} = 0,16 \frac{V}{A}$$

Essendo:

V volume dell'ambiente ricevente (m³)

A area di assorbimento acustico equivalente dell'ambiente ricevente in (m²)

A sua volta:

$$5) A = \alpha_m \cdot S$$

dove:

α_m coefficiente di assorbimento acustico medio del locale ricevente

S superficie complessiva delle pareti interne del locale in m²

Nel caso le misure per la determinazione del potere fonoisolante di pareti divisorie o componenti di edifici (finestre o porte) vengano effettuate in laboratorio, qui, mediante particolari accorgimenti (realizzazione di camere acustiche con strutture murarie non rigidamente collegate fra loro), viene reso minimo l'effetto delle trasmissioni secondarie.

In tale caso il potere fonoisolante dell'elemento in prova viene definito dalla quantità R espressa in decibel e normalmente fornita in bande di frequenza di ottava o terzi di ottava:

dove:

$$6) R = 10 \log \frac{W_1}{W_2} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$$

L₁ livello medio di pressione sonora nell'ambiente emittente (dB)

L₂ livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente (dB)

S superficie della parete o dell'elemento in prova (m²)

A area di assorbimento acustico equivalente nella camera ricevente (m²)

Quest'ultima grandezza viene determinata tramite la 4) mediante la misura del tempo di riverberazione.

Nel caso invece che vi siano anche trasmissioni secondarie, si ha, come si è visto, un potere fonoisolante apparente pari a:

$$7) R' = 10 \log \frac{W_1}{W_2 + W_3} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A}$$

con le stesse notazioni dei simboli.

È evidente dal confronto della 6) con la 7), che se le trasmissioni secondarie non sono nulle ($W_3 \neq 0$), il livello nell'ambiente ricevente L_2 è più elevato che nel primo caso e quindi il potere fonoisolante apparente è, a parità di tutte le altre considerazioni (superficie in prova e assorbimento equivalente), inferiore a quello del caso precedente.

Ciò spiega perché le prestazioni di fonoisolamento misurate in laboratorio sono sempre più elevate di quelle rilevate sul campo.

In proposito si pone in evidenza che il D.P.C.M. del 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", stabilisce, insieme ad altri parametri (*isolamento acustico standardizzato di facciata e livello di rumore di calpestio di solai normalizzato*) i valori del potere fonoisolante apparente R' minimo richiesto per le pareti di separazione fra due distinte unità immobiliari, a seconda delle categorie di edifici (residenze; uffici; alberghi e pensioni; ospedali e case di cura; attività scolastiche; attività ricreative e di culto; attività commerciali) cui esse appartengono.

In base alle considerazioni sopra riportate si definisce **isolamento acustico**, la grandezza D espressa in decibel (calcolata in bande di ottava o terzi di ottava):

$$8) \quad D = L_1 - L_2$$

dove:

L_1 livello medio di pressione sonora nell'ambiente emittente (d_B)

L_2 livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente (d_B)

Si definisce **isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento acustico**, la grandezza D_n , espressa in decibel e normalmente fornita in bande di ottava o terzi di ottava:

$$9) \quad D_n = D - 10 \log \frac{A}{A_0} d_B$$

dove:

D isolamento acustico in decibel

A tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente in secondi

A_0 tempo di riverberazione di riferimento (per ambienti di abitazioni viene assunto $A_0 = 10 \text{ m}^2$).

Si definisce **isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione**, la grandezza D_{nT} , espressa in decibel e normalmente fornita in bande di ottava o di terza di ottava:

$$10) \quad D_{nT} = D + 10 \log \frac{T}{T_0} d_B$$

dove:

D isolamento acustico in decibel

T tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente in secondi

T_0 tempo di riverberazione di riferimento (per ambienti di abitazioni viene assunto $T_0 = 0,5 \text{ s}$)

INDICE DI VALUTAZIONE

- Indice di valutazione del potere fonoisolante R_w
- Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w
- Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato $D_{2m,nT,w}$
- Indice di valutazione dell'incremento di potere fonoisolante Δ_{RW}

La determinazione del potere fonoisolante apparente R'_w è definita dalla procedura standardizzata che individua un valore in dB sulla frequenza di riferimento a 500 Hz.

I certificati delle prove di laboratorio riportano anche dei coefficienti di adattamento spettrale (spettro rosa e rumore da traffico) che permettono di valutare il potere fonoisolante in d_B (A) per rumore rosa e per rumore da traffico. D_{2m} indica che l'altoparlante posto all'esterno della parete da verificare è posto a 2 m di distanza da questa.

LEGGE DI MASSA E FREQUENZA

Come si è già visto in precedenza, quando un'onda sonora colpisce una parete divisoria, una parte dell'energia da esso posseduta viene trasmessa al di là della parete ed essa è tanto minore quanto più grande è la resistenza che la parete oppone ad essere posta in vibrazione. Tale resistenza è proporzionale alla massa per unità di superficie (Kg/m^2) della parete.

Quindi una parete pesante, a parità di onda sonora incidente, trasmette meno energia, (o in maniera analoga ha un potere fonoisolante superiore), rispetto ad una parete più leggera.

Come si vedrà in seguito non esiste solo l'aumento della massa per migliorare l'isolamento acustico, ma si possono adottare altri sistemi.

Un'altra caratteristica del potere fonoisolante di una parete è che esso, a parità pressione sonora (livello sonoro in decibel), è tanto maggiore quanto più elevata è la frequenza dell'onda incidente; le frequenze gravi vengono cioè trasmesse più facilmente che non le frequenze acute.

Il potere fonoisolante di una parete è quindi tendenzialmente crescente con la frequenza del suono incidente.

Questa doppia dipendenza dalla massa e dalla frequenza è espressa nella relazione del potere fonoisolante di una parete per incidenza normale (direzione di propagazione dell'onda sonora perpendicolare alla parete):

$$11) \quad R_0 \cong 20 \log \frac{\pi \cdot f \cdot m}{\rho \cdot c} d_B$$

dove:

- R_0 potere fonoisolante (d_B)
- f frequenza del suono (Hz)
- m massa superficiale (Kg/m^2)
- ρ densità dell'aria (Kg/m^3)
- c velocità del suono nell'aria (m/s)

La 11) può essere scritta in maniera semplificata assegnando alle costanti il loro valore, sotto la forma:

$$11') \quad R_0 \cong 20 \log(f \cdot m) - 42.3 d_B$$

La relazione 11) indica che a parità di massa, il potere fonoisolante di un pannello cresce di 6 dB per ogni raddoppio di frequenza del suono incidente, ed analogamente, a parità di frequenza del suono incidente, il potere fonoisolante di un pannello cresce di 6 d_B per ogni raddoppio della sua massa.

La relazione 11) rappresentata su un diagramma semilogaritmico è una retta avente pendenza di 6 d_B /ottava.

