

# **"I REQUISITI ACUSTICI DEGLI EDIFICI"**

**G.MOSSA**

**S.C.S Controlli e Sistemi**



**Indice**

Indice.....	1
I REQUISITI ACUSTICI DEGLI EDIFICI .....	4
INTRODUZIONE .....	4
PROGETTO ACUSTICO DEGLI EDIFICI IN FUNZIONE DEL CONTROLLO DELLA RUMOROSITÀ .....	4
ATTENUAZIONE DEI RUMORI PRODOTTI PER VIA AEREA DIRETTA .....	5
Materiali fonoassorbenti.....	7
Materiali porosi.....	7
Risonatori .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
Pannelli vibranti .....	12
Sistemi composti.....	13
ATTENUAZIONE DEI RUMORI CHE SI PROPAGANO PER VIA AEREA ATTRA VERSO PARETI DIVISORIE .....	14
La norma ISO 140/III: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in laboratorio del potere fonoisolante (trasmissione per via aerea).....	15
La norma ISO 140/IV: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti interni .....	16
La norma ISO 140/V: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in opera dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di facciate e facciate.....	17
ATTENUAZIONE DEI RUMORI DI CALPESTIO .....	18
La norma ISO 140/VI: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in laboratorio dell'isolamento acustico dai rumori di calpestio di solai .....	19
La norma ISO 140/VII: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in opera dell'isolamento acustico dai rumori di calpestio di solai .....	20
INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO .....	22
MISURA DELL'ISOLAMENTO CON TECNICHE INTENSIMETRICHE: METODO NORDTEST ...	23

## I REQUISITI ACUSTICI DEGLI EDIFICI

### INTRODUZIONE

La progettazione acustica di un edificio tende a realizzare tutta quella serie di accorgimenti atti a ricreare, nelle diverse tipologie di edifici, le condizioni acustiche adatte alle attività che vi si svolgono: le **condizioni di benessere acustico**

In qualsiasi edificio sono infatti presenti, all'interno ed all'esterno, **sorgenti di rumore** vere e proprie (elettrodomestici, radio, persone che parlano), oppure indotte da impianti e parti funzionali dell'organismo edilizio (scarichi, caldaie, ecc.). Tali sorgenti determinano **condizioni ambientali non adatte allo svolgimento delle attività** per le quali l'organismo edilizio è stato progettato e realizzato.

L'edificio, di nuova realizzazione o in fase di ristrutturazione, dovrà quindi essere pensato a partire da una serie di **requisiti acustici** atti a garantire quelle condizioni di benessere acustico a cui si è accennato; il progettista dovrà quindi partire dall'individuazione dei requisiti richiesti all'edificio in esame e dalla scelta dei relativi livelli di prestazione.

### PROGETTO ACUSTICO DEGLI EDIFICI IN FUNZIONE DEL CONTROLLO DELLA RUMOROSITÀ

L'energia sonora prodotta da una sorgente di rumore si propaga (fig.1e2) convenzionalmente attraverso due vie:

#### **Via aerea:**

- Direttamente dalla sorgente all'ascoltatore
- attraverso pareti divisorie

#### **Via strutturale:**

- onde sonore generate da urti e vibrazioni provocate sulle strutture dell'edificio

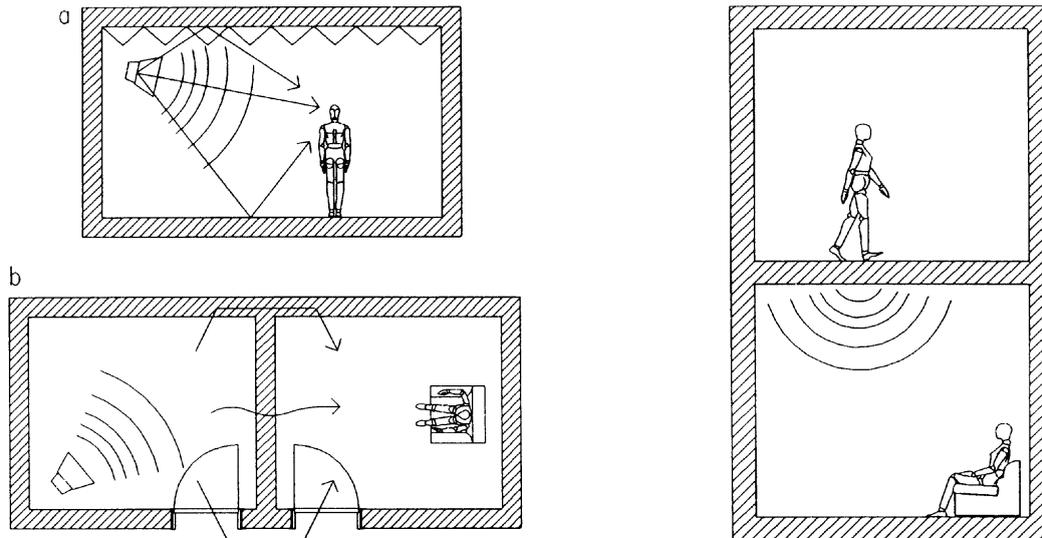


Figura 1: propagazione per via aerea.

Figura 2: propag. per via strutturale

La propagazione per **via aerea** avviene convenzionalmente secondo due modalità per via aerea diretta, ossia quando la sorgente sonora è contenuta nella stanza in cui è presente anche l'ascoltatore. In questo caso le onde sonore che si sviluppano dalla sorgente, raggiungono l'ascoltatore senza incontrare ostacoli e non incontrano pareti da attraversare ma solamente superfici dalle quali vengono riflesse. I fenomeni in gioco sono quindi sostanzialmente di riflessione ed assorbimento.

