Requisiti Acustici Passivi ai sensi delle nuove UNI di progetto e di collaudo

Aggiornamento per TCA ai sensi del D.LGS 42/17

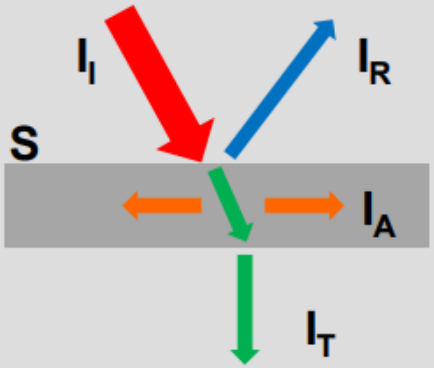
Sonora srl

Son Training srls

IL PROGETTO DEI REQUISITI ACUSTICI
VALUTAZIONE PREVISIONALE

Brevi richiami di acustica
Differenza tra Potere fonoisolante e Isolamento acustico

- Il potere fonoisolante è una proprietà della parete che non tiene conto dell'influenza degli ambienti contigui che separa



L'energia sonora che incide sulla superficie S si divide in tre componenti: una parte viene riflessa dalla superficie, una parte viene assorbita ed una parte trasmessa oltre il materiale/pacchetto

$$R' = -10 \lg \tau$$

COEFFICIENTE DI ASSORBIMENTO	$\alpha = \frac{I_A}{I_I}$
COEFFICIENTE DI TRASMISSIONE	$\tau = \frac{I_T}{I_I}$
COEFFICIENTE DI RIFLESSIONE	$\rho = \frac{I_R}{I_I}$

Brevi richiami di acustica
Differenza tra Potere fonoisolante e Isolamento acustico

SI DEFINISCE ISOLAMENTO ACUSTICO LA DIFFERENZA TRA IL LIVELLO SONORO L_{p1} CHE UNA SORGENTE DI RUMORE PRODUCE NELL'AMBIENTE IN CUI È POSTA (AMBIENTE DISTURBANTE) E QUELLO L_{p2} MISURABILE NELL'AMBIENTE RICEVENTE OLTRE IL DIVISORIO (AMBIENTE DISTURBATO).

$$L_{p1} - L_{p2} = R - 10Log\left(\frac{S_d}{A_2}\right) \quad [\mathrm{dB}]$$

Esso dipende dal potere fonoisolante R del divisorio, dalla sua estensione (superficie Sd) e dall'assorbimento totale dell'ambiente ricevente(A2)

introduzione

Dal punto di vista normativo non esiste una legge nazionale che preveda la progettazione acustica delle partizioni da effettuarsi prima della realizzazione del fabbricato

La necessità o meno del progetto acustico per il rilascio del permesso aa costruire è **quindi legata alla varie leggi regionali e dalla loro attuazione nei Regolamenti Edilizi Comunali**

In molte regioni italiane, pur essendo richiesta la progettazione acustica a livello di Legge Regionale, rimane molto spesso inapplicata a livello comunale

introduzione

La Legge Quadro 447/95 sull'inquinamento acustico del 26 ottobre 1995 prevedeva l'emanazione di numerosi decreti attuativi, tra cui **un decreto relativo alle attività di progettazione acustica** e uno **relativo al collaudo in opera** (art. 3 comma f, legge 447/95).

Benché sarebbe stato più logico pubblicare prima il decreto relativo alla progettazione e successivamente quello relativo al collaudo, in realtà ad oggi risulta emanato solo quello per il collaudo in opera (D.P.C.M. 5/12/1997)

Categorie previste dal DPCM del 97

- Il Decreto si sviluppa in 4 articoli e 1 allegato e nasce “considerata la necessità di fissare criteri e metodologie per il contenimento dell’inquinamento da rumore all’interno degli ambienti abitativi”

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.

Grandezze di riferimento del DPCM 97

Per a valutazione delle prestazioni acustiche degli edifici sono state definite alcune grandezze di seguito riportate:

- – il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R'), definito dalla norma
- – l'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$)
- – il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L'n)
- – L_{ASmax}: livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow
- – LAeq: livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A.
- il tempo di riverberazione (T60), definito dalla norma

Grandezze di riferimento del DPCM 97

Alcune NOTE

- – l’apice per R e L significa “apparente”, cioè comprensivo della trasmissione laterale che riduce il valore teorico, quindi ad esempio R’ ≤ R della stessa parete (senza trasmissione laterale)

Infatti una partizione in opera presenta in generale un potere fonoisolante decisamente inferiore rispetto alla stessa struttura

X = grandezza di un elemento in laboratorio;
X’= potere fonoisolante di un elemento in opera;

NOTE Grandezze di riferimento del DPCM 97

- Grandezze normalizzate

Le grandezze isolamento acustico (D) e livello di rumore di calpestio (L) indicano caratteristiche della partizione esaminata dipendenti dal contesto in cui è inserita

Ad esempio, se si analizzano due pareti identiche inserite in due differenti appartamenti, le due partizioni daranno due diversi valori di isolamento acustico

Per poter paragonare le grandezze è quindi necessario renderle tra loro omogenee, ossia "normalizzarle"

- Il potere fonoisolante invece è una proprietà della parete che non tiene conto dell'influenza degli ambienti contigui che separa

Grandezze di riferimento del DPCM 97

- Grandezze normalizzate

Esistono 2 tipi di normalizzazione:

rispetto al tempo di riverberazione del locale ricevente (D_{nT})

ricondurre il dato calcolato ad un locale campione avente un tempo di riverberazione di 0,5 s

- rispetto all'assorbimento acustico del locale ricevente (D_n)

ricondurre il dato calcolato ad un locale campione avente una superficie di assorbimento equivalente pari a 10 m^2

NOTE Grandezze di riferimento del DPCM 97

- – con riferimento al $D_{2m,nT}$, il pedice “2m” significa che la misurazione è con microfono a distanza di 2 metri dalla facciata stessa
- – il pedice “nT” significa, quindi, normalizzato rispetto al tempo di riverberazione T, per tener conto dell’effetto acustico dell’arredo.

CON RIFERIMENTO al livello di rumore di calpestio di solai normalizzato (L’n), il pedice “n” significa normalizzato, sulla base dell’assorbimento acustico dell’ambiente ricevente

VALORI E CLASSI PREVISTI DAL DPCM DEL 97

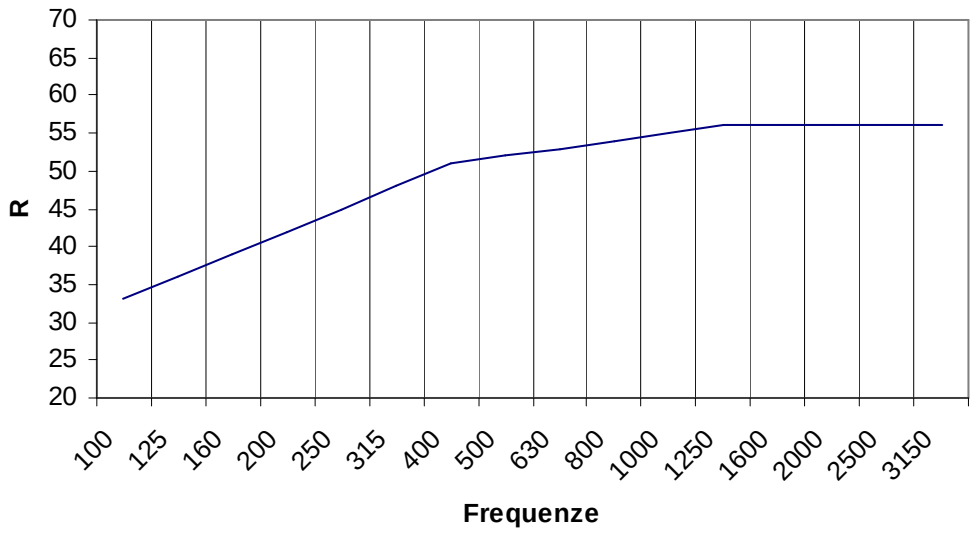
categoria	Isolamento partizioni interne	Isolamento di facciata	Livello di calpestio	Livello di rumore	
				discontinuo	continuo
	R'_W	$D_{2mn,T,W}$	$L'_{n,W}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
A) residenze C) Alberghi, pensioni	50	40	63	35	35
B) Uffici F) Attività ricreative, di culto G) Attività commerciali	50	42	55	35	35
D) Ospedali, cliniche, case di cura	55	45	58	35	25
E) Attività scolastiche	50	48	58	35	25

Per poter definire con un unico numero la prestazione acustica complessiva di un componente edilizio sono stati introdotti gli “indici di valutazione” indicano con il pedice “w”, calcolati con una apposita procedura prevista dalle norme UNI EN ISO 717 parte 1 e parte 2

,

Il potere fonoisolante apparente

Curva Potere fonoisolante apparente (R') effettuando un calcolo in frequenza

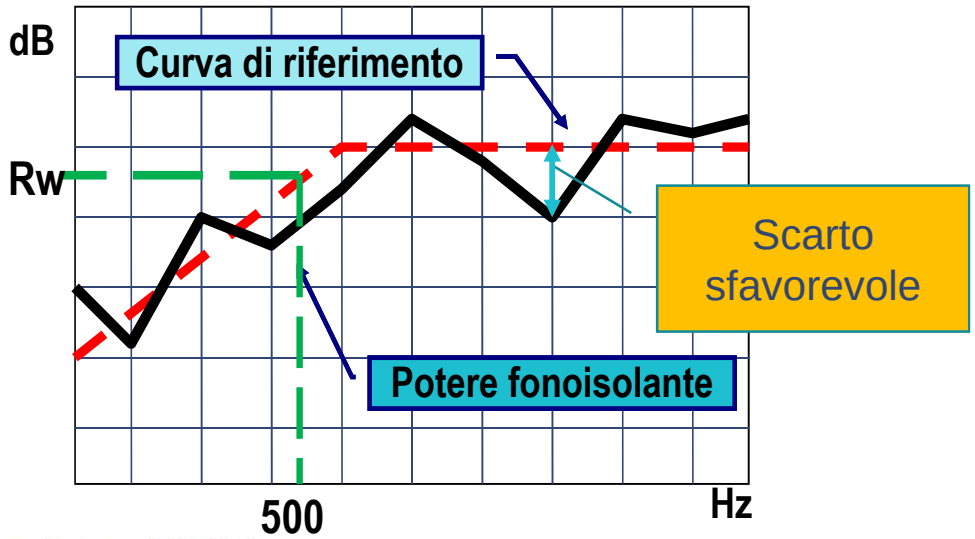


Indice di valutazione Rw(R'w) o D2m,nTw

Corrisponde al valore che assume la curva di riferimento alla frequenza di **500 Hz** secondo il metodo indicato dalla norma **UNI EN ISO 717-1**.

Per frequenze di 1/3 ottava (125Hz ÷ 4 kHz)
La Σ scarti sfavorevoli ≤ 32 dB

Per frequenze di ottava (100Hz ÷ 3,15 kHz)
La Σ scarti sfavorevoli ≤ 10 dB



R'_w si ottiene utilizzando il metodo proposto nella EN ISO 717-1: procedendo a passi di 1 dB, si avvicina la curva di riferimento definita dalla norma alla curva misurata, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli è più grande possibile e comunque non maggiore di 32,0 dB. Uno scarto sfavorevole, ad una frequenza data, si produce quando il risultato delle misurazioni è minore del valore di

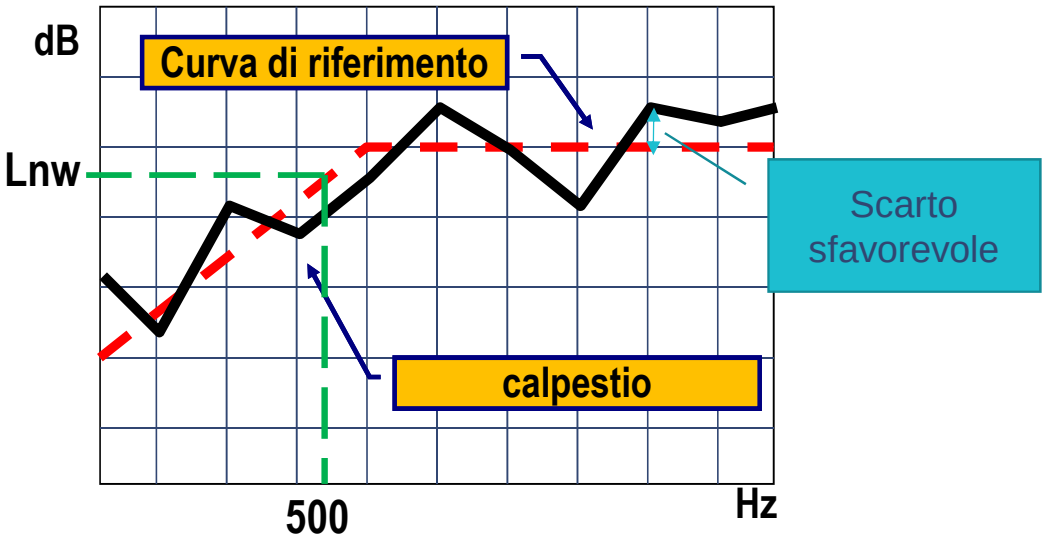
L'indice di valutazione è identificato con la lettere "w", in pedice, che segue la sigla di riferimento (esempio R'_w.).

Indice di valutazione Lnw (Ln'w)

Indici di valutazione

Corrisponde al valore che assume la curva di riferimento alla frequenza di 500 Hz secondo il metodo indicato dalla norma UNI EN ISO 717-2.

E' opportuno precisare che la norma UNI EN ISO 717-2 definisce come scarto sfavorevole, ad una frequenza data, la differenza positiva fra il corrispondente valore della curva sperimentale e quello della curva teorica; viceversa per la norma UNI EN ISO 717-1.



L'indice di valutazione è identificato con la lettere "w", in pedice, che segue la sigla di riferimento (Ln_w.).

IL TEMPO DI RIVERBERAZIONE

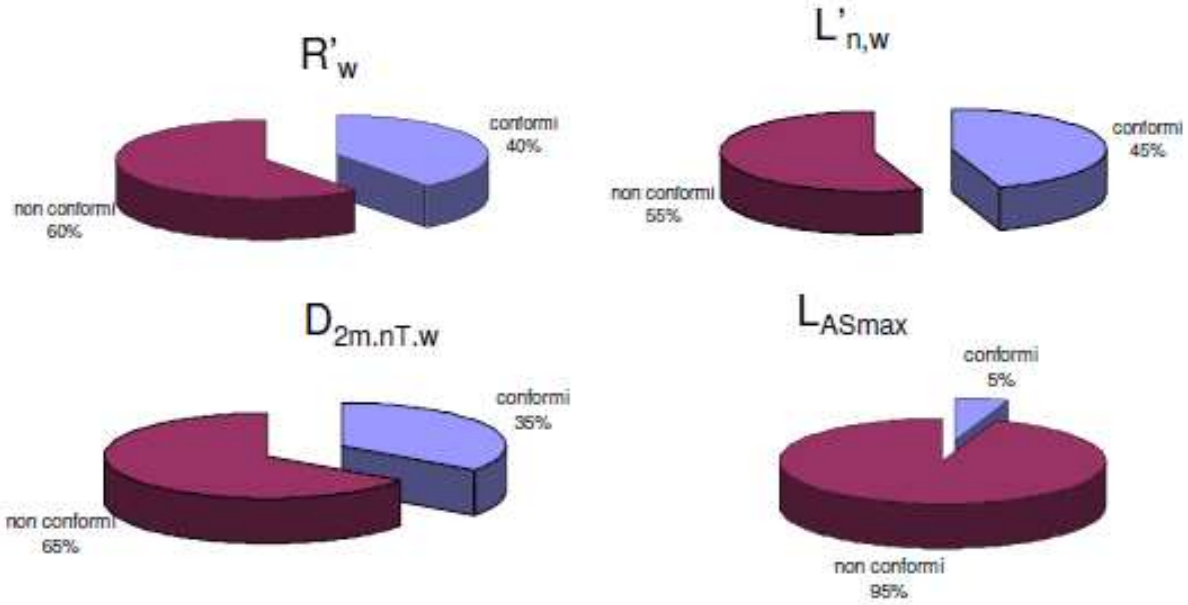
Nota

Tempo di riverberazione (T): Il DPCM 5/12/1997 richiama quanto riportato nella Circ. Min. LL. PP. n. 3150 del 22/05/1967 "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."*

Situazione attuale

Situazione attuale in Italia

Frequente mancato rispetto dei requisiti minimi di protezione degli edifici costruiti dal 1998 ad oggi



Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

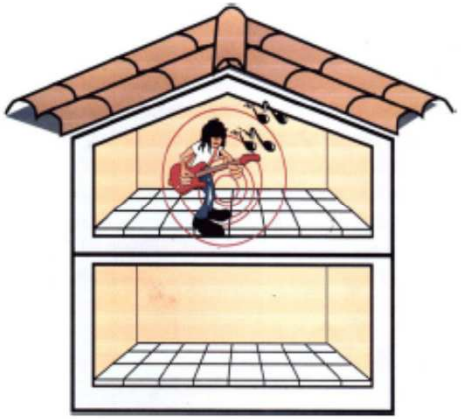
- – **servizi a funzionamento discontinuo**: impianti fissi il cui livello sonoro emesso non sia costante nel tempo e caratterizzato da brevi periodi di funzionamento rispetto al tempo di inattività durante l'arco di una giorna-ta; rientrano in questa tipologia gli impianti sanitari (scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria), gli ascensori, i montacarichi e le chiusure automatiche**, il cui parametro di riferimento è LASmax**
- – **servizi a funzionamento continuo**: impianti fissi il cui livello sonoro emesso nel tempo sia essenzialmente costante; rientrano in questa tipologia gli impianti di riscaldamento, climatizzazione, ricambio d'aria, estrazione forzata, **il cui parametro di riferimento è LAeq.**

TIPOLOGIE DI RUMORI BEGLI EDIFICI

RUMORI
NEGLI
EDIFICI

RUMORE AEREO

RUMORE AEREO

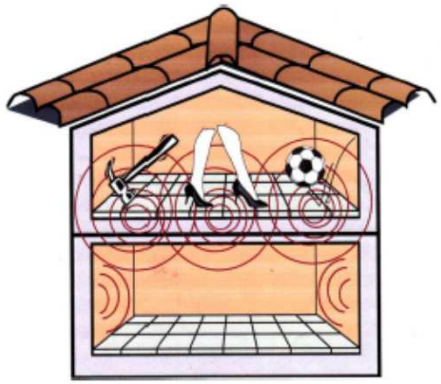


Viene generato e
trasmesso nell'aria

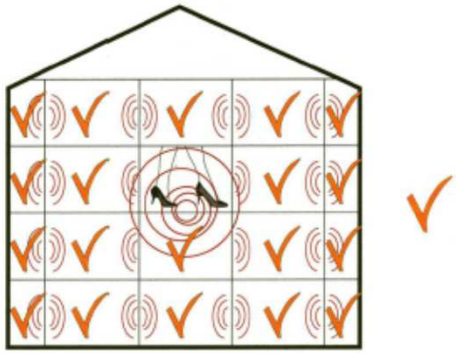
I rumori aerei si propagano
solo nei locali adiacenti

RUMORE STRUTTURALE

RUMORE DI PERCUSSIONE



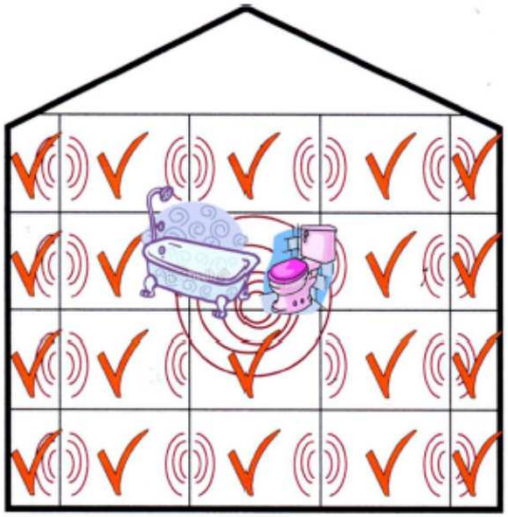
Causato per urto diretto della struttura



I rumori da calpestio si propagano in tutto l'edificio

RUMORE DOVUTO AGLI IMPIANTI

I rumori degli impianti si propagano in tutto l'edificio!



PROPAGAZIONE DEL SUONO NEGLI EDIFICI

- **Percorso di trasmissione diretta**:
- riguarda la trasmissione del rumore attraverso il solo elemento strutturale in esame (parete divisoria o solaio).

- **Percorsi di trasmissione laterale**: riguardano le trasmissioni del rumore che coinvolgono anche gli elementi strutturali adiacenti a quello considerato.

