

L'isolamento acustico negli edifici

I rumori da calpestio

Per via aerea

- Il mezzo elastico è l'aria
- Il rumore è attenuato in funzione della distanza

Per via strutturale

- La propagazione coinvolge gli elementi strutturali dell'edificio (pareti o solai) che, vibrando diventano essi stessi sorgenti di rumore aggiuntive

- La trasmissione interessa lunghe distanze



Vie di propagazione del rumore

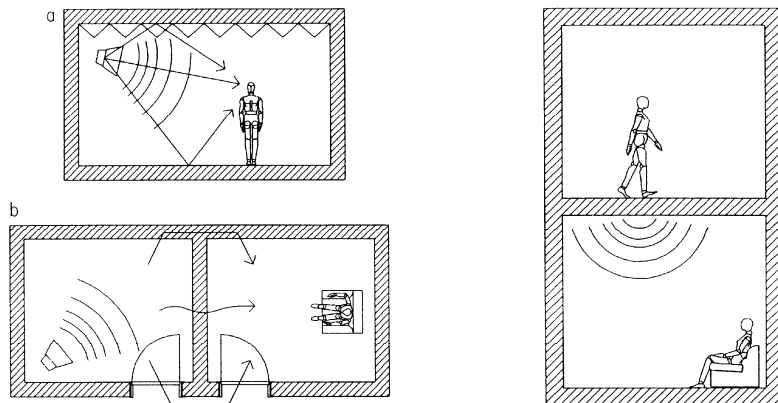


Figura 1: propagazione per via aerea.

Figura 2: propag. per via strutturale

Legge quadro 26-10-95 n. 447

Decreti attuativi:

D.P.C.M. 14-11-97

- *Obbligo di zonizzazione acustica*

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

- *Limiti di emissione per le sorgenti sonore*
- *Requisiti acustici passivi degli edifici*

Categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;

Categoria B: edifici adibiti ad uffici ed 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.

DPCM 5-12-97

REGOLAMENTO EDILIZIO E.R.
Il livello da rispettare è quello dell'ambiente disturbato; ad es. Nel caso di un ufficio (cat B) collocato sopra una residenza (cat. A): si applica $L'_{nT,W} = 55$

In caso contrario si applica $L'_{nT,W} = 63$.

Per gli edifici scolastici va assicurato l'isolamento acustico dai rumori da calpestio anche per i solai interni.

Cat	Classificazione degli ambienti	$L'_{nT,W}$
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

La trasmissione del rumore negli edifici

- Rumore aereo
- Trasmissione laterale
- Rumore impattivo

Il rumore impattivo

- Rumore generato da impatti
- Trasmesso per via solida
- Dipende della forza dell'impatto

Normative di riferimento

Per la misura in laboratorio

- UNI EN ISO 140-1:1999, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale.*
- UNI EN ISO 140-6:2000, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in laboratorio dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai.*
- UNI EN ISO 140-8:1999, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edificio - Misurazione in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato.*

Per la misura in opera

- UNI EN ISO 140-7:2000, *Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai.*

Misura dei rumori impattivi

La grandezza acustica caratteristica del solaio è il livello sonoro impattivo normalizzato L_n (laboratorio):

$$L_n = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \quad (\text{dB})$$

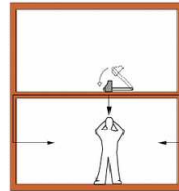
• L_i : livello di pressione acustica nell'ambiente disturbato

• A : area equivalente di assorbimento dell'ambiente disturbato

• A_0 : area di riferimento 10 m^2

Sorgente utilizzata per la misura:

Generatore di calpestio normalizzato



Generatore di calpestio normalizzato

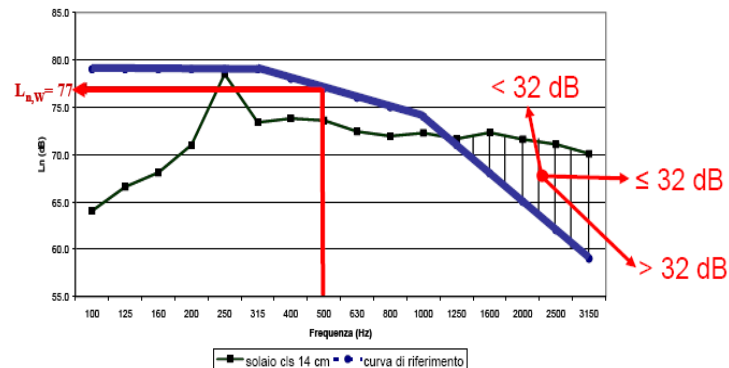
Per valutare il livello di pressione sonora da calpestio viene utilizzato un generatore di rumore normalizzato, le cui caratteristiche sono descritte nella norma UNI EN ISO 140-6.

Il generatore è un dispositivo costituito da cinque martelli d'acciaio di peso 500g, di forma cilindrica, disposti in linea retta, che cadono perpendicolarmente sulla superficie in prova, da una altezza di 40 mm per forza di gravità.

