

Cremona 27 Ottobre 2006



*Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Cremona*

INQUINAMENTO ACUSTICO

(Legge Quadro 447/1995)

(Regione Lombardia: L.R. 13/2001)

Relatore:

Dott. Ing. Linda Parati

Dottorato Europeo in Acustica EDSVS

Tecnico Competente in Acustica Regione Lombardia n°10598

INQUINAMENTO ACUSTICO

(Legge Quadro 447/1995)

(Regione Lombardia: L.R. 13/2001)

La Legge Quadro contempla al suo interno diversi aspetti dell'acustica, in particolare l'Acustica Ambientale e l'Acustica Edilizia.

ACUSTICA AMBIENTALE:

(D.P.C.M. 14/11/1997)

- Zonizzazione Acustica del Territorio Comunale
- Valutazione di Impatto Acustico
- Valutazione di Clima Acustico

ACUSTICA EDILIZIA:

(D.P.C.M. 5/12/1997)

- Valevole su tutto il territorio nazionale
- Indipendente dalla Zonizzazione Acustica
- Contempla la “scatola edificio”
- Si applica a tutte le destinazioni d'uso

VALUTAZIONE DI IMPATTO ACUSTICO:

HP: Emissione di rumore

Serve per:

- Valutare il possibile disturbo che si arrecherà ai ricettori già presenti
- Localizzare idoneamente eventuali impianti in esterno al fine di non dover realizzare cabinature, schermature o altri interventi di bonifica successivi
- Cautelare le attività da ricettori sorti in periodi successivi che lamentano situazioni di rumore

VALUTAZIONE DI CLIMA ACUSTICO:

HP: Si subisce rumore

Serve per:

- Analizzare lo stato di fatto dell'area in cui si inserisce l'immobile
- Cautelare da future sorgenti di rumore
- Se vi sono già problemi di rumore, evidenzia la necessità di sistemi di protezione
- Verifica i livelli dovuti ad infrastrutture ferroviarie (D.P.R. 18/11/98 n°459) e stradali (D.P.R. 31/03/04 n142) e quindi gli obblighi che ne conseguono in caso di superamento

Esistono Casi Particolari Di Contemporaneità di Valutazione di Clima Acustico e Valutazione di Impatto Acustico:

SCUOLE, OSPEDALI, CASE DI CURA ECC.

- Necessitano di essere collocati in zone tranquille e/o protette → *Clima Acustico*
- Hanno la necessità di parecchi impianti che possono essere fonte di disturbo per le strutture stesse e/o per i ricettori nell'intorno → *Impatto Acustico*

ACUSTICA AMBIENTALE

- Non contempla l'edificio sebbene ne evidenzi particolari necessità
- Si ferma a "2 metri" dalla facciata dell'edificio

SCATOLA EDIFICIO = ACUSTICA EDILIZIA = D.P.C.M. 5.12.1997

Determinazione dei Requisiti Acustici Passivi degli edifici

Campo di applicazione (art. 1)

- Determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici
- Determina i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti IN OPERA
- L'obiettivo è quello di ridurre l'esposizione umana al rumore
-

Entrata in vigore (art. 4)

- È in vigore dal 20 febbraio 1998

Categorie di ambienti a cui il decreto è applicabile

- A – Edifici adibiti a residenza o assimilabili
- B – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili
- C – Edifici adibiti ad alberghi e assimilabili
- D – Edifici adibiti ad ospedali, case di cura e ass.
- E – Edifici adibiti ad attività scolastiche e ass.
- F – Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o ass.
- G – Edifici adibiti ad attività commerciali o ass.

Nota: le verifiche vanno effettuate in corrispondenza degli ambienti abitativi cioè in opera

Valori limite (art. 3)

Categorie di ambienti	Parametri				
	R'W (*)	D2m,nT,W	L'n,W	LAS,max	LAeq
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

- (*) Valori riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari
- Per l'edilizia scolastica valgono inoltre i limiti relativi al tempo di riverberazione (eco, rimbombo) indicati nella circ. 3150 del 22/5/67 (valori di COLLAUDO)

I parametri da rispettare sono 5:

1) Potere fonoisolante apparente - R'w

Rappresenta, a grandi linee, la differenza di livello sonoro esistente tra due ambienti di due unità immobiliari adiacenti e può essere riferito sia ai muri che ai solai; la normativa fissa il valore MINIMO da rispettare (50 decibel nel caso delle unità residenziali).

L'apostrofo (') di fianco alla R indica che il parametro è riferito ad una **verifica in opera e non in laboratorio**.

Il pedice "w" indica che rappresenta un "valore medio pesato", cioè viene espresso con un unico valore "medio" il diverso livello di isolamento alle varie frequenze.

