

LA PROTEZIONE DAL RUMORE



NOTE DI ISOLAMENTO ACUSTICO

1. A PROPOSITO DI ISOLAMENTO ACUSTICO

1.1 IL FENOMENO SONORO

1.2 GRANDEZZE CARATTERISTICHE

Il rumore può diventare una minaccia per la salute, ecco perché l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha da tempo fissato il limite della soglia di sopportabilità a 65 decibel.

Per meglio capire questo dato basti pensare che è sufficiente lo squillo del telefono per oltrepassare tale barriera.

I dati emersi da recenti indagini evidenziano la situazione di grave disagio da inquinamento acustico in cui si trova gran parte della popolazione.

“Un italiano su cinque vive in zone in cui il rumore provoca seri disturbi alla salute[...]. Su 480 punti controllati solo in uno sono stati trovati valori all'interno dei limiti di legge. In cento punti sono stati misurati più di 70 decibel di notte, mentre il valore massimo durante il giorno è stato individuato a carico delle aree industriali [...]”

(fonte: Legambiente).

I suoni fanno parte della nostra vita quotidiana e possono essere definiti tali solo quando è possibile associarli ad una sensazione gradevole nella loro percezione (basti pensare alla musica), ma diventano immediatamente rumori nel momento stesso in cui generano fastidio.

Anche la musica, se emessa ad altissimo volume, può diventare un rumore insopportabile.

È quindi assai difficile stabilire il confine tra suono e rumore, in quanto entrambi i termini sono legati alla soggettività dell'individuo.

Il suono non è altro che una variazione di pressione che l'orecchio umano è in grado di percepire.

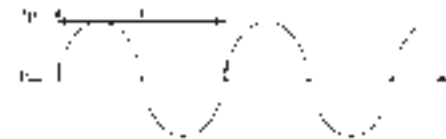
Da un punto di vista fisico quando si parla di suono ci si riferisce ad un sistema di vibrazioni complesse che si propagano in un mezzo elastico (solido, liquido, gassoso). La vibrazione può essere generata da vari tipi di sorgente e il mezzo di propagazione può essere la stessa aria che respiriamo.

Ogni volta che un corpo elastico è messo in vibrazione si genera una perturbazione fisica che crea una serie di compressioni e decompressioni del mezzo circostante (onde sonore), dovute allo spostamento delle particelle intorno alla loro posizione di equilibrio. Le particelle messe in vibrazione a loro volta trasmettono energia a quelle circostanti e la perturbazione si propaga con una velocità che è funzione delle caratteristiche del mezzo elastico.

Le principali grandezze caratteristiche riferibili alle onde sonore sono frequenza, lunghezza d'onda e ampiezza. Per frequenza f si intende il numero di compressioni e decompressioni nell'unità di tempo, mentre la lunghezza d'onda λ (lambda) si definisce come distanza tra due successive compressioni e infine per **ampiezza** si intende la variazione della pressione dell'aria rispetto alla condizione di equilibrio, ossia rispetto alla normale pressione atmosferica. Un'altra grandezza significativa per la definizione del suono è la velocità di propagazione c che dipende dalla massa e dall'elasticità del mezzo.

Fig.1

Andamento della pressione sonora in funzione del tempo



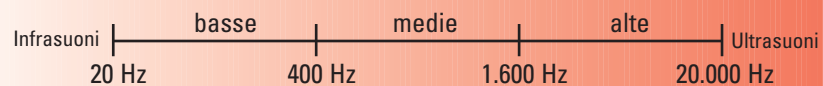
P_{atm} pressione dell'aria in quiete (Pa)

Δp variazione della pressione rispetto alla condizione di equilibrio (Pa)

T periodo, ossia tempo necessario al compimento di un intero ciclo di perturbazione intercorrente tra due situazioni analoghe (s). L'inverso del periodo è la frequenza, ossia il numero di cicli completi che avvengono nell'unità di tempo.

Fig.2

Frequenze



Tab.1

Velocità di propagazione del suono per vari materiali

Materiale	Velocità di propagazione (m/s)
Aria a 20°C	344
Acqua a 13°C	1440
Gomma	40-150
Sughero	400-600
Piombo	1220
Alluminio	5000
Acciaio	5200
Legno (in funzione del tipo)	3500-5000
Muratura di mattoni pieni	3000
Muratura di calcestruzzo	3400
Gesso	2200
Vetro	4900

1.3 PRESSIONE SONORA E DECIBEL

Per pressione sonora si intende la variazione della pressione dell'aria intorno alla sua condizione di equilibrio. Il campo di variazione della pressione sonora è molto esteso e mediamente è compreso tra 2×10^{-5} e 2×10^2 Pa.

È evidente che la scala lineare così espressa in Pa porta a numeri di difficile utilizzo, pertanto per poter semplificare il problema e anche perché la percezione sonora da parte dell'orecchio umano è più vicina a quella reale se si utilizza una scala logaritmica, ecco che si è preferito impiegare quest'ultima.

Viene quindi definito come livello di pressione sonora L_p , da esprimere in decibel (dB) il rapporto tra il quadrato della pressione sonora rispetto al quadrato della pressione sonora di riferimento P_0 :

$$L_p = 10 \log P^2/P_0^2 = 20 \log P/P_0 \text{ (dB)}$$

dove:

P pressione sonora misurata (Pa)

P₀ pressione sonora di riferimento (2×10^{-5} Pa)

È importante sottolineare che l'intervallo delle pressioni sonore e quindi la scala dei dB è mediamente compreso tra 0 dB e 140 dB. Basta infatti sostituire nella formula sopra riportata i valori limite di 2×10^{-5} Pa e 2×10^2 Pa e si ottiene quanto segue:

P = P₀ = 2×10^{-5} Pa **L_p = 0 dB** Soglia uditiva umana media alla frequenza di 1 kHz

P = 2×10^2 Pa **L_p = 140 dB** Soglia del dolore (1)

L'espressione di L_p inoltre porta a considerare un altro importante aspetto e cioè che: **ad ogni raddoppio o dimezzamento della pressione sonora corrisponde un incremento o una riduzione di 3 dB del livello di pressione sonora.**

Pertanto a livello soggettivo deve essere ben chiara l'aspettativa del risultato. Le formule insegnano che l'eliminazione totale della rumorosità non è realisticamente perseguibile e nella maggior parte dei casi non è neppure conveniente.