Per via aerea ma attraverso pareti divisorie, ossia quando l'onda sonora, nel suo cammino di propagazione, incontra una parete da attraversare che, prima di raggiungere l'ascoltatore, ne attenua l'ampiezza secondo modalità specifiche che vedremo nel seguito.

La seconda modalità di propagazione è quella per **via strutturale**.

In questo caso l'onda acustica viene generata non direttamente da una sorgente, ma da una forza provocata da un impatto che, mettendo in vibrazione una struttura (tipicamente il pavimento), fa sì che si comporti essa stessa da sorgente di rumore.

## ATTENUAZIONE DEI RUMORI PRODOTTI PER VIA AEREA DIRETTA

Se la sorgente di rumore è posizionata nella stessa stanza in cui si trova l'ascoltatore, questi si troverà a subire l'effetto sia delle onde sonore che lo colpiscono direttamente,

sia di quelle che lo raggiungono dopo essere state riflesse dalle pareti o dalle superfici riflettenti contenute nel locale; si parla in questo caso di campo diretto più campo riflesso.

Per diminuire il livello sonoro subito dall'ascoltatore è possibile intervenire su tre parametri:

1. riducendo il livello della sorgente
2. allontanando l'ascoltatore dalla sorgente
3. riducendo la parte di energia sonora proveniente dalle pareti per riflessione

La riduzione del livello sonoro della sorgente è l'intervento sicuramente più efficace per ridurre la rumorosità sull'ascoltatore, anche se le tecniche che se ne occupano non sono l'obiettivo di questo capitolo; basti sapere che la riduzione del livello di potenza sonora dei vari manufatti prodotti è oggi uno degli obiettivi di qualità maggiormente perseguiti dall'industria.

L'allontanamento dell'ascoltatore dalla sorgente è una tecnica basata sul fatto che le onde sonore subiscono un'attenuazione lungo il percorso di propagazione.

La riduzione dell'energia riflessa riguarda più direttamente il campo dell'acustica edilizia, obiettivo di questo capitolo.

L'aumento dell'area equivalente di assorbimento acustico delle superfici riflettenti contenute nella stanza permette di ridurre drasticamente la quota di energia riflessa dalle pareti.

Nell'ipotesi di campo riverberante l'attenuazione del livello sonoro DL dovuta al montaggio di materiale fonoassorbente sulle superfici riflettenti è

$$DL(f) = 10 \log \left( \frac{A_2}{A_1} \right) \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

A: area equivalente di assorbimento acustico delle pareti; i pedici 1 e 2 rappresentano i valori prima e dopo il trattamento acustico.

$$A = \sum \mathbf{a}_i S_i \quad (\text{m}^2) \quad (2)$$

$S_i$  : superficie iesima di materiale assorbente

$\alpha_i$  : coefficiente di assorbimento acustico del materiale

Poiché il valore di  $\alpha_i$  varia con la frequenza, anche il valore di assorbimento acustico totale sarà funzione della frequenza.

Osservando la relazione (1) si osserva che per un raddoppio di  $A_1$  la riduzione del livello sarà di 3dB; un DL di 10 dB richiederebbe una aumento della area di assorbimento equivalente pari a 10 volte; ottenere questi livelli di attenuazione nella pratica è molto difficile a meno che il valore iniziale di  $A_1$  non sia estremamente basso, ossia nel caso di locali con pareti molto riflettenti.

La prassi dei normali trattamenti acustici mediante trattamento delle pareti con materiali fonoassorbenti, consente di ottenere valori di attenuazione del livello sonoro in prossimità dell'ascoltatore dell'ordine dei 7 dB.

### **Materiali fonoassorbenti**

Esistono diversi tipi di materiali fonoassorbenti.

A seconda delle loro caratteristiche, possono essere classificati come:

1. materiali porosi
2. risonatori
3. pannelli vibranti
4. misti

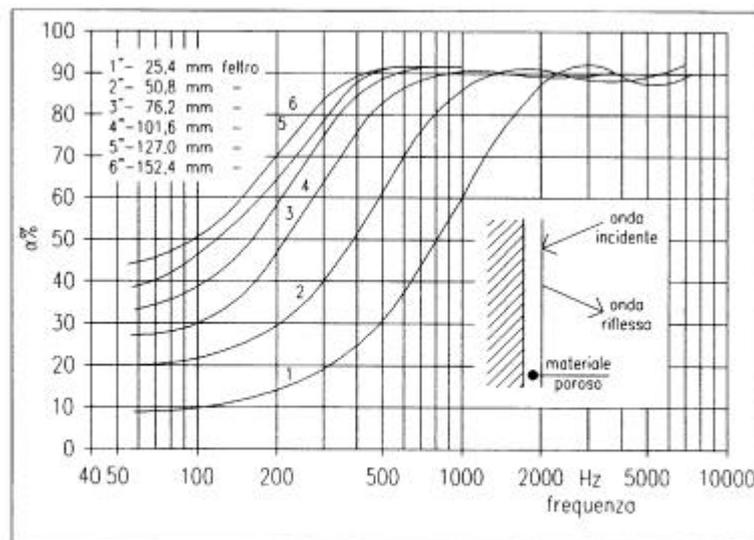
#### *Materiali porosi*

I materiali porosi, presentano una superficie costituita da microcavità, all'interno delle quali, in funzione della frequenza, si propagano le onde sonore.