2) Isolamento acustico di facciata - D2m,nT,w

Rappresenta, a grandi linee, 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).

In questo caso manca l'apostrofo (') di fianco alla D, ma questo solo perché non esiste il parametro $D_{2m,nT,w}$ per le prove di laboratorio (il parametro è riferito all'intera facciata, non a un elemento della stessa).

Il pedice "w" indica che rappresenta un "valore medio pesato", cioè viene espresso con un unico valore "medio" il diverso livello di isolamento alle varie frequenze.

3) Livello del rumore di calpestio - $L'_{n,w}$

Rappresenta in sintesi il livello sonoro esistente in un ambiente abitativo quando, al piano soprastante, viene azionato un dispositivo che genera 10 colpi al secondo sollevando e lasciando cadere dei cilindri metallici da 0,5 kg; la normativa fissa il valore MASSIMO da rispettare (63 decibel nel caso delle unità residenziali).

Nota: non è esclusa l'applicazione anche all'interno della medesima unità immobiliare (villetta su due piani) e/o ad unità adiacenti.

Per l'apostrofo (') e per il pedice "w" valgono le medesime considerazioni viste per il potere fonoisolante R.

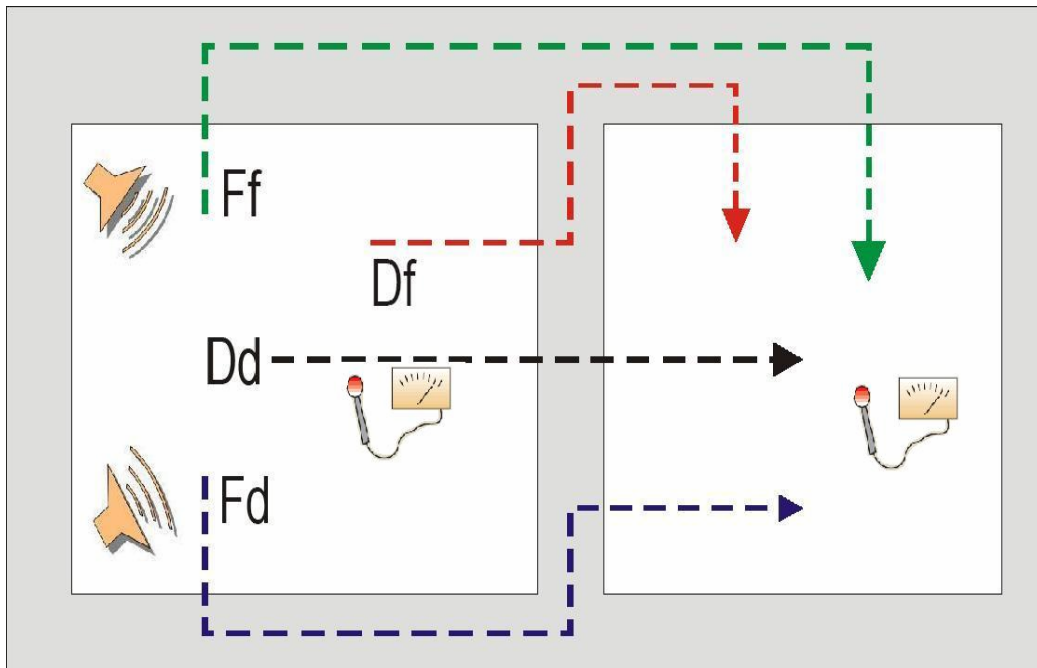
4) Rumore degli impianti a funzionamento discontinuo - $L_{AS,max}$

Rappresenta il valore MASSIMO del livello sonoro misurabile in un ambiente diverso da quello in cui il rumore viene originato; tale valore è pari a 35 dBA.

5) Rumore degli impianti a funzionamento continuo - L_{Aeq}

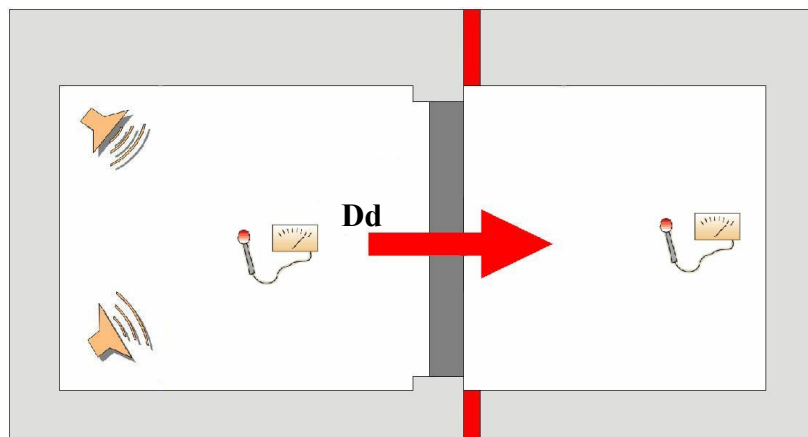
Rappresenta il valore MEDIO del livello sonoro misurabile in un ambiente diverso da quello in cui il rumore viene originato; tale valore è pari a 35 dBA per le unità residenziali.

