
Acustica edilizia

aggiornamenti normativi e tecnici

Prof. Giampietro Fusillo

E-mail: gfusillo@libero.it

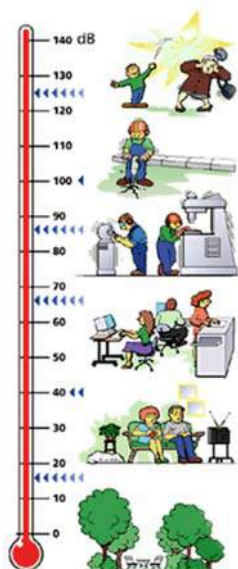
Acustica Edilizia

- **Requisiti acustici passivi DPCM 5/12/1997**
- **Progettazione acustica degli edifici secondo le norme UNI EN ISO 12354**
- **Collaudo acustico degli edifici secondo le norme UNI EN ISO 16283**
- **Classificazione acustica degli edifici secondo la norma UNI 11367**

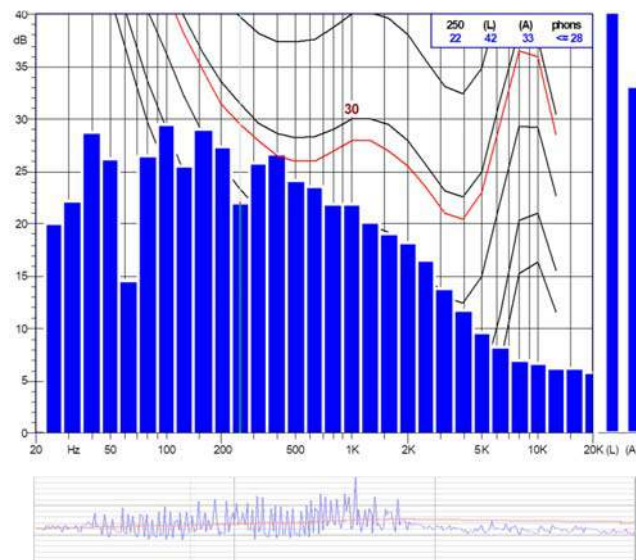
Rumore

Il suono (detto rumore quando provoca una sensazione uditiva sgradevole) è definito come una perturbazione meccanica (variazione di pressione) che si propaga in un mezzo elastico (gas, liquido, solido), tale da eccitare il senso dell'udito. Riferendosi all'aria come mezzo elastico, la perturbazione, cui si accennava prima, produce un alternarsi di compressioni e depressioni che fanno vibrare le molecole d'aria rispetto alla loro posizione d'equilibrio.

Ampiezza

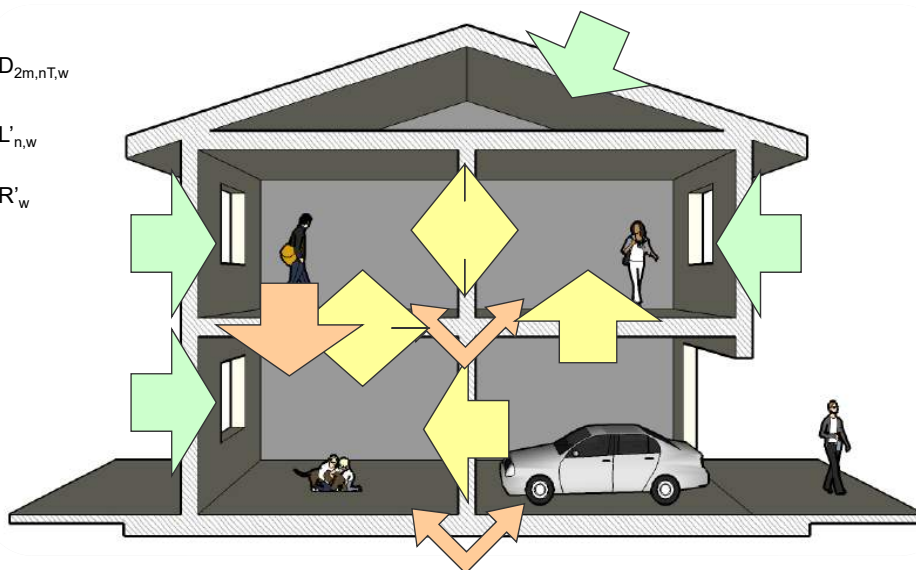


Frequenza



Di cosa parleremo...

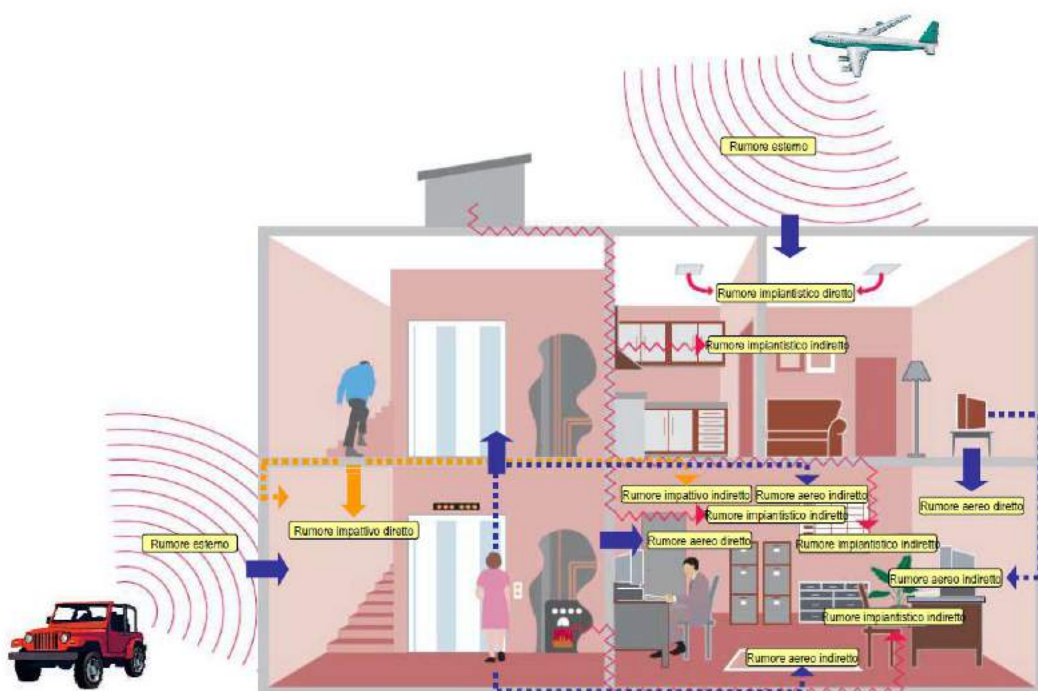
- $D_{2m,nT,w}$
- $L'_{n,w}$
- R'_w



Di cosa non parleremo...



Le sorgenti



Il disturbo da rumore negli ambienti abitativi

Non è pensabile che nell'ambito di un sistema di aggregazione sociale non vi sia la **produzione di rumore**.

Il grado di isolamento acustico offerto dalle strutture edilizie ha un **limite**, che dipende principalmente dalla **qualità della progettazione** degli spazi abitativi, oltre che dalle **caratteristiche dei materiali** impiegati e dalla loro **posa in opera**.

Il **contesto insediativo** (ambientale, sociale, urbanistico) può condizionare profondamente la qualità degli ambienti di vita.

La percezione della qualità acustica degli ambienti dipende anche da **fattori soggettivi**.

L'ambiente abitativo ed i requisiti tecnici

Gli organismi edilizi devono rispondere a **requisiti tecnici** secondo parametri oggettivi e misurabili, con riferimento alle esigenze di sicurezza, igiene e fruibilità degli utilizzatori.

Il comfort domestico e la qualità degli ambienti di lavoro dipendono in gran parte dalla **rispondenza** a questi requisiti.

La definizione di requisiti minimi di protezione acustica, da attribuire (in forma passiva) agli elementi di un edificio, costituisce un momento essenziale per la **corretta fruizione** degli spazi abitativi.

I livelli prestazionali cogenti per i requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici sono definiti, nell'ambito della Legge Quadro sull'inquinamento acustico dal DPCM 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici degli edifici", **tuttora in vigore**

La propagazione sonora in ambienti chiusi

La valutazione della diffusione sonora all'interno di ambienti confinati può avvenire attraverso:

- ✓ **Modelli di calcolo complessi** (software previsionali);
- ✓ **Modelli semplificati** (algoritmi di calcolo semplificati).

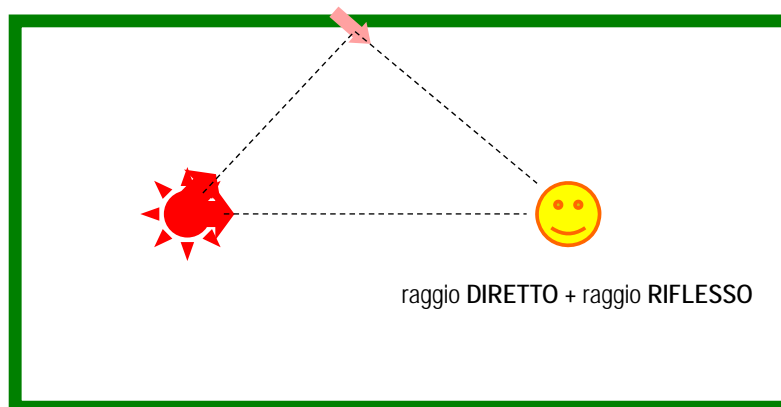
Per poter impiegare i modelli di calcolo è necessario che:

L'ambiente confinato abbia dimensioni sufficientemente grandi (dimensione media = 10 x lunghezza d'onda)

La propagazione sonora in ambienti chiusi

In un ambiente confinato, una sorgente sonora determina due campi sonori sovrapposti:

- ✓ campo sonoro **diretto**;
- ✓ campo sonoro **riverberante**.



La propagazione sonora in ambienti chiusi

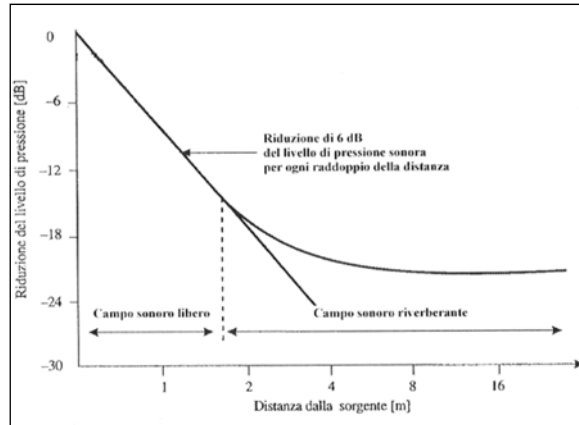
Il campo sonoro **DIRETTO** dipende:

✓ **distanza** sorgente - ricevitore (campo sonoro libero).

Il campo sonoro **RIVERBERANTE** dipende:

✓ **Geometria**;

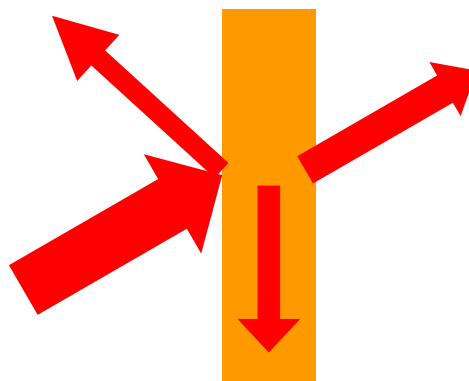
✓ **Caratteristiche di assorbimento delle superfici** che delimitano l'ambiente.



Assorbimento acustico

Le proprietà assorbenti dei materiali sono quantificate attraverso il **coefficiente di assorbimento acustico** α .

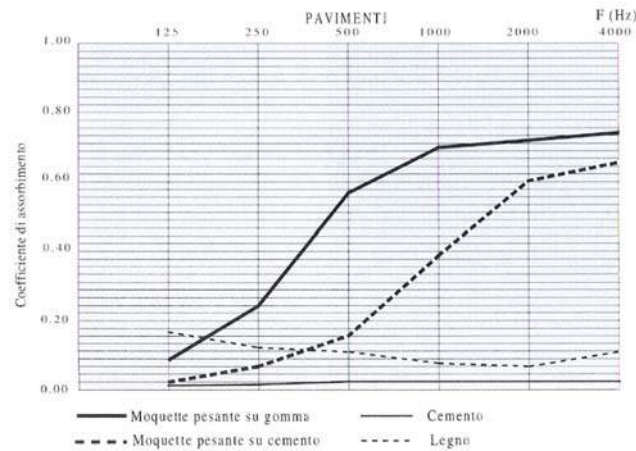
$$\alpha = \text{potenza sonora assorbita} / \text{potenza sonora incidente}$$



Coefficiente di assorbimento

Il coefficiente di assorbimento acustico α varia al variare della frequenza

I valori di α sono espressi in bande di 1/1 ottava o 1/3 d'ottava



Indicatore

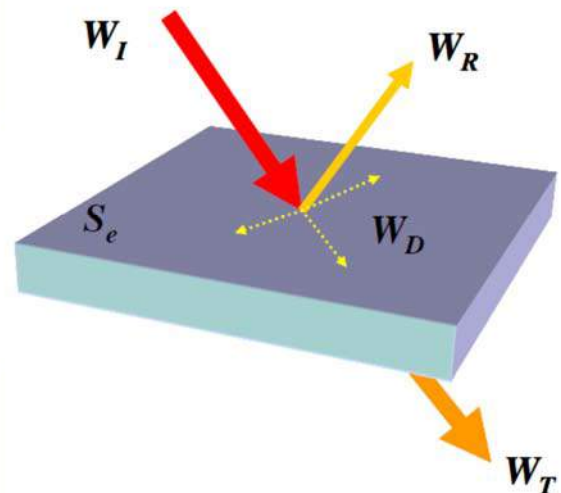
Coefficiente di assorbimento acustico ponderato (α_w)

confronto con una curva di riferimento secondo la norma UNI EN ISO 11654

Differenza fra assorbimento acustico e isolamento acustico

Il coefficiente di assorbimento acustico (apparente) di un elemento di superficie S_e è definito come il rapporto tra la potenza sonora non riflessa (dissipata all'interno dell'elemento e trasmessa attraverso di esso) e la totale potenza sonora incidente

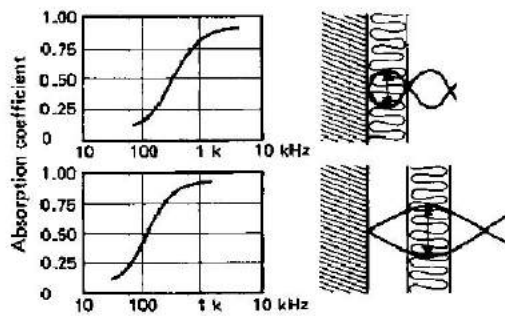
$$\alpha = \frac{W_I - W_R}{W_I}$$



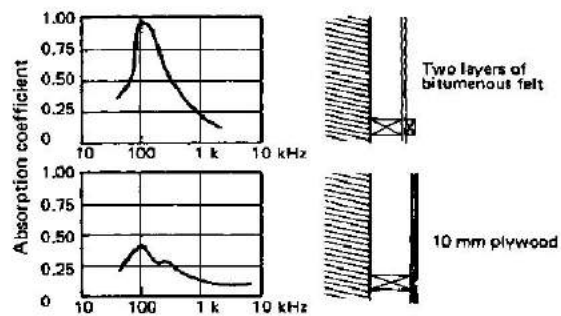
Il coefficiente di trasmissione di un elemento di superficie S_e è definito come il rapporto tra la potenza sonora trasmessa attraverso di esso e la totale potenza sonora incidente

$$\tau = \frac{W_T}{W_I}$$

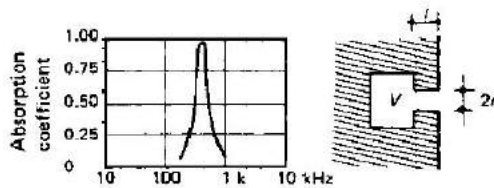
Assorbimento



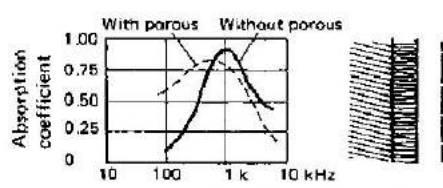
Materiali porosi su superfici riflettenti



Elementi vibranti



Risonatori a cavità

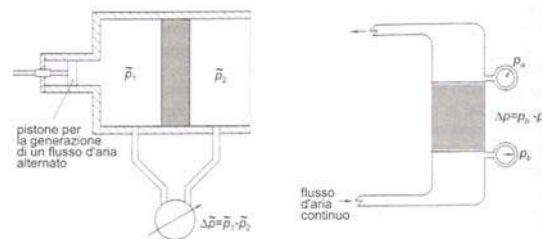


Panelli perforati

Misura in laboratorio

Metodo delle onde stazionarie (incidenza normale)

Misura della resistenza al flusso d'aria attraverso il campione da esaminare.



Metodo per incidenza casuale (incidenza diffusa)

Misura del tempo di riverberazione in una camera riverberante con e senza il campione da esaminare di superficie ≥ 10 mq

I valori di α alle varie frequenze (da 100 Hz a 5kHz) sono determinati con la formula di Sabine

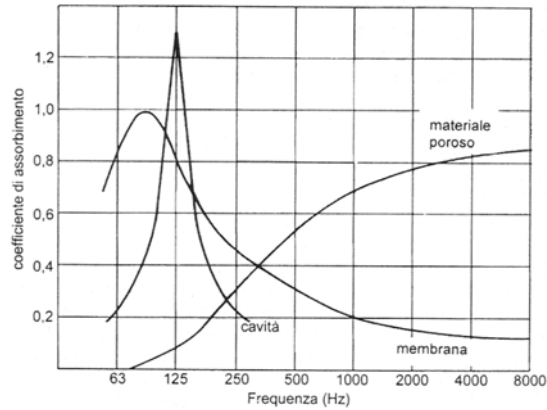


Sistemi di assorbimento

Assorbimento per **POROSITÀ**

Assorbimento per **RISONANZA DI CAVITÀ**

Assorbimento per **RISONANZA DI PANNELLO**

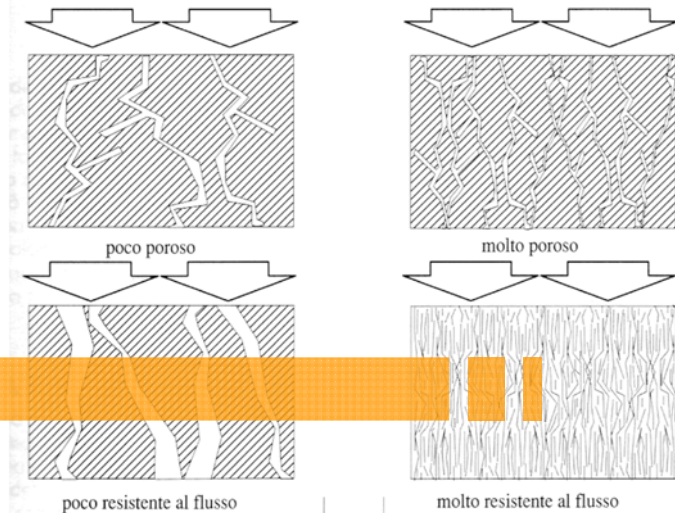
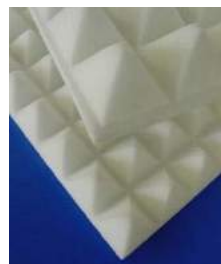


Assorbimento per porosità

La superficie di un elemento è tanto più assorbente quanto maggiore è la sua capacità di trasformare l'energia sonora incidente in calore per attrito nelle microcavità del materiale.

Il coefficiente di assorbimento dipende da:

- ✓ Porosità
- ✓ Spessore
- ✓ Densità
- ✓ Frequenza del suono incidente
- ✓ Forma

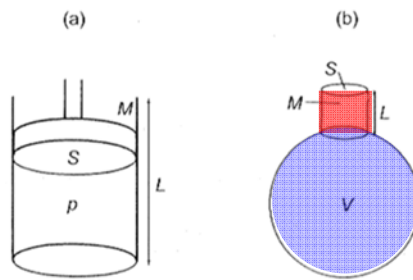


Assorbimento per risonanza di cavità

Le strutture di risonanza sono costituite da pannelli di materiale non poroso sui quali vengono praticati dei fori di opportune dimensioni e vengono montati ad una certa distanza dalla superficie da trattare.



Principio di Helmholtz

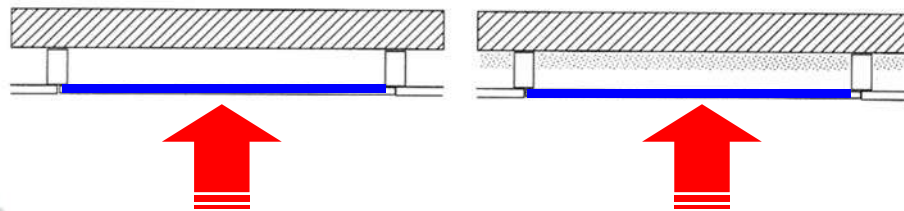


$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{P}{dt}} \quad (\text{Hz})$$

P è la percentuale di foratura, ossia area forata/area del pannello,
 c la velocità di propagazione del suono (344 m/s a 20°C),
 d la distanza dalla parete (spessore complessivo dell'eventuale materiale poroso e dell'intercapedine),
 t lo spessore del pannello

Assorbimento per risonanza di pannello

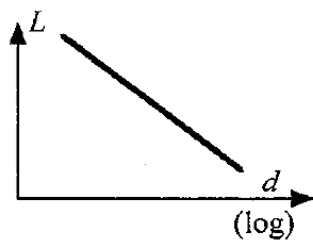
L'assorbimento acustico è in funzione della elasticità del pannello.



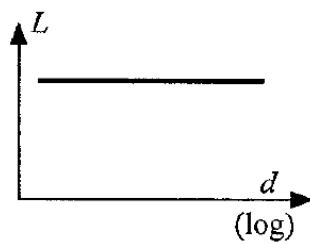
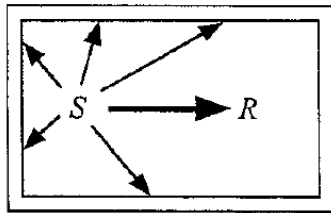
$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{md}} \quad (\text{Hz})$$

m massa per unità di area del pannello (kg/m^2),
 d la distanza dalla parete (metri)

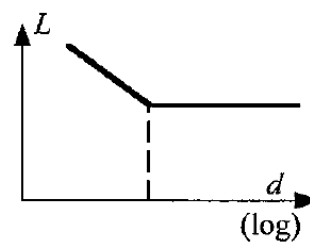
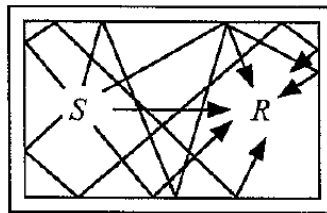
Campo sonoro negli ambienti chiusi



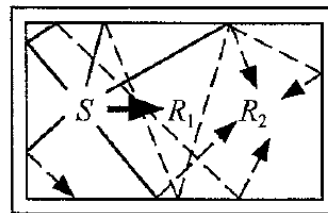
Ideal anechooid room:
only direct waves
reach R from S



Ideal reverberation
room: completely diffuse
field, the direct component
is negligible



Usual situation:
the direct component is
negligible (versus diffuse
field) only far from S



Livello di pressione sonora in un ambiente chiuso

Il livello di pressione sonora in un ambiente chiuso = onda diretta + onda riflessa

- 6 dB al raddoppio della distanza

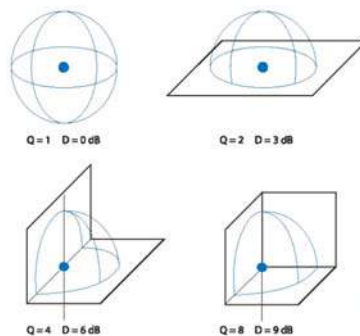
coefficiente di assorbimento medio (α_m)

Distanza critica (r_{crit})

$$r_{crit} = \left(\frac{RQ}{16\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (\text{m})$$

Riduzione del livello di pressione
sonora

$$\Delta L = 10 \log \left(\frac{R_{dopo}}{R_{prima}} \right) \quad (\text{dB})$$



$$\alpha_m = \sum \frac{\alpha_i S_i}{S}$$

costante dell'ambiente (R)

$$R = \frac{S\alpha_m}{1 - \alpha_m} \quad (\text{m}^2)$$

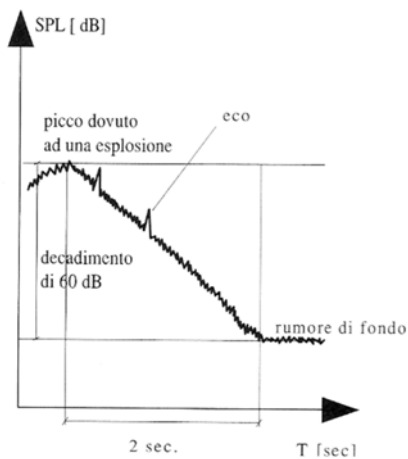
Livello di pressione sonora (L_p)

$$L_p = L_w + 10 \log \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (\text{dB})$$

Q fattore di direttività della sorgente lungo la direzione considerata
 r distanza tra il centro acustico della sorgente e il punto di ricezione (m)

Tempo di riverberazione

Indica il tempo (s) necessario affinché in un determinato punto di un ambiente chiuso il livello sonoro si riduca di una certa entità rispetto a quello che si ha nell'istante in cui la sorgente sonora ha finito di emettere.



Tempo di riverbero (T_{60})

Ambienti sabiniani

$$T = 0,161 \frac{V}{A} \quad (\text{s})$$

V volume dell'ambiente (m^3)

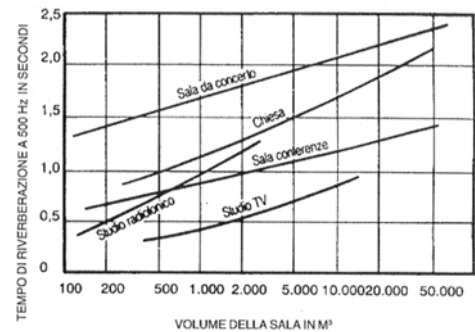
A area equivalente di assorbimento (m^2)



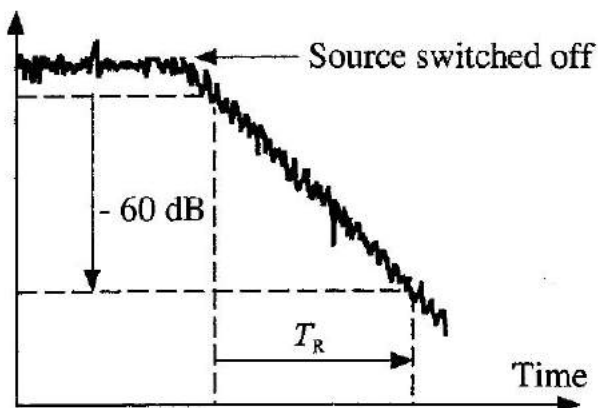
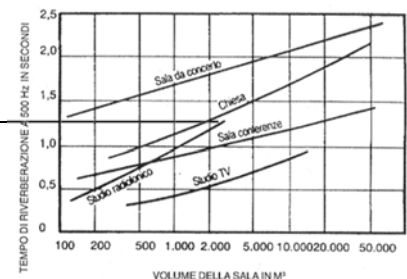
$$A = \sum \alpha_i S_i \quad (\text{m}^2)$$

α_i coefficiente di assorbimento i -esimo

S_i superficie i -esima dei singoli elementi



Tempo di riverberazione



$$T_R = 0.16 \frac{V}{A} \quad [\text{s}]$$

$$A = \bar{\alpha} S_{tot} = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i \quad [\text{m}^2]$$

dove V (m^3) è il volume ambiente e A (m^2) è il cosiddetto “assorbimento acustico”, dato dalla formula suddetta, essendo S_i la generica superficie del materiale di rivestimento del locale ed α_i il suo coefficiente di assorbimento acustico, alla data frequenza f.

Dunque anche A e T_{60} dipendono dalla frequenza.

Trasmissione del suono attraverso gli elementi edilizi

Si definisce **fattore di trasmissione** la frazione trasmessa attraverso un elemento di separazione rispetto a quella incidente.

Risulta comodo, anche in questo caso definire una scala logaritmica per quantificare le prestazioni di isolamento acustico:

Potere fonoisolante in dB:

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right)$$

Il potere fonoisolante dipende dal(i) materiale(i) che compongono la struttura o un elemento edilizio.

E' misurato in laboratorio ed indica tramite una curva i diversi valori di R per le bande di frequenza di **ottava** o **1/3 di ottava**.

Potere fonoisolante

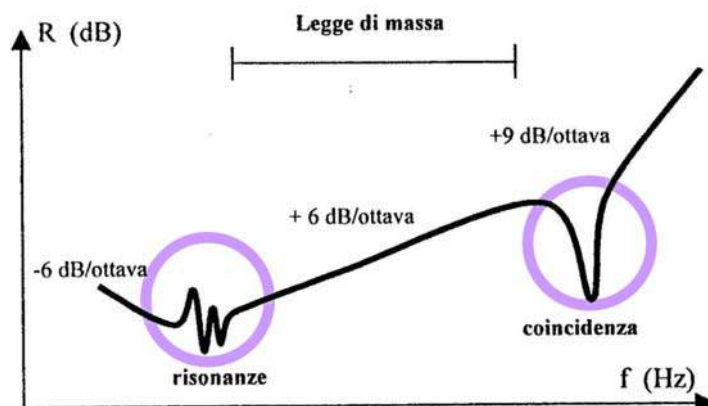
- **Dimensioni** ⇒ spessore e superficie
- **Massa** ⇒ energia cinetica
- **Rigidità** ⇒ energia di deformazione
- **Smorzamento** ⇒ capacità di dissipare parte dell'energia da cui è eccitata

Caso ideale

- parete piana
- sottile
- omogenea

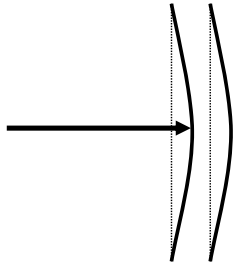
Condizione di vincolo

- incastro perfetto ○ appoggio semplice.



Risonanza - Coincidenza

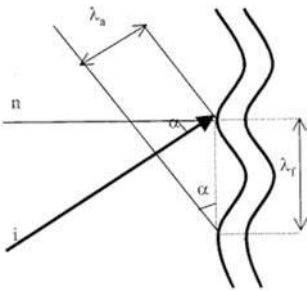
Risonanza



È causata dall'azione di forze (onde sonore) che agiscono perpendicolarmente rispetto al piano del pannello determinando la risonanza dell'elemento stesso producendo in esso vibrazioni più consistenti.

λ suono = λ onde di risonanza del pannello

Coincidenza



Si manifesta quando la lunghezza d'onda del suono incidente

λ suono = λ onde flessionali del pannello

Legge di massa

(strutture a singolo strato)

Per frequenze comprese fra la **frequenza di risonanza** e la **frequenza di coincidenza** il potere fonoisolante varia in funzione della massa del pannello secondo la seguente relazione:

$$R_d = 10 \log \left\{ 1 + \left(\frac{\pi m' f}{\rho_0 c_0} \right)^2 \right\} - 5 \text{ (dB)}$$

m' massa superficiale del pannello (kg/m^2)
 f è la frequenza (Hz)
 ρ_0 densità dell'aria (pari a $1,21 \text{ kg/m}^3$ a 20°C)
 c_0 velocità del suono nell'aria (343 m/s a 20°C)

R +6dB / ottava o 2m'

Oltre la **frequenza di coincidenza** il pannello diventa risonante, il potere fonoisolante è calcolato con la seguente relazione:

$$R_d = 20 \log (m' f) + 10 \log \left(\frac{f}{f_c} - 1 \right) + 10 \log \eta_{\text{tor}} - 44 \text{ (dB)}$$

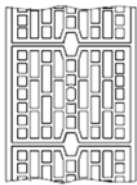
R +9dB / ottava o 2m'

Pareti pesanti la frequenza critica è attorno ai **100+200 Hz** (potere fonoisolante risonante)

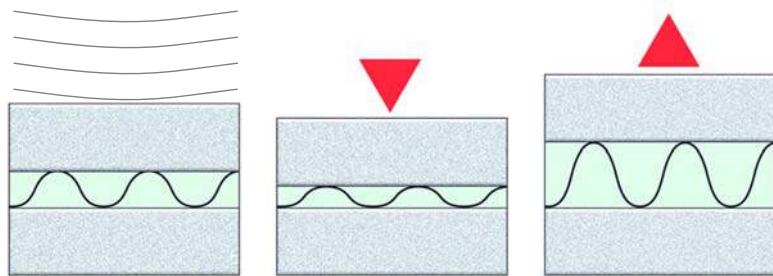
Pareti leggere (cartongesso) la frequenza critica è attorno ai **2,5+3,15 KHz** (legge di massa)

Sistema massa-molla-massa

Le strutture composite funzionano come una molla che assorbe l'energia e la fa vibrare senza farla passare



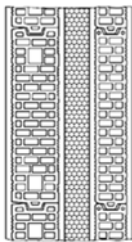
$S = 33,0 \text{ cm}$
 $m = 280 \text{ Kg/m}^2$
 $R_w = 48 \text{ dB}$



1

2

3

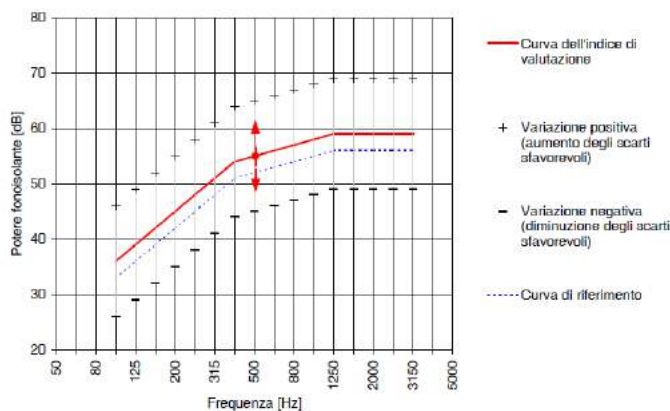


$S = 34,5 \text{ cm}$
 $m = 280 \text{ Kg/m}^2$
 $R_w = 59 \text{ dB}$

A parità di massa complessiva, la struttura composta ha un valore di potere fonoisolante (R) assai superiore rispetto ad una struttura monolitica

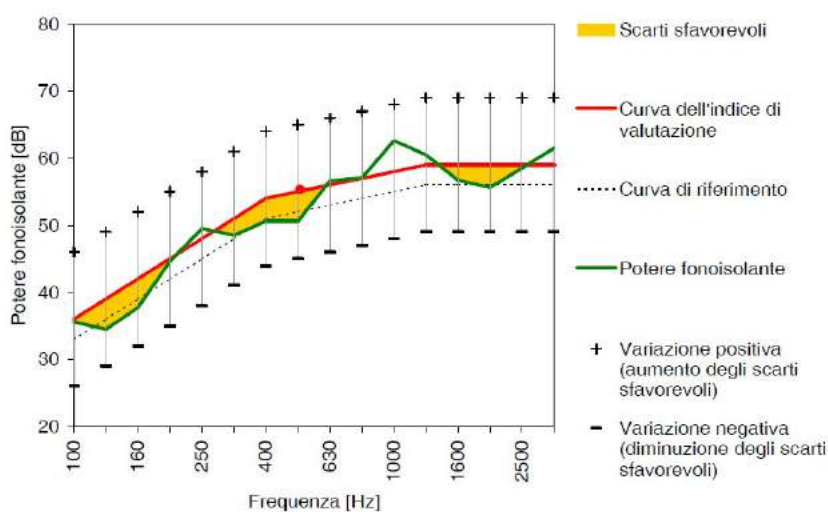
Indice mononumerico di valutazione (ISO 717-1)

L'indice di valutazione del potere fonoisolante permette di comparare e classificare elementi simili per materiali, tecnologie o tecniche di installazione e montaggio.



La procedura di valutazione consiste nel traslare la curva di riferimento dell'indice di valutazione, estesa da 100 a 3150 Hz, rispetto alla curva del potere fonoisolante dell'elemento provato, in bande di terzi d'ottava, con passo di un decibel fino a che la somma degli scarti sfavorevoli sia massima, ma comunque inferiore a 32 dB. Uno scarto sfavorevole per una particolare frequenza si verifica quando il risultato della misura è minore del valore corrispondente della curva di riferimento.

Metodo di valutazione



L'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w è pari al valore, in decibel, della curva di riferimento alla frequenza di 500 Hz, dopo la traslazione avvenuta secondo il metodo descritto.

Indice di valutazione del potere fonoisolante: termini di adattamento C e C_{tr}

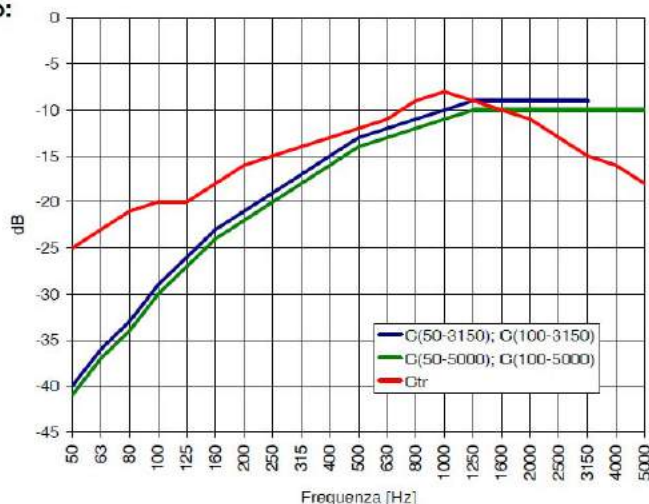
Sorgenti sonore relative ai termini di adattamento:

C

- Rumori derivanti dall'attività umana (parlato, musica, ecc.)
- Gioco dei bambini
- Traffico ferroviario a velocità medio - alte
- Traffico autostradale a velocità superiori a 80 km/h
- Traffico aereo ravvicinato
- Rumore industriale con componenti in frequenza medio - alte

C_{tr}

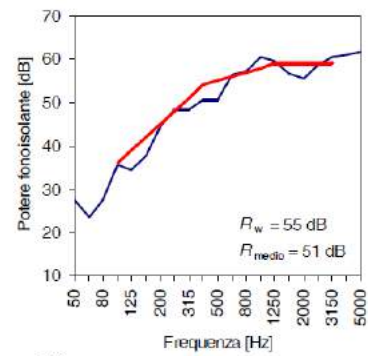
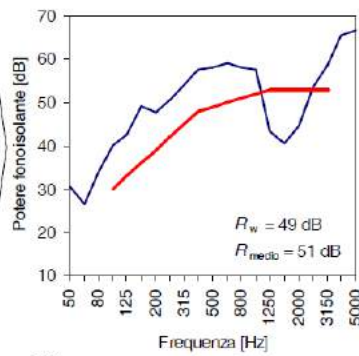
- Traffico veicolare urbano;
- Traffico autostradale a bassa velocità;
- Traffico aereo in lontananza;
- Discoteche;
- Rumore industriale con componenti in frequenza medio - basse.



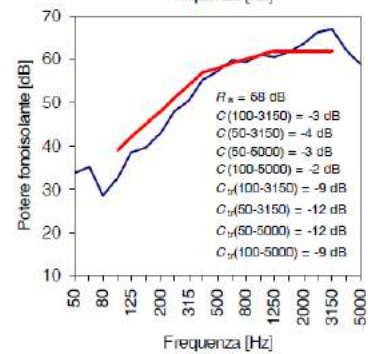
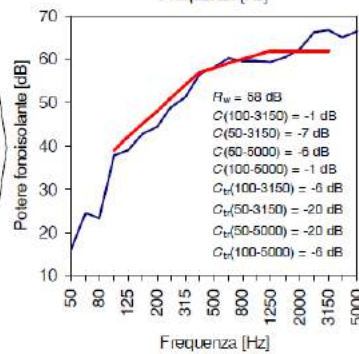
Curve dei termini di adattamento per misure in terzi d'ottava

Caratteristiche dell'indice di valutazione

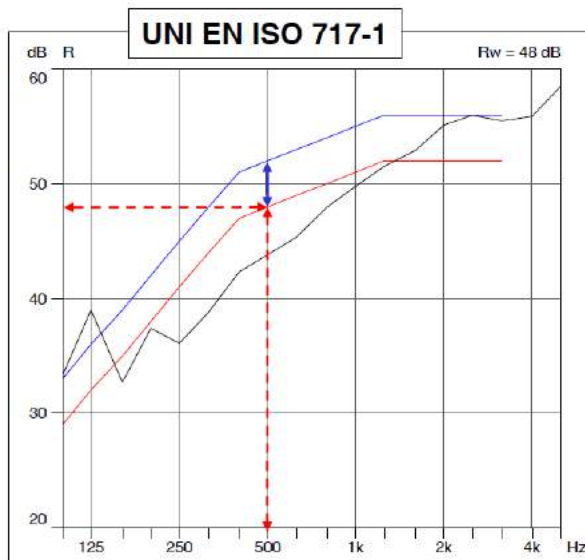
L'indice di valutazione non rappresenta il "valore medio" del potere fonoisolante
Valutazione del potere fonoisolante mediante la curva limite della norma ISO 717 di due spettri diversi con lo stesso potere fonoisolante medio nell'intervallo di frequenze comprese fra 100 e 3150 Hz



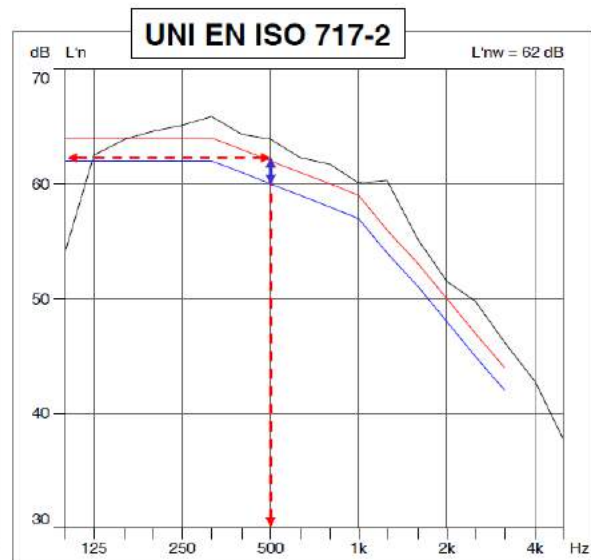
L'indice di valutazione non descrive in maniera univoca le proprietà fonoisolanti di un elemento
Differenze fra i termini di adattamento C e C_{ir} per due diverse curve di potere fonoisolante con lo stesso indice di valutazione



Esempi di determinazione degli indici mononumerici di valutazione

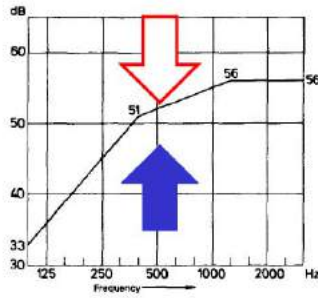


Potere fonoisolante



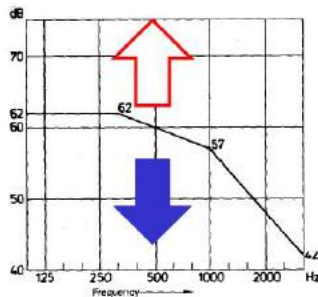
Livello di calpestio

Confronto fra livelli prestazionali di elementi di edificio mediante indici mononumerici di valutazione



Per il rumore trasmesso per via aerea, l'indice di valutazione esprime la capacità di isolamento dell'elemento: **maggiore** è il valore numerico, **migliore è la prestazione**.

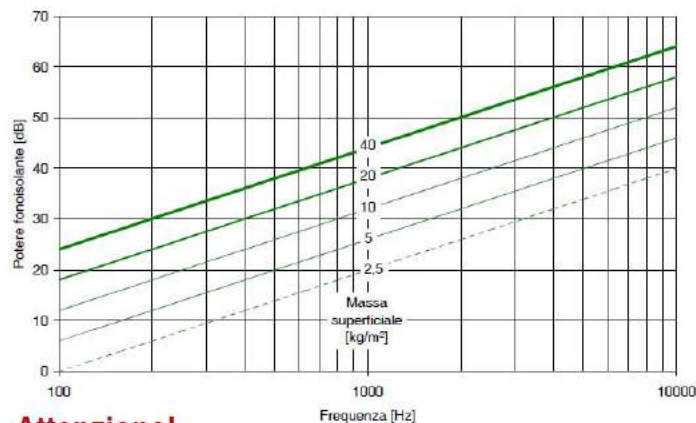
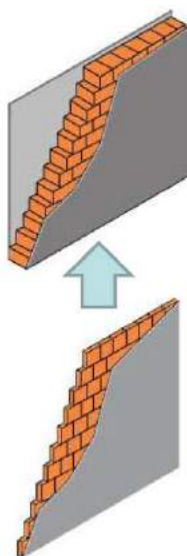
- Potere fonoisolante (R_w)
- Potere fonoisolante apparente (R'_w)
- Isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento acustico ($D_{n,w}$)
- Isolamento acustico standardizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{nT,w}$)



Per il rumore trasmesso per via strutturale, l'indice di valutazione esprime la capacità di trasmissione dell'elemento: **minore** è il valore numerico, **migliore è la prestazione**.

- Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico ($L_{n,w}$)
- Livello di pressione sonora di calpestio apparente normalizzato rispetto all'assorbimento acustico ($L'_{n,w}$)
- Livello di pressione sonora di calpestio apparente standardizzato rispetto al tempo di riverberazione ($L'_{nT,w}$)

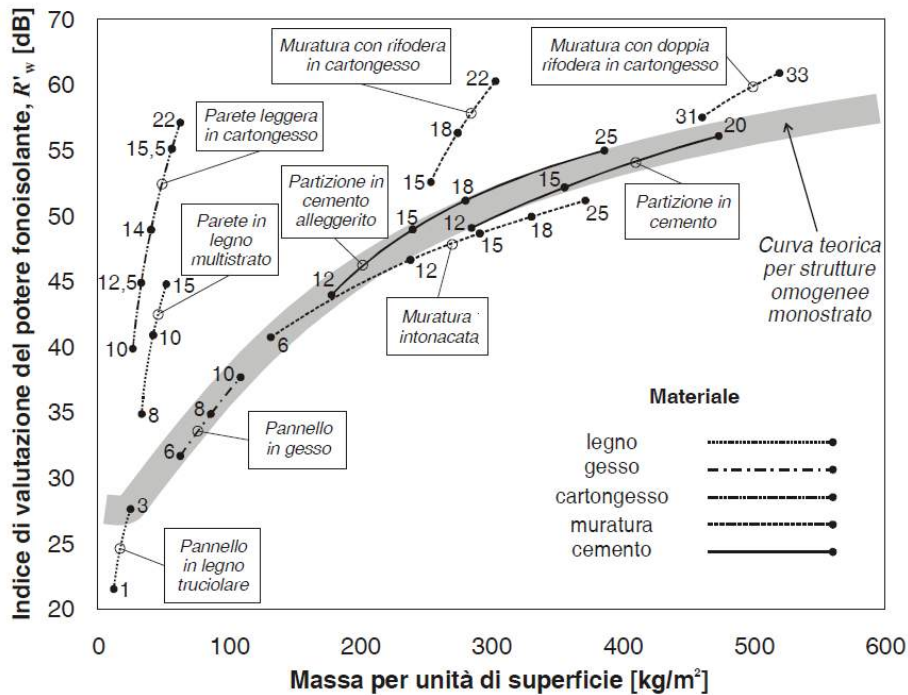
Legge di massa per incidenza diffusa



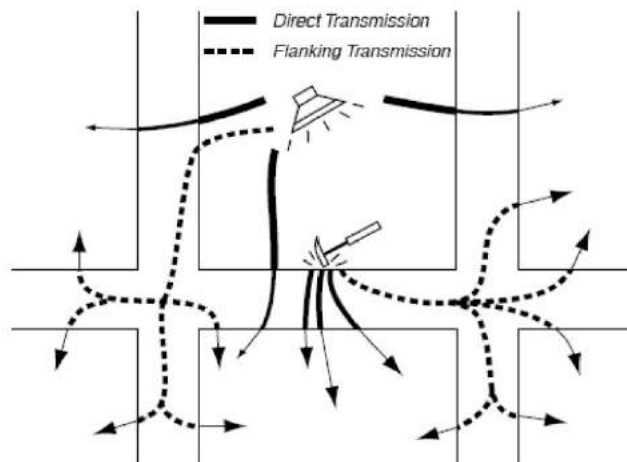
Attenzione!