Fig.3

L'aritmetica classica non si applica ai decibel:

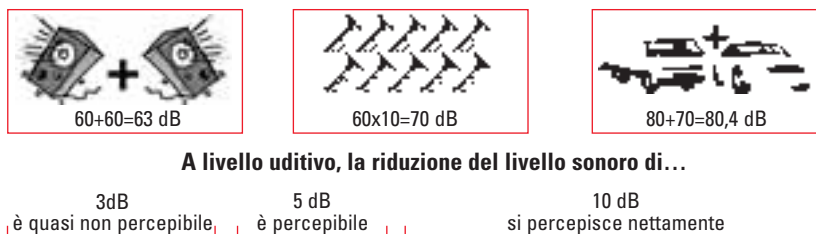


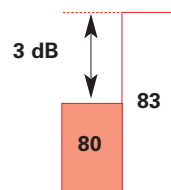
Fig.4

Cos'è il decibel - dB

È il rapporto tra grandezze proporzionali all'energia o alla potenza rispetto ad un riferimento. Nel caso acustico si usa il quadrato della pressione sonora rispetto al quadrato della pressione sonora di riferimento, P_0 . Si usa per semplificare il problema (anche se potrebbe sembrare il contrario). La scala delle pressioni sonore è molto ampia e non sarebbe facilmente rappresentabile in forma lineare. Inoltre l'orecchio umano è sensibile alla pressione, ma non in modo lineare; una pressione doppia non corrisponde ad una sensazione doppia.

$$\text{dB} \Rightarrow 10 \log \frac{P^2}{P_0^2}$$

Tre soli dB dimezzano o raddoppiano, la sensazione di disturbo.



1.4 LA PERCEZIONE DEL SUONO. RELAZIONE TRA dB E dB (A)

La sensibilità dell'orecchio umano ai suoni è variabile in funzione della frequenza di emissione del suono stesso; è maggiore per le frequenze medio-alte e minore per quelle basse. I dati fisici che vengono rilevati dagli strumenti in sede di rilievo acustico non si correlano direttamente con la sensazione uditiva, infatti i valori di pressione sonora registrati dallo strumento più comune, il fonometro, non corrispondono esattamente a ciò che viene percepito dall'orecchio.

Ecco perché si è ritenuto opportuno introdurre delle curve di ponderazione in grado di fornire una rappresentazione numerica del livello di pressione sonora di un rumore più vicina alla sensazione reale percepita dall'uomo.

(1) Così come definita da molti testi di letteratura. Testi più recenti indicano la soglia del dolore addirittura intorno a 125 dB!

Le curve di ponderazione sono svariate; di norma, ai fini della valutazione del disturbo da rumore, viene utilizzata la curva di tipo A che consente di passare dai dB ai dB(A) attraverso opportuni fattori di conversione alle varie frequenze.

Dovendo quindi rappresentare nella scala dei dB(A) un rumore caratterizzato da uno spettro sonoro espresso in dB, si dovranno sommare algebricamente ai valori del livello di pressione sonora per frequenza di ottava i relativi fattori di ponderazione. La Tabella 2 fornisce un esempio indicativo in tal senso.

Tab.2

Esempio di conversione da dB a dB (A)

frequenza (Hz)	livello di pressione sonora (dB)	fattore di ponderazione (scala A)	livello di pressione sonora [dB (A)]
31,5	72	-39,4	32,6
63	78	-26,2	51,8
125	79	-16,1	62,9
250	66	-8,6	57,4
500	64	-3,2	60,8
1000	62	0	62
2000	46	+1,2	47,2
4000	47	+1,0	48,0
8000	48	-1,1	46,9
16000	36	-6,6	29,4

Importante notare che alla frequenza di 1.000 Hz il valore registrato dallo strumento equivale al valore percepito dall'orecchio umano.

2. TIPOLOGIA DEL RUMORE E RELATIVI INTERVENTI

Principali problemi acustici negli edifici

Tipo di fenomeno	Natura e finalità dell'intervento
Rumore aereo tra alloggi e/o locali adiacenti	Fonoisolamento, al fine di ridurre il passaggio dell'energia sonora tra sorgente e ambiente disturbato
Rumore aereo generato all'interno del locale	Fonoassorbimento, al fine di correggere o bonificare il tempo di riverberazione del locale Fonoisolamento, al fine di limitare la trasmissione dell'energia sonora agli ambienti vicini
Rumore aereo proveniente dall'esterno	Fonoisolamento, al fine di ridurre il passaggio dell'energia sonora tra sorgente e ambiente disturbato
Rumore aereo generato da impianti idrosanitari	Fonoisolamento, al fine di limitare la trasmissione dell'energia sonora agli ambienti circostanti
Rumore d'impatto da calpestio	Pavimento galleggiante, al fine di impedire la propagazione del rumore di impatto alla sorgente

Tab.3

2.1 IL RUMORE

La trasmissione del rumore può avvenire per via solida o per via aerea. Negli edifici si usa una distinzione in funzione del tipo di eccitazione (generazione) del fenomeno rumoroso:

- il **rumore aereo**, emesso direttamente in aria. Rumori tipicamente aerei sono quelli prodotti dal traffico veicolare, dalla voce, dalla radio, dal televisore, dagli elettrodomestici, ecc.;
- il **rumore d'impatto**, generato dall'eccitazione diretta tra due corpi solidi che entrano in contatto tra di loro. Gli urti che ne derivano si propagano per via solida attraverso i due corpi e successivamente si trasformano in rumori aerei. Il rumore di calpestio è l'esempio più tipico del rumore d'impatto.

Quando un'onda sonora colpisce una superficie, l'energia incidente in parte viene:

- **riflessa**;
- **trasmessa** attraverso la superficie stessa;
- **assorbita**. La parte assorbita viene in parte dissipata sotto forma di energia meccanica e termica dalla struttura e in parte può essere trasmessa sotto forma di vibrazioni solide dette "trasmissioni laterali" che sono funzione del tipo di materiale e dei vincoli esistenti tra la struttura di separazione e gli altri elementi al contorno.