Se l'incidenza dell'onda sonora è invece diffusa, e la parete può essere quindi colpita da tutte le possibili angolazioni, si ha invece:

$$12) \quad R = R_0 - 10 \log(0,23 R_0) d_B$$

Stime sul potere fonoisolante R_w (senza trasmissioni laterali)

Pareti in laterizio

$$13) \quad R_w = 20 \log m (d_B)$$

Se $50 < m < 400 \text{ Kg/m}^2$

Pareti doppie in laterizio (con intercapedine di almeno 10 cm):

$$14) \quad R_w = 20 \log m + 20 \log d - 10$$

d = spessore in intercapedine (cm)

Pareti doppie in laterizio ($s = 8 \text{ cm}$) con intercapedine riempita da materiale fonoassorbente:

$$15) \quad R_w = 20 \log m + 2 (d_B)$$

Pareti in cemento armato:

$$16) \quad R_w = 23,2 \log m - 4,5 (d_B)$$

Potere fonoisolante di una parete composta da elementi con diverso R_i

$$17) \quad R = -10 \log \left[\frac{1}{S} \sum S_i \cdot 10^{-\frac{R_i}{10}} \right] (d_B)$$

S superficie totale della parete (m^2)

R_i potere fonoisolante dei singoli componenti (d_B)

S_i area dei singoli componenti la parete (m^2)

In alternativa:

$$18) \quad R = 10 \log \left[\frac{\sum_j S_j}{\sum_j t_j S_j} \right] (d_B)$$

Pareti doppie o non omogenee

Ipotizzando di avere due pareti con diverso R poste a distanza d una dall'altra:

$$19) \quad R = R_1 + R_2 + 10 \log \left(\frac{4\pi f \rho_o c_o}{K_s} \right)^2 (d_B)$$

Dove con K_s è indicata la rigidità del materiale, di spessore d , posto tra i due elementi rigidi.

$$K_s = \frac{\rho_o c_o^2}{d} \text{ perf } < f_d = \frac{c_o}{2\pi d}$$

$$K_s = 2 \pi f \rho_o c_o$$

ρ_o = densità

c_o = velocità di propagazione

DEVIAZIONI DALLA LEGGE DI MASSA

In accordo con la teoria, l'isolamento di una parete omogenea dovrebbe aumentare di 6dB per ogni raddoppio della frequenza; tuttavia, da misure sperimentali, si osserva che questo risultato teorico è valido solo entro un certo campo di frequenze intermedie (regione III), come mostrato in fig. 2.

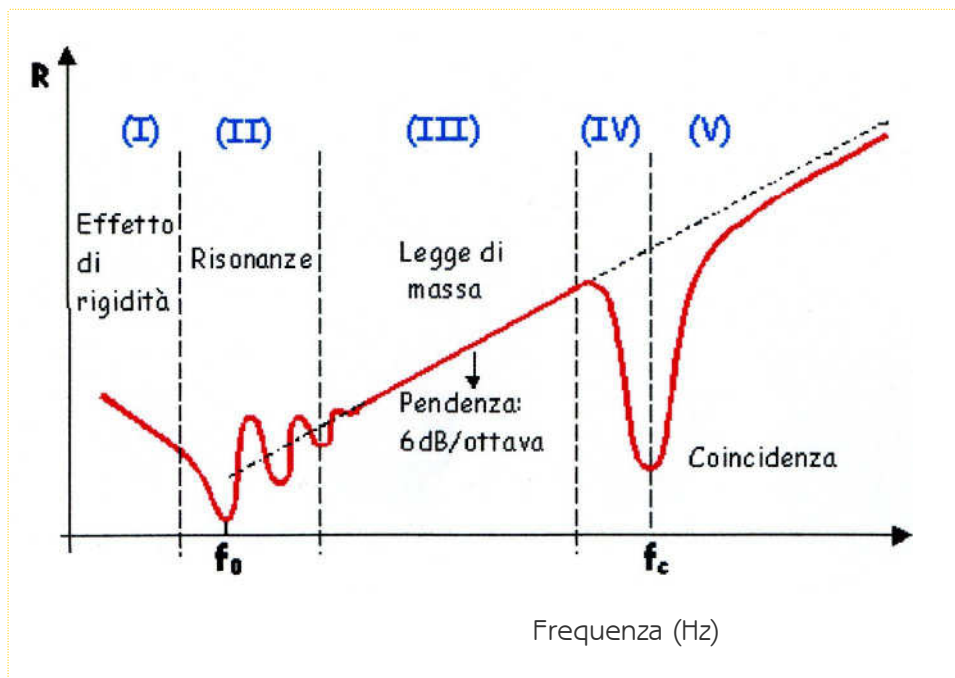


Fig. 2: Curva rappresentativa dell'andamento del potere fonoisolante, in funzione della frequenza, per una parete omogenea singola.

Le deviazioni dalla legge di massa, chiaramente visibili nelle regioni (I), (II), (IV) e (V), relative alle frequenze molto basse e molto alte, sono dovute ad effetti particolari, che sono di seguito brevemente illustrati.

■ Effetto di rigidità

Questo effetto si manifesta nel caso di pareti sottili molto rigide e di peso trascurabile. In tali condizioni, il potere fonoisolante segue l'andamento della linea indicata in Fig. 2 (regione I), ossia cresce al diminuire della frequenza. Tale fenomeno si verifica nel caso delle pareti (o pavimenti) reali per valori della frequenza inferiori ad una **frequenza fondamentale naturale** f_0 , compresa normalmente entro l'intervallo $10 \div 20$ Hz. Per tale motivo questo effetto, dal punto di vista dell'attenuazione del suono, non ha importanza pratica.

■ Effetto di risonanza

Si consideri una parete piana incastrata ai bordi, eccitando in un modo qualunque tale parete, essa entra in vibrazione ad una frequenza particolare, detta frequenza fondamentale naturale (f_0 oppure f_1), che dipende sia dalla massa sia dalla rigidità flessionale della struttura. Gli effetti di queste due grandezze agiscono in direzioni opposte, nel senso che la frequenza fondamentale decresce all'aumentare della massa e cresce al crescere della rigidità flessionale. La frequenza f_0 per la quale l'effetto della massa e l'effetto della rigidità flessionale assumono la stessa importanza, annullandosi quindi reciprocamente, rappresenta la "frequenza di risonanza".

A parità di ogni altra condizione, la frequenza di risonanza cresce proporzionalmente con lo spessore (rigidità) e inversamente al peso per unità di superficie (massa). La f_0 ha generalmente valori compresi tra 1 e 100 Hz.

Quando la frequenza del suono incidente è uguale a quella di risonanza della parete, quest'ultima entra in vibrazione con oscillazioni di ampiezza maggiore che alle altre frequenze. In tali condizioni, la parete diventa sostanzialmente trasparente al suono ed il suo potere fonoisolante, di conseguenza, raggiunge un valore minimo. La frequenza f_0 rappresenta la prima (e la più importante) di una serie di frequenze proprie di risonanza dovute, come è noto, a ciascuno dei modi naturali di vibrazione di cui è dotata ogni piastra vibrante. In corrispondenza a ciascuna di tali frequenze, f_n il potere fonoisolante passa per dei minimi, ossia, come nel caso della frequenza fondamentale, la parete diviene pressoché trasparente al suono. Questa situazione è rappresentata nella regione (II) di fig. 2 dalle successive alternanze che caratterizzano il primo tratto della retta che esprime la legge di massa.