La legge di massa per incidenza diffusa si applica solo agli elementi piani omogenei come le pareti o i solai e non alle tubazioni

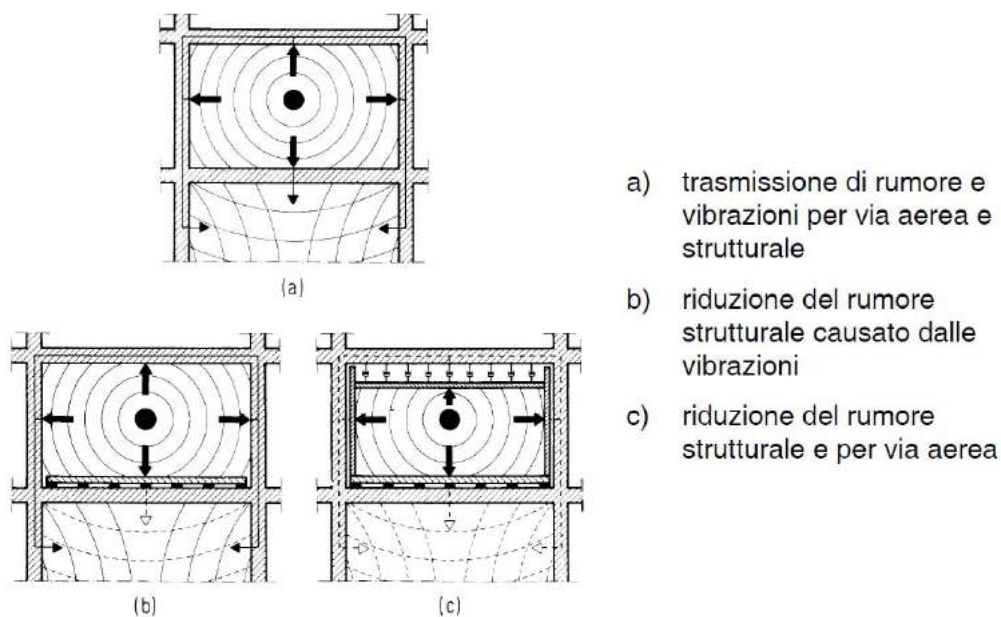
Potere fonoisolante apparente di elementi edilizi: analisi quantitativa



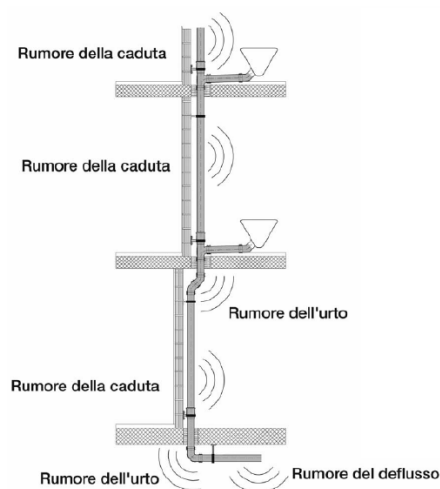
Percorsi di trasmissione (propagazione per via aerea e strutturale)



Modalità di trasmissione del rumore negli ambienti e possibili interventi



La generazione di rumore nelle reti di scarico



Rumori della caduta:

sono rumori causati dall'acqua che cade verso il basso all'interno di un tubo

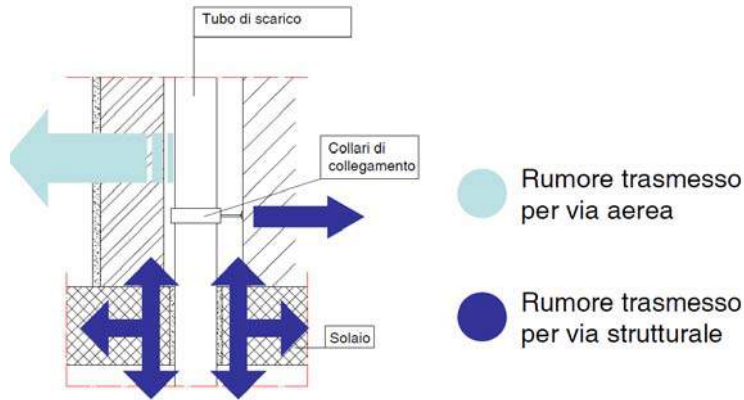
Rumori dell'urto:

sono causati dall'impatto dell'acqua sui cambiamenti di direzione dell'impianto. L'energia cinetica viene parzialmente trasformata in energia acustica. L'acqua perde velocità e dopo l'impatto il suo scorrimento è decisamente più lento.

Rumori del deflusso:

sono causati dallo scorrimento dell'acqua nella tubazione orizzontale. L'acqua defluisce in modo silenzioso lungo la parete interna del tubo, movimento silenzioso che viene disturbato solo dalla presenza di cambiamenti di direzione della condotta.

Problematiche di rumore attraverso le reti di scarico



Soluzioni per l'isolamento acustico

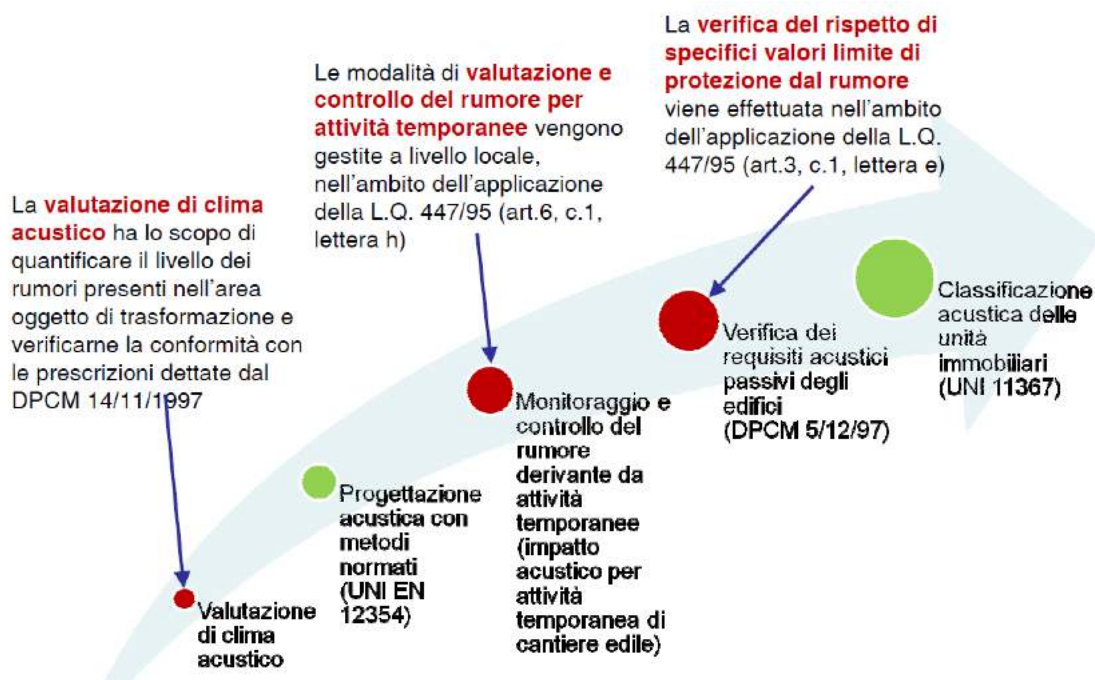
- Per limitare i rumori aerei:
 - adottare tubi di massa adeguata
 - inserire le tubazioni in cavedi impiantistici
- Per limitare i rumori "strutturali":
 - utilizzare collari di tipo silenziato (materiale elastico)
 - inserire materiale elastico tra tubazioni e attraversamenti murari

L'importanza della progettazione architettonica per il contenimento del rumore impiantistico

Una progettazione della disposizione dei locali acusticamente ottimale si realizza nel modo più efficace e più vantaggioso rispettando le seguenti raccomandazioni:

- una disposizione concentrata dei locali sanitari e della cucina
- una sovrapposizione dei locali sanitari a piani diversi
- una disposizione centrale dei vani tecnici nell'area dei locali sanitari
- evitare la vicinanza degli impianti con i locali sensibili al rumore
- i locali sensibili al rumore devono essere separati dai locali sanitari mediante pareti divisorie prive di installazioni e con un sufficiente valore fonoisolante ($>200 \text{ kg/m}^2$)

La protezione dal rumore in edilizia



Legislazione nazionale

Circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 1769 del 30 aprile 1966

Criteria di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie

- l'isolamento acustico per via aerea di pareti divisorie interne;
 - l'isolamento acustico per via aerea di solai;
- l'isolamento acustico per via aerea di pareti esterne;
 - il livello di rumore da calpestio dei solai;
- la rumorosità provocata da servizi e impianti fissi;
 - la rumorosità provocata da agenti atmosferici;
 - il coefficiente di assorbimento acustico;
 - il tempo di riverberazione.

Circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967

Criteria di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici

D.M. 18 dicembre 1975

Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nell'esecuzione di opere di edilizia scolastica

Legislazione vigente

- In principio fu il **D.P.C.M. 05/12/1997** a definire i requisiti acustici passivi
- Nel corso degli anni in diverse regioni sono state emesse numerose Delibere nel campo dell'Acustica per disciplinare la materia, ma non in Emilia-Romagna, ove l'argomento è trattato come materia edilizia.
- Nel mentre esce la norma **UNI 11367:2010** che introduce il concetto di **Classificazione Acustica dell'unità immobiliare** (norma volontaria)
- Infine vi sono i decreti sui **Criteria Ambientali Minimi** in edilizia (CAM) del 2017 introducono obblighi in relazione agli **edifici pubblici** in riferimento al **Codice degli Appalti**
- Da non dimenticare la Circolare Min.LL.PP. N.3150/67 recante *Criteria di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici*.

Legge quadro

L. 26 ottobre 1995, n. 447

Legge quadro sull'inquinamento acustico.

(Gazzetta Ufficiale 30 ottobre 1995, n. 254, S.O.)

SCOPO
Ridurre l'esposizione
umana al rumore

Art. 3, punto e

la determinazione, (...), con decreto del Presidente del Consiglio dei ministri, su proposta del Ministro dell'ambiente, (...), dei requisiti acustici delle sorgenti sonore e dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti, allo scopo di ridurre l'esposizione umana al rumore.

D.P.C.M. 5/12/97

"Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

G.U. n. 297 del 22/12/97

Art. 3, punto f

l'indicazione, con decreto del Ministro dei lavori pubblici, (...), 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.

Non ancora emanato

Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (DPCM 5/12/97)

(in Gazzetta Ufficiale - Serie generale n. 297 del 22 dicembre 1997)

DECRETO DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI 5 dicembre 1997

Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

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 divisi 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 definite nell'allegato A che ne costituisce parte integrante.

Art. 3.
Valori limite

1. 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.

Roma, 5 dicembre 1997

Il Presidente del Consiglio dei Ministri
PRODI

p. Il Ministro dell'ambiente
CALZOLAIO

p. Il Ministro della sanità
BETTONI BRANDANI

Il Ministro dei lavori pubblici
COSTA

Il Ministro dell'industria del commercio e dell'artigianato
BERSANI

Definizione di ambiente abitativo

Legge 26 ottobre 1995, n. 447

(Supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale 30 ottobre 1995 n. 254)

Legge quadro sull'inquinamento acustico

Articolo 2

Definizioni

1. Al fini della presente legge si intende per:

- b) ambiente abitativo: ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive per i quali resta ferma la disciplina di cui al Dlgs 15 agosto 1991, n. 277, salvo per quanto concerne l'immissione di rumore da sorgenti sonore esterne ai locali in cui si svolgono le attività produttive;

Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (DPCM 5/12/97)

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 3382:1975;
2. il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma EN ISO 140-5:1996;
3. l'isolamento acustico standardizzato di facciata (D_{fa}nT), definito da:

$$D_{fa,nT} = D_{fa} - 10 \log T/T0$$

dove:

D_{fa} = L_{1,fa} - L₂ e la differenza di livello;

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

L₂ 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 nell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di n è cinque;

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

T₀ è il tempo di riverberazione di riferimento assunto, pari a 0,5s;

4. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L_n) definito dalla norma EN ISO 140-6:1996;

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

6. L_{eq}: 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_a) da calcolare secondo la norma UNI 8270: 1987, Parte 7^a, para. 5.1.
- b. indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata (D_{fa,nT}) 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) da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI 8270: 1987, Parte 7^a, para. 5.2.

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

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

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

TABELLA A - CLASSIFICAZIONI DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

TABELLA B: REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R _a (*)	D _{fa,nT}	L _n	L _{max}	L _{eq}
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 di R_a riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

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.

DPCM 5/12/1997

Art. 3. - Valori limite.

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

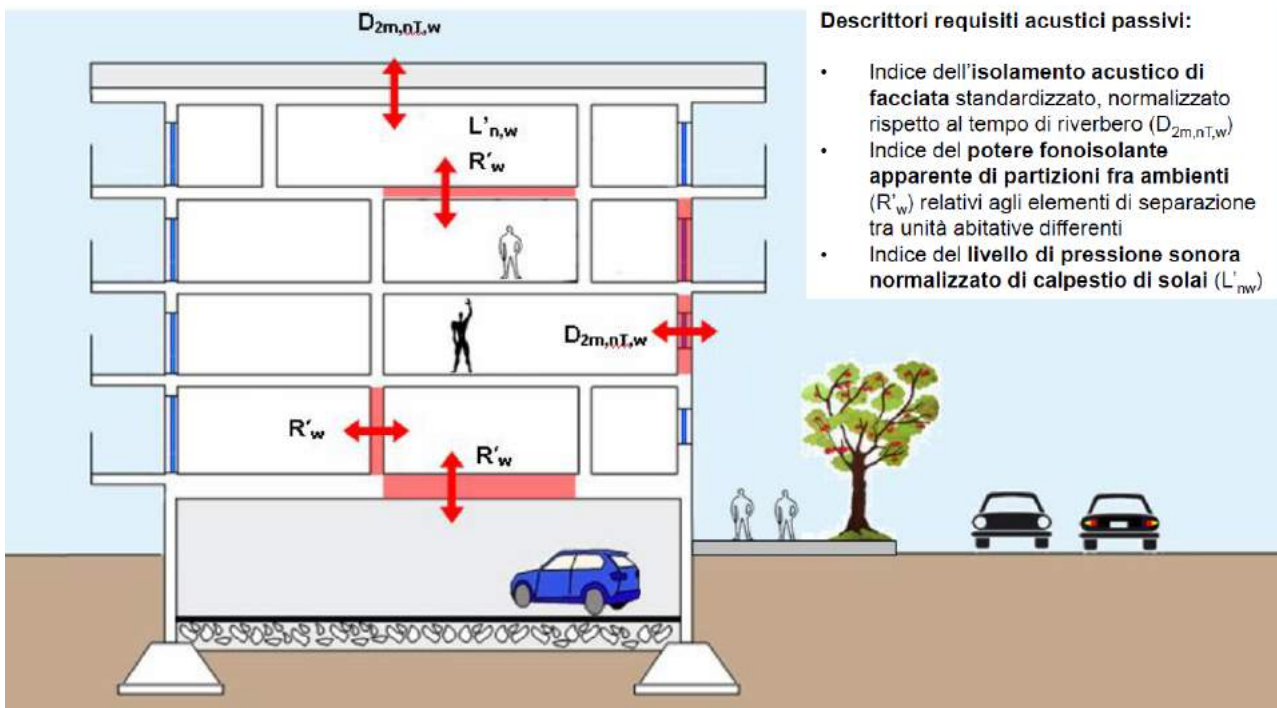


Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

A QUALI EDIFICI SI APPLICA?

➤ Devono rispettarlo tutti gli edifici per i quali la data di rilascio della Concessione edilizia (o altra autorizzazione prevista) è successiva al 20-02-1998 (60 giorni dalla pubblicazione sulla Gazzetta Ufficiale 22-12-1997)

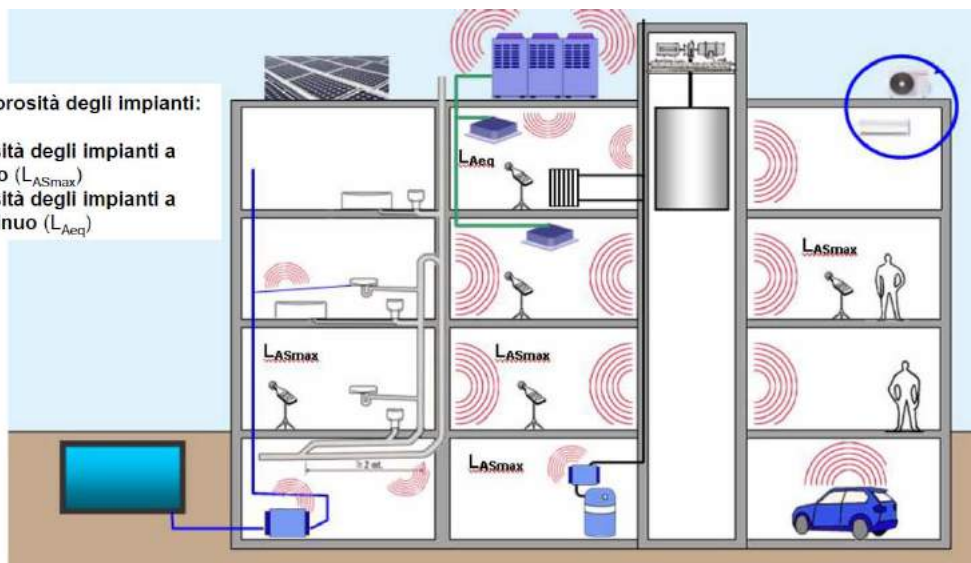
Descrittori acustici



Descrittori acustici

Descrittori della rumorosità degli impianti:

- livello di rumorosità degli impianti a servizio continuo (L_{ASmax})
- livello di rumorosità degli impianti a servizio discontinuo (L_{Aeq})



Elementi critici

- Non sono definite le procedure di vigilanza e controllo
- Non è specificato se i requisiti riguardano anche gli edifici esistenti
- Non viene fatta alcuna distinzione tra edifici situati in zone tranquille e quelli posti in aree rumorose

Requisiti acustici passivi

TABELLA A: Classificazione degli ambienti abitativi

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

Definiti dal
D.P.C.M. 05/12/1997
I parametri sono minimi di conformità per la categoria d'uso dell'edificio

TABELLA B
Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categoria	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L_{A, 9max}$	L_{Aeq}
D	≥ 55	≥ 45	≤ 58	≤ 35	≤ 25
A, C	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	≤ 35
E	≥ 50	≥ 48	≤ 58	≤ 35	≤ 25
B, F, G	≥ 50	≥ 42	≤ 55	≤ 35	≤ 35

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

Confronto con altri Paesi europei

R'_{w} [dB]	DK	S	N	UK	F	D	A	NL	I
	52-55	52-55	52-55	51-54	54-57	53-57	54-59	55	50-55

Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_{w} per partizioni interne

$L'_{n,w}$ [dB]	DK	S	N	UK	F	D	A	NL	I
	58-53	58-53	58-53	64-57	63-60	53-48	50-43	61-54	63-55

Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio $L'_{n,w}$

Paese	Grandezza	Sorgente disturbante	Valore limite	Note	
		Livello sonoro esterno [dBA]			
Austria	$R'_{res,w}$	Diurno	Notturno	Valore limite riferito al livello sonoro sul fronte della facciata	
		≤ 55	≤ 45		33 dB
		56 – 65	46 – 55		38 dB
		66 – 70	56 – 60		43 dB
		71 – 75	61 – 65		48 dB
		76 – 80	66 – 70		53 dB
		81 – 85	71 – 75		58 dB
> 85	> 75	63 dB			
Germania	$R'_{res,w}$	≤ 55		Valore limite riferito al livello sonoro sul fronte della facciata	
		56 – 60			03 dB
		61 – 65			35 dB
		66 – 70			40 dB
		71 – 75			45 dB
		76 – 80		50 dB	
> 80		Dipende da condizioni locali			
Francia	D_{nAT}	Presenza di strade o ferrovie	$\geq 30-45$ dB(A)	Dipende dal tipo di strada/ferrovia	
		Aeroporti	≥ 35 dB(A)		
Italia	$D_{2m,nT,w}$	Non indicato	40 dB	Indipendentemente dal livello esterno	
Danimarca	$L_{A,eq,24h}$	Strade / ferrovie	≤ 30 dB	Valore limite riferito al livello sonoro all'interno	
Svezia	$L_{A,eq,24h}$	Strade	≤ 30 dB	Valore limite riferito al livello sonoro all'interno (solo raccomandato)	

Isolamento acustico di facciata

I requisiti acustici passivi degli edifici

Categoria A	Categoria B	Categoria C	Categoria D	Categoria E	Categoria F	Categoria G
•Residenza	•Uffici	•Alberghi •Pensioni •Attività ricettive •B&B	•Ospedali •Cliniche •Case di cura	•Attività scolastiche a tutti i livelli	•Attività ricreative •Luoghi di culto	•Attività commerciali

Potere fonoisolante apparente R'_{w}	Isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{fmet,w}$	Livello di rumore di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$	Rumore prodotto dagli impianti a funzionamento discontinuo $L_{AS,max}$	Rumore prodotto dagli impianti a funzionamento continuo L_{Aeq}
55 categoria D	48 categoria E	55 categoria B/F/G	35 categoria A/B/C/D E/F/G	25 categoria D/E
50 categoria A/B/C/E/F/G	45 categoria D	58 categoria D/E		35* categoria A/B/C/F/G <small>*25 nell'ambito dell'Allegato A al D.P.C.M. 5/12/97</small>
	42 categoria B/F/G	63 categoria A/C		
	40 categoria A/C			

Il soddisfacimento dei requisiti acustici passivi degli edifici



Progetto acustico

- La verifica dei Requisiti acustici **deve essere** effettuata anche su base previsionale in sede di progetto acustico
- Il progetto dell'immobile **deve comprendere** il progetto acustico se si vuole avere garanzie per il rispetto dei parametri
- Le verifiche previsionali sono condotte mediante le norme della serie **UNI EN 12354**

La progettualità integrata

Consente l'**ottimizzazione delle risorse tecniche ed economiche** disponibili, permettendo di condividere le conoscenze, di organizzare razionalmente le azioni complementari, di **ridurre le accidentalità e le incertezze** e, quindi, di controllare tutti quegli aspetti critici per il conseguimento degli obiettivi generali e dei prefissati livelli prestazionali.

L'efficacia della progettazione integrata risiede nella **contestuale partecipazione** di tutti i soggetti coinvolti nel processo decisionale, in modo da definire e condividere collegialmente tutti gli aspetti funzionali o comunque maggiormente rilevanti.

L'esecuzione e regole dell'arte

Non è un particolare materiale, sistema costruttivo o tecnologia a "garantire" le prestazioni in opera ma è la **corretta posa** degli elementi edilizi, secondo le prescrizioni dei produttori e le regole dell'arte e della tecnica, ad assicurare il conseguimento degli obiettivi prefissati e codificati dal progetto architettonico.

L'assenza di **figure di riferimento** e di specialisti in momenti critici della realizzazione di un'opera nonché la superficialità nella gestione di elementi tecnologici complessi è tra le cause più ricorrenti di problemi legati alla mancanza dei requisiti prestazionali di un edificio.

Il controllo in fase di realizzazione

- Verifica della conformità dei materiali e delle tecniche di posa alle prescrizioni progettuali (rispondenza alle specifiche installazione per le prove in laboratorio)
- Controllo della qualità della posa
- Omogeneità delle lavorazioni (spessore dei giunti di malta, spessore dell'intonaco, ecc.)
- Correzione in corso d'opera dei problemi di posa.

Parametri per l'analisi delle prestazioni acustiche

Il potere fonoisolante, R , misurato in laboratorio, è rappresentativo delle **caratteristiche intrinseche** di fonoisolamento dell'elemento edilizio, indipendentemente dalle condizioni in opera.

Il potere fonoisolante apparente, R' , misurato in opera, è rappresentativo delle **prestazioni in opera** dell'elemento edilizio inserito in uno specifico contesto.

L'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, DnT , misurato in opera, definisce il **grado di protezione** che può offrire l'insieme degli elementi edilizi rispetto ad uno specifico ambiente ricevente.

Potere fonoisolante, potere fonoisolante apparente ed isolamento acustico

Potere fonoisolante (R)

W_1 : Potenza sonora incidente sulla parete
 W_2 : Potenza sonora trasmessa dalla parete

Il potere fonoisolante (R) di un elemento di edificio descrive la sua attitudine a ridurre la trasmissione di energia sonora ed è caratteristico dell'elemento in se stesso

Misure in laboratorio

Potere fonoisolante apparente (R')

W_1 : Potenza sonora incidente sulla parete
 W_2 : Potenza sonora trasmessa dalla parete
 W_3 : Potenza sonora trasmessa lateralmente attraverso le strutture di contorno
 W_4 : Potenza sonora riflessa

Isolamento acustico (D)

L_1 : Livello sonoro nell'ambiente disturbante
 L_2 : Livello sonoro nell'ambiente ricevente
 $D = L_1 - L_2$: Isolamento acustico

Il potere fonoisolante apparente (R') è analogo al potere fonoisolante, ma tiene conto anche dell'energia acustica trasmessa lateralmente attraverso le strutture che delimitano l'elemento

L'isolamento acustico (D) è dato dalla differenza di livello sonoro che si riscontra tra due ambienti contigui. Può tenere conto delle caratteristiche di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente

Misure in opera

Occorre ricordare che:

Il campione di laboratorio è:

- sicuramente diverso dalla struttura realmente realizzata in cantiere;
- non presenta disomogeneità dovute a componenti strutturali, impianti, etc.
- non è soggetto agli stessi periodi di stagionatura del cantiere
- i rapporti di miscela delle malte utilizzate non sono uguali a quelli utilizzati per realizzare la struttura in situ

Relazione previsionale dei requisiti acustici passivi degli edifici

Lo studio previsionale dei "requisiti acustici passivi degli edifici" secondo il DPCM 5/12/97 deve essere oggi ancora richiesto dal comune alla domanda del permesso di costruire (PdC, SCIA o DIA) perché si tratta di uno dei requisiti d'igiene dell'immobile. Le due leggi sospensive del 2009 e 2010 sono state contestate dalla Corte costituzionale nel 2015 e il decreto è oggi vigente, comunque non si era mai dispensato i comuni da chiedere che si applicassero questi limiti.

NORME PER IL CALCOLO PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

UNI EN ISO 12354-1:2017

Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.

UNI EN ISO 12354-2:2017

Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.

UNI EN ISO 12354-3:2017

Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea.

UNI EN ISO 12354-4:2017

Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Parte 4: Trasmissione del rumore interno all'esterno.

Principali norme per la verifica previsionale

- **UNI -TR 11175**(novembre 2005) "Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici -Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale".

Il corretto iter dell'isolamento acustico: la progettazione architettonica

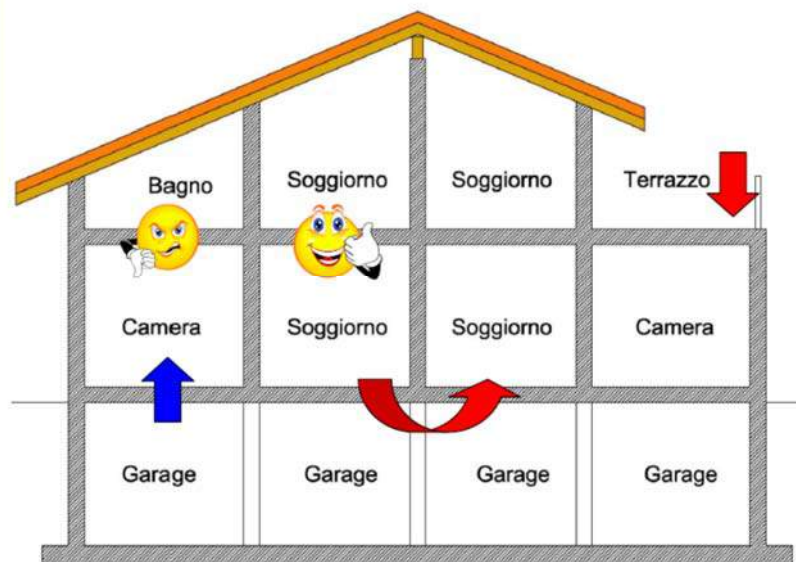
La disposizione delle stanze deve essere eseguito con cura cercando di sovrapporre stanze di diversi appartamenti con la stessa destinazione d'uso (camera-camera, bagno-bagno, cucina-cucina...)

Attenzione:

- al calpestio "orizzontale"
- al rumore aereo dai garage verso gli appartamenti
- al calpestio su terrazzi

Rumore
di calpestio →

Rumore
aereo →



R'w

Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente

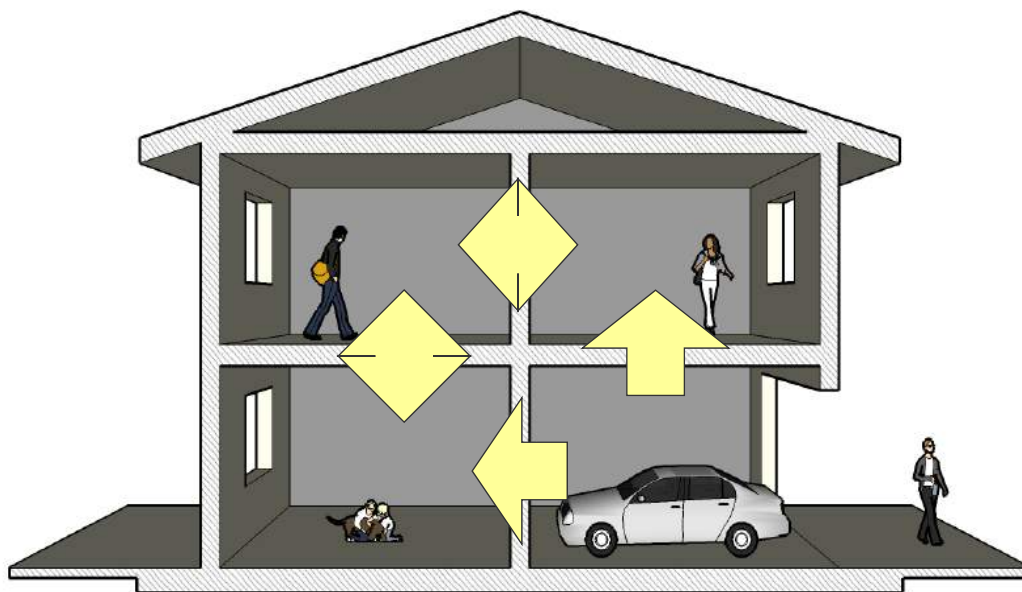
UNI EN ISO 12354-1



	Classificazione ambienti	R'w
A	Residenze o assimilabili	50
B	Uffici ed assimilabili	50
C	Alberghi, pensioni e simili	50
D	Ospedali, cliniche, case di cura e simili	55
E	Scuole e simili	50
F	Attività ricreative e di culto e simili	50
G	Attività commerciali e simili	50

**ISOLAMENTO DAI RUMORI AEREI
tra differenti unità immobiliari**

R'w



Potere fonoisolante (R) e potere fonoisolante apparente (R')

SIGNIFICATO FISICO

$$R = -10 \lg \frac{W_i}{W_1} \quad (\text{dB})$$

W_i = potenza sonora incidente sulla partizione

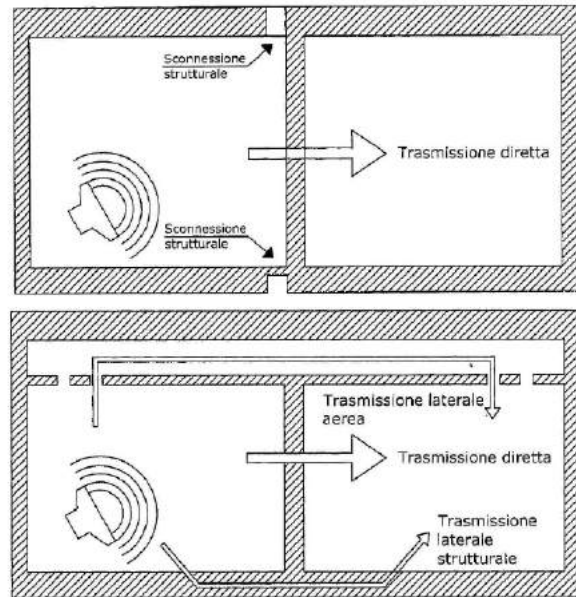
W_1 = potenza sonora trasmessa dalla partizione

$$R' = -10 \lg \frac{W_i}{W_1 + W_2} \quad (\text{dB})$$

W_2 = potenza sonora trasmessa dalle strutture laterali

In linea generale
 $R < R'$

$$R' = D + 10 \lg \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{dB})$$

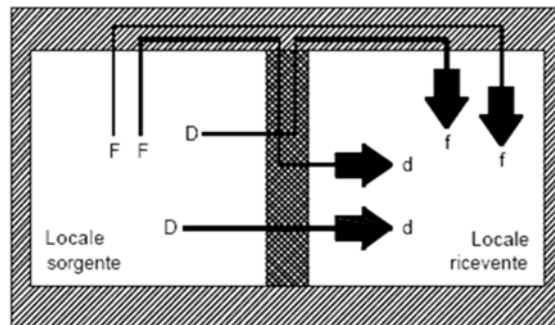


Potere fonoisolante apparente (R')

Modello di calcolo norma EN 12354-1

- ⇒ **potere fonoisolante** (R) partizione e quattro strutture laterali;
- ⇒ **massa areica** di tutte le strutture considerate;
- ⇒ **dimensioni** dei due ambienti (sorgente e ricevente);
- ⇒ **indice di riduzione delle vibrazioni** (K_{ij});
- ⇒ **differenza di potere fonoisolante** (ΔR) se presenti strati di rivestimento fonoisolanti o pavimenti galleggianti.

R' =
attenuazione
trasmissione diretta
+
trasmissioni laterali



$$R' = -10 \log \left(10^{-\frac{R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{Ff}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{-\frac{R_{Df}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{Fd}}{10}} \right) \quad (\text{dB})$$

Potere fonoisolante percorsi laterali R_{ij}

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2} + \Delta R_{ij} + K_{ij} + 10 \log \frac{S}{l_0 l_{ij}} \quad (\text{dB})$$

- i e j rispecchiano le lettere D, d, F e f;
- ΔR_{ij} incremento del potere fonoisolante per strati di rivestimento addizionali lungo il percorso i-j;
- K_{ij} indice di riduzione delle vibrazioni attraverso il giunto;
- S superficie della partizione (m^2);
- l_0 lunghezza di riferimento (1 metro);
- l_{ij} lunghezza del giunto in metri.

Indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij}

Esprime la capacità di una giunzione di attenuare le vibrazioni tra due elementi costruttivi affiancati, quando uno di questi è direttamente sollecitato.

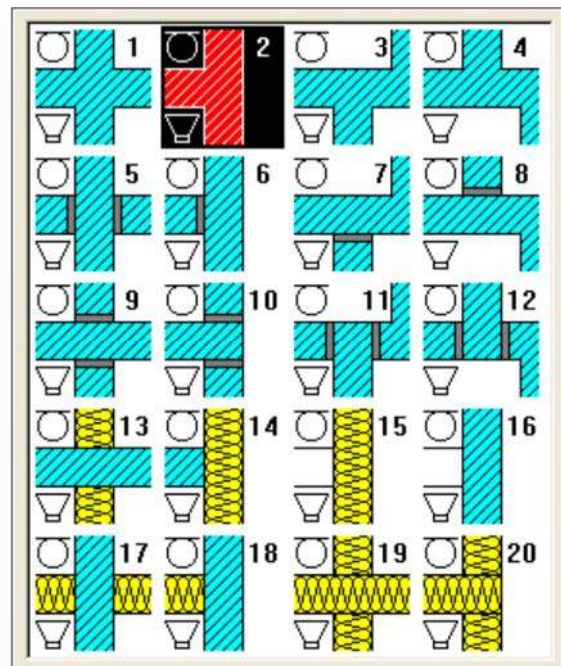
$K_{ij} \Rightarrow$ tipo di giunto; M

$$M = \log \frac{m'_{\perp i}}{m'_i}$$

Il corretto iter dell'isolamento acustico: il modello di calcolo semplificato (giunti)

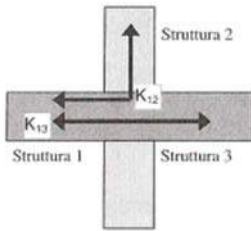
Il fattore K_{ij} viene determinato sulla base della tipologia di giunto.

In figura si vedono le varie tipologie di giunto laterale che si possono realizzare nella costruzione dell'intersezione tra la parete di separazione e le pareti laterali.



Calcolo di Kij

Giunto rigido a croce tra strutture omogenee



$$K_{13} = 8,7 + 17,1M + 5,7M^2 \text{ (dB)}$$

$$K_{12} = K_{23} = 8,7 + 5,7M^2 \text{ (dB)}$$

$K_{min} \neq 0$ calcolato con la seguente relazione

$$K_{ij, \min} = 10 \log \left(l_{ij} l_0 \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right)$$

Differenza di potere fonoisolante (ΔR)

Esprime l'incremento delle prestazioni apportato da strati di rivestimento fonoisolanti quali: contropareti, controsoffitti, ecc..

$$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ (Hz)}$$



Tabella UNI EN 12354

Rivestimento fissato direttamente al supporto

Incremento di R di una controparete

f_0 = frequenza di risonanza

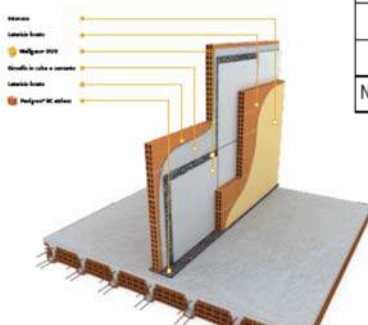
$$\left\{ \Delta R = 40 \log \left(\frac{f}{f_0} \right) \text{ (dB)} \right\}$$

Calcolo di ΔR_w

Incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, ΔR_w , per strato addizionale

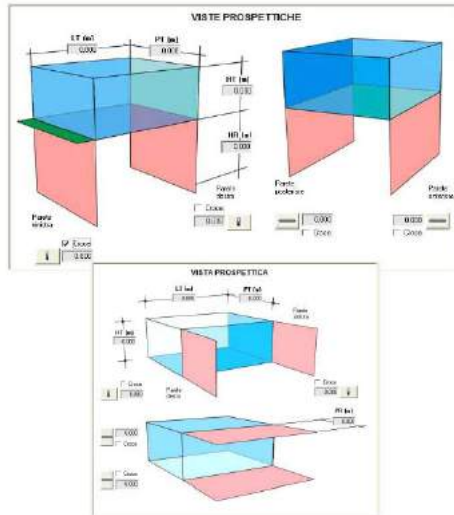
Frequenza di risonanza f_0	ΔR_w dB
$f_0 \leq 80$	$35 - R_w/2$
$80 < f_0 \leq 125$	$32 - R_w/2$
$125 < f_0 \leq 200$	$28 - R_w/2$
$200 < f_0 \leq 250$	-2
$250 < f_0 \leq 315$	-4
$315 < f_0 \leq 400$	-6
$400 < f_0 \leq 500$	-8
$500 < f_0 \leq 1600$	-10
$f_0 > 1600$	-5

Nota Il valore di R_w è relativo alla struttura di base (parete o solaio) nuda.

