

L'ACUSTICA CON I SISTEMI A SECCO



- A. Grandezze fisiche
- B. Legislazione e Normativa
- C. Propagazione dell'energia sonora
- D. Potere fonoisolante
- E. Rumori da impatto
- F. Legge di massa
- G. Pareti leggere
- H. Multisale: tipologie divisorie per multisale contigue
- I. Contropareti - Rivestimenti a pelle resiliente
- J. Controsoffitti
- K. Massetti galleggianti: rumore di calpestio
- L. Case history
- M. Fonoassorbimento

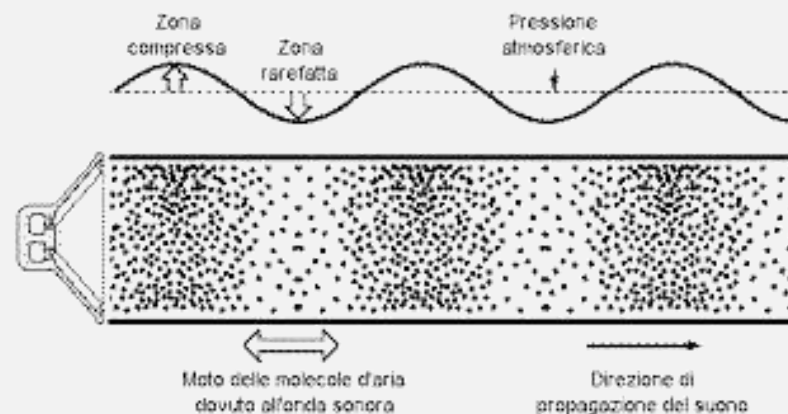
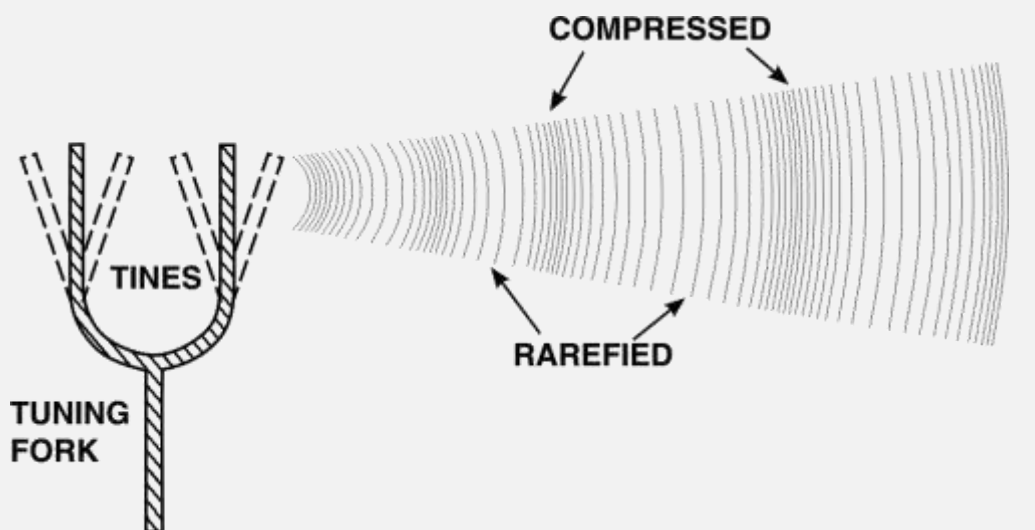
A. GRANDEZZE FISICHE



A. GRANDEZZE FISICHE

Pressione sonora

La “**PRESSIONE SONORA**” si definisce come l’incremento di pressione causato dall’evento sonoro rispetto alla pressione nello stato di quiete



➤ La variazione della pressione si misura in Pascal

A. GRANDEZZE FISICHE

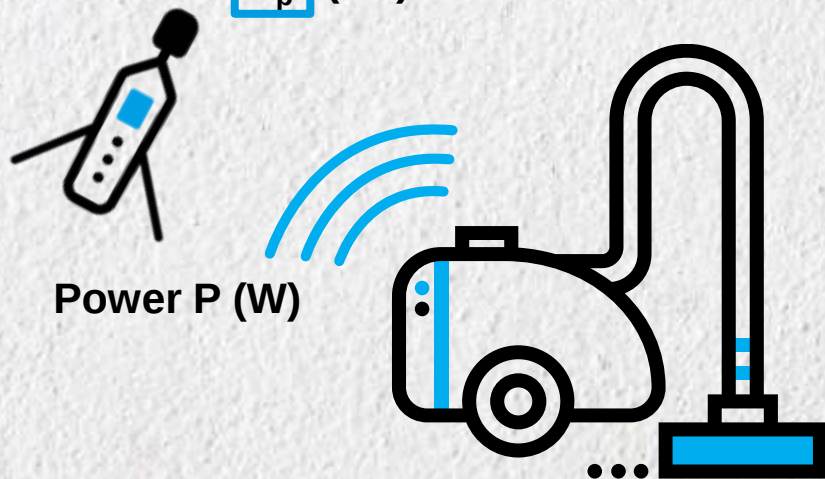
Pressione sonora

L_b = Temperatura

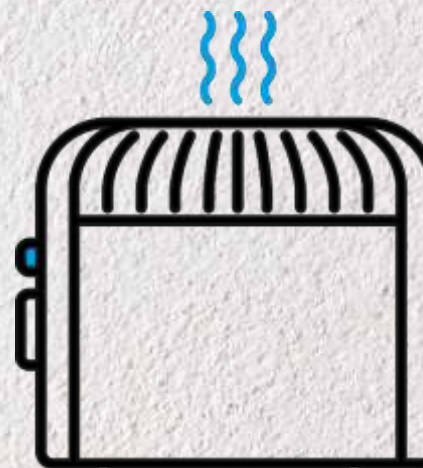
Pressure p (N/m²=Pa)

L_p (dB)

Power P (W)



Temperature t (°C)



Power P (W)

$$L_p = 10 \log P/P_0 \text{ (dB)}$$

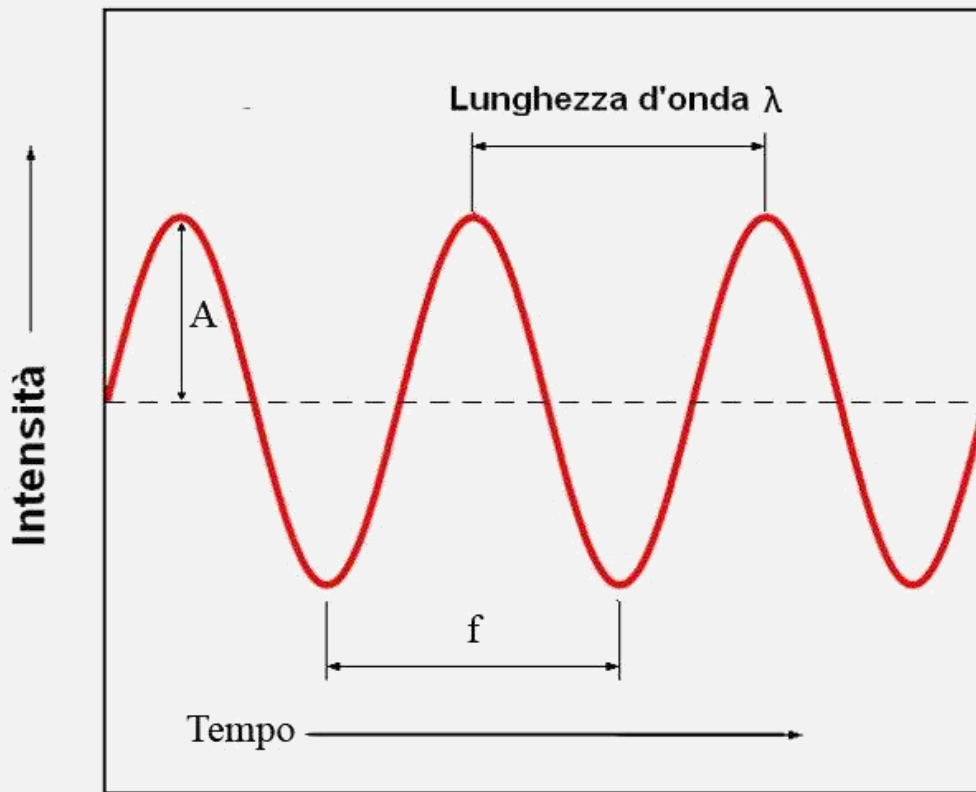
$$P_0 = 2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$$

A. GRANDEZZE FISICHE

L'onda sonora

SUONO PURO

Onda



$$\lambda = v/f \quad [\text{m}]$$

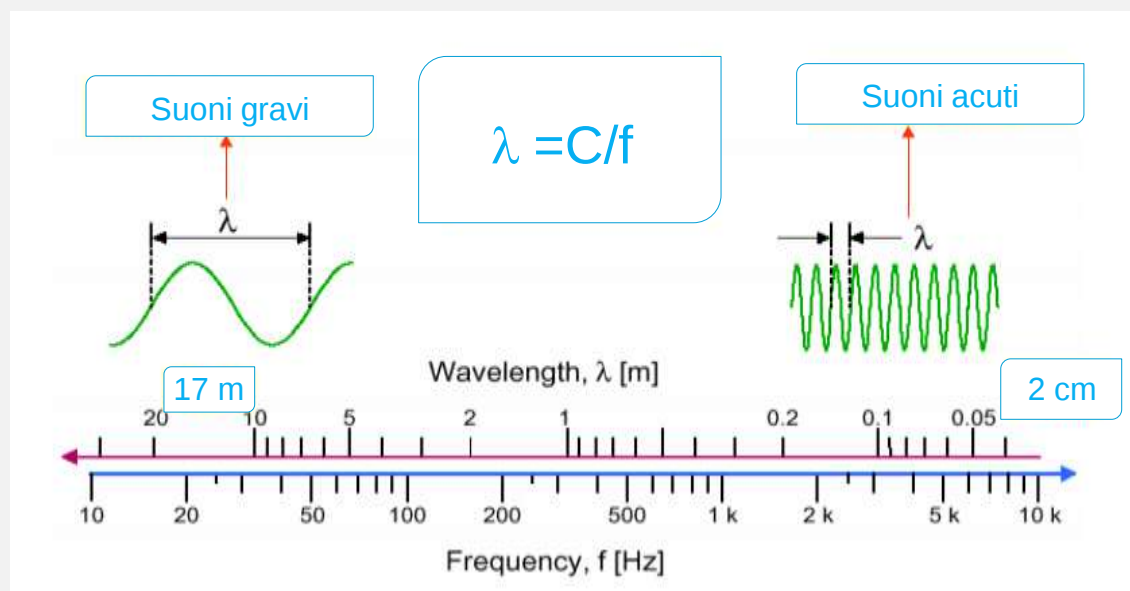
λ = lunghezza d'onda [m]

v = velocità [m/s]

f = frequenza [1/s]

A. GRANDEZZE FISICHE

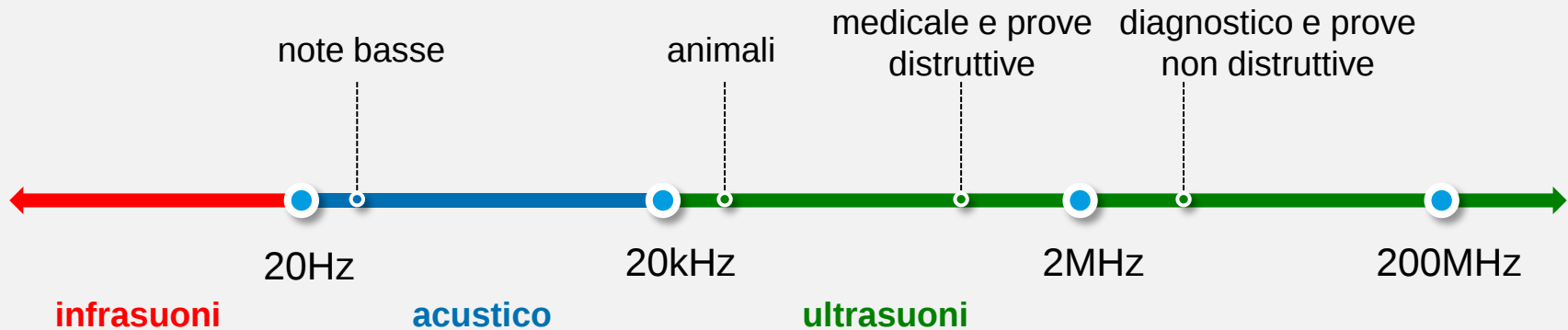
Le frequenze (Hz)