■ Effetto di coincidenza

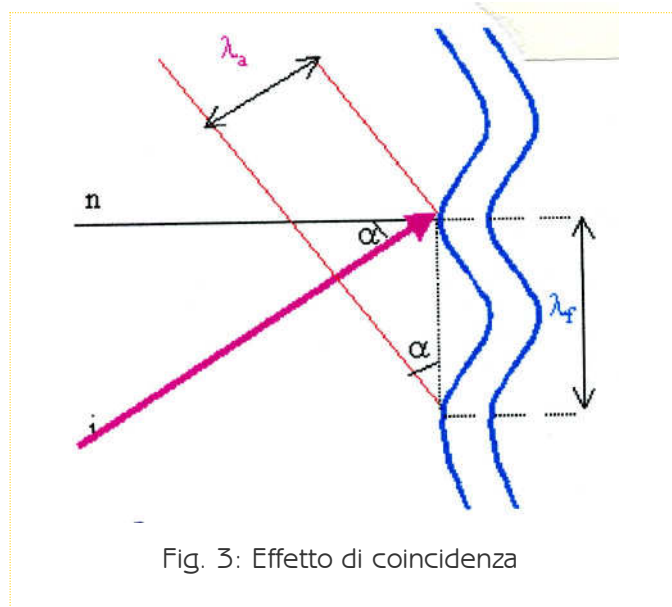
Quest'effetto è mostrato nella zona (IV) di fig. 2; ciò che accade è che in una parete, opportunamente eccitata da un'onda sonora incidente, si formano onde flessionali, la cui velocità non è costante, ma è proporzionale alla radice quadrata della frequenza.

Quando l'onda generata (flessionale) ha velocità pari alla velocità del suono nel particolare materiale che forma la parete, quest'ultima risulta "trasparente" all'onda incidente. Questa situazione è illustrata in fig. 3, in cui i parametri indicati sono tali da verificare la relazione:

$$\lambda_f = \frac{\lambda a}{\sin \alpha}$$

Tale fenomeno si verifica ad una particolare frequenza, detta appunto Frequenza di coincidenza f_c .

Per i materiali impiegati nell'edilizia il valore di f_c può variare entro un intervallo assai ampio di valori (da alcune decine ad alcune migliaia di Hz), dipendentemente dallo spessore della parete, dalla natura e dalle caratteristiche del materiale.



Nella zona (V) è difficile stabilire cosa accade, dipende dal tipo di materiale scelto; tipicamente, per tutto il restante intervallo di frequenze, si osserva che il potere fonoisolante si mantiene circa $5 \div 10 d_B$ al di sotto del valore previsto dalla legge di massa.

Le relazioni per calcolare la frequenza di risonanza e di coincidenza sono le seguenti:

FREQUENZA DI RISONANZA

Parete omogenea

$$f_r = \frac{\pi h}{4} \sqrt{\frac{Y}{3\rho[1-\eta^2]}} \left[\left(\frac{r}{a}\right)^2 + \left(\frac{r}{b}\right)^2 \right]$$

h = spessore della parete (m)

Y = modulo di elasticità (N/m²)

ρ = densità (Kg/m³)

η = rapporto di Poisson

a,b= dimensioni della parete (m)

r = modo di risonanza della parete = 1, 2, 3, ...

FREQUENZA DI RISONANZA

Parete doppio strato

$$f_r = 84 \sqrt{\frac{K}{d} \left(\frac{r}{M_1} + \frac{r}{M_2} \right)} \text{ (Hz)}$$

d = spessore dello strato d'aria (m)

r = ordine del modo di risonanza = 1, 2, 3, ...

M₁ = massa per unità di superficie del primo pannello (Kg/m²)

M₂ = massa per unità di superficie del secondo pannello (Kg/m²)

K = modulo di compressione del materiale posto nell'intercapedine (N/m²) (aria: K = 1)

FREQUENZA DI COINCIDENZA

Parete omogenea

$$f_c = \frac{c^2}{1,8h} \sqrt{\frac{\rho}{Y}} \quad (\text{Hz}) \quad f_c = \sqrt{\frac{3\rho[1-\eta^2]}{Y}} \left(\frac{c^2}{\pi h} \right) \quad (\text{Hz})$$

c = velocità del suono nell'aria (m/s)

h = spessore del pannello (m)

ρ = densità della parete (Kg/m³)

Y = modulo di elasticità del materiale componente il pannello (N/m²)

2.

IL SISTEMA A “CAPPOTTO”

Il sistema di isolamento termico dall'esterno viene definito a livello europeo con la sigla ETICS (External Thermal Insulation Composite System – Sistemi composti di isolamento termico per l'esterno).

Per realizzare un cappotto devono essere impiegati materiali isolanti idonei all'applicazione e ad oggi solo due materiali possiedono una norma dedicata a tale scopo:

UNI EN 13499:2005

Isolanti termici per edilizia – Sistemi composti di isolamento termico per l'esterno (ETICS) a base di polistirene espanso.

UNI EN 13500:2005

Isolanti termici per edilizia – Sistemi composti di isolamento termico per l'esterno (ETICS) a base di lana minerale.



Il sistema a cappotto è costituito dai seguenti elementi essenziali:

1. Collante - adesivo
2. Isolante termico
3. Rasatura
4. Armatura in fibra di vetro
5. Rivestimento esterno
6. Accessori – angolari, profili, tasselli, ecc. ecc.

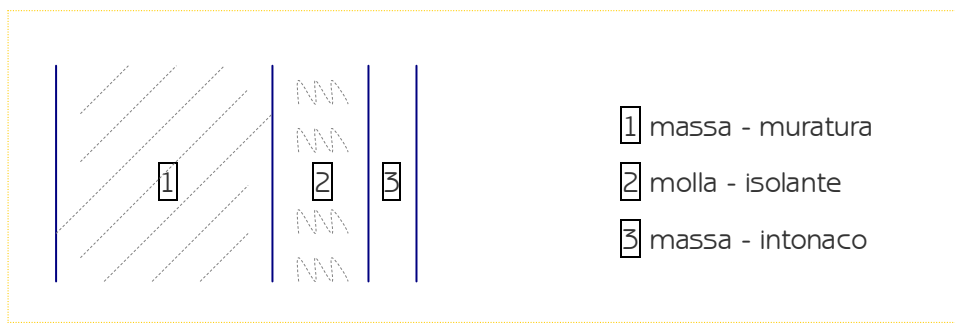
IL FUNZIONAMENTO ACUSTICO DEL SISTEMA

Il cappotto permette di realizzare un sistema molto particolare di isolamento se analizzato dal punto di vista acustico.