L'assorbimento sonoro di questi materiali avviene per la dispersione del calore generato dall'onda sonora per attrito con le superfici porose.

L'assorbimento dipende:

- dalla frequenza del suono incidente ovvero dalla lunghezza d'onda che deve essere compatibile con le dimensioni delle cavità
- Dal rapporto tra volume totale del materiale e volume delle cavità
- Dallo spessore



**Figura 3: andamento del coefficiente di assorbimento  $\alpha$  in funzione della frequenza e dello spessore del materiale.**

Il coefficiente  $\alpha$  viene determinato in camera riverberante secondo la ISO 354 mediante la seguente formula

$$\alpha = \frac{0,16V}{S} \left( \frac{1}{T_s} - \frac{1}{T_e} \right) \quad (3)$$

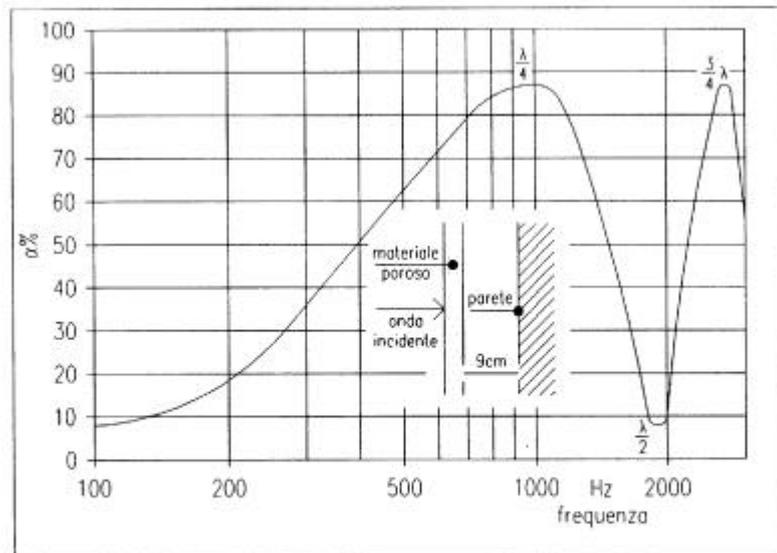
$\alpha$  : coefficiente di assorbimento del campione

$V$  : volume della camera di prova

$S$  : superficie del campione in prova

$T_s$  : tempo di riverberazione con il materiale installato

$T_e$  : tempo di riverberazione senza il materiale installato



**Figura 4: andamento del coefficiente di assorbimento  $\alpha$  in funzione della frequenza e della distanza del materiale dalla parete.**

Tutte le misure sono effettuate utilizzando analizzatori in frequenza, in grado di misurare i tempi di riverberazione in funzione della frequenza, per ottenere il coefficiente di assorbimento in bande di ottava.

Quando è necessario misurare il tempo di riverberazione in opera, per determinare la quantità di materiale fonoassorbente da installare, ci si trova spesso a dover fare i conti con la presenza o meno del pubblico che, presumibilmente, occuperà la sala in condizioni di utilizzo normale. Poiché ogni persona seduta equivale, dal punto di vista acustico, ad una certa quantità di materiale assorbente, le misure dovrebbero essere eseguite in presenza del pubblico. Purtroppo la presenza delle persone, per ragioni pratiche ed a causa del rumore di fondo provocato, non permette la misura corretta del tempo di riverberazione.

Esistono tuttavia tecniche di misura denominate MLS ed implementate solamente in alcuni analizzatori di alta qualità, che permettono di determinare il tempo di riverberazione corretto anche in presenza di pubblico (anche durante lo svolgimento di un concerto) o quando l'emissione della sorgente di rumore non è abbastanza elevata.

Queste tecniche sono indispensabili per una corretta progettazione dell'acustica di una sala.

L'assorbimento dei materiali ossia il valore di  $\alpha_i$  aumenta con la frequenza e con lo spessore del materiale.

Molta importanza riveste l'installazione del materiale: la curva di assorbimento acustico varia al variare della distanza dalla parete sulla quale il materiale viene montato.

Nelle vicinanze della parete, a causa del formarsi di un'onda stazionaria ad una certa frequenza, con valore nullo della velocità acustica in corrispondenza della parete e valore massimo ad  $\frac{1}{4}$  di distanza, si ha una grande dissipazione di energia in calore in corrispondenza della massima velocità di vibrazione.

### *Risonatori*

Il risonatore acustico può essere schematizzato come una sorta di cavità o volume, che comunica con l'esterno attraverso un foro; lo spessore del foro costituisce il collo del risonatore.

Già nell'antichità i risonatori erano conosciuti: vi sono teatri greci e romani nei quali il pavimento o le pareti racchiudevano piccole cavità con le caratteristiche tipiche del risonatore che oggi conosciamo.

Dal punto di vista fisico, il risonatore si comporta in pratica come un pistone oscillante, rispettando il principio massa-molla.

L'onda sonora incidente, penetra nella cavità rimanendovi intrappolata; all'interno del risonatore, l'aria che vi è contenuta si comporta come un pistone oscillante mentre quella presente nel collo si comporta in realtà come l'elemento elastico.