Materiale	Velocità del suono (m/s)
aria	344
piombo	1220
acqua	1410
mattoni	3000
legno	3400
vetro	4100
acciaio	5200

A. GRANDEZZE FISICHE

Le frequenze (Hz)



Il nostro apparato uditivo può percepire suoni compresi fra:
20-20 000 [Hz]

A. GRANDEZZE FISICHE

Il decibel [dB]



Livello di pressione sonora:

$$L_p = 20 \log p / p_0 \quad [\text{dB}]$$

dove

p = pressione sonora misurata [Pa]

p_0 = pressione sonora di riferimento pari a 2×10^{-5} [Pa]

Il nostro apparato uditivo può percepire suoni compresi fra: 0 - 140 [dB]

dove:

se $p = p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa si ottiene $L_p = 0$ dB → Soglia di udibilità

se $p = 2 \times 10^2$ Pa si ottiene $L_p = 140$ dB → Soglia del dolore

A. GRANDEZZE FISICHE

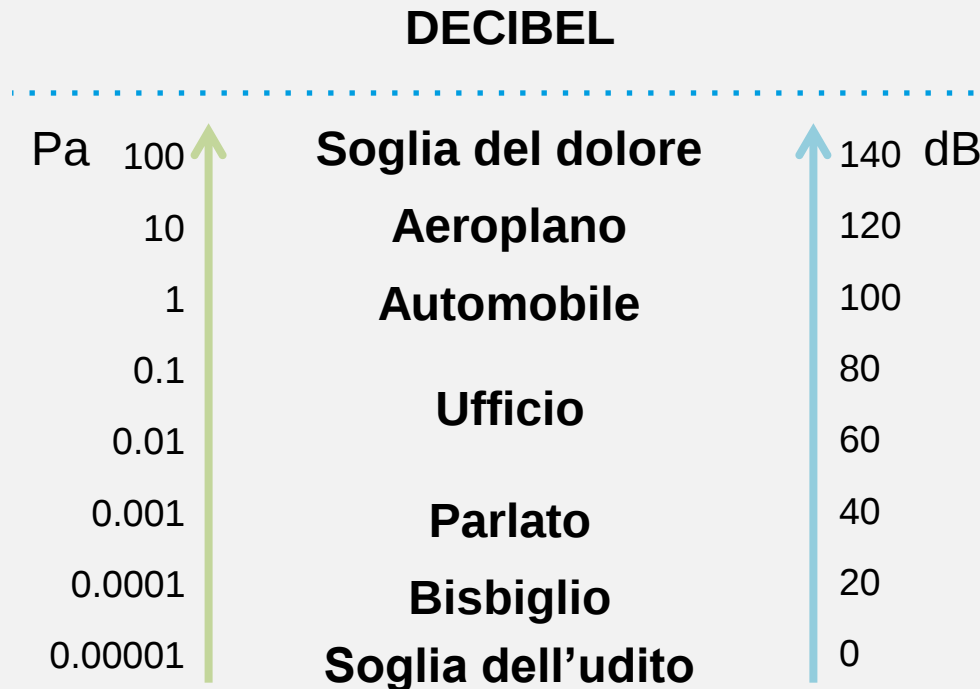
Il decibel [dB]



Il decibel esprime il livello di pressione sonora espresso in Pascal in scala logaritmica:

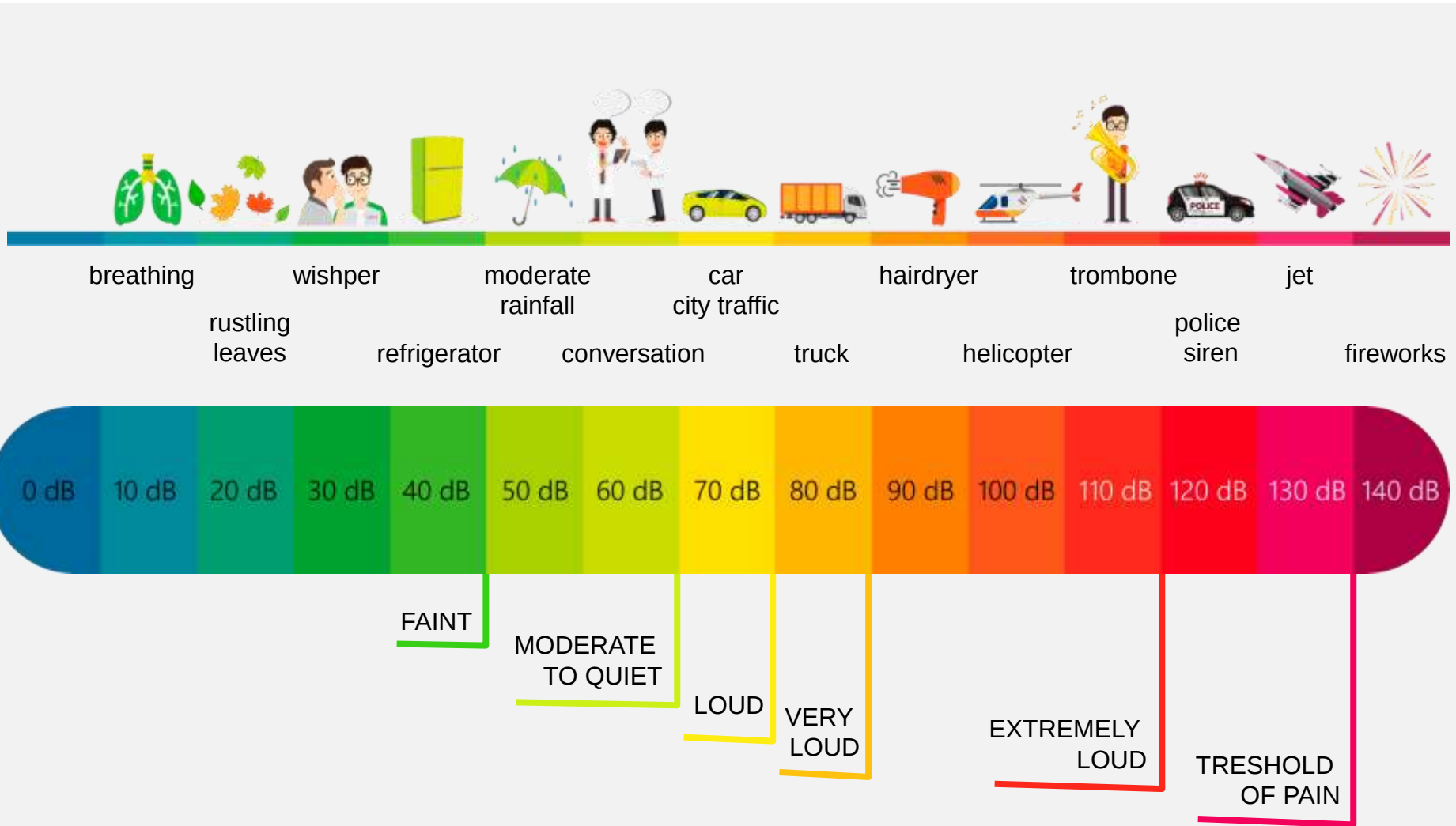
'bel' = Log_{10} di un rapporto di grandezze omogenee

'decibel' = $10 \text{ Log}_{10}(a/b)$



A. GRANDEZZE FISICHE

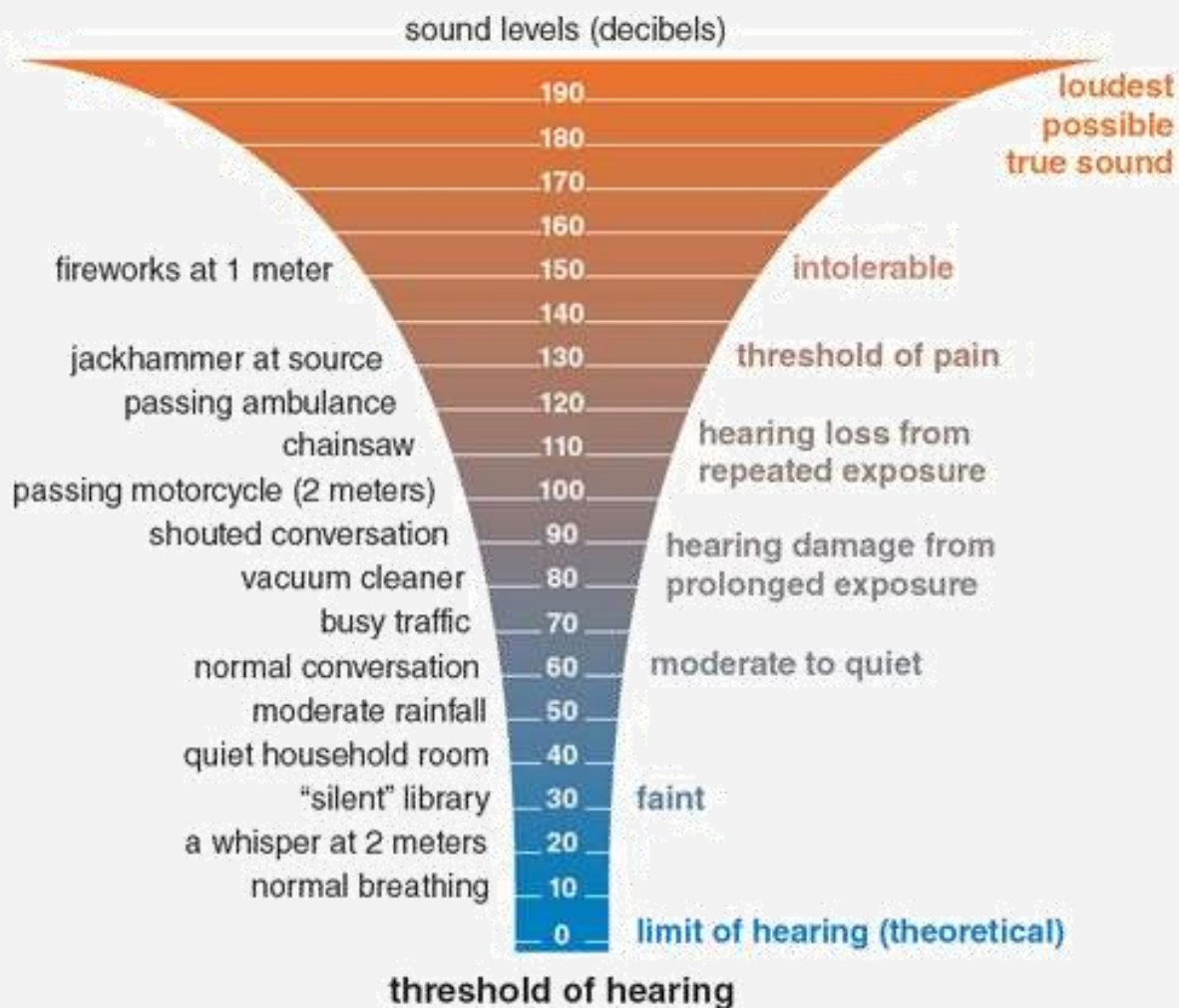
Esempi di livelli di pressione sonora



A. GRANDEZZE FISICHE

Esempi di livelli di pressione sonora

Effetto dei livelli di
pressione sonora
sull'apparato
uditivo



A. GRANDEZZE FISICHE

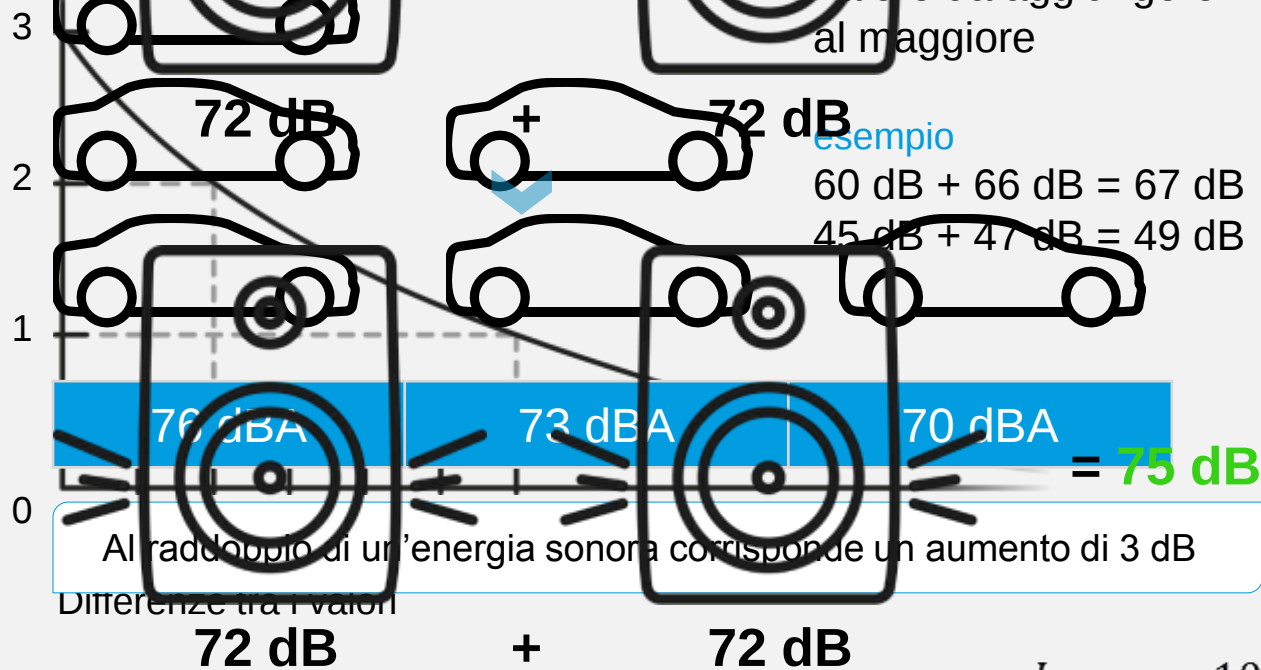
Somma di pressioni sonore [dB]