Il sistema è composto da tre elementi distinti:

- la muratura di supporto considerata rigida e continua, normalmente di massa molto più elevata degli altri due strati
- l'isolante che funge da elemento "molla", ovvero rappresenta il materiale che deve assorbire l'onda d'urto del rumore
- l'intonaco esterno che rappresenta l'elemento di rivestimento "a pelle"; inoltre l'intonaco viene armato con rete e può essere realizzato con spessori da 3 mm fino a 20÷30 mm. L'intonaco quindi funge da elemento rigido ripartitore dell'energia meccanica che l'onda sonora provoca sulla superficie di impatto.

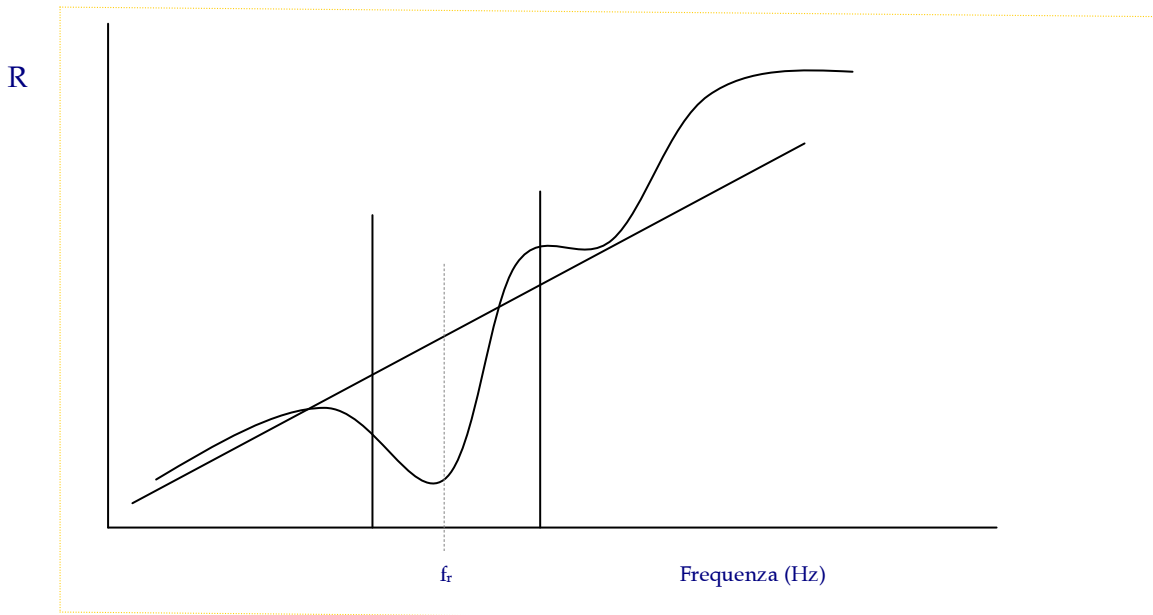
L'intero sistema quindi può essere inteso come composto da massa – molla – massa



che permette di assorbire più o meno energia sonora in base ai parametri della molla del rivestimento esterno e dei mutui fissaggi dei differenti strati.

Il sistema massa, molla, massa, funziona molto bene se l'onda ovvero il rumore presenta frequenze lontane dalla frequenza di risonanza.

Un tipico esempio di comportamento di parete composto come sopra ricordato è il seguente:



Si identificano tre zone distinte del comportamento della parete:

1. Prima della f_r , l'azione viene effettuata dalla parte del suono composta dalle basse frequenze. Le masse $[1]$ e $[3]$ oscillano normalmente in fase. La parete si comporta come una massa totale pari alla somma delle due masse, ovvero si segue la cosiddetta legge della massa: aumento di 6 dB dell'isolamento al raddoppio della frequenza. In altre parole è l'inclinazione della retta del grafico. È ovvio che la massa $[1]$ è di gran lunga più elevata della $[3]$, a livello indicativo di riferimento la $[1]$ vale 200 Kg/m^2 , la $[3]$ ne vale 10 Kg/m^2 . Ma vi sono casi estremi in cui la parete $[1]$ arriva a 400 Kg/m^2 e la $[3]$ a 30 Kg/m^2 . Nei casi comuni chi realizza il vero isolamento acustico è la parete $[1]$ dato che offre una massa molto più elevata.
2. Intorno di f_r . Nelle frequenze dell'intorno di f_r (frequenza di risonanza) avviene un fenomeno molto interessante. Le due pareti di massa $[1]$ e $[3]$ proprio perché fra di loro esiste un mezzo elastico vibrano in controfase. Lo stesso effetto avviene anche nei vetri doppi. Controfase significa che le due pareti mentre vibrano si spostano in senso opposto ad un ventre, mentre dell'onda su di $[1]$ corrisponde una cresta in $[2]$. Questo effetto provoca un'amplificazione dell'onda incidente e delle oscillazioni delle pareti, provocando un "buco" di isolamento acustico (minimo della curva). La f_r dipende dalle masse e dall'elasticità della molla che le divide. Quindi nell'intorno della f_r si ha una netta diminuzione del potere fonoisolante della

parete proprio come se ci fosse un buco da cui passi quell'intervallo di frequenze ben determinato.

3. Oltre la f_r . Le frequenze aumentano e permettono solo alle masse più piccole di vibrare. La massa m_1 è troppo elevata e non può vibrare con frequenze elevate e quindi solo il rivestimento con massa m_3 interviene in questa zona del rumore incidente. In questa zona ciò che crea il miglioramento dell'isolamento acustico è il rivestimento a cappotto che vibra, assorbe l'energia dell'onda d'urto e ne smorza gli effetti. Il rivestimento vibra meglio se è "attaccato" ad una molla (l'isolante) che ne permette tale vibrazione. Quindi la massa m_3 rappresenta un isolante con caratteristiche elastiche adeguate per ottenere un'efficiente valore finale di isolamento.

Conclusione

Il cappotto formato da una parete con massa elevata m_1 un isolante m_2 che presenta caratteristiche di elasticità definite ed un rivestimento che presenta massa m_3 si comporta come un sistema complesso in cui la parete interviene isolando dalle basse frequenze, il rivestimento alle medie /alte frequenze, mentre l'isolante interviene proprio nella zona critica (f_r) per limitare i danni dell'attenuazione.

Obiettivo

Creare un sistema che abbia la f_r più bassa possibile in modo che il "buco" di risonanza esca dalla zona di influenza del campo sensibile. Più la f_r è bassa, meglio è. E questo si ottiene mediante le caratteristiche dei tre componenti il sistema.