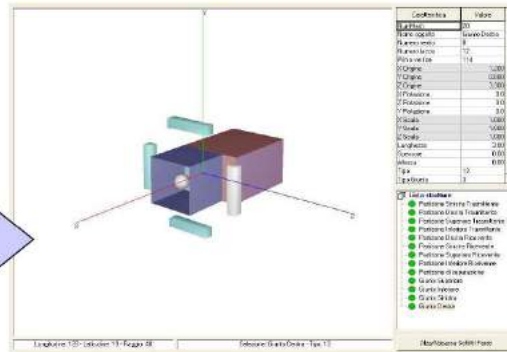


Metodi di previsione delle prestazioni acustiche di componenti edilizi

Definizione delle geometrie



Definizione delle connessioni



Calcolo di R'

I metodi di calcolo permettono la valutazione preventiva dei valori delle grandezze rilevanti dell'edificio partendo dai valori delle grandezze rilevanti degli elementi in esame:

- Rapporti di prova di laboratorio
- Correlazioni specifiche
- Relazioni generali

Relazioni generali

In mancanza di correlazioni specifiche valgono le seguenti:

PARETI MASSIVE $R_w = 20 \lg (m')$ (UNI EN ISO 12354-1)

Valida per $80 \text{ kg/m}^2 < m' < 400 \text{ kg/m}^2$

PARETI IN LEGNO MASSICCE

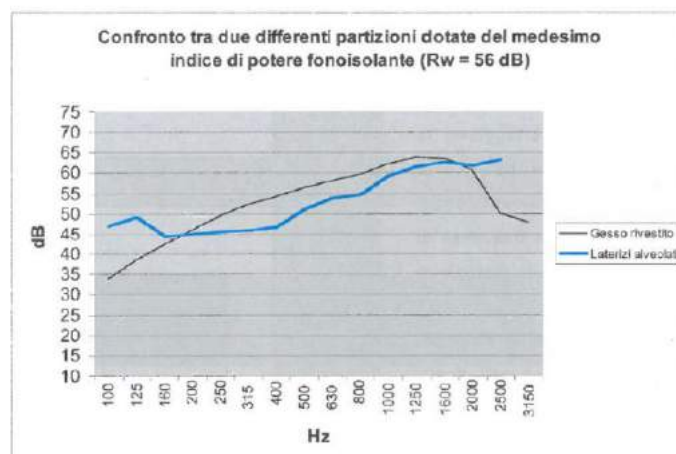
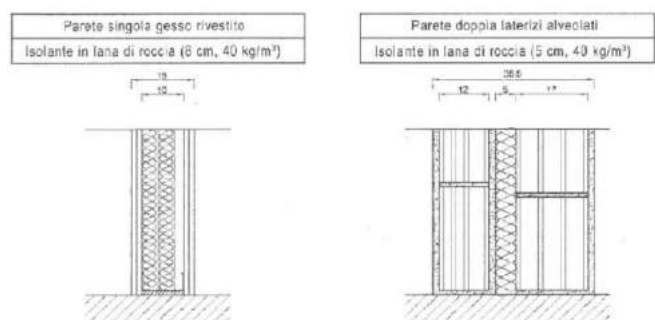
$R_w = 21,56 \log (m') - 2,3 (\pm 1 \text{ dB})$

valida per $m' > 50 \text{ Kg/m}^2$

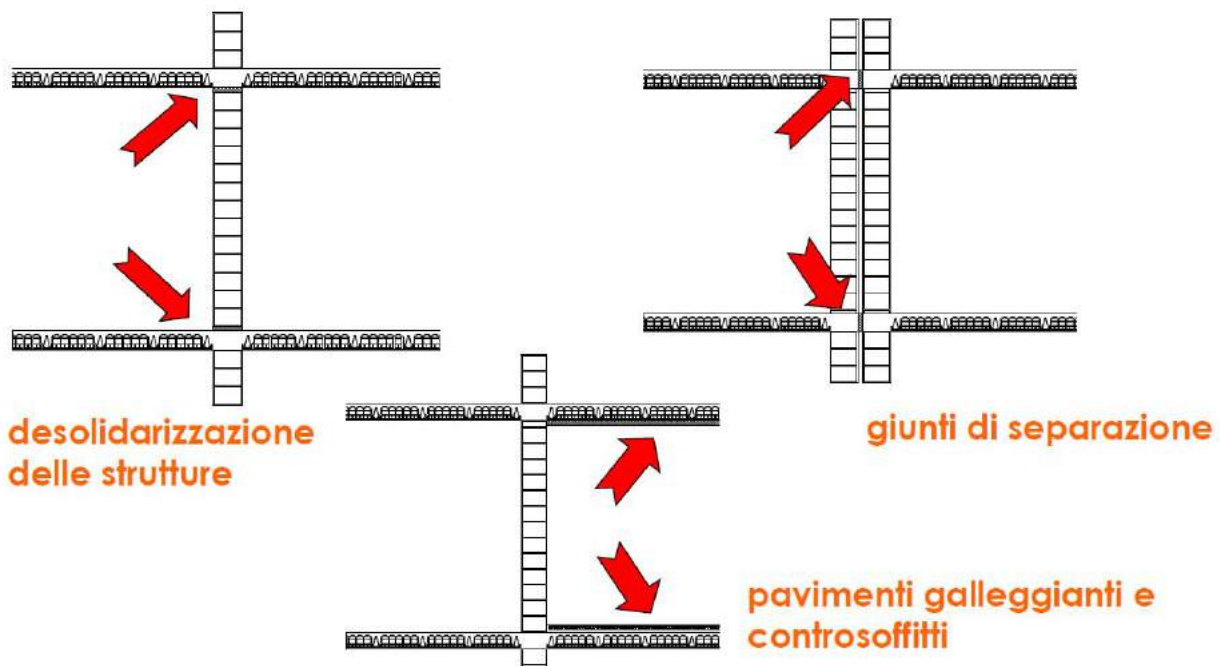
Le pareti in legno massicce e X-LAM, da studi effettuati a livello europeo, sembrano rispondere ad una Legge di Massa attualmente usata in Gran Bretagna:

SPESSORE	MISURE	FORMULA (GB)	DIFFERENZA
mm	R_w dB	R_w dB	ΔR_w dB
70	29-32	29,7	0
80	30-33	31	0
90	32-35	32	0
100	33-36	33	0
120	36	35	-1
140	35-38	36	0
160	39-41	37,5	-1,5

Confronto tra una parete massiva e una leggera

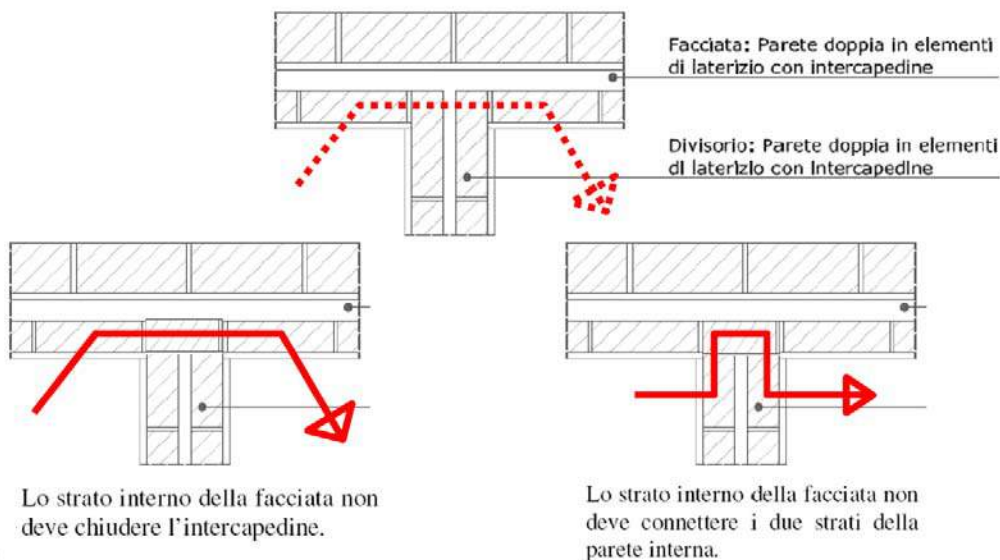


Uso di strati elastici per ridurre la trasmissione laterale



Studio dei particolari per ridurre la trasmissione laterale

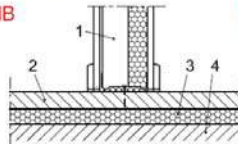
ESEMPIO DI GIUNTO CORRETTO PARETE DI SEPARAZIONE - FACCIATA



Studio dei particolari per ridurre la trasmissione laterale

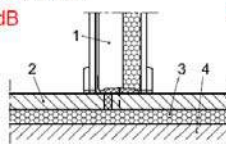
Pavimento passante continuo

$R_{Ft,w} = 38 \text{ dB}$



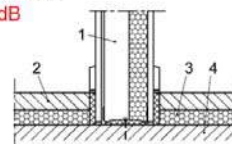
Pavimento passante interrotto

$R_{Ft,w} = 55 \text{ dB}$



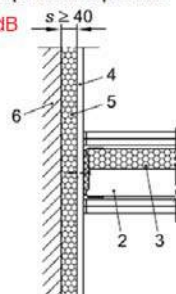
Pavimento non passante

$R_{Ft,w} = 70 \text{ dB}$



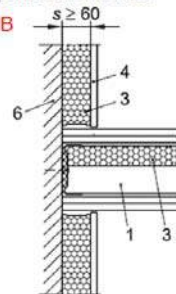
Rivestimento di tipo flessibile passante

$R_{Ft,w} = 53-58 \text{ dB}$



Rivestimento di tipo flessibile interrotto

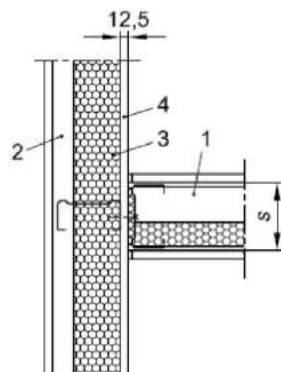
$R_{Ft,w} = 63-73 \text{ dB}$



Studio dei particolari per ridurre la trasmissione laterale

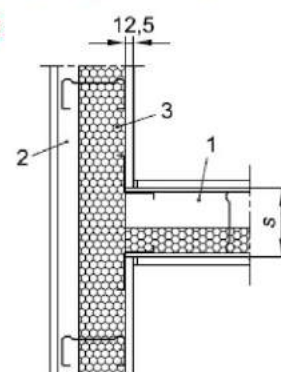
Rivestimento passante della parete laterale

$R_{Ft,w} = 53 \text{ dB}$



Rivestimento interrotto della parete laterale

$R_{Ft,w} = 73 \text{ dB}$



Rumore per via aerea tra ambienti sovrapposti

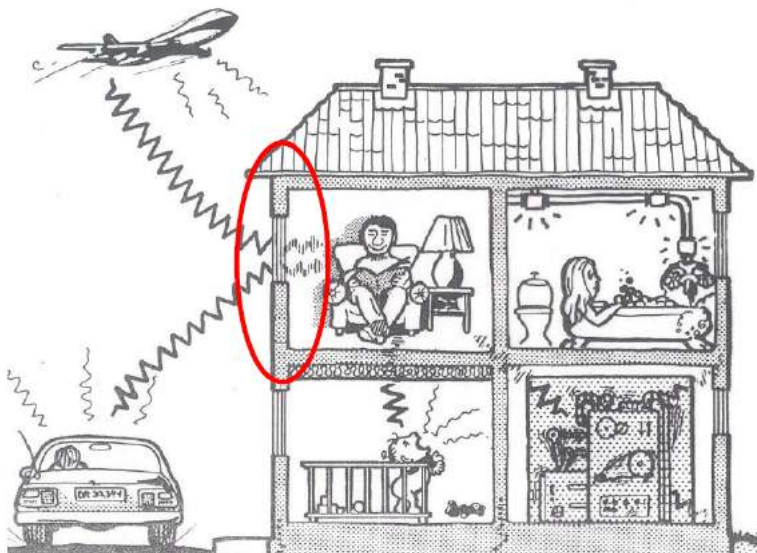
$R'w$

- **R** - deriva da **RIDUZIONE** del rumore trasmesso attraverso il muro o soletta;
- **w** - significa indice di valutazione o valore unico **WEIGHTED (PESATO)** per tutte le frequenze;
- **Apice ' -** significa **APPARENTE**, cioè comprensivo della trasmissione laterale che riduce il valore di R teorico della stessa parete (senza trasmissione laterale), cioè $R' \leq R$: (es. $R_w = 50 \text{ dB} - R'w = 48 \text{ dB}$):
 - **R_w** - differenza di livello di rumore che la partizione è in grado di determinare in laboratorio fra la camera dove lo si genera e la camera ricevente, completamente scollegate tra loro, quando il rumore passa per sola trasmissione diretta attraverso essa.
 - **$R'w$** - differenza di livello di rumore che la partizione inserita nel contesto edilizio è in grado di determinare in opera fra la camera dove lo si genera e la camera ricevente quando il rumore la attraversa sia per via diretta sia per via laterale attraverso le partizioni confinanti.

$D_{2m,nT,w}$

Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

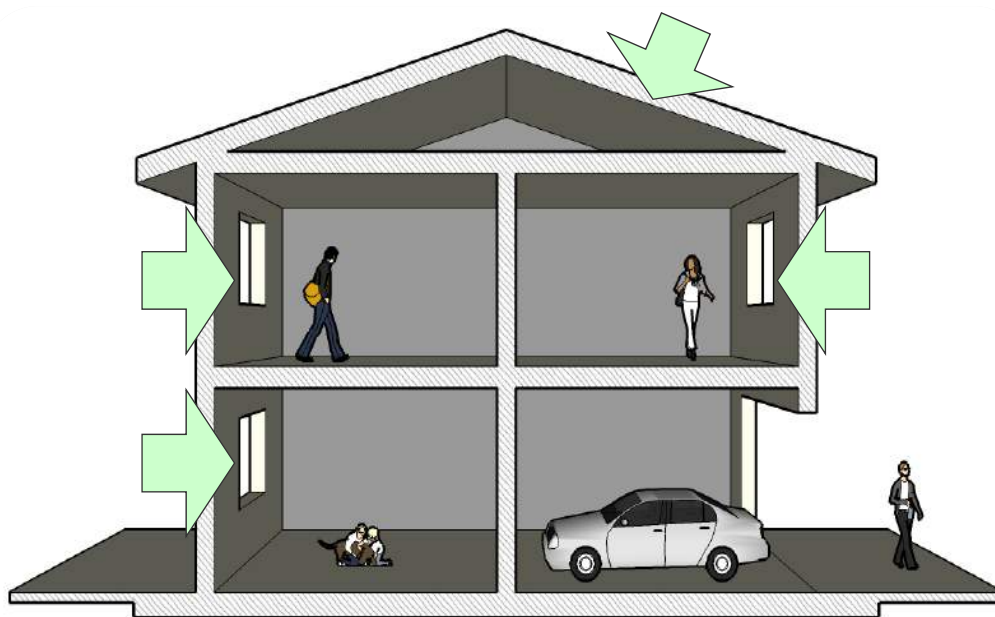
UNI EN ISO 12354-3



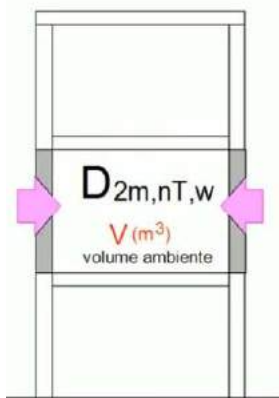
	Classificazione ambienti	$D_{2m,nT,w}$
A	Residenze o assimilabili	40
B	Uffici ed assimilabili	42
C	Alberghi, pensioni e simili	40
D	Ospedali, cliniche, case di cura e simili	45
E	Scuole e simili	48
F	Attività ricreative e di culto e simili	42
G	Attività commerciali e simili	42

ISOLAMENTO DAI RUMORI ESTERNI

$D_{2m,nT,w}$



Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w}$ - UNI EN ISO 12354-3



$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + \left[10 \lg \left(C_{sab} \frac{V}{T_0 S} \right) \right] \text{dB}$$

Dove:

C_{sab} è la costante di Sabine, in secondi per metro con $C_{sab} = 0,16 \text{ s/m}$.

V è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;

S è l'area totale della facciata vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata), in metri quadri;

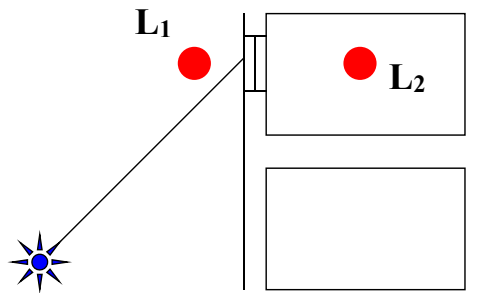
ΔL_{fs} è l'isolamento acustico per la forma della facciata, in decibel.

Isolamento acustico di facciata

L'isolamento acustico di facciata D_{2m} è dato dalla differenza tra il valore medio del livello di pressione sonora a 2 metri dal piano della facciata ($L_{1,2m}$) e il valore medio del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente (L_2)

$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2 \quad (\text{dB})$$

In questo caso la sorgente di rumore può essere costituita dal **traffico veicolare** o da un **altoparlante** con angolo di incidenza sulla facciata di 45° .



Isolamento acustico

Normalizzato rispetto al tempo di riverberazione

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (\text{dB})$$

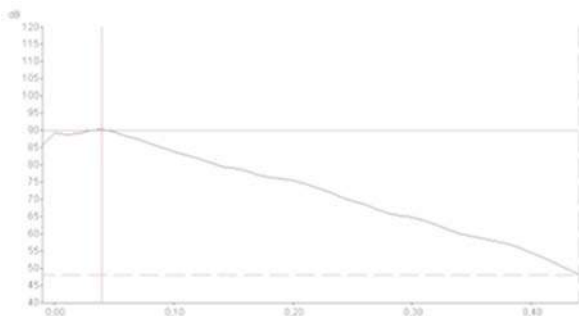
T_0 = tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 s.

T = TEMPO DI RIVERBERAZIONE T_{60}

Tempo necessario affinché il livello di pressione sonora, in un ambiente confinato, possa ridursi di 60 dB dopo che la sorgente sonora si è spenta.

$$T_{60} = \frac{0,16V}{A} \quad (\text{s})$$

$$A = \sum_{i=1}^n S_i \alpha_i \quad (\text{m}^2)$$



Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$

Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al Tempo di riverberazione.

- **D** - deriva da **DIFFERENZA** di livello sonoro dall'esterno della facciata all'interno;
- **2m** - significa che la misurazione all'esterno è con microfono a **distanza 2 metri** dalla facciata;
- **nT** - significa **NORMALIZZATO** rispetto al tempo di riverberazione **T**, per tener conto dell'effetto acustico dell'arredo che è estraneo al requisito dell'isolamento della facciata. In pratica un locale arredato con molti materiali fonoassorbenti (tappeti, tende, poltrone, ecc.) aumenta il valore dell'isolamento misurato. Inversamente lo stesso locale svuotato dal mobilio riduce l'isolamento $D_{2m,w}$ che si misura, quando invece il valore normalizzato è $D_{2m,nT,w} \geq D_{2m,w}$. Ma l'isolamento del muro è lo stesso nei due casi (perché il muro non è cambiato) e con la normalizzazione si depura la misurazione dell'isolamento dal diverso effetto dell'assorbimento (o del tempo di riverberazione)
- **W** - significa indice di valutazione o valore unico **weighted (PESATO)** per tutte le frequenze.

Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

Significato del parametro

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ (dB)}$$

$L_{1,2m}$ = Livello equivalente di pressione sonora 2 metri davanti alla facciata (dB)

L_2 = Livello equivalente medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato (dB)

T = Tempo di riverberazione nell'ambiente disturbato (s)

T_0 = Tempo di riverberazione di riferimento (=0,5 s)

Metodo di calcolo del parametro

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \left(\frac{V}{6T_0 S} \right) \text{ (dB)}$$

R' = Potere fonoisolante apparente di facciata (dB)

ΔL_{fs} = Differenza di livello per forma della facciata (dB)

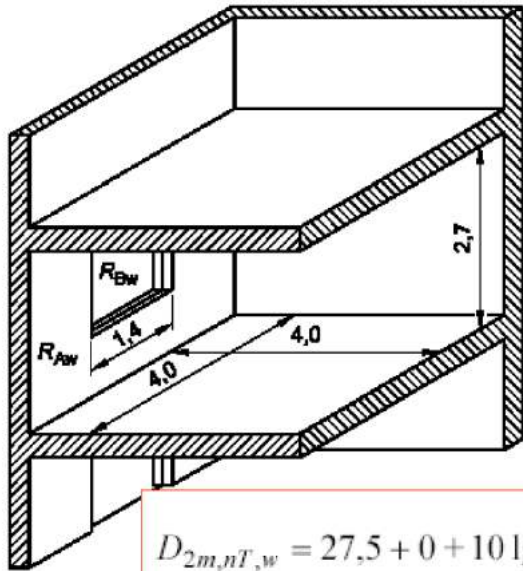
V = Volume dell'ambiente ricevente (m^3)

T_0 = Tempo di riverberazione di riferimento (=0,5 s)

S = Superficie della facciata vista dall'interno (m^2)

Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

esempio di calcolo



FACCIATA: $R_w = 51,5$ dB

Doppio tavolato in elementi forati di laterizio con triplo strato di intonaco e intercapedine riempita con materiale fibroso

SERRAMENTO (1.4x1.4): $R_w = 30$ dB

Vetro-camera 4/12/4

PRESA D'ARIA (100 cm²): $D_{ne,w} = 30$ dB

Non insonorizzata

$$S_{fin} = 1,4 \times 1,4 = 1,96 \text{ m}^2$$

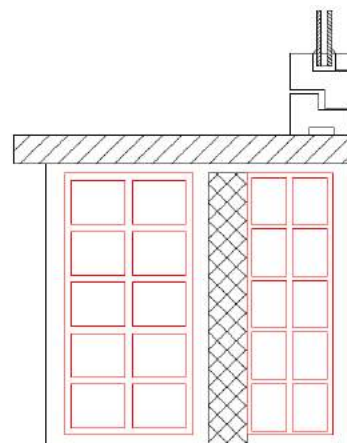
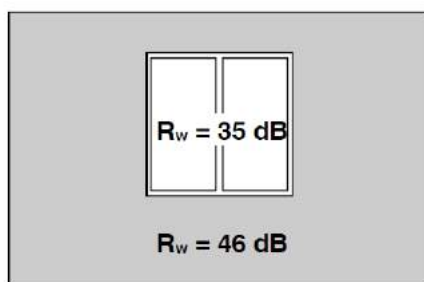
$$S_{par\ opaca} = (4 \times 2,7) - 1,96 = 8,84 \text{ m}^2$$

$$S_{facciata} = 4 \times 2,7 = 10,8 \text{ m}^2$$

$$V = 4 \times 4 \times 2,7 = 43,2 \text{ m}^3$$

$$D_{2m,nT,w} = 27,5 + 0 + 10 \lg \left(\frac{43,2}{6 \times 0,5 \times 10,8} \right) = 28,8 \text{ dB} < 40 \text{ dB}$$

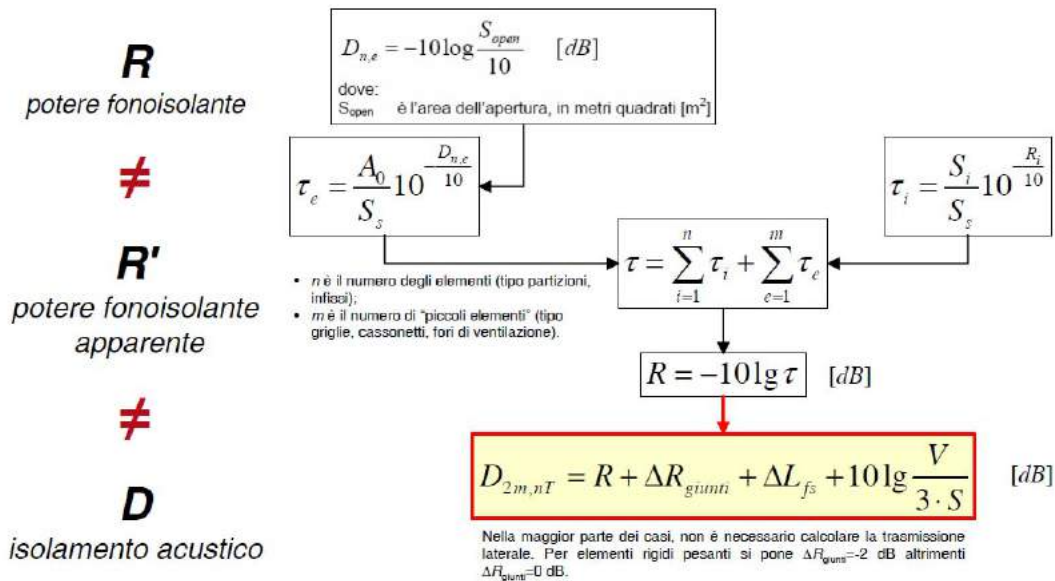
Esempi di soluzioni pre valutate rispetto al requisito minimo i isolamento acustico di facciata per gli edifici residenziali



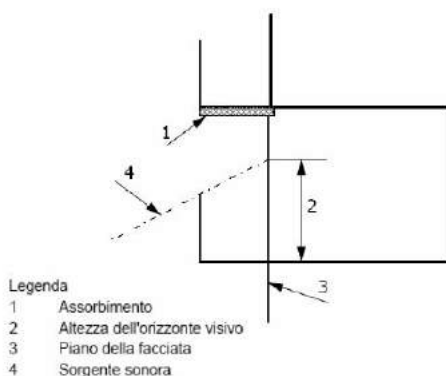
Parete come sopra ma senza avvolgibile e con infisso classe A1 dotato di vetro stratificato 9+8 mm.

$$D_{2m,nT,w} = 40.3 \text{ dB} > 40 \text{ dB}$$

Modelli di calcolo per l'isolamento di facciata (principi generali)



Differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata

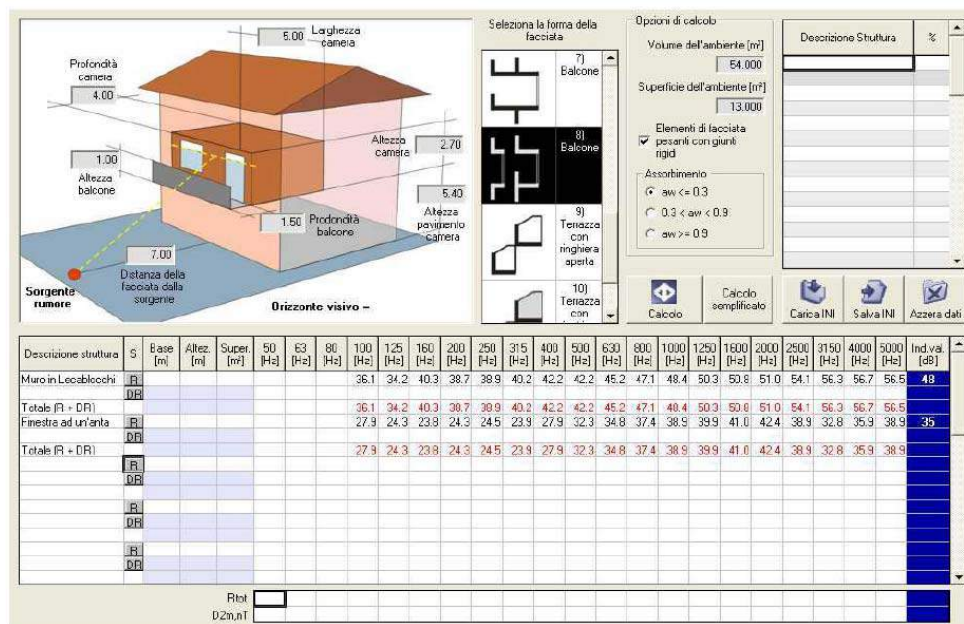


L'assorbimento è indicato dal *coefficiente di assorbimento acustico ponderato* α_w (UNI EN ISO 11654) come: $\leq 0,3$; $0,6$ oppure $\geq 0,9$. L'effetto per i valori intermedi può essere dedotto per interpolazione; si applica $\alpha_w \geq 0,9$ anche nel caso non sia presente una superficie riflettente sopra la facciata considerata.

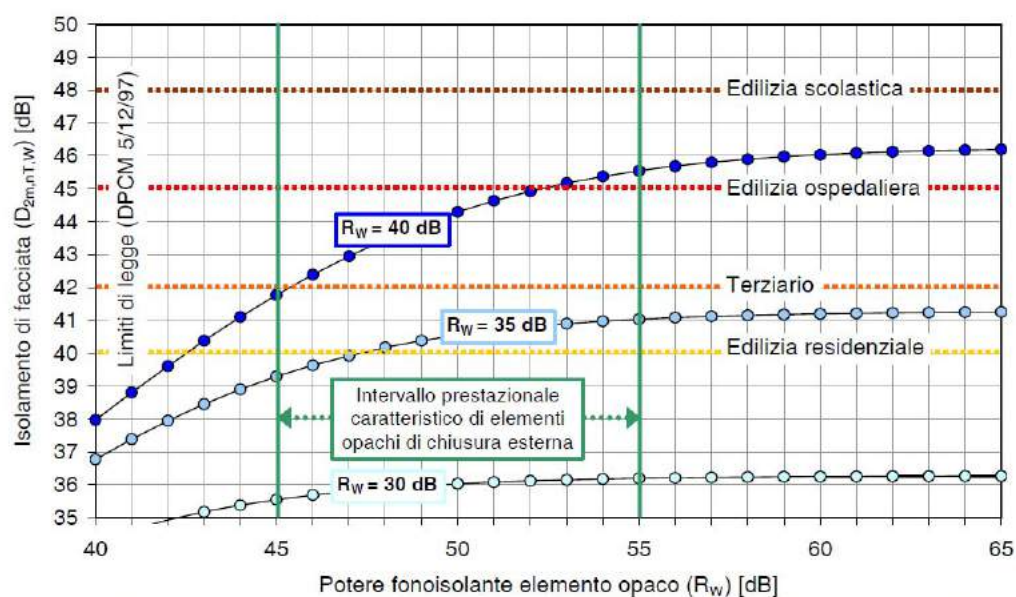
ΔL_a	1 facciata piana	2 ballatoio	3 ballatoio	4 ballatoio	5 ballatoio
dB					
Assorbimento del tetto (α_w) =	Non applicabile	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$
Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m	0	-1 -1 0	-1 -1 0	0 0 1	Non applicabile
(1,5 - 2,5) m	0	Non applicabile	-1 0 2	0 1 3	
>2,5 m	0	1 1 2	2 2 3	3 3 4	6
	0 balcone	7 balcone	8 balcone	9 terrazza	
Assorbimento del tetto (α_w) =	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$	$\leq 0,3$ $0,6$ $\geq 0,9$
Orizzonte visivo sulla facciata <1,5 m	-1 -1 0	0 1 1	1 1 2	1 1 1	3 3 3
(1,5 - 2,5) m	-1 1 3	0 2 4	1 1 2	3 4 5	5 6 7
>2,5 m	1 2 3	2 3 4	1 1 2	4 4 5	6 6 7

Metodi di previsione delle prestazioni acustiche di componenti edilizi

Verifica degli elementi edilizi



Limiti prestazionali di facciata

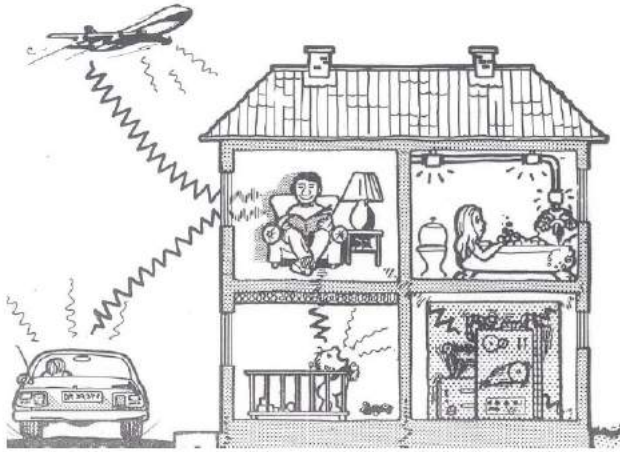


Isolamento di facciata calcolato per un ambiente di 4 m di larghezza, 3.5 m di profondità e 2.7 m di altezza al variare del potere fonoisolante di un serramento in legno a due ante di dimensioni 1,5x1,25 m

L'n,w

Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio

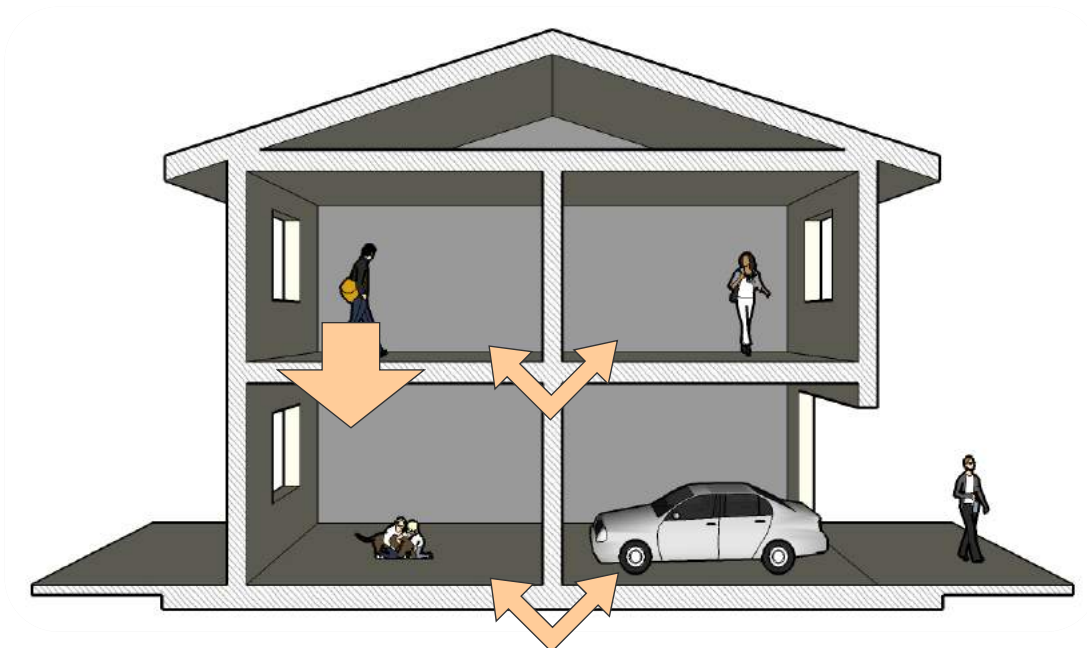
UNI EN ISO 12354-2



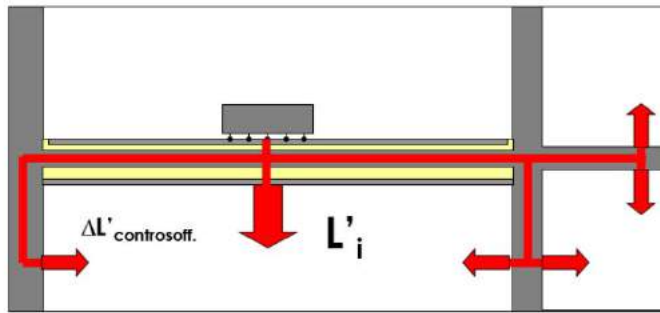
	Classificazione ambienti	L',nw
A	Residenze o assimilabili	63
B	Uffici ed assimilabili	55
C	Alberghi, pensioni e simili	63
D	Ospedali, cliniche, case di cura e simili	58
E	Scuole e simili	58
F	Attività ricreative e di culto e simili	55
g	Attività commerciali e simili	55

ISOLAMENTO DAI RUMORI DI CALPESTIO

L'nw



Significato del parametro



$$L'_n = L_i + 10 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (\text{dB})$$

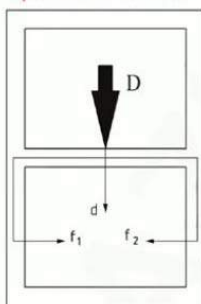
L_i = Livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato (dB)

A = Assorbimento equivalente nell'ambiente disturbato (m^2)

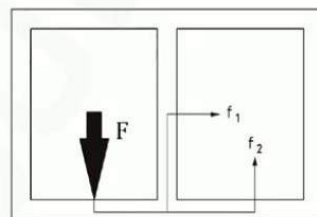
A_0 = Assorbimento equivalente di riferimento (= 10 m^2)

Livello di rumore da calpestio

percorso diretto



trasmissione laterale



Per quanto riguarda l'isolamento dai rumori di calpestio nel 2017 sono state apportate importanti modifiche alla **UNI 12354-2**:

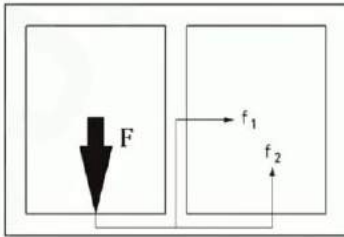
Oltre al percorso diretto viene valutata anche la trasmissione laterale mediante formule diverse.

Livello di rumore da calpestio $L'_{n,w}$

Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico. Per la **trasmissione laterale** viene calcolato conformemente alla UNI EN 12354-2 con la seguente formula:

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{i,w} - K_{ij} - \left(10 \lg \frac{S_i}{I_0 I_{ij}}\right) \text{ dB}$$

Dove:



- $L_{n,ij,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato per trasmissione laterale generato sul pavimento (i) e irradiato dall'elemento (j);
- $L_{n,eq,0,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente del solo pavimento;
- ΔL_w è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di un rivestimento di pavimentazione;
- $R_{i,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (i);
- $R_{j,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (j);
- K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso ij;
- $\Delta R_{j,w}$ è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento laterale (j)

Calcolo previsionale del parametro

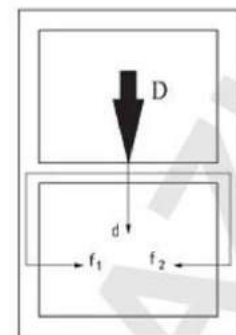
$$L'_{n,w} = \left[10 \lg \left(\underbrace{10^{L_{n,d,w}/10}}_{\text{Percorso diretto}} + \sum_{j=1}^n \underbrace{10^{L_{n,ij,w}/10}}_{\text{Trasmissioni laterali}} \right) \right] \text{ dB}$$

Percorso diretto

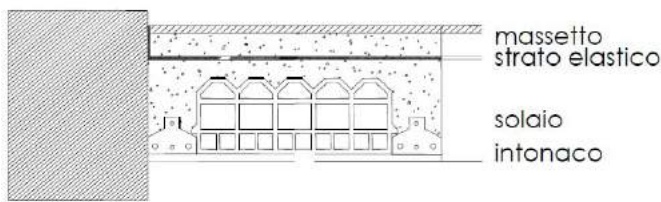
$$L_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - \Delta L_{d,w} \text{ dB}$$

Trasmissioni laterali

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{i,w} - K_{ij} - \left(10 \lg \frac{S_i}{I_0 I_{ij}}\right) \text{ dB}$$



Calcolo della riduzione del livello di rumore da calpestio



$$\Delta L = \left(30 \lg \frac{f}{f_0} \right) \text{ dB}$$

$$\Delta L = \left(40 \lg \frac{f}{f_0} \right) \text{ dB}$$

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad (\text{Hz})$$

s' = rigidità dinamica dello strato elastico del pavimento galleggiante (MN/m^3).

m' = massa superficiale del massetto del solaio (sopra lo strato elastico) (kg/m^2).

f = frequenza di analisi (Hz).

f_0 = frequenza di risonanza del sistema pavimento galleggiante - solaio (Hz).

$$\Delta L_w = [13 \lg(m')] - [14,2 \lg(s')] + 20,8 \text{ dB}$$

Rigidità dinamica

La **rigidità dinamica** di un materiale resiliente è il rapporto tra la forza dinamica e lo spostamento dinamico.

Nel caso dei pavimenti galleggianti è espressa con:

$$s' = \frac{(F/A)}{\Delta L} \quad (\text{MN}/\text{m}^3) \quad \text{UNI EN 29052-1}$$



Riduzione del livello di rumore da calpestio con pavimenti resilienti direttamente applicati al solaio

Materiale	spessore mm	ΔL_{nw} dB
Gomma industriale	4	11.8
	4	12.1
	5	10.6
	5	16.8
Piastrille viniliche	2	3.7
	2.5	8.3
	3.5	11.4
Tappeti vinilici	3	17.7
	3.5	15.7
	3.5	18.9
	4	17.4

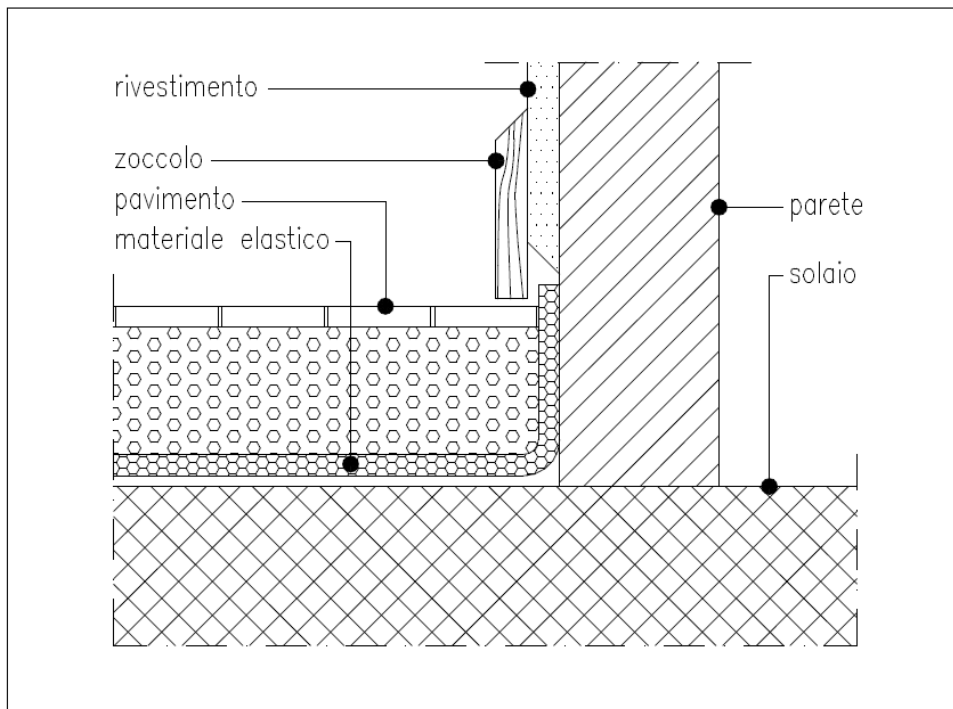
Materiale	spessore mm	ΔL_{nw} dB
Moquettes	4	19.3
	4	20.6
	4	21.5
	4	23.6
	5	20.9
	6	26.3
	7	29.4
	8	28.4
	8	30
	10	33.5
	12	35.6
	14	36.8

Riduzione del livello di rumore da calpestio con pavimenti galleggianti (massetto ripartitore in cls spesso 5 cm)

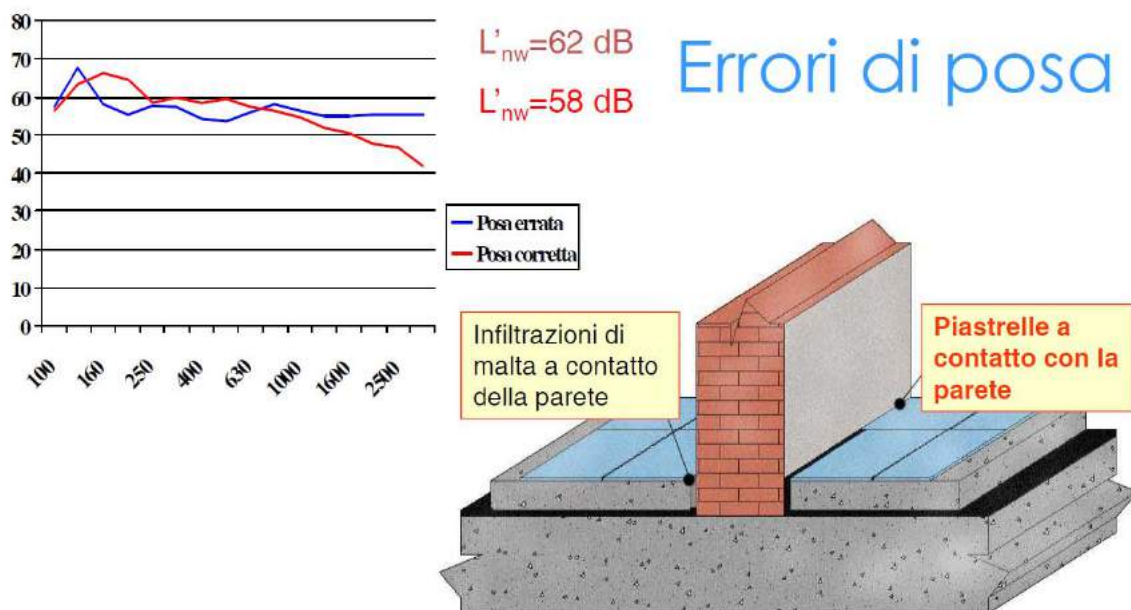
Materiale	spessore mm	ΔL_{nw} dB
Gomma granulare	6	20.3
	7	19.3
	10	20.1
	10	21.8
	10	24.5
Poliuretano espanso	2	15.1
	3	16.8
	3	20.2
	4	21
	6	17.6
Sughero granulare	6	19.8
Sughero in lastre	3	13.3

Materiale	spessore mm	ΔL_{nw} dB
Fibre di vetro o roccia	3	20.5
	3	21.2
	3	22.3
	3	22.5
	15	16
	15	29.6
	20	47.4

Indice di valutazione del livello normalizzato di rumore da calpestio - Pavimenti galleggianti

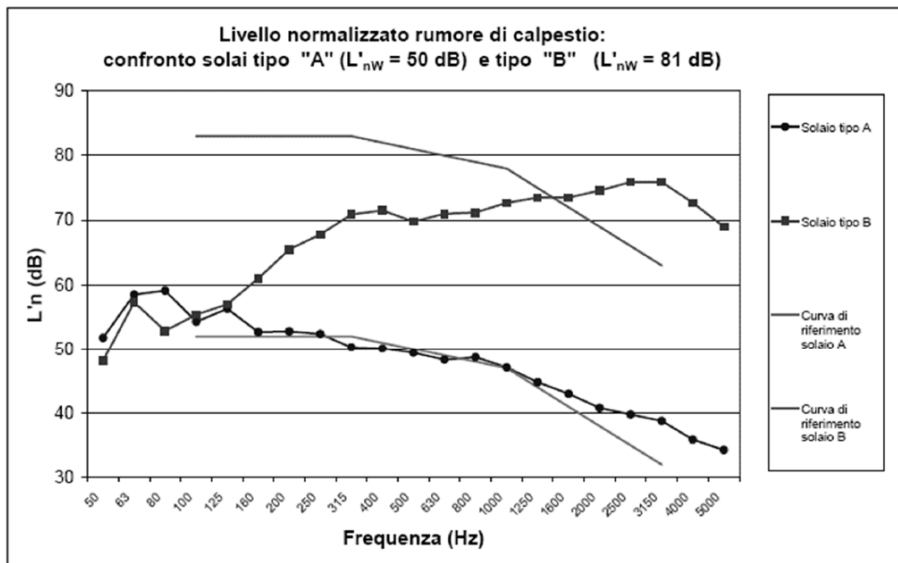


Indice di valutazione del livello normalizzato di rumore da calpestio - Pavimenti galleggianti



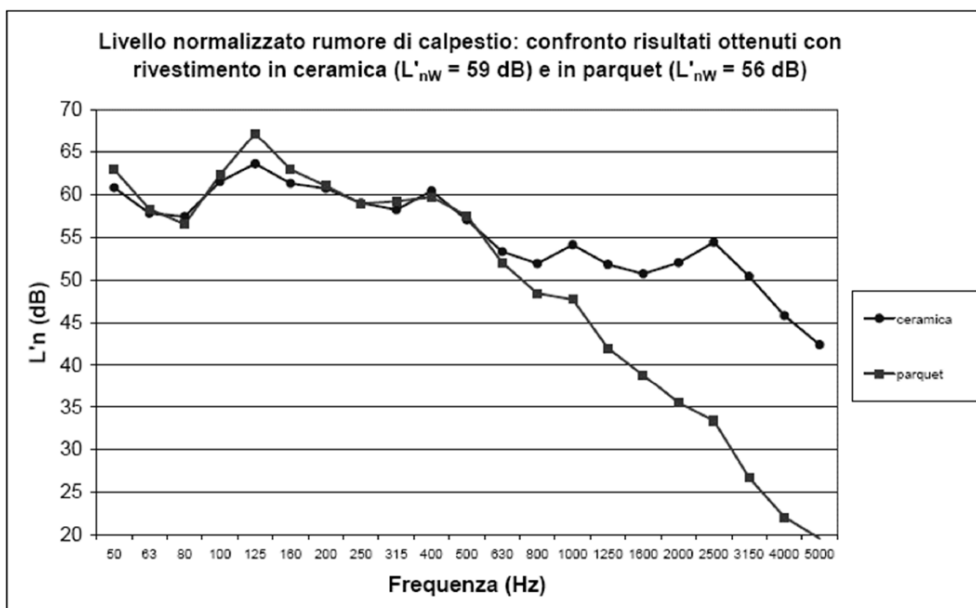
Confronto

Confronto risultati ottenuti con due solai uguali, uno con pavimento galleggiante e uno senza



Confronto

Confronto risultati ottenuti con lo stesso solaio ma con diverse finiture: parquet e ceramica

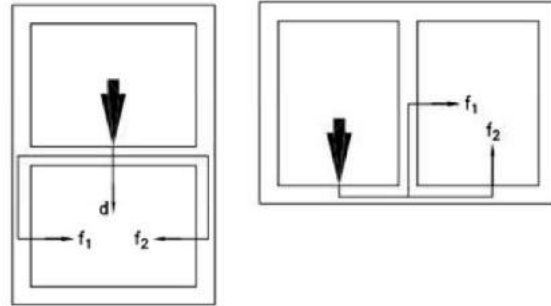


Metodi di previsione delle prestazioni acustiche di componenti edilizi: livello di calpestio

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico, $L'_{n,w}$, viene ottenuto mediante la relazione

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K \quad [\text{dB}]$$

dove K è la correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le costruzioni laterali omogenee



Criticità:

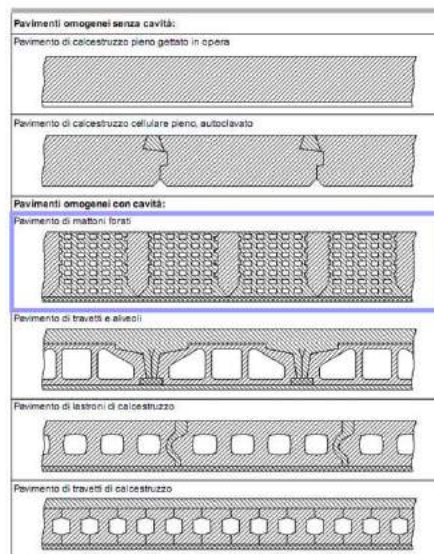
- 1) *Dati in ingresso*
- 2) *Limiti di applicabilità*

Metodi di previsione delle prestazioni acustiche di componenti edilizi: livello di calpestio

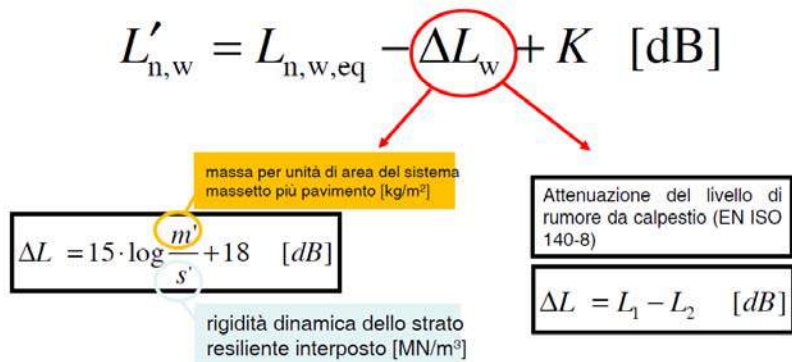
Per i "pavimenti" omogenei, l'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato, $L_{n,w,eq}$, può essere determinato a partire dalla massa per unità di area, m' , (per la gamma da 100 kg/m² a 600 kg/m², *ÖNORM B 8115 Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 1992*):

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \lg \frac{m'}{[1 \text{ kg/m}^2]} \quad [\text{dB}]$$

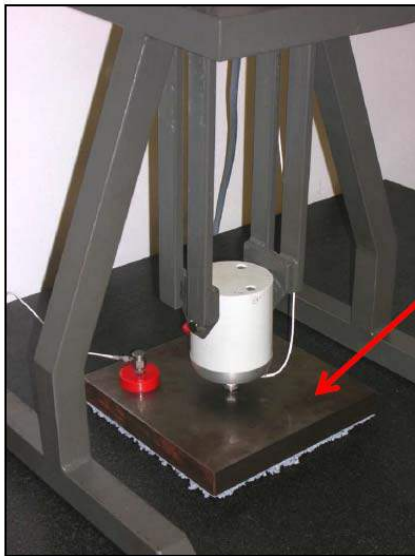
Questa equazione è valida per i "pavimenti" omogenei in calcestruzzo; per il calcestruzzo leggero o poroso, i valori reali sono leggermente più bassi, e quindi in questi casi l'equazione lascia un margine di sicurezza ...