Indici di valutazione (UNI EN ISO 717-2)

Metodo del confronto:

- Confronto tra la curva di riferimento e la curva di L_n
- Si deve far scorrere, con passi di 1 dB la curva di riferimento su quella sperimentale finché la somma degli scarti favorevoli si mantiene inferiore a 32 dB



Come determinare il valore di L_n ?

- valutazione teorica
- determinazione sperimentale

valutazione teorica

- Relazione per solai omogenei (UNI EN ISO 12354-2)

$$L_{n,d} = 10 \lg f + 10 \lg \sigma + 10 \lg T_s - 20 \lg m' - 10 \lg (c_L h) + 130,5 \text{ (dB)}$$

- f : frequenza in banda di ottava [Hz]
- σ : coeff. di radiazione acustica (0.9-1 per frequenze maggiori di fc)
- T_s : tempo di riverberazione strutturale [s]
- m' : massa superficiale del solaio [kg/m²]
- c_L : velocità di propagazione delle onde longitudinali in direzione longitudinale [m/s]
- h : spessore del solaio [m]

$$T_s = 2.2 / (f \eta)$$

η : smorzamento totale della struttura

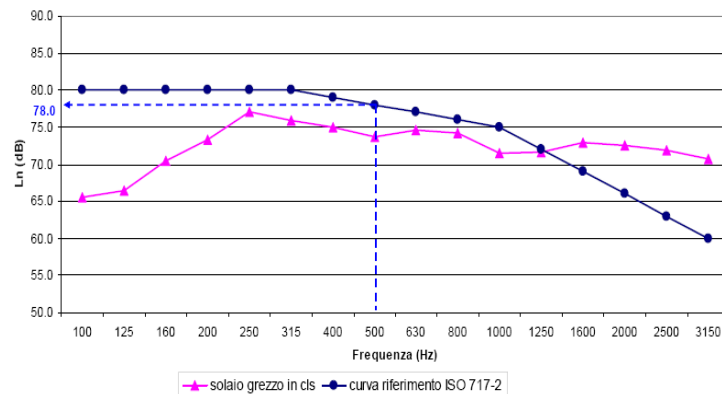
valutazione teorica

- Formule empiriche per solai omogenei

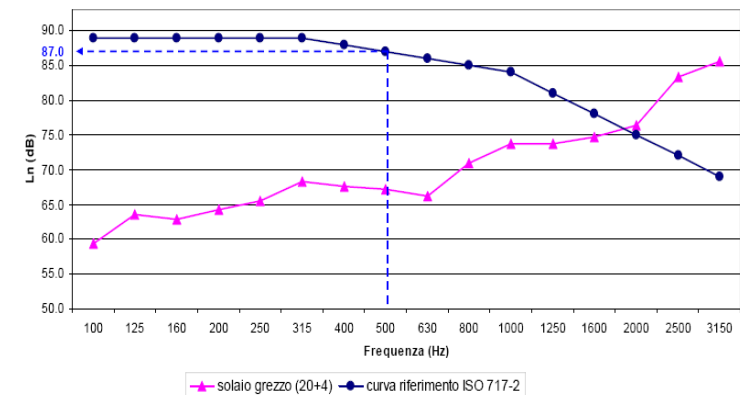
$$L'_{n,w} [L'_{n,w, eq}] = 164 - 35 \log M \text{ (dB)}$$

M = massa areica del solaio (Kg/mq)

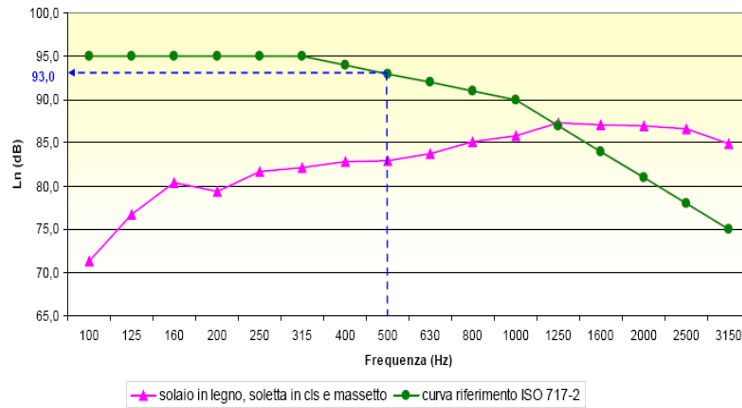
Misura in laboratorio di un solaio in c.a. spessore 14 cm



Solaio in laterocemento finito

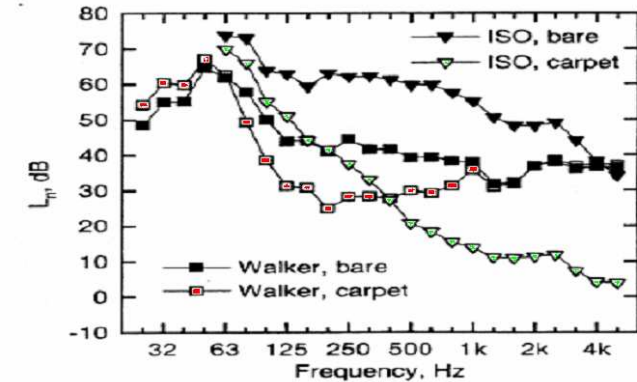


Solaio in legno



Solaio in legno

Livello di rumore da calpestio attraverso un pavimento di travetti di legno con e senza l'interposizione di un tappeto.. Il rumore è generato da una persona ed macchina di calpestio ISO standard.