**Percorsi di propagazione
del rumore aereo negli edifici**



R' (potere fonoisolante apparente, parametri di cantiere) considera la trasmissione attraverso tutti i percorsi: $Ff + Df + Fd + Dd$

**Percorsi di propagazione
del rumore aereo in laboratorio: R_w**



R (potere fonoisolante, parametri di laboratorio) considera la trasmissione attraverso un solo percorso: Dd

ISOLAMENTO ACUSTICO

Per ridurre il livello sonoro propagato da un ambiente ad un altro, bisogna separare i due ambienti con del materiale in grado di impedire il passaggio del rumore.

Nel caso del rumore aereo (dovuto ad esempio alla voce o alla TV) si parla di impiego di materiali FONOIMPEDENTI e la caratteristica di fonoimpedenza di un materiale prende il nome di **POTERE FONOISOLANTE**.

In edilizia, per ottenere alti valori di isolamento acustico (ad esempio tra due appartamenti adiacenti), si ricorre a strutture pesanti, di massa superiore a 450 kg/mq

ISOLAMENTO PER MASSA

oppure

a strutture doppie con intercapedine (pareti in laterizio con doppia tramezza o pareti in cartongesso, entrambe con materiale fonoassorbente all'interno dell'intercapedine)

ISOLAMENTO PER SISTEMI MASSA MOLLA

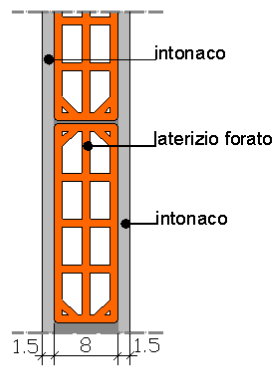
ATTENZIONE !!!

A volte la struttura divisoria può essere realizzata molto bene, ma il rumore può passare attraverso le strutture "di contorno" se non vengono prese in considerazione delle attenzioni particolari. Alcuni casi classici di trasmissione del rumore sono costituiti:

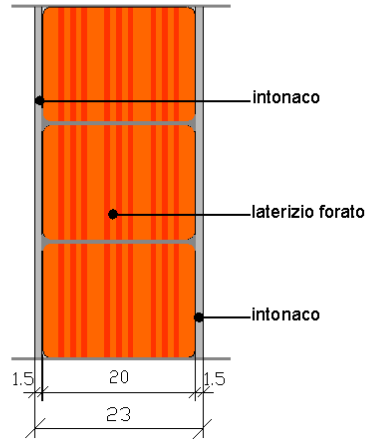
- dai tetti in legno;
- dalle pareti perimetrali;
- dai solai passanti, con orditura perpendicolare rispetto la parete divisoria;
- strutture indebolite da impianti