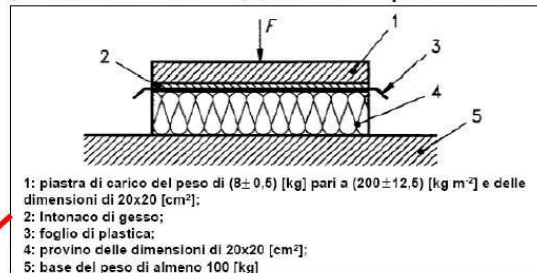
Metodi di previsione delle prestazioni acustiche di componenti edilizi: livello di calpestio



Rigidità dinamica



Rigidità dinamica apparente s'_t UNI EN 29052-1



$$s'_t = 4 \cdot \pi^2 \cdot m'_t \cdot (f_r)^2$$

Massa per unità di superficie [kg/m²]

Frequenza di risonanza [Hz]

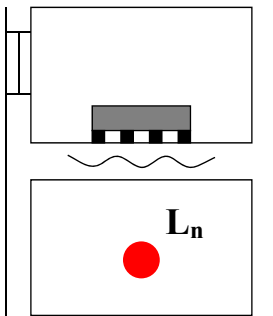
Livello di rumore da calpestio

Esprime la risposta acustica del solaio a seguito della sollecitazione dello stesso per mezzo di una **macchina da calpestio**.

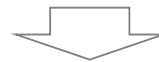
Il livello di potenza sonora irradiata diminuisce di **6 dB** al raddoppio della densità (Kg/m³);
di **9 dB** al raddoppio dello spessore (m)



Pavimento galleggiante



$$L'_n = 10 \log \left(10^{\frac{L_{n,d}}{10}} + \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_{n,ij}}{10}} \right) \text{ (dB)}$$



$$\Delta L = 30 \log \left(\frac{f}{f_0} \right) + 3 \text{ (dB)} \quad f_0 = 160 \sqrt{\left(\frac{s'}{m'_1} \right)} \text{ (dB)}$$

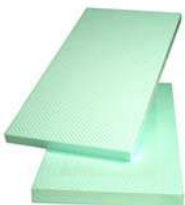
$$f_0 \leq f \leq 4f_0$$

s' : rigidità dinamica elemento resiliente (MN/m³)
 m'_1 : massa superficiale dello strato di rivestimento

Esempio

Attenuazione del livello di rumore da calpestio (ΔL_n) per massetto di massa pari a 100 Kg/m² al variare della rigidità dinamica (s').

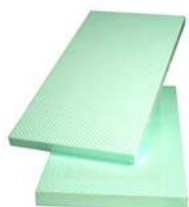
S' = 10	$\Delta L_{nw} = 32,9 \text{ dB}$
S' = 20	$\Delta L_{nw} = 28,3 \text{ dB}$
S' = 30	$\Delta L_{nw} = 25,7 \text{ dB}$
S' = 50	$\Delta L_{nw} = 22,4 \text{ dB}$
S' = 70	$\Delta L_{nw} = 20,2 \text{ dB}$
S' = 100	$\Delta L_{nw} = 17,8 \text{ dB}$
S' = 120	$\Delta L_{nw} = 16,7 \text{ dB}$



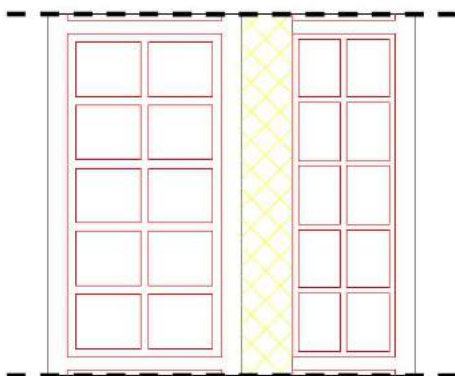
Occorre ricordare che:

Nella scelta di un isolante anticalpestio, occorre prestare attenzione ad alcuni parametri:

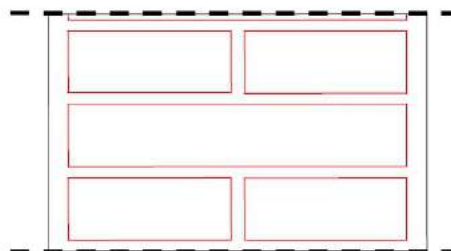
- rigidità dinamica** (minore possibile)
- resistenza a compressione** (maggiore possibile per sopportare i carichi distribuiti e concentrati a cui è sottoposto il massetto sovrastante)
- comprimibilità** (attitudine di un materiale di perdere rigidità dinamica quando è sottoposto a carico)
- deflessione statica** (riduzione di spessore e rigidità dinamica nel tempo, quando questo è costantemente caricato meccanicamente come avviene in un solaio)
- impermeabilità all'acqua** (al fine di evitare infiltrazioni della componente liquida del cemento durante il getto del massetto sovrastante)



Soluzioni conformi (Regolamento Edilizio Tipo dell'Emilia Romagna)

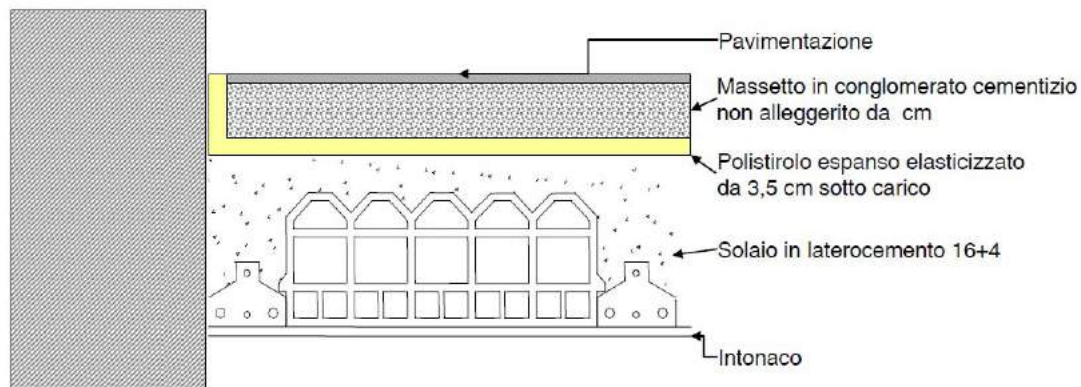


Parete a intercapedine composta da forati da 8 (8x25x25 cm, f=60%), a fori orizzontali, intonacata all'esterno (1,5 cm); intercapedine (lana di vetro 4 cm, 100 kg/m³); forati da 12 (12x25x25 cm, f=60%) a fori orizzontali intonacati su ambo i lati (1,5 cm).



Parete a due teste di mattoni semipieni di 25 cm di spessore (f=32%), intonacata con 1,5 cm di malta M3 su ambo i lati.

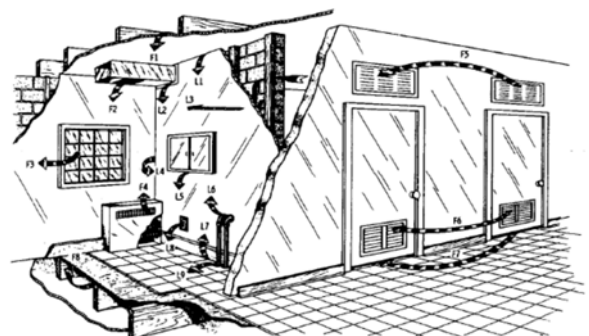
Soluzioni conformi (Regolamento Edilizio Tipo dell'Emilia Romagna)



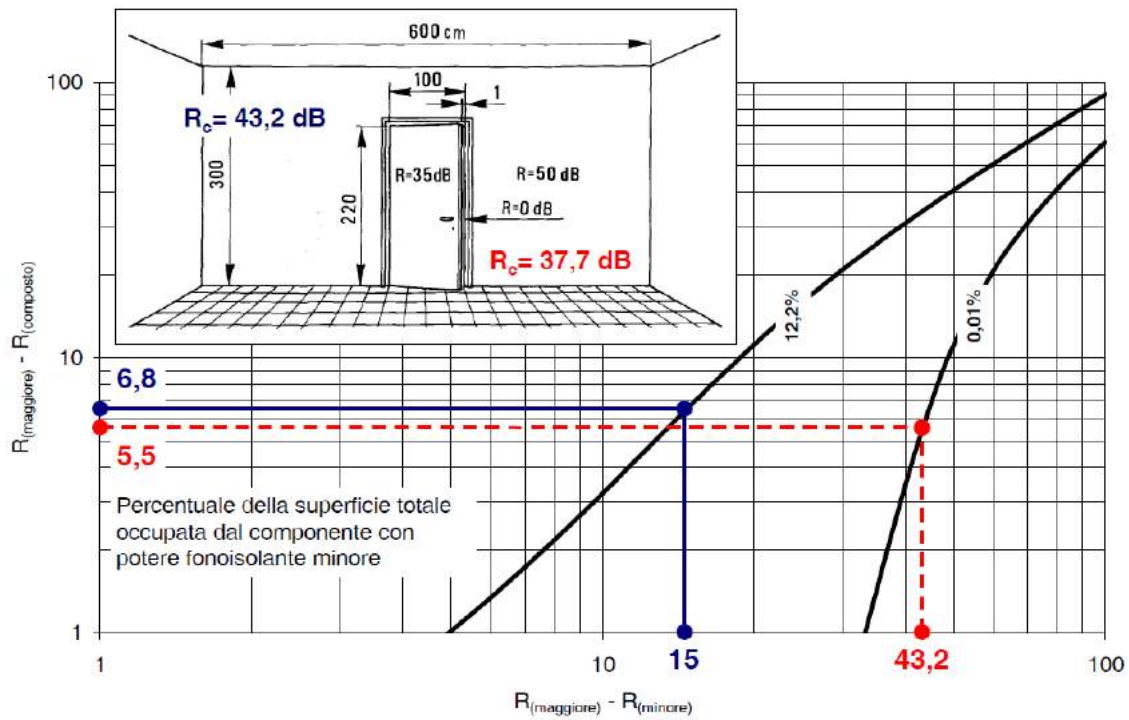
- Massetto da 6 cm (100 kg/m^2);
- Strato elastico costituito da Polistirolo Espanso Elasticizzato spesso 35 mm sotto carico (verificare comunque che valore della rigidità dinamica superficiale dichiarata sia inferiore a 10 MN/m^3);
- Solaio in laterocemento con pignatte da 16 cm, soletta da 4 cm ed intonaco all'intradosso da 1 cm.

La trasmissione laterale del rumore all'interno degli edifici ed i "ponti acustici"

- Le possibili vie di trasmissione laterale dell'energia sonora deve essere valutate in sede di progetto, per evitare "ponti acustici" difficilmente correggibili in fase di realizzazione.
- Alcune vie di trasmissione laterale devono essere accuratamente evitate, in quanto di difficile correzione, in particolare:
 - controsoffitti comunicanti;
 - sigillatura perimetrale di partizioni e controsoffitti;
 - griglie di ripresa;
 - terminali comunicanti fra più ambienti;
 - attraversamento di canali d'aria.



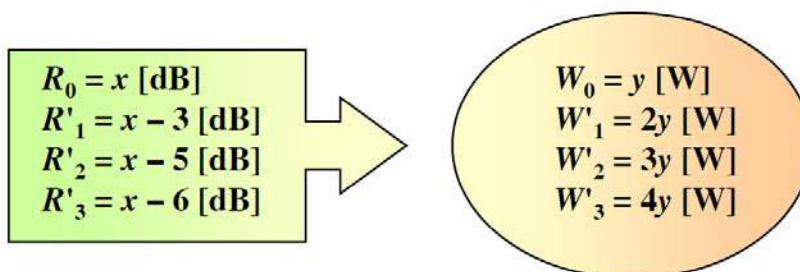
Valutazione dei ponti acustici



Relazione tra il potere fonoisolante e la potenza sonora trasmessa

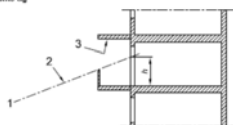
Potere fonoisolante

Potenza sonora trasmessa



Influenza forma della facciata

- 1 Sorgente
- 2 Linea di veduta
- 3 Assorbimento α_w



	Facciata piana	Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾			Ballatoio ¹⁾		
α_w	Non si applica	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$
$h < 1,5$ m	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	Non si applica		
$1,5 \leq h \leq 2,5$ m	0	Non si applica			-1	0	2	0	1	3	Non si applica		
$h > 2,5$ m	0	Non si applica			1	1	2	2	2	3	3	4	6

	Balcone ²⁾			Balcone ²⁾			Balcone ²⁾			Terrazza					
α_w	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	$\leq 0,3$	0,6	$\geq 0,9$	Schemature aperte			Schemature chiuse		
$h < 1,5$ m	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3
$1,5 \leq h \leq 2,5$ m	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	7
$h > 2,5$ m	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	7

1) Ballatoio, terrazza continua.
2) Balcone, terrazza discontinua limitata lateralmente.

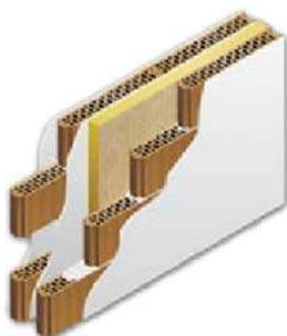
Modalità operativa



Materiale antivibrante

Elementi antivibranti

Inserire alla base della parete in laterizio una striscia di materiale antivibrante, riduce la trasmissione laterale del rumore con un miglioramento dell'indice di valutazione R_w di ben **3-4 dB**

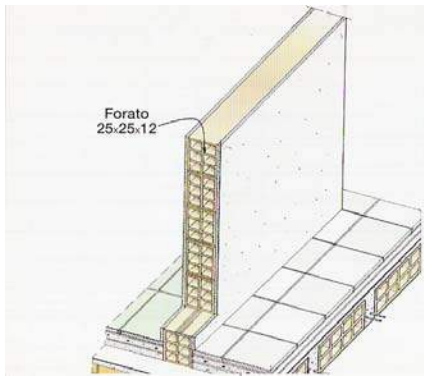


Pareti divisorie

Divisorio composto da doppia tramezza in laterizio alleggerito dello spessore di 8 cm con intonaco su ambo i lati di 1,5 cm e 5 cm di lana di roccia a riempimento dell'intercapedine.

Meglio se le due tramezze hanno spessori differenti o massa diversa.

Il valore dell'indice del potere fonoisolante R_w è pari a **57 dB**.



CARATTERISTICHE DELLA PARETE

- Spessore totale 15 cm
- Peso 153 kg/m²

POTERE FONOISOLANTE
Rw = 44,9 dB

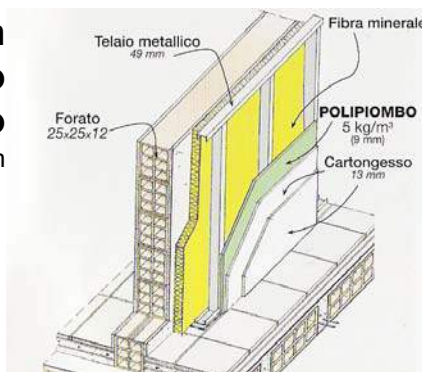
CERTIFICAZIONE

Certificazione
 "IEN G. Ferraris"
 n. 35561/04



Parete semplice
 spessore 15 cm

Controparete in cartongesso su telaio metallico
 spessore 23 cm



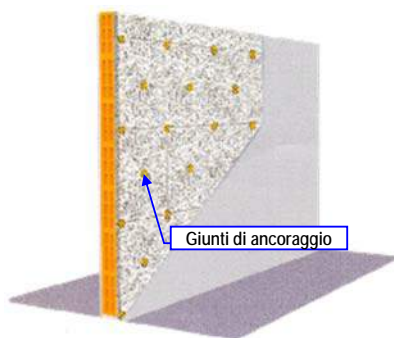
CARATTERISTICHE DELLA PARETE

- Spessore totale 26 cm
- Peso 180 kg/m²

POTERE FONOISOLANTE
Rw = 61,1 dB

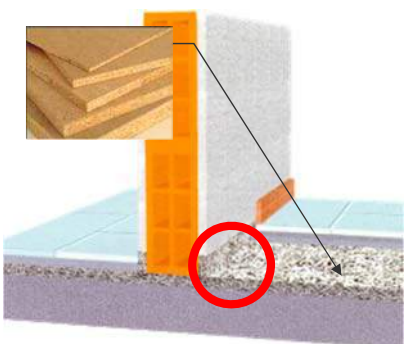
CERTIFICAZIONE

Certificazione
 "IEN G. Ferraris"
 n. 35561/05



Rivestimenti

Nel rivestire una parete con pannelli fonoisolanti è consigliabile utilizzare dei giunti di ancoraggio i quali, a differenza del tradizionale incollaggio, consentono un maggior grado di libertà al pannello e, quindi, una maggiore capacità di dissipare l'energia sonora.

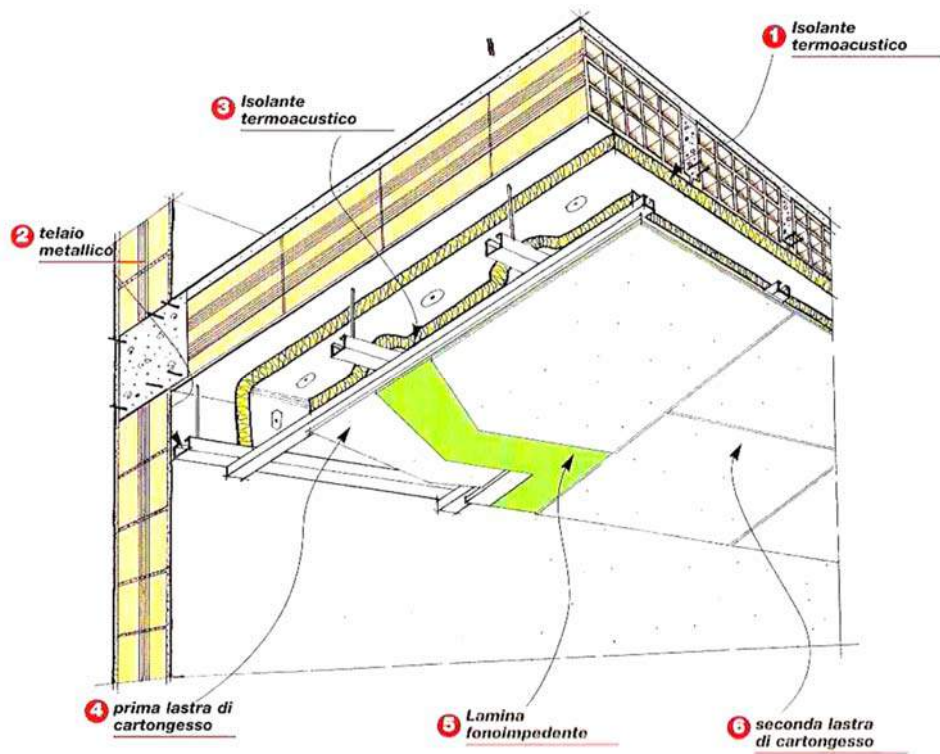
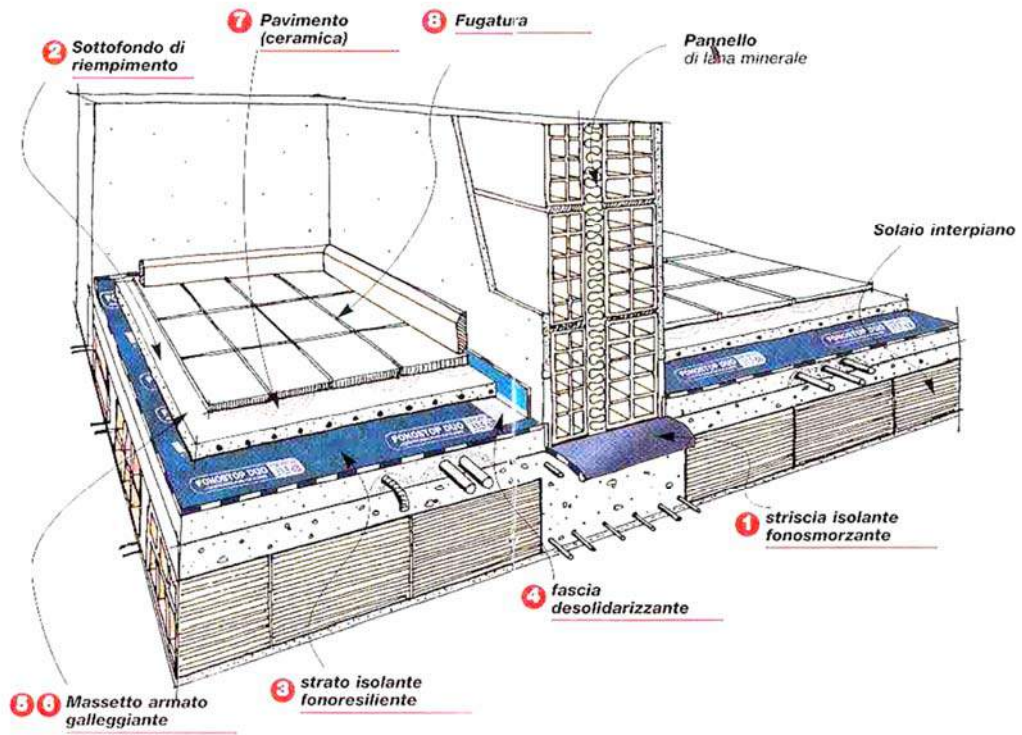


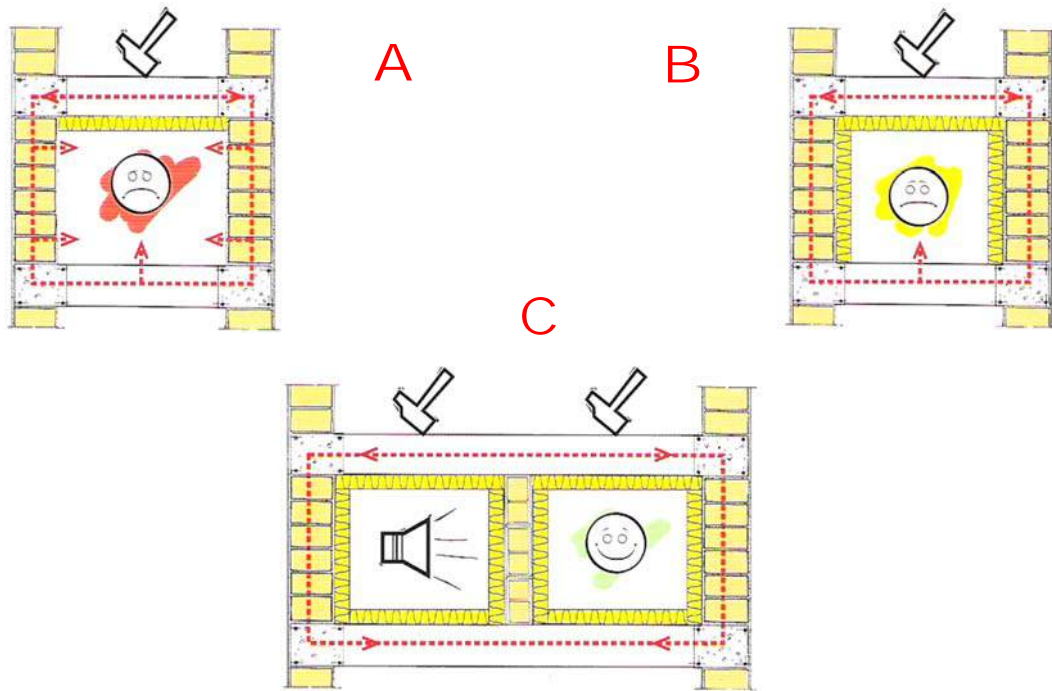
Pavimenti galleggianti

Per contenere il livello di rumore da calpestio è necessario stendere uno strato di materiale resiliente sul solaio nudo, al fine di creare una barriera di separazione fra la soletta e la caldana

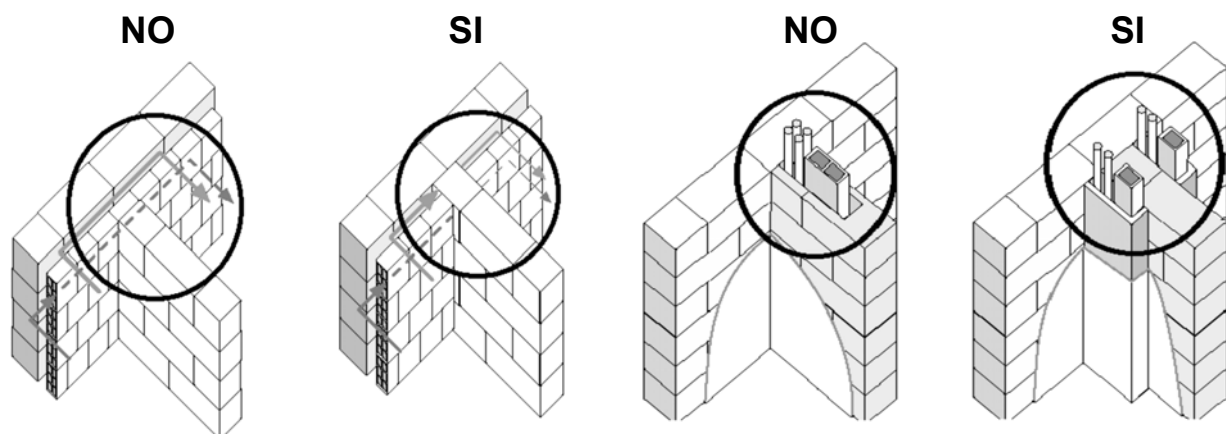
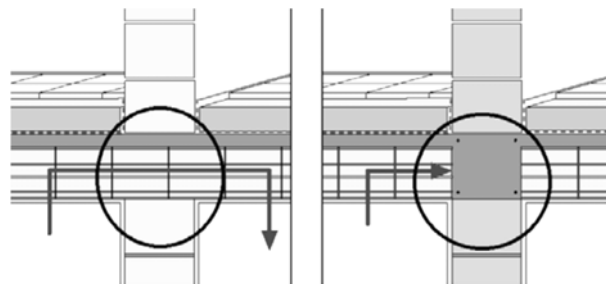
ATTENZIONE! Resistenza alla compressione
 idoneità del prodotto a "non schiacciarsi troppo" (ISO 1606)

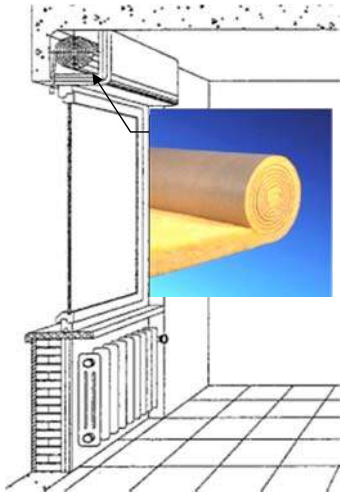
Isolamento acustico realizzato mediante pavimento galleggiante





Trasmissioni laterali del rumore





Classe A3 perdita di $R_w = 0-1$ dB
 Classe A2 perdita di $R_w = 2-4$ dB
 Classe A1 perdita di $R_w = 5-8$ dB



Cassonetti degli avvolgibili

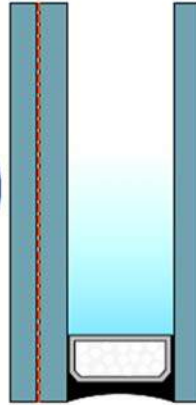
Rivestire la parte interna del cassonetto con materiale fonoisolante o, in alternativa, utilizzare una doppia pennellatura.

Serramenti

È necessario ottenere un'elevata tenuta all'aria



elevata
 pressione
 acustica
 (rumore)

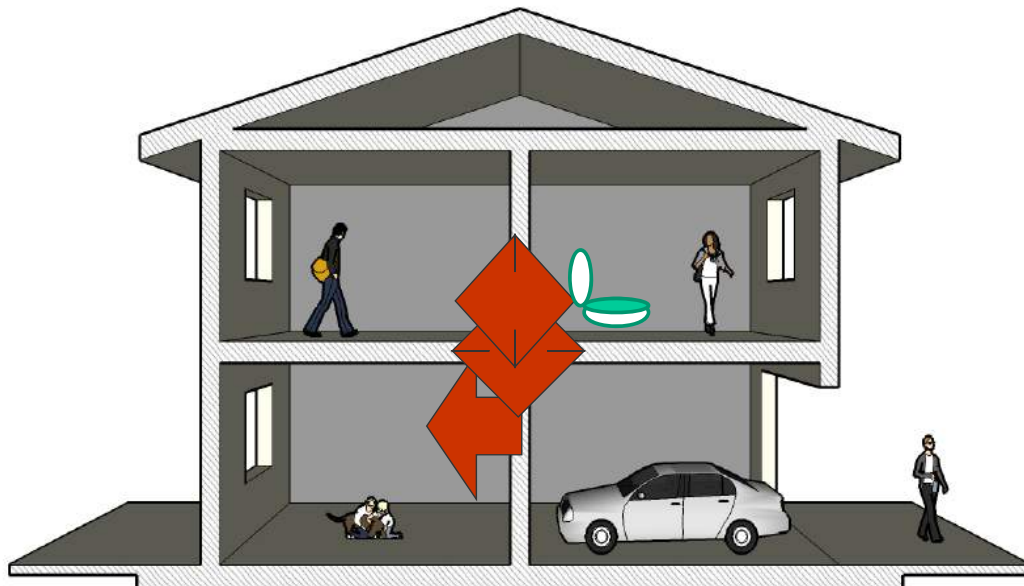


l'effetto può essere attenuato mediante:

- > vetri ad'elevata elasticità
- > massa del vetro
- > cuscinetto d'aria

ISOLAMENTO DAI RUMORI DA IMPIANTI

$L_{ASmax} - L_{Aeq}$



Isolamento dai rumori di impianti a funzionamento continuo e discontinuo

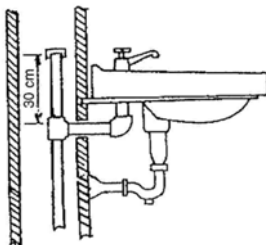


Servizi a funzionamento discontinuo

Tubazioni

CAUSA DEL RUMORE

- vibrazioni trasmesse alle pareti dai condotti
- turbolenze del fluido
- rumore di cavitazione
- colpi d'ariete



INTERVENTI

- isolamento del tubo con materiale smorzante;
- riduttore di pressione per contenere il *rumore di cavitazione* o dotate il rubinetto di elemento rompi-getto;
- installazione di una valvola per estinguere lentamente l'acqua o spezzone di tubo (camera d'aria).



Servizi a funzionamento discontinuo

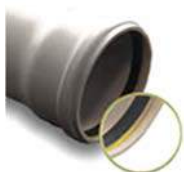
Scarichi

CAUSA DEL RUMORE

- turbolenze dell'aria attraverso l'apertura - livelli elevati (anche 70 dB)
- vaschetta di caricamento acqua

INTERVENTI

- evitare connessioni rigide
- aumentare \varnothing del collettore
- evitare pendenze elevate del tubo tra sifone e colonna di scarico
- inserire materiale resiliente fra la vaschetta e la parete



Sistema BluPhon di Faraplan

Ascensori

CAUSA DEL RUMORE

- meccanismi di guida
- aperture/chiusura porte
- apparecchi di sollevamento
- teleruttori

INTERVENTI

- preferire impianti idraulici
- pareti spesse vano ascensore
- supporti antivibranti per motori di sollevamento
- giunti elastici pannello relais
- evitare di esporre locali in cui è richiesta quiete (stanze da letto, studi, ecc.)

Servizi a funzionamento continuo

Impianti di climatizzazione

CAUSA DEL RUMORE

- rumore aereo gruppi compressori e ventola di raffreddamento
- vibrazioni

INTERVENTI

- scelta del luogo idoneo
- valutazione del abbattimento acustico dell'elemento strutturale di separazione
- supporti antivibranti
- giunti elastici delle staffe di collegamento alle pareti



Unità split

Livello di rumorosità unità interna 46 dB(A)
Livello di rumorosità unità esterna 52 dB(A)



Climatizzatore unità esterna

Rumorosità max unità interna 40 dB (A)
Rumorosità max unità esterna 56 dB (A)

Servizi a funzionamento continuo

Impianti di riscaldamento

CAUSA DEL RUMORE

- bruciatore (ventilatore per l'aria)
- fiamma
- canna fumaria

INTERVENTI

- sostituire la vecchia caldaia con una a fiamma modulata
- collocare la caldaia all'esterno
- pareti di separazione pesanti
- montare la caldaia su supporti antivibranti
- canne fumarie coibentate
- collegamento elastico con la caldaia e con le pareti

Pompe di circolazione

CAUSA DEL RUMORE

- tubazioni
- elementi radianti

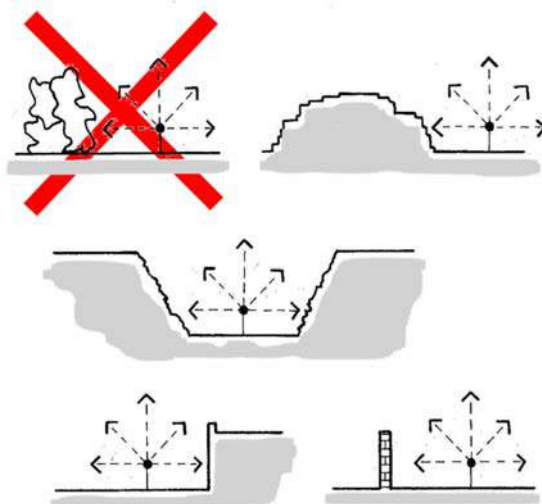
INTERVENTI

- collegamento con giunti elastici
- ancoraggi flessibili
- ridurre la velocità di circolazione dell'acqua
- elemento elastico di collegamento dell'elemento radiante alla parete

Interventi passivi di contenimento del rumore

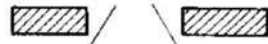
Schermi protettivi

L'elemento comune è costituito dalla necessità di interrompere o deviare il fascio di onde sonore che collega, in linea retta, la sorgente al ricettore (edificio), costringendo il rumore a compiere un percorso più lungo, perdendo così di intensità.

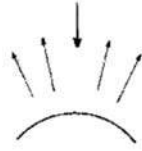




NO



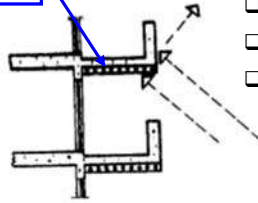
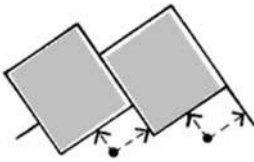
SI



Distribuzione planimetrica

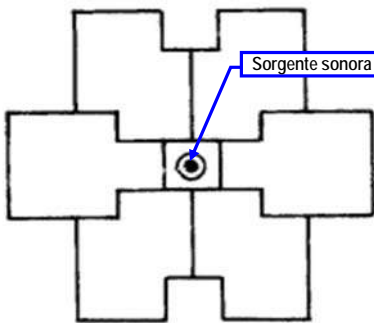
- edifici ben distanziati assicurano un livello di pressione acustica omogeneamente distribuito
- per edifici con facciate curvilinee, il lato rivolto verso la sorgente di rumore dovrà avere una forma convessa allo scopo di favorire la dispersione delle onde sonore

Rivestimento in materiale fonoassorbente



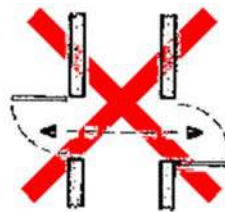
- sfalsamento del corpo di fabbrica (case a schiera)
- rivestimento della parte superiore della loggia
- parapetti monolitici

Distribuzione interna dei locali

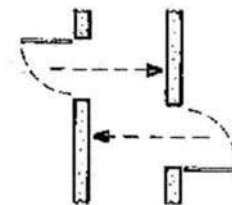


Sorgente sonora (ascensore)

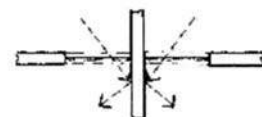
- ridurre le superfici di contatto con le diverse unità abitative
- disposizione non speculare delle aperture
- deviare il rumore in uscita dagli ambienti abitativi attraverso apposita parete divisoria



NO



SI



UNI EN ISO 12354:2017

- A luglio 2017 sono state pubblicate le nuove versioni delle norme ISO 12354, Parti 1, 2 e 3, per i calcoli previsionali di acustica edilizia.
- La Parte 1 descrive i modelli per la valutazione dell'isolamento ai rumori aerei tra ambienti. La Parte 2 la determinazione del livello di rumore da calpestio. La parte 3 il calcolo dell'isolamento acustico delle facciate rispetto ai rumori esterni (Tab. 1).
- I documenti sostituiscono le precedenti EN 12354 del 2002, modificandone in parte i modelli matematici.

UNI EN ISO 12354:2017
Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti
Parte 1: Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
Parte 2: Isolamento acustico al calpestio tra ambienti
Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea

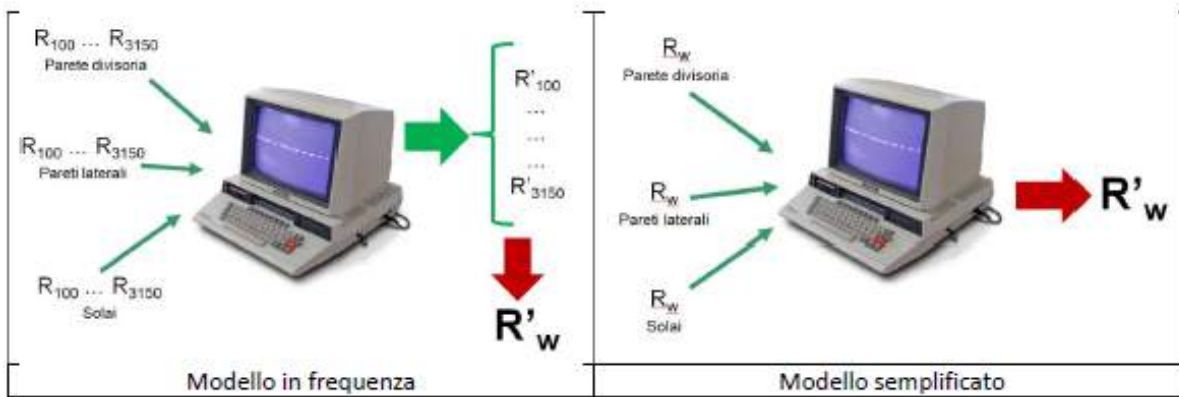
Tabella 1: Norme UNI EN ISO 12354:2017

Parte 1: Isolamento tra ambienti interni (R'w)

La UNI EN ISO 12354-1 descrive le relazioni matematiche per determinare l'indice di potere fonoisolante apparente ($R'w$) di partizioni che separano ambienti differenti.

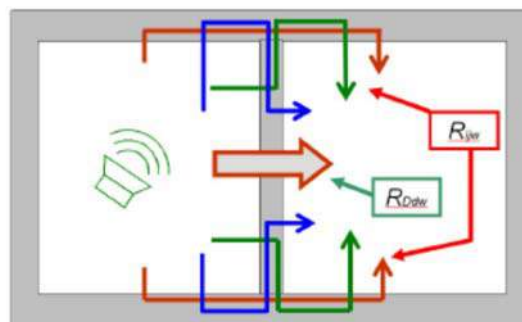
Come per la versione precedente, anche la norma del 2017 definisce un modello di calcolo "in frequenza" e un modello semplificato per "indice di valutazione". Il primo permette di ricavare i valori "in frequenza" del potere fonoisolante apparente dalla partizione (R'), inserendo nel motore di calcolo i dati "in frequenza" (R) degli elementi che compongono gli ambienti. Il secondo invece determina direttamente l'indice di potere fonoisolante apparente ($R'w$) partendo dagli indici di potere fonoisolante (Rw) delle partizioni. (Fig. 2) Di seguito approfondiremo in particolare il modello semplificato.

Confronto tra modelli



Percorsi tra ambiente ricevente ed emittente

La procedura di calcolo, in estrema sintesi, spiega come determinare i percorsi di rumore da ambiente emittente ad ambiente ricevente e come combinarli tra loro. I percorsi attraverso le strutture edili in genere sono 13, un percorso diretto ($R_{Dd,w}$) e 12 percorsi laterali ($R_{ij,w}$).



Relazione per il calcolo di R'w

$$R'_w = - \left(10 \log \left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{j=1}^m 10^{-D_{n,j,w}/10} \right) \right)$$

$R_{ij,w}$: indice di potere fonoisolante del percorso ij [dB]

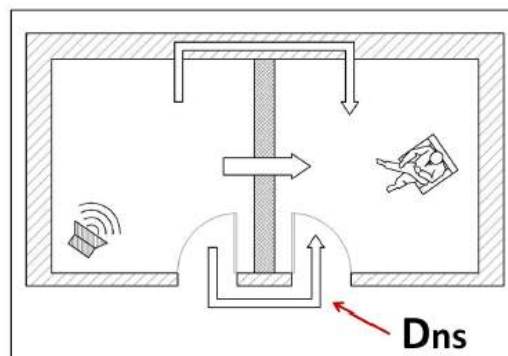
A_0 : Area di assorbimento acustico di riferimento = 10 m²

S_s : Superficie della partizione divisoria [m²]

$D_{n,j,w}$: indice di isolamento acustico normalizzato attraverso un piccolo elemento ($D_{n,e}$) o un percorso di trasmissione di rumore aereo ($D_{n,z}$)

Passaggio di rumore aereo attraverso percorso esterno (D_{ns})

Rispetto alla EN 12354-1:2002, la relazione riporta al termine un nuovo fattore per considerare nel calcolo eventuali prese d'aria nella parete, canali o altri passaggi per la trasmissione dei rumori aerei, come ad esempio corridoi esterni.



Pareti di Tipo A e pareti di Tipo B

Una ulteriore novità, introdotta dalle ISO 12354:2017, è la suddivisione degli elementi costruttivi in due categorie: elementi di "Tipo A" ed elementi di "Tipo B".

Gli elementi di "Tipo A" sono partizioni con un tempo di riverberazione strutturale che è principalmente determinato dagli elementi a loro connessi (fino ad almeno la banda di terzo di ottava da 1000 Hz), e con un decremento nel livello di vibrazione, attraverso l'elemento nella direzione perpendicolare alla linea del giunto, minore di 6 dB (fino ad almeno la banda di terzo di ottava da 1000 Hz). Tra questi elementi vi sono: partizioni in cemento armato gettato in opera, pareti in legno pieno (ad es. CLT, Cross Laminated Timber), elementi in vetro, plastica, metallo, mattoni intonacati.

Pareti di Tipo A e pareti di Tipo B

Gli elementi di "Tipo B" invece sono tutto ciò che non è di "Tipo A". La norma indica che possono essere considerati in questa categoria le pareti a secco, costituite ad esempio da lastre in cartongesso o gessofibra su struttura metallica o in legno.

Nelle definizioni viene anche specificato che un elemento può essere considerato di Tipo A solo per una certa parte del range di frequenze e di Tipo B per la parte restante. Ad esempio alcune pareti in muratura sono di Tipo A nelle frequenze basse e medie e di Tipo B nelle frequenze più elevate.

Le ISO 12354:2017 differenziano i modelli di calcolo in base al tipo di elementi considerati. Per gli edifici costruiti con elementi di "Tipo A" si mantengono in sostanziale relazioni matematiche proposte nelle EN 12354:2002. Per il "Tipo B" invece le trasmissioni laterali ($R_{ij,w}$) vengono calcolate a partire dal corrispondente indice di isolamento acustico normalizzato $D_{n,f,ij,w}$ (vedasi formula seguente).

calcolo dei percorsi laterali per edifici leggeri

$$R_{ij,w} = D_{n,f,ij,w} + \left(10 \log \frac{l_{lab} S_s}{l_{ij} A_0} \right)$$

$D_{n,f,ij,w}$: indice di isolamento acustico normalizzato per il percorso ij
 l_{lab} : lunghezza del giunto di laboratorio. Per i soffitti generalmente è 4,5 m, per gli elementi verticali 2,5 m
 l_{ij} : lunghezza del giunto [m]
 A_0 : Area di assorbimento acustico di riferimento = 10 m²
 S_s : Superficie della partizione divisoria [m²]

L'indice $D_{n,f,ij,w}$ può essere misurato in laboratorio, seguendo le indicazioni delle norme serie ISO 10848, o ricavato con specifiche relazioni matematiche riportate nell'Appendice G della norma. Per determinare tale parametro occorre calcolare il coefficiente $D_{v,i,j,n}$, differenza di livelli di velocità, mediata sulle due direzioni, normalizzata sulla lunghezza del giunto e l'area di misura (vedasi formula seguente).

Coefficiente $D_{v,i,j,n}$

$$\overline{D_{v,i,j,n}} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + \left(10 \log \frac{l_{ij} l_0}{\sqrt{S_{m,i} S_{m,j}}} \right)$$

$D_{v,ij}$ differenza di livelli di velocità tra elemento "i" e elemento "j" quando viene eccitato l'elemento "i" [dB]
 $D_{v,ji}$ differenza di livelli di velocità tra elemento "j" e elemento "i" quando viene eccitato l'elemento "j" [dB]
 l_{ij} : lunghezza del giunto [m]
 l_0 : lunghezza di riferimento pari a 1 m
 $S_{m,i}$: area dell'elemento "i" sulla quale viene mediata la velocità [m²]
 $S_{m,j}$: area dell'elemento "j" sulla quale viene mediata la velocità [m²]

L'Appendice F della ISO 12354-1 indica che il coefficiente $D_{v,i,j,n}$ può essere misurato in laboratorio con le ISO 10848. Inoltre al paragrafo F.4 propone alcune relazioni empiriche per il calcolo.

Calcolo dell'incremento di potere fonoisolante

Come nella EN 12354-1:2002, anche la norma del 2017 riporta nell'Appendice D una procedura per calcolare l'incremento di potere fonoisolante (ΔR_w) di elementi di rivestimento quali contropareti a secco o massetti galleggianti. Il modello di calcolo è stato in parte modificato e sono state aggiunte, al paragrafo D.2.3, nuove formule per valutare la prestazione di rivestimenti esterni quali ETICS (cappotti) o pareti ventilate.

L'approccio per i rivestimenti interni è del tutto simile alla norma del 2002. Occorre calcolare prima la frequenza di risonanza del sistema (f_0) e poi ricavare, da una tabella, il valore di ΔR_w .

Purtroppo le norme del 2017 hanno un evidente errore di scrittura. Per calcolare la frequenza di risonanza nelle formule D.1 e D.2 il termine 160 è stato sostituito per errore con $1/2\pi$ (Tab. 2). Questo comporta un errore di calcolo con un coefficiente pari a 1000, ma si spera che a breve venga pubblicata un'errata corrige per evitare disguidi.