Bare = nudo

Carpet = tappeto

Soluzioni progettuali per la riduzione di L_n

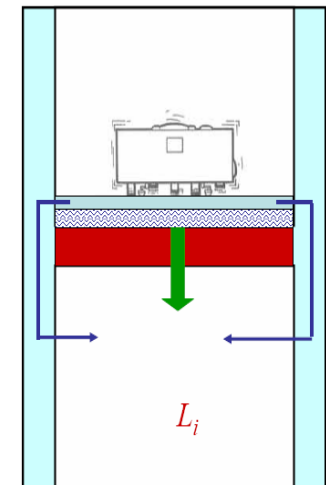
Principali interventi per la riduzione del rumore al calpestio:

- Aumentare la massa superficiale della struttura
- Effettuare un rivestimento resiliente superficiale della pavimentazione (moquette, linoleum, ecc)
- Inserire tra solaio di base e massetto di pavimentazione un materiale resiliente (pavimento galleggiante)

Soluzioni progettuali per la riduzione di L_n

•Quali aspetti curare nella progettazione del pavimento galleggiante?

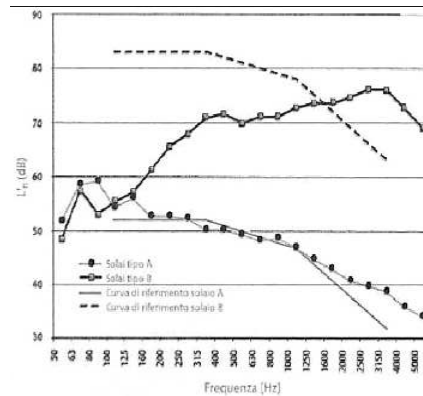
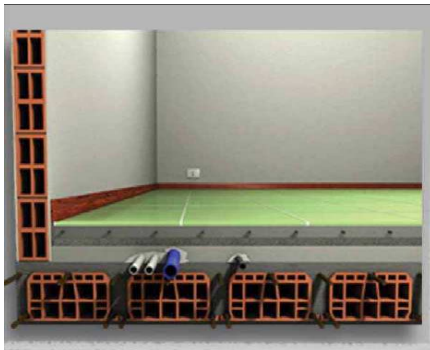
- Valutazione caratteristiche del solaio di base
- Scelta del materiale resiliente
- Scelta della struttura galleggiante
- Accuratezza della posa in opera
- Riduzione delle trasmissioni laterali



Soluzioni progettuali per la riduzione di L_n

Pavimento galleggiante

Strato di materiale resiliente tra pavimento, sorgente della vibrazione e struttura portante



Fino a 30 dB di riduzione di $L_n T$
(in assenza di discontinuità e ponti acustici)

Effetti della trasmissione laterale

La trasmissione de rumore attraverso le pareti laterali può avere una influenza importante, in particolare se queste presentano una massa specifica molto inferiore rispetto a quella del solaio

Il comportamento fisico del pavimento galleggiante

Cos'è la Rigidità dinamica?

- La **Rigidità dinamica** (S') espressa in MN/m^3 e misurata secondo la norma UNI EN 29052-1, rappresenta la capacità del materiale di smorzare le vibrazioni di una struttura orizzontale o verticale sollecitata da una sorgente di rumore impattivo o aereo. **Più basso è il valore di Rigidità dinamica dell'isolante**, migliori sono le prestazioni acustiche della struttura.

La rigidità dinamica s' (UNI EN 29052 parte 1°)

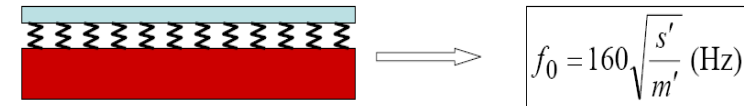
- Rapporto tra la forza dinamica e lo spostamento dinamico [MN/m³]
- Influenza della presenza di aria
- Influenza del pre-carico = $8 \pm 0,5$ Kg

• Rigidità dinamica $s' = \frac{F/S}{\Delta d}$

- F : forza dinamica applicata sul campione
- A : area del campione
- ΔL : variazione dinamica dello spessore del materiale resiliente che ne risulta applicata

Scelta del materiale resiliente

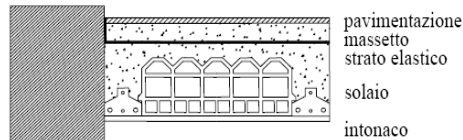
Attenuazione del sistema massa-molla-massa solo per frequenze $f > f_0$



s' = rigidità dinamica superficiale dello strato elastico (MN/m³)
 m' = massa superficiale del massetto del solaio (sopra lo strato elastico) (kg/m²)
 f_0 = frequenza di risonanza del sistema pavimento galleggiante - solaio (Hz)

Scelta combinata dello strato resiliente (s') e dello struttura galleggiante (m') in modo che f_0 abbia valore minimo!