NORME PER LA PROGETTAZIONE DEI REQUISITI PASSIVI ACUSTICI

La famiglia di norme UNI EN ISO 12354 (aggiornata in versione italiana nelle parti da 1 a 4 il 19 dicembre 2017) ha modificato i modelli di calcolo previsionale per isolamento ai rumori aerei tra ambienti, rumori da calpestio e isolamento di facciata RISPETTO all'edizione del 2002 e del rapporto tecnico UNI TR 11175: 2005 IN CORSO DI RIELABORAZIONE

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

NORME PER LA PROGETTAZIONE DEI REQUISITI PASSIVI ACUSTICI

DA UNI EN A UNI EN ISO

Figura 1 –Da EN 12354:2002 a UNI EN ISO 12354

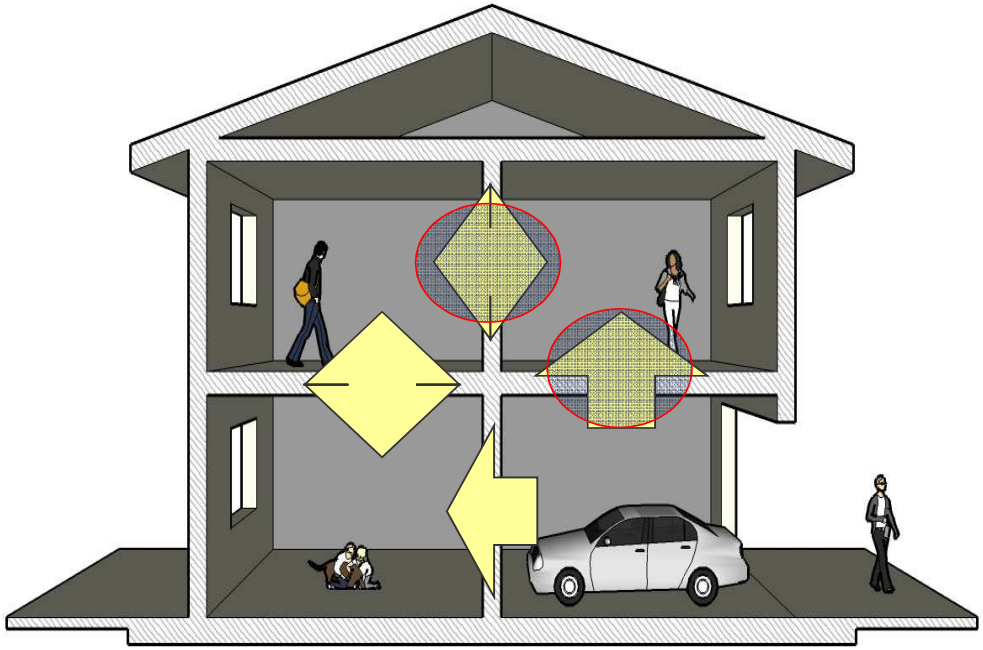
Un primo aspetto da evidenziare è **il fatto che i documenti del 2017 sono stati pubblicati come ISO, a differenza delle precedenti EN**. Mentre nel 2002 i modelli di calcolo erano stati elaborati da un gruppo di lavoro in sede CEN (Comitato Europeo per la Normazione), composto solo da esperti europei, le nuove 12354 sono state discusse presso ISO (International Organization for Standardization) ed hanno quindi validità in tutto il pianeta.

Ora, a seguito della pubblicazione delle nuove 12354, sono in corso i lavori per l'aggiornamento del rapporto tecnico italiano UNI TR 11175:2005 che basa i suoi modelli di calcolo sulle EN 12354:2002

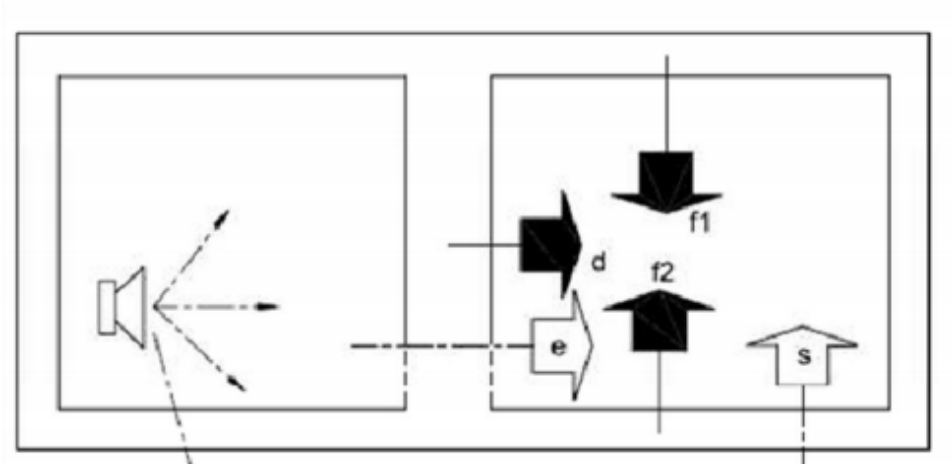
UNI EN ISO 12354 PARTE 1:
Calcolo del potere fonoisolante apparente

R'W

DEFINISCE LE PROPRIETÀ DI ISOLAMENTO ACUSTICO TRA ELEMENTI DI SEPARAZIONE FRA DUE AMBIENTI DIVERSI



UNI EN ISO 12354 PARTE 1 2017
(R'w) PRINCIPICI GENERALI DEL METODO



R'w

Indice del potere fono isolante apparente delle partizioni interne

Cosa Considera

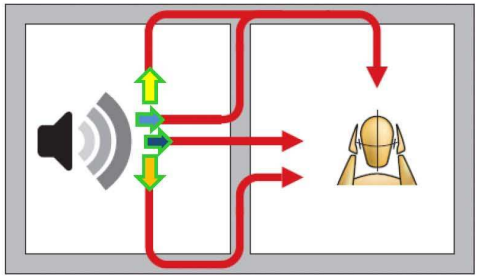
W_{Dd} **Potenza penetrata direttamente nella parete divisoria che è irradiata direttamente da essa**

W_{Df} **Potenza penetrata direttamente nella parete divisoria ma irradiata dagli elementi laterali**

W_{Fd} **Potenza penetrata negli elementi laterali ed irradiata direttamente dalla parete divisoria**

W_{Ff} **Potenza penetrata negli elementi laterali ed irradiata dagli elementi laterali**

W_{leak} **Potenza trasmessa, sotto forma di fenomeno sonoro propagato per via aerea, attraverso fessure, condotti di ventilazione, canalizzazioni etc.**



R'w=

trasmissione diretta

+

trasmissioni laterali

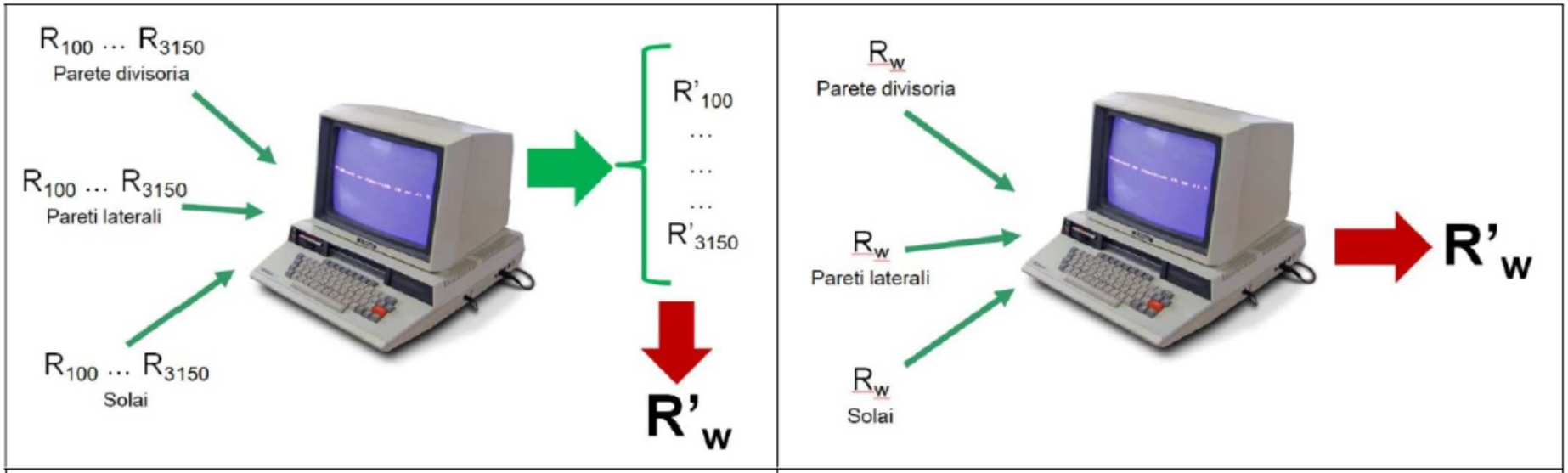
UNI EN ISO 12354 PARTE 1 2017
ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R’w)

COME PER LA VERSIONE PRECEDENTE, ANCHE LA NORMA DEL 2017 DEFINISCE:

1) un modello di calcolo “in frequenza”
2) un modello semplificato per “indice di valutazione”.

Il primo permette di ricavare i valori “in frequenza” del potere fonoisolante apparente dalla partizione (R’), inserendo 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.

UNI EN ISO 12354-1 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)



Modello in frequenza	Modello semplificato

Di seguito approfondiremo in particolare il modello semplificato per le strutture classiche

UNI EN ISO 12354-1 2017 :
ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

PARETI DI TIPO A E TIPO B

Una importante novità, introdotta dalle UNI EN ISO 12354:2017, è l'ampliamento del metodo di calcolo che consente il calcolo previsionale dell'isolamento acustico anche per strutture di tipo non tradizionale

La norma infatti prevede la suddivisione degli elementi costruttivi in due categorie: **elementi di "Tipo A"** ed **elementi di "Tipo B".** (non si parla più di strutture pesanti e leggere) in funzione del tempo di riverberazione strutturale Ts.

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Il tempo di riverberazione strutturale TS per una struttura eccitata con un segnale stazionario è definito come il tempo in secondi necessario, dal momento in cui viene interrotto il flusso di potenza, perché l'energia di vibrazione si riduca ad un milionesimo del suo valore iniziale.

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

PARETI DI TIPO A

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), 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.

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Pareti di tipo B

Gli elementi di "Tipo B" invece sono tutto ciò che non è di "Tipo A", il cui tempo riverberazione strutturale non dipende dai giunti . 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, strutture intelaiate in legno o acciaio)

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

PARETI DI TIPO A

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 sostanzialmente le relazioni matematiche proposte nelle EN 12354:2002 .

Per il "Tipo B" invece le trasmissioni laterali (Rij,w) vengono calcolate a partire dal corrispondente di isolamento acustico normalizzato $D_{n,f,ij,}$ al posto dell'indice di riduzione delle vibrazioni, Kij.

•UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1:
• ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Potere fonoisolante apparente (R'W)

METODO SEMPLIFICATO PARETI DI TIPO A

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

R'w=
trasmissione diretta +
trasmissioni laterali

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

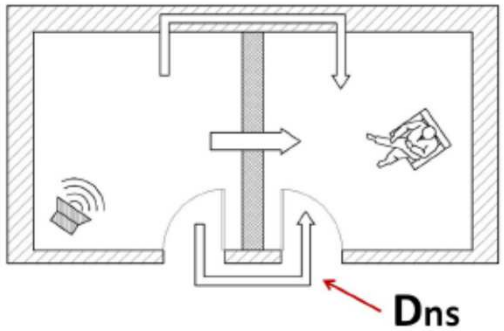
R_D del potere fonoisolante per trasmissione diretta;

RFf, , RDf , RFd, *sono (indici) poteri fonoisolanti per trasmissione laterale percorso ij(RD,F Rfd,*

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

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

la relazione riporta al termine un altro fattore per considerare nel calcolo la trasmissione **attraverso un piccolo elemento tecnico (Dn,e)** quale prese d'aria nella parete o un **sistema di trasmissione indiretta** per via aerea attraverso un sistema s, **come atri e corridoi, (Dn,s),** per la trasmissione dei rumori aerei, esempi corridoi, altre sterni, altra novità rispetto alla UNI EN 12354-1:2002



A_0: Area di assorbimento acustico di riferimento = 10 m^2
S_s: Superficie della partizione divisoria [m2]
$D_{n,j,w}$: indice di isolamento acustico normalizzato attraverso un piccolo elemento (Dn,e) o un percorso di trasmissione indiretta di rumore aereo (Dn,s)
M=numero di passaggi aerei diretti ed indiretti

•UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1:
• ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

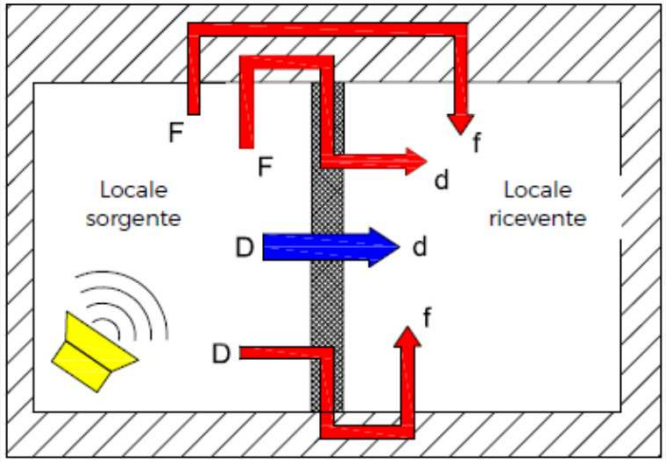
METODO SEMPLIFICATO DEFINIZIONE DEI PERCORSI

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 (RDd,w) e 12 percorsi laterali (Rij,w)

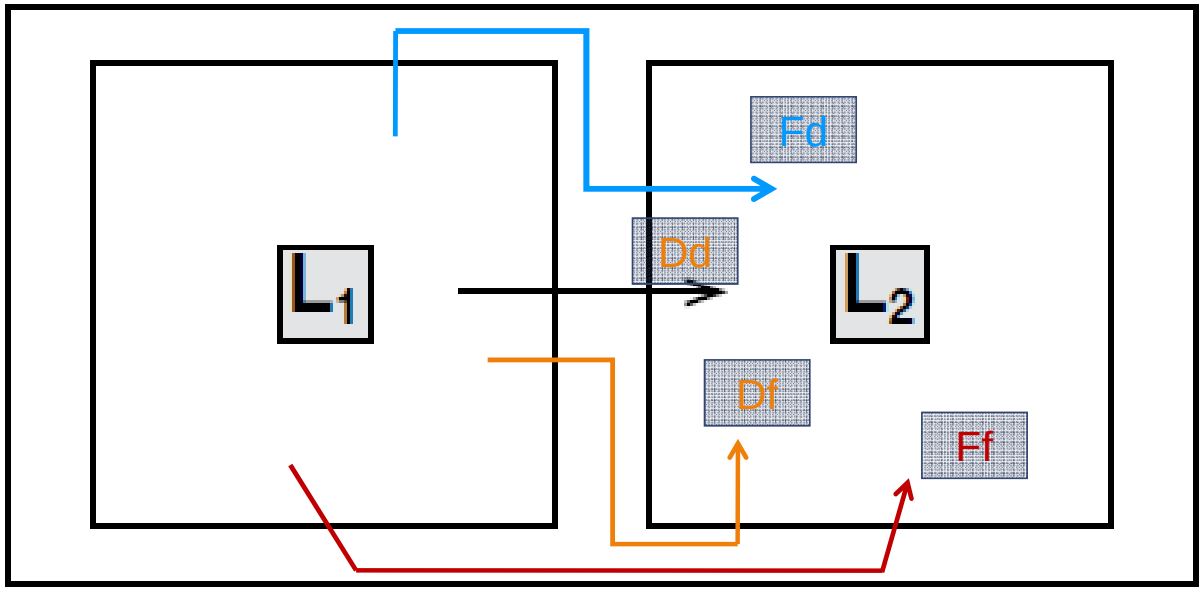
•UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1:
• ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

METODO SEMPLIFICATO DEFINIZIONE DEI PERCORSI



LEGENDA

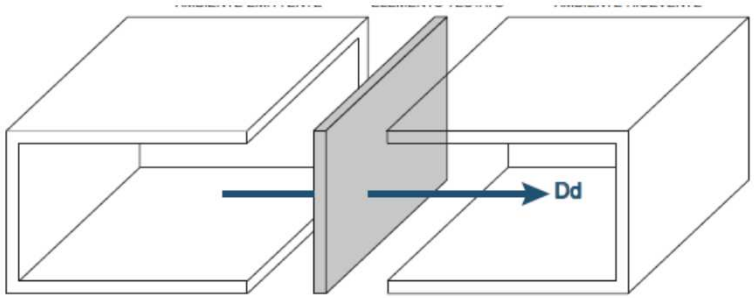
D indica l'elemento divisorio lato sorgente
d indica l'elemento divisorio lato ricevente
F indica la struttura laterale lato sorgente
f indica la struttura laterale lato ricevente



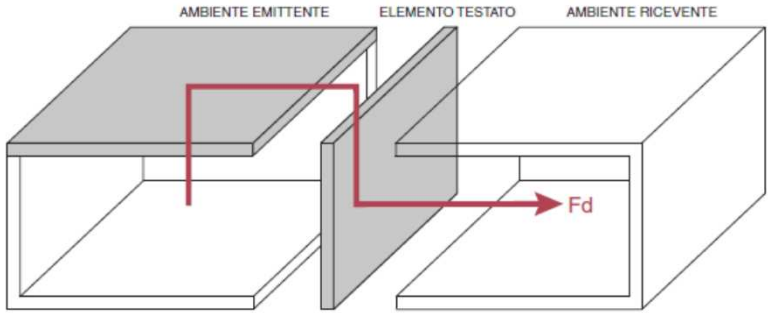
•UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1:
• ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

METODO SEMPLIFICATO DEFINIZIONE DEI PERCORSI

Percorso diretto .



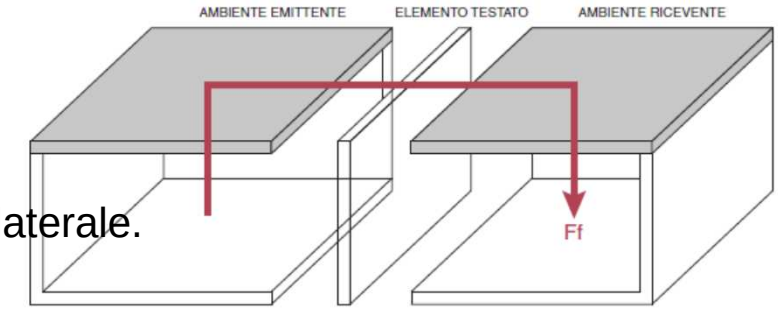
(a) Percorso di trasmissione diretto Dd



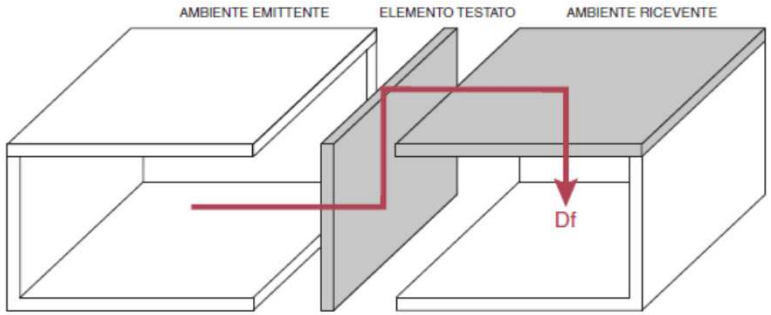
(c) Percorso di trasmissione laterale Fd

Percorso laterale diretto .

Laterale laterale.



(b) Percorso di trasmissione laterale Ff

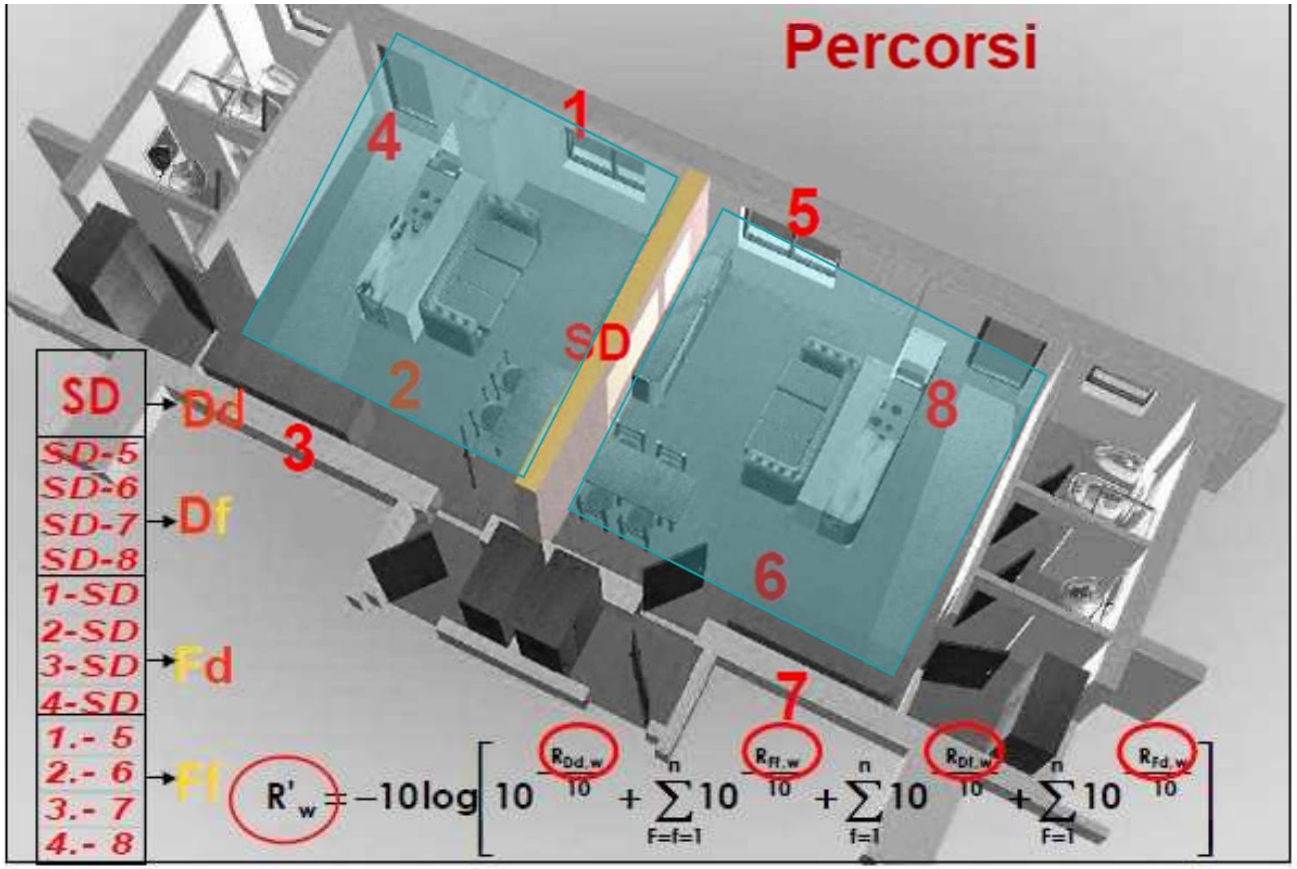


(d) Percorso di trasmissione laterale Df

Diretto laterale.

•UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

METODO SEMPLIFICATO DEFINIZIONE DEI PERCORSI



UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

METODO SEMPLIFICATO C

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

Potere (indice) fonoisolante diretto

$R_{D,d}$ del potere fonoisolante per trasmissione diretta;

$$R_{Dd,w} = R_{S,W} + \Delta R_{Dd,w}$$

dove:

$Rs,_w$ = indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento di separazione, in decibel;

$\Delta R_{Dd,w}$ = incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti addizionali sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento di separazione, in decibel.

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

METODO SEMPLIFICATO parete di tipo A

partizione
Strati addizionali

Potere (indice) fonoisolante diretto

$$R_{Dd,w} = R_{S,W} + \Delta R_{Dd,w}$$

Percorso diretto	$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w}$ $\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{max,w} + \frac{\Delta R_{min,w}}{2}$	$R_{s,w}$ potere fonoisolante del divisorio [dB] $\Delta R_{Dd,w}$ incremento potere fonoisolante per strati addizionali (in caso di due strati addizionali, il minore vale la metà) [dB] – **appendice D**

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

METODO SEMPLIFICATO parete di tipo A

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

Potere (indice) fonoisolante percorsi laterali Rij(D,d,F,f)

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

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

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

METODO SEMPLIFICATO PARETE DI TIPO A

Indice di riduzione delle vibrazioni Kij

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

Ricavabile in laboratorio secondo la ISO 18848-3 ISO 18848-4 o con le formulazioni previste dalla UNI in appendice E

Kij ⇒ tipo di giunto; fattore M

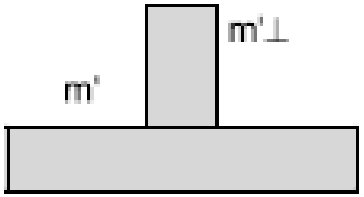
UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Indice di riduzione delle vibrazioni Kij

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

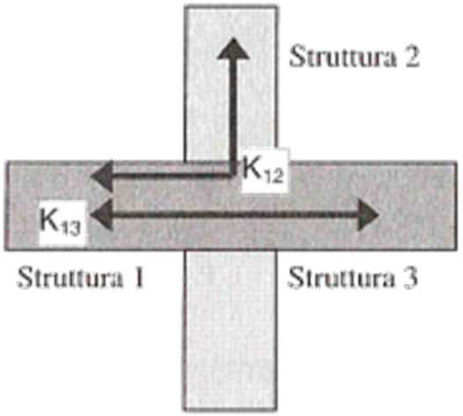
rapporto M fra le masse per unità di area delle pareti collegate ad angolo retto fra di loro in corrispondenza del giunto:

dove:
m'i è la massa per unità di area dell'elemento i nel percorso ij, in kg/m^2;
m'⊥i è la massa per unità di area dell'altro elemento che costituisce la giunzione perpendicolare (partizione), in kg/m^2.
.



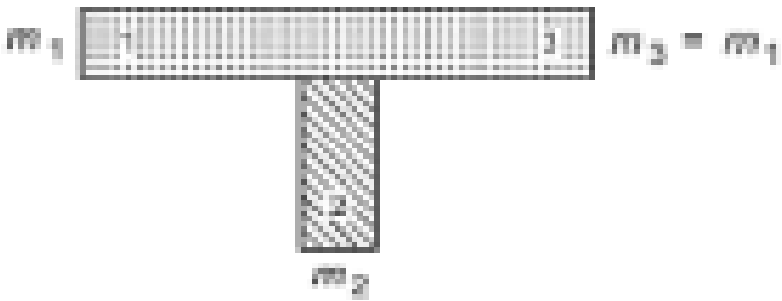
UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Calcolo di Kij



Esempio Giunto rigido a croce tra strutture omogenee

$K13 = 8,7 + 17,1M + 5,7M^2$ (dB)
$K12 = K23 = 8,7 + 5,7M^2$ (dB)

 **Giunto rigido a T**	Diritto		$K_{13} = 5,7 + 14,1\,M + 5,7\,M^2$
	Angolo		$K_{12} = 5,7 + 5,7\,M^2\ (=K_{23})$

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Differenza di potere fonoisolante (ΔRW)

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

Come nella EN 12354-1:2002, anche la norma del 2017 riporta nell'Appendice D una procedura per **calcolare l'incremento di potere fonoisolante (ΔRw) di elementi di rivestimento quali contropareti a secco o massetti galleggianti** qualora no siano disponibili dati certificati.

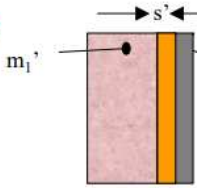
Il modello di calcolo è stato in parte modificato e sono state aggiunte, al paragrafo D.2.3, nuove formule per valutare la prestazione di rivestimenti esterni quali ad esempio i cappotti.

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 ΔRw

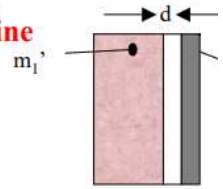
UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Differenza di potere fonoisolante (ΔRW)
Confronto tra tra nuove e vecchia normativa

Per pareti fissate tra loro mediante lo strato elastico



Per pareti separate da intercapedine d'aria o quando il materiale fonoassorbente non funge da connessione tra le due pareti



EN 12354-1:2002	ISO 17
$f_0 = 160\sqrt{s'\left(\frac{1}{m_1'}+\frac{1}{m_2'}\right)}$	
$f_0 = 160\sqrt{\frac{0.111}{d}\left(\frac{1}{m_1'}+\frac{1}{m_2'}\right)}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\left(\frac{1}{m_1'}+\frac{1}{m_2'}\right)}$

no

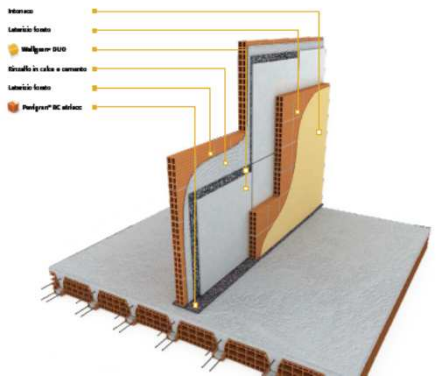
s': rigidità dinamica del materiale resiliente [MN/m^3]
d : distanza dell'intercapedine della controparete [m]
m'$_1$: massa superficiale della struttura di base [kg/m^2]
m'$_2$: massa superficiale dell'elemento di rivestimento [kg/m^2]

Purtroppo le norme del 2017 hanno un evidente errore di scrittura. Per calcolare la frequenza di risonanza nelle formule , **il termine 160 è stato sostituito per errore con 1/2π** .Questo comporta un errore di calcolo con un coefficiente pari a 1000.Si spera che a breve venga pubblicata un'errata corrige per evitare disguidi.

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Calcolo di ΔRw

Incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, Δ*R*w, per strato addizionale secondo la UNI 12354- 2017 tabella modificata rispetto alla precedente



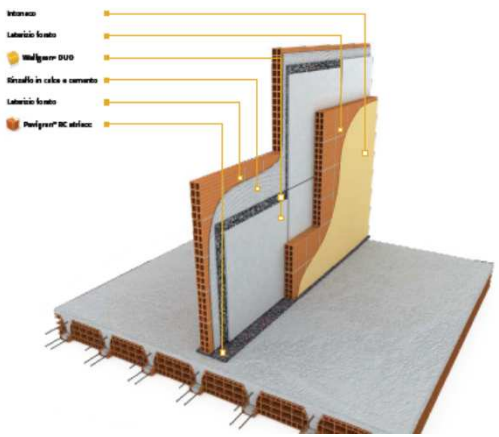
Frequenza di risonanza del rivestimento f_0 [Hz]	ΔR_w[dB]
$30 \leq f_0 \leq 160$	$74{,}4 - 20\ \lg(f_0) - Rw/2$
200	- 1
250	- 3
315	- 5
400	- 7
500	- 9
630 to 1 600	- 10
$1\ 600 \leq f0 \leq 5\ 000$	- 5

Potere fonoisolante della struttura di base.

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Calcolo di ΔRw

Incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante, Δ*R*w, per strato addizionale vecchia versione della UNI 12354 del 2002

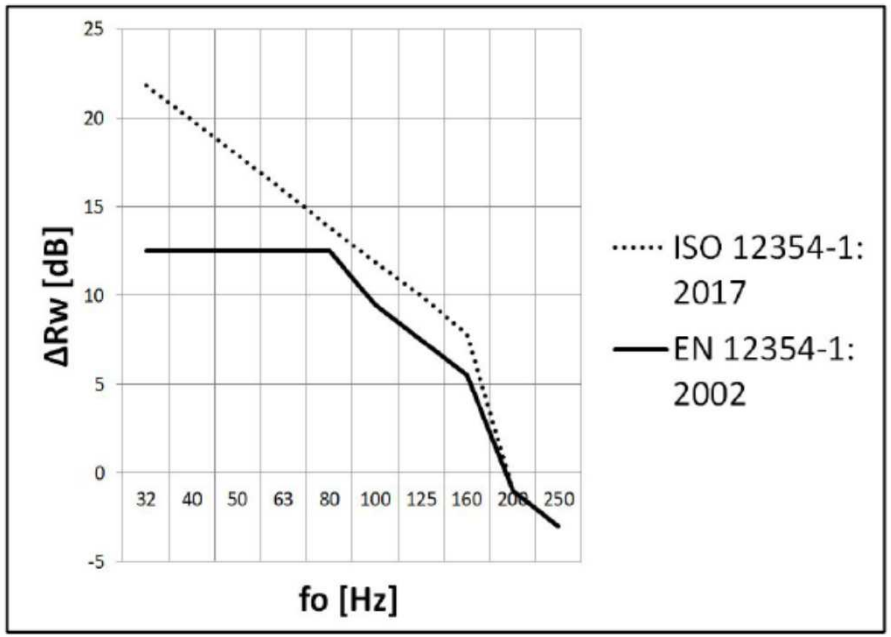


Frequenza di risonanza f_0	ΔR_w dB
$f_0 \leq 80$	$35 - R_w/2$
$80 < f_0 \leq 125$	$32 - R_w/2$
$125 < f_0 \leq 200$	$28 - R_w/2$
$200 < f_0 \leq 250$	-2
$250 < f_0 \leq 315$	-4
$315 < f_0 \leq 400$	-6
$400 < f_0 \leq 500$	-8
$500 < f_0 \leq 1\,600$	-10
$f_0 > 1\,600$	-5
Nota Il valore di R_w è relativo alla struttura di base (parete o solaio) nuda.	

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Calcolo di ΔRw confronto tra le norme

La tabella per ricavare ΔRw 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



Si osserva in particolare che, a parità di dati di ingresso, le ultime norme forniscono risultati più elevati al di sotto dei 200 Hz

Calcolo di ΔRw per cappotti esterni e pareti ventilate (rivestimenti esterni)

Le relazioni matematiche per cappotti esterni sono un'altra 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/m_2, 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**.

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Calcolo di ΔRw per cappotti esterni e pareti ventilate (rivestimenti esterni)

Per la situazione di riferimento con il sistema applicato alla parete base pesante di circa 350 kg/m^2 con area incollata del 40% e nessun ancoraggio o traverso di porta l'incremento è stimato con la formula (D.3) per la lana minerale e la formula (D.4) per schiume come il polistirene (PS), il polistirene estruso (EPS) o il polistirene estruso elasticizzato (EEPS). La presenza di ancoraggi o di un'area incollata differente è quindi presa in considerazione per mezzo delle formule (D.5) e (D.6).

Lana minerale:

$$\Delta R_w = -36 \lg f_o + 82{,}5 \geq -4$$

$$\Delta R_A = -42 \lg f_o + 92{,}0 \geq -4 \qquad \text{(D.3)}$$

$$\Delta R_{Atr} = -39 \lg f_o + 87{,}7 \geq -4$$

Schiume:

$$\Delta R_w = -33 \lg f_o + 76{,}0 \geq -3$$

$$\Delta R_A = -33 \lg f_o + 74{,}0 \geq -3 \qquad \text{(D.4)}$$

$$\Delta R_{Atr} = -36 \lg f_o + 77{,}0 \geq -3$$

Calcolo di ΔRw per cappotti esterni e pareti ventilate (rivestimenti esterni)

Se si applicano ancoraggi o traversi di porta, nell'ordine da 4 per m² a 10 per m², differenti dalla situazione di riferimento, si applica la correzione illustrata nelle formule (D.5):

$$\Delta R_w = 0{,}66\ \Delta R_{w,ref} - 1{,}2$$
$$\Delta R_A = 0{,}62\ \Delta R_{A,ref} - 1{,}3 \qquad \text{(D.5)}$$
$$\Delta R_{Atr} = 0{,}54\ \Delta R_{Atr,ref} - 1{,}6$$

Se l'area incollata differisce del 40% rispetto alla situazione di riferimento, si possono applicare le correzioni seguenti a tutti gli indici di valutazione, risultanti dalle formule (D3), (D4) e (D5):

$$\Delta R_{w,A,Atr} = \Delta R_{w,A,Atr;eq.D2,3,4} - 0{,}05\%S_o + 2{,}0 \qquad \text{(D.6)}$$

dove $\%S_o$ è la percentuale dell'area sulla quale si incolla all'elemento base lo strato.

Calcolo di ΔRw per cappotti esterni e pareti ventilate (rivestimenti esterni)

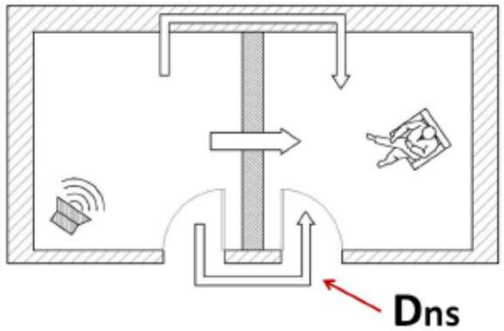
La Norma inoltre fornisce altri valori nel caso degli elementi non connessi direttamente all'elemento di base

Inoltre rimanda alla UNI EN12354 parte 5 per il calcolo dell'isolamento dovuto alle pareti ventilate

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

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

la relazione riporta al termine un altro fattore per considerare nel calcolo la **trasmissione attraverso un piccolo elemento tecnico (Dn,e)** quale prese d'aria nella parete o un **sistema di trasmissione indiretta per via aerea attraverso un sistema s, come atri e corridoi, (Dn,s**), per la trasmissione dei rumori aerei, esempi corridoi, altresterni, altra novità rispetto alla EN 12354-1:2002



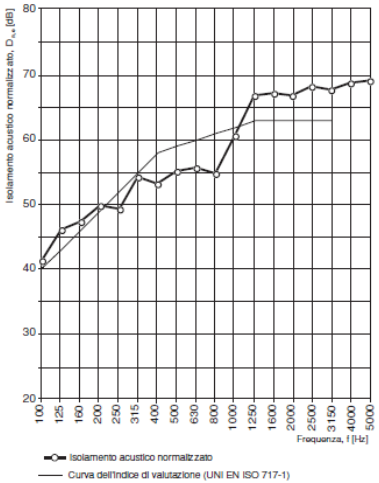
$D_{n,j,w}$: indice di isolamento acustico normalizzato attraverso un piccolo elemento (Dn,e) oppure attraverso un percorso di trasmissione di rumore aereo (Dn,s) NORMALIZZATI RISPETTO A0=10m^2

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

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

Piccolo elemento esempio bocchette d'aria

Valutata secondo la ISO 10140 2016 APPENDICE E

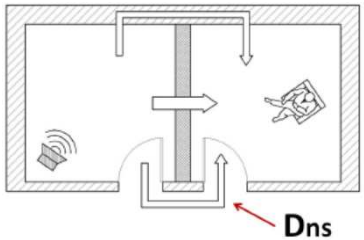


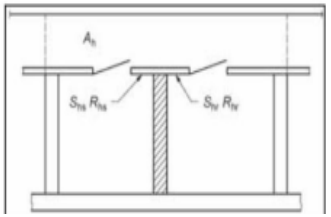
indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente del "piccolo elemento" (i) – [dB] - = dato dichiarato dal produttore oppure = -10*log($S_{apertura}$/10)

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO cTRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

sistema di trasmissione indiretta per via aerea

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





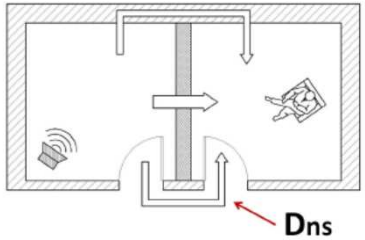
GLI ELEMENTI CHE ENTRANO IN:
Posizione delle porte reciproca
Assorbimento del corridoio
(IPOTESI DI CAMPO DIFFUSO)

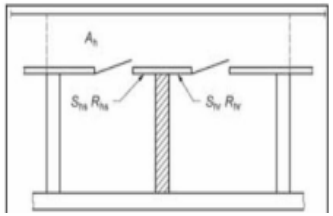
Percorso aereo indiretto **Appendice H**	$D_{n,s} = R_{hs} + R_{hr} + \left(10\log\frac{10A_h}{S_{hs}S_{hr}} + C_{doorposition}\right)$ [dB]
	R_{hs}, R_{hr} Potere fonoisolante della parete composita che separa l'ambiente emittente/ricevente dal corridoio (in genere approssimabile con il potere fonoisolante della porta) [dB] S_{hs}, S_{hr} Superficie della parete composita che separa il corridoio dai rispettivi ambienti [m²] A_h Area di assorbimento equivalente del corridoio [m²] $C_{door\ position}$ coefficiente per la posizione reciproca delle porte

Tabella 2 – equazioni per il calcolo del percorso laterale indiretto

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTOTRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

sistema di trasmissione indiretta per via aerea





Percorso aereo indiretto **Appendice H**	$D_{n,s} = R_{hs} + R_{hr} + \left(10\log\frac{10A_h}{S_{hs}S_{hr}} + C_{doorposition}\right)$ [dB]
	R_{hs} , R_{hr} Potere fonoisolante della parete composita che separa l'ambiente emittente/ricevente dal corridoio (in genere approssimabile con il potere fonoisolante della porta) [dB] S_{hs} , S_{hr} Superficie della parete composita che separa il corridoio dai rispettivi ambienti [m²] A_h Area di assorbimento equivalente del corridoio [m²] $C_{door\ position}$ coefficiente per la posizione reciproca delle porte

Tabella 2 – equazioni per il calcolo del percorso laterale indiretto

Cdoor position= vale- 2 dB per porte a 90° gradi una rispetto all'altra e distanza max di un mt, 0 per distanze maggiori e direzione parallela

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: ISOLAMENTO TRA AMBIENTI INTERNI (R'w)

Potere fonoisolante apparente (R'w)

Metodo visto si può applicare:

1) con CALCOLO SEMPLIFICATO (ADOTTANDO l'indice RW o (al limite a R a 500 Hz)
2) FUNZIONA PER STUDIARE IL COMPORTAMENTO NELLE FREQUENZE COMPRESE TRA 100-3150HZ, ALTRIMENTI BISOGNA PASSARE AL METODO DETTAGLIATO.
3) Si può tener conto dei coefficienti di adattamento spettrale del rumore, tenendo conto delle relative correzione ai dati in ingresso $R'_A=R'_W+C(Ctr)$.

Stima del potere fonoisolante Rw

IL POTERE FONOISOLANTE Rw DELLE STRUTTURE:

- Certificato del produttore
- Stimato per via teorica, mediante le formule disponibili in letteratura
- Ipotizzato per similitudine con soluzioni equivalenti

Stima del potere fonoisolante Rw

FORMULE DA UNI TR 11175

Partizioni orizzontali e verticali (singole o doppie) con m' > 80 kg/m^2. Nel caso di pareti doppie l'intercapedine deve essere priva di materiale fonoassorbente e di spessore <= 5 cm.	R_w = 20 log (m')
Strutture di base monolitiche con m'>150 kg/m^2	R_w = 37,5 log (m') – 42
Nota: Per queste due relazioni UNI TR 11175 propone di aggiungere un fattore cautelativo pari a **– 2 dB**	

FORMULE DA UNI EN ISO 12354:2017

Pareti monostrato (m' > 150 kg/m^2)	R_w = 37,5log(m') - 42 [dB]
Pareti monostrato Austria (m' > 100 kg/m^2)	R_w = 32,4log(m') - 26 [dB]
Pareti monostrato Francia (m' > 150 kg/m^2)	R_w = 40log(m') - 45 [dB]
Pareti monostrato Gran Bretagna (m' > 50 kg/m^2)	R_w = 21,65log(m') – 2,3 [dB]
Pareti monostrato Italia (m' > 80 kg/m^2)	R_w = 20log(m') [dB]
Pareti monostrato Germania (65 kg/m^2 <=m'<=720 kg/m^2) Questa formula viene utilizzata in Germania per: • pareti omogenee in cemento, blocchi calcio silicato, mattoni • solai in cemento	R_w = 37,5log(m') - 42 [dB]

Stima del potere fonoisolante Rw

Pareti doppie

Italia - pareti in laterizio, intercapedine > 5 cm riempita, almeno parzialmente, con materiale fibroso fonoassorbente	$R_w = 16 \log (m') + 10$
Italia - pareti in blocchi di argilla espansa, intercapedine senza materiale fibroso (115< m'<400 kg/mq)	$R_w = 26 \log (m') - 11$
Formula ricavata da bibliografia *Nota: La relazione è stata ricavata da fonti bibliografiche, non vengono riportati gli estremi di validità. Si consiglia quindi di paragonare i risultati con quelli forniti dalle altre formule.*	$R_w = 20 \log(m'd)-10$ Dove: d = spessore intercapedine [cm]

Pareti in lastre

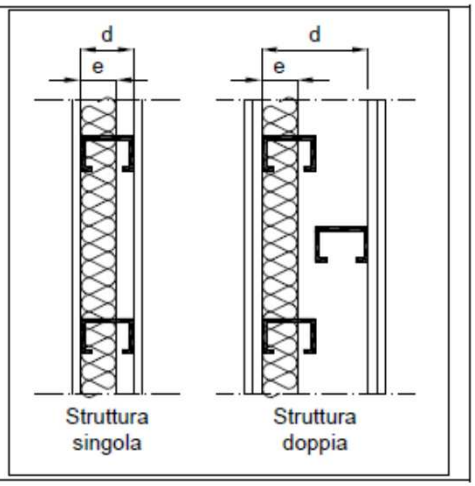
Struttura singola: $R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 5$
Struttura doppia: $R_w = 20 \log (m') + 10 \log (d) + e + 10$

d profondità dell'intercapedine in cm
e spessore del pannello in fibra minerale in cm

Le formule sono valide per :

- massa areica complessiva entro 70-80 kg/mq
- spessore totale "d" entro 25-30 cm
- valori di "e" contenuti entro 6-8 cm.