I decibel si sommano in modo logaritmico e quindi due suoni da 70 dB sommati danno origine a 73 dB e non a 140 dB

**VALORE
ERRATO**

= **144 dB**

Valore da aggiungere
al maggiore



$$L_{eq,tot} = 10 * \text{Log}_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right)$$

A. GRANDEZZE FISICHE

Somma di pressioni sonore [dB]



Differenza

0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	>
3,0	2,8	2,5	2,3	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0

Valori di lettura (composizione di livelli sonori)

$$70 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = 70 \text{ dB}$$

$$70 \text{ dB} + 60 \text{ dB} = 70 \text{ dB}$$

$$70 \text{ dB} + 64 \text{ dB} = 71 \text{ dB}$$

$$70 \text{ dB} + 68 \text{ dB} = 72 \text{ dB}$$

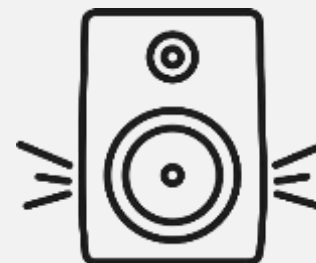
$$70 \text{ dB} + 70 \text{ dB} = 73 \text{ dB}$$

140 dB



+

72 dB =

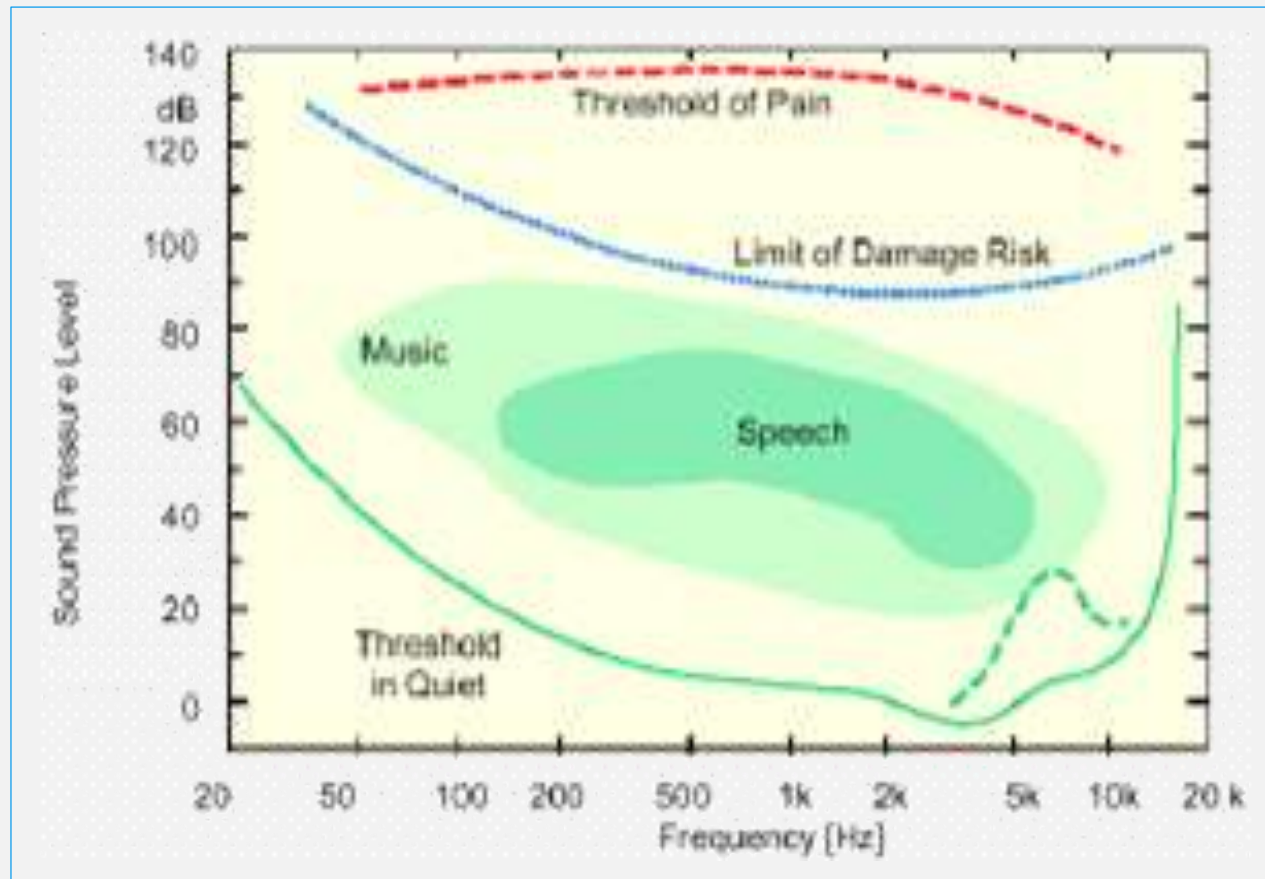


140 dB



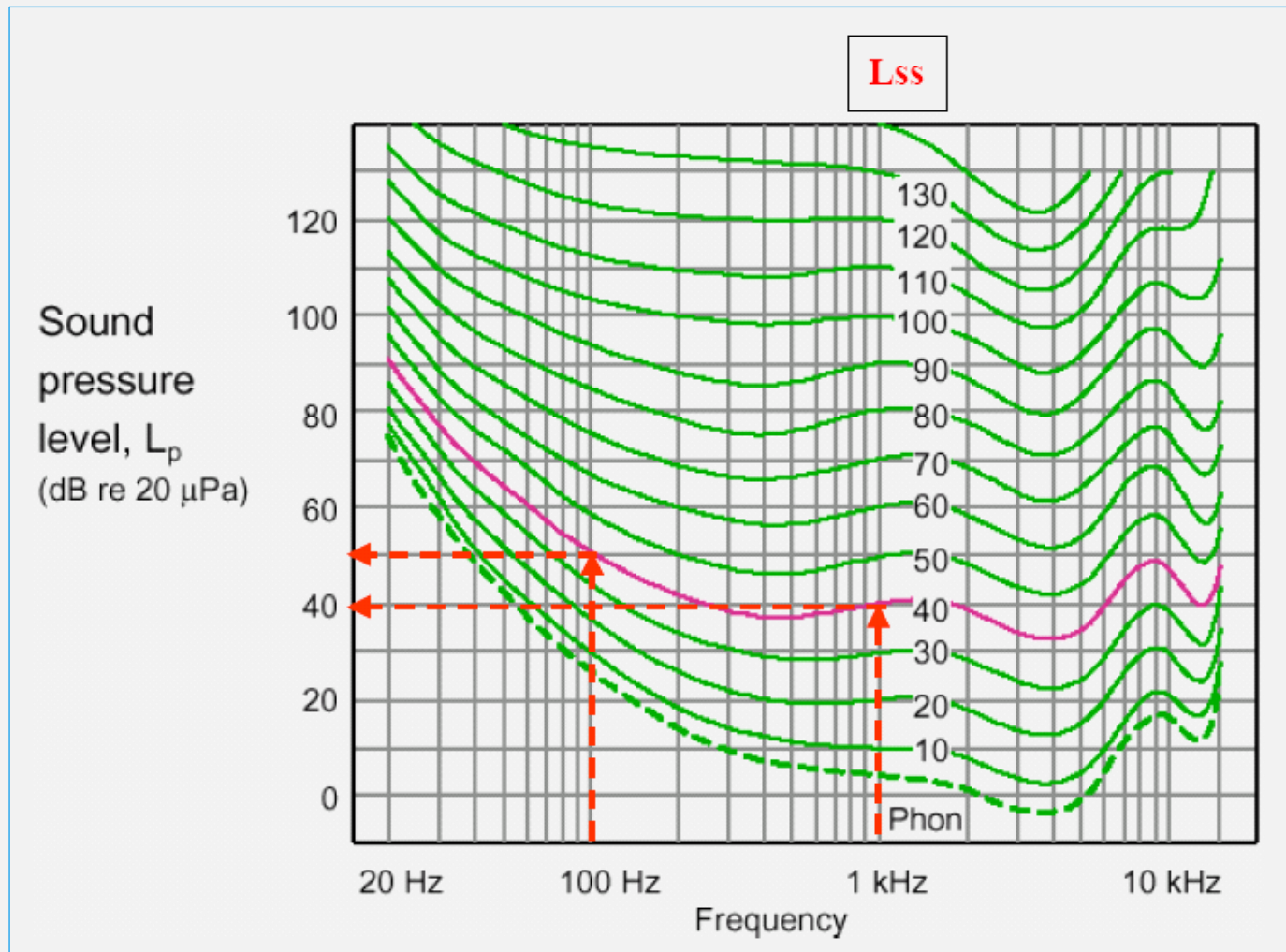
A. GRANDEZZE FISICHE

Diagramma frequenza / pressione sonora



A. GRANDEZZE FISICHE

Audiogramma normale per suoni puri

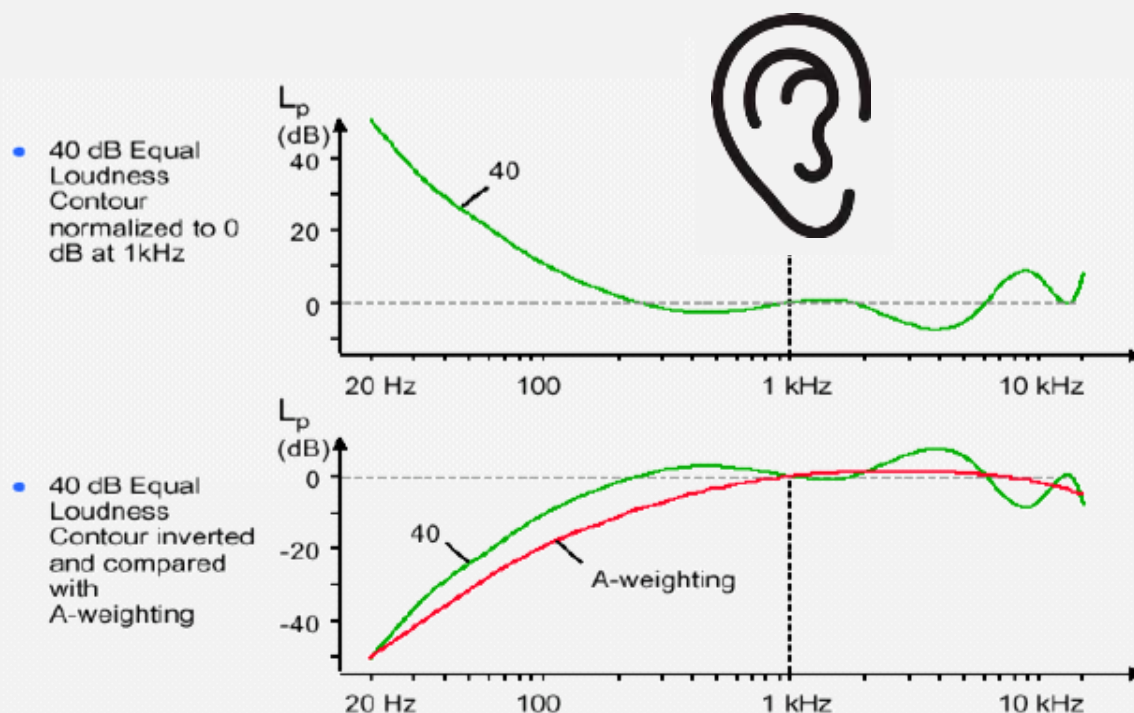


A. GRANDEZZE FISICHE

Scala di ponderazione "A"

VALORI CORRETTIVI PER PONDERARE "A" LA PRESSIONE SONORA IN LINEARE

Frequenze [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Fattore correttivo [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1	-1,1



A. GRANDEZZE FISICHE

Scala di ponderazione "A"

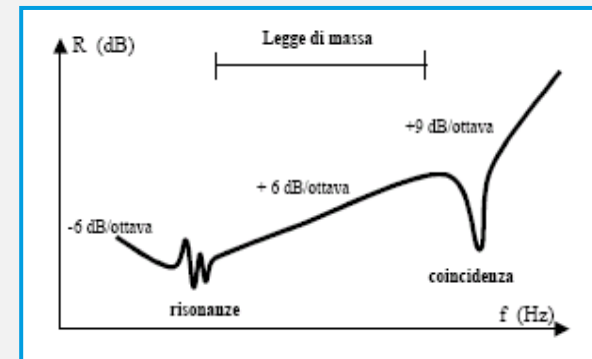
Valutazione del **disturbo**:

Unità di misura L_{p_A} → **dB**A



Valutazione delle **prestazioni**:

Unità di misura L_p → **dB**



A. GRANDEZZE FISICHE

Strumentazione



Il **FONOMETRO** è lo strumento che misura il livello di pressione sonora.