Riduzione del rumore di calpestio per interposizione di strati elastici



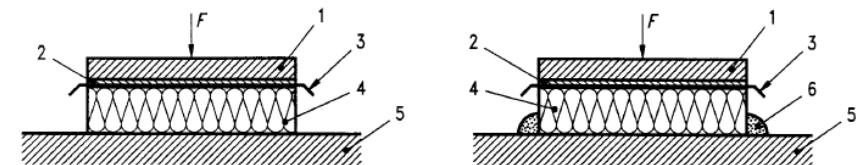
$$\Delta L = 30 \lg \frac{f}{f_0} \text{ (dB)}$$

f = frequenza di analisi (Hz)
 f_0 = frequenza di risonanza del sistema pavimento galleggiante - solaio (Hz)
 s' = rigidità dinamica sup. dello strato elastico del pavimento galleggiante (MN/m³)
 m' = massa superficiale del massetto del solaio (sopra lo strato elastico) (kg/m²)

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

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m'}}$$

Schemi di prova



a) Materiali a cellule aperte

b) Materiali a cellule chiuse

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1 - Piastra di carico | 4 - Provino |
| 2 - Intonaco di gesso | 5 - Base |
| 3 - Foglio di plastica | 6 - Petroleum jelly |

Fig. 1 - Eccitazione della piastra di carico - Misura delle vibrazioni della sola piastra di carico

Schemi di prova

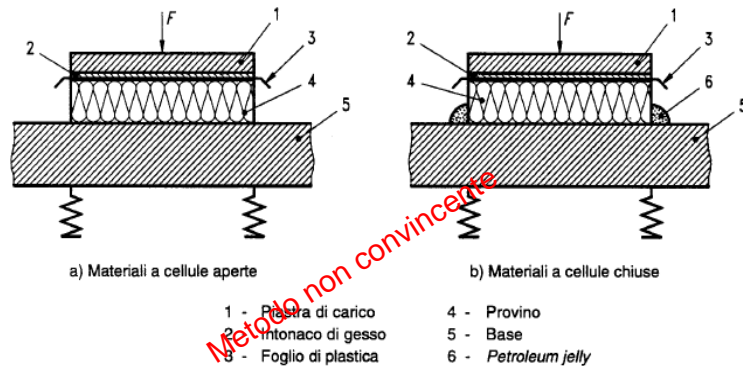


Fig. 2 - Eccitazione della piastra di carico - Misura delle vibrazioni della piastra di carico e della piastra di base

Schemi di prova

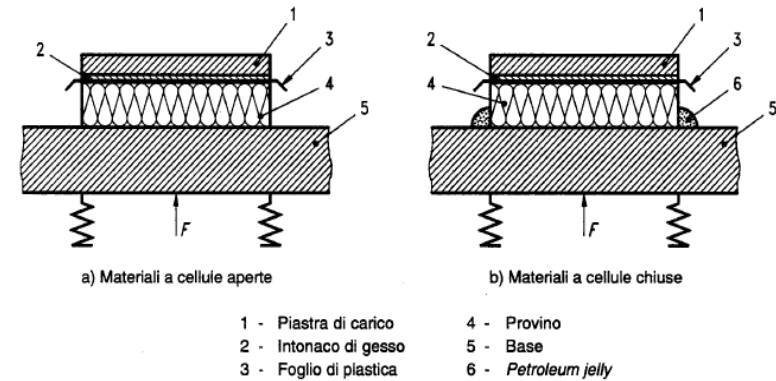


Fig. 3 - Eccitazione della piastra di base - Misura delle vibrazioni della piastra di carico e della piastra di base

Resoconto di prova

frequenza di risonanza, f_r

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'_t}{m'_t}}$$

dove: s'_t è la rigidità dinamica apparente per unità di superficie del provino;
 m'_t è la massa totale per unità di superficie durante la prova.

Rigidità dinamica apparente per unità di superficie del provino, s'_t

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

dove: m'_t è la massa totale per unità di superficie, in kilogrammi al metro quadro, utilizzata durante la prova;
 f_r è la frequenza di risonanza estrapolata, in hertz.

Rigidità dinamica per unità di superficie del materiale resiliente, s'

a) per una resistenza al flusso dell'aria elevata, dove $r \geq 100 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

$$s' = s'_t$$

b) per una resistenza al flusso d'aria media, dove $100 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2 > r \geq 10 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$

$$s' = s'_t + s'_a$$

c) per una bassa resistenza al flusso d'aria, dove $r < 10 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ e se la rigidità dinamica per unità di superficie, del gas contenuto all'interno, s'_a , calcolata con l'equazione (7), è bassa rispetto alla rigidità dinamica apparente per unità di superficie, s'_t , del provino:

Il valore di s' non può essere determinato con questo metodo se $r < 10 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ e se s'_a non è trascurabile rispetto a s'_t .

$$s' = s'_t$$

L'errore che si verifica quando s'_a non è tenuto in considerazione deve essere precisato nel resoconto di prova.