Per valori superiori le formule tendono a sopravvalutare il risultato



Solai

Italia – solai in laterocemento (250<m'<500 kg/mq)	$R_w = 23 \log (m') - 8$

Calcolo empirico dell'indice di valutazione del potere fonoisolante (R_w)

altre leggi empiriche

MATERIALI IN LATERIZIO

Pareti semplici (valida per massa areica compresa fra 100 e 700 Kg/m²)

$$R_w = 15{,}4 \log m' + 8 \quad \text{(dB)}$$

Pareti doppie in laterizio (valida nel caso in cui l'intercapedine sia almeno di 10 cm)

$$R_w = 20 \log m' + 20 \log d - 10 \quad \text{(dB)}$$

d è la misura dell'intercapedine in cm

Determinazione dei valori di R_w dei diversi elementi strutturali dell'edificio

Ricerca svolta in collaborazione tra ANDIL-Assolaterizi e le Università di Ferrara, Padova e Trento dal tema "*Isolamento acustico di pareti in laterizio: misure sperimentali e metodi di previsione*".

Lo studio è frutto dell'elaborazione dei dati sperimentali ottenuti attraverso la valutazione di 42 divisori: **19 pareti semplici**, **11 pareti doppie** e **12 solai**.

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO B METODO SEMPLIFICATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

Per le strutture di “Tipo B” (esempio telaio in legno escluso CLT X-LAM) e acciaio e pareti con tecnologia a secco) invece le trasmissioni laterali (Rij,w) vengono calcolate a partire direttamente (*predominanza SOLITAMENTE del percorso laterale Ff*) dal **corrispondente indice di isolamento acustico normalizzato $D_{n,f,ij,w}$** con la seguente formula:

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

CON:

$D_{n,f,ij,w}$: 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 m^2

S_s: Superficie della partizione divisoria [m^2]

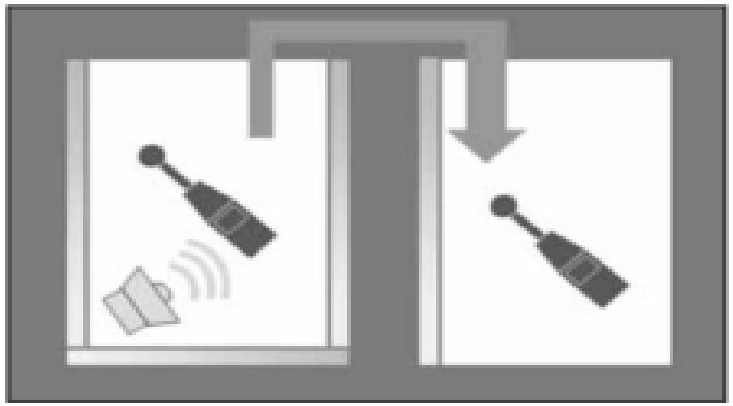
Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO B METODO SEMPLIFICATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

indice di isolamento acustico normalizzato $D_{n,f,ij,w}$ per trasmissione laterale

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 partendo dal coefficiente $\overline{D_{v,ij,n}}$ (differenza di livelli di velocità di vibrazioni mediata sulle due direzioni considerate cioe isolamento medio di vibrazione normalizzato del giunto) .

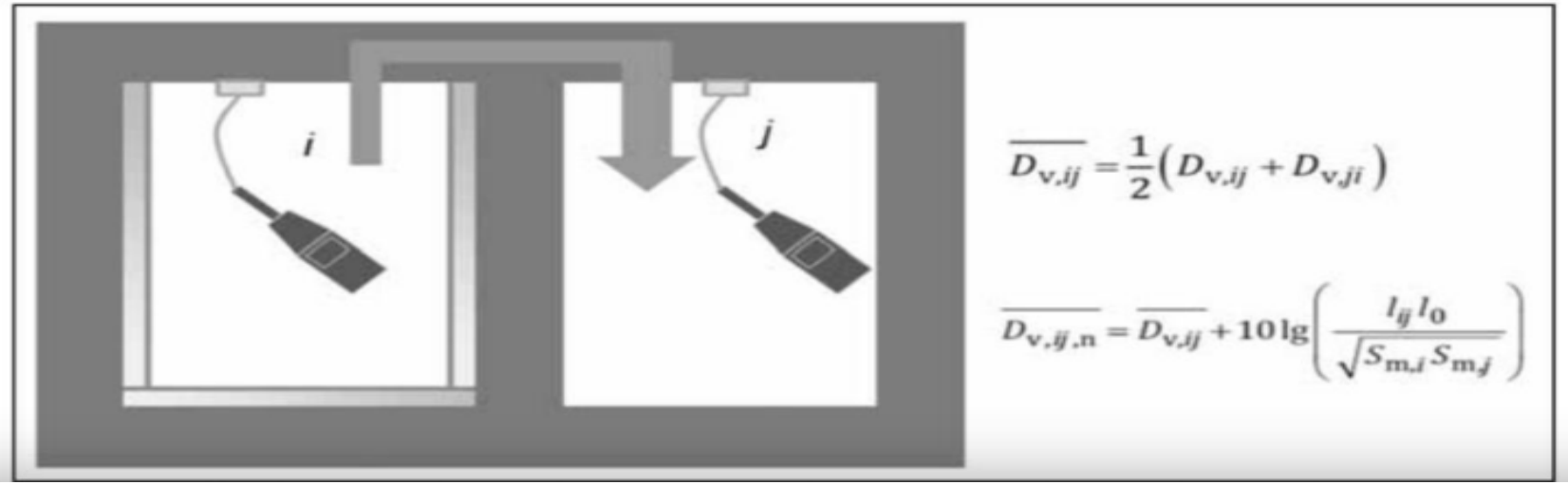
$$D_{n,f,ij} = \frac{R_i + R_j}{2} + \Delta R_i + \Delta R_j + \overline{D_{v,ij,n}} + \left(10 lg \frac{A_0}{l_0 l_{ij,lab}}\right) \text{[dB]}$$



Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO B METODO SEMPLIFICATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

L'indice $\overline{D_{v,ij,n}}$ (L'Appendice F della ISO 12354-1 indica che può essere misurato anch'esso in laboratorio con le ISO 10848). Inoltre al paragrafo F.4 propone alcune relazioni empiriche per il calcolo in funzione delle differenze di velocità di vibrazione Dvij eDvji degli elementi.



UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: CALCOLO INCERTEZZA R'W metodo semplificato

APPENDICE K permette di calcolare l'incertezza di calcolo considerando:

1)La precisione dei dati di ingresso

2) Adeguatezza modello di calcolo

combinando POI le incertezze relative alla diverse variabili

Incertezza dei dati ingresso

$$u(R_{ij,w}) \approx u(K_{ij}) \approx u(\Delta R_w) \approx 2{,}0\ dB$$

Incertezza del modello

$$u_{pred} \approx 0{,}8\ dB$$

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: CALCOLO INCERTEZZA R'W metodo semplificato

Conoscendo le incertezze delle variabili, del modello di calcolo ed i coefficienti di sensibilità c_i delle variabili si puo' calcolare l'incertezza combinata da associare con la seguente espressione:

$$u(R'_w) = \sqrt{\sum_{i=1}^{31} [c_i u(X_i)]^2 + u_{pred}^2}$$

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: CALCOLO INCERTEZZA R'W metodo semplificato

Ad ogni variabile viene inoltre associato un coefficiente di sensibilità che esprime il peso che la stessa ha all'interno del calcolo. Peso maggiore significa maggior conto sull'incertezza totale

Il coefficiente di sensibilità so calcola come derivata parziale del risultato rispetto ad una variabile, ovvero come cambia il risultato al variare di una variabile

$$c_i = \frac{\partial R'_w}{\partial X_i}$$

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd}/10} + \Sigma^n_{F=f=1} 10^{-R_{Ff}/10} + \Sigma^n_{f=1} 10^{-R_{Df}/10} + \Sigma^n_{F=1} 10^{-R_{Fd}/10} + A_o/S_s \cdot \Sigma^m_{j=1} 10^{-Dn,j,w/10}\right)$$

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: CALCOLO INCERTEZZA R'W metodo semplificato

Le grandezze di ingresso per la trasmissione tra due ambienti rettangolari adiacenti sono quindi:

- L' indice di valutazione del potere fonoisolante per l'elemento di separazione, Rs,w;
- gli indici di valutazione del potere fonoisolante dei quattro elementi laterali, RF,w, nell'ambiente emittente (ambiente 1);
- gli indici di valutazione del potere fonoisolante dei 4 elementi laterali, Rf,w, nell'ambiente ricevente (ambiente 2);
- i 12 indici di riduzione delle vibrazioni (non ponderati e mediati, vedere punto 4.4.3) Kij dei 4 giunti;
- gli incrementi ponderati di 10 rivestimenti possibili ΔRi,w

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: CALCOLO INCERTEZZA R'W metodo semplificato

Coefficienti c:

Rs

$$\frac{\partial R'_w}{\partial R_{s,w}} = \frac{10^{-R_{Dd,w}/10} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4} 10^{-R_{id,w}/10} + \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4} 10^{-R_{Di,w}/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_{j,w}/10}}$$

Kj

$$\frac{\partial R'_w}{\partial K_{ij,w}} = \frac{10^{-R_{ij,w}/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_{j,w}/10}}$$

Ri,w

$$\frac{\partial R'_w}{\partial R_{i,w}} = \frac{\frac{1}{2}\left(10^{-R_{ii,w}/10} + 10^{-R_{id,w}/10}\right)}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_{j,w}/10}}$$

ΔRi,w

$$\frac{\partial R'_w}{\partial \Delta R_{i,w}} = \frac{10^{-R_{i,w}/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_{j,w}/10}}$$

ΔRj,w (in caso di due strati)

$$\frac{\partial R'_w}{\partial \Delta R_{j,w}} = \frac{\frac{1}{2} \times 10^{-R_{i,w}/10}}{\sum_{j=1}^{13} 10^{-R_{j,w}/10}}$$

UNI EN ISO 12354-1 2017 PARTE 1: CALCOLO INCERTEZZA R'W metodo semplificato

Esempio

Elemento	Grandezza	Stima dB	u_i dB	c_i	$(u_i c_i)^2$ dB^2
R_S	R_w	58,7	2	0,2652	0,28122
R_{1d}	K_{ij}	6,4	2	0,1363	0,07429
R_{2d}	K_{ij}	6,4	2	0,1716	0,11774
R_{3d}	K_{ij}	8,8	2	0,0312	0,00390
R_{4d}	K_{ij}	8,8	2	0,0393	0,00618
R_{D1}	K_{ij}	6,4	2	0,0119	0,00056
R_{11}	K_{ij}	11,2	2	0,2016	0,16253
R_{D2}	K_{ij}	6,4	2	0,0149	0,00089
R_{22}	K_{ij}	11,2	2	0,2538	0,25759
R_{D3}	K_{ij}	8,8	2	0,0027	0,00003
R_{33}	K_{ij}	11,0	2	0,0327	0,00427
R_{D4}	K_{ij}	8,8	2	0,0034	0,00005
R_{44}	K_{ij}	11,0	2	0,0412	0,00678
R_{S1}	R_w	45,8	2	0,1689	0,11414
R_{S2}	R_w	45,8	2	0,2127	0,18091
R_{S3}	R_w	53,9	2	0,0320	0,00408
R_{S4}	R_w	53,9	2	0,0402	0,00647
R_{R1}	R_w	45,8	2	0,1067	0,04556
R_{R2}	R_w	45,8	2	0,1344	0,07220
R_{R3}	R_w	53,9	2	0,0177	0,00125
R_{R4}	R_w	53,9	2	0,0223	0,00199
ΔR_D	ΔR_w	10,6	2	0,0924	0,03418
	Metodo di previsione	0,0	0,8	1	0,64000
	R'_w		1,42 (dB)		

$$u(R'_w) = \sqrt{\sum_{i=1}^{31} [c_i u(X_i)]^2 + u_{pred}^2}$$

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

La norma impone che prima di determinare l'effettiva trasmissione sonora, i dati acustici per gli ambienti (elementi strutturali, strati addizionali e giunti) siano convertiti in valori in opera.

Il potere fonoisolante in opera per l'elemento di separazione sarà pari a:

$$R_{situ} = R - 10\lg\frac{T_{s,situ}}{T_{s,lab}}$$

$T_{s,situ}$ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in opera [s];
$T_{s,lab}$ tempo di riverberazione strutturale dell'elemento in laboratorio, [s]

$$\Delta R_{situ} = \Delta R$$ In prima approssimazione

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO

Componente trasmissione diretta

$$R_{D,d} = R_{s,sttu} + \Delta R_{D,sttu} + \Delta R_{d,sttu}$$

Componente trasmissione laterale

$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ} + R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \Delta R_{j,situ} + \overline{D_{v,ij,situ}} + 10 \log \frac{S_s}{\sqrt{S_i S_j}}$$

$D_{v,ij,situ}$ (dB) è l'isolamento medio di vibrazioni del giunto, tra gli elementi ij

Per elementi classificati come elementi di tipo A non cambia
la formulazione rispetto alla precedente norma se non per le modifiche valide anche per il metodo semplificato

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

Per i nuovi elementi classificati come elementi di tipo A

$$\overline{D_{v,ij,situ}}$$

- Dv,ij,situ (dB) è l'isolamento medio di vibrazioni del giunto, tra gli elementi-i-j

Quest'ultima grandezza è funzione dell'indice Kij

a_i a_j lunghezza equivalente dell'assorbimento [m]; è funzione di T_s, S, C_0, f_{ref}

dove f_{ref} (Hz) è la frequenza di riferimento pari a 1000 Hz

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO

Dv,ij,situ (dB) è l'isolamento medio di vibrazioni del giunto, tra gli elementi ij

$$\overline{D_{v,ij,situ}} = K_{ij} - 10\log\left(\frac{l_{ij}}{\sqrt{a_{i,situ}a_{j,situ}}}\right) ; \overline{D_{v,ij,situ}} \geq 0 \quad \text{(dB)}$$

con

$$a_{i,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_i}{c_0 T_{s,i,situ}}\sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \text{ (m)} \qquad a_{j,situ} = \frac{2,2\pi^2 S_j}{c_0 T_{s,j,situ}}\sqrt{\frac{f_{ref}}{f}} \text{ (m)}$$

dove ai, aj lunghezza equivalente dell'assorbimento [m]; è funzione di Ts, S, C_0 (velocità del suono in aria), fref(1000Hz)

dove f_{ref} (Hz) è la frequenza di riferimento pari a 1000 Hz

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

Indice di riduzione delle vibrazioni Kij puo' essere calcolato in vari modi:
1)Formule empiriche (M, tipo di giunto)
2)in relazione all'isolamento di vibrazioni del giunto con l'equazione

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10\lg\frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}}$$

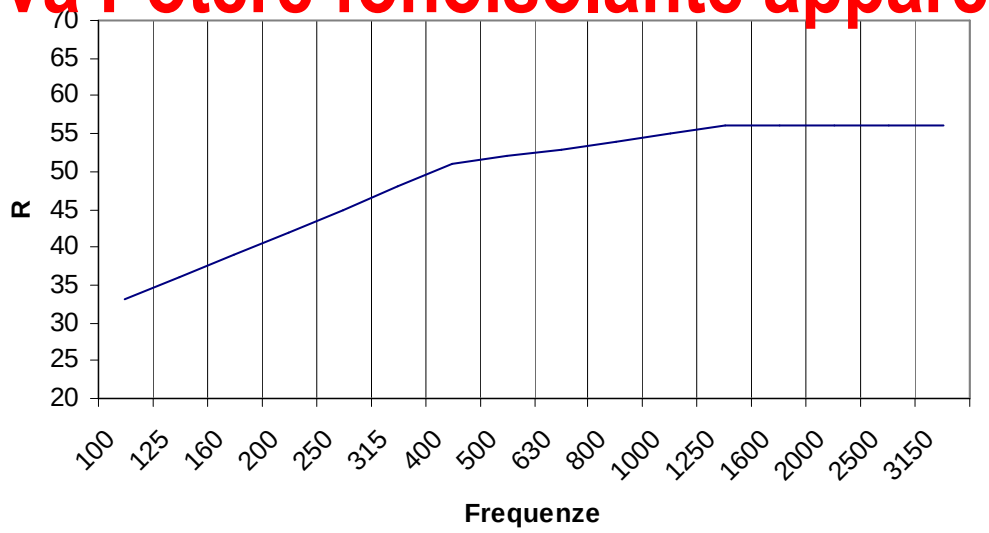
Con Dv,ij (ji) l'isolamento di vibrazioni del giunto tra gli elementi i e j, quando viene eccitato l'elemento i o j

3), in funzione del fattore di trasmissione di potenza per via aerea strutturale γij , utilizzando le relazioni previste dalla norma:

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

Curva Potere fonoisolante apparente (R')



In questo caso andiamo a calcolare un unico indice di valutazione con il metodo proposto dalla UNI EN ISO 717-1, raffrontando i dati sperimentali con la curva normalizzata

Il potere fonoisolante apparente
STRUTTURE DI TIPO B METODO DETTAGLIATO

Modello di calcolo norma EN 12354-1 2017

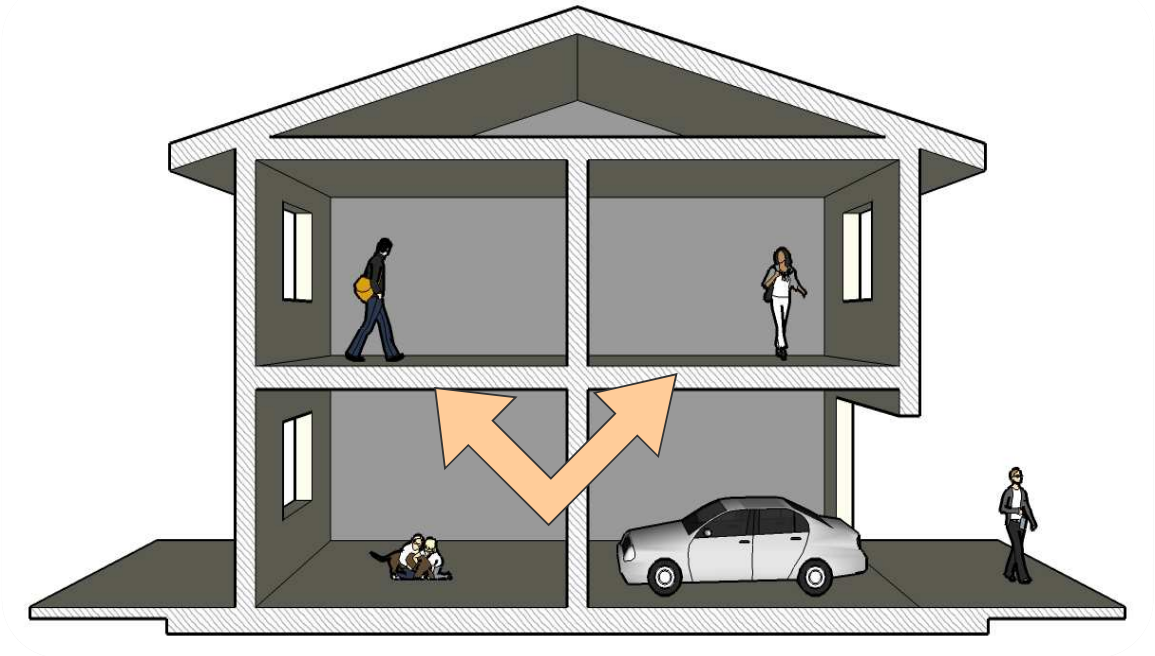
$$R_{ij} = \frac{R_{i,situ} + R_{j,situ}}{2} + \Delta R_{i,situ} + \Delta R_{j,situ} + \overline{D_{v,ij,n}} + 10log\frac{S_s}{l_o l_{ij}}\ (dB)$$

OPPURE **DEDOTTO ISOLAMENTO MEDIO ACUSTICO PER TRASMISSIONE LATERALE $D_{,n,f,ii,situ}$** trasferito in opera secondo l'appendice G a secondo della predominanza della trasmissione per via aerea o strutturale

UNI EN ISO 12354-2:2017

LIVELLO DI RUMORE
DA CALPESTIO DI SOLAI
L'_n

FORNISCE IL METODO PER LA DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI RUMORE DEFINITO PER VIA STRUTTURALE CHE INTERESSA IL COMPLESSO PAVIMENTO-SOLAIO ESPRIMENDO LA RISPOSTA ACUSTICA DELLO STESSO AI RUMORI IMPATTIVI



IL rumore da calpestio UUNI EN 12354 2017 PARTE 2

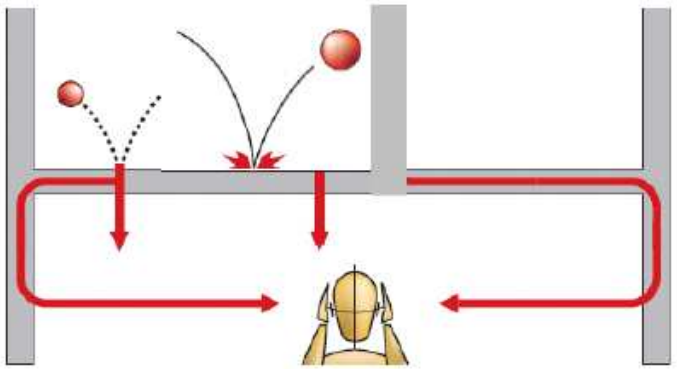
L'nW

Indice del livello di rumore di calpestio di solai

Cosa Considera

Trasmissione sonora diretta attraverso il solaio

Trasmissione sonora laterale.