Converte il segnale sonoro in un equivalente segnale elettrico servendosi di un dispositivo microfonico.

Classi di precisione: 0 - 1 – 2

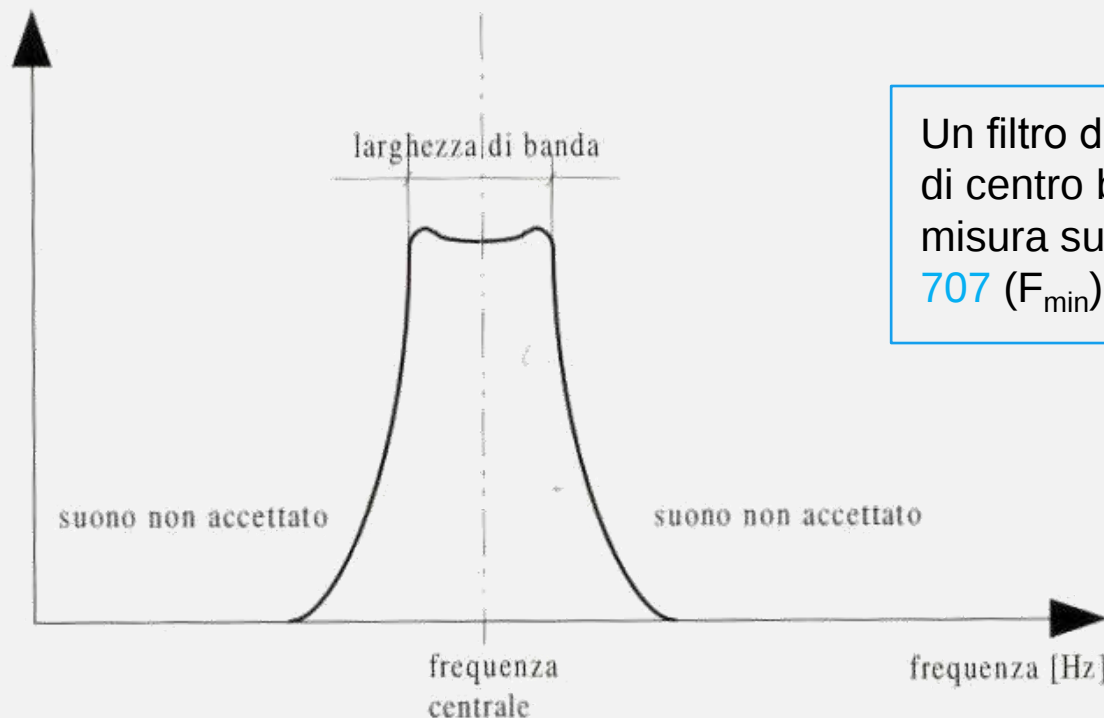
Il segnale può essere filtrato attraverso **scale di ponderazione**.

A. GRANDEZZE FISICHE

Bande d'ottave

Sugli apparecchi normalmente in commercio le frequenze sono divise in raggruppamenti chiamate bande di ottava o bande di terze di ottava.

Una banda di ottava viene individuata dalla frequenza centrale, compresa fra due frequenze delle quali la più alta è due volte la più bassa: $F_{\max} = 2 F_{\min}$



Un filtro d'ottava con frequenza di centro banda di **1000 Hz**, misura suoni compresi fra **707** ($F_{\min}$) e **1414 Hz** ($F_{\max}$)

A. GRANDEZZE FISICHE

Curve di ponderazione

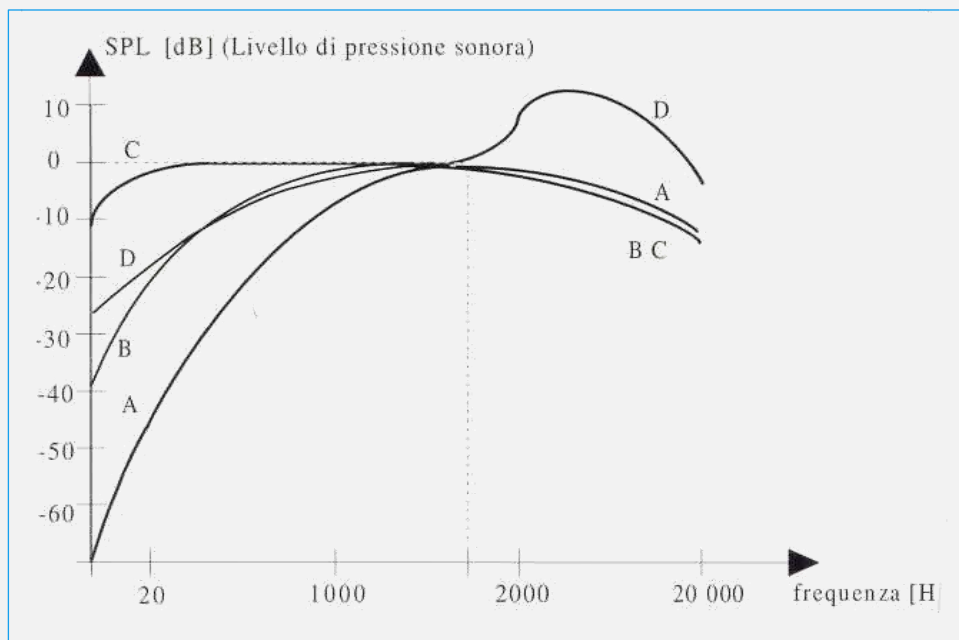


Curva A: Curva isophonica 40 phon rovesciata, per suoni di livello medio basso - edifici civili.

Curva B: Curva isophonica 70 phon rovesciata, per suoni di livello medio alto - ambienti industriali.

Curva C: Curva isophonica 100 phon rovesciata, per suoni di livello molto elevato.

Curva D: rumore generato dal traffico aereo.

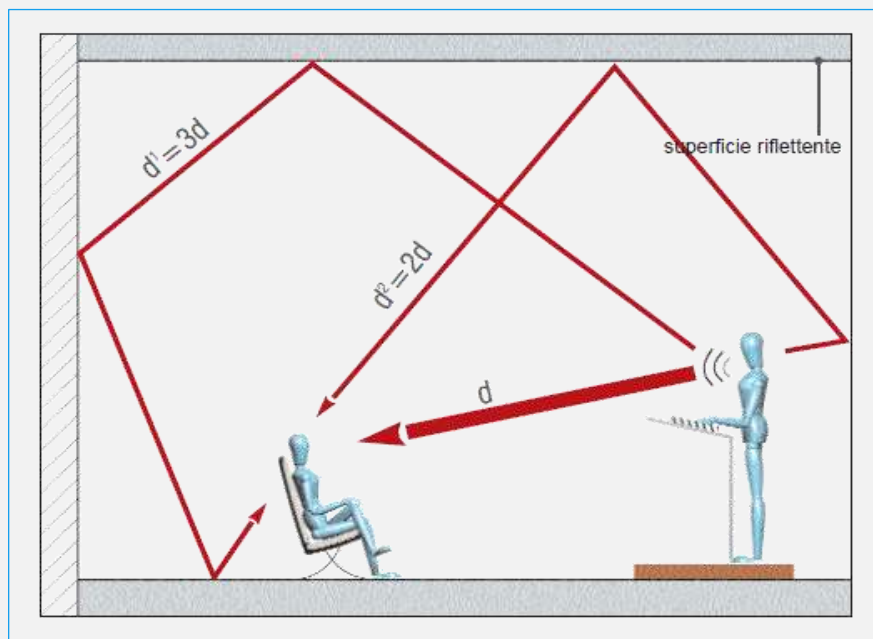


A. GRANDEZZE FISICHE

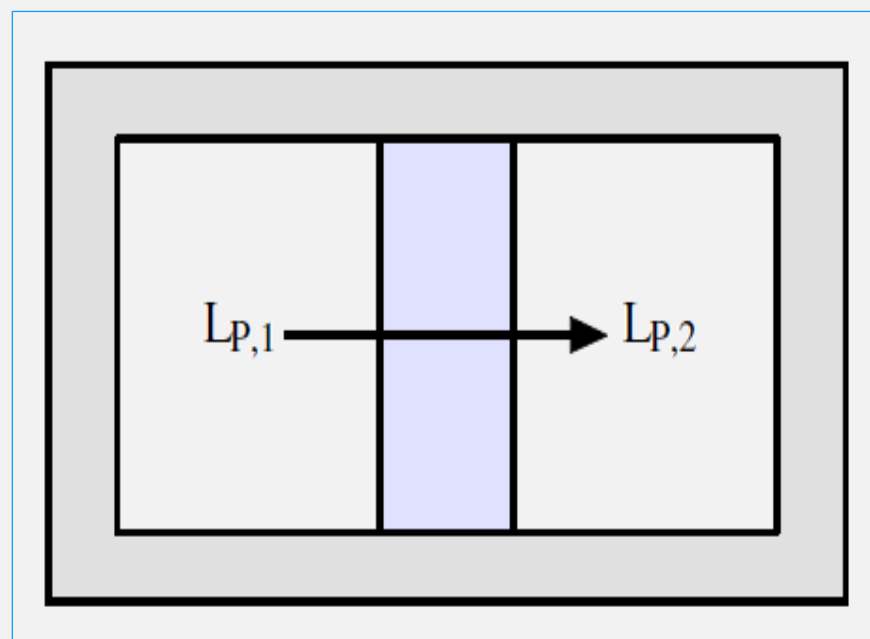
Acustica architettonica – acustica edilizia



Fonoassorbimento



Fonoisolamento



B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA



B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Legislazione



D.P.C.M. 01 MARZO 1991

Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno.



D.L. N. 277 del 15 AGOSTO 1991

Attuazione delle direttive CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizioni ad agenti chimici fisici e biologici durante il lavoro.



L. N. 447 DEL 26 OTTOBRE 1995

Legge Quadro sull'inquinamento acustico.



DECRETO 11 dicembre 1995

Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Legislazione



- **D.P.C.M. del 18 settembre 1997**
Determinazione dei requisiti delle sorgenti sonore nei luoghi di intrattenimento danzante.
- **D.M. del 31 ottobre 1997**
Metodologia di misura del rumore aeroportuale.
- **D.P.C.M. del 14 novembre 1997**
Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.
- **D.P.C.M. del 5 dicembre 1997**
Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Legislazione



- **DECRETO del 16 marzo 1998**
Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico.
- **D.P.C.M. del 31 marzo 1998**
Decreto sul Tecnico competente.
- **D.Lgs. 42 del 17 febbraio 2017**
Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Legislazione



LEGGE 26 OTTOBRE 1995 N. 447

Legge Quadro sull'inquinamento acustico



B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Legge 26 ottobre 1995 n. 447



La legge 447/95 Legge quadro **sull'inquinamento acustico** ha come obiettivo la **limitazione dell'esposizione umana al rumore**, ai sensi dell'art.117 della costituzione, mediante:



a. Controllo dei **limiti di emissione** sonora delle sorgenti di rumore esterne legate alle attività antropiche (traffico veicolare, attività ricreative, ecc.), e sorgenti puntuali in genere.



b. Controllo dei **limiti di emissione** sonora delle sorgenti di rumore interne agli edifici: impianti (idrico-sanitario, ascensori, ecc.).



c. Prestazioni minime **d'isolamento acustico** di partizioni verticali e orizzontali.