La parte di energia sonora **riflessa** dipende dalle caratteristiche di **fonoassorbimento** della superficie, mentre la parte che viene **trasmessa** dipende dalle caratteristiche di **fonoisolamento**. È importante, pertanto, distinguere con chiarezza queste due caratteristiche:

- il **fonoassorbimento** è la capacità di disperdere l'energia sonora in energia termica. Il **coefficiente di assorbimento acustico** α (alfa) indica la frazione di energia assorbita e varia da 0 per i materiali totalmente non assorbenti a 1 per i materiali totalmente assorbenti;
- il **fonoisolamento** è la capacità di ridurre l'energia acustica che si propaga per via aerea tra due ambienti.

Fig.5

Trasmissione del rumore:

- parte si riflette
- parte si assorbe
- parte si trasmette per via aerea
- parte si trasmette per via solida

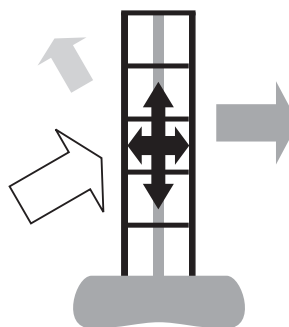
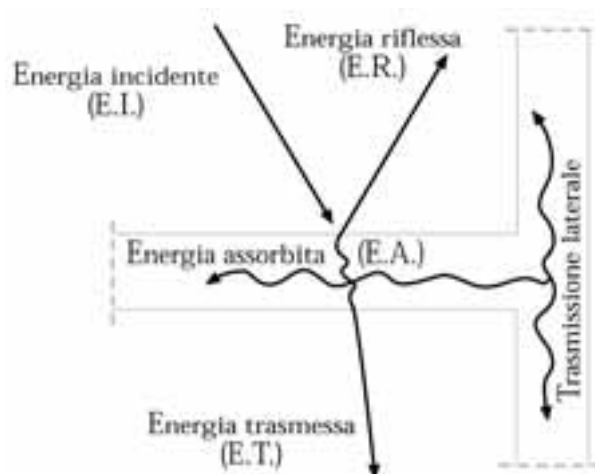


Fig.6

Scomposizione dell'energia sonora in presenza di una parete



Se si intende minimizzare la parte di energia trasmessa occorre intervenire privilegiando il fonoisolamento, mentre se si vuole ridurre la parte di energia sonora riflessa è bene intervenire con soluzioni di fonoassorbimento.

2.2 FONOSOLAMENTO

Come anticipato, l'energia sonora che incontra una parete si scompone in tre parti di cui una viene trasmessa all'ambiente adiacente e un'altra viene assorbita dalla parete stessa.

Relativamente alla trasmissione diretta, l'onda sonora attraversa l'ostacolo sfruttando la porosità del materiale costituente il setto separatore, mentre l'energia assorbita viene in parte dissipata in energia meccanica e termica dalla struttura e in parte può essere trasmessa sotto forma di vibrazioni solide dette "trasmissioni laterali" che sono funzione del tipo di materiale e dei vincoli esistenti tra la struttura di separazione e gli altri elementi al contorno.

Per indicare l'attitudine di un materiale ad impedire la trasmissione del rumore, si fa riferimento al suo **potere fonoisolante R**, espresso in dB, definito come il rapporto tra la potenza incidente e la potenza trasmessa, e ottenibile con la seguente formula:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log (S/A) \text{ (dB)}$$

dove	L_1	livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbante (dB)
	L_2	livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato (dB)
	S	superficie del divisorio (m^2)
	A	unità di assorbimento acustico dell'ambiente disturbato (m^2).

Il potere fonoisolante R viene rilevato in laboratorio secondo quanto indicato nella norma tecnica UNI EN ISO 140-3.

La misura viene effettuata per bande di 1/3 di ottava in una gamma di frequenze comprese tra 100 e 5.000 Hz.

Dalle prove eseguite è possibile ricavare un unico valore che esprime in maniera sintetica la prestazione acustica del campione provato. Tale quantità è definita **Indice di valutazione del potere fonoisolante R_w** e si ricava attraverso il procedimento di calcolo riportato nella norma UNI EN ISO 717-1. Il rapporto di prova riporta sia il valore R, misurato a ogni frequenza, che il valore R_w .

2.2.1 DIVISORI SEMPLICI OMOGENEI

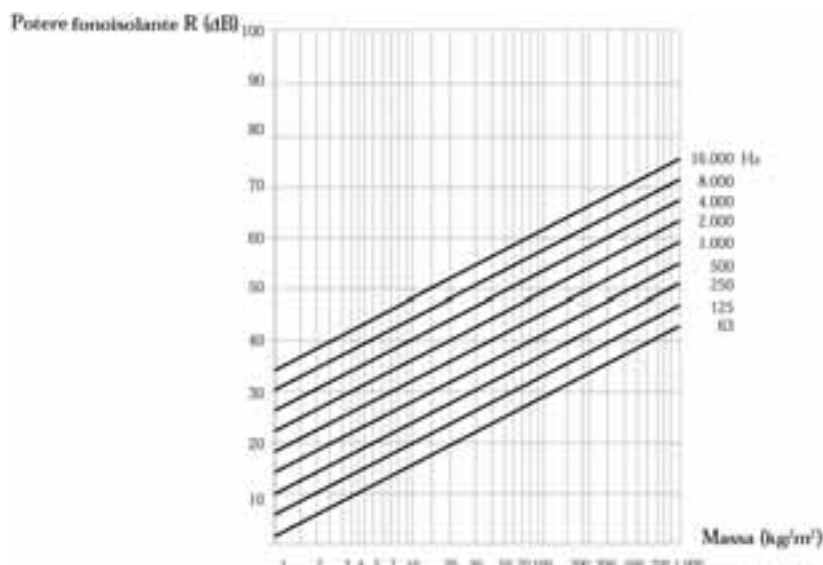
Per quanto riguarda divisori semplici omogenei, il potere fonoisolante dipende dal grado di impermeabilità all'aria della parete e dalla sua massa per unità di superficie. Per questa tipologia di divisori la Legge della massa è quella che ne rappresenta il comportamento con una certa attendibilità. La Legge della massa, nella sua forma più semplificata, esprime il potere fonoisolante come segue:

$$R = 20 \log (m \cdot f) - 48 \text{ (dB)}$$

dove	f	frequenza (Hz)
	m	massa per unità di superficie (kg/m^2)

Tab.4

Rappresentazione schematica della legge della massa



Il suo impiego consente di ottenere dati di prima approssimazione e del tutto teorici sul potere fonoisolante di una parete monostrato omogenea e dimostra che ad ogni raddoppio di massa si ottiene un incremento del potere fonoisolante di 6 dB.