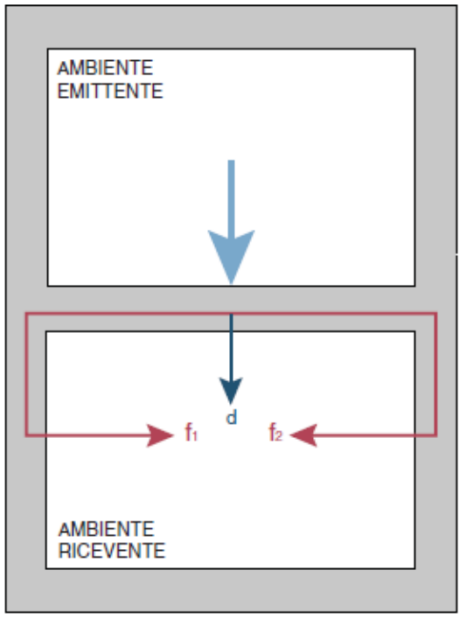


Per trasmissione diretta si intende la trasmissione dovuta all'eccitazione per calpestio e dalla irradiazione acustica di un elemento divisorio.

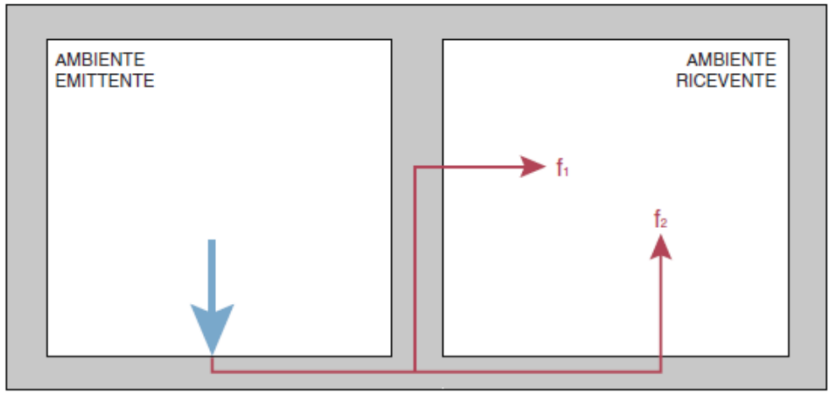
Per trasmissione indiretta o laterale si intende la trasmissione dell'energia sonora che si propaga da un elemento eccitato dell'ambiente emittente ad un ambiente ricevente per via strutturale attraverso la vibrazione di elementi strutturali quali pareti, pavimenti e soffitti.

PRINCIPI GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA UNI EN ISO 12354-2:2017

L'ipotesi fondamentale è che la trasmissione per mezzo di ciascuna delle vie possibili sia indipendente, cosicché il livello di pressione sonora L'n possa essere ottenuto dalla somma dell'energia trasmessa per mezzo di ciascuna via



Le figure mostra i diversi percorsi possibili per gli ambienti sovrapposti o in adiacenza per la trasmissione sonora:



PRINCIPI GENERALI DEL MODELLO DI CALCOLO DELLA UNI EN ISO 12354-2:2017

Come per la versione precedente, anche la norma del 2017 definisce:

1) un modello di calcolo “in frequenza”
2) un modello semplificato per “indice di valutazione”.

Per strutture di tipo A e B

NOVITA’ DELLA UNI EN ISO 12354-2:2017

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 il calpestio, nel modello semplificato aggiornato, la trasmissione laterale non viene più trattata secondo un indice K globale, che compariva nella formula del 2002

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)

Norma EN 12354-2 20012

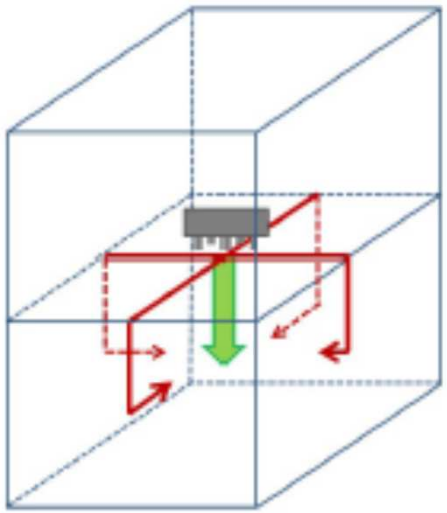
Termine di correzione *K* per la trasmissione laterale, in decibel

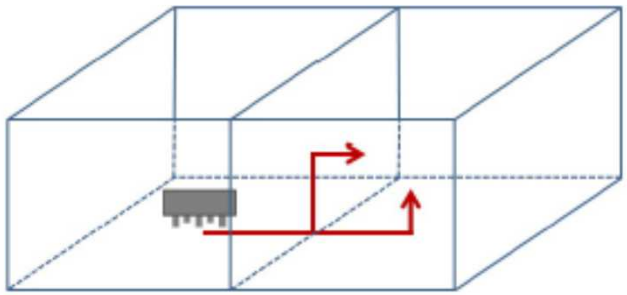
Massa per unità di area del solaio di separazione	Massa media per unità di area degli elementi laterali omogenei non ricoperti con supplementari								
kg/m²	100	150	[illegible]	[illegible]	300	350	400	450	500
100	1	0	[illegible]	[illegible]	0	0	0	0	0
150	1	1	[illegible]	[illegible]	0	0	0	0	0
200	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0
350	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	0
400	4	2	[illegible]	[illegible]	1	1	1	0	0
450	4	3	[illegible]	[illegible]	1	1	1	1	1
500	4	3	[illegible]	[illegible]	1	1	1	1	1
600	5	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	1	1	1	1
700	5	4	[illegible]	[illegible]	2	2	1	1	1
800	6	4	4	[illegible]	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

NO

NOVITA’ DELLA UNI EN ISO 12354-2:2017

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





In buona sostanza occorre determinare il livello di calpestio attraverso il percorso diretto ed n percorsi laterali. I percorsi laterali (Ln,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”.**

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A
Norma EN 12354-2 2017

Ambienti sovrapposti

Per ambienti sovrapposti occorre determinare il livello di calpestio attraverso il percorso diretto e i percorsi laterali.

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

$L_{n,d,w}$ (dB) indice di valutazione del livello di rumore da calpestio per il percorso diretto

$L_{n,ij,w}$ (dB) indice di valutazione del livello di rumore da calpestio per il percorso laterale ij

N: numero degli elementi laterali dell'ambiente, pari a 4 per ambienti sovrapposti

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A

Norma EN 12354-2 2017

Ambienti sovrapposti

Il percorso diretto (Ln,d,w) dipende dal livello di calpestio del solaio portante (Ln,eq,0,w) e dalla riduzione di rumore da calpestio data da un rivestimento sul lato emittente (ΔLw) o da un controsoffitto sul lato ricevente (ΔLd,w).

trasmissione diretta

$$L'_{n,d,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \Delta L_{dw} \quad \text{(dB)}$$

I termine

II termine

III termine

$L_{n,eq,0,w}$ (dB) indice di valutazione del livello di rumore da calpestio per il solaio nudo

ΔL_w (dB) indice di valutazione relativo alla riduzione dei rumori da calpestio dovuto a pavimenti galleggianti o altri rivestimenti sul lato dell'elemento di separazione rivolto al locale emittente

$\Delta L_{d,w}$ (dB) indice di valutazione relativo alla riduzione dei rumori da calpestio dovuto ad un rivestimento sul lato dell'elemento di separazione rivolto al locale ricevente

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A
Norma EN 12354-2 2017

Ambienti sovrapposti trasmissione diretta

$$L'_{n,d,w} = L_{n,0,eq,w} - \Delta L_w + \Delta L_{dw} \quad \text{(dB)}$$

I termine

I termine

Indice di valutazione del livello di pressione sonora da calpestio normalizzato **relativo al solaio nudo** privo del pavimento e del massetto galleggiante sul materiale resiliente normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente

$$L_{n,0,eq,w} = 164 - 35 \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) \quad \text{(dB)}$$

m'_0 è la massa di riferimento pari a 1 Kg/mq

Per il calcolo di Ln,eq,0,w <u>la nuova norma riporta una specifica relazione per i solai in latero-cemento rivestiti con massetto alleggerito.</u>

$$L_{n,w,eq} = 160 - 35 \log\left(\frac{m'}{m'_0}\right) \quad \text{(dB)}$$

NUOVA FORMULA SOLAI LATERO CEMENTO

La formula 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

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A

Norma EN 12354-2

Ambienti sovrapposti trasmissione diretta

$$L'_{n,d,w} = L_{n,0,w,eq} - \Delta L_w + \Delta L_{dw} \quad \text{(dB)}$$

II termine

II termine

Contributo per la presenza del pavimento galleggiante

Per il calcolo di ΔL,w , quando non sono disponibili dati misurati, la ISO 12354-2:2017 nell'Appendice C propone una nuova relazione matematica

$$\Delta L_W = (13 \log(m')) - (14{,}2 \log(s')) + 20{,}8$$

s': rigidità dinamica elemento resiliente (MN/m³)

m'_1: massa superficiale dello strato di rivestimento

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A

Norma EN 12354-2 2017

Ambienti sovrapposti trasmissione diretta

$$L'_{n,d,w} = L_{n,0,w,eq} - \Delta L_w + \Delta L_{dw} \quad \text{(dB)}$$

II termine

II termine

Contributo per la presenza del pavimento galleggiante

ΔL_W =(13 log(m')) − (14,2 log(s')) + 20,8

NUOVA E VECCHIA FORMULAZIONE

$$\Delta L_w = 30 * \log\left(\frac{f_{500}}{f_0}\right) + 3 \quad \text{(dB)}$$

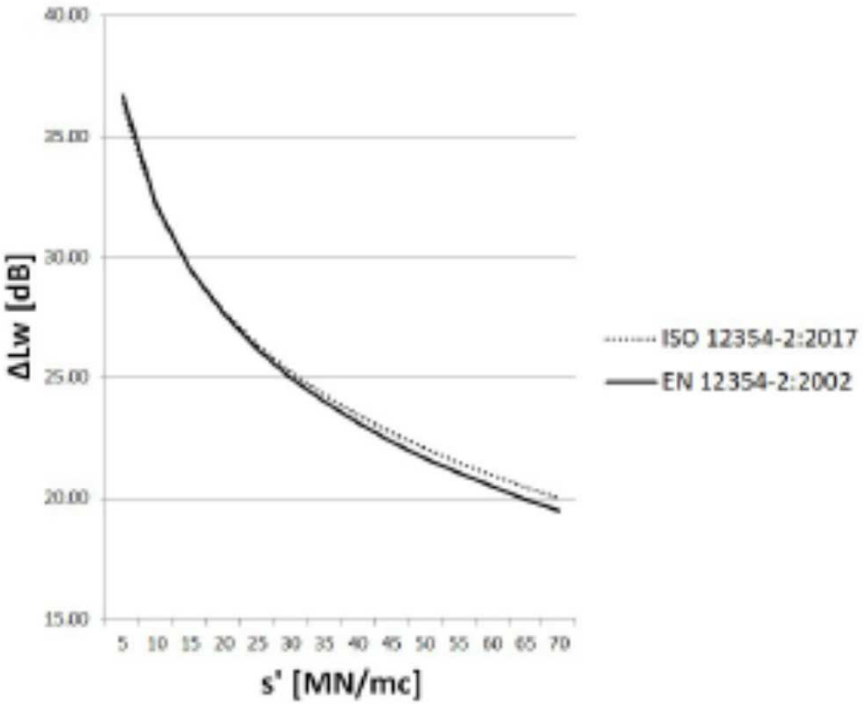
$$f_0 = 160\sqrt{\frac{s'}{m'}} \quad \text{(Hz)}$$

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
METODO SEMPLIFICATO STRUTTURE DI TIPO A
Norma EN 12354-2

$$L'_{n,d,w} = L_{n,0,w,eq} - \Delta L_w + \Delta L_{dw} \quad \text{(dB)}$$

II termine

NUOVA E VECCHIA FORMULAZIONE



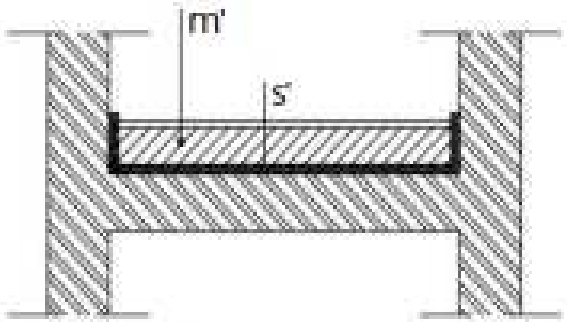
Calcolo ΔLw considerando m' = 90 kg/m2
- Confronto tra ISO 12354-2:2017 e UNI TR 11175:2005

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A
Norma EN 12354-2

CONSIDERAZIONI SULLA RIGIDITA' DINAMICA

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

Dalla formula si evince che l'attenuazione cresce quanto più bassa è la rigidità dinamica dello strato resiliente o quanto maggiore è la massa superficiale del massetto soprastante. Tuttavia, non potendo aumentare eccessivamente lo spessore del massetto sia per ragioni di costi sia per il rischio di schiacciamento del materiale resiliente, si dovrà scegliere materiali che abbiano la rigidità dinamica più bassa possibile.



Rappresentazione dei termini relativi al massetto galleggiante

La rigidità dinamica s' [MN/mc], viene determinata in laboratorio effettuando sul materiale elastico una prova di risonanza secondo la norma UNI EN 29052-1. In sostanza **la rigidità dinamica indica il "grado di elasticità" del materiale e valori bassi evidenziano prestazioni migliori. È una proprietà intrinseca dei materiali ed è dato dal rapporto tra il modulo di Youg (E) e lo spessore iniziale L_0:**

CONSIDERAZIONI SULLA RIGIDITA' DINAMICA

La norma UNI EN 29052-1 determina la modalità per la misura in laboratorio della rigidità dinamica. La prova consiste nell'applicazione di una forzante dinamica sulla massa che grava sul provino, con spettro in frequenza tale da misurare la frequenza di risonanza del sistema e, da questa, **calcolare la rigidità dinamica apparente s't**

È importante sottolineare che il valore di rigidità dinamica apparente s't ricavato dalla prova non sempre coincide con il ***valore di rigidità dinamica reale s'*** richiesto dalla norma di progettazione UNI EN 12354-2

La rigidità dinamica reale s' di un prodotto è infatti influenzata sia dalle caratteristiche intrinseche dei materiali che lo compongono, sia dal gas contenuto al suo interno (tipicamente l'aria). Per questo motivo, è necessario caratterizzare il contributo alla rigidità dinamica fornito dall'aria, attraverso la prova di resistenza al flusso d'aria r.

Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A METODO SEMPLIFICATO

Norma EN 12354-2 2017

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + \Delta L_{dw} \quad \text{(dB)}$$

III termine

– $\Delta L_{d,w}$ è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento divisorio; <u>questa grandezza è raramente disponibile e spesso approssimata dall'incremento del potere fonoisolante ΔRd,w</u>

Ambienti sovrapposti

TRASMISSIONE LATERALE

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_W + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,W} - K_{i,j} - \left(\frac{10 \log S_i}{l_0 l_{ij}} \right)$$

$L_{n,eq,0,w}$ (dB) indice di valutazione del livello di rumore da calpestio per il solaio nudo
ΔL_w (dB) indice di valutazione relativo alla riduzione dei rumori da calpestio dovuto a pavimenti galleggianti o altri rivestimenti sul lato dell'elemento di separazione rivolto al locale emittente
$R_{i,w}$ (dB) indice di valutazione del potere fonoisolante del pavimento (elemento eccitato)
$R_{j,w}$ (dB) indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento j, coinvolto nel percorso ij
$\Delta Rj,W$ (dB) è l'incremento del potere fonoisolante dovuto ai rivestimenti interni dell'elemento laterale j nell'ambiente ricevente
K_{ij} (dB) indice di riduzione delle vibrazioni del percorso ij
l_{ij} (m) lunghezza del giunto presente lungo ij
l_0 (m)lunghezza di riferimento (1m)
S_i (m^2) area del pavimento

Con i percorsi che saranno 4 (n=4)

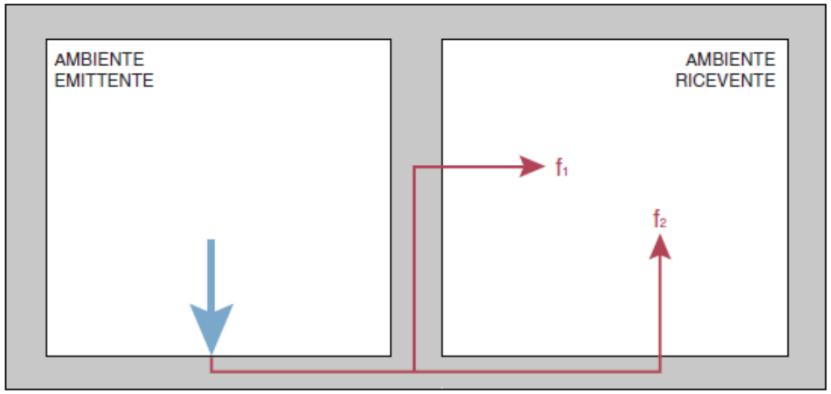
Calcolo semplificato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A METODO SEMPLIFICATO
Norma EN 12354-2 2017

Ambienti adiacenti STRUTTURE DI TIPO A

$$L'_n = 10\lg\left(\cancel{10^{L_{n,d}/10}} + \sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,ij}/10}\right)$$

Per ambienti adiacenti

Con i percorsi che saranno due (n=2)



STRUTTURE DI TIPO B

TRASMISSIONE LATERALE

$$L_{n,ij,w} = L_{nf,ij,lab,w} + 10\log\left(\frac{S_{i,lab}\, l_{ij}}{S_i\, l_{ij,lab}\, l_0}\right) \quad \text{(dB)}$$

INDICE DEL LIVELLO DI CALPESTIO LATERALE MISURATO IN LABORATORIO mediante formule appendice D della norma

dove per gli elementi laterali orizzontali di solito llab è pari a 4, 5 m
.

INCERTEZZA

Puo' essere calcolato come previsto per il potere fonoisolante adeguando le derivate parziali alla formulazione del Livello di calpestio

Calcolo dettagliato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO

Norma EN 12354-2

$$L_{n,Dd} = L_{n,situ} - \Delta L_{situ} - \Delta L_{d,situ}$$

TRASMISSIONE DIRETTA

$$L_{n,ij} = L_{n,situ} - \Delta L_{i,situ} + \frac{R_{i,situ} - R_{j,situ}}{2} - \Delta R_{j,situ} - \overline{D_{v,ij,situ}} - 10\log\left(S_i/S_j\right)$$

TRASMISSIONE LATERALE

DISCORSO ANALOGO AL POTERE FONOISOLANTE

La norma impone che prima di determinare l'effettiva trasmissione sonora, i dati acustici per gli ambienti (elementi strutturali divisori e laterali, strati supplementari, rivestimenti e giunti) **<u>devono essere convertiti in valori in opera</u>**

Calcolo dettagliato del livello di rumore da calpestio ($L'_{n,w}$)
STRUTTURE DI TIPO A METODO DETTAGLIATO
Norma EN 12354-2

Per ciò che riguarda strati addizionali e rivestimenti possono essere fatte le seguenti approssimazioni:

$$\Delta R_{situ} = \Delta R$$

$$\Delta L_{situ} = \Delta L$$

$$\Delta L_{d,situ} = \Delta L_d$$

Se non sono disponibili dati relativi all'attenuazione dovuta a controsoffitti sul lato ricevente è possibile utilizzare ΔR

TRASMISSIONE LATERALE

$$L_{n,ij} = L_n - \Delta L_i + \left(\frac{R_i - R_j}{2}\right) - \Delta R_j - \overline{D_{v,ij,n}} - 10\log\left(\frac{S_i}{l_0 l_{ij}}\right)$$

Oppure partendo da livello sonoro di calpestio normalizzato per trasmissione laterale desunto da misurazioni in laboratorio .