La rigidità dinamica per unità di superficie del gas contenuto all'interno, s'_a , è calcolata con l'equazione (7) fondata sull'ipotesi secondo la quale la propagazione del suono in un materiale resiliente è isotermica:

$$s'_a = \frac{p_0}{d\varepsilon}$$

dove: p_0 è la pressione atmosferica;
 d è lo spessore del provino sotto il carico statico applicato;
 ε è la porosità del provino.

Nota - Per $p_0 = 0,1 \text{ MPa}$ e $\varepsilon = 0,9$, la rigidità dinamica per unità di superficie del gas contenuto all'interno, s'_a , in meganewton al metro cubo è data da:

$$s'_a = \frac{111}{d}$$

dove: d è espresso in millimetri;

Riepilogo finale

- Il Valore di s_t (rigidità dinamica apparente calcolata da risultato di prova) da solo non esprime nulla.
- Occorre riportare s_t con s_a (quanto possibile) in quanto il valore deve essere espresso comunque in s'
- L'errore che si verifica quando s'_a non è tenuto in considerazione deve essere precisato nel resoconto di prova
- E' dubbia la fattibilità della misura su campioni pluristrato costituiti da materiali a diversa resistività al flusso: non risulta possibile la sommatoria delle prestazioni

Espressione di s'	Casistica in funzione della resistenza al flusso d'aria	Commento
$s' = s'_t$	$r \geq 100 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$	
$s' = s'_t + s'_a$	$100 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2 > r \geq 10 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$	I valori non possono essere determinati con il metodo se s'_a non è trascurabile rispetto a s'_t
$s' = s'_t$	$r < 10 \text{ kPa}\cdot\text{s}/\text{m}^2$	I valori non possono essere determinati con il metodo

Risultati della prova.

Massa della piastra oscillante	8,162 kg
Massa dell'accelerometro	0,018 kg
Massa Totale	8,180 kg
Massa superficiale totale "m"	204,5 kg/m ²
Modalità di eccitazione della piastra di carico	Segnale sinusoidale
Grandezza misurata	Accelerazione

Provino	Spessore sotto carico	Peso	Frequenza di risonanza "f"	Rigidità dinamica apparente "s' _t "	Rigidità dinamica apparente media "s' _t "
[n.]	[mm]	[g.]	[Hz]	[MN/m ²]	[MN/m ²]
1	10	16,6	34	9	9
2	10	16,3	34	9	
3	10	16,1	33	9	
4	10	16,3	33	9	
5	10	17,5	34	10	

Variabilità nello stesso lotto

Sovrapposizione dei materiali

Nel caso di più strati di materiale elastico di tipo omogeneo, sovrapposti

$$20 + 20 = 10$$

$$45 + 45 = 22,5$$

$$20 + 20 + 20 = 6,6$$

$$45 + 45 + 45 = 15$$

$$20 + 20 + 20 + 20 = 5$$

$$20 + 20 + 20 + 20 + 20 = 4$$

$$S'_{tot} = \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{S'_i} \right)} \quad (\text{MN/m}^3)$$

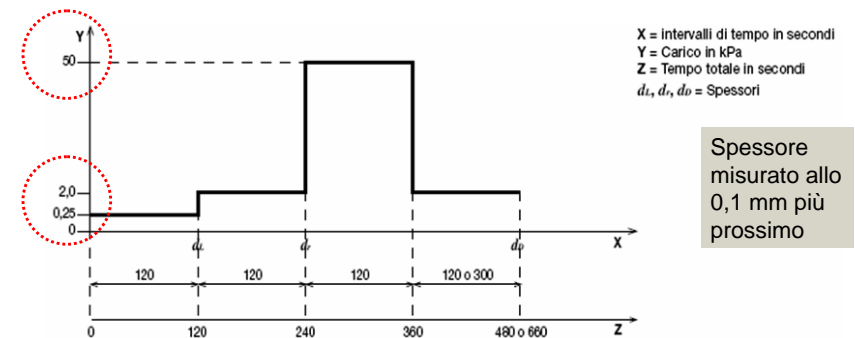
Collegamento di S' con la comprimibilità

- La Rigidità dinamica si riduce all'aumentare dello spessore del materiale isolante.
- La Rigidità dinamica di un materiale deve essere valutata in relazione alla Comprimibilità del materiale stesso: l'isolante acustico deve essere in grado di mantenere il suo spessore quando viene sottoposto ad un carico.

Cos'è la Comprimibilità?

- La **Comprimibilità** di un materiale, misurata secondo la norma **UNI EN 12431** o **UNI EN 1606**, rappresenta la sua capacità di mantenere il suo spessore sotto carico nel tempo.
- Un materiale ad elevata **Comprimibilità** (>20% di variazione tra spessore nominale e spessore sotto carico) **non è in grado di garantire le prestazioni acustiche di una struttura nel tempo.**
- I materiali fibrosi in genere, posati sotto un massetto di spessore superiore a **5 cm** e soggetto alle normali sollecitazioni di un solaio di circa **200 kg/m²** nelle medesime condizioni, presentano valori di **Comprimibilità** superiori a **30%** (dati bibliografici IEN - ex CNR).