La molla

L'elemento "molla" è rappresentato dal materiale isolante posto fra due elementi rigidi. La molla è fondamentale per il funzionamento del sistema e la sua caratteristica più importante è senza alcun dubbio la rigidità dinamica. Nel caso di un sistema a cappotto la frequenza di risonanza f_r si calcola in modo semplificato con la relazione:

$$f_r = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

s' = rigidità dinamica dell'isolante (MN/m³)

m_1 = massa parete di supporto

m_2 = massa superficiale rivestimento esterno (Kg/m²)

La f_r , come detto in precedenza, deve presentare un valore basso e per ottenere ciò due sono le vie:

- isolanti con S' di valore basso
- rivestimenti esterni con massa superficiale alta

La s' dell'isolante determina la f_r , con i seguenti riferimenti orientativi:

$s' \approx 100$ crea $f_r \sim 1000$ Hz

$s' \approx 10$ crea $f_r \sim 100$ Hz

Vi è un parametro poco noto ed utilizzato che però influenza il valore di s' , questo parametro prende il nome di modulo elastico dinamico E_d [KN/m²] che dell'EPS risulta essere

EPS normale 4500 – 5000 KN/m²

EPS elasticizzato 400 – 700 KN/m²

I fissaggi

Il tipo di fissaggio adottato e di incollaggio degli strati del cappotto influenza in modo determinante il comportamento acustico finale. Ad es. le lastre di isolante possono essere incollate – incollate + tassellate. Inoltre l'incollaggio e la tassellatura possono essere eseguiti in molti modi. Sia l'imballaggio, sia la tassellatura, provocano un punto di contatto rigido fra gli elementi. Ad es. ogni tassello provoca inevitabilmente un ponte acustico. Un'elevata superficie di incollaggio ed un elevato numero di tasselli provoca un aumento di f_r e quindi peggiora il comportamento generale del sistema. Deve essere quindi definito in modo preciso e mediante verifiche sperimentali (per via analitica è praticamente impossibile) la % di incollaggio del pannello di isolante al muro ed il numero di tasselli ottimale. Per i motivi sopra riportati non è ottimale incollare su tutta la superficie la lastra di isolante ed in modo analogo porre tasselli in numero superiore a quello meccanicamente necessario.

Il rivestimento esterno

Il rivestimento esterno viene realizzato mediante materiali inerti, colle ed additivi; composto da uno strato con spessori differenti in funzione del risultato desiderato ma vi è sempre presente una rete in fibra di vetro che realizza l'armatura e ne determina il funzionamento a "lastra" sottile. La lastra formata dal rivestimento ha un funzionamento positivo nel sistema dalla f_r alla f_c (frequenza di coincidenza) oltre alla quale il rivestimento perde la sua capacità di assorbire l'onda d'urto e quindi di isolare. La f_c è la frequenza alla quale la massa (ovvero il rivestimento) vibra in fase con l'onda d'urto ovvero più il rivestimento è leggero più la f_c è alta. Per i normali rivestimenti a cappotto le f_c si posizionano fra i 3000 – 4000 Hz quindi fuori dallo spettro contemplato per il calcolo dell'isolamento acustico R della parete e quindi non influente.

3.

L'EPS E L'ISOLAMENTO ACUSTICO

La trasmissione del suono può giungere dall'esterno dell'edificio e dai locali adiacenti mediante due modalità:

- trasmissione per via aerea
- trasmissione per impatto.

Un buon isolamento dai rumori è quindi importante; chi va ad occupare un appartamento dovrebbe poter ottenere, dal costruttore o dal locatario, l'assicurazione di abitarci indisturbato.

Le nuove normative europee e le direttive italiane impongono un miglioramento delle caratteristiche acustiche degli edifici mediante una riduzione dei livelli di rumore ammessi.

Il **POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS)** si è rivelato uno dei più utili materiali per combattere i rumori, se adoperato in forma particolare, **l'EPS elasticizzato**, derivato da quella più nota, ampiamente impiegata per l'isolamento termico.

EPS CON SPECIFICHE PROPRIETA' ACUSTICHE

Materiale di partenza: normali blocchi di EPS, $\rho \sim 13-15 \text{ Kg/m}^3$
(ottenuti però con granulometrie e condizioni di stampaggio e maturazione opportunamente controllate e definite)

“Processo di elasticizzazione”

- Si applica una pressione fino a 1/3 dello spessore originario, tolta la compressione essi ritornano all'85% circa dello spessore originario acquistando così una $\rho \sim 15-18 \text{ Kg/m}^3$
- Taglio dei blocchi in lastre secondo il piano perpendicolare alla direzione della pressione applicata

Proprietà termiche inalterate (tra cui λ)
Modulo elastico più basso
BASSA Rigidità dinamica

EPS ELASTICIZZATO

L'utilizzo principale dell'EPS elasticizzato risiede nel solaio e riveste lo strato che fa "galleggiare" la soletta.

La caratteristica più idonea per caratterizzare le proprietà acustiche dell'EPS elasticizzato è la rigidità dinamica, la cui norma di riferimento è la EN 29052-1.

Ordini di grandezza delle principali prestazioni

	EPS normale	EPS con specifiche proprietà acustiche
Rigidità dinamica [MN/m ³]	60 < s' < 200	12 < s' < 60
Attenuazione del livello della pressione sonora da calpestio	13 dB < ΔL < 18 dB	20 dB < ΔL < 32 dB

Spessore senza carico d _L mm	Spessore sotto carico d _B mm	Rigidità dinamica MN/m ³	Indice di attenuaz. ΔL _w con massetto da 70 Kg/m ³	con pavim. resiliente d _B
			con pavim. rigida d _B	
17	15	30	26	27
22	20	20	28	30
27	25	15	29	33
33	30	15	29	33
38	35	10	30	34
44	40	10	30	34

L'EPS elasticizzato è caratterizzato da:

- modulo elastico dinamico inferiore a 450 KN/m²
- spessore sotto carico che è circa il 10% di quello libero.

RIGIDITA' DINAMICA

La rigidità dinamica **S'** è data dalla somma:

- della rigidità dinamica **S'G** della struttura solida dell'espanso
- e di quella **S'L** dell'aria racchiusa nelle sue celle

$$S' = S'G + S'L \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

La rigidità dinamica **S'G** della struttura è data dalla relazione:

$$S'G = 4 \cdot 10^{-5} m' f R^2 \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

dove:

m' [Kg/m³] è la massa areica della piastra oscillante (comprendente quella dell'eccitatore).

La rigidità dinamica **S'L** dell'aria è data dalla relazione:

$$S'L = 113 / d_B \text{ [mm]}$$

dove:

d_B [mm] è lo spessore sotto carico della provetta.

La rigidità dinamica dipende dallo spessore di un prodotto: **$E_{dyn} \approx s' \times d_B$**

Se il prodotto possiede differenti livelli di rigidità dinamica a spessori differenti, è sufficiente controllare la rigidità dinamica allo spessore che in combinazione con la rigidità dinamica dà il più basso valore di modulo di elasticità dinamica, **E_{dyn}** .