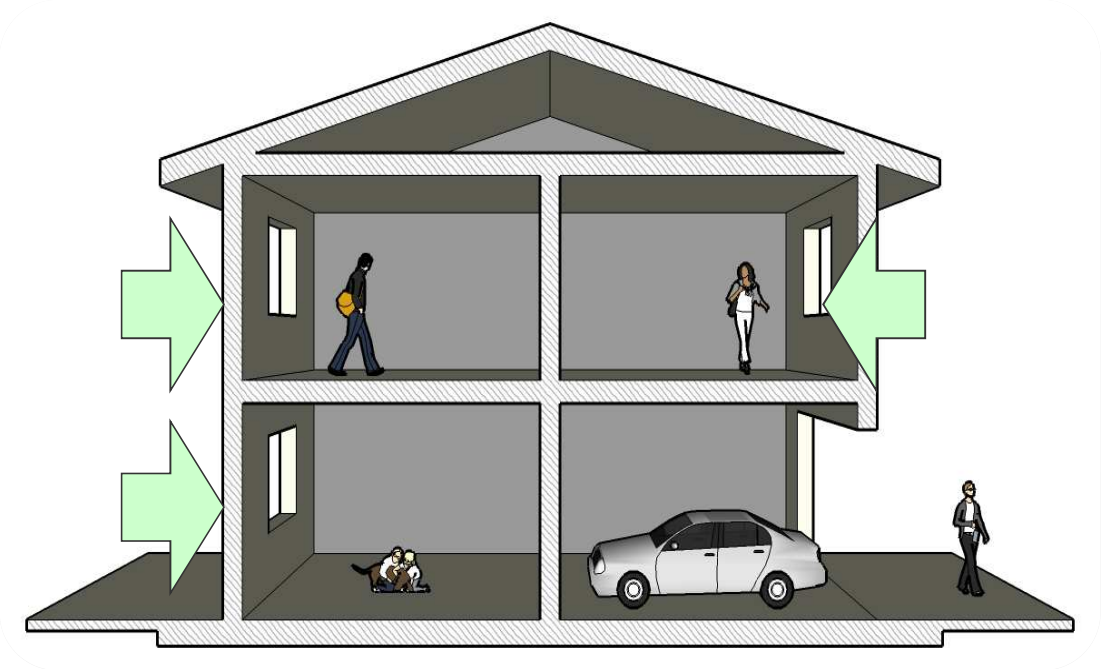
$$L_{n,ij} = L_{n,f,ij,situ} - \left(10\lg\frac{S_i\, l_{lab}}{S_{i,lab}\, l_{ij}}\right)\ \text{dB}$$

In questo solo i valori di isolamento vanno tramutati in valori di situ come descritto nell'appendice D ($Ts,_{lab}$=$Ts,_{situ}$)

Calcolo dettagliato dell' isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,W}$

Norma EN 12354-3 2017

È UNA GRANDEZZA CHE STABILISCE LE PROPRIETÀ ISOLANTI DI UNA CHIUSURA CHE SEPARA L'AMBIENTE INTERNO DA QUELLO ESTERNO



Calcolo dell' isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$

Norma EN 12354-3 2017

$D_{2m,nT,w}$

Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

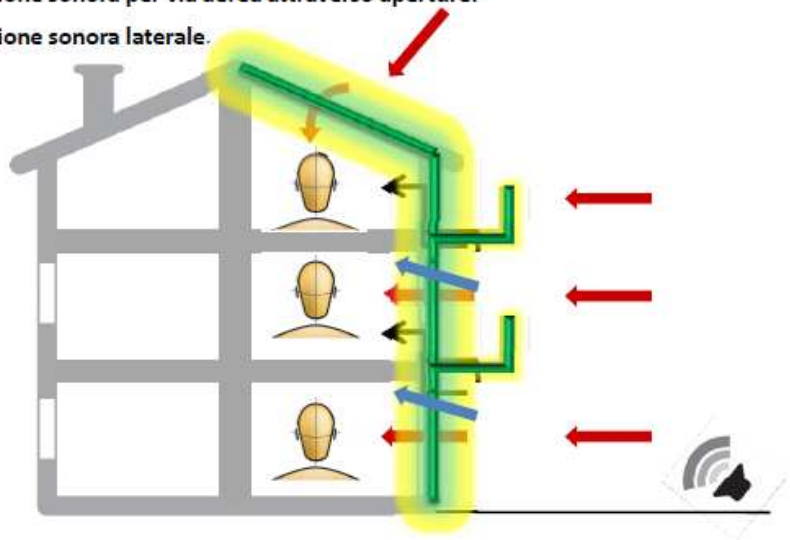
Cosa Considera

La forma della facciata, i serramenti presenti, bocchette di aereazione e etc.

Trasmissione sonora diretta attraverso gli elementi della facciata.

Trasmissione sonora per via aerea attraverso aperture.

Trasmissione sonora laterale.



Calcolo dell' isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$

Norma EN 12354-3 2017

Per la trasmissione diretta, il fattore di trasmissione può essere determinato per ciascun elemento di facciata direttamente dai dati acustici di quell'elemento, includendo il contributo di ciascun componente.

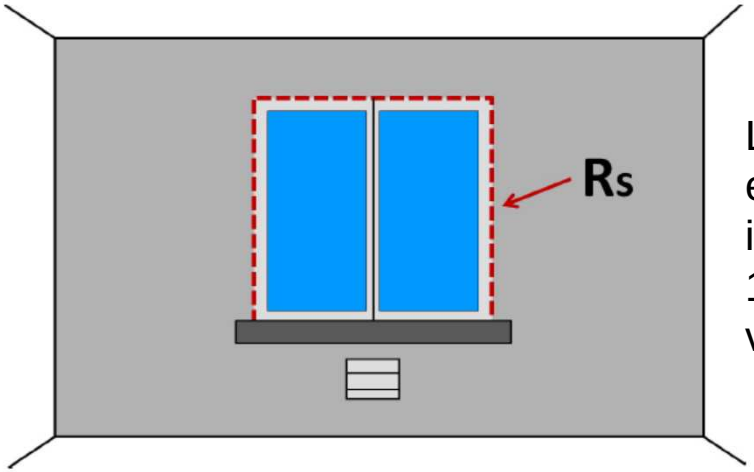
Per la trasmissione laterale, il fattore di trasmissione sonora può essere determinato dalla somma dei fattori della trasmissione laterale in rapporto a tutte le vie di trasmissione laterale verso questo elemento.

Questo contributo è solitamente trascurabile, tuttavia, se elementi rigidi sono collegati ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale.

Calcolo dell' isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$

Norma UNI EN ISO 12354-3 2017

Per il calcolo delle facciate nella UNI EN ISO 12354-3:2017 il modello matematico non è stato sostanzialmente modificato. **Si evidenzia però 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 (Rs) 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 Rs [dB] e la lunghezza del giunto [m].

Calcolo dell' isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$

Norma EN 12354-3 2017

$$D_{2m,nTw} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{6T_0 S} \quad \text{(dB)}$$

I termine

II termine

III termine

I termine

Il potere fonoisolante apparente di facciata

II termine

Isolamento acustico per forma di facciata
Differenza di livello di pressione sonora per forma della facciata + 6 db

III termine

Normalizzazione rispetto al tempo di riverbero

S è la superficie della parete vista dall'ambiente interno (in m^2), **V** è il volume dell'ambiente interno (in m^3), $\mathbf{T_0}$ è il tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 secondi.

Calcolo del R'w

R'_w si calcola in funzione delle grandezze pertinenti dei componenti (prodotti) e cioè dei singoli elementi che compongono la parte di facciata corrispondente all'ambiente interno, considerando anche i "piccoli elementi" quali prese d'aria, ventilatori, condotti elettrici.

$$R'w = [\ -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1}\ Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1}\ A_0/S \cdot 10^{-Dn,e,wi/10})\ ] - K$$

I termine

II termine

III termine

IV termine

I termine
Contributo dovuto al potere fonoisolante apparente di facciata dovuto alle facciata, finestre e porte

II termine
Contributo dovuto al potere fonoisolante apparente di facciata dovuto alla presenza sigillatura nei giunti

III termine
Contributo dovuto al potere fonoisolante apparente di facciata dovuto alla presenza di piccoli elementi quali tubazioni. Fori ect

IV termine
Contributo dovuto alla trasmissione laterale

Calcolo del R'w

R'_w si calcola in funzione delle grandezze pertinenti dei componenti (prodotti) e cioè dei singoli elementi che compongono la parte di facciata corrispondente all'ambiente interno, considerando anche i "piccoli elementi" quali prese d'aria, ventilatori, condotti elettrici.

$$R'w = [\ -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1}\ Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1}\ A_0/S \cdot 10^{-Dn,e,wi/10})\ ] - K$$

I termine

I termine
Contributo dovuto al potere fonoisolante apparente di facciata dovuto alle facciata, finestre e porte

-$R_{w,i}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante del componente i-esimo che costituisce la facciata, di superficie Si

– S_i è l'area dell'elemento i, in metri quadri

– S è la superficie totale di facciata considerata dall'interno dell'ambiente (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi di facciata)

Calcolo del R'w

R'_w si calcola in funzione delle grandezze pertinenti dei componenti (prodotti) e cioè dei singoli elementi che compongono la parte di facciata corrispondente all'ambiente interno, considerando anche i "piccoli elementi" quali prese d'aria, ventilatori, condotti elettrici.

$$R'w = [\, -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1} Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1} A_0/S \cdot 10^{-Dn,e,wi/10}) \,] - K$$

II termine

Contributo dovuto al potere fonoisolante apparente di facciata dovuto alla presenza sigillatura nei giunti

II termine

ls,k è la lunghezza di un'intercapedine sigillata o del giunto k, in metri

l_o =lunghezza di riferimento= 1m

Rs= potere fonoisolante del materiale di riempimento

La prestazione fonoisolante di tali materiali (Rs) può essere misurata in laboratorio seguendo le indicazioni dell'Appendice J della UNI EN ISO 10140-1

Calcolo del R'w

R'_w si calcola in funzione delle grandezze pertinenti dei componenti (prodotti) e cioè dei singoli elementi che compongono la parte di facciata corrispondente all'ambiente interno, considerando anche i "piccoli elementi" quali prese d'aria, ventilatori, condotti elettrici.

$$R'w = [\ -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1}\ Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1}\ A_0/S \cdot 10^{-Dn,e,wi/10})\ ] - K$$

III termine

Contributo dovuto al potere fonoisolante apparente di facciata dovuto alla presenza di piccoli elementi quali tubazioni. Fori ect

III termine

– $D_{n,e,wi}$ è l'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente del piccolo elemento i-esimo.

– A_0 =assorbimento equivalente 10 m^2

Il fattore K

$$R'w = [\ -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1}\ Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1}\ A_0/S \cdot 10^{-Dn,e,wi/10})\ ] - K$$

IV termine
Contributo dovuto alla trasmissione laterale

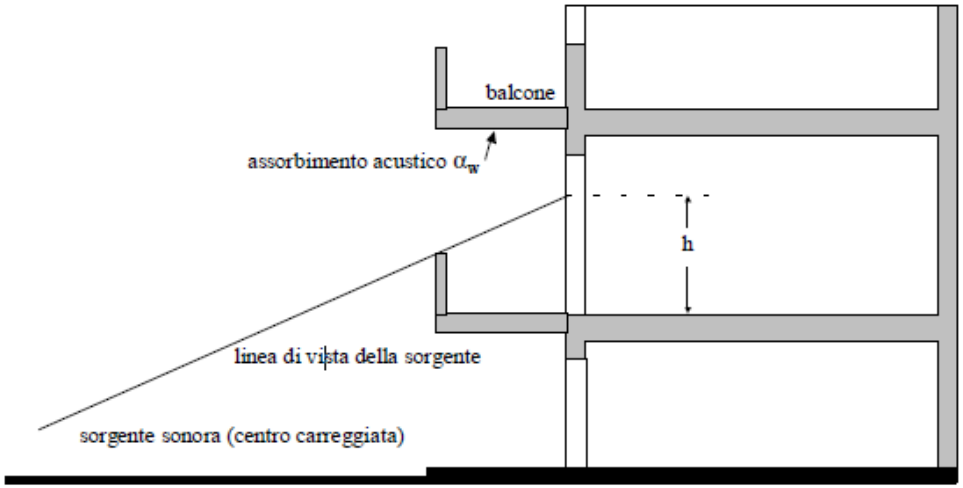
IV termine

K è la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale pari a 0, per elementi di facciata non connessi, e pari a 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi;

Per una valutazione più accurata della trasmissione laterale, si deve calcolare il potere fonoisolante Rij relativo ad ogni percorso somma energetica dei diversi valori di R.

differenza di livello d pressione sonora in facciata

$$\Delta L_{fs}$$



Dipende da tre fattori:

- dalla forma della facciata,
- dall'assorbimento acustico delle superfici aggettanti (balconi)
- dalla direzione del campo sonoro (linea di vista della sorgente)

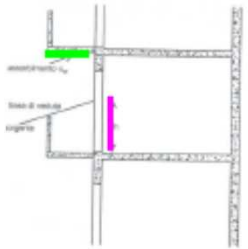
differenza di livello di pressione sonora in facciata

$$\Delta L_{fs}$$

UNI EN 12354-3

Δ_{Lfs}

ΔL_{fs} dB	1 facciata piana	2 ballatoio			3 ballatoio			4 ballatoio			5 ballatoio		
Assorbimento del tetto (α_w) ⇒	Non applicabile	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥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	4	6



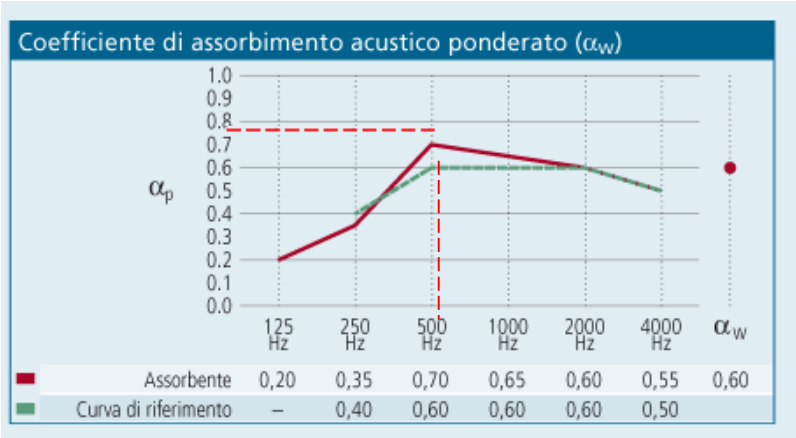
Influenza forma della facciata

$$\Delta L_{fs}$$

ASSORBIMENTO ACUSTICO PONDERATO

a_w CALCOLATO IN CONFORMITA' ALLA EN ISO 11654

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



La curva sperimentale va spostata verticalmente nel campo di frequenze tra 250 e 4000 Hz a passi di 0,05 finché la somma degli scarti negativi (sfavorevoli dove la curva di rif. è il sottraendo) dalla stessa è inferiore o uguale a 0,1.

Calcolo dell'isolamento acustico di facciata ($D_{2m,nTw}$)

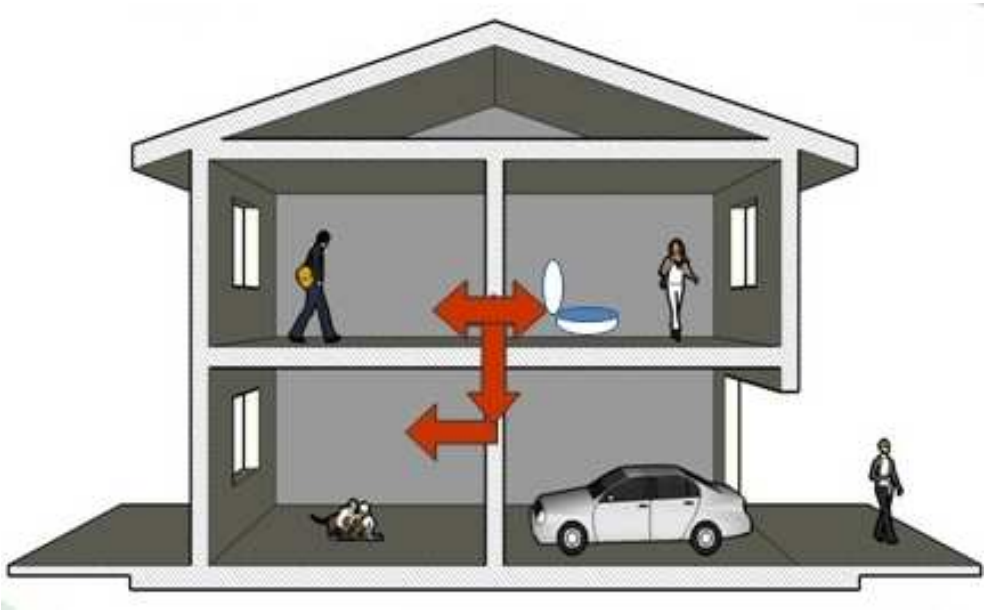
Norma EN 12354-3

Metodo dettagliato e metodo semplificato

Il modello può essere utilizzato in maniera dettagliata per calcolare le prestazioni di un edificio in bande di frequenza, a partire dai dati dei singoli elementi espressi per bande di frequenza; in un secondo tempo è possibile ridurre i valori per le bande di frequenza ad un singolo indice di valutazione, secondo la UNI EN ISO 717-1.

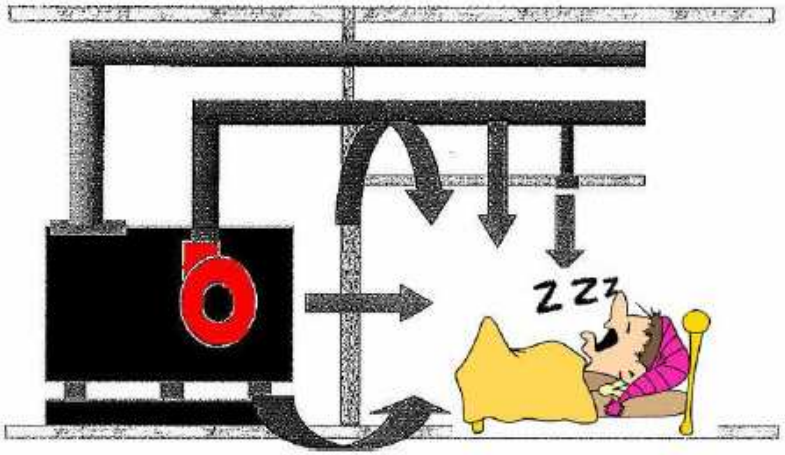
In alternativa si può adottare il metodo semplificato, che consiste nel calcolare direttamente l'indice di valutazione a partire dagli indici di valutazione delle prestazioni degli elementi, sempre in conformità alla UNI EN ISO 717-1.

ISOLAMENTO DAI RUMORI DA IMPIANTI
LASmax - LAeq



Requisiti acustici passivi del D.P.C.M. 5/12/97

Impianti a ciclo continuo: Livello continuo equivalente di pressione sonora ponderato A



ISOLAMENTO DAI RUMORI DA IMPIANTI

Requisiti acustici passivi del D.P.C.M. 5/12/97

Impianti a ciclo discontinuo: Livello massimo di pressione sonora ponderato A rilevato con costante slow

La stima dei livelli di rumorosità degli impianti tecnologici

La stima dei livelli di rumorosità prodotti dagli impianti tecnologici è estremamente problematica, poiché le variabili in gioco sono molteplici e i risultati sono spesso imprevedibili

La recente UNI EN 12354-5 (2009) è l'unica Norma di riferimento per la valutazione della rumorosità prodotta dagli impianti tecnici (testo solo in inglese) è attualmente ancora in revisione..

La stima dei livelli di rumorosità degli impianti tecnologici

MODELLI DI CALCOLO

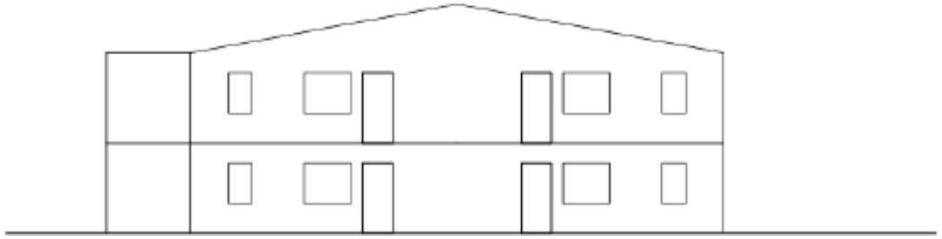
In genere il livello di pressione sonora prodotto dal funzionamento di un impianto è la somma di tre contributi che dipendono dalla natura dell'impianto, dal metodo di installazione e dalla struttura dell'edificio:

- rumore aereo diretto attraverso tubi o condotti
- rumore aereo attraverso l'edificio
- rumore per via solida attraverso l'edificio

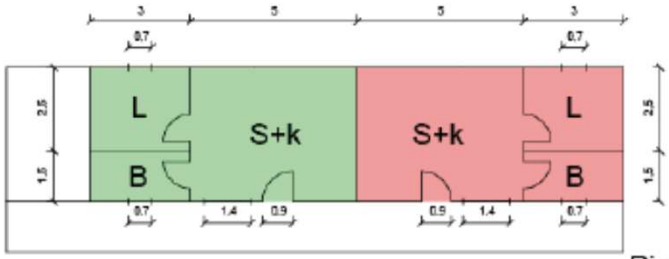
$$L_n = 10\log\left[\sum_{i=1}^{n} 10^{L_{n,d,i}/10} + \sum_{j=1}^{m} 10^{L_{n,a,i}/10} + \sum_{k=1}^{o} 10^{L_{n,s,i}/10}\right]$$

Nel 2009 la norma UNI EN 12354-5 ha individuato un metodo di calcolo che richiede, però, dei dati di ingresso difficilmente reperibili; **pertanto per una corretta progettazione ci si basa su indicazioni di corretta posa in opera dei sistemi costruttivi**.

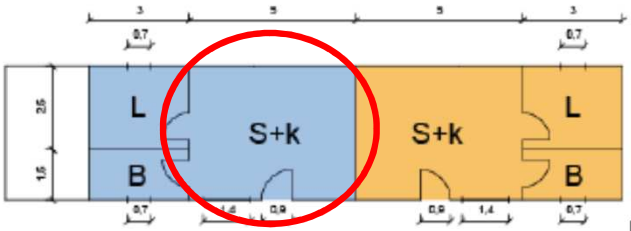
Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato



Prospetto



Piano 1



Piano 0

Appartamento 1
Appartamento 2
Appartamento 3
Appartamento 4

Si procede alla valutazione dell'ambiente ingresso-cucina dell'Appartamento 1. In particolare:

- calcolo isolamento acustico per via aerea (ambienti adiacenti)
- calcolo isolamento acustico al calpestio (ambienti sovrapposti)
- calcolo isolamento acustico di facciata.

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato

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

L'ambiente ingresso-cucina dell'Appartamento 1 è adiacente all'ambiente ingresso-cucina dell'Appartamento 2 ed entrambi hanno le seguenti misure:

	Appartamento 1ingresso-cucina (ricevente)	Appartamento 2 ingresso-cucina (sorgente)
Larghezza (m)	4,0	4,0
Lunghezza (m)	5,0	5,0
Altezza (m)	2,7	2,7

La superficie di separazione tra i due ambienti Ss è di 10,8 m^2. G1, G2, G3, G4 sono i giunti in corrispondenza della parete

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato

Parete esterna

Laterizio alleggerito (15x25x25 cm, foratura 60% a fori orizzontali). Doppio intonaco di cm 1.5 per parte. Intercapedine in lana di roccia (sp.5 cm). Tramezze in laterizio tradizionale (8x25x25 cm, foratura 65% a fori orizzontali). Intonaco sp.1.5 cm sulla faccia esterna.