ESEMPI DI POTERE FONOISOLANTE DI ALCUNI TIPI DI STRUTTURE

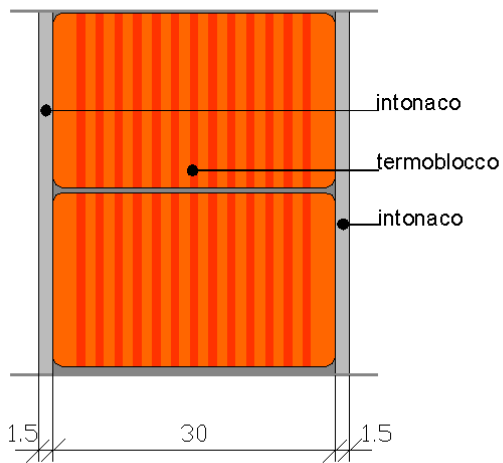
100 kg/mq
R_w = 38-40



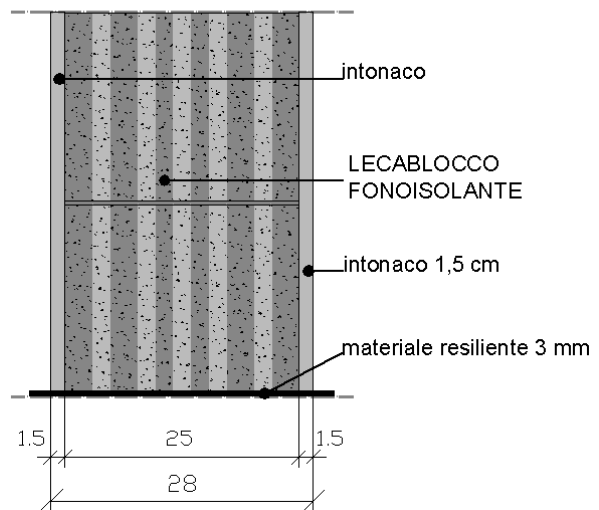
230 kg/mq
R_w = 43-45



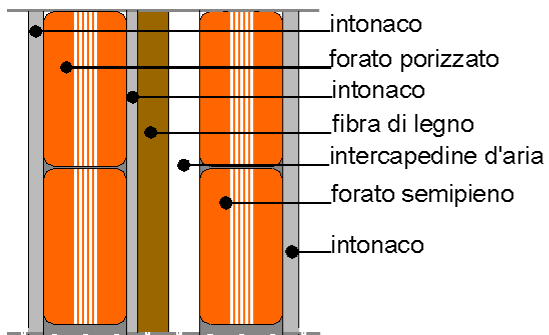
330 kg/mq
R_w = 48-50



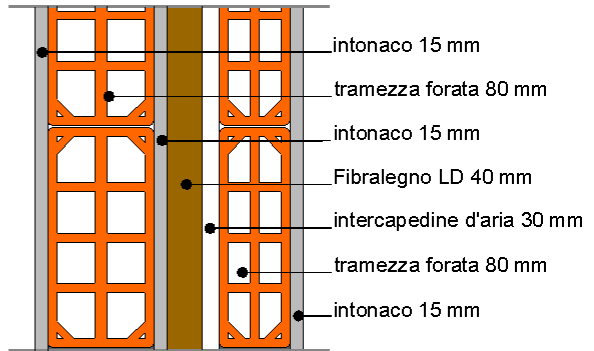
300 kg/mq
R_w = 54-55



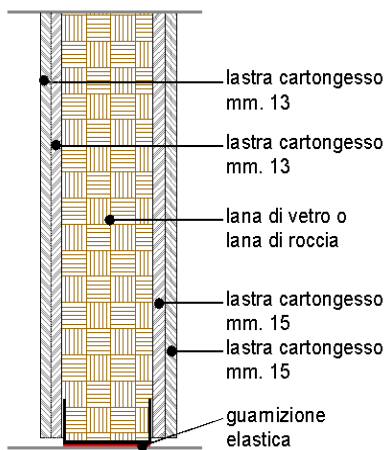
170 kg/mq
Rw = 54-55



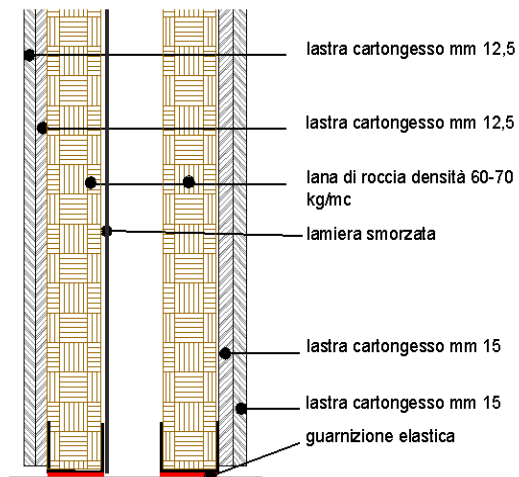
170 kg/mq
Rw = 54-55



70 kg/mq
Rw = 54-56



90 kg/mq
Rw = 60-62



TRASMISSIONE DEL RUMORE: GROSSE PERDITE PER TRASMISSIONE LATERALE

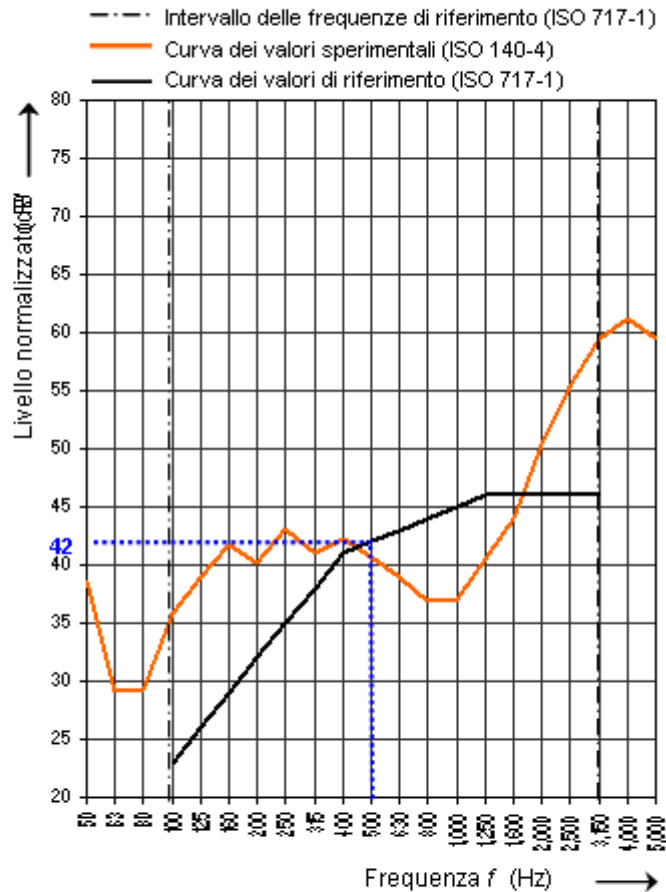
COLLAUDO ACUSTICO IN OPERA

Struttura parete testata:

- Intonaco 1.5 cm
- Pannello tipo Celenit 30 mm
- Parete in c.a. 20 cm
- Pannello tipo Celenit 30 mm
- Intonaco 1.5 cm

4 - Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (R'_w)

Frequenz a (Hz)	R' 1/3 ottava (dB)
50	38.6
63	29.1
80	29.2
100	35.9
125	39.0
160	41.8
200	40.2
250	43.1
315	41.1
400	42.3
500	40.7
630	39.0
800	36.9
1,000	37.0
1,250	40.5
1,600	43.9
2,000	50.3
2,500	55.3
3,150	59.4
4,000	61.2
5,000	59.5



Indice di valutazione secondo la norma ISO 717-1: **$R'_w = 42$ dB**

Termini di adattamento allo spettro per il rumore rosa e il rumore da traffico:
 $C = -1$ dB $C_{tr} = -2$ dB

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera ottenute in terzo di ottava mediante un metodo tecnico f

Parete non a norma!!!

Perdite dovute a trasmissioni laterali non considerate