Calcolo f_0 , confronto tra EN 12354-1:2002 e ISO 12354-1:2017

	EN 12354-1:2002	ISO 12354-1:2017
Calcolo f_0 massetti galleggianti	$f_0 = 160 \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{s' \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$
Calcolo f_0 contropareti a secco	$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0.111}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{0.111}{d} \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)}$
s' : rigidità dinamica del materiale resiliente [MN/m ³] d : distanza dell'intercapedine della controparete [m] m'_1 : massa superficiale della struttura di base [kg/m ²] m'_2 : massa superficiale dell'elemento di rivestimento [kg/m ²]		

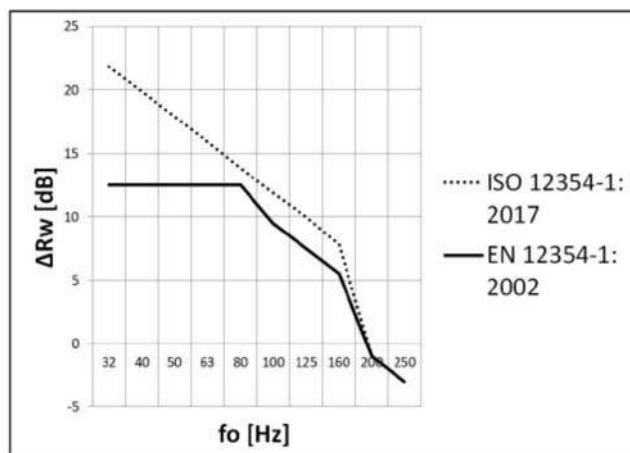
Tabella per la determinazione di ΔR_w

La tabella per ricavare ΔR_w è stata modificata per frequenze di risonanza inferiori a 200 Hz. Ora l'incremento di potere fonoisolante aumenta costantemente al diminuire della frequenza di risonanza e, ponendo a confronto le relazioni del 2002 con quelle del 2017, si osserva che, a parità di dati di ingresso, queste ultime forniscono risultati più elevati al di sotto dei 200 Hz (vedasi figura successiva).

Frequenza di risonanza del rivestimento f_0 [Hz]	ΔR_w [dB]
$30 \leq f_0 \leq 160$	$74,4 - 20 \lg(f_0) - R_w/2$
200	- 1
250	- 3
315	- 5
400	- 7
500	- 9
630 to 1 600	- 10
$1\ 600 \leq f_0 \leq 5\ 000$	- 5

Confronto tra ΔR_w

EN 12354-1:2002 e ISO 12354-1:2017



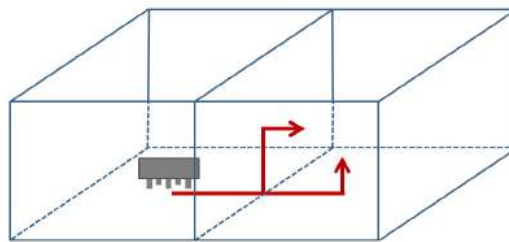
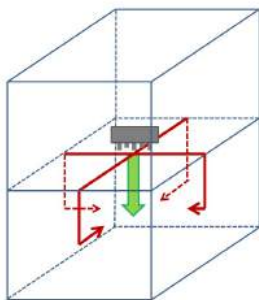
Le relazioni matematiche per cappotti esterni e pareti ventilate sono una novità del 2017. Il modello richiede di determinare prima l'incremento valutato di una situazione "di laboratorio", su una parete di base da 350 kg/m², e poi di trasferire il dato alla situazione in opera. Tra i dati di ingresso per i cappotti vi sono la tipologia di materiale isolante, la percentuale di incollaggio e la presenza o meno di ancoraggi.

Parte 2: Livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)

Per la determinazione del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$) la ISO 12354-2:2017 ha radicalmente modificato la procedura di calcolo del "modello semplificato" per indice di valutazione.

Ora le relazioni matematiche richiamano in gran parte il "modello in frequenza" e permettono di valutare, oltre al calpestio su ambienti sovrapposti, anche il livello di disturbo tra stanze affiancate (Fig. 6).

Calcolo del livello di calpestio su ambienti sovrapposti e affiancati



In sintesi il metodo richiede di analizzare, come per R'_w , tutti i possibili percorsi di rumore e di combinarli tra loro.

Calpestio

Per ambienti sovrapposti occorre determinare il livello di calpestio attraverso il percorso diretto e i 4 percorsi laterali. Il percorso diretto ($L_{n,d,w}$) dipende dal livello di calpestio del solaio portante ($L_{n,eq,0,w}$) e dalla riduzione di rumore da calpestio data da un rivestimento sul lato emittente (ΔL_w) o da un controsoffitto sul lato ricevente ($\Delta L_{d,w}$). I percorsi laterali ($L_{n,ij,w}$) vengono valutati con specifiche relazioni matematiche che, anche in questo caso, vengono differenziate per elementi di "Tipo A" ed elementi di "Tipo B".

Calpestio

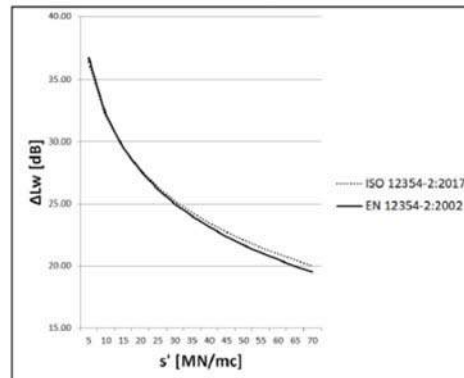
I vari percorsi devono essere combinati tra loro con la formula

$$L'_{n,w} = \left(10 \log \left(10^{L_{n,d,w}/10} + \sum_{j=1}^n 10^{L_{n,ij,w}/10} \right) \right)$$

Per il calcolo di ΔL_w la ISO 12354-2:2017 nell'Appendice C propone una nuova relazione matematica, che di fatto determina gli stessi risultati della formula indicata nel rapporto tecnico italiano UNI TR 11175.

Calcolo ΔL_w per massetti galleggianti

ISO 12354-2:2017	$\Delta L_w = (13 \log(m')) - (14,2 \log(s')) + 20,8$
UNI TR 11175:2005	$\Delta L_w = 30 \log \frac{500}{160 \sqrt{\frac{s'}{m'}}$
m' : massa superficiale del massetto [kg/m^2] s' : rigidità dinamica del materiale resiliente [MN/m^3]	



· Calcolo ΔL_w considerando $m' = 90 \text{ kg}/\text{m}^2$ - Confronto tra ISO 12354-2:2017 e UNI TR 11175:2005

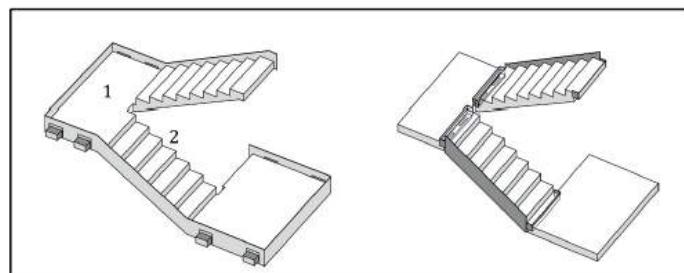
Calpestio

Per il calcolo di $L_{n,eq,0,w}$ la nuova norma riporta una specifica relazione per i solai in laterocemento rivestiti con massetto alleggerito. La formula, proposta da ricercatori italiani, è valida per l'intervallo di massa superficiale tra 270 e 360 kg/m^2 ed indica un livello di calpestio inferiore di 4 dB rispetto ad altre tipologie di solai di pari massa.

Solai in laterocemento rivestiti con massetto alleggerito	$L_{n,eq,0,w} = 160 - 35 \log(m')$
Altri tipi di solai massivi	$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \log(m')$
m' : massa superficiale del solaio [kg/m^2]	

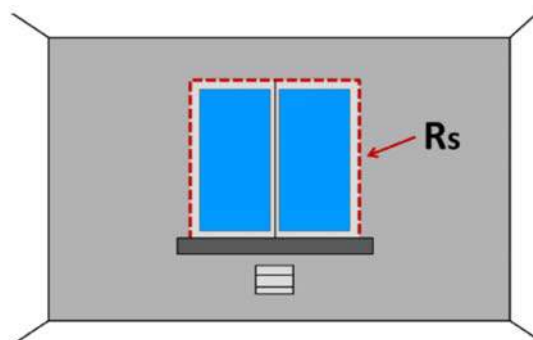
Scale desolidarizzate

Infine si evidenzia che nell'Appendice F della ISO 12354-2:2017 viene proposto un modello di calcolo per il livello di calpestio proveniente dalle scale desolidarizzate dalla struttura portante dell'edificio. Al momento tale modello è poco utilizzabile in quanto la procedura per la misura di laboratorio di alcuni parametri è ancora in fase di definizione.



Parte 3: Isolamento di facciata (D2m,nT,w)

Infine per il calcolo delle facciate (ISO 12354-3:2017) il modello matematico non è stato di fatto modificato. Si evidenzia la possibilità di considerare nella valutazione del potere fonoisolante medio della partizione, anche i materiali di riempimento inseriti nei giunti tra serramento e parete opaca.



La prestazione fonoisolante di tali materiali (R_s) può essere misurata in laboratorio seguendo le indicazioni dell'Appendice J della UNI EN ISO 10140-1. I dati da inserire nel calcolo sono quindi il valore di R_s [dB] e la lunghezza del giunto [m].

Prestazioni minime e comfort acustico

- Il soddisfacimento dei requisiti acustici passivi **non implica** la garanzia di condizioni di comfort acustico in qualsiasi situazione.
- I metodi di quantificazione delle prestazioni in opera degli elementi edilizi **non sono direttamente correlabili** ai parametri descrittivi di disturbo indotto all'interno degli ambienti abitativi.

Prestazioni minime e comfort acustico

- Differenti parametri di valutazione implicano differenti **"tipologie" di prestazione**, anche a parità di valori numerici degli indici di valutazione.
- La **percezione sensoriale** degli utenti di un ambiente abitativo è orientata alla differenza di livello sonoro e non al poter fonoisolante (apparente).
- Nel caso di valutazione del disturbo indotto in ambienti adiacenti, i parametri previsti dal DPCM 5/12/97 possono risultare **non adeguati allo scopo**.

DPCM 5/12/1997 - Tempo di riverbero TR60

Edifici scolastici

Il DPCM la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n°3150 del 22 maggio 1967 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici".

➤ "La media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz, non deve superare 1,2 sec. ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo.

➤ Nelle palestre la media dei tempi di riverberazione (qualora non debbano essere utilizzate come auditorio) non deve superare 2,2 sec."

DPCM 5/12/1997: corrispondenza normativa

Descrittore	Calcoli previsionali		Misure in opera	
R'w	UNI EN ISO 12354-1	UNI TR 11175	UNI EN ISO 16283-1	
L'nw	UNI EN ISO 12354-2	UNI TR 11175	UNI EN ISO 16283-2	
D2m,nTw	UNI EN ISO 12354-3	UNI TR 11175	UNI EN ISO 16283-3	
LASmax-Laeq	UNI EN ISO 12354-5		UNI 8199	UNI EN ISO 16032
T di riverbero	UNI EN ISO 12354-6		UNI EN ISO 3382-1/2/3	

Il collaudo acustico

Importanza della verifica in opera con stretta osservanza dei metodi di prova normati (UNI EN ISO 16283).

Necessità di vaste campagne di misura per valutare la conformità delle soluzioni costruttive (campioni statistici rappresentativi per tipologia di costruzioni).

Principali norme per la misurazione in opera dei descrittori acustici

UNI EN ISO 16283-1:2018

Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea.

UNI EN ISO 16283-2:2018

Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Isolamento dal rumore di calpestio.

UNI EN ISO 16283-3:2016

Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Isolamento acustico di facciata.

Principali norme per la misurazione in opera dei descrittori acustici

UNI EN ISO 10052:2010

Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti - Metodo di controllo

UNI 8199:2016

Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti

UNI EN ISO 3382-2:2008

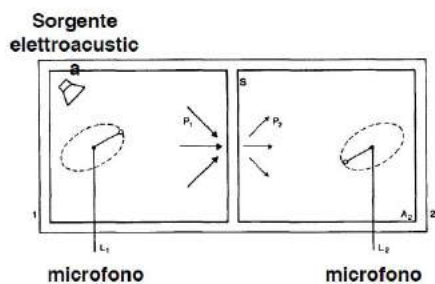
Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari"

Modalità di misura del potere fonoisolante e del livello di calpestio

Potere fonoisolante

Quantità da rilevare:

- Livello di pressione sonora nell'ambiente trasmittente
- Livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente
- Livello di pressione sonora del rumore di fondo nell'ambiente ricevente
- Tempi di riverberazione nell'ambiente ricevente
- Volume dell'ambiente ricevente
- Superficie dell'elemento di separazione



Livello di calpestio

Quantità da rilevare:

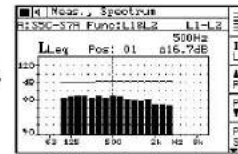
- Livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente
- Livello di pressione sonora del rumore di fondo nell'ambiente ricevente
- Tempi di riverberazione nell'ambiente ricevente
- Volume dell'ambiente ricevente



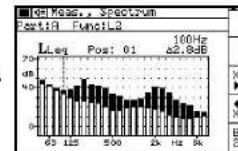
Strumenti e tecniche di misura del potere fonoisolante



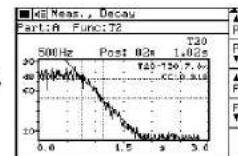
Misura del livello di pressione sonora nell'ambiente trasmittente e nell'ambiente ricevente



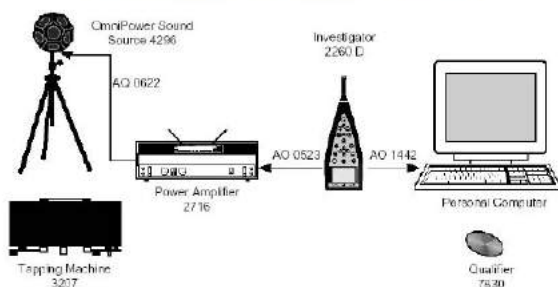
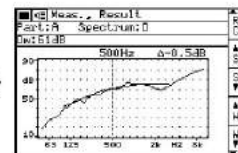
Misura del livello di pressione sonora del rumore di fondo nell'ambiente ricevente



Misura dei tempi di riverberazione nell'ambiente ricevente



Calcolo del potere fonoisolante e dell'indice mononumerico di valutazione



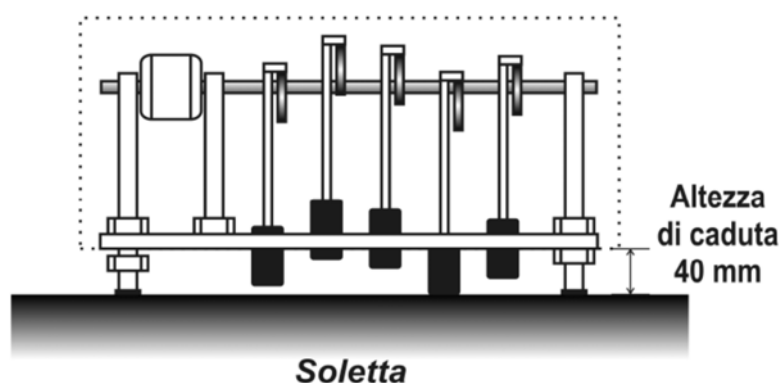
Macchina normalizzata del calpestio

Per valutare il livello di pressione sonora da calpestio viene utilizzato un generatore di rumore normalizzato, le cui caratteristiche sono descritte nella norma UNI EN ISO 10140.

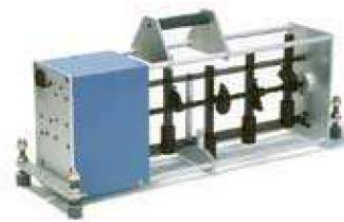
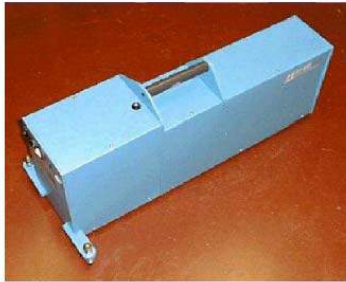
Il generatore è un dispositivo costituito da cinque martelli d'acciaio, di forma cilindrica, disposti in linea retta.

Il peso dei martelli è 500 grammi ciascuno.

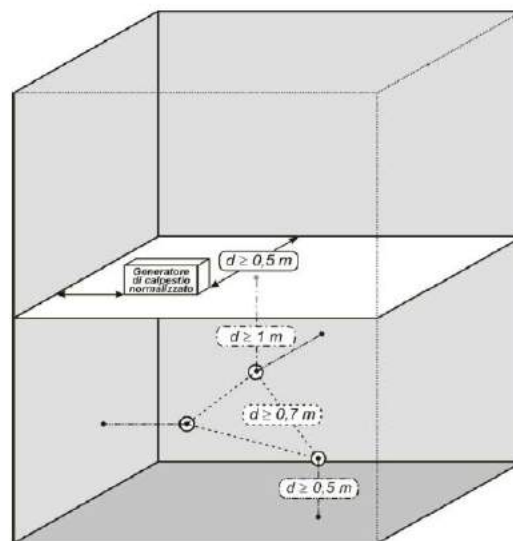
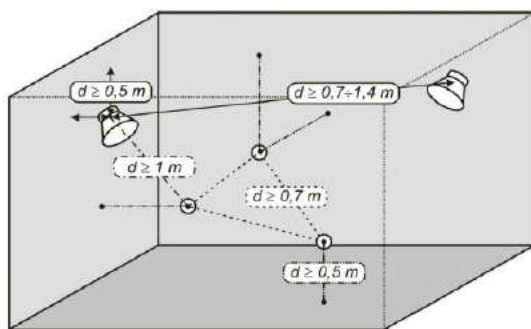
I martelli cadono sul pavimento da un'altezza di 40 mm con la frequenza di 10 impatti al secondo.



Generatore di calpestio



Modalità di misura del potere fonoisolante e del livello di calpestio



Determinazione in opera del potere fonoisolante apparente (UNI EN ISO 16283-1)

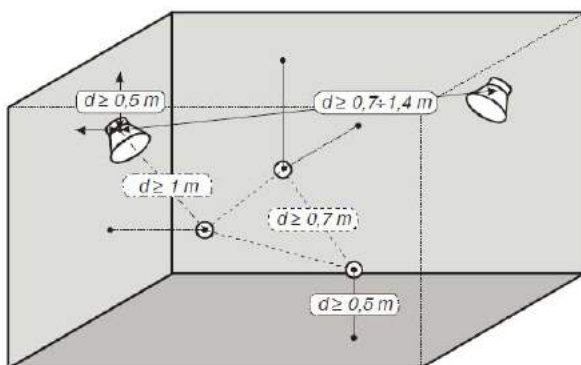
Differenza fra il livello di pressione sonora nell'ambiente disturbante ed il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in relazione alla superficie dell'elemento in prova ed all'assorbimento acustico totale dell'ambiente ricevente.

Si determina sperimentalmente da misurazioni in opera (UNI EN ISO 16283-1:2014) secondo la relazione:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \quad [dB]$$

- L_1 : livello di pressione sonora misurato nell'ambiente disturbante;
 L_2 : livello di pressione sonora misurato nell'ambiente ricevente;
 S : superficie dell'elemento in prova;
 A : assorbimento acustico totale dell'ambiente.

Problematiche di misura delle prestazioni acustiche in opera (R')



- *Minimo 2 posizioni della sorgente e 5 dei microfoni fissi per la determinazione dei livelli.*
- *Minimo 1 posizione della sorgente e 3 dei microfoni fissi con due ripetizioni per la determinazione dei tempi di riverberazione.*
- *Almeno 2 distinte misure del rumore di fondo.*

Potere fonoisolante apparente

- Definizione della superficie dell'elemento
- Definizione del volume dell'ambiente
- Diffusività del campo sonoro dei due ambienti
- Valutazione dei tempi di riverberazione
- Presenza di chiusure e serramenti
- Presenza arredi

**Almeno 18 misure
(con l'utilizzo di
microfoni fissi e
fonometro
monocanale)**



Determinazione in opera del livello normalizzato di pressione sonora da calpestio (UNI 16283-2)

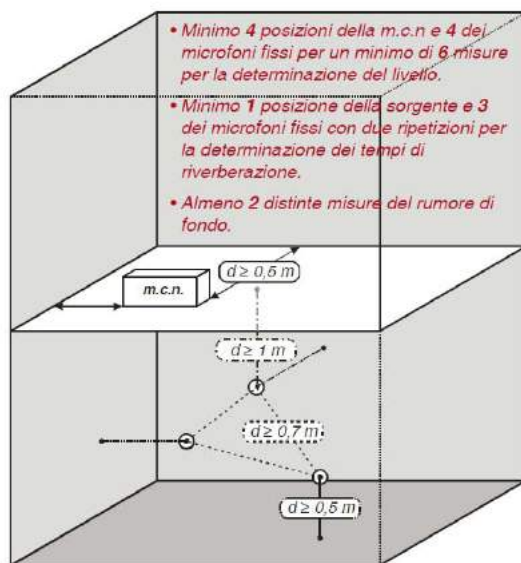
Livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in relazione ad un valore di riferimento dell'assorbimento acustico totale, indotto da una macchina normalizzata di calpestio.

Si determina sperimentalmente da misurazioni in opera secondo la relazione:

$$L'_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \quad [dB]$$

- L_i : livello di pressione sonora dovuto al rumore impattivo misurato nell'ambiente ricevente;
- A : assorbimento acustico totale dell'ambiente;
- A_0 : assorbimento acustico totale di riferimento (10 m²)

Problematiche di misura delle prestazioni acustiche in opera (L'_n)



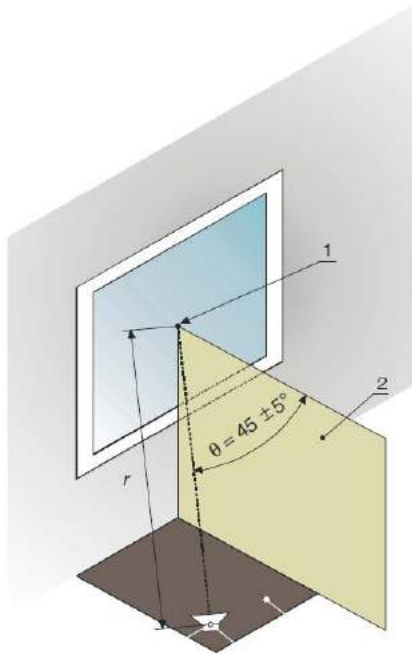
Livello di calpestio

- Definizione della superficie dell'elemento
- Definizione del volume dell'ambiente
- Diffusività del campo sonoro nell'ambiente ricevente
- Valutazione dei tempi di riverberazione
- Presenza di percorsi non strutturali del rumore prodotto dalla m.c.n.
- Presenza arredi

Almeno 14 misure (con l'utilizzo di microfoni fissi e fonometro monocanale)



Problematiche di misura delle prestazioni acustiche in opera (D2m,nT -UNI 16283-3)



Isolamento di facciata

- Allestimento della misura
- Controllo della posizione della sorgente direttiva e del microfono esterno
- Definizione del volume dell'ambiente
- Diffusività del campo sonoro
- Valutazione dei tempi di riverberazione
- Presenza arredi

Almeno 14 misure (con l'utilizzo di microfoni fissi e fonometro monocanale)



Indicazioni nel rapporto di prova

Data della prova, identificazione del produttore, del prodotto, dell'ambiente di prova e dell'installatore

Intervallo di frequenze di misura

Tabella dei valori del potere fonoisolante dell'elemento in prova

Valore dell'indice di valutazione mononumerico del potere fonoisolante e dei termini di adattamento

Identificazione del laboratorio, numero del resoconto di prova, firma del responsabile delle prove

Descrizione del laboratorio, dell'elemento in prova e dei dispositivi di prova

Caratteristiche dell'elemento e condizioni negli ambienti di prova

Spezzata di riferimento dell'indice di valutazione mononumerico del potere fonoisolante

Area del grafico dei valori del potere fonoisolante dell'elemento in prova

Valori dei termini di adattamento in funzione dell'intervallo di frequenze di misura

Frequenza f (Hz)	R (dB)
50	
63	
80	
100	
125	
160	
200	
250	
315	
400	
500	
630	
800	
1000	
1250	
1600	
2000	
2500	
3150	
4000	
5000	

Valutazione secondo ISO 717-1: $R_w (C_0) = ()$	$C_{50, 125} = \text{dB}$	$C_{50, 500} = \text{dB}$	$C_{50, 1000} = \text{dB}$
Valutazione basata sui risultati di misurazioni di laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico:	$C_{10, 125} = \text{dB}$	$C_{10, 500} = \text{dB}$	$C_{10, 1000} = \text{dB}$

N° del resoconto di prova: _____ Nome del laboratorio di prova: _____
 Data: _____ Firma: _____

Metodo di misurazione del potere fonoisolante apparente

- **Volume** ambienti possibilmente **non superiori a 250 m³**
- Con **ambienti molto articolati** usare ambiente più regolare come ambiente ricevente
- Con ambienti arredati con **oggetti chiusi non assorbenti**, sottrarre il volume degli oggetti dal volume dell'ambiente
- Con **ambienti grandi** posizione altoparlante non più distante di 10 metri dalla partizione o 2,5 volte la larghezza della partizione
- Con **forte trasmissione laterale** non posizionare la sorgente vicino alle strutture laterali interessate
- Con **ambienti molto fonoassorbenti** limitare le misurazioni nell'ambiente ricevente alla parte caratterizzata da livello sonoro non inferiore di più di 6 dB alla parte più prossima alla partizione (a 0,5 metri da essa) – analoghe raccomandazione sulla posizione della cassa nell'ambiente sorgente
- Particolari raccomandazioni per **ambienti sfalsati**

Metodo di misurazione del tempo di riverberazione

L'area A equivalente di assorbimento acustico viene valutato a partire dal tempo di riverberazione misurato in conformità con la UNI EN ISO 354 utilizzando la formula di Sabine.

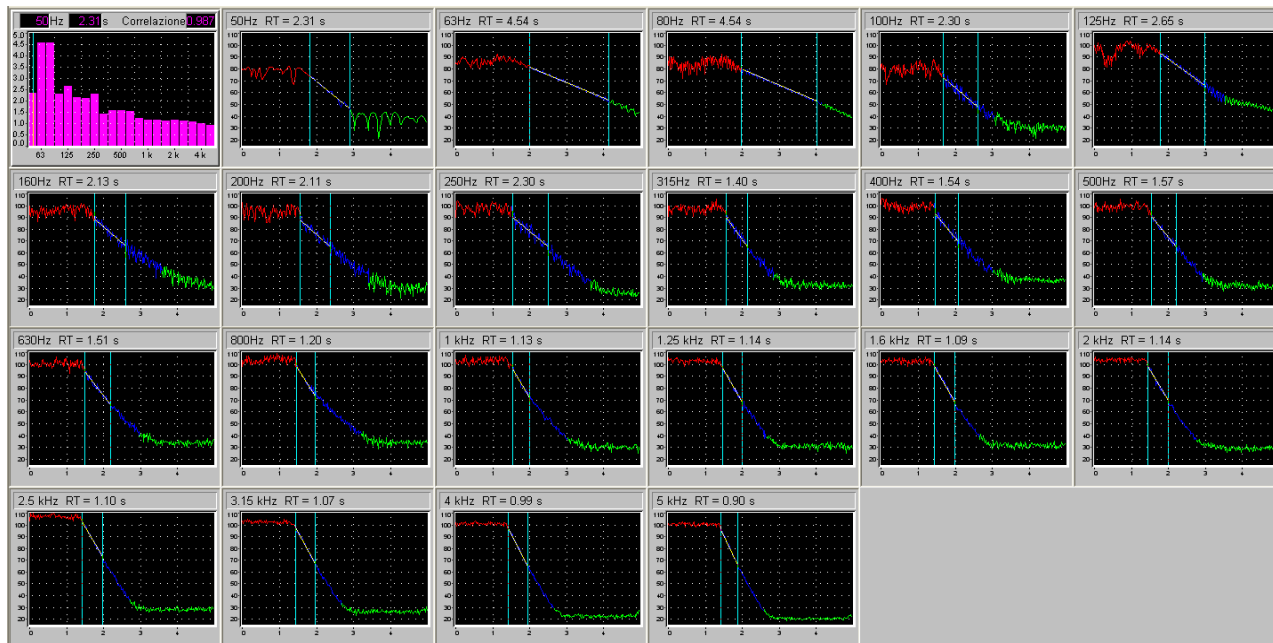
$$A = \frac{0,16 \cdot V}{T} \quad (\text{m}^2)$$

La valutazione del tempo di riverberazione dalla curva di decadimento deve iniziare a circa 0,1 s dal momento in cui la sorgente sonora è stata spenta, o da un livello di pressione sonora minore di alcuni decibel rispetto a quello presente all'inizio del decadimento. L'**intervallo non deve essere minore di 20 dB**. La parte inferiore di questo intervallo deve essere almeno 10 dB sopra il livello del rumore di fondo.

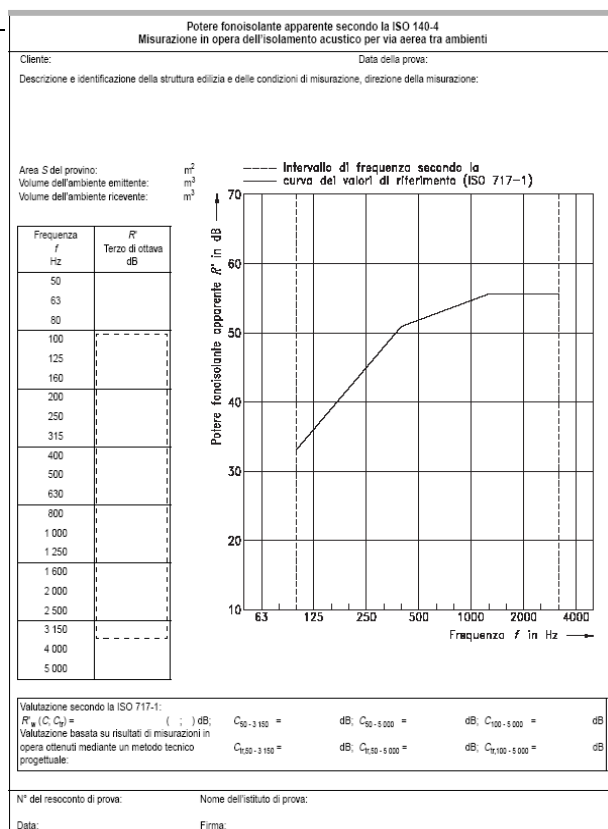
Almeno 6 misurazioni di decadimento per ciascuna banda di frequenza.

Almeno 1 posizione di altoparlante e 3 posizioni di microfono con due letture in ciascun caso.

La valutazione del tempo di riverberazione



Il rapporto di prova per il potere fonoisolante apparente



Le specifiche tecniche della normativa sono espresse in termini di indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (R'_w)

Ma i certificati riportano anche molte altre informazioni

In particolare, il risultato è espresso sempre con un indice seguito da due numeri tra parentesi

$$R'_w (C, C_{tr})$$

Influenza dello spettro sonoro

Per una caratterizzazione accurata della partizione è necessario **fare riferimento agli appropriati termini di adattamento spettrale**.

La **somma dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente** e dell'appropriato **termine di adattamento spettrale** fornisce una stima più accurata della prestazione acustica della partizione

$$R_A = R_w + C$$

Tipo di sorgente di rumore	Termine di adattamento allo spettro appropriato
Attività umane (conversazione, musica, radio, TV) Bambini che giocano Traffico ferroviario a velocità media e elevata ¹⁾ Traffico autostradale > 80 km/h ¹⁾ Aereo a reazione a breve distanza Fabbriche che emettono un rumore a frequenza principalmente media e alta	C (spettro N° 1)
Traffico stradale urbano Traffico ferroviario a basse velocità ¹⁾ Velivolo a elica Aereo a reazione a lunga distanza Musica da discoteca Fabbriche che emettono un rumore a frequenza principalmente bassa e media	C _{tr} (spettro N° 2)
1) In molti paesi europei esistono modelli di calcolo per il rumore di traffico autostradale e ferroviario che definiscono livelli per bande di ottava; essi potrebbero essere utilizzati ai fini della comparazione con gli spettri N° 1 e 2.	

I termini di adattamento spettrale C e C_{tr} (UNI EN ISO 717-1)

L'introduzione dei termini di adattamento spettrale (i più importanti sono il C ed il C_{tr}) permette di aggiungere all'indice di valutazione un'**informazione sul comportamento in frequenza** del componente nei confronti di spettri sonori di diverso tipo (**spettro rosa per il termine C e spettro di rumore da traffico per il termine C_{tr}**).

Tali termini, se sommati al valore di R_w permettono di ottenere rispettivamente R_A e R_{A,tr}.

Sono introdotti anche altri termini correttivi che servono a tenere conto dell'andamento del potere fonoisolante a frequenze molto basse (sotto i 100 Hz) o molto alte (sopra i 3150 Hz).

L'informazione sulla prestazione delle pareti alla basse frequenze potrebbe essere interessante per la qualificazione delle partizioni a bassa massa superficiale, che offrono scarsa resistenza acustica a tali frequenze, caratteristiche di molti dei rumori presenti negli alloggi.

Il calcolo dei termini di adattamento spettrale si effettua in base alla procedura definita dalla norma UNI EN ISO 717.

I termini di adattamento spettrale C e C_{tr} **(UNI EN ISO 717-1)**

Le specifiche tecniche relative alle prestazioni di isolamento acustico ai rumori aerei delle partizioni interne possono essere espresse in funzione dei seguenti parametri

- R'_w

Rumore rosa

(spettro n° 1)

- R'_w +

- R'_w + C₅₀₋₃₁₅₀

- R'_w + C₁₀₀₋₅₀₀₀

- R'_w + C₅₀₋₅₀₀₀

Rumore da traffico

(spettro n° 1)

R'_w + C_{tr}

- R'_w + C_{tr 50-3150}

- R'_w + C_{tr 100-5000}

- R'_w + C_{tr 50-5000}

Metodo di misura dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ (dB)}$$

L_{1,2m} = Livello equivalente di pressione sonora 2 metri davanti alla facciata (dB)

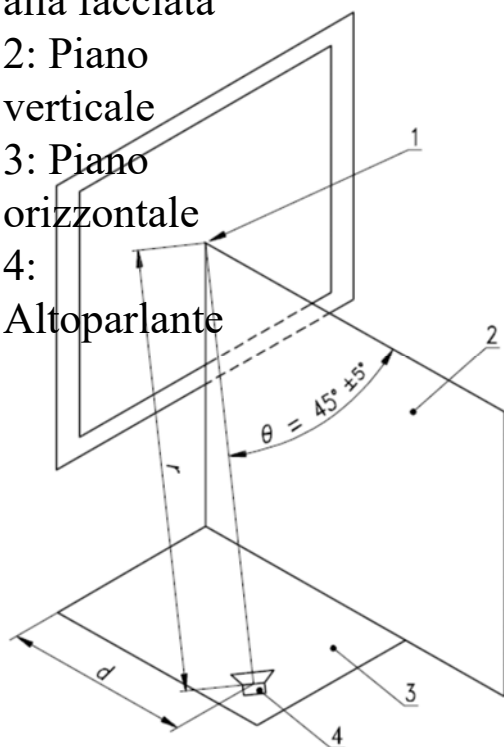
L₂ = Livello equivalente medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato (dB)

T = Tempo di riverberazione nell'ambiente disturbato (s)

T₀ = Tempo di riverberazione di riferimento (= 0,5 s)

La misura dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

- 1: Normale alla facciata
- 2: Piano verticale
- 3: Piano orizzontale
- 4: Altoparlante



Posizionare l'altoparlante in una o più posizioni fuori dall'edificio ad una distanza $d > 5$ m dalla facciata con un **angolo di incidenza del suono uguale a $(45 \pm 5)^\circ$** ; determinare il livello medio di pressione sonora alla distanza di **2 m** davanti alla facciata o a **1 m** da un'eventuale **balastra o altre simili sporgenze**.

Se vengono utilizzate diverse posizioni della sorgente, calcolare l'isolamento acustico per ogni posizione e mediare:

$$D_{ls,2m} = -10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum 10^{-D_i/10} \right) \text{ dB}$$

n = numero di posizioni della sorgente;

D_i = isolamento acustico per ogni combinazione sorgente-ricevitore.

Metodo di misurazione dell'isolamento acustico di facciata

Misura del livello sonoro

Può essere utilizzato un microfono fisso oppure un microfono a movimento continuo o oscillatorio.

È sempre necessario determinare anche il livello del rumore di fondo L_b .

Si devono impiegare **almeno 5 posizioni di microfono** ripartite uniformemente nel massimo spazio disponibile.

Le **distanze minime** di separazione tra le postazioni sono:

- 0,7 m tra le posizioni dei microfoni;

- 0,5 m tra ciascuna posizione di microfono e le pareti dell'ambiente o gli oggetti presenti nell'ambiente;

- 1,0 m tra ciascuna posizione di microfono e la sorgente sonora.

Il livello di fondo dovrebbe essere minore di almeno 6 dB (preferibilmente più di 10 dB) rispetto al livello misurato con la sorgente accesa.

Se la differenza nei livelli è minore di 10 dB ma maggiore di 6 dB, si deve calcolare la correzione:

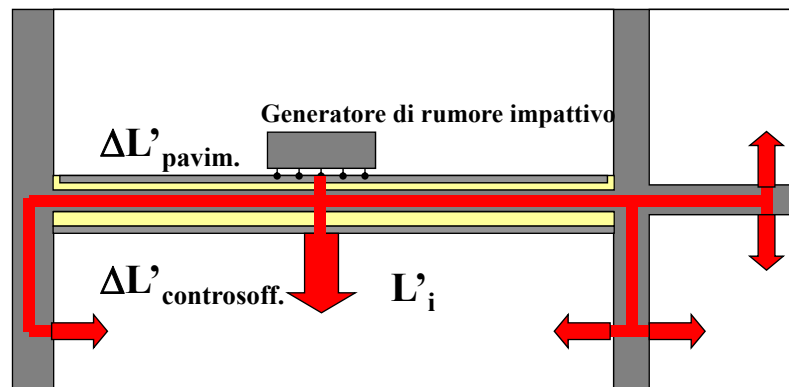
L = livello corretto del segnale (dB);

$$L = 10 \lg \left(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10} \right) \text{ dB} \quad L_{sb} = \text{livello misurato con sorgente attiva (dB);}$$

L_b = livello del rumore di fondo (dB).

Se la differenza nei livelli è minore o uguale a 6 dB, usare la correzione di 1,3 dB.

Metodo di misura del livello di rumore da calpestio



$$L'_n = L_i + 10 \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (\text{dB})$$

L_i = Livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato (dB)

A = Assorbimento equivalente nell'ambiente disturbato (m^2)

A_0 = Assorbimento equivalente di riferimento (= 10 m^2)

Metodo di misurazione in opera del livello di rumore da calpestio

Generazione del campo sonoro

Il rumore di calpestio deve essere prodotto dal **generatore di calpestio normalizzato**.

Apparecchiature devono soddisfare i requisiti delle **classi di precisione 0 o 1** (IEC 60651 e IEC 60804)

Il generatore di calpestio deve essere posto in **almeno quattro posizioni diverse** scelte a caso sul pavimento sottoposto a prova.

La **distanza minima** fra la macchina e il bordo del pavimento deve essere di 0,5 m.

Nel caso di strutture portanti non omogenee (solai nervati, misti, ecc.) possono rendersi necessarie più posizioni.

La linea congiungente i martelli dovrebbe essere orientata a **45°** rispetto all'asse delle travi.

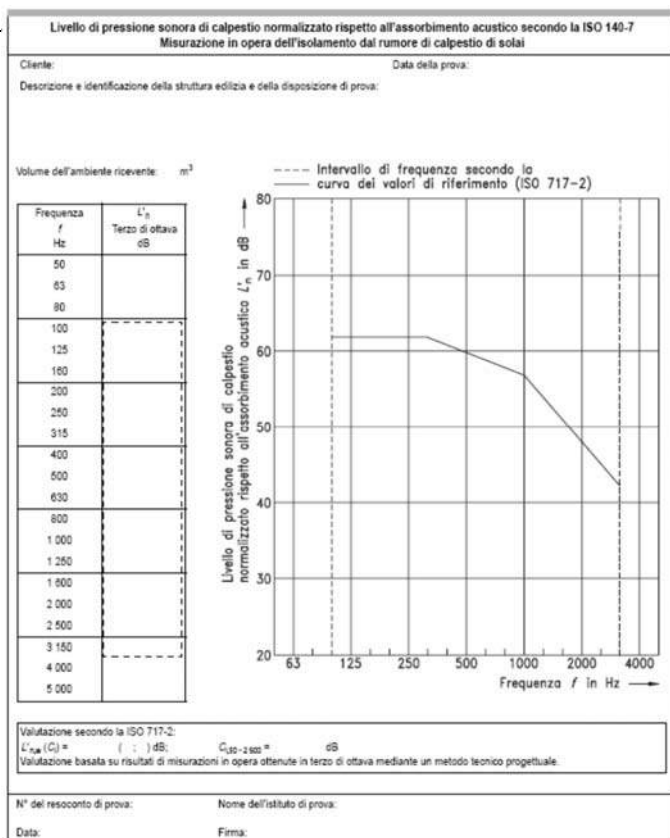
Misura del livello sonoro

Può essere utilizzato un microfono singolo spostato da una posizione alla successiva (**almeno 4 postazioni ed almeno 6 misurazioni**), oppure un microfono a movimento continuo.

Le **distanze minime** di separazione tra le postazioni sono:

- 0,7 m tra le posizioni dei microfoni;
- 0,5 m tra ciascuna posizione di microfono e le pareti dell'ambiente o i diffusori;
- 1,0 m tra ciascuna posizione di microfono e il solaio superiore eccitato dal generatore di calpestio.

Il rapporto di prova per il livello di rumore da calpestio



Le specifiche tecniche della normativa sono espresse in termini di indice di valutazione del livello di rumore da calpestio (L'_{nw})

Ma i certificati riportano anche molte altre informazioni

In particolare, il risultato è espresso sempre con un indice seguito da due numeri tra parentesi

$L'_{nw}(C_1)$

Il livello di rumore da impianti

Secondo il **DPCM 5/12/97**, sono servizi a **funzionamento discontinuo** gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

Sono servizi a **funzionamento continuo** gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

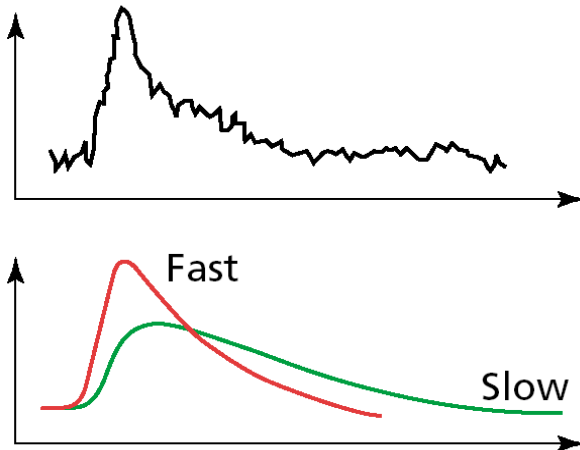
Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato.

Tale **ambiente** deve essere **diverso da quello in cui il rumore si origina**.

Misure di livello di pressione sonora di servizi a funzionamento discontinuo

Il livello massimo di pressione sonora pesato A, misurato con ponderazione temporale Slow, $L_{A,S \max}$ è il livello sonoro più alto che viene rilevato durante il periodo di misura.

L'utilizzo della ponderazione temporale "slow" (lenta) garantisce che il risultato non sia influenzato da eventi sonori particolarmente veloci.



Confronto tra un evento sonoro ed il risultato della misura effettuata con ponderazione "fast" e "slow".

Aspetti controversi del DPCM 5/12/1997

Potere fonoisolante di partizioni interne

Il D.P.C.M. 5/12/97 specifica che il requisito relativo alle prestazioni acustiche del potere fonoisolante fra le partizioni ($R'w$) si applica **unicamente a partizioni fra unità immobiliari distinte**.

Cosa si intende per un'unità immobiliare distinta quando si parla di una scuola, di un ospedale o di un ufficio?

Art. 2 del DM 2/01/98 (Catasto dei fabbricati)

Unità Immobiliare è "una **porzione di fabbricato**, o un fabbricato, o un insieme di fabbricati ovvero un'area che (...) **presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale**"

Quindi tutti gli ambienti presenti all'interno di un **edificio scolastico**, o di un **edificio ospedaliero**, appartengono ad una stessa unità immobiliare e di conseguenza alle loro partizioni interne non si applica il valore limite dettato dal decreto.

Stesso discorso per pareti divisorie tra appartamenti e vani scale.

SANZIONI DPCM 5/12/1997

Il DPCM **non** prevede sanzioni amministrative dirette nel caso di mancata verifica dei requisiti acustici passivi.

MANCATO RISPETTO DELLA LEGGE



RIPRISTINO DEI REQUISITI



RISARCIMENTO ONEROSO
sulla base del prezzo di
vendita dell'immobile

In mancanza di un regime di controllo ben strutturato da parte dell'Amministrazione Pubblica, l'impresa ed il progettista devono comunque trovare **forme di "autocontrollo"** che li garantiscano verso possibili contenzioni con gli acquirenti

Obblighi

- Gli edifici devono essere progettati e costruiti rispettando i limiti riportati nel **DPCM 05/12/1997**, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della **Legge 26/10/1995, n. 447**
- Il rispetto delle prescrizioni di legge deve essere certificato dal titolare del permesso di costruire esclusivamente mediante prove fonometriche a fine lavori, eseguite da un **tecnico competente in acustica ambientale** e non con una semplice autocertificazione
- I Comuni devono richiedere la **certificazione del rispetto dei limiti di legge** al titolare del permesso di costruire
- E' di fondamentale importanza il **progetto acustico previsionale**, precedente all'inizio dei lavori, per verificare la validità delle stratigrafie e dei sistemi costruttivi previsti nel progetto architettonico
- Per quanto riguarda la **procedura di valutazione e la successiva verifica in opera**, si farà riferimento al norma **UNI 11367:2010** denominata "classificazione acustica delle unità immobiliari - procedura di valutazione e verifica in opera"

Nella progettazione e realizzazione di ambienti abitativi con interventi di:

- nuova costruzione compresi gli ampliamenti;
- ristrutturazione edilizia limitatamente ai casi di demolizione e ricostruzione e ai casi di ristrutturazione globale;
- risanamento conservativo con contestuale cambio di destinazione d'uso;
 - devono essere preventivamente valutate le caratteristiche dei materiali utilizzati in modo da avere una adeguata protezione acustica degli ambienti dal rumore di calpestio, dal rumore prodotto da impianti o apparecchi installati nell'immobile, dai rumori provenienti da sorgenti esterne al fabbricato, dai rumori o dai suoni aerei provenienti da alloggi o unità immobiliari contigui e da locali o spazi destinati a servizi comuni.
 - In ogni caso, in funzione della classificazione degli ambienti abitativi, dovranno essere rispettati i parametri di cui alla tabella B dell'allegato A del D.P.C.M. 05/12/1997
 - nel caso di partizioni tra unità con diversa classificazione si adotta il requisito più severo tra i due indicati nella tabella.