Lo stesso incremento si ottiene ad ogni raddoppio della frequenza incidente.

La legge della massa però non tiene in considerazione alcuni fattori che sono legati alla natura del divisorio e alla sua applicazione, quali:

- > l'elasticità e la porosità del materiale che costituisce la parete
- > la presenza di fessure
- > le dimensioni della parete
- > la tipologia dei vincoli con le strutture al contorno.

Tali fattori influiscono sulla legge teorica generando delle perdite di potere fonoisolante sia nel campo delle basse frequenze, dovute a risonanze di oscillazione dipendenti dalle caratteristiche dimensionali del divisorio e dalle sue caratteristiche di elasticità, sia nel campo delle alte frequenze - fenomeni di coincidenza - dovuti allo spessore del divisorio e in misura notevole alle condizioni di vincolo ai bordi.

Nelle zone di alta e bassa frequenza pertanto possono verificarsi delle perdite di isolamento acustico. La frequenza dalla quale ha inizio tale perdita viene definita frequenza critica **f_c**, espressa come

$$f_c = f_0 / s \text{ (Hz)}$$

dove f_0 frequenza critica del materiale per uno spessore di 1 cm (Hz)
 s spessore dell'elemento (cm)

Tab.5

Frequenze critiche indicative di alcuni materiali

	Materiale	Massa (kg/m³)	Frequenza critica per 1 cm di spessore (Hz)
•	Gomma	1.000	85.000
•	Sughero	250	18.000
••	Polistirene espanso	14	14.000
•••	Acciaio	7.800	1.000
•••	Alluminio	2.700	1.300
•	Piombo	10.600	8.000
•••	Vetro	2.500	1.200
•••	Mattoni pieni	2.000 – 2.500	2.500 – 5.000
		(secondo la provenienza del materiale)	
••	Calcestruzzo	2.300	1.800
••	Gesso	1.000	4.000
••	Legno	600	6.000 – 18.000
			(secondo la tipologia del legno)

- materiali a perdite interne molto deboli (2 – 4 dB)
- materiali a perdite interne medie (6 – 8 dB)
- materiali a perdite interne molto elevate (circa 10 dB)

2.2.2 DIVISORI DOPPI

I divisori doppi, oltre alle risonanze sopra descritte, sono interessati da ulteriori risonanze dovute alla massa dei due componenti e allo spessore dell'intercapedine che li separa. In tal caso la frequenza di risonanza è pari a

$$f_r = 85 \sqrt{1/d (1/m_1 + 1/m_2)} \text{ (Hz)}$$

dove d spessore dell'intercapedine (m)
 m_1, m_2 masse dei due elementi (kg/m^2)

Per migliorare il potere fonoisolante è consigliabile diversificare, per quanto possibile, gli spessori e i materiali degli strati costituenti la parete.

2.3 FONOASSORBIMENTO

Compito del fonoassorbimento è quello di ridurre gli effetti della riflessione delle onde sonore e di correggere l'acustica degli ambienti, quali locali di pubblico spettacolo, ristoranti, auditorium, palestre, capannoni industriali e artigianali, ecc.

Il **coefficiente di assorbimento acustico α (alfa)**, definito come rapporto tra energia sonora assorbita ed energia sonora incidente, rappresenta l'attitudine di un materiale ad assorbire i rumori.

Coefficiente di assorbimento acustico $\alpha = E.A./E.I.$ (adimensionale)

Se un materiale è caratterizzato da un coefficiente di assorbimento acustico pari a 0,90, significa che il medesimo è in grado di assorbire il 90% delle onde sonore incidenti e di rifletterne il 10%.

L'assorbimento acustico avviene poiché parte dell'energia sonora si trasforma in energia termica. I materiali fonoassorbenti, cioè dotati di elevato assorbimento acustico, possono essere suddivisi in tre categorie:

- > materiali porosi
- > pannelli flessibili
- > risonatori

I **materiali porosi** hanno una struttura non omogenea cosiddetta "a celle aperte", costituita da una matrice solida all'interno della quale sono presenti cavità collegate tra di loro e comunicanti con l'esterno. Di norma l'assorbimento acustico dei materiali porosi aumenta con l'aumentare delle frequenze e dello spessore.

Nei **pannelli flessibili** l'assorbimento acustico è legato alla loro elasticità; quando un pannello flessibile viene colpito da un'onda sonora entra in vibrazione. Se la frequenza di queste azioni coincide con la frequenza propria di risonanza del pannello, la vibrazione acquista una notevole ampiezza; in tale condizione il pannello dissipa in calore molta più energia che in ogni altra situazione e tale energia viene assorbita dall'energia sonora incidente. L'assorbimento acustico derivante da tale fenomeno è molto selettivo, cioè avviene per quella o quelle frequenze per le quali il pannello entra in risonanza e di norma caratterizza le basse frequenze.

Nei **risonatori** l'assorbimento acustico avviene per risonanza di cavità. Quando un'onda sonora entra all'interno della cavità comprime l'aria in essa contenuta la quale produce un'onda sonora in contro-fase rispetto a quella in arrivo. Anche in questo caso l'assorbimento acustico è molto selettivo in funzione della frequenza.

Talvolta al posto di un solo risonatore si utilizzano i risonatori multipli con fori di dimensioni variabili; questo migliora l'assorbimento in quanto la dimensione dei fori incide sulle frequenze di risonanza.