Il sistema così creato è caratterizzato da una frequenza propria alla quale risuona

.

$$f_0 = \frac{c_0}{2\mathbf{p}} \sqrt{\frac{r^2}{V \left( l + \frac{\mathbf{p}}{2r} \right)}} \quad (\text{Hz}) \quad (4)$$

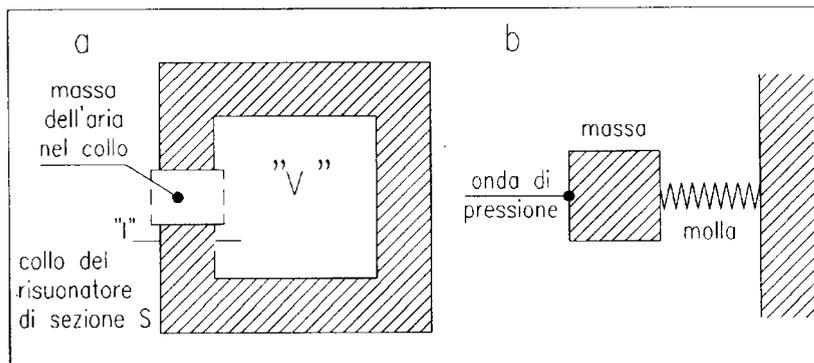
$c_0$  : velocità del suono (m/s)

$r$  : raggio del collo (m)

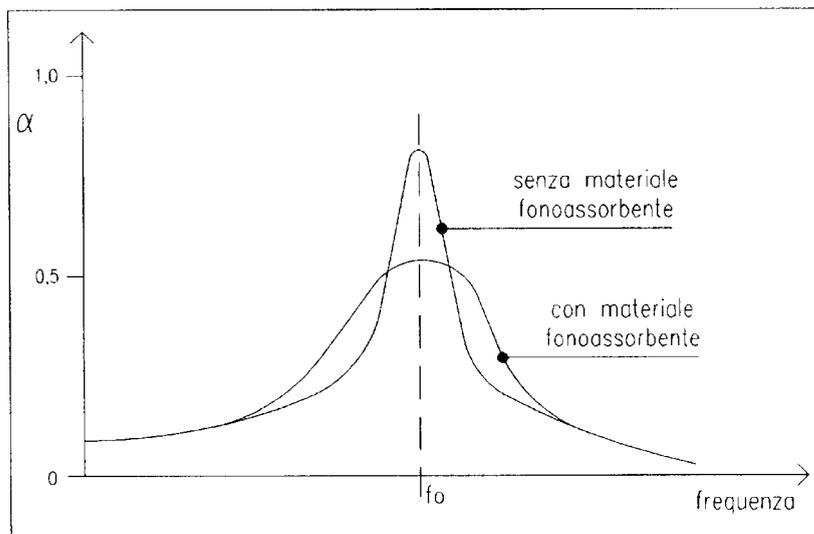
$l$  : lunghezza del collo (m)

$V$  : volume della cavità (m<sup>3</sup>)

In corrispondenza della frequenza di risonanza si ha una grande dissipazione di energia



**Figura 5: Schema e principio di funzionamento di un risonatore.**



**Figura 6: Assorbimento di un risonatore al variare della frequenza.**

acustica per attrito dell'aria con la superficie del collo, e quindi un grande assorbimento sonoro.

Il corretto dimensionamento del risonatore permette di ottenere trattamenti acustici mirati all'abbattimento di frequenze specifiche.

Spesso il risonatore viene utilizzato assieme ai materiali porosi in sistemi misti, grazie alla sua capacità di assorbire selettivamente anche alle basse frequenze ossia laddove gli altri materiali sono caratterizzati da prestazioni mediocri.

L'utilizzo di materiale assorbente all'interno della cavità, permette di ottenere valori di attenuazione in un campo di frequenza più ampio rispetto al valore della frequenza di risonanza.

### *Pannelli vibranti*

Si tratta di pannelli piani con una certa rigidezza, montati ad una certa distanza dalla parete.

Il comportamento fisico può essere ricondotto ancora una volta al sistema massa-smorzatore: la massa è costituita dal pannello stesso, l'elemento smorzante è l'aria racchiusa nello spazio compreso tra la parete e la superficie del pannello.

L'onda sonora incidente mette in movimento la superficie del pannello; l'aria presente tra il pannello e la parete smorza le oscillazioni; l'energia cinetica dell'onda sonora viene convertita in calore.

Come per i risonatori, anche per i pannelli vibranti si parla di frequenza di risonanza

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{\sigma d}} \quad (\text{Hz}) \quad (5)$$

$\sigma$  : densità superficiale del pannello ( $\text{Kg/m}^2$ )

$d$  : distanza pannello – parete (m)

Dalla (4) si deduce che all'aumentare della massa specifica o dello spessore dell'intercapedine si ottiene una frequenza di risonanza sempre più bassa.

Anche in questo caso, come per i risonatori, è possibile ottenere trattamenti mirati all'abbattimento di frequenze specifiche.

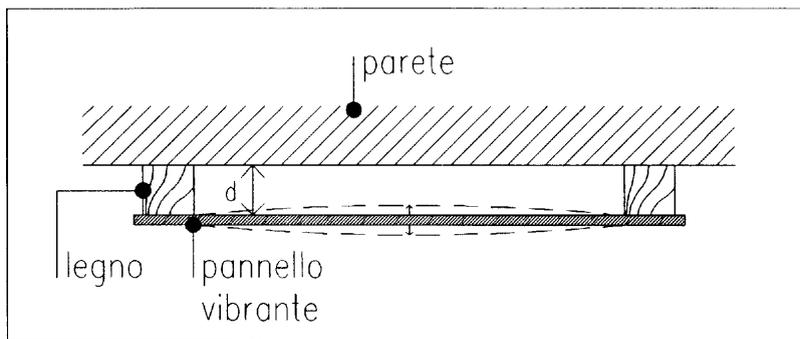


Figura 7: Schema di un pannello vibrante.