R_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
56,0	268,0

Parete di separazione

Parete in mattoni forati, spessi 12 cm (12x25x25), foratura 60% a fori orizzontali (15 fori), intonacata con 1.5 cm di malta M3 su ambo i lati.

R_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
42,5	149,0

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato

Controparete interna

Controparete interna realizzata con struttura metallica e lastre di gesso rivestito, spazio tra i montanti dell'orditura metallica riempito con pannelli in lana di roccia.

Massa superficiale (kg/m²)
172,0

Solaio

Solaio con travetti a traliccio (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1,5 cm di intonaco all'intradosso.

R_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
50,0	340,0

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato

Controsoffitto

Controsoffitto in gesso rivestito e fibra sospeso su pendini dotati di molla.

ΔR_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
13,0	274,0

Pavimento

Massetto in calcestruzzo (9 cm), guaina in impasto di gomma e sughero (8 mm) con rigidità dinamica S' = 78,0 MN/m³.

ΔR_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
5,0	80,0

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd}/10} + \Sigma^n_{F=f=1} 10^{-R_{Ff}/10} + \Sigma^n_{f=1} 10^{-R_{Df}/10} + \Sigma^n_{F=1} 10^{-R_{Fd}/10} + A_o/S_s \cdot \Sigma^m_{j=} 10^{\ldots}\right)$$

NO

R_{Dd} L'indice di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione diretta

Somma degli indici di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione laterale

$$R_{ij,W} = \frac{R_{i,W} + R_{j,W}}{2} + \Delta R_{ij,W} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

$R_{i,w}$ è l'indice di valutazione del potere fono isolante della struttura (i), in (dB);
$R_{j,w}$ è l'indice di valutazione del potere fono isolante della struttura (j), in (dB);
$\Delta R_{ij,w}$ è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fono isolante dovuto all'apposizione di strati addizionali di rivestimento alle strutture omogenee (i) e (j) lungo il percorso (ij);

ESEMPIO DI CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE TRA DUE LOCALI ADIACENTI

- **Calcolo dell'incremento, *Rw, dovuto* alla presenza della controparete**

Massa controparete m'_2: 172 Kg/m^2
Massa parete m'_2 :149 Kg/m^2
S'= 7,0 MN/ m^3

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

$F_0 \approx$ 47hz

ESEMPIO DI CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE TRA DUE LOCALI ADIACENTI

- **Calcolo dell'incremento, *Rw, dovuto* alla presenza della controparete**

Frequenza di risonanza del rivestimento f_0 [Hz]	ΔR_w[dB]
$30 \leq f_0 \leq 160$	$74{,}4 - 20 \lg(f_0) - Rw/2$
200	- 1
250	- 3
315	- 5
400	- 7
500	- 9
630 to 1 600	- 10
$1\,600 \leq f0 \leq 5\,000$	- 5

$\Delta Rw \approx 20$ dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd}/10} + \Sigma^n_{F=f=1} 10^{-R_{Ff}/10} + \Sigma^n_{f=1} 10^{-R_{Df}/10} + \Sigma^n_{F=1} 10^{-R_{Fd}/10} + A_o/S_s \cdot \Sigma \ldots 10\right)$$

RDd L'indice di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione diretta

L'indice di valutazione del potere fonoassorbente per trasmissione diretta risulta NEL NS CASO:

R_{Dd} = Rw parete + ΔR_{Dd} = 42,5 + 20,0 + 20,0/2 = 72,5 dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd}/10} + \Sigma^{n}_{F=f=1} 10^{-R_{Ff}/10} + \Sigma^{n}_{f=1} 10^{-R_{Df}/10} + \Sigma^{n}_{F=1} 10^{-R_{Fd}/10} + A/S \quad 10^{-D_{n,j,w}/10}\right)$$

Somma degli indici di valutazione del potere fonoisolante per trasmissione laterale

$$R_{ij,W} = \frac{R_{i,W} + R_{j,W}}{2} + \Delta R_{ij,W} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

trasmissione laterale

$$R_{ij,W} = \frac{R_{i,W} + R_{j,W}}{2} + \Delta R_{ij,W} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

Calcolo dell'indice di riduzione delle vibrazioni per tutte le vie di trasmissione (Kij) mediante formule empiriche

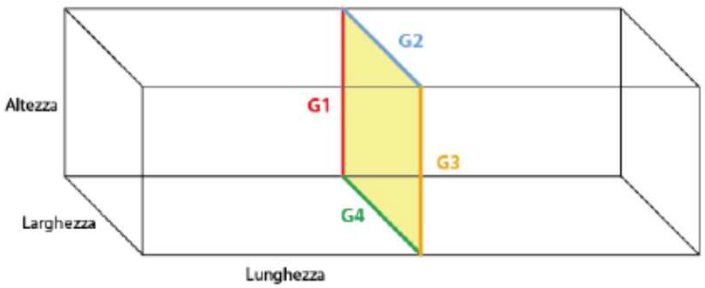
giunto 1

G1 è un giunto rigido a T

m'⊥= massa partizione =149,0 Kg/m_2

m' = massa parete laterale esterna =268,0 Kg/m_2

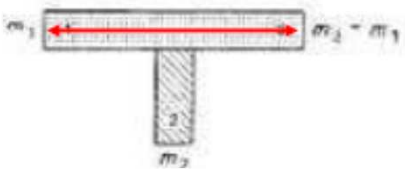
Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato



Giunto G1

M= log(149,0/268,0)=-0,25

KFf = 5,7 + 14,1 · M +5,7 · M^2 = 2,5 dB

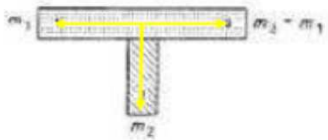


$$k_{13} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2$$

M= log(149,0/268,0)=- 0,25

KDf = 5,7 + 5,7 · M^2 = 6,1 dB

$$k_{12} = k_{23} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2$$



M= log(268,0/149,0)=0,25

KFd = 5,7 + 5,7 · M^2 = 6,1 dB

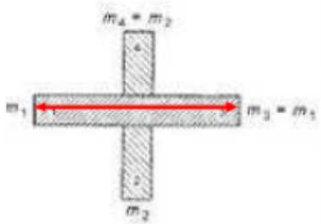
Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato

Giunto G2

G2 è un giunto rigido a Croce

M = log(m'⊥i/m'i) = log(149,0/340,0)=-0,37

KFf = 8,7 + 17,1 · M +5,7 · M^2 = 3,3 dB

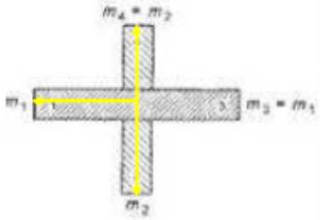


$k_{13} = 8{,}7 + 17{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2$

KFd = 8,7 + 5,7 · M^2 = 9,4 dB

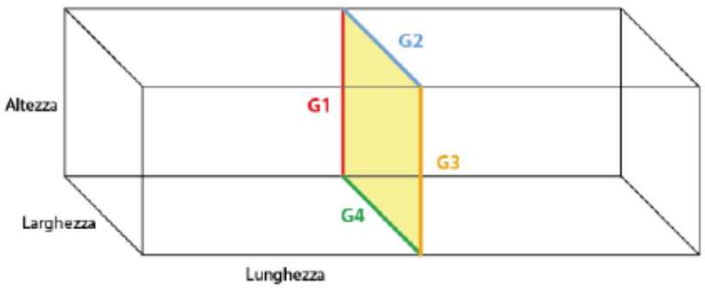
KFd = 8,7 + 5,7 · M^2 = 9,4 dB

$k_{12} = k_{23} = 8{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2$



Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato

Giunto G3-G4 come G1 giunti rigidi a T



G3 è un giunto rigido a T con M = log(m'⊥i/m'i) = log(149,0/268,0)=-0,25

KFf = 5,7 + 14,1 · M +5,7 · M2 = 2,5 dB

KFd = 5,7 + 5,7 · M2 = 6,1 dB

KDf = 5,7 + 5,7 · M2 = 6,1 dB

G4 è un giunto rigido a T con M = log(m'⊥i/m'i) = log(149,0/340,0)=0,37

KFf = 5,7 + 14,1 · M +5,7 · M2 = 1,4 dB

KFd = 5,7 + 5,7 · M2 = 6,4 dB

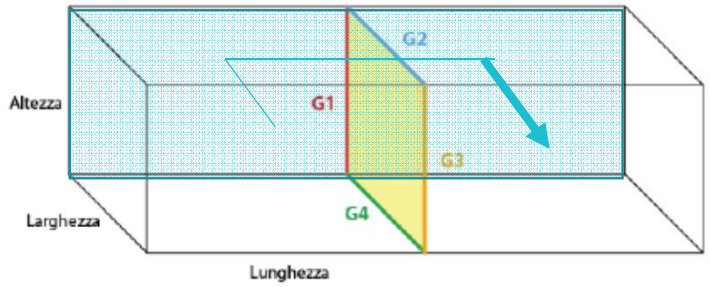
KDf = 5,7 + 5,7 · M2 = 6,4 dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le UNI EN ISO 12354 2017-metodo semplificato R'w

Calcolo degli indici di valutazione del potere fonoisolante per i percorsi di trasmissione acustica

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

Percorso Ff



Giunto G1

KFf = 5,7 + 14,1 · M +5,7 · M2 = 2,5 dB

R_F=Ri,w = R_f=Rj,w =56 ΔR_{Ff} =(20+20/2)

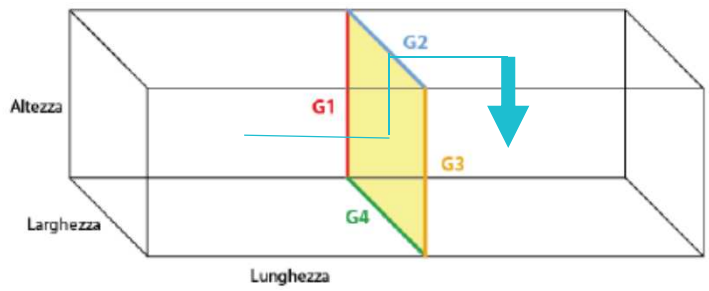
R_{Ff} = **½ · (R_F + R_f) + ΔR_{Ff} + K_{Ff} + 10 · log(Ss/l_f)** = ½ · (56,0 + 56,0) + (20,0 + 20,0/2) + 2,5 + 10 log(10,8/2,7) = 94,5 dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

Calcolo degli indici di valutazione del potere fonoisolante per i percorsi di trasmissione acustica

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\log\frac{S_s}{l_0 l_{ij}}$$

Percorso Df



G2

KDf = 8,7 + 5,7 · M2 = 9,4 dB

R_D=Rs=Ri,w =42,5 Rf=Rj,w =50 ΔR_{Df} =(20+13,0/2)

RDf = **½ · (Rs + Rf) + ΔRDf + KDf + 10 · log(Ss/lf)** = ½ · (42,5 + 50,0) + (20,0 + 13,0/2) + 9,4 + 10 · log(10,8/4,0) = 86,5 dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

Calcolo degli indici di valutazione del potere fonoisolante per i percorsi di trasmissione acustica

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

G1

$K_{Ff} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 = 2{,}5$ dB

$R_{Ff} = ½ \cdot (R_F + R_f) + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (56{,}0 + 56{,}0) + (20{,}0 + 20{,}0/2) + 2{,}5 + 10 \cdot \log(10{,}8/2{,}7) = 94{,}5$ dB

$K_{Fd} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 = 6{,}1$ dB

$R_{Fd} = ½ \cdot (R_F + R_s) + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (42{,}5 + 56{,}0) + (20{,}0 + 20{,}0/2) + 6{,}1 + 10 \cdot \log(10{,}8/2{,}7) = 91{,}4$ dB

$K_{Df} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 = 6{,}1$ dB

$R_{Df} = ½ \cdot (R_s + R_f) + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (42{,}5 + 56) + (20{,}0 + 20{,}0/2) + 6{,}1 + 10 \cdot \log(10{,}8/2{,}7) = 91{,}4$ dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

Calcolo degli indici di valutazione del potere fonoisolante per i percorsi di trasmissione acustica

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

G2

$K_{Ff} = 8{,}7 + 17{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 = 3{,}3$ dB

$R_{Ff} = ½ \cdot (R_F + R_f) + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (50{,}0 + 50{,}0) + (13{,}0 + 13{,}0/2) + 3{,}3 + 10 \cdot \log(10{,}8/4{,}0) = 77{,}1$ dB

$K_{Fd} = 8{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 = 9{,}4$ dB

$R_{Fd} = ½ \cdot (R_F + R_s) + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (42{,}5 + 50{,}0) + (20{,}0 + 13{,}0/2) + 9{,}4 + 10 \cdot \log(10{,}8/4{,}0) = 86{,}5$ dB

$K_{Df} = 8{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 = 9{,}4$ dB

$R_{Df} = ½ \cdot (R_s + R_f) + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (42{,}5 + 50{,}0) + (20{,}0 + 13{,}0/2) + 9{,}4 + 10 \cdot \log(10{,}8/4{,}0) = 86{,}5$ dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

Calcolo degli indici di valutazione del potere fonoisolante per i percorsi di trasmissione acustica

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

G3

$K_{Ff} = 5{,}7 + 14{,}1 \cdot M + 5{,}7 \cdot M^2 = 2{,}5$ dB

$R_{Ff} = ½ \cdot (R_F + R_f) + \Delta R_{Ff} + K_{Ff} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (56 + 56{,}0) + (20{,}0 + 20{,}0/2) + 2{,}5 + 10 \cdot \log(10{,}8/2{,}7) = 94{,}5$ dB

$K_{Fd} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 = 6{,}1$ dB

$R_{Fd} = ½ \cdot (R_F + R_s) + \Delta R_{Fd} + K_{Fd} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (42{,}5 + 56{,}0) + (20{,}0 + 20{,}0/2) + 6{,}1 + 10 \cdot \log(10{,}8/2{,}7) = 91{,}4$ dB

$K_{Df} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2 = 6{,}1$ dB

$R_{Df} = ½ \cdot (R_s + R_f) + \Delta R_{Df} + K_{Df} + 10 \cdot \log(S_s/l_f) = ½ \cdot (42{,}5 + 56{,}0) + (20{,}0 + 20{,}0/2) + 6{,}1 + 10 \cdot \log(10{,}8/2{,}7) = 91{,}4$ dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

Calcolo degli indici di valutazione del potere fonoisolante per i percorsi di trasmissione acustica

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\log\frac{S_S}{l_0 l_{ij}}$$

G4

K_{Ff} = 5,7 + 14,1 · M +5,7 · M2 = 1,4 dB

R_{Ff} = ½ · (R_F + R_f) + ΔR_{Ff} + K_{Ff} + 10 · log(S_s/l_f) = ½ · (50,0 + 50,0) + (5,0 + 5,0/2) + 1,4 + 10 · log(10,8/4,0) = 63,2 dB

K_{Fd} = 5,7 + 5,7 · M2 = 6,4 dB

R_{Fd} = ½ · (R_F + R_s) + ΔR_{Fd} + K_{Fd} + 10 · log(S_s/l_f) = ½ · (50,0 + 42,5) + (20,0 + 5/2) + 6,4 + 10 · log(10,8/4,0) = 79,5 dB

K_{Df} = 5,7 + 5,7 · M2 = 6,4 dB

R_{Df} = ½ · (R_s + R_f) + ΔR_{Df} + K_{Df} + 10 · log(S_s/l_f) = ½ · (42,5 + 50,0) + (20,0 + 13,0/2) + 6,4 + 10 · log(10,8/4,0) = 79,5 dB

Esempio pratico di calcolo di requisiti passivi acustici preventivo Con le uni en iso 12354 2017-metodo semplificato R'w

Calcolo del potere fonoisolante R'w

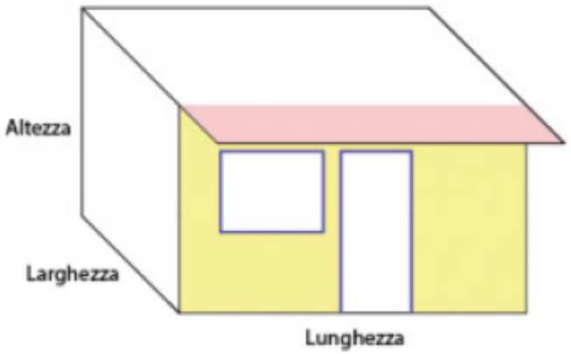
$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd}/10} + \Sigma^{n}_{F=f=1} 10^{-R_{Ff}/10} + \Sigma^{n}_{f=1} 10^{-R_{Df}/10} + \Sigma^{n}_{F=1} 10^{-R_{Fd}/10} + A_o/S_s \cdot \Sigma^{m}_{j=1} 10^{-Dn,j,w/10}\right)$$

l'indice di valutazione del potere risulta pari a:

$= -10 \cdot \log(10^{-72,5/10} + 10^{-94,5/10} + 10^{-77,1/10} + 10^{-94,5/10} + 10^{-63,2/10} + 10^{-91,4/10} + 10^{-86,5/10} + 10^{-91,4/10} + 10^{-79,5/10} + 10^{-91,4/10} + 10^{-86,5/10} + 10^{-91,4/10} + 10^{-79,5/10} + 0,0) =$ **62,3 dB**

Per il calcolo dell'isolamento acustico per via aerea, il DPCM 5 dicembre 1997 indica che per ambienti classificati come "Categoria A – Residenze e assimilabili" è necessario avere un R'w ≥ 50,0 dB, quindi la partizione dovrebbe rispettare i requisiti di legge.

Esempio di calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata



Modello per calcolo isolamento acustico di facciata

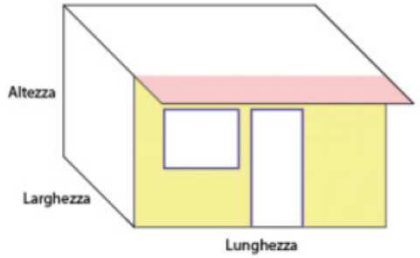
I dati che occorrono per l'implementazione dell'algoritmo di calcolo sono i seguenti:

1. Potere fonoisolante elementi di facciata
2. $D_{ne,w}$ dei piccoli elementi inseriti in facciata (es.,bocchette di aerazione,…);

L'ambiente ingresso-cucina dell'Appartamento 1 ha le seguenti misure:
Lunghezza=5,0 m
Larghezza=4,0 m
Altezza=2,7 m

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \lg [V/(6 T_0 S)]$$

Calcolo dell’indice di valutazione dell’isolamento acustico di facciata



Modello per calcolo isolamento acustico di facciata

dati di imput

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \lg [V/(6 T_0 S)]$$

Parete esterna

Laterizio alleggerito (15x25x25 cm, foratura 60% a fori orizzontali). Doppio intonaco di cm 1.5 per parte. Intercapedine in lana di roccia (sp.5 cm). Tramezze in laterizio tradizionale (8x25x25 cm, foratura 65% a fori orizzontali). Intonaco sp.1.5 cm sulla faccia esterna.

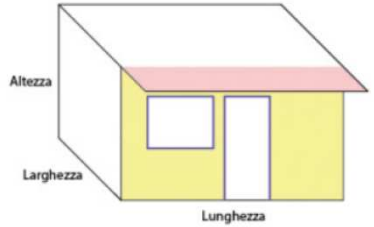
R_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
56,0	268,0

Controparete interna

Controparete interna realizzata con struttura metallica e lastre di gesso rivestito, spazio tra i montanti dell’orditura metallica riempito con pannelli in lana di roccia.

ΔR_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
20,0	172,0

Calcolo dell’indice di valutazione dell’isolamento acustico di facciata



Modello per calcolo isolamento acustico di facciata

dati di input

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \lg [V/(6 T_0 S)]$$

Controparete esterna

Controparete esterna in lana di roccia non rivestita.

ΔR_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
23,0	80,0

Portone blindato

Porta blindata di dimensioni 90cm x 210 cm (1,89 m²).

R_w (dB)
40,0

Finestra

Serramento con vetrocamera avente potere fonoisolante misurato sperimentalmente uguale o maggiore di 40 dB e con guarnizione centrale e guarnizione esterna in corrispondenza della battuta dei telai. Dimensioni: 140cm x 120 cm (1,68 m²).

R_w (dB)
40,0

Sigillante

Schiuma poliuretanica monocomponente. CF ISO 500+ (ampiezza del giunto pari a 30 mm).