Chiarimenti normativi

Ministero dell'Ambiente: maggio 1998

Quesito: sulle competenze tecniche del Tecnico competente in acustica relativamente al DPCM 05.12.1997.

«... il progettista edile, **ancorché non abilitato come Tecnico Competente**, effettua la progettazione delle infrastrutture edilizie nel rispetto di parametri che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici indicati nell'allegato **A** del **DPCM 05.12.97** citato in oggetto.»

Chiarimenti normativi

Ministero dell'Ambiente: marzo 1999

Parere sull'applicabilità del DPCM 05.12.97

«... sono soggetti al totale rispetto del decreto tutti gli edifici per i quali debba essere rilasciata una concessione edilizia e/o siano soggetti agli adempimenti di cui all'art. 8 della L. 447/95.»

«... sono soggetti al rispetto dei limiti specifici tutti i nuovi impianti tecnologici, sia installati ex novo che in sostituzione ad altri già esistenti.»

«...non sono soggetti all'adeguamento delle caratteristiche passive delle pareti e dei solai gli edifici che non siano oggetto di totale ristrutturazione.»

Chiarimenti normativi

Ministero dell'Ambiente: luglio 2014

Chiarimenti in merito all'applicabilità del DPCM 05.12.1997.

Quesito: l'indice di valutazione del rumore da calpestio $L'_{n,w}$ di solai di separazione tra due piani posti nella stessa unità immobiliare deve rispettare il limite prescritto?

«... si può affermare che i solai interni ad una stessa unità immobiliare non sono assoggettabili a limitazioni nei confronti del rispetto dell'indice; ciò vale anche per le partizioni verticali.»

Nota

ciò non vale per le unità immobiliari aventi destinazione d'uso ricettiva, come previsto dal paragrafo 6, [prospetto 2](#), della UNI 11367.

Chiarimenti normativi

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: giugno 2004

Parere in merito al rispetto dei requisiti acustici passivi in caso di ristrutturazioni.

... in definitiva, pertanto, si ritiene che vadano rispettati i limiti previsti dalla normativa (D.P.C.M. 5 dicembre 1997) nel caso di rifacimento anche parziale di impianti tecnologici di particolare rumorosità, quali quelli previsti per gli impianti di riscaldamento/condizionamento, o impianti per laboratori tipo: officine meccaniche, laboratori sale prove motori, gallerie del vento, o altri che producano livelli analoghi di rumorosità. Anche nel caso delle partizioni orizzontali e verticali, nel caso di rifacimento si applicano i limiti di cui sopra, mentre non vanno seguite le prescrizioni del D.P.C.M. 5 dicembre 1997 nel caso di semplice tinteggiatura e restauro parziale delle pareti e/o intonaci esistenti.

DPCM 5/12/1997: dove si valuta/misura??

Agli ambienti abitativi di cui all'art. 2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, "ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane".

Quindi in tutti gli ambienti nei quali non è prevista la permanenza di persone il DPCM non si applica. Ad esempio bagni, disimpegno, ripostigli e anche per le cucine non abitabili (**applicare con moderazione ed eventualmente al solo isolamento di facciata!!!!**).

Anche perché si potrebbe ritenere che il DPCM non sia applicabile per tutti quegli ambienti (piccoli) per i quali non sussistono le condizioni di applicabilità delle norme tecniche per l'esecuzione delle misure in opera.

DPCM 5/12/1997: dove si valuta/misura R'w??

- I requisiti relativi al **potere fonoisolante apparente R'w** si applicano ad **elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari**.
- Un chiarimento in merito alle "distinte unità immobiliari" viene dall'art.2 del DM 2/1/1998 n.28 "Regolamento recante norme in tema di costituzione del catasto dei fabbricati", in cui si definisce che **"L'unità immobiliare è costituita una porzione di fabbricato (...) che presenti potenzialità di autonomia funzionale e reddituale"**.

DPCM 5/12/1997: dove si valuta/misura R'w??

- **Quesito** Non è chiaro a quali partizioni interne ci si riferisca nel caso di edilizia non residenziale (ad es, ospedali, scuole, uffici) o nel caso di separazione con parti comuni o di servizio dell'edificio (ad es. vani scale).
- **Risposta.** **BUON SENSO** per edifici non residenziali si possono individuare zone funzionali diverse cui applicare i requisiti di legge (ad esempio per ospedali reparti diversi, zone degenza con zone di servizio o uffici amministrativi); idem per le scuole per le quali comunque è vigente il DM 18/12/1975. Per gli uffici invece non ci sono riferimenti. In tutti i casi comunque si consiglia di applicare il DPCM alle strutture orizzontali di separazione tra i diversi livelli. **SI VEDA RC 5.1 RE tipo regionale.**
- Per i vani scala si consiglia di applicare il DPCM per quegli ambienti che non collegati ad esso mediante la porta di accesso (**ma allora i monocali??**). In generale si consiglia di applicare il DPCM a tutti gli elementi di separazione tra ambienti abitativi e luoghi ove potenzialmente sono presenti sorgenti di rumore (garage, sale condominiali feste bambini etc.)

DPCM 5/12/1997: Dubbi su D2m,nTw??

- **Quesito.** L'isolamento di facciata dovrebbe essere correlato con il rumore esterno indotto dalle sorgenti sonore presenti nell'areale.
- **Risposta.** Il DPCM non considera tale aspetto ovvero non vi è alcuna correlazione evidente tra rumore esterno ed isolamento di facciata, anzi i valori maggiori di isolamento in facciata sono richiesti agli edifici che per la loro destinazione d'uso dovrebbero essere collocati in ambiti urbani particolarmente protetti (Ospedali e scuole ubicati nelle zone di I classe nei piani di classificazione acustica comunale).

DPCM 5/12/1997: dove si valuta/misura L'nw??

- **Quesito.** Per il **rumore impattivo (L'nw)** il DPCM non specifica se la valutazione/misura sia da eseguirsi tra unità immobiliari diverse. Non specifica poi se la misura debba essere eseguita tra unità sovrapposte o anche adiacenti. **Quindi??**
- **Soluzione. BUON SENSO** La misura si esegue tra unità immobiliari distinte sovrapposte e in casi di oggettiva criticità tra unità adiacenti e sui vani scala. **Tale ipotesi è confermata anche da Risposte Ministero dell'Ambiente a quesiti posti da un professionista il 13/08/2010.**
- **Quesito.** In caso di edifici a destinazione d'uso mista (ad esempio uffici a piano terra e residenze a piano primo) non è chiaro quali limiti si debbano applicare.
- **Soluzione. BUON SENSO** è ragionevole pensare che i limiti del DPCM possono avere senso solo se si considera il solaio "a pavimento" dell'ambiente in esame. **Si veda RC 5.2 del RE tipo regionale (ma non tutti la pensano così !!)**

DPCM 5/12/1997:

dove si valuta/misura LASmax LAeq??

- **Quesito.** Per il rumore degli impianti LASmax e LAeq si specifica che la misura deve essere eseguita negli ambienti in cui il livello del rumore è più elevato e in luogo diverso da quello nel quale è ubicata la sorgente di rumore ma nulla si dice se deve essere eseguita tra unità immobiliari diverse. **Quindi??**
- **Soluzione.** **BUON SENSO** La misura si esegue tra unità immobiliari distinte sovrapposte o adiacenti (**ma non tutti la pensano così**) ad eccezione di scuole, ospedali, alberghi ma anche uffici (**ma anche qui attenzione!!!**). Tale ipotesi è confermata anche da Risposte Ministero dell'Ambiente a quesiti di un professionista il 13/08/2010.
- Si evidenzia comunque che la misura su impianti a funzionamento continuo deve essere eseguita in ambienti diversi da quello in cui il rumore si origina. Pertanto, ad esempio, il rumore di un fan-coil a servizio di una camera d'albergo deve essere misurato nella camera adiacente (**ma anche su questo non tutti sono d'accordo!!**).

DPCM 5/12/1997:

dove si valuta/misura LASmax LAeq??

- **Quesito.** I limiti di rumore degli impianti a funzionamento continuo non sono chiari. Poco sopra alla tabella B dell'Allegato A il DPCM indica che il livello LAeq degli impianti a funzionamento continuo non deve superare 25 dB(A) indipendentemente dalla destinazione d'uso degli ambienti considerati.

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.

• Tabella B Allegato A del DPCM 5/12/1997

Cat.		L_{Aeq}
D		25
A, C		35
E		25
B, F, G		35

DPCM 5/12/1997:
dove si valuta/misura LASmax LAeq??

il valore di L_{Aeq} indicato in 25 dB(A) alla voce: "rumore prodotto dagli impianti tecnologici" dell'allegato A, viene poi indicato in maniera differenziata ai "requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici" della tabella B. Trattasi questo di mero *lapsus calami* di cui, più volte, è stata richiesta a codesto Ufficio una errata corrige da ufficializzare sulla G.U.;

Al riguardo le Sezioni rilevano che, secondo quanto esplicitamente indicato all'art. 3 del D.P.C.M. stesso, "i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e della sorgenti sonore interne sono riportati in Tabella B"; quest'ultima a sua volta risulta articolata in base alle categorie degli edifici riportate nella Tabella A. Di conseguenza, ad avviso delle Sezioni, per tutti gli edifici che ricadono nelle categorie di cui alla Tabella A, o siano assimilabili ad essi, si applicano i valori limite indicati nella Tabella B. Per quanto riguarda l'allegato A, come già accennato, si rileva

DPCM 5/12/1997:
dove si valuta/misura LASmax LAeq??

- Professionista chiede al Ministero dell'Ambiente chiarimenti in merito al D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Il Ministero risponde (U.prot.DVA-2010-0020117 del 13/08/2010) e le risposte sono qui di seguito.
- **Quesito.** Nelle abitazioni il requisito di rumorosità (LA_{eq}) degli impianti a funzionamento continuo, stabilito dal D.P.C.M. 5/12/97, è 25 dB o 35 dB?
- **Risposta** Ai sensi dell'art. 2 del D.P.C.M. 5/12/97, le grandezze cui far riferimento nella determinazione del limite di rumorosità prodotta dagli impianti a funzionamento continuo o discontinuo sono definite nell'ALLEGATO A, che costituisce parte integrante del Decreto. Come stabilito nel suindicato Allegato, per gli impianti a funzionamento continuo il limite previsto è pari a 25 dB (A) LA_{eq} .

DPCM 5/12/1997: chi valuta/chi misura??

- **Quesito.** Il DPCM non specifica se e chi debba eseguire i calcoli previsionali.
- **Risposta.** Il DPCM 5-12-1997 NON OBBLIGA ad eseguire i calcoli previsionali, però richiede che a lavoro ultimato i requisiti acustici siano rispettati. Comunque i calcoli possono essere eseguiti dai progettisti (Circ. Min. Maggio 1998 risposta quesito Ordine Ingegneri di Livorno) a meno di indicazioni specifiche dei Comuni.
- **Quesito.** Il DPCM non specifica se debbano essere eseguiti i collaudi
- **Risposta.** Il DPCM 5-12-1997 NON OBBLIGA ad eseguire i le misure di collaudo, però richiede che a lavoro ultimato i requisiti acustici siano rispettati. Le misure devono essere eseguite dal Tecnico Competente in Acustica.

DPCM 5/12/1997: Ristrutturazioni??

- Il DPCM va applicato solo in caso di ristrutturazione totale (circolare 9/03/1999) **NON E' CHIARO !!**
- Si applica ai nuovi impianti tecnologici installati negli edifici (circolare 9/03/1999)

NB: analizzare legislazione locale:

- Leggi regionali
- Regolamenti edilizi - (Soluzioni conformi...)

DM 18/12/1975 Edilizia scolastica

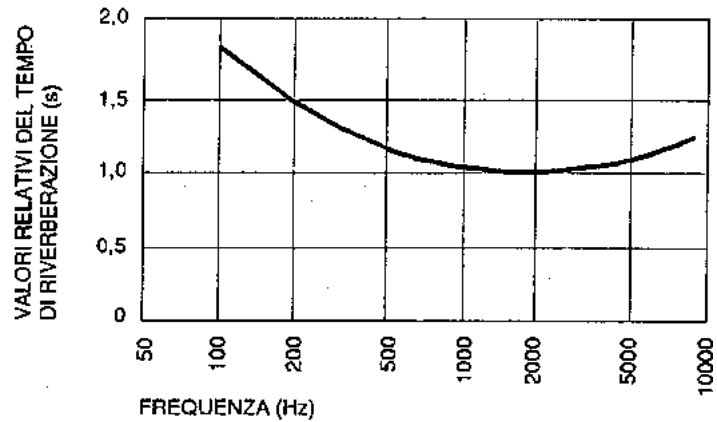
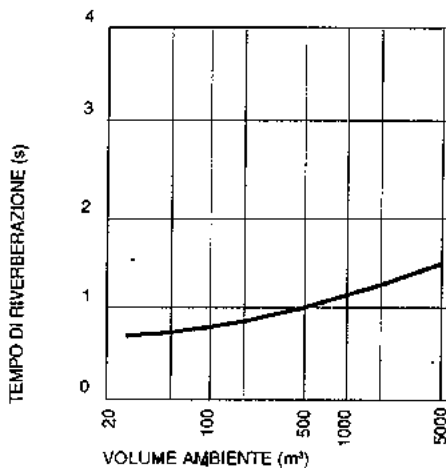
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967;
- D.M. del 18/12/1975 riportante le "Norme tecniche aggiornate relative alla edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica", con particolare riferimento a quanto riportato a punto 5.1;
- D.M. del 13/09/1977 riportante "Modificazioni alle norme tecniche relative alla costruzione degli edifici scolastici";

DM 18/12/1975 Edilizia scolastica

Requisiti	Isolamento (indice di valutazione)	Rif. Normativo
Potere fonoisolante di strutture divisorie interne (progetto)	$R_w \geq 40 \text{ dB}$	DM 18/12/1975
Isolamento acustico tra due ambienti adiacenti (opera)	$D_{nTw} \geq 40 \text{ dB}$	DM 18/12/1975
Isolamento acustico tra due ambienti sovrapposti	$R'w = 50 \text{ dB} ?$	DPCM 5/12/1997
Isolamento acustico di facciata	$D_{2m,nTW} \geq 48 \text{ dB}$	DPCM 5/12/1997
Livello di rumore di calpestio normalizzato	$L'_{nw} \leq 63 \text{ dB} ?$	DPCM 5/12/1997
Livello di rumore di impianti	$L_{maxA} \leq 50 \text{ dB(A)} \text{ o } \leq 40 \text{ dB(A)} ?$	DM 18/12/1975

DM 18/12/1975 Edilizia scolastica

Tempo di riverbero



Legislazione locale - Emilia Romagna

Delibera della Giunta Regionale del 22/02/2000 n° 268
"Schema di Regolamento edilizio tipo - Aggiornamento dei requisiti cogenti (Allegato A) e della parte quinta, ai sensi comma 2, art.2, L.R. 33/90"

I requisiti acustici passivi sono richiamati nei requisiti:

- **RC 5.1** Isolamento acustico ai rumori aerei
 - **RC5.1.1** Requisiti acustici passivi delle partizioni ($R'w$) e delle chiusure ($D2m, nTw$)
 - **RC5.1.2** Rumore prodotto dagli impianti tecnologici (LAS_{max} LA_{eq})
- **RC 5.2** Isolamento acustico ai rumori impattivi ($L'nTw$)

Legislazione locale - Emilia Romagna

Potere fonoisolante apparente R'_w

Nel caso di strutture di confine tra unità immobiliari a destinazione diversa si applica il valore della tabella più rigoroso

Metodi di progetto

- Uso della soluzione tecnica certificata $R_w \geq R'_w + 3$ dB
- Metodo di calcolo A (formula empirica semplificata)
- Metodo di calcolo B (basato su EN 12354)
- Soluzioni conformi

Isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$

Metodi di progetto

- Metodo di calcolo C (per chiusure semplici) a partire da R_w
- Metodo di calcolo D (per chiusure composte) (basato su EN 12354)

A lavori ultimati, sia per R'_w che per $D_{2m,nT,w}$

- Dichiarazione di conformità del tecnico competente oppure
- Prova in opera

Legislazione locale - Emilia Romagna

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

Nel caso di servizi a funzionamento continuo $L_{Aeq} \leq 25$ dB(A)

Metodi di progetto: (nessun metodo di calcolo adottato)

- Descrizione dettagliata delle soluzioni tecniche adottate per il rumore

A lavori ultimati:

- prova in opera (**SI!!!**) secondo normativa (ad es. 8199)

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

Adottato $L'_{nT,w}$ al posto di $L'_{n,w}$

Specifica per elementi di separazione tra unità immobiliari distinte

Il livello da rispettare è quello dell'ambiente disturbante

Per edifici scolastici anche per solai interni, ma limite DM 18-12-75

Metodi di progetto

- Soluzione tecnica certificata $L_{n,w} \leq L'_{n,w} + 3$
- Metodo di calcolo per solai a struttura omogenea (basato su EN 12354)
- Soluzione tecnica conforme

A lavori ultimati:

- Dichiarazione di conformità del tecnico competente oppure prova in opera

Legislazione locale - Emilia Romagna

Lo schema di regolamento innovativo al momento della sua emanazione è ormai obsoleto ed oggi è stato abrogato...

- Le soluzioni conformi sono discutibili
- Teoricamente qualsiasi scostamento dalle procedure/metodologie indicate richiede l'esecuzione di prove di collaudo in opera
- Sono state emanate o fatte proprie dall'UNI specifiche norme tecniche per la valutazione previsionale dei requisiti

- Nonostante questo i requisiti RC 5.1 e RC 5.2 sono richiamati in toto in molti dei RUE di vari Comuni

I nuovi RUE Emilia-Romagna

In altre parole:

1. IL PROGETTO ACUSTICO E IL COLLAUDO ACUSTICO DEVONO ESSERE PRODOTTI OPPURE NO A SECONDA DEL R.U.E. LOCALE: IN OGNI CASO VA DICHIARATO IL RISPETTO DEL REQUISITO
2. A COMPLICARE ULTERIORMENTE LA SITUAZIONE SI AGGIUNGE LA "DISCREZIONALITA'" DEL TECNICO CHE ISTRUISCE LA PRATICA

I nuovi RUE Emilia-Romagna

- **Nel frattempo la Regione E.R. che fa?**
- Ha abrogato il regolamento edilizio tipo e i requisiti cogenti (LR 15/2013)
- Ha approvato una modulistica unificata DGR922/2017
- LR 12/2017

Asseverazioni

- **MODULI RELATIVE ALLA CONSEGNA DI UN PROGETTO**
- Permesso di costruire
- SCIA
- CIL

Modulistica

- Permesso di costruire e SCIA
- Nella modulistica di richiesta PdC o di deposito SCIA:
- Ci sono sempre clima/impatto acustico o dichiarazione sostitutiva
- Non è mai richiesto nessun elaborato progettuale sui requisiti acustici passivi
- Tra i soggetti coinvolti nulla si dice rispetto all'acustica

Modulistica

- Tuttavia nella modulistica di asseverazione allegata al progetto è presente un'esplicita dichiarazione del rispetto dei requisiti acustici passivi SE SI APPLICANO
- E' il progettista che ASSEVERA
-
- **Resta comunque da stabilire**
- **SE L'INTERVENTO E' SOGGETTO O NON E' SOGGETTO AL RISPETTO DEL DPCM 5-12-97**

Modulistica

- C.I.L.
- Nella modulistica di richiesta :
- Non c'è traccia di requisiti acustici passivi
- Nella modulistica di asseverazione:
- **Asseverate il rispetto di tutti i requisiti igienico sanitari**

Modulistica

- A FINE LAVORI
- **IL DIRETTORE DEI LAVORI ASSEVERA IL RISPETTO DI TUTTI I REQUISITI IGIENICO - SANITARI**

Modulistica

- **Quindi:**
- **IL PROGETTISTA ASSEVERA LA RISPONDENZA DEL PROGETTO A TUTTI I REQUISITI, COMPRESI QUELLI ACUSTICI IL DIRETTORE DEI LAVORI ASSEVERA LA RISPONDENZA DELL'OPERA REALIZZATA A TUTTI I REQUISITI, COMPRESI QUELLI ACUSTICI**
- **Aver asseverato significa possedere: una grande certezza e una piena consapevolezza**
- **MA E' PROPRIO COSI'?**
- **QUANTO E' RISCHIOSO L'AZZARDO?**

Contributi di uno specialista



Giurisprudenza

Le rivendicazioni sono centrate principalmente su tre aspetti:

- ❑ valutazione della normale tollerabilità (art. **844 c.c.**);
- ❑ valutazione dei requisiti acustici passivi dell'edificio (c.d. criterio di "buona tecnica");
- ❑ quantificazione della **svalutazione dell'immobile**.

PRINCIPIO GENERALE

Documento interpretativo n. 5/94 recante "Protezione contro il rumore" (direttiva europea n. 89/106 del 1988) qualora la **salute della persona** può essere influenzata (sonno, riposo, attività lavorativa, ecc.)

"BENESSERE"



RIVENDICAZIONE DEL DANNO

- patrimoniale:** qualsiasi pregiudizio che incida sulla sfera sulla valutazione economica del bene
- biologico:** diritto all'integrità psicofisica (stress, malattia, invalidità permanente/temp., diminuzione della vita di relazione)
- morale:** danno a seguito di dolore psichico (solo qualora derivi da reato penale)

Giurisprudenza

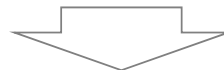
SANZIONE

- Forma specifica** (art. 2058 c.c.): interventi di ripristino
- Equivalentente monetario** (art. 2056 c.c.): liquidazione somma di denaro commisurata al danno patito

PERDITA DEL VALORE

Valore di vendita: diminuzione del valore commerciale per vizi

Valore d'uso: sancito dalla sentenza della **Cass.Civ. Sez. Un. 15 ottobre 1998, n. 10186** "...in presenza di immissioni di rumore intollerabili, che ostacolano il pieno godimento del bene, queste incidono sulla personale libertà di condurre una vita domestica secondo le convenienti condizioni di quiete."



VERIFICA DELL'OPERA

Verificare l'esecuzione a "**regola d'arte**", ossia rispettando i tradizionali **canoni di buona tecnica**, del:

MANUFATTO (responsabile è l'impresa di costruzioni)

RELAZIONE TECNICA (responsabile è il progettista) ⇒ **obbligazione contrattuale** nei confronti dell'acquirente/impresa di costruzioni e quindi soggetta ad un **adempimento diligente** (art. 1176 c.c.)

Giurisprudenza

RESPONSABILITÀ DEL PROGETTISTA O DELL'IMPRESA DI COSTRUZIONI

- risarcimento del danno** (art. 1218 c.c.) se non hanno eseguito esattamente la prestazione dovuta, fatta eccezione nel caso in cui tale inadempimento sia derivato da cause a loro non imputabili;
- facoltà di recedere dal contratto** (art. 2224 c.c.) se il progettista o l'impresa di costruzioni non si sono conformati alle condizioni di contratto e a regola d'arte entro il termine fissato dall'acquirente (resta valido il diritto al risarcimento del danno).

d.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 recante "Testo unico sull'edilizia"

(art. 134) *...l'acquirente o il conduttore dell'immobile che riscontri delle difformità deve farne denuncia al comune entro un anno dalla constatazione, a pena di decadenza dal diritto di risarcimento del danno da parte del committente o del proprietario.*

Il risarcimento può risultare alle volte elevato, nell'ordine del **15-20%** del valore dell'immobile, a seconda:

- **posizione**
- **valore dell'immobile**
- **entità del disturbo**
- ...ecc.

Considerazioni

Nel prossimo futuro è previsto:

- certificazione del "prodotto casa"**, per fornire una maggiore tutela al consumatore e prevenire il disturbo all'interno delle abitazioni
DAL 27 MARZO 2008 È ENTRATO IN VIGORE L'OBBLIGO DI PRESENTARE LA "DICHIARAZIONE DI CONFORMITÀ" (D.M. N. 37/2008)
- Nuovo ordinamento europeo** in merito a politiche comuni di protezione contro il rumore

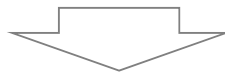
SUGGERIMENTI

- Valutare l'isolamento acustico di un edificio in relazione al luogo
- Tenere in debita considerazione le diverse esigenze di protezione (biblioteche, aree di ricerca, ecc.)
- Eseguire delle misurazioni a opera conclusa
- Fissare degli obblighi contrattuali nei confronti dei fornitori delle attrezzature

Occorre ricordare che...

Le qualità acustiche di un edificio sono frutto della combinazione dei seguenti fattori

	<i>Incidenza</i>
<input type="checkbox"/> Modello di calcolo predittivo	(25%)
<input type="checkbox"/> Isolante acustico	(50%)
<input type="checkbox"/> Messa in opera	(25%)

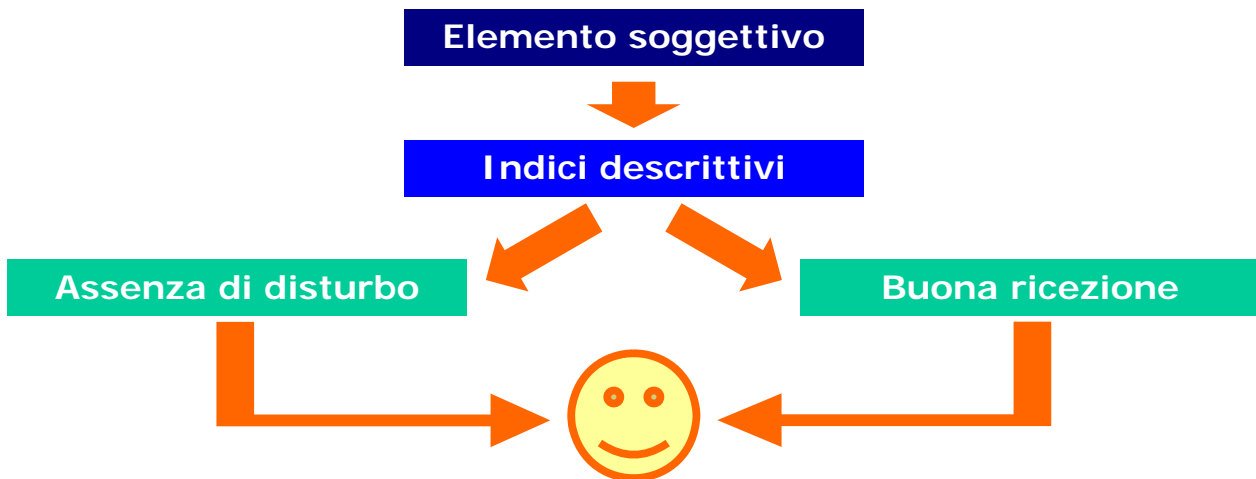


CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA



Comfort acustico

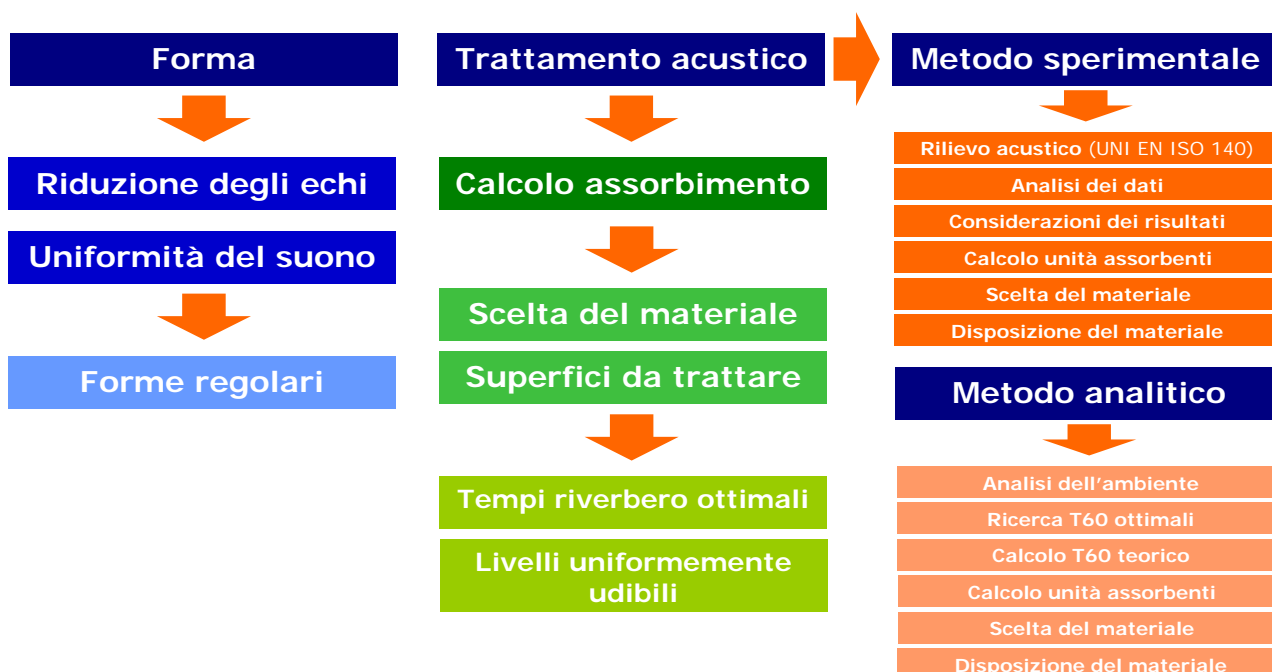
Condizione psicofisica di benessere nella quale si trova un individuo immerso in un campo sonoro, in relazione all'attività che sta svolgendo.



Una buona ricezione



Criteri di progettazione acustica



Abitazioni

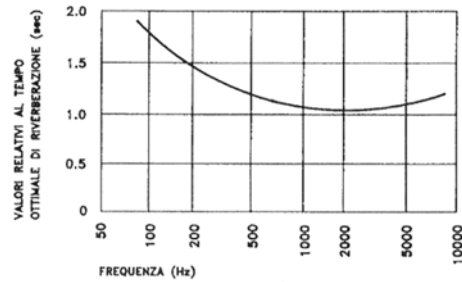
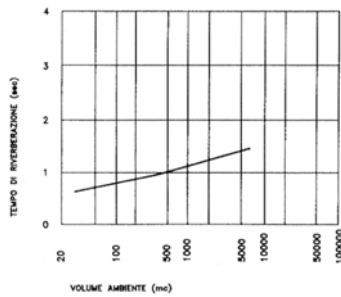
Non è stata ancora emanata una norma che indichi i requisiti di fonoassorbimento da garantire all'atto della progettazione o della costruzione di un edificio.

$$T_{60} < 1 \text{ s}$$

Scuole

I requisiti acustici relativi agli edifici scolastici sono definiti dal D.M. 18 dicembre 1975

"Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica"



Ospedali, case di cura e di riposo

Grandi ambienti

Aspetti negativi

Superfici riflettenti

Altezze non troppo elevate

Soluzioni

Controsoffittatura

Sale riunioni e biblioteche

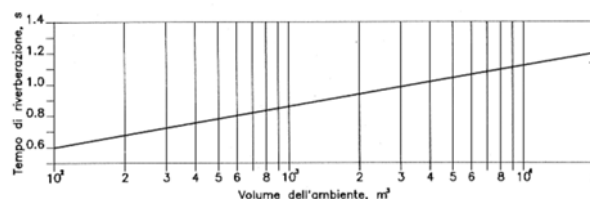
Finalità

Basso rumore di fondo

Controsoffitti

Soluzioni

Schermi (fissi o mobili)



Materiali fonoassorbenti

I materiali assorbenti sono largamente utilizzati nel trattamento acustico degli ambienti per ridurre l'energia sonora riverberata.

Sceita dei materiali

Durata	Il deterioramento dovuto all'umidità, ai fumi e alle polveri può influenzare sia l'aspetto che le caratteristiche fisiche
Combustibilità	In quasi tutte le applicazioni è richiesta la non infiammabilità o, perlomeno, la capacità di autoestinzione
Lavabilità	Per alcuni tipi di materiali è necessario che il rivestimento possa essere lavato
Pittura	Utile per poter rinnovare l'aspetto estetico qualora logorato dal tempo. Tale caratteristica deve essere eventualmente specificata dal costruttore
Resistenza meccanica	Le superfici devono garantire un'adeguata robustezza superficiale. È il caso tipico delle pareti laterali delle sale mensa o degli ambienti di lavoro
Estetica	Favorire la scelta di materiali adatti all'ambiente nel quale sono installati allo scopo di conferire un aspetto gradevole
Assorbimento acustico	Dati di bibliografia o forniti direttamente dal produttore (valori di assorbimento nelle bande d'ottava comprese tra 125 e 4.000 Hz)

Controsoffitti fonoassorbenti

Il sistema maggiormente impiegato per la correzione acustica di un ambiente è la realizzazione di un **controsoffitto fonoassorbente**.

Intervento correttivo sufficiente

Pregi

Non soggetto a urti e imbrattamento

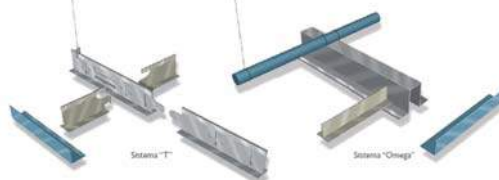
Materiali

Alluminio

PVC

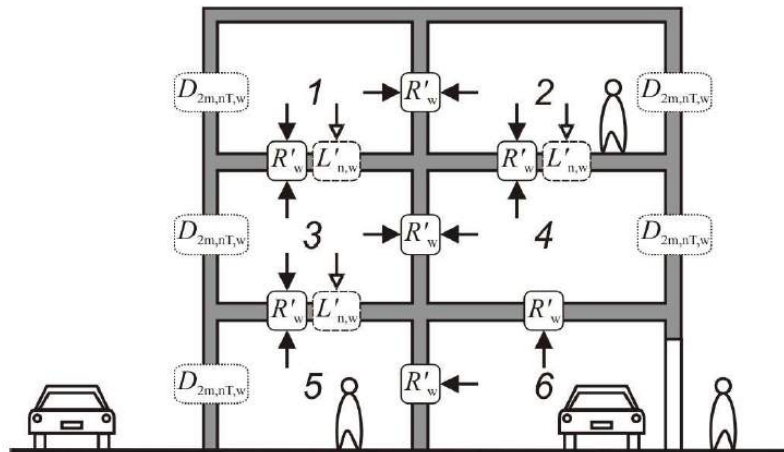
Gesso

Fibre minerali



Perché una norma sulla classificazione acustica delle unità immobiliari?

- I problemi di applicazione del provvedimento di legge sui requisiti acustici passivi degli edifici (DPCM 5/12/1997) hanno reso necessaria una **soluzione** basata sui principi della volontarietà.



L'evoluzione del quadro normativo e legislativo nazionale

Anno	Documento tecnico/legislativo
1966	Circ. Min. n° 1769 del 30 aprile 1966, Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie
1975	DM 18/12/75 Norme tecniche aggiornate per l'edilizia scolastica
1997	DPCM 5/12/97, Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici
2002	UNI EN ISO 12354, Acustica edilizia – Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti
2005	UNI TR 11175, Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale
2009	Legge 88/09 – Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee (art. 11, c. 5)
2010	Legge 96/10 Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità Europee (art. 15)
2010	UNI 11367 - Acustica – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera
2013	Sentenza 2013/103 della Corte Costituzionale
201?	D.Lgs (?) - Disposizioni in materia di classificazione dei requisiti acustici degli edifici in attuazione della delega al Governo per il riordino della disciplina in materia di inquinamento acustico di cui all'articolo 11 della legge 7/7/09, n.88

L'evoluzione legislativa

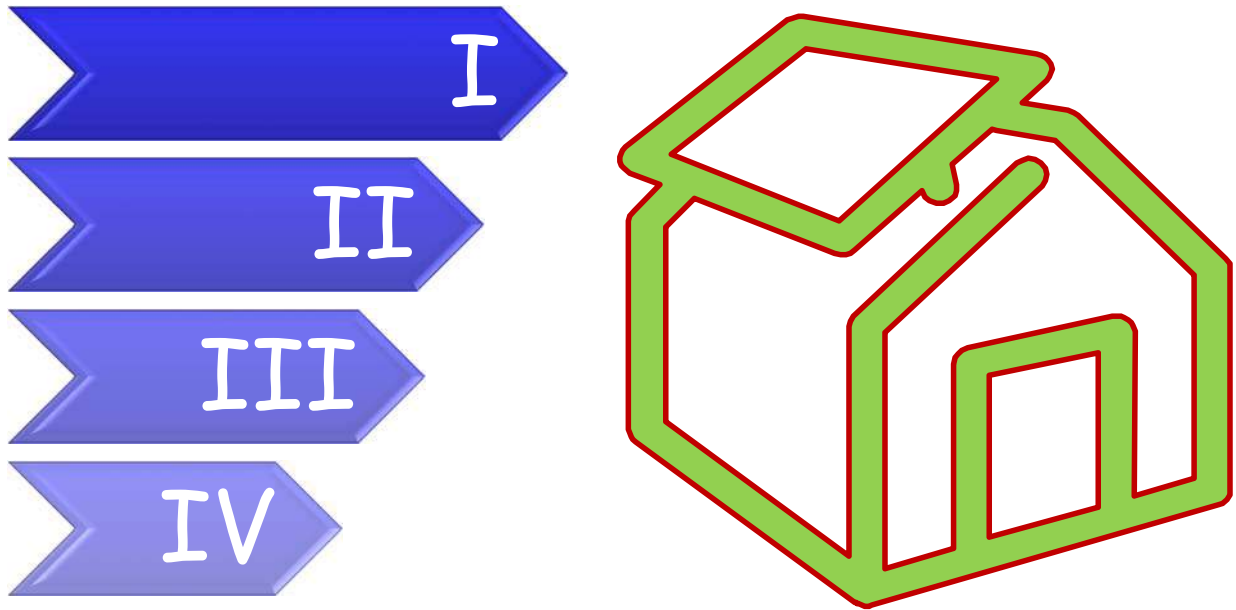
- La Legge 4 giugno 2010, n.96: "Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee - Legge comunitaria 2009", riportava, all'art.15, alcune modifiche all'art.11 della legge 7 luglio 2009, n.88 (Legge comunitaria 2008), introducendo alcune **variazioni alla legislazione sull'isolamento acustico in edilizia**.
- La Legge 96/10 dava delega al Governo per riordinare la disciplina in materia di acustica e adeguarsi alla legislazione comunitaria entro 12 mesi (con **scadenza al 10 luglio 2010**).
- I nuovi decreti sui requisiti acustici passivi e sulla progettazione acustica degli edifici e delle infrastrutture non sono stati emanati; la delega è scaduta e non è stata prorogata; pertanto il **DPCM 5/12/97 resta l'unico riferimento di legge pienamente vigente**.
- La Corte Costituzionale, con sentenza del 22 maggio 2013, n.103, ha dichiarato l'**illegittimità costituzionale** dell'art. 15, comma 1, lettera c), della Legge 4 giugno 2010 n.96, sostitutivo dell'art.11, comma 5, della Legge 7 luglio 2009 n.88
- È stata presa in considerazione più volte l'elaborazione di una bozza di decreto di "**aggiornamento e riordino**" del DPCM 5/12/97.

Gli argomenti in discussione per un nuovo testo legislativo

- Classificazione acustica **obbligatoria**?
- Solo per nuovo o anche per **esistente**?
- Valore limite per la classificazione riferito alla **classe III** della norma UNI
- Valori limite anche per le prestazioni dei **singoli elementi tecnici**?
- **Abitabilità/agibilità** subordinata al rilascio dell'attestato di classificazione acustica?
- **Sanzioni**?

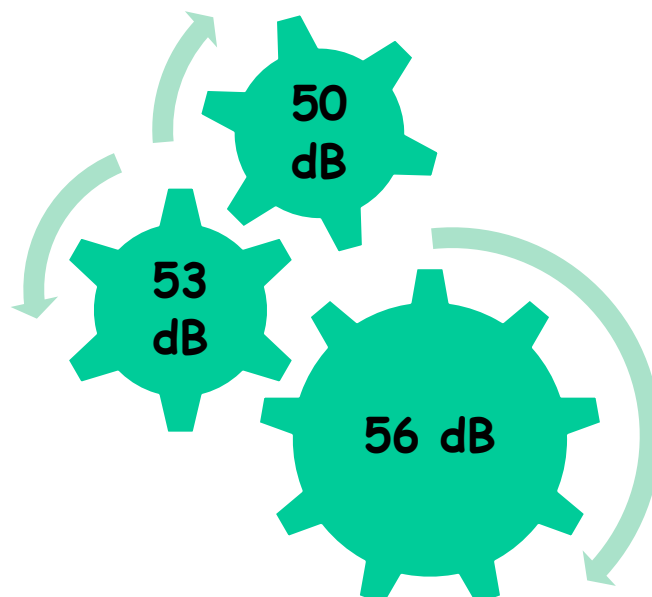
Perché la classificazione acustica degli edifici

- Fornire una chiave di lettura più semplice ed immediata agli utenti finali (gli acquirenti)



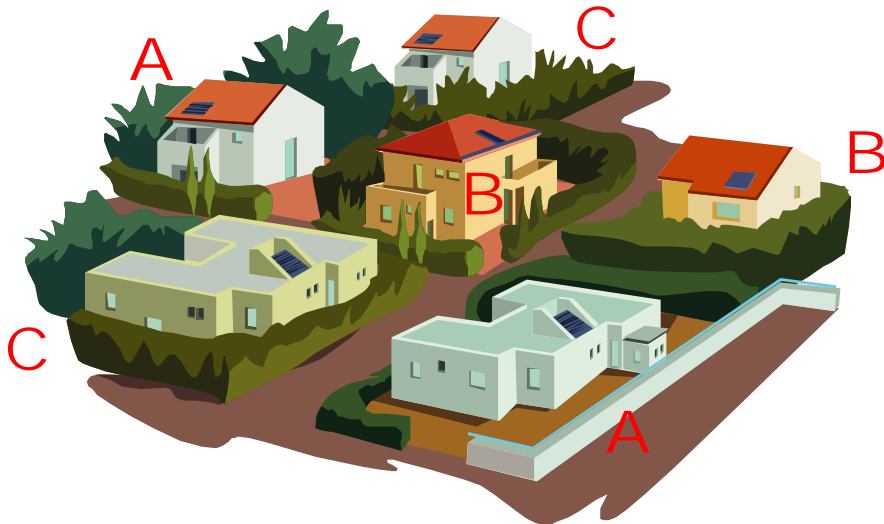
Perché la classificazione acustica degli edifici

- Sviluppare un sistema che incentivi il miglioramento continuo della produzione edilizia



Perché la classificazione acustica degli edifici

- Uscire dal meccanismo della cogenza e depotenziare l'impatto di possibili contenziosi tra acquirenti e costruttori/progettisti.



La classificazione acustica degli edifici

Norma UNI 11367:

- quattro classi prestazionali (I, II, III, IV);
- classificazione effettuata esclusivamente sulla base delle prestazioni valutate in opera;
- parametri analoghi a quelli già in uso per il DPCM 5/12/97;
- classificazione dell'unità immobiliare a partire dalle prestazioni degli elementi tecnici che la compongono;
- esclusione di scuole ed ospedali (solo livelli prestazionali di base e superiori);
- classificazione indipendente dalla destinazione d'uso (esclusione di specifiche destinazioni d'uso quando non è rilevante l'esigenza di protezione dal rumore);
- Valutazione delle prestazioni acustiche degli elementi di partizione interna degli alberghi (considerati come un'unica unità immobiliare);
- introduzione dell'incertezza di misura;
- possibilità di effettuare un campionamento degli elementi tecnici per gli edifici seriali (tenendo conto dell'incertezza di campionamento);
- ambienti acusticamente verificabili solo se gli allestimenti di misura sono conformi almeno alle prescrizione della norma UNI EN ISO 140-14;
- procedura specifica per la determinazione del rumore degli impianti;
- possibilità di valutazione qualitativa anche con parametri alternativi (DnT);
- indicazioni per la valutazione del tempo di riverberazione in relazione alla destinazione d'uso degli ambienti

La cultura della verifica e del controllo

Il grave **ritardo** delle amministrazioni comunali nell'adeguamento degli strumenti urbanistici alle disposizioni della Legge Quadro ha causato notevoli incomprensioni ed ostacoli nell'applicazione del DPCM 5/12/97.

Questa situazione è stata favorita anche dall'**assenza** di specifiche disposizioni di vigilanza e sanzione all'interno del DPCM 5/12/97, che non ha permesso un effettivo controllo della qualità delle opere eseguite.

È auspicabile una maggiore **sensibilizzazione** degli operatori del settore, in primo luogo progettisti ed imprese di costruzione, ma anche amministratori e tecnici pubblici.

La cultura della verifica e del controllo

La presa di coscienza del problema della **qualità acustica** da parte dei soggetti che operano nel mercato dell'edilizia è necessaria per rendere effettivamente applicabili le attuali tecniche di valutazione e progettazione.

Finché il problema dei requisiti acustici passivi degli edifici verrà vissuto come un problema "scomodo", ma comunque trascurabile o dilazionabile nel tempo, non sarà possibile pervenire alla cosiddetta "**progettazione integrata**" del sistema edificio-strutture-impianti, che permette di evitare sul nascere o di limitare la maggior parte dei problemi.

Gli **strumenti progettuali** in acustica, già disponibili, sono rappresentati dalle norme della serie **UNI EN 12354** e dal documento tecnico **UNI/TR 11175**.

Le prospettive della classificazione acustica delle unità immobiliari

Il passaggio dai **requisiti minimi cogenti** alla **classificazione prestazionale** sulla base dei metodi forniti dalla norma **UNI 11367** (in analogia a quanto avviene per il risparmio energetico) può rendere più semplice e trasparente la gestione del processo di realizzazione degli immobili, affidando al mercato la definizione del valore finale del bene.

L'emanazione della norma **UNI 11367** fornisce gli strumenti operativi di verifica in opera necessari per la completa revisione del DPCM 5/12/97.

Criticità della verifica in opera

La contrazione del mercato immobiliare e le ridotte capacità di investimento portano gli acquirenti ad una **maggiore attenzione**, in particolare verso i requisiti tecnici che maggiormente possono incidere sul valore del bene.

Le tendenze attuali nella gestione dei contenziosi derivanti dalla mancata verifica dei requisiti acustici passivi sono orientate verso:

- la **sospensione dell'abitabilità** fino al ripristino (procedimento amministrativo);
- **risoluzione dei contratti di acquisto** (contenzioso civile).

UNI 11367 - luglio 2010

ACUSTICA IN EDILIZIA

CLASSIFICAZIONE ACUSTICA DELLE UNITA IMMOBILIARI

PROCEDURA DI VALUTAZIONE E VERIFICA IN OPERA

Tale norma non risulta essere obbligatoria, ma "costituisce regola d'arte per la valutazione della diligenza dell'adempimento di attività professionali e di prestazione d'opera e in definitiva anche per la definizione dei requisiti acustici delle unità immobiliari".