Se viene soddisfatto il requisito della più rigorosa combinazione di spessore e rigidità dinamica, tutte le altre combinazioni per lo stesso prodotto sono parimenti soddisfatte.

d_B	s'	E_{dyn}
20 mm	20 MN/m ³	400 kN/m ²
30 mm	15 MN/m ³	450 kN/m ²
35 mm	10 MN/m ³	350 kN/m ²

NORMATIVA PER L'EPS

Il **POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS)** è uno dei più importanti materiali per l'isolamento termico in edilizia, il primo fra gli espansi plastici cellulari.

La norma europea di riferimento per l'EPS è la UNI EN 13163 che per il settore "acustica" prevede alcune specifiche caratteristiche.

CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI IN EPS

I prodotti sono divisi in classi di cui **EPS T presenta specifiche proprietà di isolamento acustico:**

Tipo	Comprimibilità	Rigidità dinamica
EPS T	Livello da prospetto della norma	Livello da prospetto della norma

- L'EPS T è un **isolante termico che presenta specifiche proprietà di isolamento acustico da impatto**

In relazione alle caratteristiche di rigidità dinamica e comprimibilità, è particolarmente adatto alla protezione dai rumori d'urto e da calpestio.

Questo però non preclude la possibilità di utilizzo per applicazioni differenti dai solai-pavimenti.

- Essendo regolamentato dalla **UNI EN 13163** si prevede:
 - Marcatura CE (sistema di attestazione della conformità: 3)
 - Prove iniziali di tipo **(ITT)** e Controllo di produzione in fabbrica **(FPC)**

(tra cui controllo della rigidità dinamica S' EN 29052-1 e della comprimibilità C EN 12431)

EPS T SECONDO UNI EN 13163

LIVELLI DI COMPRIMIBILITA'

Spessore d_L : determinato in accordo con la EN 12431 sotto un carico di 250 Pa.

Spessore d_B : deve essere determinato in accordo con la EN 12431 con una pausa di 300 s prima di misurare d_B .

La comprimibilità, C , deve essere determinata come differenza tra d_L e d_B .

Livello	Carico applicato sullo strato di rivestimento kPa	Requisito (mm)	Tolleranza (mm)
CP5	$\leq 2,0$	$\leq 5,0$	≤ 2 per $d_L < 35$ ≤ 3 per $d_L \geq 35$
CP4	$\leq 3,0$	$\leq 4,0$	
CP3	$\leq 4,0$	$\leq 3,0$	
CP2	$\leq 5,0$	$\leq 2,0$	≤ 1 per $d_L < 35$ ≤ 2 per $d_L \geq 35$

CLASSI PER LE TOLLERANZE SULLO SPESSORE

Classe	Tolleranze	
T3	- 5 % oppure - 1 mm	+ 15% oppure + 3 mm
T4	0	+ 10% oppure + 2 mm per $d_L < 35$ mm + 15% oppure + 3 mm per $d_L \geq 35$ mm

LIVELLI DI RIGIDITA' DINAMICA

Determinata in accordo con la EN 29052-1 senza precarico

Livello	Requisito MN/m ³
SD 50	≤ 50
SD 40	≤ 40
SD 30	≤ 30
SD 20	≤ 20
SD 15	≤ 15
SD 10	≤ 10
SD 7	≤ 7
SD 5	≤ 5

4.

LE NORME DI RIFERIMENTO

Vengono riportati alcuni valori sperimentali divulgati da aziende operanti nel settore specifico a livello europeo e supportati da prove di laboratorio.

Norme di riferimento:

EN ISO 140 – 1: Parte 1: Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale

EN ISO 140 – 3: Parte 3: Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio

UNI EN ISO 140 – 16: Parte 16: Misurazione in laboratorio dell'incremento del potere fonoisolante mediante rivestimento aggiuntivo

UNI EN ISO 717 – 1: Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea

UNI EN 29052 – 1: Acustica. Determinazione della rigidità dinamica. Materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali

Parametri di riferimento:

RW:

C:

Ctr:

ΔR :

m' : massa superficiale Kg/m^2

s' : rigidità dinamica MN/m^3

Resistenza al flusso d'aria:

Comprimibilità:

analisi nel campo di frequenza: 100 – 3150 Hz

Misure in laboratorio:

UNI EN 29053: Acustica. Materiali per applicazioni acustiche. Determinazione della resistenza al flusso d'aria.

UNI EN ISO 717-1: Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea

UNI EN 29052-1: Acustica. Determinazione della rigidità dinamica. Materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali

UNI EN 12431: Isolanti termici in edilizia. Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti

UNI EN ISO 140: Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio

UNI EN ISO 140-1: Parte 1: Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale

UNI EN ISO 140-3: Parte 3: Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio

UNI EN ISO 140-16: Parte 16: Misurazione in laboratorio dell'incremento del potere fonoisolante mediante rivestimento addizionale

5.

GLI OBBLIGHI DI LEGGE

“Legge Quadro sull’inquinamento acustico”: Legge 26 ottobre 1995 n. 447
(pubblicata sulla G.U. del 30 ottobre 1995 Suppl. Ord. n°254)

- Stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela del rumore prodotto dall’ambiente esterno e dall’ambiente abitativo, ai sensi e per gli effetti dell’art. 117 della Costituzione.
- Art. 3: fissa le competenze dello Stato ed in particolare affida al Ministero dell’Ambiente, di concerto con il Ministero della Sanità e con quello dei Lavori Pubblici e dell’Industria, l’incarico di stabilire, a mezzo decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri, i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici stessi e dei loro componenti in opera.



“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”:

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997
(pubblicato sulla G.U. del 22 dicembre 1997 n°297)

GLI OBBLIGHI DI LEGGE : DPCM 97

Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

Categoria A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
Categoria B	Edifici adibiti a uffici e assimilabili
Categoria C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni e 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

Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (art. 3)

Categorie di cui alla tab. A	R'_w	$D_{2m,n} T_w$	$L'_{n,w}$	L_{A5max}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

Le grandezze di riferimento riportate nella precedente tabella, che caratterizzano i requisiti acustici degli edifici, da determinare con misure in opera, sono:

Potere fonoisolante apparente di elementi di separazione tra ambienti (R'_w)

Rappresenta in sostanza la differenza di livello sonoro esistente tra due stanze di due unità immobiliari adiacenti (può essere riferito sia a muri che ai solai) e tiene conto anche delle trasmissioni laterali.

R' (espressi in funzione della f - terzi di ottava)

Indice di valutazione R'_w del potere fonoisolante apparente (procedura di normalizzazione)

La normativa fissa il **valore MINIMO da rispettare** (50 decibel nel caso delle unità residenziali).

Livello di calpestio normalizzato [$L'_{n,w}$]

Rappresenta il livello sonoro esistente in un ambiente abitativo quando, al piano soprastante, viene azionato un dispositivo che genera 10 colpi al secondo con dei "martelletti" da 0,5 kg;

La normativa fissa il **valore MASSIMO da rispettare** (63 decibel nel caso delle unità residenziali).