Compressione a breve termine con sovraccarico [2-50 K Pa] - UNI EN 12431



UNI EN 13162

Isolanti termici per edilizia Prodotti di lana minerale ottenuti in fabbrica

Livelli per la comprimibilità

Livello	Carico imposto sul rivestimento kPa	Requisito mm	Tolleranza mm
CP5	≤2,0	≤5	+2
CP4	≤3,0	≤4	
CP3	≤4,0	≤3	
CP2	≤5,0	≤2	+1

I carichi imposti sullo strato di rivestimento sono ricavati dalla ENV 1991-2-1 Eurocodice 1 - Basis of design and actions on structures - Part 2.1: Actions on structures - Densities, self-weight and imposed loads.

I livelli CP3, CP4 e CP5 si riferiscono a una classe di tolleranza per lo spessore T6 e il livello CP2 si riferisce a una classe di tolleranza per lo spessore T7 (vedere 4.3.10.1).

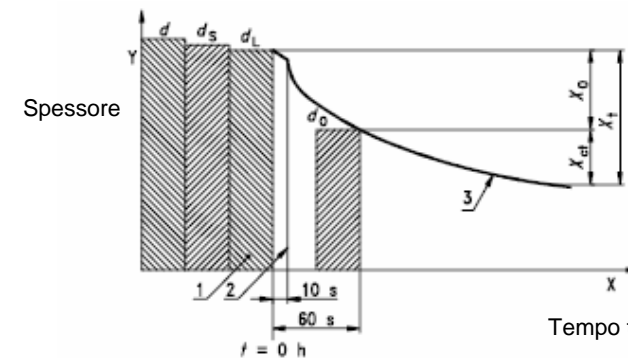
Classi per le tolleranze sullo spessore

Classe	Tolleranze	
T6	-5% oppure -1 mm ^a)	+15% oppure +3 mm ^a)
T7	0	+10% oppure +2 mm ^a)

a) Prendere il maggiore dei due valori della tolleranza numerica.

UNI EN 1606

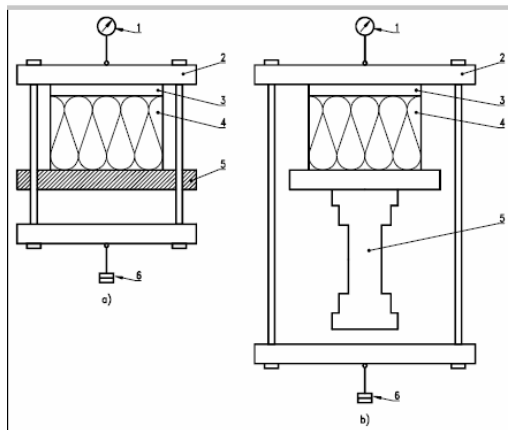
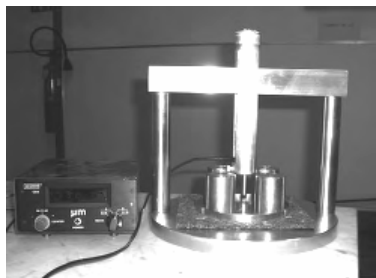
- "Peso morto" del dispositivo per il carico (< 10% della più piccola sollecitazione scelta per la prova di scorrimento viscoso)
- Carico applicato per la prova di scorrimento viscoso a compressione
- Curva di deformazione
- Riferimento per le misure della deformazione



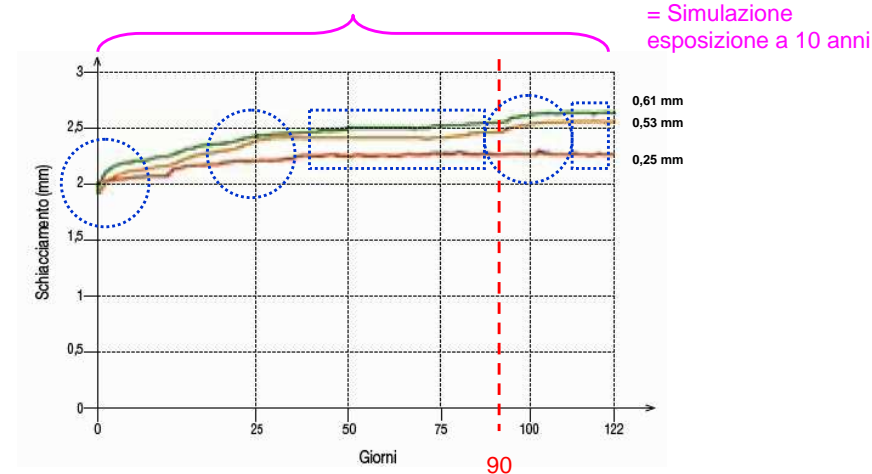
ESEMPI DI APPARECCHIATURE DI PROVA

LEGENDA

- Traduttore di spostamento o comparatore
- Ponte di carico
- Pianta di distribuzione del carico (mobile, con allineamento automatico)
- Provino
- Barra di supporto
- Carico mediante pesi