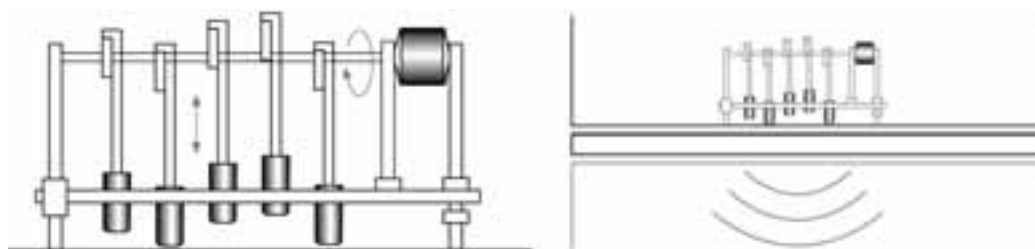
2.4 RUMORE DI CALPESTIO

Le strutture orizzontali subiscono le sollecitazioni acustiche più moleste in quanto sono soggette ai rumori aerei presenti nell'ambiente e inoltre ai rumori d'impatto generati dal calpestio, dalla caduta di oggetti, ecc. I rumori d'impatto sono particolarmente insidiosi poiché la causa, agendo su superfici localizzate, crea nella struttura vibrazioni che inducono elevata radianza sonora: ciò significa che tali vibrazioni possono propagarsi anche a notevole distanza dalla fonte, in direzione sia verticale che orizzontale.

L'impiego di solai di notevole spessore, pur migliorando l'isolamento acustico dai rumori aerei, non riduce la propagazione solida del rumore, aumentando al contrario i costi di costruzione e le difficoltà progettuali ed esecutive.

La risposta di un solaio alle sollecitazioni acustiche d'impatto viene indicata con una grandezza definita **Livello di rumore di calpestio L_n** , normalmente rilevata in laboratorio mediante un'apposita apparecchiatura (generatore di calpestio normalizzato) e in conformità alle norme tecniche UNI EN ISO 140-6, UNI EN ISO 140-7.

Rappresentazione schematica del generatore di rumore di calpestio normalizzato



Il livello di rumore di calpestio in pratica rappresenta il livello di pressione sonora misurato in un locale quando sul solaio che lo sovrasta agisce il generatore normalizzato, le cui caratteristiche meccaniche sono codificate.

Nell'ambiente disturbato si misura il livello di rumore trasmesso per ogni banda di frequenza di 1/3 di ottava. Il livello di rumore di calpestio normalizzato L_n si calcola mediante la seguente espressione:

$$L_n = L_i - 10 \log A_0/A \text{ (dB)}$$

dove	L_i	livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbante (dB)
	A	area equivalente di assorbimento acustico nell'ambiente di misura (m^2)
	A_0	area di riferimento pari a $10 m^2$

Anche per questa prestazione, così come per il potere fonoisolante R , è possibile individuare una singola quantità riassuntiva L_{nw} che esprime la qualità del campione testato nella sua totalità e viene definita **Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato**.

Dalla descrizione effettuata risulta che il valore del livello di rumore di calpestio normalizzato è pertanto inversamente proporzionale alla qualità: tanto più è basso, tanto è migliore la prestazione del campione in esame!

L'ottenimento di adeguate condizioni di isolamento acustico all'interno degli edifici comporta, oltre all'isolamento acustico delle chiusure (pareti e serramenti di facciata, coperture e solai su spazi aperti), anche quello delle partizioni interne: verticali (pareti divisorie, porte, ecc.) e orizzontali (solai interpiano).

È bene osservare in proposito che, in gran parte del contesto italiano, l'isolamento acustico dai rumori esterni è agevolato sia da ragioni di tradizione costruttiva (ad es. il normale impiego di murature con sufficiente massa, sia monolitiche sia pluristrato), sia da necessità di controllo delle dispersioni energetiche e del comfort termico, che portano ad integrare le soluzioni murarie e le finestrate tradizionali rispettivamente con strati e serramenti termoisolanti che migliorano anche la protezione acustica dell'edificio ai rumori dell'ambiente esterno.

Le condizioni di comfort acustico all'interno degli edifici sono quindi sempre di più affidate alla capacità di isolamento delle partizioni interne.

Infatti:

- > negli edifici siti in zona silenziosa e in quelli ben isolati dai rumori esterni, il "rumore di fondo" è pressoché nullo; di conseguenza i rumori interni provocano maggiore disturbo di quanto farebbero in un contesto meno silenzioso;
- > a parità di livello sonoro indotto, le fonti interne provocano un disturbo psicologico superiore a quello delle fonti esterne; le utenze disturbate risultano infatti più sensibili ai rumori provenienti da fonti interne, specie quando queste fonti non sono continue;
- > la coesistenza tra utenze con differente comportamento ed esigenze è sempre più frequente nella nostra società sia per quanto riguarda gli edifici residenziali (dove vi sono più anziani, meno figli, giovani con orari di studio e svago più protratti nella notte), sia anche per quanto riguarda le altre destinazioni: terziarie, commerciali, produttive, miste, ecc. (per le diverse attrezzature, esigenze, orari, ecc.).

Tali ragioni e le loro conseguenze sono spesso sottovalutate dai committenti come dai progettisti. Quando ciò accade l'abituale comportamento di alcune utenze e/o il funzionamento di determinate attrezzature o apparecchiature provoca inevitabilmente disturbi acustici ad altre utenze dello stesso edificio, deprimendo così la funzionalità e il valore dell'immobile.

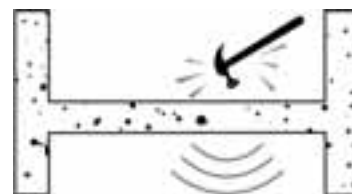
3.1 LE FONTI INTERNE DEL RUMORE

Negli edifici oltre ai rumori che si propagano attraverso l'aria: voci, suoni di televisione, radio, telefono, ecc., che per questo sono detti "rumori aerei", si producono anche rumori che si diffondono tramite gli elementi edilizi, specie se questi sono composti da materiali ad elevata velocità di propagazione dotati di continuità fisica oppure di connessioni rigide. Si tratta dei rumori provocati da urti: calpestio, ballo, salti, caduta di oggetti, oppure da percussioni, vibrazioni, perforazioni prodotte da macchinari, utensili, ecc., detti pertanto "rumori impattivi" o anche "rumori d'urto".

Data la continuità delle strutture, la trasmissione dei rumori d'urto raggiunge, al contrario dei rumori aerei, parti dell'edificio molto lontane dalla sorgente, anche se la loro influenza è tuttavia massima per il locale sottostante.