IN GENERALE:

1) il potere fonoisolante aumenta con la massa della struttura.

Per le **strutture monolitiche** alcune delle relazioni più utilizzate sono le seguenti:

$$R_{1w} = 20 \log(m)$$

$$R_{2w} = 12 \log(m) + 17$$

$$R_{3w} = 37,5 \log(m) - 42$$

Utilizzando le tre relazioni per una parete monolitica da 300 kg/mq, si ottiene rispettivamente:

$$R_{1w} = 49,5 \text{ dB}$$

$$R_{2w} = 46,7 \text{ dB}$$

$$R_{3w} = 50,9 \text{ dB}$$

Le strutture multiple (con intercapedine), presentano isolamenti maggiori delle strutture Monolitiche.

Il potere fonoisolante dipende in tal caso:

- dalla massa dei tavolati;
- dalla profondità dell'intercapedine;
- dalla presenza di materiale fonoassorbente nell'intercapedine;
- dalla presenza del terzo intonaco;
- dalla differenza di massa dei tavolati.

Nota: non esistono relazioni di calcolo confermate a livello normativo per la previsione del potere fonoisolante delle strutture composite.

NOTA IMPORTANTE:

il potere fonoisolante di una struttura multipla **NON CORRISPONDE ALLA SOMMA DEI POTERI FONOISOLANTI** delle strutture che la costituiscono.

Esempio:

R_w di una parete da cm. 8, intonacata = 38 dB

R_w di una parete da cm. 8+4+8, intonacata = 52 dB

Da notare che 52 è molto meno di 38+38 = 76 !!!

NOTA IMPORTANTE:

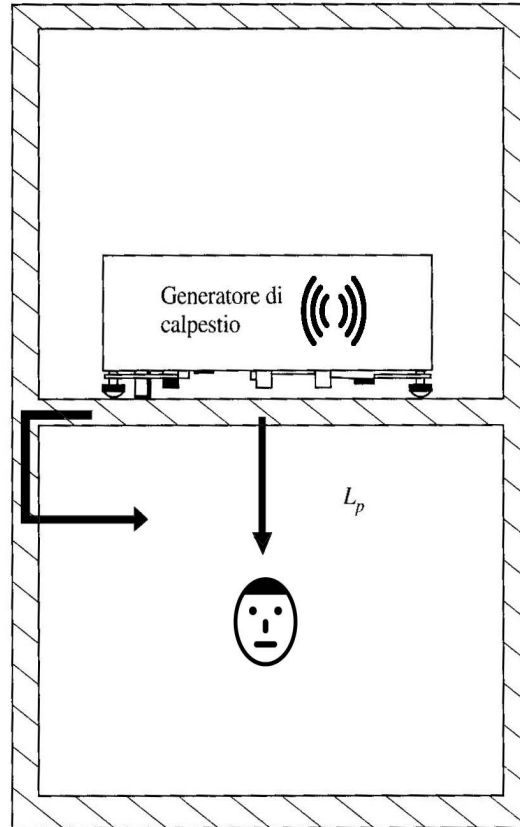
il potere fonoisolante IN OPERA di una struttura NON PUO' essere previsto a priori SENZA CONOSCERE IL RSTO DELLA STRUTTURA.