Schiacciamento con un carico costante pari a 200 Kg/m² [2 kPa] - UNI EN 1606

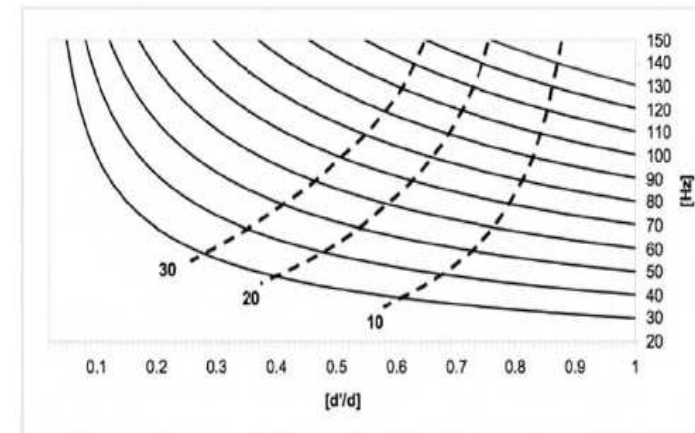


Differenze tra metodi



Materiale (spessore, densità)	$\xi(c)$	$h(c)$	$\xi(v)$	$h(v)$
Schiuma poliuretanic (6.3 mm, 30 kg/m ³)	0.91	8.8 %	0.90	9 %
Feltro sintetico (7.1 mm, 30 kg/m ³)	0.67	32.3 %	0.66	34.1 %
Trucioli di gomma (8 mm, 340 kg/m ³)	0.87	12.2 %	0.85	14.1 %
Sughero (2.2 mm, 350 kg/m ³)	0.93	6.3 %	0.93	6.5 %
Cascami di stoffa (8.6 mm, 130 kg/m ³)	0.90	9.5 %	0.89	10.7 %

Confronto tra i valori percentuale di spessore tra diversi materiali ottenuti dalla prova della comprimibilità $h(c)$ UNI EN 12431 e di scorrimento viscoso $h(v)$ UNI EN 1606



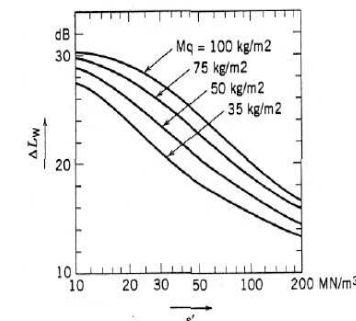
Variatione della frequenza di risonanza in funzione della diminuzione relativa di spessore del materiale dovuta alla compressione.

Rigidità dinamica a lungo periodo

S' S'_{10}

Materiale (spessore, densità)	$\xi(c)$	$h(c)$	s' [MN/m ³] dopo 3 giorni	s'_{10} [MN/m ³] a 10 anni
Schiuma poliuretanic (6.3 mm, 30 kg/m ³)	0.91	8.8 %	40.9	45.5
Feltro sintetico (7.1 mm, 30 kg/m ³)	0.67	32.3 %	18.2	27.2
Trucioli di gomma (8 mm, 340 kg/m ³)	0.87	12.2 %	111.8	128.5
Sughero (2.2 mm, 350 kg/m ³)	0.93	6.3 %	285.0	306.5
Cascami di stoffa (8.6 mm, 130 kg/m ³)	0.90	9.5 %	66.1	73.4

Calcolo del ΔL



L'abbattimento del valore di ΔL_n , di un pavimento galleggiante è in funzione della rigidità dinamica per unità di superficie s' , dello strato resiliente per valori diversi di massa per unità di superficie m' , e della lastra che ripartisce il carico. Si presume che la lastra strutturale sia pesante e rigida.

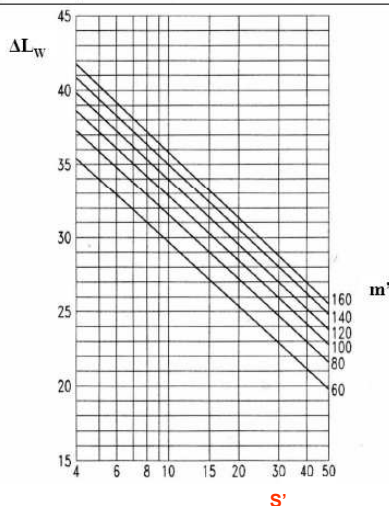
Rigidità dinamica

Sono consigliati prodotti con valori inferiori a 50 MN/m³

figura C.1 Indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio per pavimenti galleggianti in malta di cemento o solfato di calcio

Legenda

A	Indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora, ΔL_w , in dB
B	Massa per unità di area del pavimento galleggiante, in kgm ⁻²
C	Rigidità dinamica per unità di area, s' , dello strato resiliente, in MNm ⁻³



Calcolo del ΔL

Metodo semplificato per valutare l'effetto delle trasmissioni laterali che si hanno in opera rispetto alla condizione di laboratorio:

$$L'_{n,w} = L_{n,w} - \Delta L_{n,w} + K \text{ (dB)}$$

- $L_{n,w}$ = Indice di valutazione del livello normalizzato di rumore da calpestio (da dati sperimentali di laboratorio o da calcolo) $L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log m' \text{ (dB)}$
- ΔL_w = Riduzione del livello per presenza di pavimenti galleggianti (dB)
- K = Incremento del livello per trasmissione sonora laterale (dB)