Fig.8

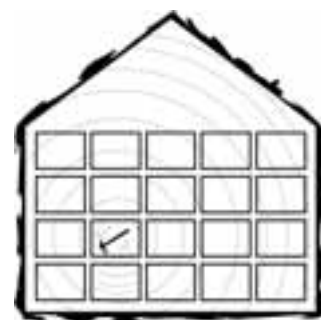
Generazione di rumori d'urto



Figg.9-10



Il disturbo provocato dai rumori aerei disturba solo i locali confinanti



La propagazione dei rumori di percussione si estende a tutto l'edificio

Nei materiali costruttivi e di finitura di più comune utilizzo: legno, laterizio, calcestruzzo, acciaio, pietra, marmo, ceramica, ecc., i rumori impattivi possono diffondersi ad una velocità da 10 a quasi 20 volte maggiore di quella dei rumori aerei e per questo, prima di smorzarsi, possono giungere a notevole distanza dalla sorgente e quindi arrecare disturbo in molti locali. La trasmissione dei rumori per via solida merita pertanto le maggiori attenzioni progettuali e anche operative.

3.2 IL CONTROLLO DEI RUMORI AEREI

> **Bonifica ambientale** nei casi di eccessiva rumorosità interna generata ad esempio da macchinari o da attrezzature, oppure la correzione ambientale nei casi di teatri, cinema, auditorium, ristoranti, ecc., dove il tempo di riverberazione potrebbe essere non congruente con l'intelligibilità della parola e/o della musica;

> **Isolamento acustico** e pertanto la riduzione della trasmissione sonora, mediante impiego di pareti divisorie opportunamente studiate per limitare la trasmissione del rumore dall'esterno verso l'interno nei casi di rumori provenienti dalla strada oppure tra un ambiente e l'altro nel caso di alloggi differenti, camere d'albergo, sale cinematografiche, ecc..

3.3 IL CONTROLLO DEI RUMORI IMPATTIVI

Per controllare la trasmissione dei rumori per via solida è necessario isolare accuratamente tutti gli elementi che possono originare i rumori d'urto da quelli che possono invece assorbirli e trasmetterli. Il loro isolamento richiede pertanto l'inserimento, tra solaio e massetto sottopavimento, di un elemento dissipatore, cioè in grado di assorbire l'energia sonora e di dissiparla in calore senza trasmetterla agli elementi attigui, che per questa sua qualità viene chiamato "strato di dissipazione dei rumori d'urto".

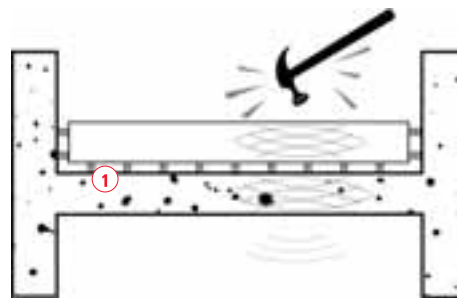
Per migliorare l'isolamento acustico dei rumori d'urto si può intervenire agendo sia sulla sorgente sia sulla propagazione, sia su entrambe.

La prima azione consiste nell'interporre un materiale elastico direttamente al di sotto della sorgente (ad esempio pavimentazioni elastiche), in grado di smorzare gli urti.

La seconda azione, che agisce sulla propagazione, può essere attuata in modi diversi tra i quali, il più utilizzato, è il cosiddetto **pavimento galleggiante**.

Pavimento galleggiante

1) pavimento galleggiante.



Il suo scopo è quello di ottenere una pavimentazione senza alcun collegamento rigido con le altre strutture. Questa totale desolidarizzazione è ottenuta interponendo un idoneo materiale tra la pavimentazione, i muri laterali e il solaio portante. (fig. 11)

In relazione a quanto detto, risulta, nella pratica, di grande importanza la qualità dell'esecuzione del pavimento galleggiante, poiché, anche piccoli collegamenti rigidi riducono sensibilmente l'efficacia del sistema.

Tra le caratteristiche meccaniche atte a descrivere le qualità di un materiale resiliente da utilizzare come sottofondo per un pavimento galleggiante è doveroso ricordarne due: la rigidità dinamica per unità di superficie e la comprimibilità.

La rigidità dinamica per unità di superficie rappresenta la capacità di un materiale a resistere agli urti che vengono generati su di esso. È definita come il rapporto tra il modulo elastico e lo spessore del materiale. La norma di calcolo relativa è la UNI EN 29052-1. Tale norma prescrive il calcolo della rigidità dinamica come somma di due grandezze: la rigidità dinamica apparente, ossia del solo materiale, e la rigidità dinamica del gas contenuto all'interno. Quest'ultimo contributo può assumere notevole entità soprattutto per i materiali a cella aperta. Il valore di rigidità dinamica risultante è inversamente proporzionale all'attenuazione al rumore di calpestio utilizzando tale materiale per la realizzazione di un pavimento galleggiante.

La comprimibilità esprime invece la perdita di spessore che può subire il materiale in opera, sottoposto a sollecitazioni di compressione variabili nel tempo. La norma di calcolo relativa è la UNI EN12431. Tale grandezza permette in pratica di capire quale potrà essere lo schiacciamento complessivo che può subire il materiale resiliente. Maggiore sarà la sua comprimibilità, maggiore sarà il rischio di osservare nel tempo, a pavimento ultimato, un abbassamento del piano da calpestio tale da mettere in risalto la presenza di orribili fughe tra pavimento e battiscopa.

Una terza possibile azione consiste nel realizzare, sotto il solaio sottoposto ai rumori d'urto, un controsoffitto elasticamente sospeso avente la funzione di: trasformare l'energia sonora dovuta agli urti in energia termica all'interno del plenum tra solaio e controsoffitto stesso.

L'efficacia del sistema è molto legata all'entità delle trasmissioni laterali e diagonali per cui, per ottenere buoni risultati, occorre anche trattare le pareti dei locali confinanti con idonee soluzioni isolanti.

Nella migliore delle ipotesi tale trattamento deve essere effettuato almeno sulle pareti verticali del sottostante locale, che quindi è il solo a risultare protetto dai rumori di percussione prodotti nell'ambiente sovrastante.