$L'n$ (espressi in funzione della f - terzi di ottava)

Indice $L'_{n,w}$ del livello di calpestio di solaio normalizzato facendo ricorso ad un'apposita procedura.

Isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$)

Rappresenta in sostanza la differenza di livello sonoro esistente tra l'esterno e l'interno di un ambiente abitativo. La normativa fissa il **valore MINIMO da rispettare** (40 decibel nel caso delle unità residenziali).

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0 \quad \text{dove} \quad D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$$

è la differenza di livello sonoro

$L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora a 2 m dalla facciata, prodotto dal rumore da traffico, se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata.

L_2 è il livello di pressione sonora media nell'ambiente ricevente.

T è il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente in s.

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 s.

$D_{2m,nT}$, espressi in funzione della $f \rightarrow$ indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nTw}$) facendo ricorso ad un'apposita procedura.

Rumori prodotti da impianti

$L_{A,Smax}$ è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A, con costante di tempo slow, prodotta dai **servizi a funzionamento discontinuo**.

L_{Aeq} è il livello massimo di pressione sonora ponderata A, prodotta dai **servizi a funzionamento continuo**.

LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO

■ Legge 447 del 26-10-1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"

Definisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico. Non indica in sostanza limiti da rispettare ma definisce "chi deve fare cosa".

Nella legge vengono analizzate tutte le tematiche riguardanti il rumore, i soggetti volti ad analizzarle e le competenze di Stato, Regioni, Province e Comuni.

All'art. 8 viene riportato l'obbligo di redigere valutazioni di impatto acustico e di clima acustico per determinate tipologie di opere.

■ D.P.C.M. 5-12-1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

■ Direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale

■ D.Lgs 19 agosto 2005 n° 194 «Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale»,

■ LEGGE 7 luglio 2009, n. 88 "Legge comunitaria 2008"

Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee - (G.U. n°161 del 14 luglio 2009 – Suppl. ord. N°110)

Si riporta l'estratto della legge:

"Legge comunitaria 2008"

Art. 11.

(Delega al Governo per il riordino della disciplina in materia di inquinamento acustico)

.....

5. In attesa del riordino della materia, la disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti di cui all'articolo 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, **non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori-venditori e acquirenti di alloggi sorti successivamente alla data di entrata in vigore della presente legge.**

.....

-
- Il DPCM 5-12-1997 è tuttora in vigore per cui deve essere rispettato dalle imprese costruttrici: gli edifici dovranno sempre essere costruiti rispettando i limiti di isolamento acustico in esso definiti.
 - L'art. 11, comma 5, della legge 7 luglio 2009, n. 88 non menziona la pubblica amministrazione, bensì fa esclusivo riferimento ai privati, in particolare costruttori-venditori e acquirenti di alloggi.
 - L'art. 11, comma 5, della legge 7 luglio 2009, n. 88 si riferisce agli alloggi, e non prende in esame le altre categorie di edificio contemplate nel DPCM: si presume per cui che le scuole, gli ospedali per es. non rientrino nell'esclusione di applicazione del DPCM.
 - Nella compravendita di un alloggio tra 2 privati o tra venditore e privato acquirente non può essere fatto riferimento a quanto previsto dal DPCM 97.
Ovvero l'acquirente non può richiedere che l'edificio risponda ai limiti di isolamento acustico previsti dal DPCM 97 (se l'alloggio è stato costruito dopo il 1997, in teoria l'edificio dovrebbe essere stato costruito in ottemperanza di questo).

6. L'articolo 10 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, e` abrogato.

DDL "Legge comunitaria 2009"

5. In attesa dell'emanazione dei decreti legislativi di cui al comma 1, l'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, si interpreta nel senso che la disciplina relativa ai requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti non trova applicazione nei rapporti tra privati e, in particolare, nei rapporti tra costruttori-venditori e acquirenti di alloggi, **fermi restando gli affetti derivanti da pronunce giudiziali passate in giudicato e la corretta esecuzioni dei lavori a regola d'arte asseverata da un tecnico abilitato.**

6. L'articolo 10 del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 194, e` abrogato.

6.Bis La lettera f), del comma 1, dell'art. 3 della legge 26 ottobre 1995, n. 447, è sostituita dalla seguente: 'f) l'indicazione, con uno o più decreti del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, dei criteri per la progettazione, l'esecuzione e la ristrutturazione delle costruzioni edilizie e delle infrastrutture dei trasporti, ai fini della tutela dall'inquinamento acustico.

6.

LE VERIFICHE SPERIMENTALI DI AIPE

AIPE a supporto di quanto riportato in precedenza ha condotto con il contributo delle aziende associate un programma di prove e verifiche in laboratorio al fine di fornire alcuni valori reali di riferimento per i progettisti che intendano affrontare l'isolamento acustico di elementi di facciata con l'EPS.

Elenco prove eseguite da AIPE presso laboratorio prove materiali e sistemi:

- A. Spessore/comprimibilità
- B. Rigidità dinamica
- C. Muratura con sistema a cappotto

A. SPESSORE – COMPRIMIBILITA'

Condizioni di prova: $T = (23 \pm 5)^\circ\text{C}$ e U.R. = $(50 \pm 5)\%$

- Tempo di applicazione di ciascun carico: (120 ± 5) s

- Carichi statici applicati:

250 Pa	~ 25 Kg/m ²
2000 Pa	~ 200 Kg/m ²
50000 Pa	~ 5100 Kg/m ²

Spessore d [mm]: distanza misurata tra la piastra rigida piana di riferimento su cui poggia il provino e il piattello di carico su cui si esercitano le pressioni, determinato allo 0,1 mm più prossimo.

SPESSORI DETERMINATI:

dL [mm]: provino caricato con una pressione di 250 Pa (~ 25 Kg/m²) per (120 ± 5) s

dF [mm]: provino caricato con una pressione di 2000 Pa (~ 200 Kg/m²) per (120 ± 5) s

dB [mm]: provino caricato inizialmente con una pressione di 50 000 Pa (~ 5100 Kg/m²), dopo (120 ± 5) s il carico viene rimosso, lo spessore dB è determinato dopo (120 ± 5) s di applicazione del carico di 2 KPa

dF e dB sono determinati sugli stessi provini impiegati per determinare dL.

SPESSORE – COMPRIMIBILITA'

Nome prodotto	Descrizione campione	Spessore dichiarato (mm)	Massa per unità di superficie (kg/m ²)	Massa volumica apparente (ρ) (kg/m ³)	d _L (mm)	d _F (mm)	d _B (mm)	CP (mm)
S2	EPS – non EL	22	0.61	27.7	22.3	22.2	22.2	0.1
S3	EPS - EL	22	0.85	38.6	23.0	22.8	22.6	0.4
S4	EPS - EL	53	2.13	40.2	53.9	53.6	53.0	0.9
S6	EPS – non EL	20	0.51	25.5	20.2	19.9	19.5	0.7
S9	Polietilene reticolato	5	0.17	34.0	5.2	5.1	5.0	0.2
S10	EPS - EL	60	1.54	25.7	61.2	60.9	58.7	2.5
S11	EPS – non EL	60	1.27	21.2	60.4	60.3	60.2	0.2

LEGENDA

EPS – non EL EPS non elasticizzato

EPS – EL EPS elasticizzato

CP Comprimibilità CP = d_L - d_B

d_L, d_F, d_B Valori medi relativi a 10 differenti provini del medesimo materiale esaminato

B. RIGIDITA' DINAMICA

Metodo di prova secondo UNI EN 29052-1.