Infatti dipende da ciò che sta intorno alla struttura divisoria, come ad esempio:

- spessore e massa delle strutture laterali, nonché Potere Fonoisolante;
- tipo di giunto (a "T", a "croce", rigido, elastico);
- solai passanti.

In condizioni "normali", la differenza tra R_w e R'_w può essere stimata in 3-4 dB, ma può anche arrivare a 8-10 dB.

PERCORSI DI PROPAGAZIONE DEL RUMORE DA CALPESTIO



- **Rumore da calpestio: livello di pressione sonora, misurato nell'ambiente disturbato quando il solaio viene sollecitato meccanicamente da un generatore di calpestio**

TRASMISSIONE DEL RUMORE PER VIA SOLIDA.

E' il caso dei suoni di tipo RUMORE DI TACCHI, SPOSTAMENTO DELLE SEDIE, OGGETTI LASCIATI CADERE SUL PAVIMENTO, IMPIANTI TECNICI, che si percepiscono attraverso le pareti o i solai quando I PAVIMENTI e/o GLI IMPIANTI TECNICI non sono sufficientemente isolati con del materiale elastico, ad esempio quando il parametro RUMORE DI CALPESTIO è troppo grande.

La normativa prevede, anche nella stessa unità immobiliare, L'_{nw} non superiore a 63 dB (per le abitazioni) e L_{ASmax} non superiore a 35 dBA.

Questo fenomeno si verifica perché la vibrazione trasmessa per contatto ad una struttura si propaga lungo le strutture adiacenti fino agli altri ambienti, trasformandosi in suono.

Ci sono 3 possibilità per isolare le strutture dal rumore di calpestio:

- 1) realizzare un pavimento galleggiante;
- 2) rivestire la superficie del pavimento con un materiale soffice o morbido;
- 3) realizzare un solaio in calcestruzzo pieno, di spessore almeno pari a cm. 25.

Tra le tre soluzioni, quella più comune nell'edilizia residenziale è la prima; nel settore alberghiero è invece la seconda (moquette). La terza soluzione è comune nei paesi nordici; in Italia è utilizzata nel settore ospedaliero e nei grandi edifici ad uso direzionale.

TEORIA

Per fare una previsione sul comportamento di una struttura orizzontale, in riferimento al rumore di calpestio, la norma di riferimento è la norma tecnica UNI EN 12354-2.

Il modello di calcolo tiene conto delle caratteristiche:

- strutturali del solaio,
- elastiche del materiale resiliente,
- di "perdita" per via strutturale.

La precisione del modello di calcolo indicato nella norma è caratterizzata, a livello teorico, da uno scarto tipo di 2 dB, quindi il risultato in opera DOVREBBE essere compreso in $\pm 3,3$ dB rispetto il valore di progetto.

REALTÀ

Il risultato dipende molto dalla tipologia realizzativa della struttura (solaio, massetti, materiale resiliente, rivestimento, impianti tecnici sottopavimento), quindi l'incertezza del risultato è maggiore di quella teorica.

La stima si rivela attendibile per le partizioni che sono state studiate (nei Paesi Nordici) per la messa a punto della norma stessa, come i solai in CLS pieno.

Non si è dimostrata molto attendibile quando applicata alle partizioni orizzontali tradizionali italiane (solai in latero-cemento).

Non è applicabile ai solai in legno, per i quali non esiste tutt'ora nessun metodo di calcolo previsionale.

La norma tecnica prevede due metodi di calcolo, di cui uno semplificato. Quest'ultimo permette di stimare la prestazione del solaio secondo il seguente metodo:

- 1) calcolo della prestazione del solaio "nudo";
- 2) calcolo del miglioramento ottenibile con l'aggiunta del "sistema isolante" (pavimento alleggiante o strato superficiale "morbido");
- 3) calcolo delle perdite in opera rispetto il valore teorico.