Le azioni di cui al punto **a.** attengono al DPCM 14.12.97 mentre i punti **b.** e **c.** attengono al DPCM 5.12.97

Requisiti acustici passivi degli edifici, emanato in attuazione dell'art.3 comma 1 lettera e) della legge 447/95 dove il termine passivo sta a significare che l'azione non è diretta sulla sorgente sonora ma sul ricettore ovvero sulle vie di trasmissione del suono al fine di ridurne gli effetti.

LEGGE QUADRO SULL'INQUINAMENTO ACUSTICO

Art. 2 - Definizioni



Inquinamento acustico art. 2 c .a):

l'introduzione di rumore nell'ambiente abitativo tale da provocare fastidio o disturbo al riposo ed alle attività umane, o pericolo per la salute umana;



Inquinamento abitativo art. 2 c .b):

ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive;

Dove per **rumore** si deve intendere un suono percepito per fastidio, indipendentemente dalla natura dello stesso.

DETERMINAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

Stabilisce i valori limite delle grandezze
che determinano i **REQUISITI ACUSTICI PASSIVI** dei componenti degli edifici
e delle sorgenti sonore interne.

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI

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

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

D.P.C.M. 05/12/1997: descrittori



R'_w : Indice del potere fonoisolante apparente

Rappresenta la differenza di livello sonoro esistente tra due stanze di due unità immobiliari adiacenti e può essere riferito sia ai muri che ai solai.



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

Rappresenta la differenza di livello sonoro esistente tra l'estero e l'interno di un ambiente abitativo.

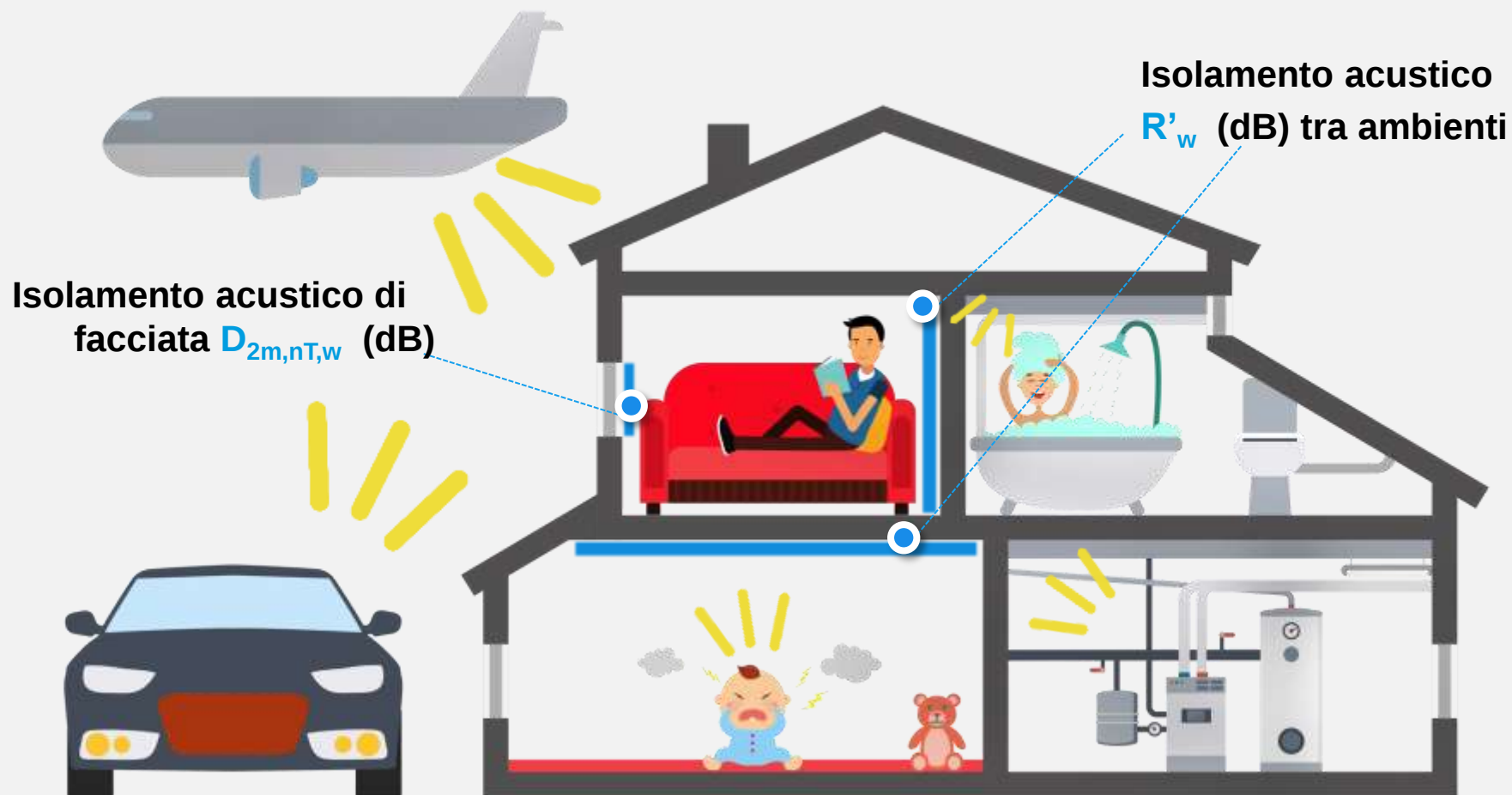


$L'_{n,w}$: Indice del livello del rumore di calpestio

Rappresenta il livello sonoro esistente in un ambiente abitativo quando al piano sovrastante, viene azionato un dispositivo che genera 10 colpi con dei martelletti da 0,5 kg.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

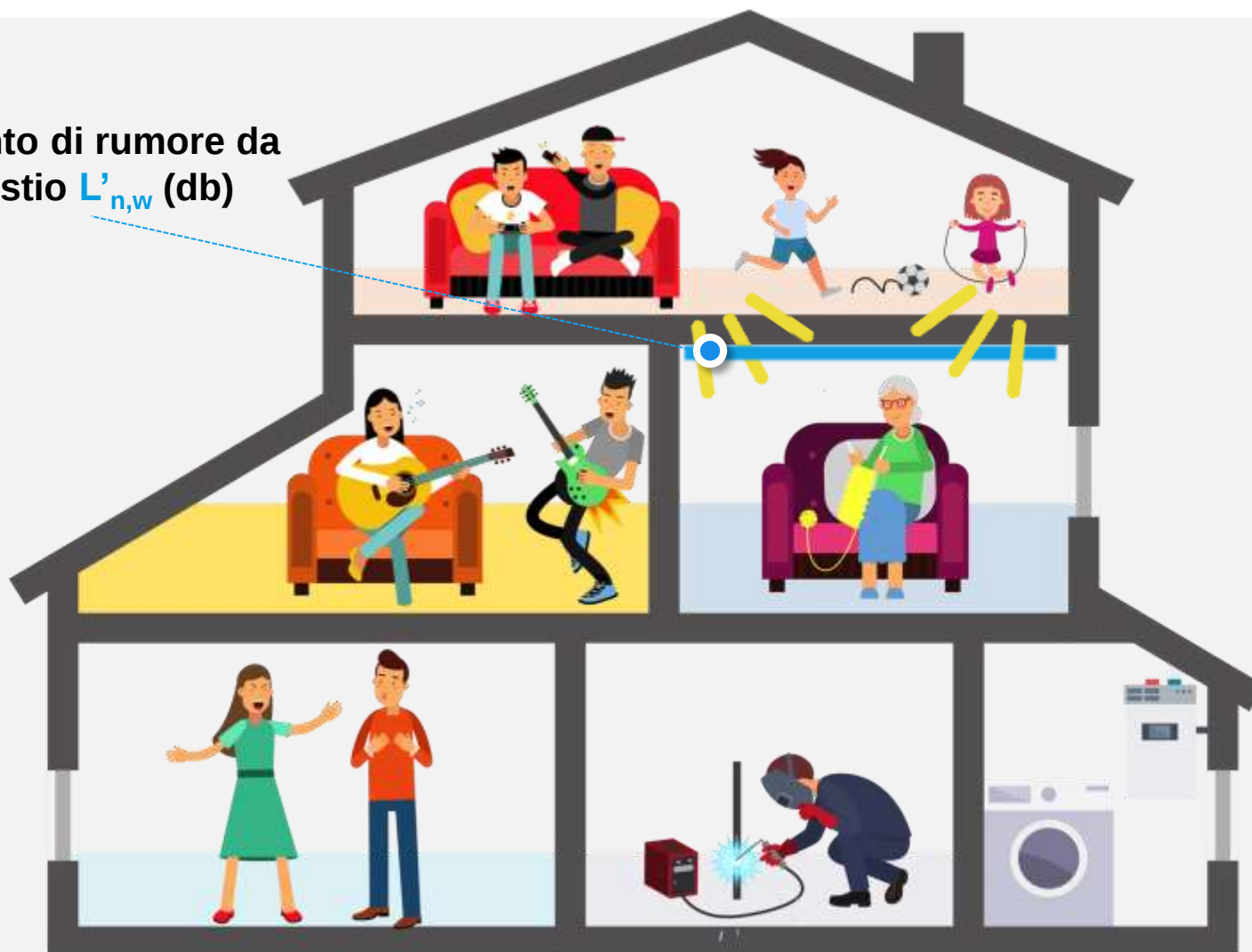
Isolamento dai rumori aerei



B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Isolamento dai strutturali

Isolamento di rumore da
calpestio $L'_{n,w}$ (db)



B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

D.P.C.M. 05/12/1997: descrittori



$L_{AS,max}$: Rumore degli impianti a funzionamento discontinuo

Rappresenta il valore MASSIMO del livello sonoro misurabile con la curva di ponderazione «A» e costante di tempo Slow in un ambiente diverso da quello in cui il rumore viene originato.

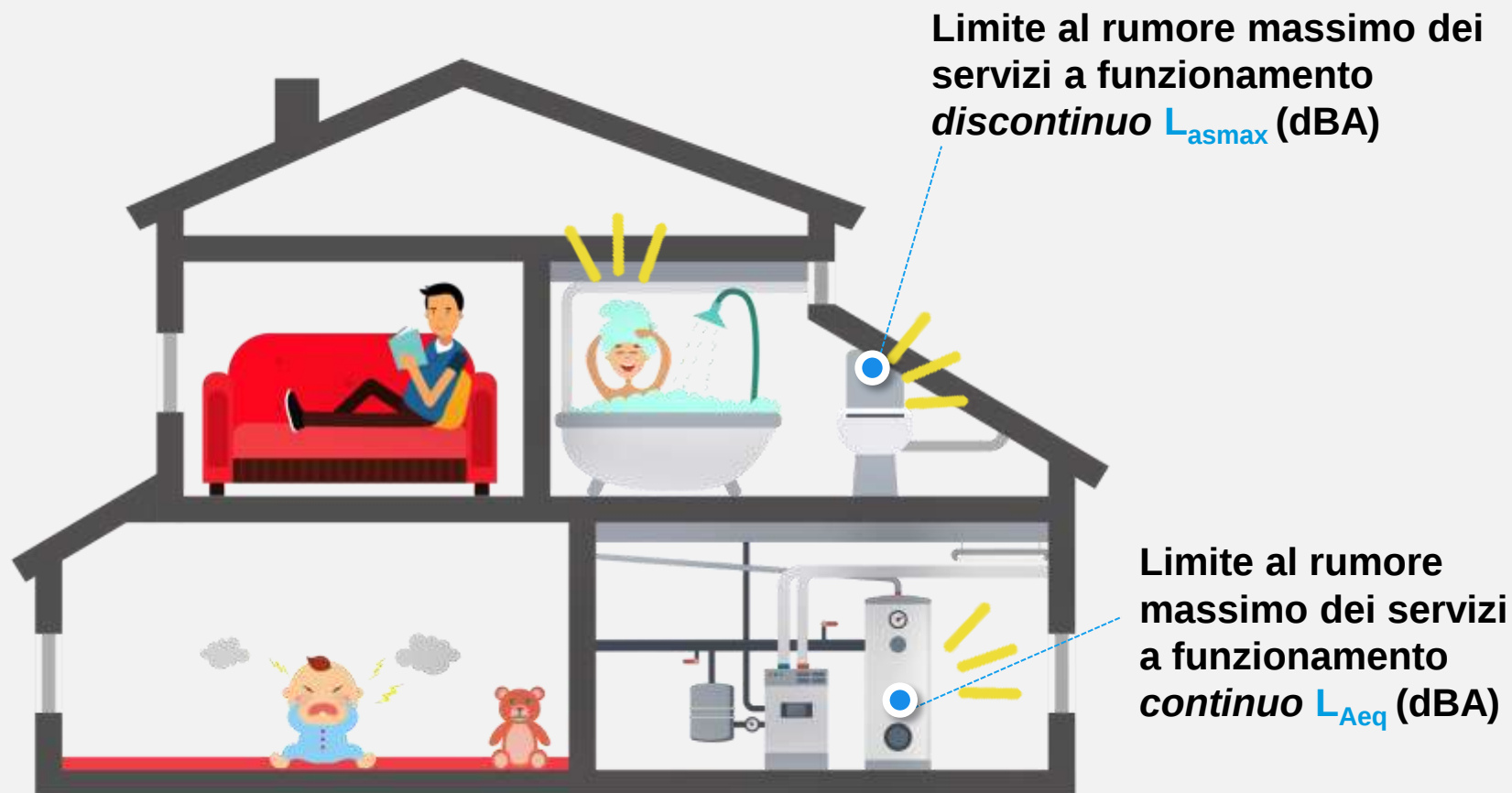


L_{Aeq} : Rumore degli impianti a funzionamento continuo

Rappresenta il valore MEDIO del livello sonoro misurabile in un ambiente diverso da quello in cui rumore viene originato.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Rumorosità degli impianti