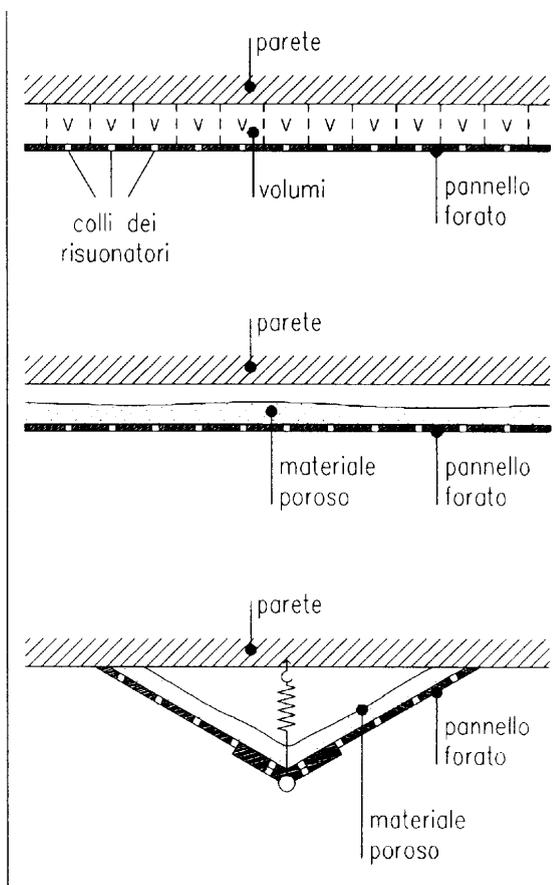


Figura 8: Schema di un sistema misto

### *Sistemi composti*

Questi sistemi sono costituiti da pannelli di materiali diversi, sulla cui superficie vengono praticati dei fori.

Giocando con parametri quali la dimensione dei fori, la massa del materiale, il montaggio, l'utilizzo di materiale smorzante posto nella cavità d'aria, è possibile ottenere trattamenti ad hoc per le specifiche esigenze.

Le prestazioni di tutti questi materiali sono definite come area equivalente di assorbimento acustico e vengono determinate in laboratori specifici seguendo normative standardizzate.

## ATTENUAZIONE DEI RUMORI CHE SI PROPAGANO PER VIA AEREA ATTRAVERSO PARETI DIVISORIE

Quando si parla di isolamento di rumori che provengono da una sorgente esterna al locale in cui è presente l'ascoltatore, si fa riferimento al **potere fonoisolante**.

Il potere fonoisolante è quindi la grandezza che caratterizza la capacità di una parete di "filtrare" rumori provenienti dall'esterno.

Il potere fonoisolante di una parete è genericamente dato da

$$R = 10 \log \frac{1}{t} \quad (\text{dB}) \quad (6)$$

$t$  è il coefficiente di trasmissione, grandezza che sintetizza la percentuale di energia acustica che una parete è in grado di trasmettere.

Poiché i valori di  $R$  e  $t$  variano a seconda della frequenza del suono incidente e delle caratteristiche fisiche del materiale, la determinazione sperimentale di questi parametri è

regolata da normative tecniche specifiche che tendono a uniformare le procedure di misurazione per fornire un valore di prestazione univoco.

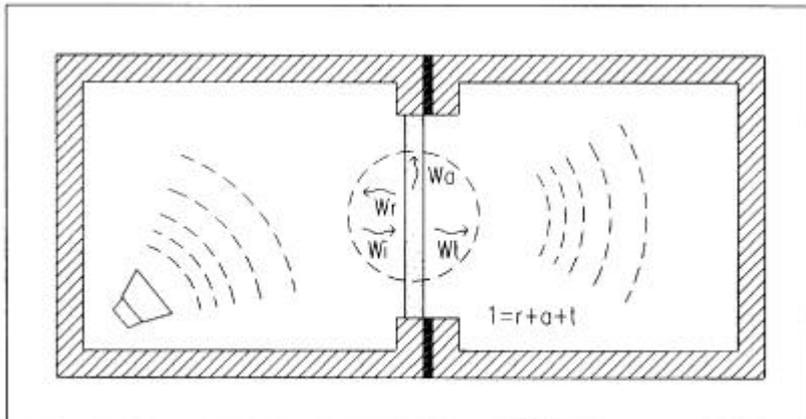


Figura 9

**La norma ISO 140/III: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in laboratorio del potere fonoisolante (trasmissione per via aerea)**

Il valore del potere fonoisolante  $R$  viene determinato in laboratorio seguendo le procedure definite nella norma ISO 140/III oppure nella corrispondente UNI 8270/III.