UNI 11367 - CAMPO DI APPLICAZIONE E CLASSI

- La classificazione è applicabile a tutte le unità immobiliari con destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale ed industriale.
- Per classificare un ambiente ci si riferisce a valori misurati in opera, NON a valori stimati con metodi previsionali.
- La verifica acustica ai fini della classificazione acustica a seguito di un intervento edilizio va eseguita a lavori ultimati.

CLASSE	R'w	D'2mnTw	L'nw	Lid	Lic
I	≥ 56	≥ 43	≤ 53	≤ 30	≤ 25
II	≥ 53	≥ 40	≤ 58	≤ 33	≤ 28
III	≥ 50	≥ 37	≤ 63	≤ 37	≤ 32
IV	≥ 45	≥ 32	≤ 68	≤ 42	≤ 37
DPCM 5/12/97 (Residenz.)	50	40	63	35	35

Valori limite delle classi acustiche

La UNI 11367 prevede quattro classi acustiche: I, II, III, IV. La Classe I individua le prestazioni migliori e la IV prestazioni modeste. La tabella che segue indica i valori limite delle varie classi.

Classe Acustica	Indici di valutazione					Alberghi	
	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	R'_w [dB]	L'_{nw} [dB]	L_{ic} [dBA]	L_{id} [dBA]	$D_{nT,w}$ [dB]	L'_{nw} [dB]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30	≥ 56	≤ 53
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33	≥ 53	≤ 58
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37	≥ 50	≤ 63
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42	≥ 45	≤ 68

- I parametri L_{ic} e L_{id} dipendono rispettivamente dai rumori da impianti a funzionamento continuo e discontinuo.
- Gli immobili caratterizzati da prestazioni peggiori rispetto alla Classe IV vengono identificati con l'acronimo NC (Non Classificabile).
- Per gli alberghi sono previsti valori da rispettare anche per l'isolamento ai rumori aerei e da calpestio tra le camere.

Come si determina la classe acustica di una unità immobiliare?

La classe acustica di ogni descrittore ($D_{2m,nT,w}$, R'_w , $L'_{n,w}$, L_{ic} e L_{id}) si determina mediante misurazioni fonometriche eseguite sull'edificio. In estrema sintesi la procedura prevede di:

1. Rilevare le prestazioni acustiche degli elementi tecnici pertinenti
2. "Peggiorare" le prestazioni rilevate con coefficienti che considerano "l'incertezza di misura"
3. Mediare i risultati tra loro (con specifiche relazioni matematiche)
4. Individuare la classe acustica confrontando il valore medio, calcolato al punto precedente, con i limiti della tabella

E' opportuno evidenziare che la classe acustica dipende quindi dalla "prestazione media" dell'intera unità immobiliare (Punto 3). Ad esempio, la classe di isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nT,w}$) dipende da tutte le facciate dell'unità immobiliare, non solo dalla migliore o dalla peggiore.

Infine la "classe acustica globale" si determina mediando tra loro le singole classi.

Unità immobiliare UI ...					
Classe globale	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	L'_{nw}	L_{ic}	L_{id}
III	III	II	IV	III	III

UNI 11637 - Classificazione Acustica

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione. Su tale base la norma stabilisce inoltre una **classificazione acustica** (in riferimento ad ognuno dei requisiti), per l'intera unità immobiliare (salvo alcune tipologie). È infine proposta una valutazione sintetica (con un unico indice descrittore) dell'insieme dei requisiti per unità immobiliare.

I criteri stabiliti nella presente norma sono applicabili a tutte le unità immobiliari con **destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale e industriale**.

UNI 11637 - 10 Appendici

APPENDICI

La norma comprende 10 appendici, normative e informative. Di particolare importanza le parti G e H che analizzano il tema del campionamento. Nel caso in un edificio vi siano più elementi tecnici identici tra loro, la norma propone un metodo per limitare le misure ad alcuni elementi campione ed estendere i risultati, opportunamente corretti, agli altri elementi. Di seguito si riporta un elenco sintetico delle Appendici.

A	Valori per ospedali e scuole	F	Incertezza di misura
B	Isolamento tra UI e vani scala	G	Campionamento degli elementi tecnici
C	Valutazione del tempo di riverbero	H	Elaborazione dati campionamento
D	Valutazione rumore impianti	I	Esempi
E	Misura isolamento utilizzando D_{nT}	L	classificazione e benessere acustico

UNI 11367

La classificazione un'unità immobiliare è applicabile a tutte le unità immobiliari con destinazione d'uso diversa da quella agricola, artigianale o industriale. Infatti è prevista per le seguenti tipologie:

- Residenziale
- direzionale ed uffici
- ricettiva (alberghi, pensioni e simili)
- di culto
- commerciale

Non è prevista la classificazione per:

- ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
- Scuole a tutti i livelli e assimilabili

Per questi immobili sono previsti (appendice A) valori di riferimento per ognuno dei requisiti considerati.

UNI 11637 - Esclusioni

Esclusi dalla classificazione:

Unità immobiliari destinate ad attività ricreative e di culto

Unità immobiliari di edifici ad esclusivo uso commerciale (ristoranti, bar, negozi...)



Classi acustiche

La determinazione del valore di ogni requisito acustico di un'unità immobiliare si fonda sulla verifica acustica eseguita in opera (ambienti finiti).

Se la misurazione della prestazione dell'elemento tecnico non è realizzabile, l'elemento risulta **non verificabile**

Definizioni

Unità immobiliare UI: **Porzione di fabbricato, o un fabbricato, o un insieme di fabbricati ovvero un'area che, nello stato in cui si trova e secondo l'uso locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale.**

- Ambienti abitativi: porzioni di unità immobiliare completamente delimitate, destinata al soggiorno ed alla permanenza di persone per lo svolgimento di attività e funzioni caratterizzanti la destinazione d'uso.
- Ambienti accessori o di servizio: parti di unità immobiliare con funzione diversa da quella abitativa (ambienti comuni, vani tecnici, rimesse). Sono considerati ambienti di servizio i corridoi, le scale interne, i depositi, i servizi igienici.
- Ambienti verificabili acusticamente: "misurabile" secondo UNI EN ISO 140, cioè le rilevazioni fonometriche possono essere realizzate solo in locali di dimensioni sufficienti a consentire l'allestimento di misurazioni in conformità ai procedimenti di prova descritti nelle norme tecniche di riferimento.
- Edificio: sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che racchiudono un volume
- Impianto a funzionamento continuo: es. impianti HVAC.
- Impianto a funzionamento discontinuo: impianti idrosanitari, ascensori etc.

Descrittori

Il descrittore per l'isolamento acustico di facciata è l'indice di valutazione di:

- Isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT}$;

I descrittori per l'isolamento ai rumori aerei di partizioni verticali e orizzontali sono gli indici di valutazione di:

- Potere fonoisolante apparente $R'w$ (**prestazione di un elemento**);
- Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $DnTw$ (**livello di protezione**) richiesto per le partizioni delle camere di albergo;

Il descrittore per il livello di rumore di calpestio di partizioni orizzontali è l'indice di valutazione di:

- Livello di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico $L'n,W$;
- Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A degli impianti a ciclo continuo L_{ic} ($L_{eq}(A)$) corretto per il rumore residuo e il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente
- Livello massimo di pressione sonora ponderato A , rilevato con caratteristica dinamica *Slow*, degli impianti a ciclo discontinuo L_{id} ($L_{AS,max}$) corretto per il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente;
- Valore utile: valore misurato corretto con l'incertezza.

Relazione

La relazione di verifica in opera e di classificazione acustica contiene almeno:

- l'elenco delle norme di riferimento utilizzate;
- l'eventuale descrizione della procedura di scelta dei campioni di prova;
- la descrizione degli ambienti di prova, delle partizioni e degli impianti verificati e delle postazioni di misurazione;
- l'impostazione e l'eventuale regolazione dei parametri dei singoli elementi tecnici ritenuti rilevanti a giudizio del tecnico che esegue la prova;
- i rapporti relativi alle prove effettuate redatti in conformità alla normativa tecnica applicabile, i calcoli effettuati e la classificazione acustica ottenuta;
- le misure di eventuali parametri secondari, influenti sui parametri oggetto di valutazione;
- nel caso di utilizzo delle tecniche di campionamento, i calcoli relativi alla determinazione dell'incertezza, con l'espressa indicazione del livello di fiducia utilizzato per i calcoli.
- La relazione deve essere firmata dal tecnico che l'ha eseguita.

Classificazione acustica

Destinazioni d'uso:

- residenziale,
- direzionale ed ufficio,
- ricettiva (alberghi, pensioni e simili),
- ricreativa,
- di culto,
- commerciale;

UNI 11637 - Le classi

Classe	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	L'_{nw}	L_{ic}	L_{id}
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Qualora per un requisito si riscontrino prestazioni peggiori rispetto a quelle della classe IV, esso si considera NC.

Categoria	D.P.C.M. 05/12/1997				
	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	L'_{nw}	L_{Aeq}	L_{ASmax}
A	≥ 40	≥ 50	≤ 63	≤ 35	≤ 35

Prospetto 1

Classe	Indici di valutazione				
	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ dB	b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w dB	c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{ic} dB(A)	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_{id} dB(A)
I	≥43	≥56	≤53	≤25	≤30
II	≥40	≥53	≤58	≤28	≤33
III	≥37	≥50	≤63	≤32	≤37
IV	≥32	≥45	≤68	≤37	≤42

Valori limite

Nel caso vengano rilevate in opera prestazioni peggiori rispetto alla classe IV il requisito non risulta classificabile (NC). Se un descrittore non è significativo per l'unità immobiliare in esame, ad esempio un appartamento non soggetto a rumori da impianti a funzionamento continuo, si utilizza la sigla NP, «non pertinente».

I limiti della tabella sono validi per tutte le destinazioni d'uso ad eccezione di ospedali e scuola. Per queste tipologie di edifici la norma propone nell'Appendice A alcuni valori di riferimento per definire costruzioni con prestazioni acustiche «di base» o «superiori».

UNI 11637 - Chiarimenti

Classe	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ dB
	I
II	≥ 40
III	≥ 37
IV	≥ 32



Facciate



Falde dei tetti nei
sottotetti abitabili



Sistemi oscuranti aperti

UNI 11637 - Chiarimenti

Classe	b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w dB
	I
II	≥ 53
III	≥ 50
IV	≥ 45



Pareti e solai divisori tra 2
unità immobiliari



Pareti e solai che separano
ambienti abitativi da
autorimesse, garage ecc...



Pareti e solai (senza accessi)
che separano ambienti
abitativi da parti comuni

UNI 11367 - Hotel e pensioni

Classificazione acustica di unità immobiliari in funzione di ulteriori requisiti prestazionali da applicare in caso di destinazione d'uso ricettiva

Classe	Indici di valutazione	
	g) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ dB	g) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti della stessa unità immobiliare L'_{nw} dB
I	≥ 56	≤ 53
II	≥ 53	≤ 58
III	≥ 50	≤ 63
IV	≥ 45	≤ 68



UNI 11367 - Scuole e ospedali



SCUOLE (a tutti i livelli)



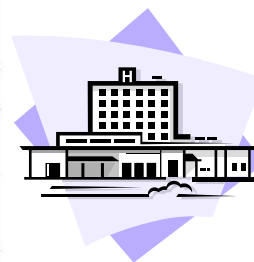
OSPEDALI, CLINICHE E CASE DI CURA

non sono soggette a classificazione. I requisiti acustici degli ambienti appartenenti a queste tipologie di unità immobiliari sono comunque da valutare in riferimento ai valori definiti in appendice A.

UNI 11367 - Scuole e ospedali

Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw} [dB]	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{iq} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni <i>i</i> fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw} [dB]	63	53



UNI 11367 - Spazi di collegamento

Prospetto B.1 Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB)

Livello prestazionale	Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB)	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

Considerazioni sulle misure in opera

Rumori aerei $R'w$: Le misure in opera di potere fonoisolante apparente ($R'w$) si eseguono su partizioni non dotate di aperture che separano: unità immobiliari distinte; ambienti abitativi da ambienti destinati ad autorimessa; ambienti abitativi da parti comuni (es: vano scale).

Facciata $D2mn,Tw$: Le misure di isolamento di facciata ($D2mn,Tw$) si effettuano con sistemi oscuranti aperti. In caso di presenza di aperture di ingresso aria, queste devono essere nella normale condizione di utilizzo. Il requisito si applica anche alle falde dei tetti nei sottotetti abitabili.

Calpestio $L'nw$: Le misure di rumore da impatto ($L'nw$) si eseguono posizionando la sorgente di rumore in unità immobiliari differenti (ad eccezione degli alberghi).

Impianti discontinui e continui $Lid Lic$: La verifica del rumore degli impianti (Lic, Lid) riguarda la misura del disturbo generato dagli impianti più rumorosi esterni all'unità immobiliare in esame. Per gli alberghi si analizzano i rumori generati in unità immobiliari differenti e nelle camere contigue. Non vengono misurati gli impianti a servizio della stessa camera.

Descrittori

Per gli alberghi sono inseriti anche i valori corrispondenti ad altre due grandezze: l'indice di l'isolamento acustico normalizzato DnT,w e il livello di calpestio normalizzato $L'nw$ fra ambienti interni, da includere nella classificazione acustica. I valori limite di ogni classe coincidono con quelli fra diverse unità immobiliari. Anche per le scuole e gli ospedali sono specificati dei valori di riferimento per le stesse due grandezze.

Non vengono adottati i fattori di adattamento spettrale per tutti i requisiti oggetto di classificazione acustica

Isolamento fra diverse unità immobiliari

Il requisito b) è riferito alle partizioni orizzontali e verticali che separano ambienti abitativi di unità immobiliari distinte Si applica inoltre:

-alle partizioni orizzontali e verticali che separano ambienti abitativi di una unità immobiliare da ambienti, individuali o collettivi, destinati ad autorimessa , box, garage;

-alle partizioni(non dotate di accessi o aperture) che separano ambienti abitativi di una unità immobiliare da parti comuni

Isolamento da calpestio

Il requisito c) è riferito al rumore da calpestio percepito all'interno degli ambienti abitativi e generato in unità immobiliari differenti Per l'esecuzione di rilievi fonometrici la sorgente normalizzata di rumore da calpestio viene posizionata in base a questo ordine preferenziale:

- sul solaio soprastante
- su solai laterali
- nell'ambiente sottostante

Rumore degli impianti

I requisiti d) ed e) sono riferiti al livello di rumore degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo installati all'esterno dell'unità immobiliare.

Per gli alberghi e le pensioni la valutazione dei requisiti d) ed e) si estende anche agli impianti della stessa unità immobiliare (es. impianti sanitari di camere contigue), ma non ad impianti a servizio della stessa camera o dello stesso appartamento.

Isolamento all'interno della stessa unità immobiliare

I requisiti f) e g) sono riferiti alle partizioni orizzontali e verticali che separano ambienti abitativi della stessa unità immobiliare. Non si applica alle partizioni interne di appartamenti composti da più camere.

Valutazione dei requisiti

Le valutazioni riguardano tutti gli elementi tecnici di ambienti per i quali sia possibile effettuare le misurazioni in conformità alle norme indicate. Sono esclusi dalla valutazione gli elementi tecnici costituiti da chiusure e partizioni interne che delimitano ambienti accessori e di servizio ad uso individuale.

Procedimento di valutazione

Si identificano tutti gli elementi tecnici verificabili dell'unità immobiliare. Si determina, per ogni elemento tecnico individuato al passo a), il valore utile, vale a dire il valore dei pertinenti requisiti, corretto con l'incertezza di misura. Per ogni requisito considerato si determina la classe dell'unità immobiliare secondo una definita metodologia.

Procedimento di valutazione

In linea generale, il valore di un requisito deve essere determinato attraverso misurazioni per ognuno degli elementi tecnici misurabili. Nel caso di sistemi edilizi caratterizzati da tipologie seriali, ovvero con elementi tecnici che si ripetono, è consentito effettuare prove su elementi tecnici campione, estendendo il risultato agli altri elementi tecnici. I criteri di campionamento sono descritti nell'appendice G. La determinazione del valore dei requisiti è descritta in appendice H.

Procedimento di valutazione

Sono esclusi dalla procedura:

- **UI destinate ad attività di culto e intrattenimento** con requisiti di qualità acustica (sale da concerto, chiese)
- **UI di edifici ad uso esclusivo commerciale.**
- qualora tali unità immobiliari facciano parte di edifici aventi **destinazioni d'uso miste**, devono essere valutati tutti i requisiti ad **esclusione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata**

Metodo di calcolo

In generale, il valore complessivo Y_r di un determinato requisito r espresso attraverso un livello di rumore (ricevuto o residuo), si ottiene applicando la formula seguente:

$$Y_r = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{X_i}{10}}}{n}$$

Metodo di calcolo

In generale, il valore complessivo X_r di un determinato requisito r espresso attraverso un livello di isolamento acustico, si ottiene applicando la formula seguente:

$$X_r = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{-\frac{X_i}{10}}}{n}$$

Classificazione acustica

- $D_{2m,nT}$ per ambienti abitativi;
- $R'w$ tra UI distinte o tra ambienti abitativi e accessori della stessa unità, o tra ambienti abitativi di una unità e parti comuni;
- $L'n$ tra UI distinte;
- L_{ic} e L_{id} in unità diverse da quelle servite dagli impianti stessi;
- nel caso di destinazione d'uso ricettiva, valutazione anche per impianti della stessa unità (ma non della stessa camera, nel caso degli impianti sanitari)

Classificazione acustica Prospetto 2

Nel caso di destinazione d'uso ricettiva vi sono requisiti ulteriori

Classe	Indici di valutazione	
	g) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ dB	g) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti della stessa unità immobiliare L'_{nw} dB
I	≥ 56	≤ 53
II	≥ 53	≤ 58
III	≥ 50	≤ 63
IV	≥ 45	≤ 68

Valutazione dei requisiti

- **D_{2m,nT}**
- le coppie affaccio-sorgente vengono ponderate con criterio energetico

$$D_{2m} = -10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \sum 10^{-\frac{D_i}{10}} \right)$$

- quindi si ricava l'indice di valutazione

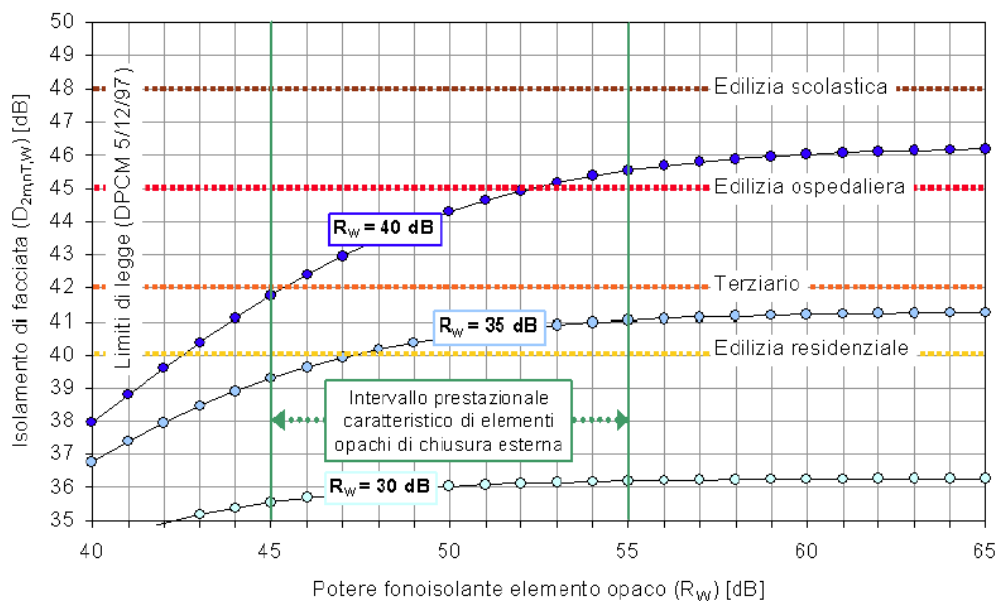
Valutazione dei requisiti

- **R'_w**
- media energetica sulle partizioni verticali (spettrale)
- media energetica sulle partizioni orizzontali (spettrale)

$$R'_w = -10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \sum 10^{-\frac{R'_i}{10}} \right)$$

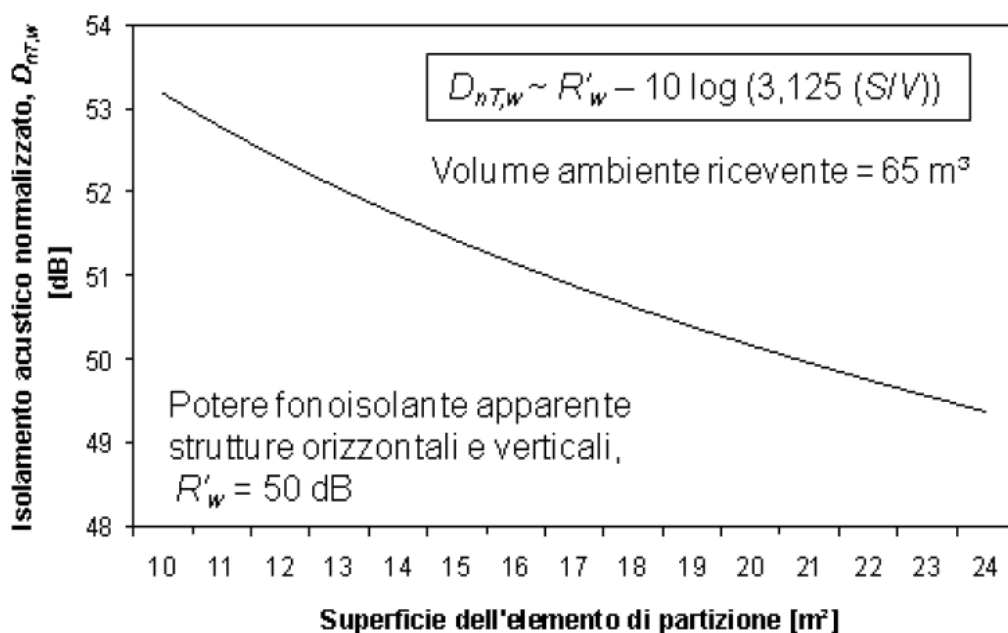
- media energetica orizzontale-verticale, quindi indice di valutazione

Valutazione dei requisiti



Isolamento di facciata calcolato per un ambiente di 4 m di larghezza, 3,5 m di profondità e 2,7 m di altezza al variare del potere fonoisolante di un serramento in legno a due ante di dimensioni 1,5x1,25 m

Valutazione dei requisiti



Valutazione dei requisiti

- **L'n**
- media energetica sugli indici di valutazione

$$L'_n = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \sum 10^{\frac{L'_{n,i}}{10}} \right)$$

- ordine preferenziale per la misura:
- dall'alto verso il basso;
- ambienti adiacenti;
- dal basso verso l'alto

Valutazione dei requisiti

- **L_{ic}**
- si applica ai livelli corretti (LA_{eq})

$$L_{ic} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \sum 10^{\frac{L_{ic,i}}{10}} \right)$$

Valutazione dei requisiti

- **Lid**
- si applica ai livelli corretti (LASmax)

$$L_{id} = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \sum 10^{\frac{L_{id,i}}{10}} \right)$$

Valutazione dei requisiti

Nel caso di partizioni, si procede nel modo seguente:

- si esegue la media energetica tra i valori utili delle partizioni verticali
- si esegue la media energetica tra i valori utili delle partizioni orizzontali
- i valori risultanti sono mediati energeticamente

Come determinare le classi acustiche

Dalla rilevazione acustica di singolo ambiente, è possibile procedere alla classificazione dell'intera unità immobiliare

Come determinare le classi acustiche

La classificazione acustica prevede di misurare in opera le caratteristiche di tutte le partizioni e gli impianti significativi per l'U.I. in esame. Ogni rilevazione deve essere «peggiorata», per tenere in conto l'incertezza di misura, secondo la tabella che segue, in modo da ottenere i «valori utili».

	$D_{2m,nT,w}$ dB	R'_w dB	L'_{nw} dB	L_{ic} dB(A)	L_{id} dB(A)
U_m	1	1	1	1,1	2,4

Il valore utile per R'_w , $D_{2m,nT}$ è

$$X = X_m - U_m$$

Il valore utile per L'_{n} , L_{ic} e L_{id} è

$$Y = Y_m + U_m$$

UNI 11367 - CLASSIFICAZIONE

L'incertezza di misura

I valori da attribuire all'incertezza estesa di misura U_m ai fini della valutazione delle classi acustiche sono riportati nel prospetto F.2. Tali valori sono arrotondati all'intero quando si applicano agli indici di valutazione delle grandezze acustiche, mentre sono espressi con un decimale quando si applicano ai livelli di rumore degli impianti.

Incertezza estesa di misure in situ espresse con numero unico

	$D_{2m,nT,w}$ dB	R'_w dB	L'_{nw} dB	L_{ic} dB(A)	L_{id} dB(A)
U_m	1	1	1	1,1	2,4

L'incertezza di campionamento (informativa)

Oltre all'incertezza di misura è possibile anche valutare l'incertezza legata al numero di prove e al livello di fiducia prescelto (70-80%)

UNI 11367 -Individuazione delle classi

La classe acustica di uno specifico descrittore si ottiene mediando i valori utili pertinenti con le relazioni matematiche indicate di seguito.

Valori medi: $R'_w, D_{2m,nT,w}, D_{nT,w}$	Valori medi: L'_{nw}, L_{ic}, L_{id}
$X, = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{-X_i}{10}}}{n}$	$Y, = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{Y_i}{10}}}{n}$

Il valor medio **arrotondato all'intero più vicino** determina la classe acustica globale. Nell'attestato di classificazione devono essere riportate, oltre alla classe acustica globale, anche le caratteristiche di tutti i descrittori, come indicato nella tabella che segue.

Unità immobiliare UI ...					
Classe	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	L'_{nw}	L_{ic}	L_{id}
III	III	II	IV	NP	III

Classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB (o dBA) peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB (o dBA) peggiori rispetto alla classe IV
Coefficiente	1	2	3	4	5	10

Come determinare le classi acustiche

La classe acustica di uno specifico descrittore si ottiene mediando i valori utili come indicato di seguito:

Valori medi R'w - D2m,nT,w - DnT,w	Valori medi L'nw - Lic - Lid
$X_r = -10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{-\frac{X_i}{10}}}{n}$	$Y_r = 10 \log \frac{\sum_{i=1}^n 10^{\frac{X_i}{10}}}{n}$

Come determinare le classi acustiche

a) si stabilisce, per ogni requisito dell'unità immobiliare, la corrispondenza tra classe di prestazione acustica e coefficiente Z di cui al prospetto

Classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB [(o dB(A)] peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB [(o dB(A)] peggiori rispetto alla classe IV
Coefficiente Z	1	2	3	4	5	10

Come determinare le classi acustiche

b) Si effettua il calcolo di cui alla formula arrotondando il risultato all'intero più vicino

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P}$$

P è il numero di requisiti considerati, Z_r è il valore del coefficiente relativo al r-esimo requisito cioè il peso. Si arrotonda Z_{UI} all'intero superiore C_{UI} , classe acustica dell'UI (≤ 4 , oltre è NC)

Come determinare le classi acustiche

c) utilizzando ancora il prospetto precedente, si determina la classe acustica globale dell'unità immobiliare in funzione del valore di Z_T .

Nell'attestato di classificazione devono essere riportate la classe acustica globale e tutti i descrittori.

Unità Immobiliare UI...					
Classe	D2m,nT,w	R'w	L'nw	Lic	Lid
III	III	II	IV	NP	III

Classificazione unità immobiliare



Esempio

Requisito	Valore utile	Classe
isolamento facciata	36	IV
isolamento tra distinte unità immobiliari	51	III
calpestio fra distinte unità immobiliari	58	II
impianti a funzionamento continuo	33,6	IV
impianti a funzionamento discontinuo	43,5	IV

Esempio

$$Z_T = \frac{3 * 4 + 1 * 3 + 1 * 2}{5} = 3,4 \rightarrow \text{III}$$

Unità immobiliare UI00	
Classe	$D_{2m,uT,w}, R'_w, L'_{u,w}, L_{Aeq,uT}, L_{ASmax,uT}$
III	(IV, III, II, IV, IV)
Calcolo della classe derivante dalla misurazione di tutti gli elementi tecnici pertinenti, per ciascun requisito, per l'unità immobiliare in esame	

Valutazione dei requisiti - Classe acustica

- Nel caso in cui non vengano misurati tutti gli elementi pertinenti ma si utilizzi un campionamento, è necessario indicare anche l'intervallo di fiducia L%.
- I risultati ottenuti con la procedura descritta vanno interpretati tenendo conto che la classificazione acustica prevede classi basate sui descrittori delle prestazioni acustiche degli elementi tecnici (facciata, partizioni interne, impianti tecnologici) che sono indipendenti sia dal contesto (ad esempio dal clima acustico esterno) sia dalla sensibilità delle persone. È possibile tuttavia, sotto particolari ipotesi, stabilire una relazione tra la classe acustica, la qualità acustica attesa dagli occupanti e il clima acustico esterno all'edificio.

Appendici

La norma comprende 10 appendici, normative ed informative. Di particolare importanza le parti G ed H che analizzano il tema del campionamento. Nel caso in cui in un edificio vi siano più elementi tecnici identici fra loro, la norma propone un metodo per limitare le misure ad alcuni elementi campione ed estendere i risultati, opportunamente corretti, agli altri elementi.

A	Valori per ospedali e scuole	F	Incertezza di misura
B	Isolamento tra UI e vani scala	G	Campionamento degli elementi tecnici
C	Valutazione del tempo di riverbero	H	Elaborazione dati campionamento
D	Valutazione rumore impianti	I	Esempi
E	Misura isolamento usando DnT	L	Classificazione e benessere acustico

Appendice A (normativa)

Valori limite di riferimento per i requisiti di ospedali e scuole

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw} [dB]	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni i fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw} [dB]	63	53

Appendice A

Valori limite di riferimento per i requisiti acustici di ospedali e scuole.

Il livello sonoro immesso da un impianto a servizio di una camera di degenza, di un'aula, o di aule polifunzionali separate da strutture mobili, deve essere valutato all'interno di ambienti acusticamente verificabili diversi dall'ambiente servito. Non sono stati definiti valori per il livello sonoro al calpestio di ambienti adiacenti, stante l'uso oggi molto frequente del massetto di ripartizione continuo.

Appendice B

Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti accessori di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture. Questo requisito non è valutato nel computo della classificazione. La metodologia è descritta nella UNI EN ISO-14

Appendice B (informativa)

L'isolamento acustico per via aerea di ambienti abitativi nei confronti di ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture, è determinato in termini di indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente abitativo ($D_{nT,w}$).

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB)	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

Appendice C

Riverberazione acustica

Fra i parametri acustici che hanno rilevanza per caratterizzare la qualità acustica degli ambienti, si considera anche il tempo di riverberazione per alcuni tipi di ambienti, e il suo valore ottimale viene definito in base alla loro destinazione d'uso e alle loro dimensioni. Oltre al tempo di riverberazione vengono introdotte altre grandezze ($C50e$ e STI) di cui vengono forniti alcuni valori di riferimento. Questo requisito non è considerato ai fini della classificazione.

Appendice C (informativa)

Per ambienti per i quali è essenziale garantire una buona intellegibilità del parlato, si riportano dei valori di riferimento per quanto riguarda la qualità acustica. E' possibile riferirsi a descrittori acustici e al tempo di riverberazione.

Clarity C_{50} e Speech Transmission Index STI.
$$C_{50} = 10 \cdot \log \frac{\int_0^{50 \text{ ms}} p^2(t) dt}{\int_{50 \text{ ms}}^{\infty} p^2(t) dt}$$

STI si calcola a partire dalla funzione di trasferimento della modulazione tra sorgente e ricevitore

	C_{50} dB	STI dB
Ambienti adibiti al parlato	≥ 0	$\geq 0,6$
Ambienti adibiti ad attività sportive	≥ -2	$\geq 0,5$

Appendice C (informativa)

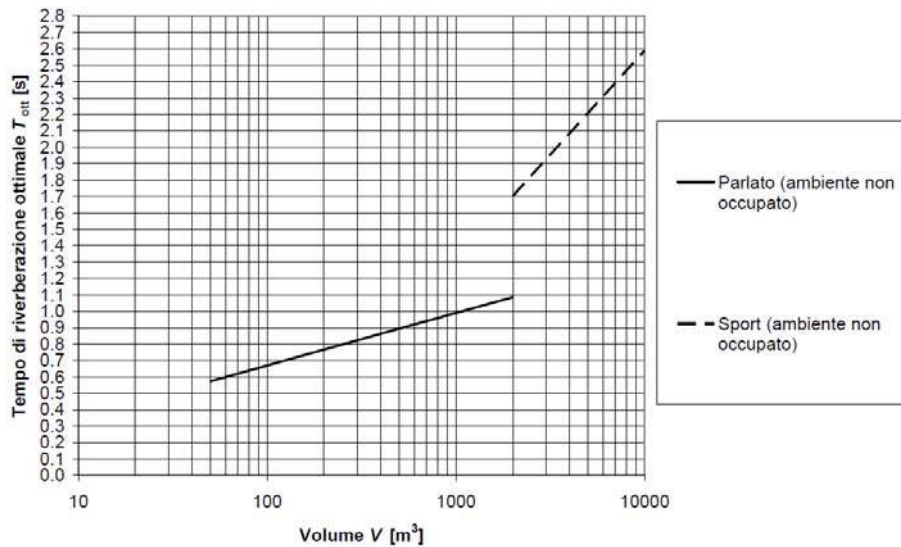
Un indice meno affidabile per la valutazione della qualità acustica è il tempo di riverberazione. Valori consigliati:

$T_{0,5} = 0.32 \log (V) + 0.03$ (ambiente non occupato adibito al parlato)

$T_{0,5} = 1.27 \log (V) - 2.49$ (ambiente non occupato adibito ad attività sportive)

Appendice C

Riverberazione acustica



Appendice D (normativa)

L'appendice è applicabile:

- alla determinazione del rumore generato da impianti a funzionamento continuo e discontinuo a servizio dell'intero sistema edilizio (centralizzati condominiali o d'uso collettivo) che viene immesso dagli ambienti accessori o di servizio di utilizzo comune o collettivo del sistema edilizio all'interno delle unità abitative;
- alla determinazione del rumore generato da impianti a funzionamento continuo e discontinuo di singole unità immobiliari (impianti individuali o autonomi, impianti ad uso privato) che viene indotto in unità immobiliari diverse da quelle servite.

È escluso il rumore generato da installazioni non permanenti e quello prodotto da elettrodomestici, sistemi di avviso e segnalazione, sicurezza o allarme.

Appendice D (normativa)

Impianti a funzionamento continuo

- Lp "fast" non oscilla più di 5 dB nel ciclo operativo
- escluse dalla misura fasi di avvio e spegnimento

Impianti a funzionamento discontinuo

- Lp "fast" oscilla più di 5 dB nel ciclo operativo

Appendice D (normativa)

Sono da preferire, in generale, gli ambienti acusticamente verificabili di una unità immobiliare in cui vi sia la presenza di un elemento di partizione orizzontale o verticale che contenga o supporti elementi impiantistici.

Nel caso degli impianti idraulici di adduzione e scarico è da preferire l'ambiente acusticamente verificabile posto al livello immediatamente inferiore a quello dell'unità immobiliare servita dall'impianto stesso.

Nel caso di impianti meccanici è da preferire l'ambiente acusticamente verificabile posto allo stesso livello dell'ambiente accessorio o di servizio o dell'unità immobiliare servita dall'impianto stesso.

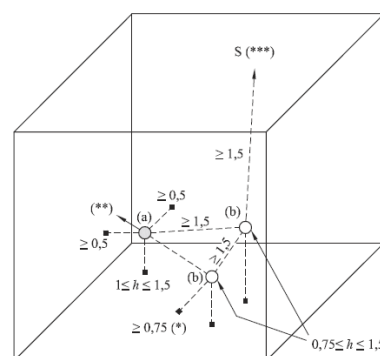
Nell'ambiente da sottoporre a verifica deve essere presente almeno un elemento tecnico caratterizzato dall'adiacenza o dalla prossimità con componenti d'impianto a servizio di una unità immobiliare adiacente o dell'intero sistema edilizio.

Appendice D (normativa)

La distanza di ciascuna posizione microfonica da qualsiasi altra sorgente sonora presente in ambiente (per esempio, prese di ventilazione) deve essere di almeno 1,5 m.

Non devono essere presenti arredi in prossimità della posizione d'angolo o schermi ed altri ostacoli tra questa e le superfici verticali ed orizzontali che delimitano l'ambiente.

In ciascuna posizione devono essere effettuate almeno due misurazioni distinte relative a cicli operativi dell'impianto in condizioni d'uso normali.



Appendice D (normativa)

- Correzioni per Limpianto

$$\Delta L = L_a - L_r$$

- Se ΔL è > 10 allora $K_1 = 0$, se $\Delta L < 4$

$$K_1 = -10 \cdot \log \left(1 - 10^{-\frac{\Delta L}{10}} \right)$$

- dB allora $K_1 = 2.2$, altrimenti

Appendice D (normativa)

- Correzioni per Limpianto

$$K_2 = -10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

$V \leq 100 \text{ m}^3$	$T_0 = 0,5 \text{ s}$
$100 < V < 2\,500 \text{ m}^3$	$T_0 = 0,05 (V)^{0,5}$
$V \geq 2\,500 \text{ m}^3$	$T_0 = 2,5 \text{ s}$

Appendice D (normativa)

- Correzioni per Limpianto

$$L_{ic} = L_{Aeq} + K_1 + K_2$$

$$L_{id} = L_{ASmax} + K_2$$

Appendice D

Rumore degli impianti

- UNI EN ISO 10052:2005 "Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti -Metodo di controllo"UNI EN ISO 16032:2005 "Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici -Metodo tecnico progettuale"
- UNI 8199:1998 "Acustica -Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione

Appendice D

Rumore degli impianti

MISURAZIONE DI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO O DISCONTINUO

- LAeq,nT, non corretto per la presenza di componenti tonali o impulsive

CONDIZIONI DEGLI AMBIENTI

Gli ambienti abitativi possono essere non arredati o arredati, purché in questo caso siano applicabili le prescrizioni sulla disposizione delle postazioni microfoniche.

Appendice D

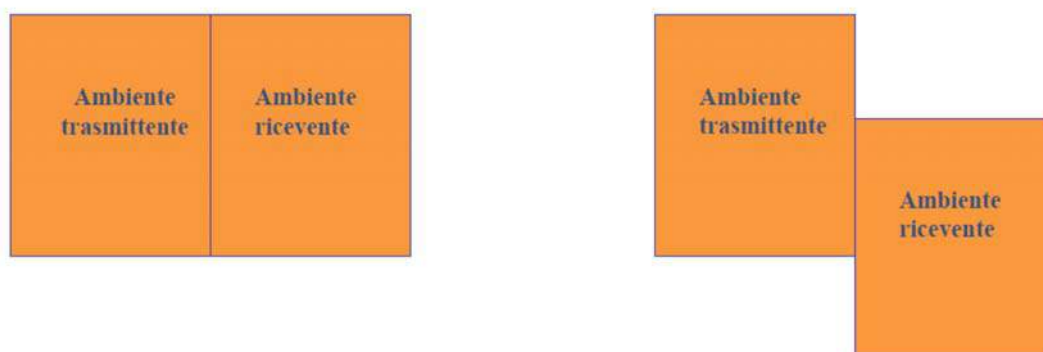
METODO DI MISURAZIONE

Si valuta il livello sonoro immesso dagli impianti a funzionamento continuo e discontinuo caratterizzati da modalità di funzionamento che presentano le maggiori potenzialità di generazione e propagazione di rumore all'interno del sistema edilizio. Si suggerisce di effettuare, in ciascun punto di misura, almeno due valutazioni per gli impianti discontinui di adduzione e scarico in ciascun ambiente individuato, basandosi, per gli impianti idraulici, sulle reti di portata maggiore (per esempio WC e scarico vasca/doccia).

Devono essere individuati gli ambienti in cui si può realisticamente ritenere più elevato il livello sonoro immesso. Sono da preferire, in generale, gli ambienti acusticamente verificabili di una unità immobiliare in cui vi sia la presenza di un elemento di partizione orizzontale o verticale che contenga o supporti elementi impiantistici.

Appendice E

Criteri di misura e di valutazione dell'isolamento acustico per via aerea fra ambienti nelle situazioni in cui non è possibile valutare il potere fonoisolante apparente o non è chiaramente definito l'elemento di separazione



Appendice E

In ognuno dei casi particolari si misura l'indice di isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{nT,w}$. Per consentire la classificazione acustica il valore $D_{nT,w}$ viene trasformato nell'indice di potere fonoisolante apparente attraverso una serie di formule.

Appendice E (informativa)

In certi casi è difficile definire $R'w$:

- ambienti riceventi non regolari (sottotetti, uffici "open space", ambienti con volumi accoppiati, ecc.);
- ambienti riceventi caratterizzati da un elevato e non omogeneo assorbimento acustico (arredato-non arredato);
- superficie comune tra due ambienti adiacenti non ben definita o assente (es partizione tra case a schiera che includa i corpi scala).

Appendice E (informativa)

Ambienti parzialmente affiancati o sovrapposti,
assorbimento elevato e non omogeneo

$$\bar{\alpha}_{(100-3150)} = \frac{A_2}{S_{r2}} \cong \frac{0.16 \cdot V_2}{S_{r2} \cdot \bar{T}_{(100-3150)}} \cong \frac{0.16 \cdot V_2}{6 \sqrt[3]{V_2^2} \cdot \bar{T}_{(100-3150)}} = \frac{\sqrt[3]{V_2}}{37.5 \cdot \bar{T}_{(100-3150)}} \geq 0.2$$

$$R'_w = D_{nT,w} - 10 \log \left(0.32 \frac{V_2}{S} \right) - 1$$

Appendice E (informativa)

Ambienti completamente o parzialmente affiancati o
sovrapposti. Presenza di volumi accoppiati o superfici
comuni di forma particolare

$$R'_w = D_{nT,w} - X$$

- $X = 4$ se $V < 80 \text{ m}^3$
- altrimenti

$$X = 10 \log \left(\frac{V_2}{31.25} \right)$$

Appendice E (informativa)

Ambienti completamente o parzialmente affiancati o sovrapposti. Presenza di volumi accoppiati o superfici comuni di forma particolare e assorbimento elevato e non omogeneo nell'ambiente ricevente

$$R'_w = D_{nT,w} - X - 1$$

- $X = 4$ se $V < 80 \text{ m}^3$
- altrimenti

$$X = 10 \log \left(\frac{V_2}{31.25} \right)$$

Appendice F (normativa)

Per ogni requisito acustico misurato si valuta l'incertezza di misura s_m , intesa come scarto tipo di riproducibilità dell'indice di valutazione delle misure; tali valori sono riportati nel prospetto seguente

Grandezza	s_m
Isolamento al rumore aereo dall'esterno dB	0,8
Isolamento al rumore aereo tra ambienti dB	1,1
Isolamento al rumore impattivo dB	1,3
Rumore di impianti a funzionamento continuo dB(A)	1,1
Rumore di impianti a funzionamento discontinuo dB(A)	2,4
Nota: Dati pubblicati nella norma olandese "NPR 5092:1999 Noise control in buildings - Assessment of results from acoustics measurement according to NEN 5077".	

Quindi l'incertezza risulta, con $k=1$, pari a U_m

$$U_m = k \cdot s_m$$

Appendice F (normativa)

I valori risultanti sono i seguenti: arrotondati all'intero quando si tratta di indici di valutazione, e al primo decimale quando sono livelli globali.

	$D_{2m,nT,w}$ dB	R'_w dB	L'_{nw} dB	L_{ic} dB(A)	L_{id} dB(A)
U_m	1	1	1	1,1	2,4

Il valore utile per R'_w , $D_{2m,nT}$ è

$$X = X_m - U_m$$

Il valore utile per $L'_{n,Lic}$ e L_{id} è

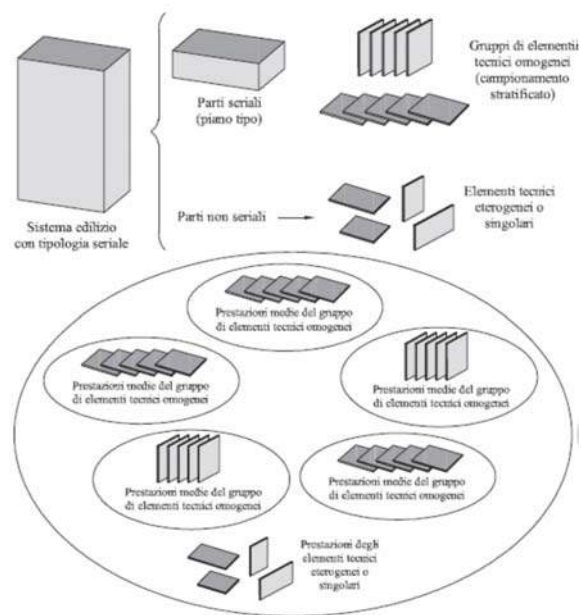
$$Y = Y_m + U_m$$

Appendice G (informativa)

Campionamento di elementi tecnici nominalmente identici di edifici con tipologia seriale a fini della effettuazione delle prove. Gli elementi tecnici possono essere considerati omogenei se sono identici per dimensione, dimensione degli ambienti, stratigrafia, tecniche di posa, attraversamenti impiantistici. L'omogeneità è sempre definita rispetto ad un determinato requisito. Sono ammesse tolleranze dimensionali del 20%.

Appendice G (informativa)

In base all'analisi costruttiva e tipologica



Raggruppamento di elementi per tipo e funzione

Appendice G

Criteri di campionamento

Nei sistemi edilizi caratterizzati da tipologie seriali, ovvero con elementi tecnici che si ripetono secondo schemi che dipendono dalle caratteristiche distributive, organizzative e funzionali degli ambienti delle unità immobiliari, è possibile adottare dei criteri di campionamento, al fine di contenere il numero complessivo di determinazioni sperimentali necessarie per la valutazione della classe acustica delle unità immobiliari.

Appendice G

- Criteri di campionamento
- I criteri di selezione del campione sono specificati nell'appendice. Una volta individuati tutti gli elementi tecnici del sistema edilizio, è possibile raggrupparli per caratteristiche e funzione (campionamento stratificato). Ciascun insieme di elementi tecnici omogenei è oggetto di specifiche valutazioni, da eseguirsi nella misura di non meno del 10% degli elementi per ciascun gruppo omogeneo e comunque per almeno 3 elementi nominalmente uguali.