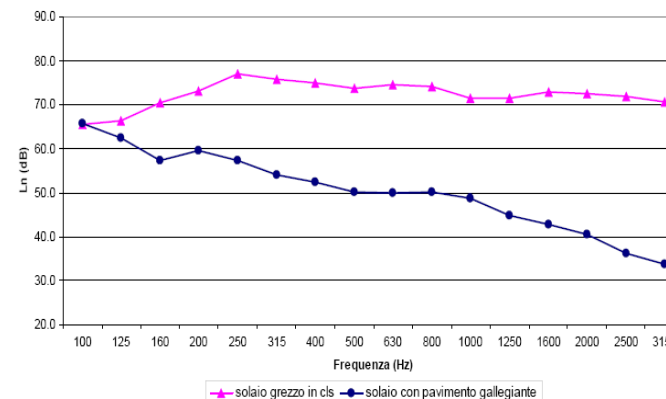
Calcolo semplificato della trasmissione laterale (coeff. K)

- (solo in assenza di strati di rivestimento di pareti o solai omogenei)

	Massa superficiale media delle strutture laterali(kg/m ²)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
massa superficiale del solaio (kg/m ²)	100	1	0	0	0	0	0	0	0
	150	1	1	0	0	0	0	0	0
	200	2	1	1	0	0	0	0	0
	250	2	1	1	1	0	0	0	0
	300	3	2	1	1	1	0	0	0
	350	3	2	1	1	1	1	0	0
	400	4	2	2	1	1	1	1	0
	450	4	3	2	2	1	1	1	1
	500	4	3	2	2	1	1	1	1
	600	5	4	3	2	2	1	1	1

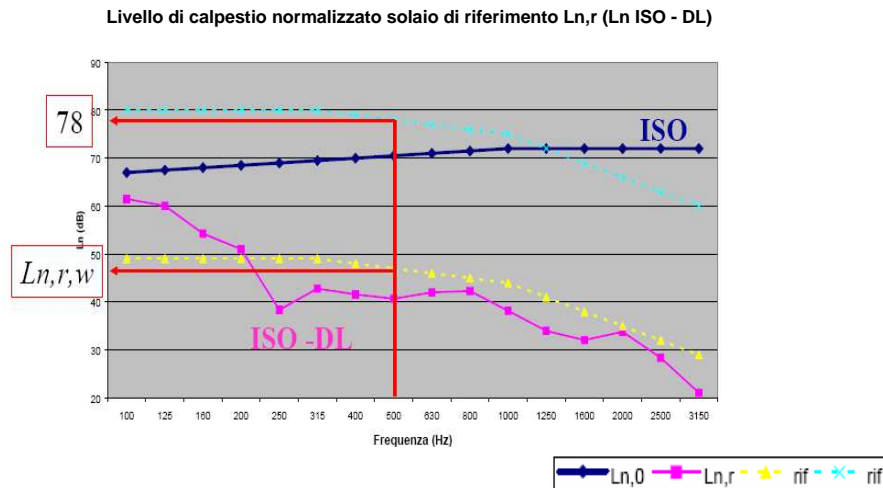
Prestazioni del pavimento galleggiante

- Attenuazione del livello normalizzato di calpestio con un massetto galleggiante su materiale resiliente (prove di laboratorio)



Prestazioni del pavimento galleggiante

- Indice di valutazione della attenuazione del livello normalizzato di calpestio $\Delta L_{W} = 78 - L_{n,r,W}$



Recente sentenza

Cat	Classificazione degli 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

Con la [sentenza n. 2715/07 del 23 aprile 2007](#), il Tribunale di Torino ha condannato un costruttore a restituire agli acquirenti una parte del prezzo pagato per l'acquisto di un appartamento, a causa dell'insufficiente isolamento acustico del soffitto che causava rumori da calpestio superiori ai limiti di legge.

Per valutare l'idoneità delle misure di insonorizzazione dell'alloggio, il Tribunale ha disposto una perizia tecnica: il CTU ha fatto riferimento alle norme del [DPCM 5/12/1997](#)

Egli ha riscontrato un valore di 70 decibel per rumore proveniente dai soffitti.

Recente sentenza

Il CTU ha concluso che:

- o non è stato realizzato un pavimento galleggiante;
- oppure sono stati commessi errori materiali di posa in opera.

La struttura dell'alloggio **non consente l'eliminazione del difetto** riscontrato dal CTU: l'intervento di ripristino, infatti, andrebbe eseguito all'interno dell'appartamento soprastante, di proprietà di terzi, e richiederebbe la rimozione di tutta la pavimentazione sino alla soletta, la posa di una nuova pavimentazione di tipo galleggiante, la costruzione del massetto e del nuovo pavimento di finitura.

Recente sentenza

- Al posto del ripristino, ritenuta dal CTU impraticabile, il giudice ha deciso di quantificare il difetto in una somma pari al **20% del costo di acquisto dell'appartamento**;

- Infatti, l'inadeguatezza dell'isolamento acustico riduce considerevolmente il valore dell'immobile,

ai sensi dell'art. **1490 c.c.**

- In conclusione, il costruttore è stato condannato a restituire agli acquirenti il **20% del prezzo pagato**.