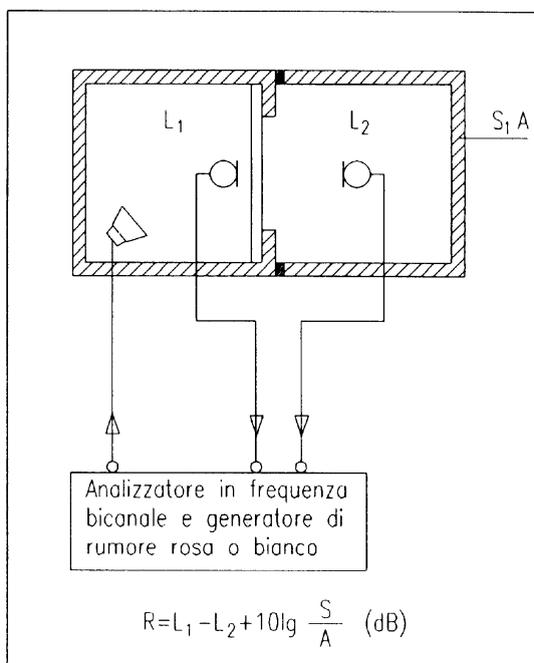
L'ambiente nel quale vengono effettuate le prove è detto *camera riverberante*: all'interno di queste camere, progettate e realizzate per ottenere condizioni acustiche adatte alle prove sperimentali, vengono ricreate condizioni di campo sonoro diffuso.

Nel campo sonoro diffuso ricreato nelle camere riverberanti, le onde sonore vengono riflesse dalle pareti che sono dotate di un alto coefficiente di riflessione; l'obiettivo è di ottenere in ogni punto dell'ambiente, una densità di energia sonora uniforme e distribuita. A tal fine, assieme alle pareti riflettenti e sghembe, vengono utilizzati dei riflettori acustici che assolvono la funzione di aumentare la diffusione del campo acustico ed evitare la formazione di onde stazionarie. Le norme ISO 140/ parte 1, 2 definiscono le caratteristiche dell'ambiente di prova.

Tra le due camere, una contenente la sorgente di rumore rosa o bianco ed un microfono,

l'altra contenente il secondo microfono, viene interposto il campione di materiale da testare. Le due camere sono studiate in modo che l'energia venga trasmessa esclusivamente dal materiale in prova, evitando le cosiddette trasmissioni laterali di energia sonora.

Noti i livelli mediati della pressione sonora in banda di ottava, misurati dai due microfoni nella camera ricevente e nella camera disturbante; nota l'area equivalente di assorbimento acustico della camera ricevente e nota la superficie del materiale in prova, si utilizza la seguente formula



**Figura 10: schema di misura del potere fonoisolante in laboratorio**

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S}{A} \quad (\text{dB}) \quad (7)$$

R : potere fonoisolante della parete in prova

$L_1$  : livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbante (dB)

$L_2$  : livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente (dB)

A : area equivalente di assorbimento acustico ( $\text{m}^2$ )

S : superficie del campione in prova ( $\text{m}^2$ )

Il potere fonoisolante R descrive quindi il comportamento acustico del materiale in condizioni controllate, senza quindi tenere in considerazione altri fattori come, tipicamente, il montaggio in opera, che ne alterano le caratteristiche acustiche globali.

**La norma ISO 140/IV: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti interni**

Nella pratica è importante conoscere l'effettivo comportamento del materiale che costituisce la parete, in modo da sapere quale sarà l'attenuazione reale dell'elemento di edificio una volta installato in opera.

Il montaggio e le modalità di realizzazione della parete ne modificano sostanzialmente il comportamento acustico cosicché si ne rende necessaria la misura "in situ" una volta costruito l'edificio.

La grandezza da determinare in questo caso è l'isolamento acustico D

$$D = L_1 - L_2 \quad (\text{dB}) \quad (8)$$

$L_1$  : livello nell'ambiente disturbante

$L_2$  : livello nell'ambiente ricevente

La determinazione sperimentale in opera dell'isolamento acustico avviene utilizzando un analizzatore in frequenza bicanale, in grado di misurare contemporaneamente il livello di pressione sonora nei due ambienti.

Nell'ambiente disturbante viene posta una sorgente di rumore a banda larga e ne viene misurato il livello di emissione; nella camera ricevente viene misurato il livello ricevuto, ossia la parte di energia che viene trasmessa dalla parete.

Il livello della camera ricevente viene tuttavia influenzato dalle caratteristiche di assorbimento delle pareti. Per questo motivo il livello viene corretto con il valore del tempo di riverberazione misurato in opera.

La (8) diventa quindi

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{T}{0,5} \quad (\text{dB}) \quad (9)$$

$D_{nT}$  : isolamento corretto

$T$  : tempo di riverberazione misurato nella camera ricevente

0,5 : valore di riferimento del tempo di riverberazione

**La norma ISO 140/V: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in opera dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di facciate e facciate**

Questa norma si prefigge di valutare in opera, la capacità di isolamento di una facciata dal rumore prodotto da un agente esterno come il traffico automobilistico.

La procedura di misura è simile a quella utilizzata per la misura dell'isolamento di una parete interna.

La sorgente di rumore è costituita dal traffico automobilistico o da generatore di rumore a larga banda, misurato a 2mt dalla facciata.