ESEMPIO DI CALCOLO

- **Solaio latero cemento 200+50 mm = 305 kg/m²**
- **Massetto alleggerito 70 mm = 28 kg/m²**
- **Materiale resiliente (anticalpestio) con rigidità dinamica da 30 MN/mc**
- **Massetto sabbia cemento 60 mm = 108 kg/m²**
- **Pavimentazione in ceramica 10 mm = 22 kg/m²**

La relazione di calcolo è la seguente:

$$\mathbf{L_{n,w} = L_{n,w}(\text{solaio base}) - \Delta L_w + K}$$

Per calcolare $L_{n,w}(\text{solaio nudo})$ ci serviamo della formula riportata nella UNI EN 12354-2:

$$\mathbf{L_{n,w}(\text{solaio base}) = 164 - 35\log(m^*)}$$

- dove m^* è la massa per unità di area di tutto il materiale che si trova al di sotto del materiale anticalpestio.

Nel nostro caso $m^* = (305+28) = 333 \text{ kg/m}^2$

$$\mathbf{L_{n,w}(\text{solaio base}) = 76 \text{ dB}}$$

A questo punto va considerato il miglioramento ottenibile con la soluzione adottata, che nel nostro caso corrisponde al pavimento galleggiante.

Tale valore si ricava a partire dal valore di rigidità dinamica del materiale anticalpestio e dalla massa del pavimento:

$$\mathbf{\Delta L_w = 15 \log(m'/s') + 18 \text{ dB}}$$

dove:

$$\mathbf{s' = 30 \text{ MN/mc}}$$

$$\mathbf{m' = 130 \text{ kg/mq}}$$

Con tali valori otteniamo:

$$\mathbf{\Delta L_w = 27,5 \text{ dB}}$$

Ipotizzando che le perdite aggiuntive siano di 3 dB, otteniamo:

$$\mathbf{L_{n,w} = L_{n,w}(\text{solaio base}) - \Delta L_w + 3\text{dB} = 51,5 \text{ dB}}$$

CONSIDERAZIONI

Il risultato TEORICO, pari a circa 52 dB, è un ottimo risultato.

In realtà è difficilmente raggiungibile in opera, per un problema di fondo: la stima iniziale del valore del solaio base.

I valori reali non sono pari a 75-77 dB, come prevedibile con la norma in esame, ma ben più alti e pari a circa 85-90 dB.

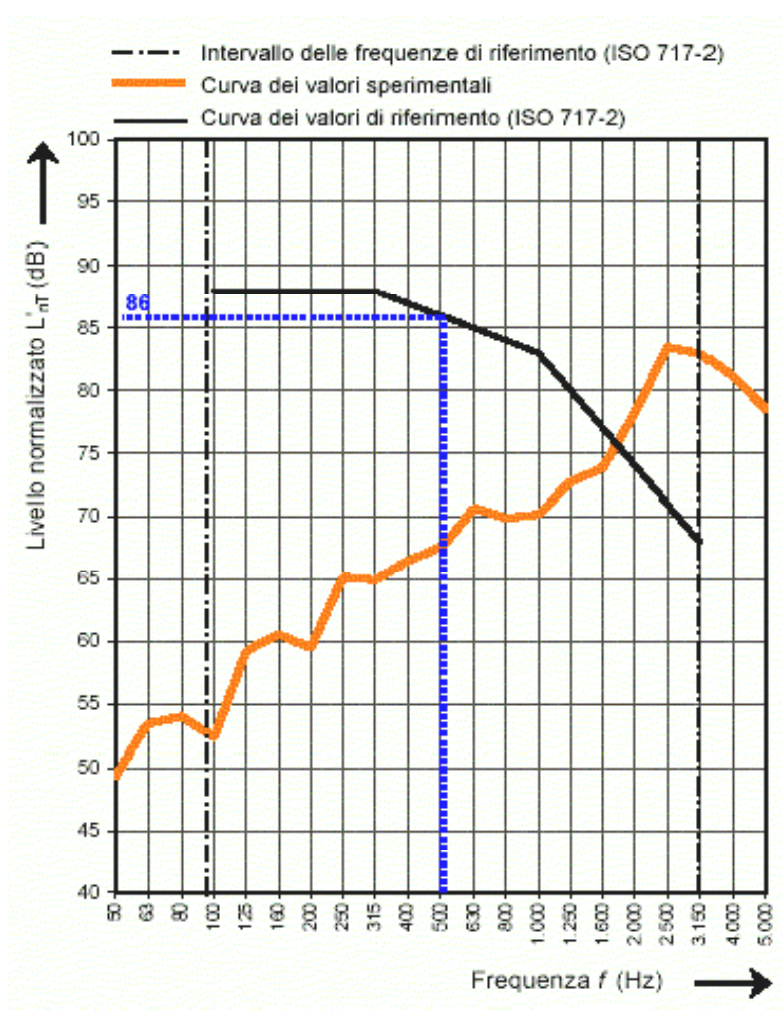
Inoltre anche le perdite sono di solito maggiori di 3 dB.