Misura della risposta in frequenza conforme a ISO 7626-2)

RIGIDITA' DINAMICA APPARENTE PER UNITA' DI SUPERFICIE

$$s'_t = (2\pi f_r)^2 m'_t \quad [N/m^3]$$

m't [kg/m²): massa totale per unità di superficie

f_r [Hz]: frequenza di risonanza (del modulo della funzione di trasferimento tra il segnale di vibrazione e quello di eccitazione)

RIGIDITA' DINAMICA

Nome prodotto	Descrizione campione	Spessore sotto carico (mm)	Massa per unità di superficie del campione (Kg/m ²)	f _r (Hz)	S' _t (MN/m ³)
R1	EPS – non EL	30.7	0.81	84	56
R2	EPS – non EL	22.2	0.61	168	223
R3	EPS - EL	22.5	0.85	75	44
R4	EPS - EL	53.4	2.13	46	17
R5	EPS – non EL Doppia densità (30 e 20 Kg/m ³ per 22,5 mm di spessore ognuno)	44.7	1.14	66	34
R6	EPS – non EL	19.7	0.51	112	99
R7	EPS - EL	31.9	0.78	39	12
R8	EPS - EL	21.4	0.36	39	12
R9	Polietilene reticolato	5	0.17	182	262
R10		60.6	1.54	38	11
R11	EPS – non EL	60.1	1.27	114	103

Legenda:

EPS-nonEL:

EPS non elasticizzato

EPS-EL:

EPS elasticizzato

La rigidità dinamica S' può presentare valori diversi a quelli riportati in tabella. I dati sopra riportati sono riferiti a campioni reperiti dal mercato e che rappresentano valori medi, ma con particolari accorgimenti di elasticizzazione e spessori si raggiungono valori inferiori di S'.

C. MISURA DEL POTERE FONOISOLANTE

MURATURA CON SISTEMA A CAPPOTTO

Nome	Descrizione copertura	Spessore (mm)	Massa per unità di superficie (Kg/m ²)	R _w (c, c _v) (dB)
1a	Muro con elementi in laterizio (29,5x18,5x24 cm di massa 11,78 Kg) intonacato su un lato	260	264	48 (-1, -3)
1b	Muro con elementi in laterizio (29,5x18,5x24 cm di massa 11,78 Kg) intonacato su un lato e con "cappotto" sull'altro lato	320	265	Valori rimasti invariati
	"cappotto" EPS – non EL: lastre spessore 60 mm con massa areica 1,3 Kg/m ²	60		
	Rasatura armata			
	Strato di finitura fine spessore 1- 2 mm	1 - 2		
1c/pr	Muro con elementi in laterizio (29,5x18,5x24 cm di massa 11,78 Kg) intonacato su un lato e con "cappotto" sull'altro lato	320	265	49 (-2, -6)
	"cappotto" EPS – EL: spessore 60 mm con massa areica 1,6 Kg/m ²	60		
	Rasatura armata			
	Strato di finitura fine spessore 1- 2 mm	1 - 2		

Legenda:

EPS - non EL:

EPS non elasticizzato

EPS-EL:

EPS elasticizzato

7.

ISOLAMENTO ACUSTICO DI PARETI CON CAPPOTTO

Non solo AIPE ma altre associazioni hanno realizzato un'analisi sperimentale in merito a pareti isolate con sistemi a cappotto.

L'analisi più esaustiva e rappresentativa della casistica riscontrabile nei sistemi di rivestimento a cappotto è stata condotta dall'associazione tedesca.

Vengono riportati alcuni dati dell'analisi, in modo da permettere la determinazione del miglioramento acustico di una parete a cui viene applicato il sistema di isolamento dall'esterno.

I dati della tabella sotto riportata sono stati ricavati da un'interpolazione di prove sperimentalmente condotte in funzione di:

- materiale isolante utilizzato: EPS elasticizzato (EPS T)
- rigidità dinamica dell'EPS T:

spessore (mm)	S' (MN/m ³)
60	15
100	9
160	6

- variabili introdotte nell'analisi:

- spessore
- massa superficiale intonaco esterno

- la parete di supporto è stata realizzata con elementi in mattoni di massa superficiale di 260 Kg/m² escluso intonaco applicato su superficie lato interno della parete.

**MIGLIORAMENTO $\Delta R_w (d_B)$ CON CAPPOTTO CON POLISTIRENE ELASTICIZZATO, INCOLLAGGIO
SUL 40% DELLA SUPERFICIE DI APPOGGIO DELLA LASTRA:**

Spess. Isol. (mm)	Massa superficiale del rivestimento (intonaco + finitura) (Kg/m ²)							f _r (Hz)
	6	8	10	12	16	24	30	
60	-1	1	2	4	5	8	10	-
80	1	3	4	5	7	10	12	200
100	2	4	5	7	9	12	14	150
120	4	5	7	8	10	13	15	-
140	4	6	8	9	11	15	16	100
160	5	7	9	10	12	16	17	-
180	6	8	10	11	13	16	18	-
200	7	9	11	12	14	17	19	60

I valori riscontrati sperimentalmente riportati nella sezione 6) sono in linea con quanto riportato nella tabella.

f_r = frequenza di risonanza con spessore materiale isolante pari a 100 mm e rivestimento con 10 Kg/m².

Sempre con approssimazione è possibile ritrovare analiticamente i valori della tabella utilizzando le seguenti relazioni:

$$\Delta R = R \text{ parete con cappotto} - R \text{ parete senza cappotto}$$

$$R \text{ parete con cappotto} = R_1 + R_2 + 10 \log \left(\frac{4\pi f \rho c}{K_s} \right)^2$$

$$K_s = \frac{\rho c^2}{d}$$

$$R \text{ parete senza cappotto} = 20 \log M$$

$$f_r = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)}$$

I significati dei parametri sono riportati nella sezione 1).

8. MARCHIO DI QUALITA' E DI TRASPARENZA DEI DATI



- Marchio promosso da AIPE
- Marchio a garanzia della conformità dell'EPS per isolamento termico
- Riguarda prodotti in EPS posti sul mercato come isolanti termici e quindi marcati CE, secondo allegato ZA - norma UNI EN 13163
- **Obiettivo: garantire le prestazioni al progettista e all'utente finale.**

Il marchio attesta la veridicità delle caratteristiche dell'EPS dichiarate dal produttore in etichetta CE mediante **prelievo** dei campioni **dal mercato**.