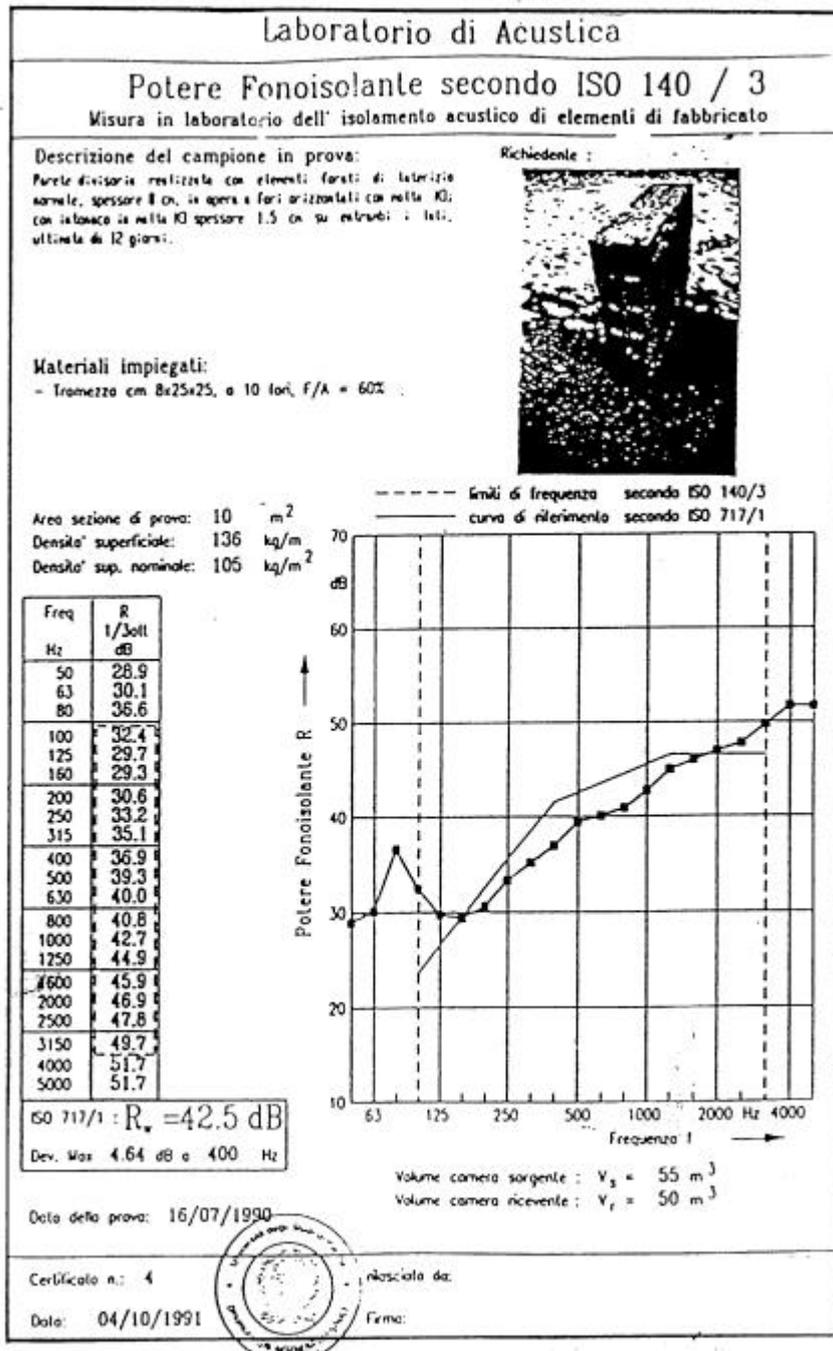


Figura 11: schema tipo di un certificato emesso da un laboratorio per la determinazione del potere fonoisolante di un divisorio.

## ATTENUAZIONE DEI RUMORI DI CALPESTIO

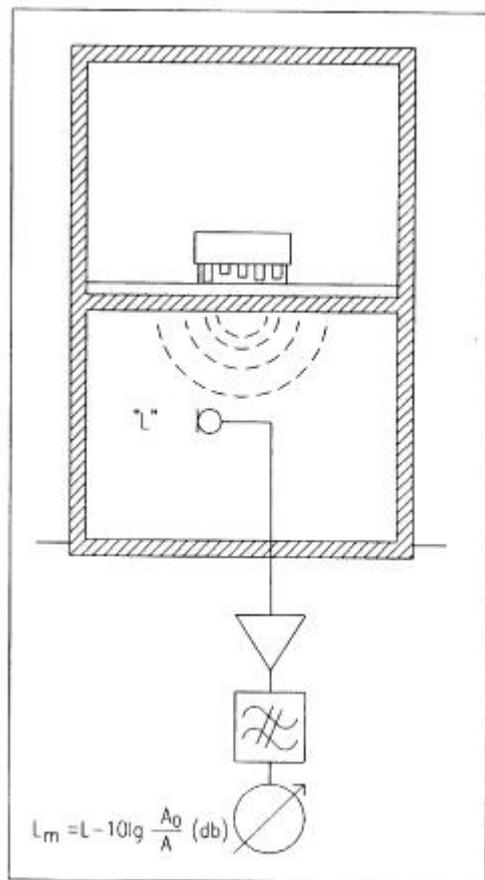


Figura 16

Come già visto, all'interno degli ambienti abitativi, il rumore può propagarsi ed essere disturbante anche a causa di piccoli urti che, mettendo in vibrazione le strutture dell'edificio, tipicamente il solaio, fanno in modo che si comportino esse stesse da sorgenti di rumore. La caduta di oggetti, i passi delle persone, la vibrazione degli oggetti sui pavimenti sono i tipici esempi di sorgenti di rumore di calpestio reali.

Il requisito acustico da determinare per caratterizzare dal punto di vista acustico, questi elementi della costruzione, è il *livello del rumore di calpestio*.

### La norma ISO 140/VI: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in laboratorio dell'isolamento acustico dai rumori di calpestio di solai

La misura del livello del rumore di calpestio viene effettuata con modalità simili a quella per il rumore aereo.

La differenza fondamentale sta nel tipo di sorgente utilizzata; nel caso in esame è previsto l'utilizzo della *macchina normalizzata per il rumore di calpestio*, un'apparecchiatura in grado di produrre degli impatti normalizzati sulle strutture da analizzare.