B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

D.P.C.M. 05/12/1997: requisiti



“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

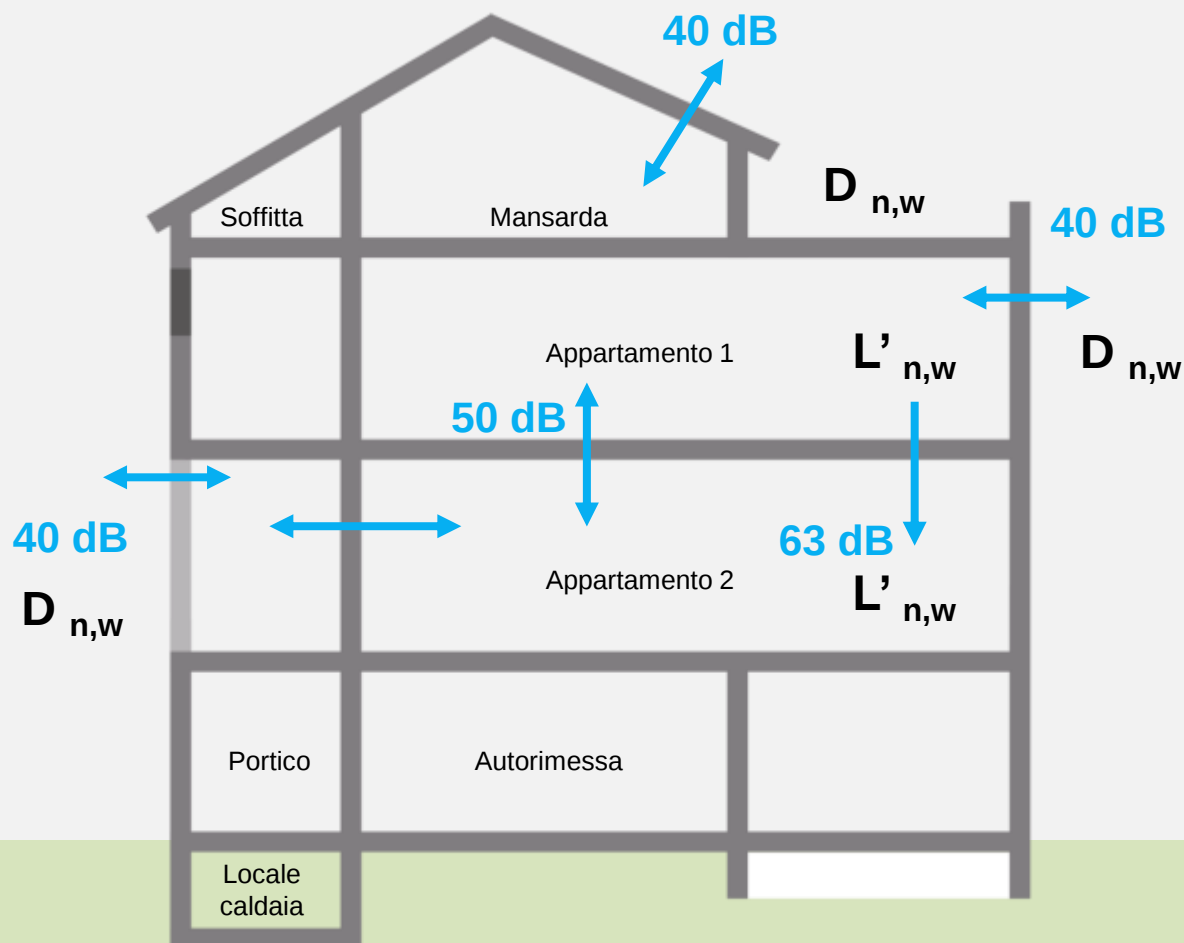
TABELLA B VALORI LIMITE	MINIMI		MASSIMI		
Categorie	R'_w dB minimo	$D_{2m,nT,w}$ dB minimo	$L'_{n,w}$ dB max	$L_{A,max}$ dBA max	L_{Aeq} dBA max
A, C Residenze, alberghi, pensioni e assimilabili	50	40	63	35	35
E Scuole e simili	50	48	58	35	25
D Ospedali, cliniche, case di cura e simili	55	45	58	35	25
B, F, G Uffici, locali per attività ricreative, di culto, di commercio o simili	50	42	55	35	35

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

D.P.C.M. 05/12/1997: obiettivi di qualità



ESEMPIO PER UN EDIFICIO RESIDENZIALE:



B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

D.P.C.M. 05/12/1997



“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

Il DPCM 5 dicembre 1997 è in vigore dal [22 febbraio 1998](#).

Nelle materie attribuite alla legislazione delle Regioni fino a quando la Regione non abbia fatto uso della propria potestà legislativa, si applica nel suo territorio la legislazione statale in materia.

Da ciò discende la [“diretta applicabilità”](#) del D.P.C.M. 5/12/1997.

Il rispetto dei requisiti acustici passivi potrà essere ottenuto rispettando le prescrizioni normative in *fase di progettazione* dell’edificio, durante *l’esecuzione* dello stesso ed infine nella *fase di collaudo*.

FASE DI PROGETTAZIONE

➤ In fase di progettazione è necessario eseguire un'analisi della destinazione d'uso del fabbricato, della tipologia costruttiva e della localizzazione degli impianti di servizio all'edificio; è necessario utilizzare [soluzioni costruttive basate su elementi certificati](#) in laboratorio secondo le norme serie UNI EN ISO 10140*.

Va eseguita infine una verifica della progettazione con il metodo definito nelle norme serie UNI EN ISO 12354.

* Le UNI EN ISO 10140 hanno sostituito le norme per le misure in laboratorio della serie UNI EN ISO 140. La procedura di misura resta sostanzialmente invariata. Pertanto i certificati elaborati secondo la vecchia normativa sono ancora utilizzabili per i calcoli previsionali di acustica edilizia.

FASE DI ESECUZIONE

- In fase di esecuzione, occorre effettuare un **controllo scrupoloso della posa in opera**, correggendo immediatamente eventuali ponti acustici che potrebbero verificarsi.

FASE DI COLLAUDO

- **Verificare le prestazioni** mediante la valutazione in opera del potere fonoisolante, del livello di rumore da calpestio e dell'isolamento acustico di facciata secondo le prescrizioni delle norme UNI EN ISO 16283.

Le UNI EN ISO 16283 hanno sostituito le norme serie UNI EN ISO 140 (4-5-7-14) per le misure in opera.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

D.M. 11/10/2017: C.A.M.



Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

2.3.5.6 COMFORT ACUSTICO

I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi delle norme UNI 11367. Gli ospedali, le case di cura e le scuole devono soddisfare il livello di «prestazione superiore» riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A della [norma 11367](#). Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come «prestazione buona» nel prospetto B.1 dell'appendice B alla norma UNI 11367.

Gli ambienti interni devono essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella [norma UNI 11532](#). I descrittori acustici da utilizzare sono: quelli definiti nella UNI 11367 per i requisiti acustici passivi delle unità immobiliari; almeno il tempo di riverberazione e lo STI per l'acustica interna agli ambienti di cui alla UNI 11532.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

Serie UNI EN ISO 12354: norme per i calcoli



UNI EN ISO 12354: 2017

Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti

Parte 1: Isolamento del 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

Parte 4: Trasmissione del rumore interno all'esterno

Parte 5*: Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici

Parte 6:** Assorbimento acustico in ambienti chiusi

*edizione del 2009, da revisionare ** edizione del 2006 da revisionare

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI TR 11175*: previsione delle prestazioni acustiche degli edifici



*Attualmente in fase di revisione anche a seguito della pubblicazione delle nuove 12354.

Documento contenuto nel prodotto ACUSTICA IN EDILIZIA edizione 2010.

E' vietato l'uso in rete del singolo documento e la sua riproduzione. E' autorizzata la stampa per uso interno.

RAPPORTO TECNICO	Acustica in edilizia Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale	UNI/TR 11175
		NOVEMBRE 2005
	Building acoustics Guideline to the standards UNI EN 12354 for the estimate of the acoustic performance of buildings Application to the national building types	Corretta il 20 maggio 2010
	Il rapporto tecnico fornisce modelli semplificati di calcolo e soluzioni tecniche costruttive per una corretta qualificazione acustica di un edificio nel suo complesso. Le prestazioni acustiche di un edificio sono espresse in termini di isolamento, trasmissione e assorbimento dei rumori nonché di livelli e potenze sonore. Il rapporto tecnico si applica ad abitazioni costituite da appartamenti in edifici multipiano e ad ogni altra situazione ad essi facilmente riconducibile.	

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI 11367: Classificazione acustica delle Unità immobiliari



NORMA ITALIANA	Acustica in edilizia Classificazione acustica delle unità immobiliari Procedura di valutazione e verifica in opera	UNI 11367
		LUGLIO 2010

INTRODUZIONE:

La classificazione acustica di un'unità immobiliare, **basata su misure effettuate al termine dell'opera**, consente di informare i futuri utenti sulle caratteristiche acustiche della stessa.... (omissis)

È opportuno che la progettazione dei requisiti acustici, i controlli in corso d'opera e le misurazioni strumentali vengano eseguiti da tecnici con adeguata competenza in acustica edilizia.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI 11367: Classificazione acustica delle Unità immobiliari



Nella classificazione acustica delle unità immobiliari oltre al valore globale vanno sempre indicati gli indici per i singoli requisiti.

I requisiti che devono essere verificati sono:

- A. indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata; ➤ $D_{2m,nT,w}$
- B. indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra differenti unità immobiliari; ➤ R'_w
- C. indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti e/o adiacenti appartenenti a differenti unità immobiliari; ➤ L'_{nw}
- D. livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo; ➤ L_{ic}
- E. livello sonoro immesso da impianti a funzionamento discontinuo; ➤ L_{id}

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI 11367: Tabella Classi Prestazionali



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

Qualora un requisito abbia un indice inferiore rispetto a quello della classe IV, esso si considera non classificabile e viene indicato con l'acronimo NC.

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI 11367: Tabella Classi Prestazionali



Nell'edilizia alberghiera si considerano anche i seguenti requisiti:

Classe	Classificazione acustica e Indici di valutazione di unità immobiliari in funzione dei requisiti prestazionali			
	f) Isolamento acustico norma- lizzato partizioni verticali e orizzontali fra enti della stessa unità immobiliare		g) Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti della stessa unità immobiliare	
	$D_{oT,w}$	dB	L'_{nw}	dB
I	≥ 56		≤ 53	
II	≥ 53		≤ 58	
III	≤ 50		≤ 63	
IV	≤ 45		≤ 68	

F. indice di isolamento
acustico normalizzato di
partizioni verticali e
orizzontali fra ambienti della
stessa unità immobiliare;



D_{nTw}

G. indice del livello di
pressione sonora di
calpestio normalizzato fra
ambienti sovrapposti o
affiancati della stessa unità
immobiliare.