In conclusione risulta evidentemente più pratico creare con il pavimento galleggiante un taglio elastico tra sorgente sonora degli urti e sottostante solaio piuttosto che cercare di isolare ciascun locale dalle strutture che trasmettono le onde acustiche generate dalle percussioni.

Quanto precisato sopra si riferisce ad edifici di nuova costruzione. Infatti l'esecuzione di pavimenti galleggianti in locali esistenti risulta problematica anche perché si tratta di interventi da realizzare in casa altrui, con tutte le complicazioni che ne conseguono.

Sebbene da un punto di vista concettuale, la realizzazione di uno strato di dissipazione sia semplice, in pratica, specie in termini progettuali e operativi soprattutto, essa non lo è affatto e richiede adeguata professionalità.

Anche un solo punto di contatto residuo tra elementi separati dal dissipatore può infatti impedire la realizzazione di un isolamento efficace. Questo pericolo, peraltro ben noto agli specialisti, richiede un'accurata scelta dell'elemento dissipatore e, soprattutto, una posa del medesimo molto accurata, sia per preparazione del supporto, sia per posa vera e propria, sia anche, qualora l'elemento non sia sufficientemente robusto, per protezione aggiuntiva contro le sollecitazioni di cantieri precedenti al completamento del massetto.

Per la definizione progettuale e per la realizzazione di soluzioni adeguate allo scopo risulta, in particolare, essenziale l'impiego di elementi dissipatori che riducano il rischio di discontinuità senza per questo richiedere un aumento della complessità della soluzione in cui devono essere inseriti.

Nella scelta di un elemento dissipatore è opportuno considerare, oltre agli indici di valutazione acustica, anche le caratteristiche che hanno maggiore influenza sulla sua posa e sul suo comportamento in opera: all'inizio come nel corso della vita utile dell'edificio.

Tali caratteristiche sono: spessore contenuto, elevata flessibilità, impermeabilità all'acqua, resistenza al calpestio (diretto sul materiale) in fase di cantiere e al punzonamento. L'esperienza e la ricerca Nord Bitumi hanno messo a punto prodotti specifici per l'acustica, quali **Nordsilence**, **Nordsilence Extra** e **Morfeo**, che possono risultare particolarmente utili per il progettista.

Nordsilence e **Nordsilence Extra** sono sistemi costituiti da una membrana bitume polimero elastomero (BPE), armata con tessuto non tessuto di poliestere, accoppiata con un materassino di polietilene reticolato a cellule chiuse. Lo spessore totale del sistema è pari a 8mm per Nordsilence e 13mm per Nordsilence Extra.

Ciò consente l'impiego dei prodotti Nordsilence in tutte le situazioni in cui è richiesto un modesto ingombro dell'isolante, in particolare per la soluzione di problemi derivanti da rumori di calpestio e per la realizzazione di pavimenti galleggianti in quanto soddisfano i seguenti requisiti:

- proprietà acustiche elevate (indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio ΔL_w (UNI EN ISO 140-8: 1999)⁽²⁾:

- Nordsilence	$\Delta L_w = 22,7$ dB
- Nordsilence Extra	$\Delta L_w = 27,4$ dB

- basso valore di rigidità dinamica: modulo di elasticità dinamico poco variabile con il carico

- Nordsilence	34 MN/m³ (UNI EN 29052-1)
- Nordsilence Extra	17 MN/m³ (UNI EN 29052-1)

- modulo di elasticità dinamico poco variabile con il carico

- mantenimento nel tempo delle proprietà di rigidità dinamica al variare dei tempi di precarico (carico 200 kg/m² dopo 400h):

- Nordsilence	34,3 MN/m³ (UNI EN 29052-1)
- Nordsilence Extra	18,5 MN/m³ (UNI EN 29052-1)

- ottimo valore di comprimibilità:

- Nordsilence	0,4 mm (UNI EN 12341)
- Nordsilence doppio strato	0,6 mm (UNI EN 12341)

Nel caso dei pavimenti galleggianti la pavimentazione viene posata su uno strato di materiale elastico antivibrante, quale Nordsilence, per consentire che l'energia meccanica d'impatto si trasformi principalmente in energia termica per effetto dei movimenti delle particelle del materiale antivibrante. Per ostacolare completamente il passaggio dei rumori di calpestio, occorre che il pavimento sia totalmente galleggiante, ossia **non abbia punti di contatto rigido con il solaio sottostante e neanche con le pareti perimetrali.**

A tal fine deve essere prevista, lungo il perimetro del locale, la posa in opera di **Nordsilence Fast**, fascia autoadesiva, in modo da desolidarizzare il pavimento dalle strutture vicine.

Infine le peculiarità di Nordsilence lo rendono idoneo anche per l'isolamento acustico delle tubazioni a servizio degli impianti idraulici.

Morfeo è un sistema antirumore costituito da una membrana bitume polimero elastomero (BPE) opportunamente additivata con agenti fonoresilienti, accoppiata con un tessuto non tessuto di poliestere. È adatto per l'isolamento acustico di solai.

Morfeo Adesivo è un sistema antirumore costruito da una membrana bitume-polimero-elastomero autoadesiva, opportunamente additivata accoppiata con tessuto non tessuto in poliestere ad elevato spessore. È adatto per l'isolamento termoacustico delle pareti.

⁽²⁾ Per una certezza di confronto tra caratteristiche di prodotti diversi è necessario verificare i metodi di prova adottati.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO



Guida alla progettazione di un sistema impermeabile.

UN SISTEMA IMPERMEABILE AFFIDABILE NASCE DAL CONCORDIO DI TRE FATTORI ESSENZIALI

- 1) un buon progetto;
- 2) del buon prodotto;
- 3) una corretta posa in opera.

Quando manca uno solo di questi fattori, l'affidabilità del sistema viene seriamente compromessa.

LA PROGETTAZIONE VA PRECISATA DA UN'ANALISI APPROFONDIRITA DELLE:

- 1) funzioni che il sistema impermeabile dovrà assicurare;
- 2) destinazioni d'uso dell'immobile;
- 3) "condizioni di lavoro" nelle quali si troverà ad operare il sistema.