La misura di laboratorio avviene in camere apposite sovrapposte. In quella superiore viene montato il solaio o l'elemento da testare; in quella inferiore viene misurato il livello di pressione sonora ricevuto.

Il livello di rumore di calpestio è dato da

$$L_n = L - 10 \log \frac{A_0}{A} \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

L : livello di pressione sonora misurato nella camera disturbata

A : area equivalente di assorbimento della camera disturbata

A<sub>0</sub> : area equivalente di assorbimento di riferimento

E' prevista la misura dell'isolamento di componenti edilizie da sovrapporre ai solai, come i pavimenti e i rivestimenti dei solai in generale. In questo caso si parla di *attenuazione del rumore di calpestio* e le tecniche di misura sono descritte nella ISO 140/VIII.

Le misure vengono effettuate utilizzando un solaio normalizzato sul quale viene montato il rivestimento da testare.

**La norma ISO 140/VII: determinazione dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio – misura in opera dell'isolamento acustico dai rumori di calpestio di solai**

La tecnica di misura dell'isolamento da calpestio in opera è sostanzialmente simile a quella in laboratorio.

Le grandezze da rilevare sono:

*livello di calpestio normalizzato*

$$L_n^1 = L - 10 \log \frac{A_0}{A} \quad (\text{dB}) \quad (11)$$

*livello di calpestio standardizzato*

$$L_{nT}^1 = L - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad (\text{dB}) \quad (12)$$

T : tempo di riverbero della camera ricevente

T<sub>0</sub> : tempo di riverbero di riferimento (0,5 s)

## INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO

La rappresentazione dei vari parametri che caratterizzano il comportamento acustico di un componente edilizio è costituita da un grafico che presenta i valori determinati in funzione della frequenza e precisamente in bande di 1/3 ottava nel campo di frequenze compreso tra 100 e 3150Hz.

Questi grafici permettono di visualizzare in maniera dettagliata il comportamento del materiale in funzione delle frequenze.

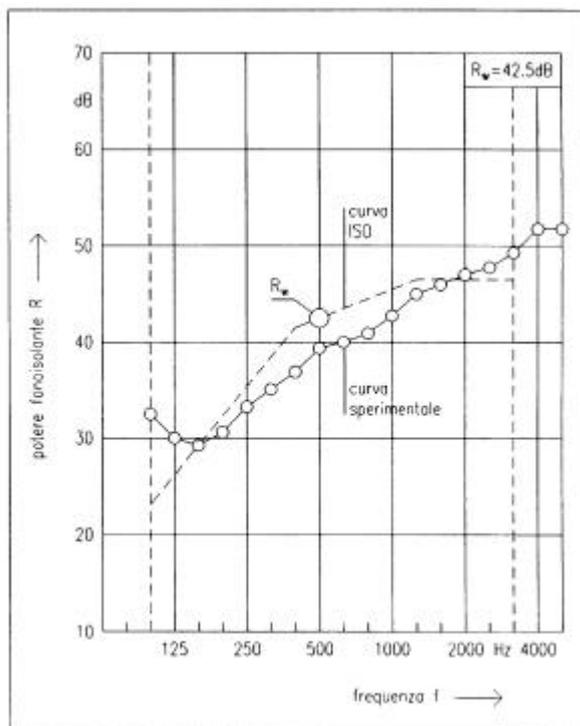


Figura 13

Nella pratica tuttavia viene utilizzato un parametro che sintetizza il comportamento acustico del campione in prova con un dato globale denominato *indice di valutazione*.

La normativa che descrive la procedura per la definizione dell'indice di valutazione è la ISO 717/1-2-3 cui corrisponde la norma italiana UNI 8270/7.

La procedura consiste nel sovrapporre la curva con i dati sperimentali ( $R$ ,  $D$ ,  $L_n$ ) ottenuti dalle diverse misure, alla curva di riferimento definita dalla ISO.

La sovrapposizione avviene in modo tale che la media degli scostamenti sfavorevoli calcolati sull'intera banda di frequenza, rispetto alla curva sperimentale, sia inferiore a 2dB. Definita la posizione della curva di riferimento, se ne andrà a leggere il valore a 500Hz; tale valore rappresenta l'indice di valutazione della grandezza sperimentale.

Le curve di riferimento per i diversi requisiti sono definite dalla ISO 717/1.

Le norme ISO presentano piccole differenze nella determinazione dell'indice di articolazione, pur rimanendo sostanzialmente simili nei risultati.

**MISURA DELL'ISOLAMENTO CON TECNICHE INTENSIMETRICHE:  
METODO NORDTEST**

Esistono progetti di norma per la misura dell'isolamento acustico di componenti di edifici mediante l'utilizzo di tecniche intensimetriche.

Si rammenta, senza entrare nel dettaglio dell'argomento, che le misure intensimetriche, rispetto a quelle di pressione, permettono di identificare i gradienti del campo acustico ovvero di discretizzare la direzione di provenienza dell'onda sonora. L'intensità sonora è infatti una grandezza vettoriale dotata di direzione e verso.

Grazie alla misura del livello di intensità è possibile, in linea di principio, discernere le componenti energetiche provenienti da trasmissioni laterali e quindi non direttamente imputabili alle capacità isolanti del pannello in prova.

L'obiettivo è quindi il miglioramento della precisione di misura, eliminando il margine di errore dovuto all'influenza delle trasmissioni laterali con l'utilizzo delle tecniche tradizionali.