L'_{nw}

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI 11367: Tabella Classi Prestazionali



Fanno eccezione a quanto sopra stabilito i seguenti casi:

scuole ed ospedali e altre aventi caratteristiche simili

Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole	Prestazione di base	Prestazione superiore
Isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w [dB]	50	56
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw} [dB]	63	53
Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo, L'_{ie} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L'_{id} in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Isolamento acustico normalizzato di partizioni i fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw} [dB]	63	53

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI 11367: Tabella Classi Prestazionali



ESEMPIO CLASSIFICHE

classe	I	II	III	IV	Prestazioni fino a 5 dB peggiori rispetto alla classe IV	Prestazioni per più di 5 dB peggiori rispetto alla classe IV
coefficiente Z	1	2	3	4	5	10

Requisito	Valore	Classe
isolamento facciata	35,6	IV
isolamento tra distinte unità immobiliari	51,2	III
calpestio fra distinte unità immobiliari	57,6	II
impianti a funzionamento continuo	33,5	IV
impianti a funzionamento discontinuo	43,5	IV

Classe	Classificazione acustica e Indici di valutazione di unità immobiliari in funzione dei requisiti prestazionali				
	a)	b)	c)	d)	e)
	Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2n,nT,w}$	Potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari R'_{w} dB	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw} dB	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{w} dB(A)	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_{d} dB(A)
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA

UNI 11367: Tabella Classi Prestazionali



ESEMPIO CLASSIFICHE

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

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

B. LEGISLAZIONE E NORMATIVA



UNI 11532*: caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati

***Attualmente in fase di revisione anche a seguito della pubblicazione dei CAM.**

NORMA ITALIANA	Acustica in edilizia Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati	UNI 11532
		APRILE 2014



UNI 11532-1:2018

“Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati
Metodi di progettazione e tecniche di valutazione
Parte 1: Requisiti generali”



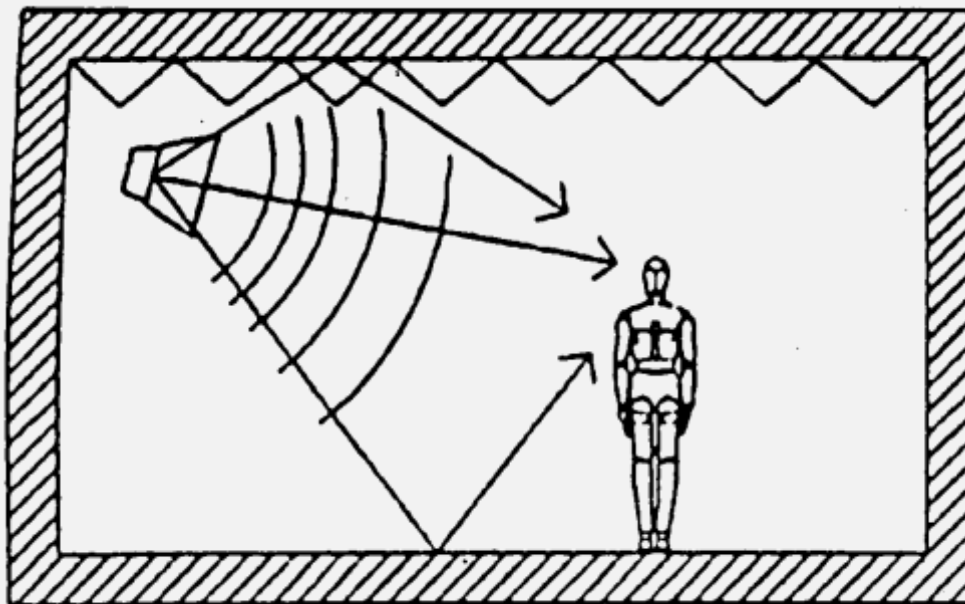
UNI 11532-2: (in fase di stesura)

“Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati
Metodi di progettazione e tecniche di valutazione
Parte 2: Settore scolastico”

C. PROPAGAZIONE DELL'ENERGIA SONORA



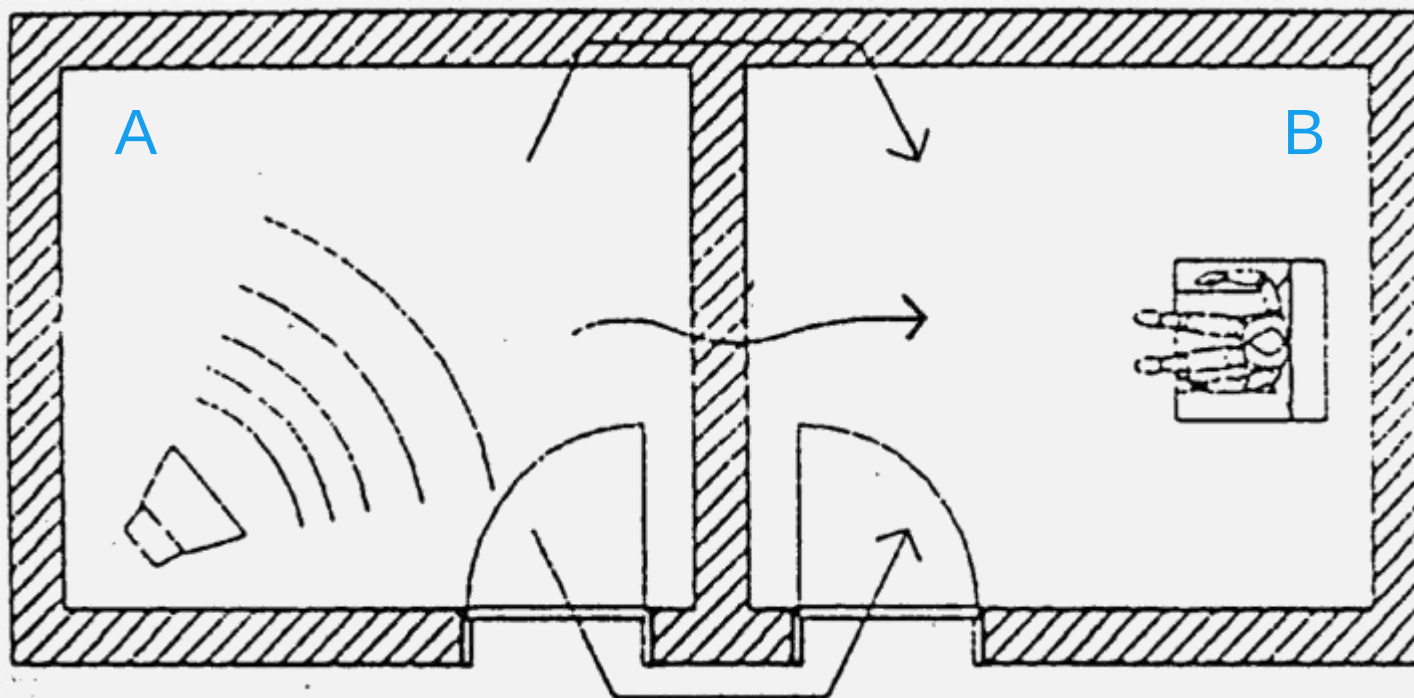
PER VIA AEREA DIRETTA (Assorbimento Acustico)



C. PROPAGAZIONE DELL'ENERGIA SONORA



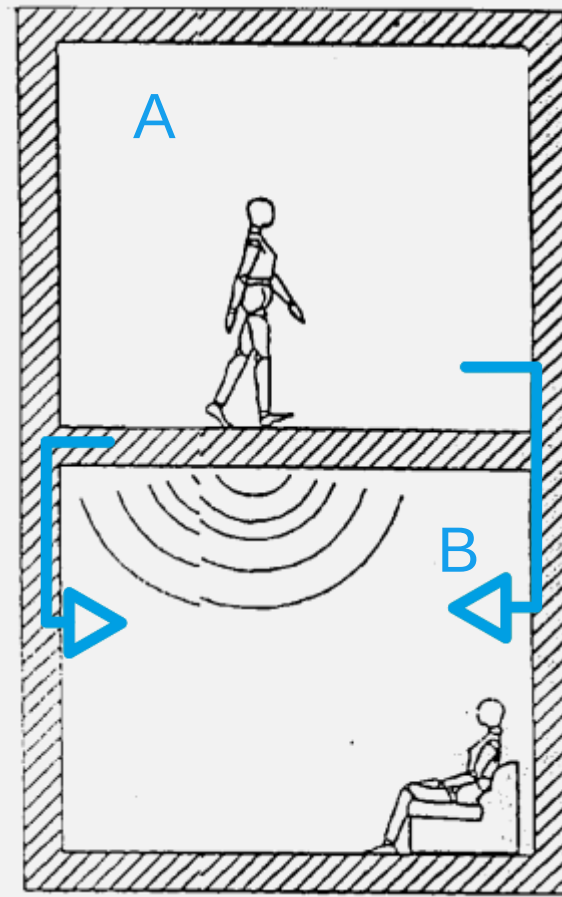
PER VIA AEREA INDIRECTA (Assorbimento Acustico)



A - Locale disturbante

B - Locale disturbato

PER VIA STRUTTURALE - INDIRECTA



D. POTERE FONOISOLANTE

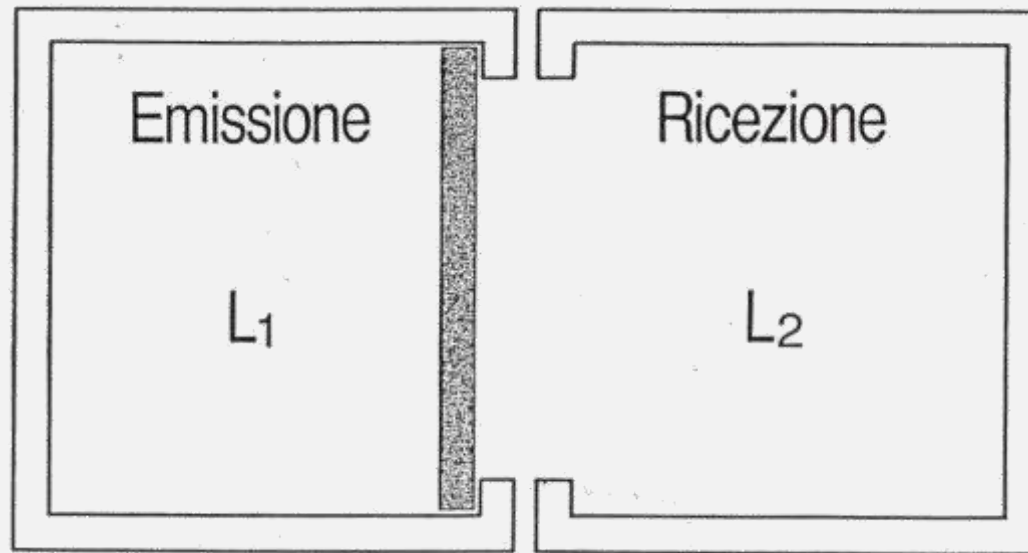


D. POTERE FONOISOLANTE

Prova in laboratorio



R = MISURA DI LABORATORIO UNI EN ISO 10140-2



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

DOVE:

L_1 = livello sonoro misurato in laboratorio nel locale di Emissione

L_2 = livello sonoro misurato in laboratorio nel locale di Ricezione

$A = S / \alpha_i$ S_i del locale 2 di ricezione [m^2]