L'ANALISI È FACILITATA DA UNA LISTA DI DOMANDE DI QUESTO TIPO:

- Che tipo di ambiente è, qual è la sua destinazione d'uso?
- Quali caratteristiche meccaniche e climatiche deve avere il sistema di impermeabilizzazione?
- Quali funzioni, primarie e secondarie sono assegnate alla copertura?
- È prevista l'installazione della barriera al vapore?
- È previsto l'isolamento termico?
- È richiesta l'adesione agli impianti sotto copertura?

LA SCELTA DELLA LISTA È SOSTEGNUTA DA SISTEMI IMPERMEABILI

È prima scelta del sistema impermeabile è la scelta dell'esperto del settore. Per ulteriori informazioni, visitate il sito www.nordbitumi.it o chiamate il numero verde 800 20 20 20.

TECNICHE DI RICERCA

SE VOI RISOLVERE UN PROBLEMA SPECIFICO, MA NON SA CHE PRODOTTO USARE? CERCA IL CAPITOLATO SPECIFICO PER LA RISOLUZIONE DEL PROBLEMA E TI CONSIGLEREMO IL MODELLO.

TIPOLOGIA DI INTERVENTO

- IMPERMEABILIZZAZIONE PUNIFORME
- RIFACIMENTI
- FONDAZIONI
- IMPERMEABILIZZAZIONE MONITORATA
- RINNOVAmento CEMENTO-ARMATO
- RINNOVAmento SOTTOCOPERTURA

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Negli ultimi dieci anni sono state emanate diverse normative aventi per obiettivi la protezione dell'uomo e dell'ambiente dal rumore che può danneggiare la salute e la qualità di vita.

La prima importante normativa è stata il d.P.C.M. 1/3/91 a cui è seguita la **L. 447 del 26/10/1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico"** che fissa i principi fondamentali per la tutela dal rumore prodotto dall'ambiente esterno e dall'ambiente abitativo.

Per quanto riguarda l'acustica edilizia, a partire dagli anni '60 si sono succeduti svariati decreti e circolari riguardanti aspetti o casi particolari (edilizia convenzionata, scuole...).

Oggi tuttavia il documento di riferimento è il **d.P.C.M. 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"** che individua i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, prendendo in considerazione le strutture che si interfacciano sia con i rumori provenienti dall'esterno che con quelli generati all'interno dell'edificio.

Il fatto che tali requisiti si riferiscano alle strutture in opera implica che la verifica di conformità ai valori acustici del progetto debba essere certificata da un apposito collaudo finale.

Classificazione degli ambienti abitativi

Categoria	Tipo di edificio
A	Edifici adibiti a residenza e assimilabili
B	Edifici adibiti a uffici e assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili

Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (parametri in dB)

Categoria dell'edificio	Indice di valutazione del potere fonoisolante di partizioni verticali e orizzontali di separazione tra alloggi	Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata	Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato di solai	Livello massimo di pressione sonora generata da impianti a funzionamento discontinuo	Livello equivalente di pressione sonora generata da impianti a funzionamento continuo
	R'_w (*)	$D_{2m, nT, w}$	$L'_{n, w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F e G	50	42	55	35	35

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

Limiti di immissione (secondo d.P.M.C. 14/11/1997) del livello sonoro equivalente (L_{Aeq}) relativi alle classi di destinazione d'uso del territorio di riferimento

Classi di destinazione d'uso del territorio		Tempi di riferimento	
		Diurno	Notturmo
I	Aree particolarmente protette	50	40
II	Aree prevalentemente residenziali	58	45
III	Aree di tipo misto	60	50
IV	Aree di intensa attività umana	65	55
V	Aree prevalentemente industriali	70	60
VI	Aree esclusivamente industriali	70	70

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Visto l'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447 "legge quadro sull'inquinamento acustico";

Vista la circolare del Ministero dei lavori pubblici n.1769 del 30 aprile 1966, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie;

Vista la circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica del 26 agosto 1993, n. 412;

Considerata la necessità di fissare criteri e metodologie per il contenimento dell'inquinamento da rumore all'interno degli ambienti abitativi;

Sulla proposta del Ministro dell'ambiente, di concerto con i Ministri della sanità, dei lavori pubblici, dell'Industria, del commercio e dell'artigianato.

Decreta:

Art. 1.
Campo di applicazione

1. Il presente decreto, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.
2. I requisiti acustici delle sorgenti sonore diverse da quelle di cui al comma 1 sono determinati dai provvedimenti attuativi previsti dalla legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Art. 2.
Definizioni

1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella tabella A allegata al presente decreto.
2. Sono componenti degli edifici le partizioni orizzontali e verticali.
3. Sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.
4. Sono servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.
5. Le grandezze cui far riferimento per l'applicazione del presente decreto, sono definiti nell'allegato A che ne costituisce parte integrante.

Art. 3.
Valori limite

Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, sono riportati in tabella B i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne.

Art. 4.
Entrata in vigore

Il presente decreto viene pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana ed entra in vigore dopo sessanta giorni.

ALLEGATO A
Grandezze di riferimento:
definizioni, metodi di
calcolo e misure.

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

1. il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382:1997 e UNI ISO 354:1989;
2. il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma UNI EN ISO 140-4: 2000;
3. l'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$) definito secondo la norma UNI EN ISO 140-5: 2000 secondo la relazione:

$$D_{2m,nT}=D_{2m} + 10 \log T/T_0$$

Dove:

$D_{2m}=L_{1,2m} - L_2$ è la differenza di livello

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

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente mediante la seguente formula:

$$L_2 = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Le misure dei livelli L_i devono essere eseguite in numero di n per ciascuna banda di terzi di ottava. Il numero n è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume dell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque;

T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in sec;

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

4. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato ($L'n$) definito dalla norma UNI EN ISO 140-7: 2000;

5. $L_{AS\ max}$: livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante tempo di slow;

6. L_{Aeq} : livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- a.** indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti ($R'w$) da calcolare secondo la norma UNI EN ISO 717-1: 1997;
- b.** indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D2m,nT,w$) da calcolare secondo le stesse procedure di cui al precedente punto a.;
- c.** indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ($L'n,w$) da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI EN ISO 717-2: 1997.

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

- a)** 35 dB(A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- b)** 25 dB(A) L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

Nota: con riferimento all'edilizia scolastica, i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.