Per non commettere errori grossolani bisogna conoscere il comportamento acustico della struttura base, con prove in cantiere, e conoscere BENE gli eventuali difetti del materiale anticalpestio per poterne riconoscere anche eventuali partite fallate.

ESEMPIO DI RILIEVO IN OPERA DI UN SOLAIO NUDO IN LATERO-CEMENTO TIPO DA CM. 20+5

Valore rilevato in opera: $L'_{nw} = 86$ dB

Valore teorico stimato: $L_{nw} = 76$ dB



PAVIMENTO GALLEGGIANTE

La posa di un massetto galleggiante consiste sostanzialmente nel realizzare, al di sopra del solaio strutturale e dello strato di livellamento contenente gli impianti, una “vasca” di materiale elastico smorzante all’interno della quale alloggiare il massetto e la pavimentazione.

Questa “vasca” dovrà desolidarizzare completamente pavimento e massetto da tutte le strutture al contorno.

Il materiale elastico, **se correttamente posato**, funziona come una molla che smorza le vibrazioni generate dal calpestio su massetto e pavimento.

L'ISOLAMENTO DAL RUMORE ESTERNO DIPENDE ESSENZIALMENTE DAI SERRAMENTI

Il valore del potere fonoisolante dell'intera parete è dato infatti dalla media LOGARITMICA dei poteri fonoisolanti delle strutture che compongono la facciata.

Tali strutture possono essere divise in:

- tamponamenti opachi (laterizio da cm. 25-35 con eventuale cappotto, oppure muro a cassetta con intercapedine);
- serramenti (finestre, porte-finestre, portoncini, cassonetti);
- eventuali prese d'aria.

Dei componenti indicati, la parte opaca presenta sempre un potere fonoisolante R_w superiore a 45 dB, a volte superiore anche a 55 dB.

I serramenti tradizionali presentano invece valori di circa 28-30 dB.

In corrispondenza delle cucine, poi, i fori di aerazione presentano un vero e proprio "buco" acustico ($R_w = 0$).

Se consideriamo ad esempio una parete di 10 mq con $R_w = 50$ dB, all'interno della quale è presente una porta-finestra da 2,9 mq con $R_w = 28$ dB, otteniamo: R_w complessivo = 33,3 dB

Se sostituiamo la parete precedente con una da $R_w = 60$ dB, sempre con la stessa porta-finestra da 2,9 mq con $R_w = 28$ dB, otteniamo: R_w complessivo = 33,4 dB

Consideriamo un secondo esempio.

Prendiamo una parete con $R_w = 50$ dB, con una porta-finestra da 2,9 mq con $R_w = 38$ dB, otteniamo: R_w complessivo = 42,8 dB

Se sostituiamo la parete precedente con una da $R_w = 60$ dB, sempre con la stessa porta-finestra da 1,5 mq con $R_w = 38$ dB, otteniamo: R_w complessivo = 43,3 dB

Se sostituiamo la parete precedente con una da $R_w = 45$ dB, sempre con la stessa porta-finestra da 1,5 mq con $R_w = 38$ dB, otteniamo: R_w complessivo = 41,6 dB

Il parametro fissato dal DPCM 5/12/97 per l'isolamento dal rumore aereo è l' ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA, rappresentato dal simbolo $D_{2m,nT,w}$.

Il valore di tale parametro è strettamente legato al valore di R_w dell'intera parete, dipendendo da esso e dal rapporto esistente tra la superficie della facciata e la profondità della stanza.

Per le stanze aventi larghezza e lunghezza non molto diverse tra loro, si può dire che il valore di $D_{2m,nT,w}$ è vicino a quello di R_w della facciata.

CARATTERISTICHE DEI SERRAMENTI

I classici serramenti in legno, di costruzione artigianale, presentano valori di R_w non superiori a 30 dB.

Per ottenere valori superiori bisogna ricorrere a serramenti di spessore maggiore, in grado di montare vetrate di spessore fino a 26-30 mm. Naturalmente i serramenti devono essere dotati di doppia guarnizione e, nel caso delle porte-finestre, di tripla cerniera.

Chiedere possibilmente l'installazione di vetri certificati (ne esistono da 25 dB fino anche a 50 dB), preferibilmente con lastre stratificate e pellicola in PVB.

N.B. Considerare il solo vetro è un grosso errore!

Cassonetti

Nel caso di sistemi di oscuramento a tapparella, occorre considerare il valore di R_w anche dei cassonetti. Ne esistono in commercio con buone caratteristiche di fonoisolamento, in genere realizzati con poliuretano e argilla espansa.