R_s (dB)
59,0

Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Calcolo R'W

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \lg [V/(6 T_0 S)]$$

$$R'w = [-10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1} Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1} A_0/S_V \cdot 10^{-Dn,e,wi/10})] - K$$

Calcolo dell’indice di valutazione

Calcolo R’W

Nel caso un elemento sia costituito da un elemento base e da un rivestimento, il potere fonoisolante può essere indicato come la combinazione degli indici per l’elemento base e il miglioramento per il rivestimento seguendo la formula:

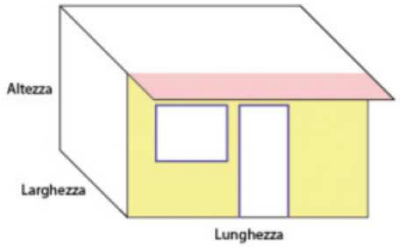
$$R_{facciata} = R_{basic,facciata} + \Delta R_{lining,facciata}$$

$$R_{facciata} = 56{,}0 + 20{,}0 + 23{,}0 = 99{,}0 \text{ dB}$$

CONTROPARETE INTERNA

CONTROPARETE ESTERNA

Calcolo dell’indice di valutazione dell’isolamento acustico di facciata



Modello per calcolo isolamento acustico di facciata

Calcolo R’W

$$R'w = [\ -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1}\ Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1}\ A_0/S \cdot 10^{-Dn,e,wi/10})\ ] - k$$

dove:

- R_{wi} è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (i), in decibel (dB);
- S_i è l’area dell'elemento (i), in metri quadrati (m^2);
- S è l’area totale della facciata, vista dall’interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi), in metri quadrati (m^2);
- $D_{ne,wi}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto all’assorbimento equivalente del "piccolo elemento"(i), in decibel (dB);
- K è la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale pari a 0, per elementi di facciata non connessi, e pari a 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi;
- A_0 è l’area di assorbimento equivalente di riferimento;

$$(S_{facciata} / S) \cdot 10^{-R_{facciata}/10} = ((13{,}5 - 1{,}89 - 1{,}68) / 13{,}5) \cdot 10^{-99{,}0/10} = 9{,}26 \cdot e^{-11}$$

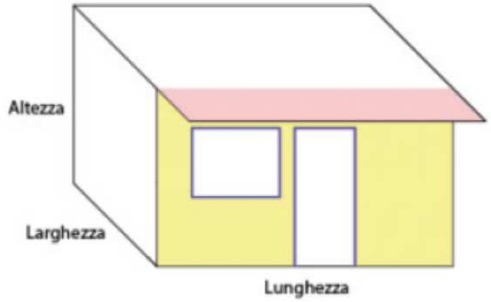
$$(S_{portone} / S) \cdot 10^{-R_{portone}/10} = (1{,}89 / 13{,}5) \cdot 10^{-40{,}0/10} = 1{,}40 \cdot e^{-5}$$

$$(S_{finestra} / S) \cdot 10^{-R_{finestra}/10} = (1{,}68 / 13{,}5) \cdot 10^{-40{,}0/10} = 1{,}24 \cdot e^{-5}$$

Calcolo dell’indice di valutazione

Calcolo R’W presenza del sigillante

$$R'w = [\, -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1} Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1} A_0/S \cdot 10^{-Re,wi/10}) \,] - K$$



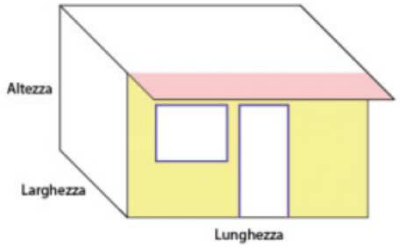
Modello per calcolo isolamento acustico di facciata

Il sigillante è utilizzato su 3 lati del portone blindato per una lunghezza di 5,1 m e sui 4 lati della finestra per una lunghezza di 5,2 m.

in questo caso, aggiungiamo alla formula per il calcolo della R’w anche la componente relativa al sigillante, dove ls,k è la lunghezza di un’intercapedine sigillata o del giunto k, in metri, considerando come riferimento l_o = 1m

$$(l_0 / S) \cdot \Sigma^{m}_{k=1} l_{s,k} \cdot 10^{-R_{s,k}/10} = (1{,}0 / 13{,}5) \cdot (5{,}1 + 5{,}2) \cdot 10^{-59{,}0/10} = 9{,}61 \cdot e^{-7}$$

Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata



Modello per calcolo isolamento acustico di facciata

Calcolo R'W

$$R'w = [\ -10 \cdot \log(\Sigma_{ni=1}\ Si/S \cdot 10^{-Rw,i/10} + ((l_0 / S) * \Sigma_{mk=1} l_{s,k} \cdot 10^{-Rs,k/10})) + \Sigma_{mi=1}\ A_0/S \cdot 10^{-Dn,e,wi/10})\ ] - K$$

Nei casi che comportano la presenza di elementi rigidi, la trasmissione laterale può essere incorporata in modo globale diminuendo il potere fonoisolante per questo tipo di elementi di facciata rigidi e pesanti; è generalmente accettabile sottrarre 2 dB.

K=2

R'_w, indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, è la somma di tutti i componenti calcolati in precedenza:

$$R'w = -10 \cdot \log(9{,}26 \cdot e\text{-}11 + 1{,}40 \cdot e\text{-}5 + 1{,}24 \cdot e\text{-}5 + 9{,}61 \cdot e\text{-}7) - 2 = 43{,}6\ dB$$

Calcolo dell’indice di valutazione dell’isolamento acustico di facciata

ΔL_{fs}

In base alla forma della facciata si determina il valore di ΔLfs. Essendo presente un ballatoio in alto, tra i casi previsti dalla norma, si sceglie il caso “2 Ballatoio” con assorbimento αw ≤ 0,3 e orizzonte visivo < 1,5 m si sceglie: ΔLfs = -1 dB

UNI EN 12354-3

ΔL_{fs} dB	1 facciata piana	2 ballatoio			3 ballatoio			4 ballatoio			5 ballatoio		
Assorbimento del tetto (α_w) ⇒	Non applicabile	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥0,9	≤0,3	0,6	≥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	4	6

Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Applicando infine la formula

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \lg [V/(6 T_0 S)]$$

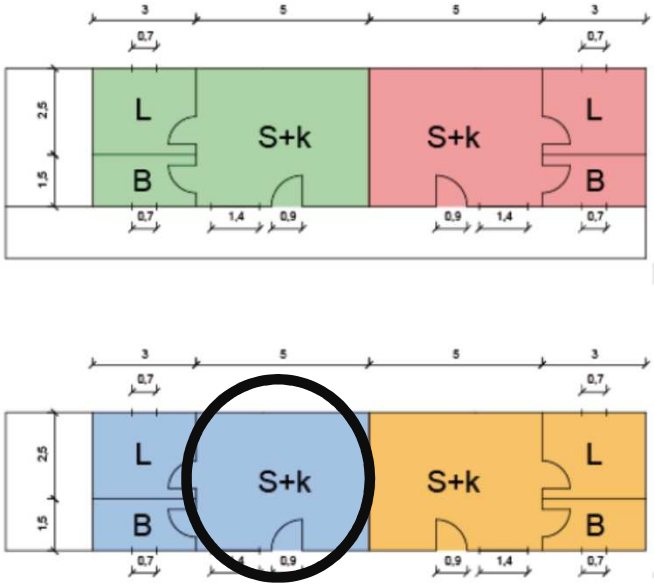
Infine l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione risulta:

D2m,nT = R'w + ΔLfs + 10 · log((V / (6.T0 · S))) = 43,6 - 1 + 10 · log((54,0 / (6 · 0,5 · 13,5))) = **43,5 dB**

Per il calcolo dell'isolamento acustico di facciata, il DPCM 5 dicembre 1997 indica che per ambienti classificati come «Categoria A – Residenze e assimilabili» è necessario avere un D2m,nT,w ≥ 40,0 dB, quindi la partizione in questione rispetta il limite di legge

Il valore ottenuto è da confrontarsi con il limite di legge.

Calcolo dell’indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti



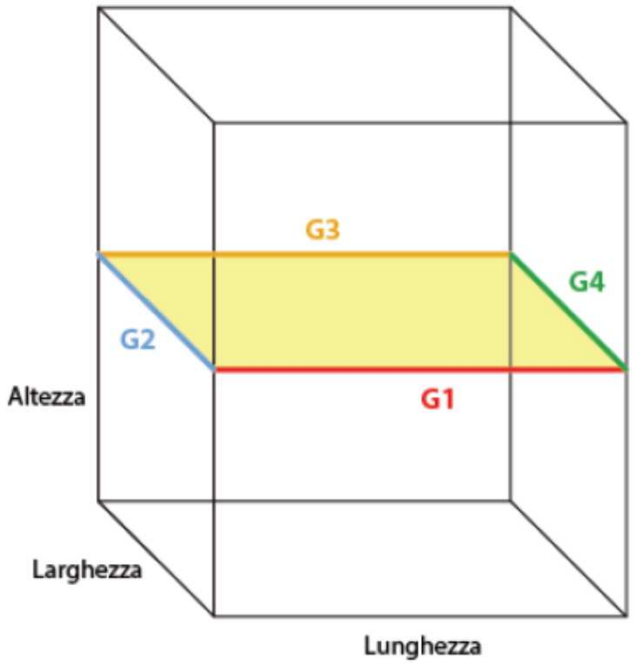
L’ambiente ingresso-cucina dell’Appartamento 1.

- Appartamento 1
- Appartamento 2
- Appartamento 3
- Appartamento 4

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

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

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

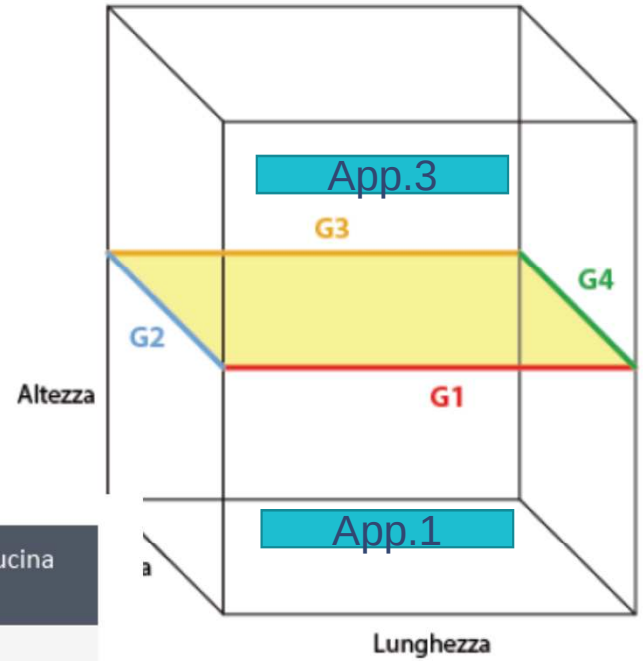


I dati che occorrono per l'implementazione dell'algoritmo di calcolo sono

1 massa per unità di area degli elementi strutturali;
2 caratteristiche acustiche delle pareti e degli eventuali rivestimenti
3) Misure geometriche degli elementi

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

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



	Appartamento 1 ingresso-cucina (ricevente)	Appartamento 3 ingresso-cucina (sorgente)
Larghezza (m)	4,0	4,0
Lunghezza (m)	5,0	5,0
Altezza (m)	2,7	2,7

La superficie di separazione tra i due ambienti Ss è di 20,0 m^2.

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

Parete esterna

R_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
56,0	268,0

Parete di separazione

R_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
42,5	149,0

Controparete interna

ΔR_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
20,0	172,0

Solaio

R_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
50,0	340,0

Controsoffitto

ΔR_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
13,0	274,0

Pavimento

ΔR_w (dB)	Massa superficiale (kg/m²)
5,0	80,0

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per il percorso diretto

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

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

– Ln,eq,0,w è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente del solaio nudo;

– ΔLw è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di un rivestimento di pavimentazione;

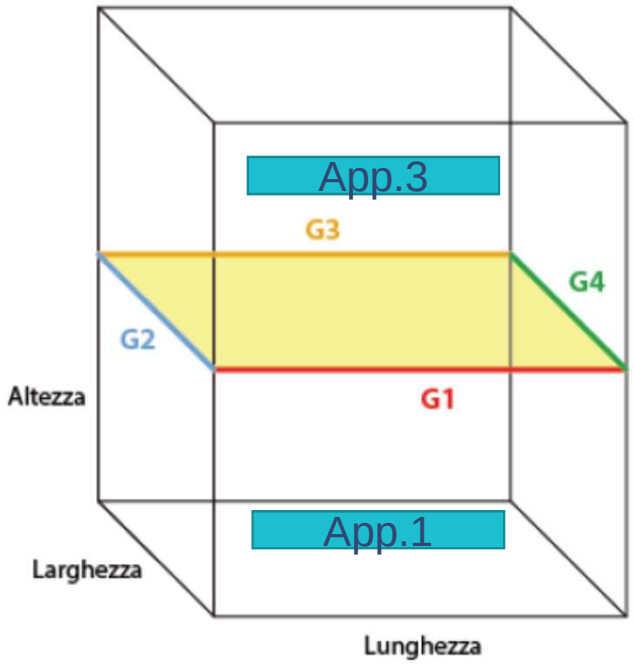
– ΔLd,w è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento divisorio; questa grandezza è raramente disponibile e spesso approssimata dall'incremento del potere fonoisolante ΔRd,w

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

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

Considerato che la massa per unità di area del solaio nudo è pari a 340 kg/m2

Ln,w,eq = 164 – 35Log(340) = 75,4 dB.



Calcolo dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato

CALCOLO DEL ΔL_w

DATI :

- la massa per unità d'area del massetto e del pavimento galleggiante, m', (**è pari a 80 kg/m²;**
- la rigidità dinamica dello strato isolante, s', è pari a 77,0 MN/m3;

$$\Delta L\text{w} = (13 \log(m')) - (14{,}2 \log(s')) + 20{,}8 \approx 18{,}7\text{dB}$$

Calcolo dell’indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato

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

Ln,d,w = Ln,eq,0,w - ΔLw - ΔLd,w = 75,4 - 18,7 - 8,0/2 = **52,7 dB**

Il valore di ΔLd,w è stato dimezzato in quanto presenti sia il pavimento nell’ambiente emittente che il controsoffitto nell’ambiente ricevente.

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per ciascun percorso laterale (n=4)

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

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \tfrac{1}{2} \cdot (R_{i,w} - R_{j,w}) - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \cdot \log(S_i/l_{ij})$$

- $L_{n,eq,0,w}$ è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico equivalente del solaio nudo;
- ΔL_w è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di un rivestimento di pavimentazione;
- $\Delta L_{d,w}$ è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio di uno strato ulteriore sul lato ricevente dell'elemento divisorio; questa grandezza è raramente disponibile e spesso approssimata dall'incremento del potere fonoisolante $\Delta R_{d,w}$
- l_{ij} è la lunghezza del giunto in metri
- $R_{i,w}$ 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)

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per ciascun percorso laterale (n=4)

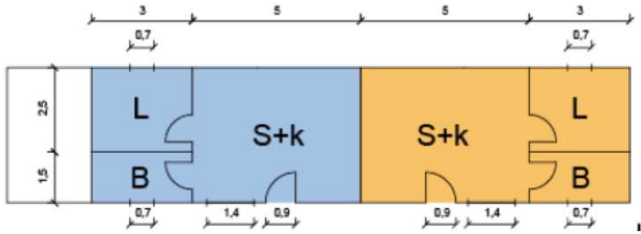
$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{1}{2} \cdot (R_{i,w} - R_{j,w}) - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \cdot \log(S_i/l_{ij})$$

I DATI SONO TUTTI NOTI AD ECCEZIONE DELL' l'indice di riduzione delle vibrazioni per tutte le vie di trasmissione

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

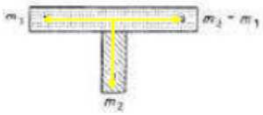
L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per ciascun percorso laterale (n=4)

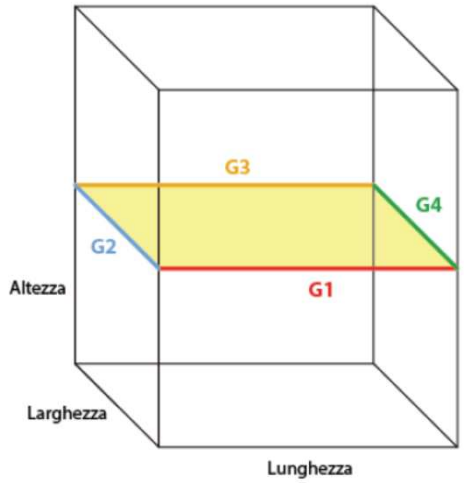
$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \tfrac{1}{2} \cdot (R_{i,w} - R_{j,w}) - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \cdot \log(S_i/l_{ij})$$



G1=G3 giunto rigido a T (si veda la formula seguente)
con M = log(m'⊥i/m'i) = log(340/268)
KDf = 5,7 + 5,7 · M2 = 5,8 dB

$k_{12} = k_{23} = 5{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2$

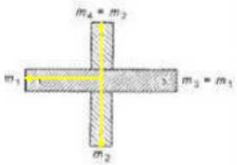




G2 =G4 giunto rigido a Croce (si veda la formula seguente) con M = log(m'⊥i/m'i) = log(340/149)

KDf = 8,7 + 5,7 · M2 = 9,4 dB

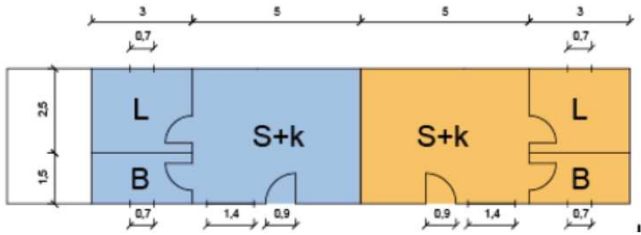
$k_{12} = k_{23} = 8{,}7 + 5{,}7 \cdot M^2$



Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

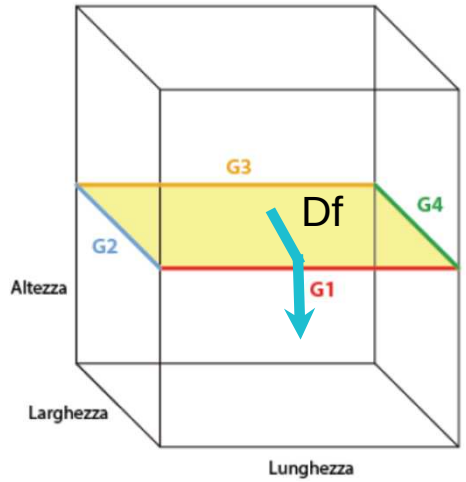
L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per ciascun percorso laterale (n=4)

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \tfrac{1}{2} \cdot (R_{i,w} - R_{j,w}) - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \cdot \log(S_i/l_{ij})$$



G1

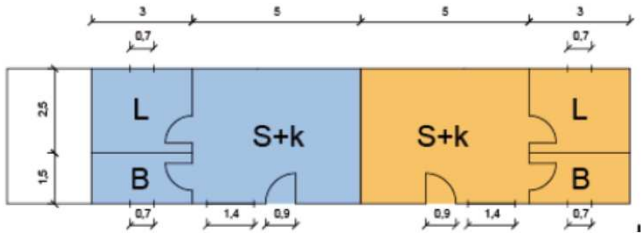
$L_{n,Df} = L_{n,eq,0,w} - \Delta_{Lw} + \tfrac{1}{2} \cdot (R_D - R_f) - \Delta R_f - KD_f - 10 \cdot \log(S_D/lD_f) = 75,4 - 18,7 + \tfrac{1}{2} \cdot (50,0 - 56,0) - 20,0/2 - 5,8 - 10 \cdot \log(20,0/5,0) = 31,9$ dB



Il valore di ΔRf è stato dimezzato in quanto presenti sia il pavimento nell'ambiente emittente che la controparete sull'elemento laterale interessato dell'ambiente ricevente.

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per ciascun percorso laterale (n=4)



$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + ½ \cdot (R_{i,w} - R_{j,w}) - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \cdot \log(S_i/l_{ij})$$

G2

$$L_{n,Df} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + ½ \cdot (R_D - R_f) - \Delta R_f - K_{Df} - 10 \cdot \log(S_D/l_{Df}) = 75,4 - 18,7 + ½ \cdot (50,0 - 42,5) - 0,0 - 9,4 - 10 \cdot \log(20,0/4,0) = 44,1 \text{ dB}$$

G3

$$L_{n,Df} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + ½ \cdot (R_D - R_f) - \Delta R_f - K_{Df} - 10 \cdot \log(S_D/l_{Df}) = 75,4 - 18,7 + ½ \cdot (50,0 - 56,0) - 20,0/2 - 5,8 - 10 \cdot \log(20,0/5,0) = 31,9 \text{ dB}$$

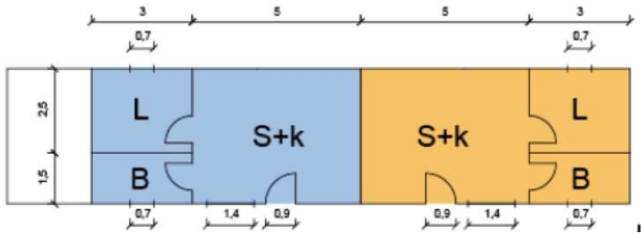
G4

$$L_{n,Df} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + ½ \cdot (R_D - R_f) - \Delta R_f - K_{Df} - 10 \cdot \log(S_D/l_{Df}) = 75,4 - 18,7 + ½ \cdot (50,0 - 42,5) - 20,0/2 - 9,4 - 10 \cdot \log(20,0/4,0) = 34,1 \text{ dB}$$

Calcolo previsionale semplificato dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato per ambienti sovrapposti

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico per ciascun percorso laterale (n=4)

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \tfrac{1}{2} \cdot (R_{i,w} - R_{j,w}) - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \cdot \log(S_i/l_{ij})$$



Infine, il livello di pressione sonora al calpestio risulta:
$L'_{n,w} = 10 \cdot \log (10L_{n,d,w}/10 + \Sigma_{nj}=110L_{n,ij,w}/10) = = 10 \cdot \log (10^{52,7/10} + 10^{31,9/10} + 10^{44,1/10} + 10^{31,9/10} + 10^{34,1/10})$ = **53,4 dB**

Per il calcolo isolamento acustico al calpestio, il DPCM 5 dicembre 1997 indica che per ambienti classificati come "Categoria A – Residenze e assimilabili" è necessario avere un $L'_{n,w} \leq 63,0$ dB. Quindi l'ambiente valutato risulta conforme al limite indicato dalla legge.

CONSIDERAZIONI FINALI

Fase progettuale

- Il progettista deve prescrivere materiali e metodologie d'installazione per soddisfare i requisiti prestazionali
- Alcuni Comuni richiedono relazione relativa alla valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi
- La legge non prevede deposito di progetto, non prevede figura particolare che effettua progettazione

Fase esecutiva

- L'impresa deve garantire la corretta installazione dei prodotti (anche da parte di sub-appaltatori)

A fine Lavori il Comune per il rilascio dell'agibilità:

- può richiedere la certificazione attestante il rispetto dei limiti del DPCM al direttore lavori
- può richiedere collaudo in opera mediante misure
- può disporre rilevazioni in opera servendosi di organi di vigilanza competenti (ARPA)