Appendice G

Criteri di campionamento

In linea generale è possibile effettuare il campionamento, per ogni requisito, solo all'interno di gruppi omogenei di elementi tecnici. Nel caso di edifici o porzioni di edifici a destinazione d'uso residenziale, i gruppi omogenei devono essere costituiti da elementi appartenenti a diverse unità immobiliari. Nel caso di edifici con destinazione d'uso diversa da quella residenziale, possono essere campionati gli elementi tecnici dei singoli ambienti funzionali (ad esempio camere d'albergo, aule scolastiche, sale di degenza, uffici, etc.) La selezione e l'identificazione del campione va effettuata sulla base dall'analisi dei progetti esecutivi e delle schede tecniche relative alle strutture e agli impianti, ai loro componenti, elementi e materiali

Appendice H (informativa)

Elaborazione dei dati derivanti dal campionamento -
incertezza N elementi tecnici:

- associabili in gruppi omogenei G_h ($h=1\dots g$), con g numero totale di gruppi omogenei;
- quelli singoli, non associabili in gruppi omogenei.

$$N = \sum_{h=1}^g M_h + Q$$

- M_h è il numero totale di elementi tecnici misurabili per ogni gruppo G_h

Appendice H (informativa)

Per ogni gruppo omogeneo G_h il numero di elementi M_h (Q) può essere ripartito in m_{hj} (q_j) di elementi per ciascuna j -esima UI.

$$M_h \leq \sum_{j=1}^J m_{hj}$$

$$Q = \sum_{j=1}^J q_j$$

Appendice H (informativa)

Per ogni gruppo omogeneo G_h posso estrarre un campione C_h che sia almeno il 10% di M_h e non minore di 3.

X_{hc} valore del parametro che esprime un livello di isolamento per il gruppo G_h con $c = 1 \dots C_h$

Y_{hc} valore utile del parametro che esprime un livello di rumore per il gruppo G_h con $c = 1 \dots C_h$

X_s valore del parametro che esprime un livello di isolamento per prova singola S con $S = 1 \dots Q$

Y_s valore del parametro che esprime un livello di rumore per prova singola S con $S = 1 \dots Q$

Appendice H (informativa)

Per le prove singole l'incertezza di campionamento è nulla. Per le prove a campione di ogni singolo requisito r si calcola la media aritmetica dei valori e quindi lo scarto tipo

$$X_{he} = \frac{\sum_{c=1}^{C_h} X_{hc}}{C_h} \quad s_{shX} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_h} (X_{he} - X_{hc})^2}{C_h - 1} \frac{M_h - C_h}{M_h - 1}}$$

$$Y_{he} = \frac{\sum_{c=1}^{C_h} Y_{hc}}{C_h} \quad s_{shY} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_h} (Y_{he} - Y_{hc})^2}{C_h - 1} \frac{M_h - C_h}{M_h - 1}}$$

Appendice H (informativa)

Per valutare l'incertezza estesa di campionamento U_{sh} ci si basa su una distribuzione t di Student monolaterale, e si ricava così il valore rappresentativo del gruppo di elementi misurati

Numero di prove	Livello di fiducia		
	70%	75%	80%
3	0,62	0,82	1,06
4	0,58	0,76	0,98
5	0,57	0,74	0,94
6	0,56	0,73	0,92
7	0,55	0,72	0,91
8	0,55	0,71	0,90
9	0,55	0,71	0,89
10	0,54	0,70	0,88
11	0,54	0,70	0,88
12	0,54	0,70	0,88
13	0,54	0,70	0,87
14	0,54	0,69	0,87
15	0,54	0,69	0,87
16	0,54	0,69	0,87
17	0,54	0,69	0,86
18	0,53	0,69	0,86
19	0,53	0,69	0,86
20	0,53	0,69	0,86

$$U_{sh} = s_{sh} \cdot k$$

$$X_h = X_{he} - U_{sh}$$

$$Y_h = Y_{he} + Y_{sh}$$

Appendice H (informativa)

Il valore rappresentativo rispetto al parametro r per la j -esima UI, si ricava come sotto:

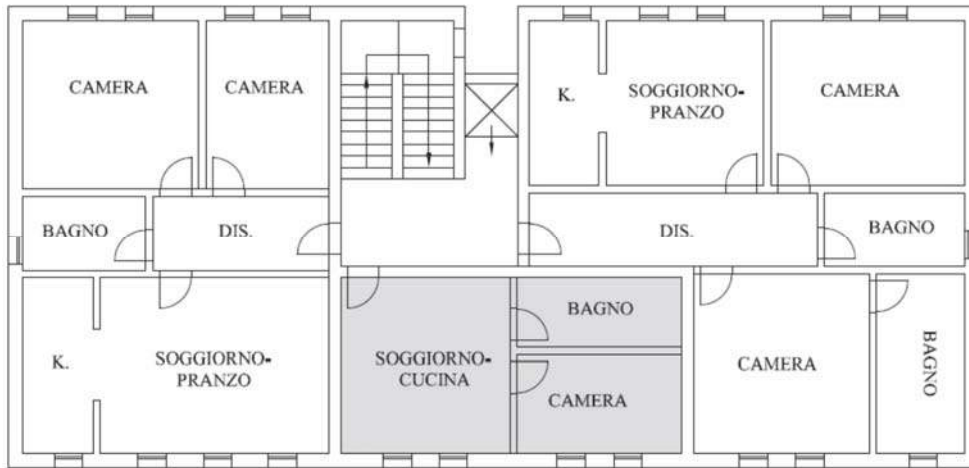
$$X_{rj} = -10 \log \frac{\sum_{h=1}^{g_j} \left(10^{-\frac{X_h}{10}} \cdot m_{hj} \right) + \sum_{S=1}^{q_j} 10^{-\frac{X_S}{10}}}{N_j}$$

$$Y_{rj} = 10 \log \frac{\sum_{h=1}^{g_j} \left(10^{\frac{Y_h}{10}} \cdot m_{hj} \right) + \sum_{S=1}^{q_j} 10^{\frac{Y_S}{10}}}{N_j}$$

$$N_j = \sum_{h=1}^{g_j} m_{hj} + q_j$$

Appendice I (informativa)

Esempio per singola unità immobiliare ad uso residenziale

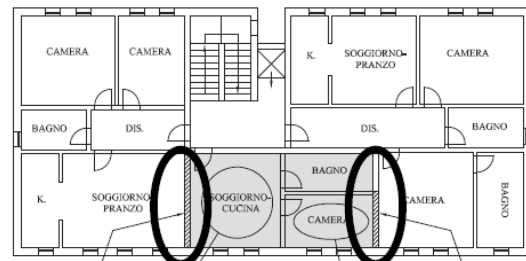
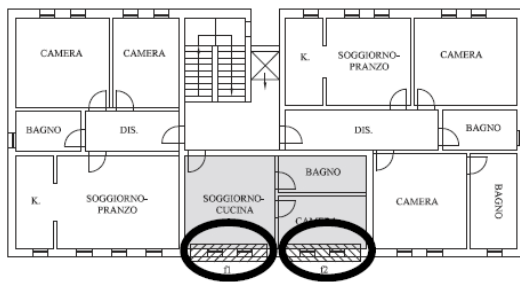


Appendice I (informativa)

Esempio per singola unità immobiliare ad uso residenziale

D2m,nT

R'w



- R5 • potere fonoisolante
apparente
della parete laterale
- R1 • potere fonoisolante
apparente
del soffitto superiore
- R2 • potere fonoisolante
apparente
del soffitto inferiore
- R3 • potere fonoisolante
apparente
del soffitto superiore
- R4 • potere fonoisolante
apparente
del soffitto inferiore
- R6 • potere fonoisolante
apparente
della parete laterale

Appendice I (informativa)

Potere fonoisolante apparente

Prove di potere fonoisolante apparente tra differenti unità	Valore misurato [dB]	Incertezza di misura [dB]	Valore utile [dB]	Direzione di misura
R1	55	1	54	verticale
R2	53	1	52	verticale
R3	54	1	53	verticale
R4	55	1	54	verticale
R5	51	1	50	orizzontale
R6	50	1	49	orizzontale

Appendice I (informativa)

Potere fonoisolante apparente

$$R'_{W,vert} = 53.2 \text{ dB}$$

$$R'_{W,oriz} = 49.5 \text{ dB}$$

$$R'_{W,UI} = -10 \log \frac{10^{-53.2/10} + 10^{-49.5/10}}{2} = 51 \text{ dB} \rightarrow \text{classe III}$$

Appendice I (informativa)

Livello di calpestio

Prove di isolamento dal rumore di calpestio	Valore misurato [dB]	Incertezza di misura [dB]	Valore utile [dB]
c1	55	1	56
c2	58	1	59

$$L'_{n,W} = 10 \log \frac{10^{56/10} + 10^{59/10}}{2} = 57.8 \text{ dB} \rightarrow \text{classe II}$$

Appendice I (informativa)

Livello di rumore di impianti a funzionamento discontinuo (non vi sono impianti a funzionamento continuo)

Prove di rumorosità indotta dagli impianti a funzionamento discontinuo	Tipo di prova	Valore misurato [dB(A)]	Incertezza di misura [dB(A)]	Valore utile [dB(A)]
d1	Scarico WC	34	2,4	36,4
d2	Scarico doccia	32	2,4	34,4

$$L_{id} = 10 \log \frac{10^{36.4/10} + 10^{34.4/10}}{2} = 35.5 \text{ dB} \rightarrow \text{classe III}$$

Appendice I (informativa)

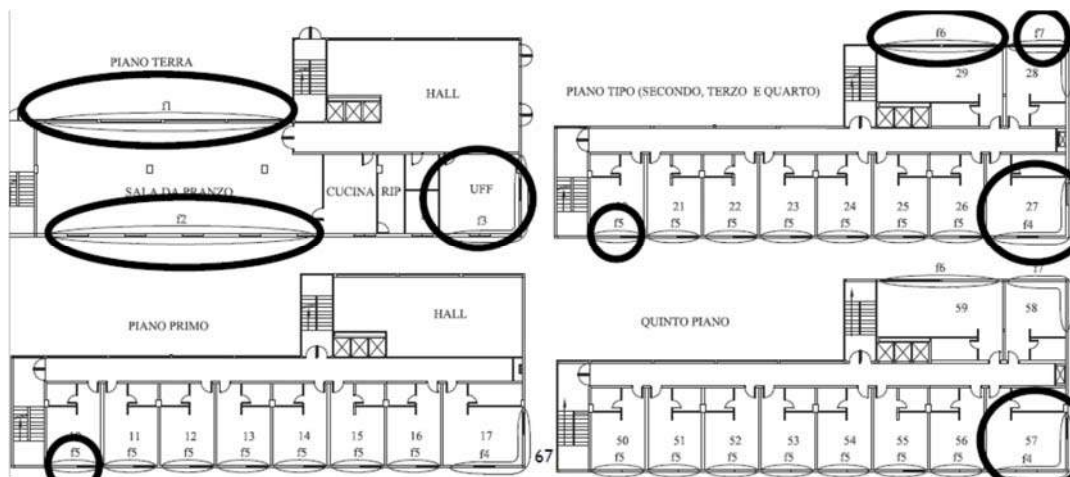
Classificazione

Requisito	Valore	Z_r
Descrittore dell'isolamento normalizzato di facciata	37,5 dB	3
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni	51,0 dB	3
Descrittore del livello di pressione sonora normalizzato da calpestio	57,8 dB	2
Livello sonoro corretto immesso da impianti discontinui	35,5 dB(A)	3
Livello sonoro corretto immesso da impianti continui	NP	-

$$Z_{UI} = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P} = \frac{3 + 3 + 2 + 3}{4} = 2.75 \rightarrow \text{classe III}$$

Appendice I (informativa)

- Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
- D2m,nT



Appendice I (informativa)

- Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
- **D2m,nT**

$$N = \sum_{h=1}^g M_h + Q = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + Q = 5 + 35 + 4 + 4 + 3 = 51$$

Gruppo omogeneo	n° elementi tecnici M_h	Elementi tecnici campione sottoposti a prova C_h
G ₁	5	3
G ₂	35	4
G ₃	4	3
G ₄	4	3

Appendice I (informativa)

- Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
- **D2m,nT**

Gruppo omogeneo	$D_{2m,n,Tw}$ misurato [dB]				$D_{2m,nTw}$ valore utile [dB] X_{hc}				Media aritmetica [dB] X_{he}
G ₁	40	41	40	-	39	40	39	-	39,3
G ₂	39	38	38	40	38	37	37	39	37,8
G ₃	36	37	36	-	35	36	35	-	35,3
G ₄	35	37	36	-	34	36	35	-	35,0

Elementi tecnici singoli	$D_{2m,n,Tw}$ misurato [dB]	$D_{2m,nTw}$ valore utile [dB] X_S
f1	35	34
f2	36	35
f3	40	39

Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
D2m,nT

Gruppo omogeneo	$D_{2m,nT}$ misurato [dB]				$D_{2m,nT}$ valore utile [dB] X_{hc}				Media aritmetica [dB] X_{he}
G ₁	40	41	40	-	39	40	39	-	39,3
G ₂	39	38	38	40	38	37	37	39	37,8
G ₃	36	37	36	-	35	36	35	-	35,3
G ₄	35	37	36	-	34	36	35	-	35,0

Si riporta ad esempio il calcolo dello scarto quadratico medio campionario per il gruppo G₁.

$$s_{s1} = \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^{C_1} (X_{1e} - X_{1c})^2}{C_1 - 1} \frac{(M_1 - C_1)}{(M_1 - 1)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot (39.3 - 39)^2 + (39.3 - 40)^2}{3 - 1} \frac{(5 - 3)}{(3 - 1)}}$$

Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
D2m,nT

Una volta calcolato lo scarto quadratico medio si è scelto l'intervallo di confidenza si può determinare l'incertezza.

Nota l'incertezza si determina infine il valore utile

Gruppo omogeneo	C_h	s_{sh}	Livello di fiducia del 75%	
			k	U_{sh}
G ₁	3	0,41	0,82	0,3
G ₂	4	0,92	0,76	0,7
G ₃	3	0,33	0,82	0,3
G ₄	3	0,58	0,82	0,5

Gruppo omogeneo	X_{he}	Livello di fiducia del 75%	
		U_{sh}	X_h
G ₁	39,3	0,3	39,0
G ₂	37,8	0,7	37,1
G ₃	35,3	0,3	35,0
G ₄	35,0	0,5	34,5

Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
D2m,nT

Dalla media energetica pesata si ricava il valore del requisito e la classe relativa

Livello di fiducia	Media energetica pesata X_p [dB]	Classe	Z_r
75%	36,7	IV	4

Appendice I (informativa)

Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
Si procede allo stesso modo per il calcolo di R'_w , L'_n , L_i .

Livello di fiducia	Requisito	Valore	Classe	Z_r
75%	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ dB	36,7	IV	4
	b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w dB	NP	NP	-
	c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB	NP	NP	-
	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_c dB(A)	NP	NP	-
	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_d dB(A)	36,5	III	3
	f) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ dB	53,1	II	2
	g) Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti della stessa unità immobiliare L'_{nw} dB	56,3	II	2

Appendice I (informativa)

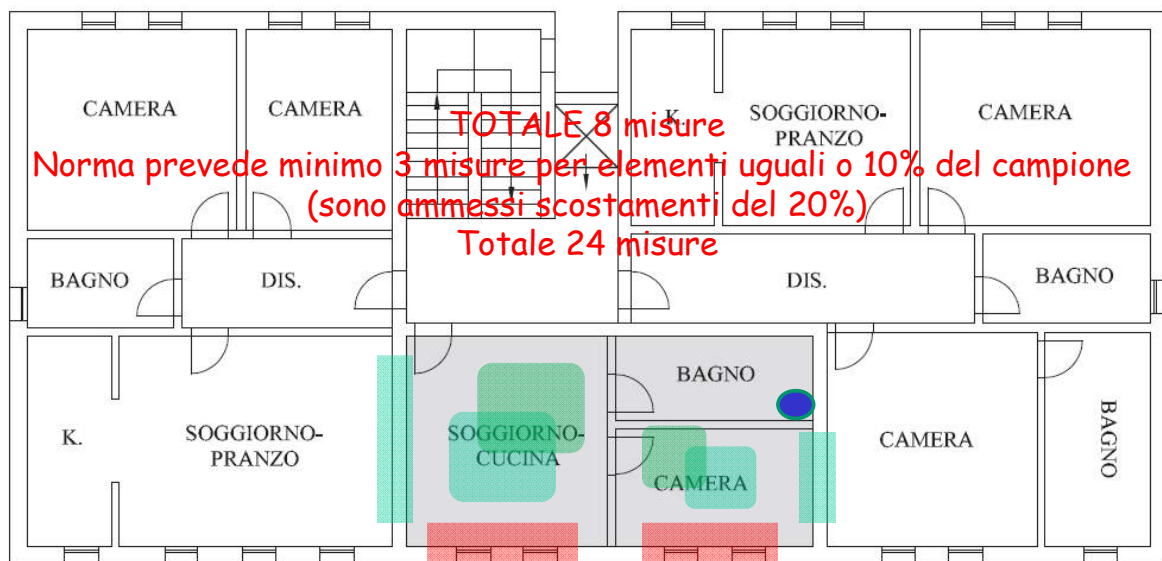
Esempio per unità con destinazione d'uso ricettiva (albergo).
Si conclude quindi con il calcolo della classe acustica.

$$Z_{UI}(75\%) = \frac{\sum_{r=1}^P Z_r}{P} = \frac{4 + 3 + 2 + 1}{4} = 2.75 \rightarrow \text{classe III}$$

UNI 11367 - quante misure??

figura 1.1 Piano tipo con evidenziata l'UI in esame

PIANO TIPO



Appendice L

Ad una determinata classe acustica di un'unità immobiliare non sempre corrisponde la stessa qualità acustica percepita da parte degli occupanti di detta unità immobiliare. Infatti, la qualità acustica percepita da una persona dipende:

- dal tipo di sorgente disturbante (livello sonoro, composizione in frequenza, andamento temporale);
- dalla prestazione acustica degli elementi di chiusura e separazione (quindi dalla loro classe acustica);
- dalla sensibilità al rumore della persona.

Appendice L

La norma tecnica, all'appendice L, spiega come interpretare i limiti delle classi. Ipotizzando una normale sensibilità al rumore dei soggetti interessati e livelli sonori disturbanti di media intensità, vengono definite due tabelle che indicano le prestazioni acustiche attese. La prima valida per i rumori interni alle unità immobiliari ($R'w$, L'_{nw} , L_{ic} , L_{id}), la seconda per l'isolamento acustico di facciata (D_{2mnTw}).

Appendice L

Classe	Prestazioni acustiche (R'w, L'nw, Lic, Lid)
I	Molto buone
II	Buone
III	Di base
IV	Modeste

Appendice L

Tipologia di area	Classe di isolamento acustico di facciata (D2mnTw)			
	IV	III	II	I
Molto silenziosa	Di base	Buone	Molto buone	Molto buone
Abbastanza silenziosa	Modeste	Di base	Buone	Molto buone
Mediamente rumorosa	Modeste	Modeste	Di base	Buone
Molto rumorosa	Modeste	Modeste	Modeste	Di base

UNI 11367 - Appendice L

Il rumore esterno

COME INTERPRETARE LE CLASSI ACUSTICHE

La norma tecnica, all'Appendice L, spiega come interpretare i limiti delle classi. Ipotizzando una normale sensibilità al rumore dei soggetti interessati e livelli sonori disturbanti di media intensità, vengono definite due tabelle che indicano le **prestazioni acustiche attese**. La prima valida per i rumori interni alle unità immobiliari (R'_{w} , L'_{nw} , L_{10} , L_{10}), la seconda per l'isolamento acustico di facciata (D_{2mntw}).

Classe acustica	Prestazioni acustiche attese (R'_{w} , L'_{nw} , L_{10} , L_{10})
I	Molto buone
II	Buone
III	Di base
IV	Modeste

Tipologia di area	Classe di isolamento acustico di facciata (D_{2mntw})			
	IV	III	II	I
Molto silenziosa	Di base	Buone	Molto buone	Molto buone
Abbastanza silenziosa	Modeste	Di base	Buone	Molto buone
Mediamente rumorosa	Modeste	Modeste	Di base	Buone
Molto rumorosa	Modeste	Modeste	Modeste	Di base

La seconda tabella in particolare correla, seppur molto qualitativamente, l'efficacia dell'isolamento di facciata con il clima acustico esterno.

Conclusioni

E' responsabilità del tecnico competente che determina la classe di una o più unità immobiliari applicare correttamente e integralmente la norma. Nel caso in cui egli ritenga di dover derogare rispetto a qualche specifico punto (ad esempio in ordine al campionamento degli elementi tecnici da sottoporre a prova), deve chiaramente esplicitare l'oggetto di tale difformità e le ragioni della scelta, evidenziando che essa non comporta errori nella valutazione della classificazione.

I valori delle classi acustiche possono essere confrontati direttamente con i limiti del DPCM 5/12/1997?

No. Anche se le tipologie di rumori considerati e i descrittori adottati nella norma UNI 11367 sono in sostanza i medesimi del DPCM 5/12/1997, i valori limite hanno significati differenti.

I limiti del DPCM 5/12/1997 sono riferiti ai singoli elementi tecnici (la singola parete, la singola facciata, ecc.). I valori limite delle classi acustiche invece riguardano una "prestazione media" dell'intera unità immobiliare.

È obbligatorio raggiungere una specifica classe acustica?

L'applicazione delle classi acustiche è generalmente volontaria e il rispetto di una specifica prestazione può essere richiamato nelle condizioni contrattuali.

Si evidenzia però che il DM 11 ottobre 2017 sui "Criteri Ambientali Minimi" ha imposto, per le gare di appalto degli edifici pubblici, il raggiungimento della **Classe II** e di altri parametri descritti nella UNI 11367 quali il comfort in ospedali e scuole, la qualità acustica interna degli ambienti e l'isolamento delle stanze rispetto alle parti comuni.

Classificazione o Conformità

- Il D.P.C.M. 5/12/1997 definisce dei **valori di conformità** da garantire in opera attraverso una operazione di "collaudo" acustico
- La norma UNI 11367 fornisce delle classi per poter **valutare** un immobile dal punto di vista acustico mediante misurazioni "in opera" dei descrittori acustici.
- **I criteri ambientali minimi "aggiornano" i valori di conformità per edifici pubblici**

Classificazione o Conformità

- Esempio un edificio residenziale (cat.A) conforme è classificabile in classi differenti a seconda dei descrittori

Categoria	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L_{A, Smax}$	L_{Aeq}
A	≥ 50	≥ 40	≤ 63	≤ 35	≤ 35

Classe	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$ (*)	L_{id}	L_{ic}
I	≥ 56	≥ 43	≤ 53	≤ 30	≤ 25
II	≥ 53	≥ 40	≤ 58	≤ 33	≤ 28
III	≥ 50	≥ 37	≤ 63	≤ 37	≤ 32
IV	≥ 45	≥ 32	≤ 68	≤ 42	≤ 37
NC	< 45	< 32	> 68	> 45	> 37

Criteri Ambientali Minimi

Con l'emanazione del Decreto 11 Gennaio 2017, "Adozione dei criteri ambientali minimi per gli arredi per interni, per l'edilizia e per i prodotti tessili", meglio conosciuto come Criteri Ambientali Minimi (C.A.M.), il legislatore, anche se limitatamente a bandi e gare di appalto di edifici pubblici, ha pubblicato nuove prescrizioni in risposta all'esigenza di garantire un certo livello di comfort acustico negli ambienti interni.

Riassumiamo in breve i requisiti richiesti dal Decreto 11 gennaio 2017, in particolare al punto 2.3.5.6 (comfort acustico):

- i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della Classe II ai sensi della norma UNI 11367;
- nel caso in cui l'edificio sia un ospedale, una casa di cura o una scuola, i requisiti acustici passivi devono soddisfare il livello di "prestazione superiore" riportato nell'Appendice A della norma UNI 11367;
- per gli ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi, devono essere rispettati i valori di "prestazione buona" indicati nell'Appendice B della UNI 11367;
- gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532 (almeno il tempo di riverberazione e lo STI).

Criteri Ambientali Minimi

- Il **DM 11 gennaio 2017**, ha introdotto i nuovi i Criteri Ambientali Minimi (CAM) per gli arredi per interni (Allegato 1), per l'edilizia (Allegato 2) e per i prodotti tessili (Allegato 3).
- In particolare l'Allegato 2 riguarda i requisiti minimi da rispettare per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la **nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici**. Tra i temi presi in considerazione vi sono l'efficienza energetica, il comfort acustico e la sostenibilità dei materiali utilizzati.
- I CAM sono stati introdotti per:
- Raggiungere gli obiettivi previsti dal *Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione*
- Promuovere modelli di produzione e consumo sostenibili e di «economia circolare»
- Per i CAM edilizia il decreto è stato sostituito dal **DM 11 ottobre 2017**, in vigore dal 7 novembre 2017.

E' obbligatorio considerare i CAM

- L'efficacia dei CAM Edilizia è stata assicurata grazie all'art. 18 della L. 221/2015 e, successivamente, all'art. 34 recante "Criteri di sostenibilità energetica e ambientale" del D.Lgs. 50/2016 "Codice degli appalti" (modificato dal D.Lgs.56/2017), che ne hanno reso obbligatoria l'applicazione da parte di tutte le stazioni appaltanti **nei documenti progettuali e di gara per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.**
- L'unica eccezione riguarda interventi effettuati nelle Zone Territoriali Omogenee «A» e «B» (Decreto Interministeriale 2/04/1968 n. 1444), per interventi di ristrutturazione edilizia, comprensiva di demolizione e ricostruzione di edifici. In questi casi le stazioni appaltanti possono applicare in misura diversa le prescrizioni riguardanti la riduzione del consumo di suolo e mantenimento della permeabilità dei suoli e l'illuminazione naturale.

Comfort acustico

Il comfort acustico viene preso in considerazione nel capitolo 2.3.5 "Qualità ambientale interna", che riguarda progetti di interventi di **nuova costruzione**, (inclusa demolizione e ricostruzione), e interventi di **ristrutturazione importante di primo livello**.

Il Decreto CAM impone prescrizioni richiamando le norme UNI 11367 (Classificazione acustica) e UNI 11532 (Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati). In particolare al paragrafo 2.3.5.6 si legge che:

I valori dei requisiti acustici passivi devono corrispondere almeno a quelli della **Classe II** della norma UNI 11367

I requisiti acustici passivi di ospedali, case di cura e scuole devono soddisfare il livello di "**prestazione superiore**" riportato nell'Appendice A della UNI 11367.

L'isolamento acustico tra ambienti di uso comune ed ambienti abitativi deve rispettare almeno i valori caratterizzati come "**prestazione buona**" nell'Appendice B della UNI 11367

Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori di tempo di riverbero (T) e intelligibilità del parlato (STI) indicati nella norma UNI 11532.

I professionisti incaricati devono dare evidenza del rispetto dei requisiti, **sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità.**

Criteri Ambientali Minimi

I professionisti sono tenuti a dare evidenza del rispetto di questi requisiti sia in fase di progetto che in fase di verifica finale della conformità (si è esonerati dalla presentazione di questa documentazione soltanto se l'edificio è sottoposto a protocolli di sostenibilità energetico-ambientale in cui siano soddisfatti tutti i requisiti richiamati nel decreto stesso).

D.M. 11 ottobre 2017

- **UNI 11367** "Acustica in edilizia. Classificazione acustica delle unità immobiliari. Procedura di valutazione e verifica in opera"
- **UNI 11532** "Acustica in edilizia. Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati"
- **UNI 11444** "Acustica in edilizia. Classificazione acustica delle unità immobiliari. Linee guida per la selezione delle unità immobiliari in edifici con caratteristiche non seriali"

CRITERI AMBIENTALI MINIMI DM 11/10/2017

per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori
per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici

2.3.5.6 Comfort acustico

I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della **classe II** ai sensi della norma UNI 11367.

Classe	Indici di valutazione				
	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2n,T,w}$ dB	b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_{w} dB	c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_c dB(A)	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_d dB(A)
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 56	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole

Gli ospedali, le case di cura e le scuole devono soddisfare il livello di «**prestazione superiore**» riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della norma 11367.

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2n,T,w}$ (dB)	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_{w} (dB)	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw} (dB)	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_c in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_d in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{T,w}$ (dB)	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni / fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{T,w}$ (dB)	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw} (dB)	63	53

D.M. 11/10/2017

- Allegato 2
- 2.3.5.6 Comfort acustico
- I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi della norma UNI 11367.

Classe	Indici di valutazione				
	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2n,T,w}$ dB	b) Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_{w} dB	c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_c dB(A)	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_d dB(A)
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 56	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

D.P.C.M. 5/12/97

Uffici ≥ 42 ≥ 50 ≤ 55 $\leq 35/25 (?)$ ≤ 35

D.M. 11/10/2017

- Allegato 2
- 2.3.5.6 Comfort acustico
- Gli ospedali, le case di cura e le scuole devono soddisfare il livello di "prestazione superiore" riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della norma 11367.

	Prestazione di base	Prestazione superiore	D.P.C.M. 5/12/97
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43	$\geq 45 - 48$
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	50	56	$\geq 55 - 50$
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw} [dB]	63	53	$< 58 - 58$
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{eq} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28	$\leq 25 - 25$
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{eq} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34	$\leq 35 - 35$
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55	
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni <i>i</i> fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50	
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw} [dB]	63	53	$\leq 58 - 58$

CRITERI AMBIENTALI MINIMI DM 11/10/2017

per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori
per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici

2.3.5.6 Comfort acustico

Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come «prestazione buona» nel prospetto B.1 dell'appendice B alla norma UNI 11367.



Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB)	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 26

CRITERI AMBIENTALI MINIMI DM 11/10/2017

per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori
per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici

2.3.5.6 Comfort acustico

Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532.

I descrittori acustici da utilizzare sono:

- quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità Immobiliari;
- almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l'acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.

UNI 11532-1 (marzo 2018)

«Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 1: Requisiti generali»

Destinazione ambiente	Descrittore ^{a)}	Valore di riferimento ^{b)}	Intervallo di frequenza (Hz)	Riferimento normativo ^{c)}	Note ^{d)}	
AULE DIDATTICHE e affini						
Aule didattiche di ogni ordine e grado	T	≤0,6 s a 0,8 s	¹⁾	Da 500 a 2 000	UK	^{8) 9)}
	T	≤1,2 s	-	Da 500 a 2 000	IT	^{8) 9)}
	T	≤0,6 s	⁴⁾ 40% - 125 Hz	Da 125 a 2 000	NO ⁶⁾	^{8) 9)}
	T	≤0,6 s a 0,7 s	²⁾	Da 500 a 2 000	USA	^{8) 9)} ¹¹⁾ < 566 m ³
?	T	≤0,6 s a 0,8 s	³⁾ 50% - 125 Hz ⁵⁾	Da 125 a 4 000	FI ⁶⁾	⁸⁾
	T	≤0,5 s	³⁾ 20% - 125 Hz ⁵⁾	Da 125 a 4 000	SE ⁶⁾	^{8) 9)}
	T	≤0,4 s a 0,8 s	¹⁾	Da 500 a 2 000	FR	^{7) 8) 9)}
	T	≤0,6 s	³⁾ 20% - 125 Hz ⁵⁾	Da 125 a 4 000	DK-1 ⁶⁾	⁸⁾
	T	≤0,6 s	-	-	OMS	¹³⁾

D.M. 11 ottobre 2017

- **Allegato 2**
- **2.3.5.6 Comfort acustico**
- Il D.M. 24/12/15 definiva tra l'altro per le aule scolastiche, gli ambienti espositivi, le sale da conferenza, le mense anche i valori relativi alla chiarezza (C50) ed all'indice di intelligibilità del parlato (STI).
- STI rimane, in base alla formulazione del D.M. 11/1/17, come riferimento solo per le palestre.

PALESTRA	C ₅₀	≥ -2 dB		-	DE	¹⁰⁾
	STI	≥0,50		-	DE	¹⁰⁾

Valori consigliati dei parametri C50 e STI

	C ₅₀ dB	STI dB
Ambienti adibiti al parlato	≥0	≥0,6
Ambienti adibiti ad attività sportive	≥-2	≥0,5

I descrittori dell'intelligibilità acustica interna

Alcune prescrizioni del decreto C.A.M. riguardano sostanzialmente il calcolo di quei requisiti acustici passivi cui da tempo siamo abituati (i parametri coinvolti sono i medesimi richiamati da DPCM 5/12/97); soffermiamoci allora sulle novità, ovvero sui descrittori acustici riguardanti l'intelligibilità acustica interna, rispetto ai quali, forse, abbiamo minore dimestichezza.

Questi parametri sono sostanzialmente basati sul rapporto tra energia utile ed energia dannosa ai fini della comprensione del parlato. Nella risposta ad un impulso proveniente da una sorgente sonora, si intende come suono utile la prima parte del suono che giunge al punto in cui si trova il ricevitore (ossia il suono diretto e le prime riflessioni che arrivano con un breve ritardo rispetto al suono diretto) e come parte dannosa la coda riverberante.

I descrittori dell'intelligibilità acustica interna

Il nostro sistema uditivo è infatti in grado di integrare su un certo periodo due suoni consecutivi facendoci percepire come un unico suono (unisono): in questo modo le prime riflessioni servono a rafforzare il suono diretto e a rendere il trasferimento dell'informazione più chiaro e più preciso, mentre la coda riverberante non contribuisce al trasferimento dell'informazione.

Sulla curva di decadimento di una sorgente sonora stazionaria, si definisce il tempo di riverberazione come il tempo necessario al decadimento di 60 dB, e si indica con il simbolo T60. Il tempo di riverberazione viene per lo più calcolato in modo semplice con la formula di Sabine, in funzione del volume dell'ambiente e delle superfici dei componenti in esso presenti con i relativi coefficienti di assorbimento, dipendenti dal tipo di materiale.

Esistono poi formulazioni più dettagliate (teoria di Arau) che consentono di tenere conto anche della forma dell'ambiente se rettangolare.

I descrittori dell'intelligibilità acustica interna

L'indice di chiarezza C50 rappresenta invece il rapporto tra l'energia dell'impulso sonoro emessa nei primi 50 ms e l'energia totale che giunge all'ascoltatore, il suo calcolo è correlato al tempo di riverberazione e alla distanza tra la sorgente e il ricevitore; tale indice è quindi riferito ad una specifica posizione all'interno dell'ambiente.

L'indice di trasmissione del parlato (STI) è infine una grandezza fisica adimensionale, compresa tra 0 e 1, che rappresenta la qualità della trasmissione del parlato in relazione all'intelligibilità e viene determinato in conformità alla CEI EN 60268-16.

Lo scopo dello STI è analogo a quello del C50: misurare l'intelligibilità del parlato in una determinata posizione all'interno di un ambiente, quando il "parlato" viene prodotto attraverso un segnale normalizzato in un'altra specifica posizione. Questo segnale sonoro rappresenta una quantità fisica detta MTF (modulation transfer function) e cerca di riprodurre le caratteristiche di ampiezza e modulazione della voce umana.

I descrittori dell'intelligibilità acustica interna

Il decreto 17 gennaio 2017 cita espressamente le norme UNI 11367 e UNI 11532: quali sono quindi i valori limite di riferimento per questi parametri?

Innanzitutto sottolineiamo che proprio in seguito alla pubblicazione dei C.A.M. la norma UNI 11532 ha intrapreso il suo processo di revisione; se la parte 1 della norma, pubblicata a marzo 2018, definisce i descrittori che meglio rappresentano la qualità acustica, per l'individuazione dei valori ottimali di questi ultimi dobbiamo attendere la pubblicazione delle parti successive, che presumibilmente riguarderanno tutti i vari settori di applicazione (scolastico, terziario, sanitario ecc.). Ad oggi possiamo utilizzare i limiti proposti dal prospetto C.1 della UNI 11367, in attesa di valori ottimali più specifici.

I descrittori dell'intelligibilità acustica interna

Per quanto riguarda il tempo di riverberazione, prescrizioni e indicazioni progettuali sono fornite dalla Circolare Ministeriale n. 3150 del 22/5/1967 e dal D.M. 18/12/1975, entrambi riferiti ad edifici scolastici; altri riferimenti più recenti si trovano nelle norme UNI 11367 e UNI 11532:2014 (attualmente ritirata).

I lavori normativi alla nuova 11532-2 sono orientati ad un tempo di riverberazione ottimale ripreso direttamente dalla norma tedesca DIN 18041:2016.

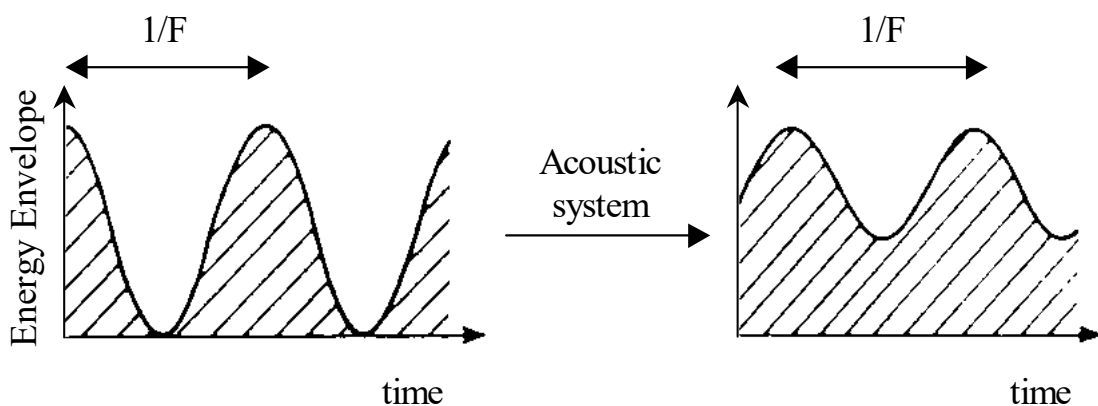
Per quanto riguarda il C50 e lo STI, la norma in fase di elaborazione individua per gli edifici scolastici differenti categorie in relazione alla destinazione d'uso degli ambienti; in alcuni casi i limiti sono differenti a seconda del volume dell'ambiente.

I parametri acustici (ISO 3382)

- Indice di chiarezza C_{50} (parlato):

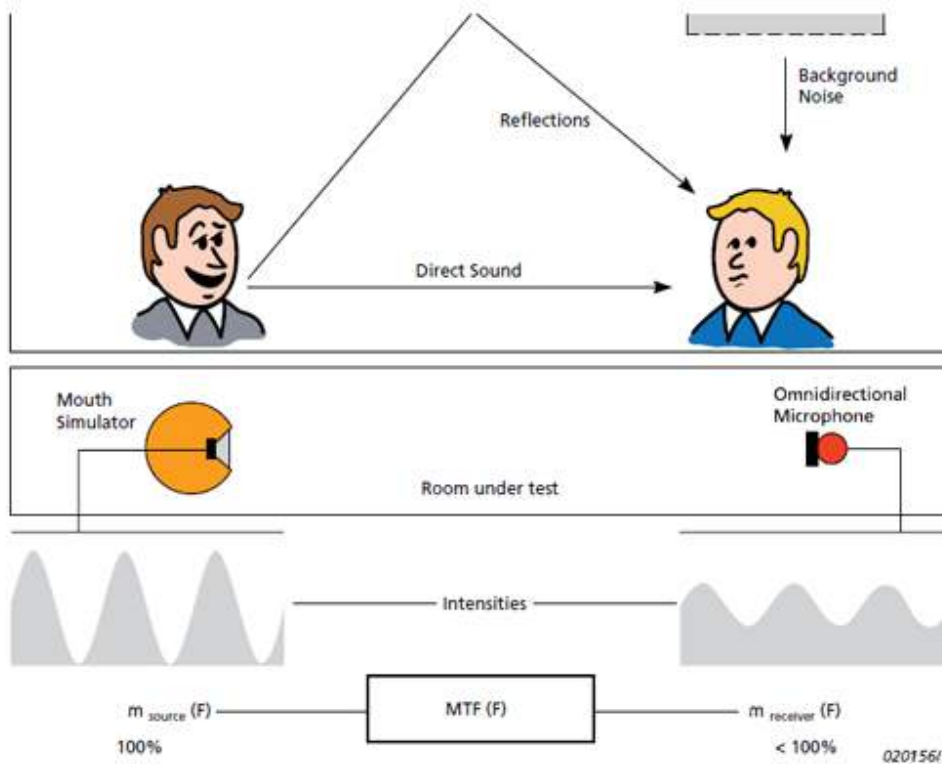
$$C_{50} = 10 \cdot \lg \left[\frac{\int_0^{50ms} p^2(\tau) \cdot d\tau}{\int_{50ms}^{\infty} p^2(\tau) \cdot d\tau} \right]$$

Speech Transmission Index (STI)



- Il metodo STI si basa sul concetto di Modulation Transfer Function (MTF): un segnale «portante» (rumore rosa filtrato in banda d'ottava f) è dotato di intensità che varia nel tempo con un certa frequenza di modulazione F .
- Al ricevitore, rumore di fondo, echi e riverbero riducono la profondità di modulazione.

Speech Transmission Index (STI)



- Le riflessioni ed il rumore di fondo riducono la profondita' della modulazione del segnale

MTF dalla Risposta all'Impulso

- E' possibile ricavare il valore di MTF dalla risposta all'impulso:

Per calcolare $m(F, f)$ dalla risposta all'impulso $h(t)$, anzitutto si applica a quest'ultima un filtro di banda d'ottava alla frequenza f , ottenendo la versione filtrata $h_f(t)$. Poi $m(F, f)$ si ottiene come:

$$m(F, f) = \frac{\int_0^{\infty} h_f^2(\tau) \cdot \exp(-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot F \cdot \tau) \cdot d\tau}{\int_0^{\infty} h_f^2(\tau) \cdot d\tau}$$

Rapporto segnale - rumore di fondo

- Se la risposta all'impulso è stata ottenuta da MLS o ESS, essa è priva di rumore di fondo
- in questo caso occorre correggere il valore di $m'(F, f)$ ottenuto, applicando un fattore correttivo che tiene conto della differenza fra livello sonoro del segnale emesso e livello del rumore di fondo:

$$m(F, f) = m'(F, f) \cdot \frac{1}{1 + 10^{\left(\frac{L_{noise, f} - L_{signal, f}}{10}\right)}}$$

- Dunque, dopo aver operato la misura delle risposta all'impulso, occorre registrare separatamente lo spettro in ottave del segnale e quello del rumore di fondo

Sorgente sonora: bocca artificiale



- Bocche artificiali Bruel & Kjaer

Legislazione

- **D.Lgs. 152/06 - Norme in materia ambientale**
- Art. 206-sexies - Azioni premianti l'utilizzo di prodotti che impiegano materiali post consumo o derivanti dal recupero degli scarti e dei materiali rivenienti dal disassemblaggio dei prodotti complessi negli interventi concernenti gli edifici scolastici, le pavimentazioni stradali e le barriere acustiche
- 1. Le amministrazioni pubbliche, nelle more dell'adozione da parte delle regioni di specifiche norme tecniche per la progettazione esecutiva degli interventi negli **edifici scolastici**, al fine di **consentirne la piena fruibilità dal punto di vista acustico**, prevedono, nelle gare d'appalto per l'incremento dell'efficienza energetica delle scuole e comunque per la loro ristrutturazione o costruzione, l'impiego di materiali e soluzioni progettuali **idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici dalla norma UNI 11367:2010 e dalla norma UNI 11532:2014**. Nei bandi di gara sono previsti criteri di valutazione delle offerte ai sensi dell'articolo 83, comma 1, lettera e), del codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture, di cui al decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, e successive modificazioni, con punteggi premianti per i prodotti contenenti materiali post consumo o derivanti dal recupero degli scarti e dei materiali rivenienti dal disassemblaggio dei prodotti complessi nelle percentuali fissate con il decreto di cui al comma 3 del presente articolo. 2.

Legislazione

- **D.Lgs. 50/16 - Codice dei contratti pubblici**
- Art. 34 - Criteri di sostenibilità energetica e ambientale
- 1. Le stazioni appaltanti contribuiscono al conseguimento degli obiettivi ambientali previsti dal Piano d'azione per la sostenibilità ambientale dei consumi nel settore della pubblica amministrazione attraverso l'inserimento, nella documentazione progettuale e di gara, almeno delle specifiche tecniche e delle clausole contrattuali contenute nei criteri ambientali minimi adottati con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare e conformemente, in riferimento all'acquisto di prodotti e servizi nei settori della ristorazione collettiva e fornitura di derrate alimentari, anche a quanto specificamente previsto all' articolo 144.
- 2. **I criteri ambientali minimi** definiti dal decreto di cui al comma 1, in particolare i criteri premianti, **sono tenuti in considerazione anche ai fini della stesura dei documenti di gara per l'applicazione del criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa**, ai sensi dell'articolo 95, comma 6. Nel caso di contratti relativi alle categorie di appalto riferite agli interventi di ristrutturazione, inclusi quelli comportanti demolizione e ricostruzione, i criteri ambientali minimi di cui al comma 1, sono tenuti in considerazione, per quanto possibile, in funzione della tipologia di intervento e della localizzazione delle opere da realizzare, sulla base di adeguati criteri definiti dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare.
- 3. L'obbligo di cui ai commi 1 e 2 si applica per gli affidamenti di qualunque importo, relativamente alle categorie di forniture e di affidamenti di servizi e lavori oggetto dei criteri ambientali minimi adottati nell'ambito del citato Piano d'azione.

Isolanti Termici ed Acustici

- Gli isolanti utilizzati devono rispettare i seguenti criteri:
 - non devono essere prodotti utilizzando ritardanti di fiamma che siano oggetto di restrizioni o proibizioni previste da normative nazionali o comunitarie applicabili;
 - non devono essere prodotto con agenti espandenti con un potenziale di riduzione dell'ozono superiore a zero;
 - non devono essere prodotti o formulati utilizzando catalizzatori al piombo quando spruzzati o nel corso della formazione della schiuma di plastica;
 - se prodotti da una resina di polistirene espandibile gli agenti espandenti devono essere inferiori al 6% del peso del prodotto finito;
 - il prodotto finito deve contenere le seguenti quantità minime di materiale riciclato (calcolate come somma di pre e post- consumo), misurato sul peso del prodotto finito: (segue tabella)

DM 11/10/2017

Criteri Ambientali Minimi: Verifica

- **2.3.5.6 Comfort acustico**
- **Verifica:** Il progettista **deve dare evidenza** del rispetto del criterio, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, conseguendo rispettivamente **un progetto acustico e una relazione di conformità redatta tramite misure acustiche in opera**, che attestino il raggiungimento della classe acustica prevista dal criterio e i valori dei descrittori acustici di riferimento ai sensi delle norme UNI 11367, UNI 11444, UNI 11532.

Conclusioni

Se analizziamo con attenzione la lista di prescrizioni introdotta dal Decreto CAM è evidente che ad oggi non è soltanto importante che l'edificio rispetti i requisiti acustici passivi, e sia quindi in grado di abbattere il rumore prodotto all'esterno o in ambienti adiacenti (qualità correlata alla UNI 11367 e al requisito di classe acustica), è anche necessario che il segnale sia intellegibile in modo tale da permettere la comprensione del parlato.

Per garantire la completezza del comfort acustico è quindi indispensabile che entrino in gioco parametri come il tempo di riverberazione, l'indice di trasmissione del parlato (STI) e l'indice di chiarezza (C50), rispetto ai quali siamo in attesa di nuovi limiti da perseguire grazie ai lavori di revisione della norma UNI 11532.

Conclusioni

- Il DPCM 5/12/1997 è tuttora vigente e da rispettare
- Le norme delle varie regioni prevedono le regole per il **collaudo acustico** ed il **progetto acustico** a firma del progettista
- I Criteri Ambientali Minimi prevedono il **progetto acustico** e la **verifica in opera finale** per tutti gli edifici pubblici
- Le responsabilità sono del **progettista**, **direttore lavori** e **collaudatore**