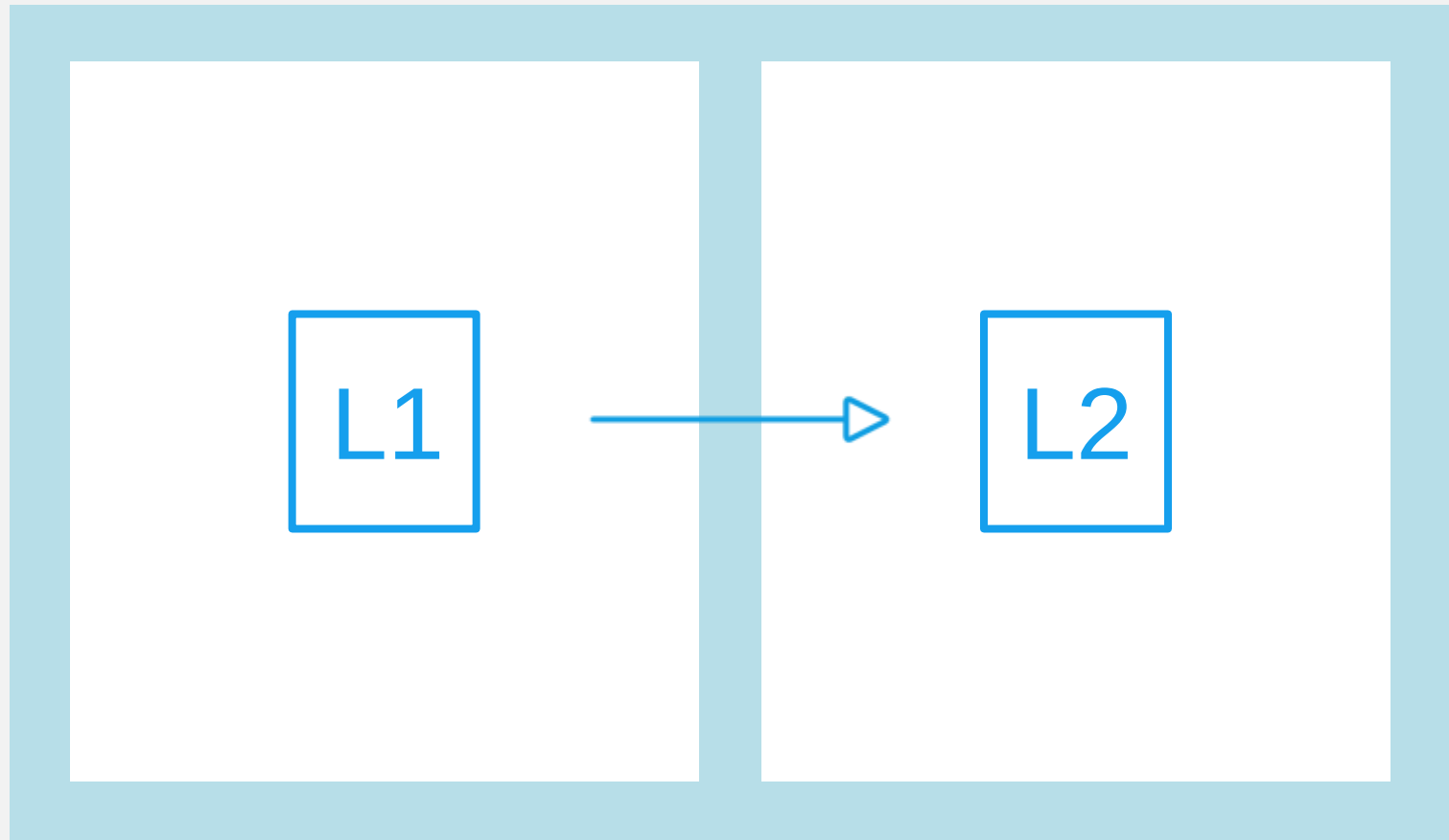
S = superficie dell'elemento considerato [m^2]

D. POTERE FONOISOLANTE

Prova in laboratorio



R_w = MISURA DI LABORATORIO

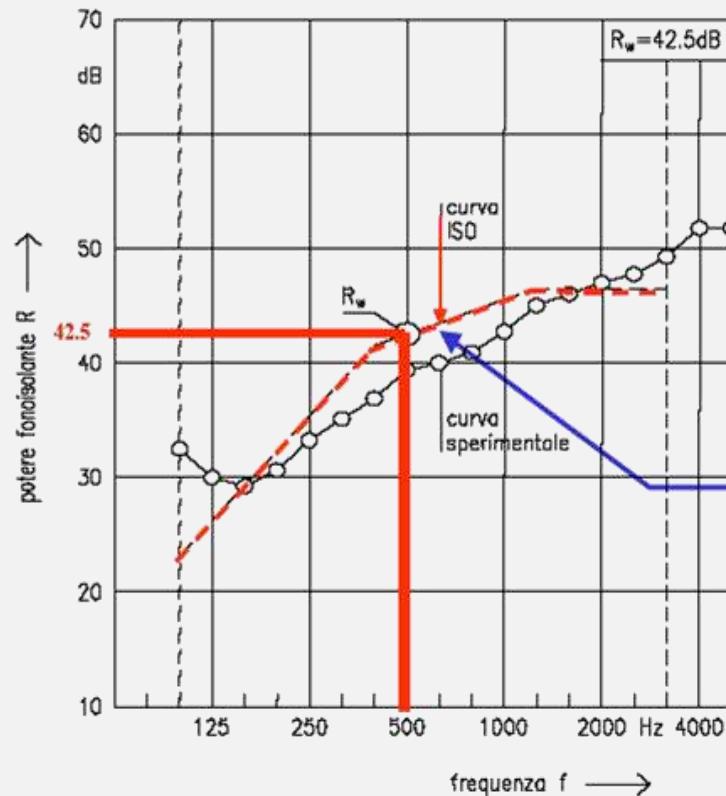


D. POTERE FONOISOLANTE

Calcolo indice



Indice di Valutazione del Potere Fonoisolante R_w Secondo UNI ISO 717 parte I



La prestazione acustica è espressa
con un unico numero indice
 $R_w = 42,5 \text{ dB}$

NB. Somma degli scarti negativi $\leq 32 \text{ dB}$

D. POTERE FONOISOLANTE

Coefficienti spettrali



Per considerare i rumori caratterizzati da precise frequenze disturbanti sono stati introdotti i coefficienti di adattamento spettrale:

Per esempio:

$$R_w = 56 \text{ } \overset{\text{C}}{\underset{\text{C}_{tr}}{(-3 / -6)}}$$

“C” si utilizza per caratterizzare l’isolamento della partizione rispetto ai rumori ad alta frequenza:

- Attività umane
- Bambini che giocano
- Traffico ferroviario a velocità media e elevata
- Traffico autostradale > 80 km/h
- Aereo a reazione a breve distanza
- Fabbriche (rumore a frequenza media alta)

“C_{tr}” rispetto a quelli a bassa frequenza:

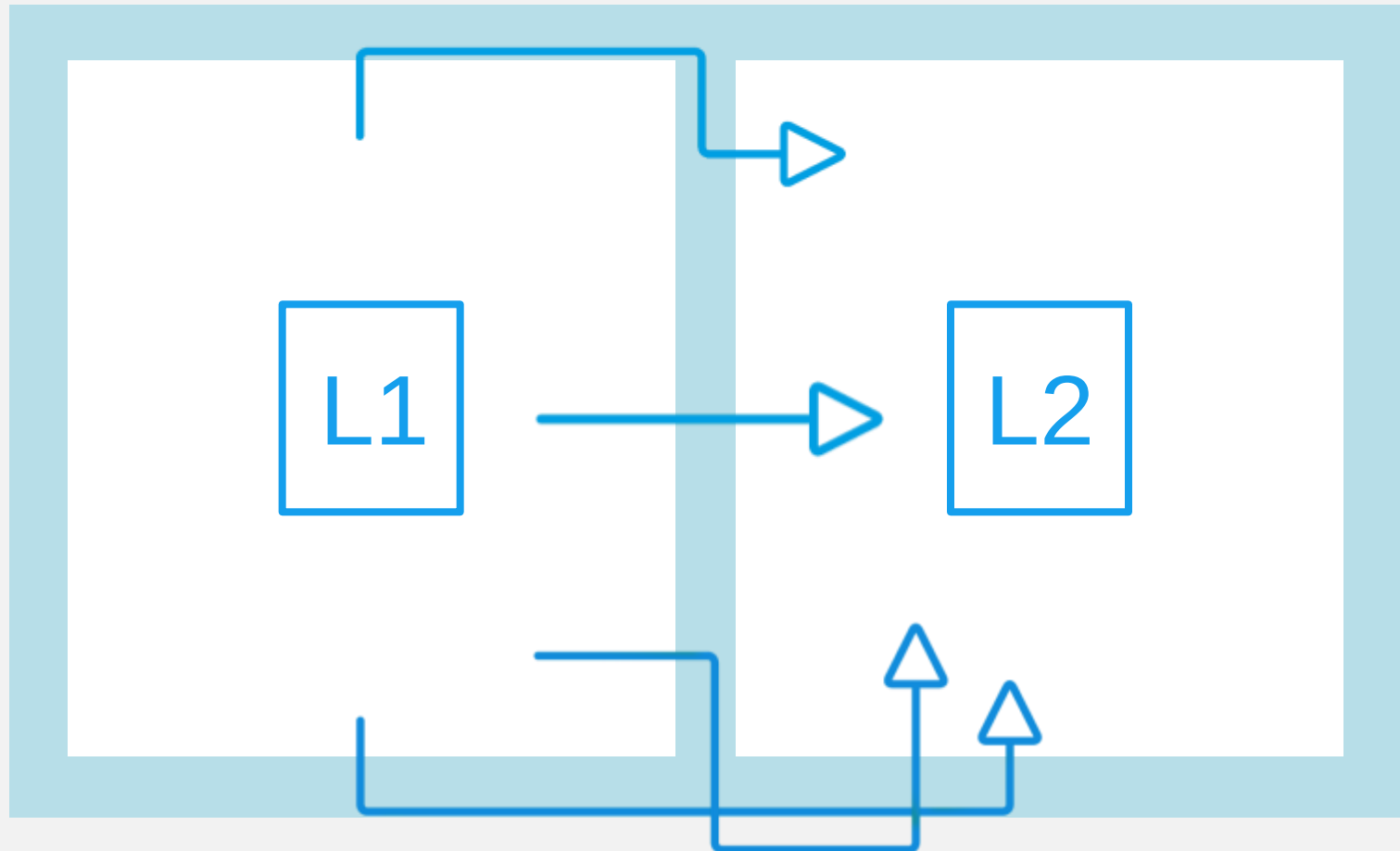
- Traffico stradale urbano
- Traffico ferroviario a basse velocità
- Velivolo a elica
- Aereo a reazione a lunga distanza
- Musica da discoteca
- Fabbriche (rumore a frequenza media bassa)

D. POTERE FONOISOLANTE

Potere fonoisolante apparente



R'_w = MISURA IN OPERA UNI EN ISO 16283-1

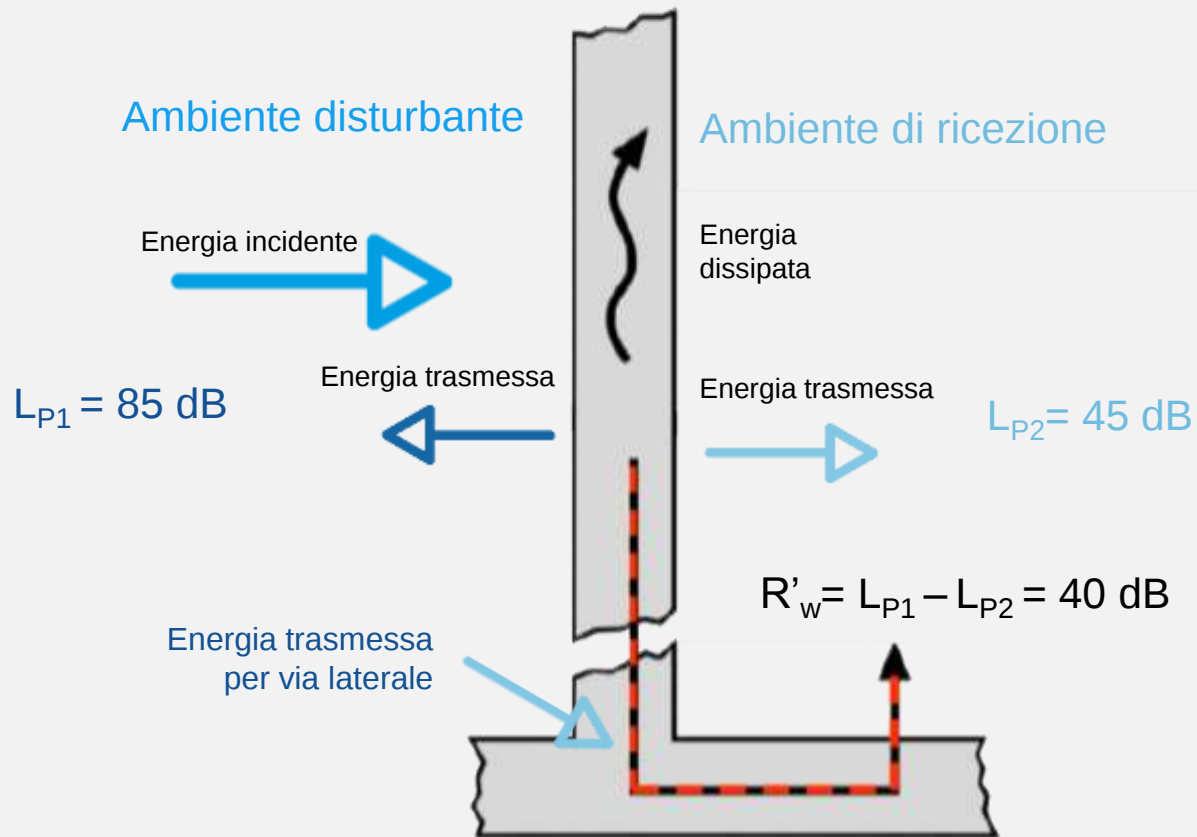


D. POTERE FONOISOLANTE

Trasmissioni laterali



TRASMISSIONE DI RUMORI AEREI



D. POTERE FONOISOLANTE

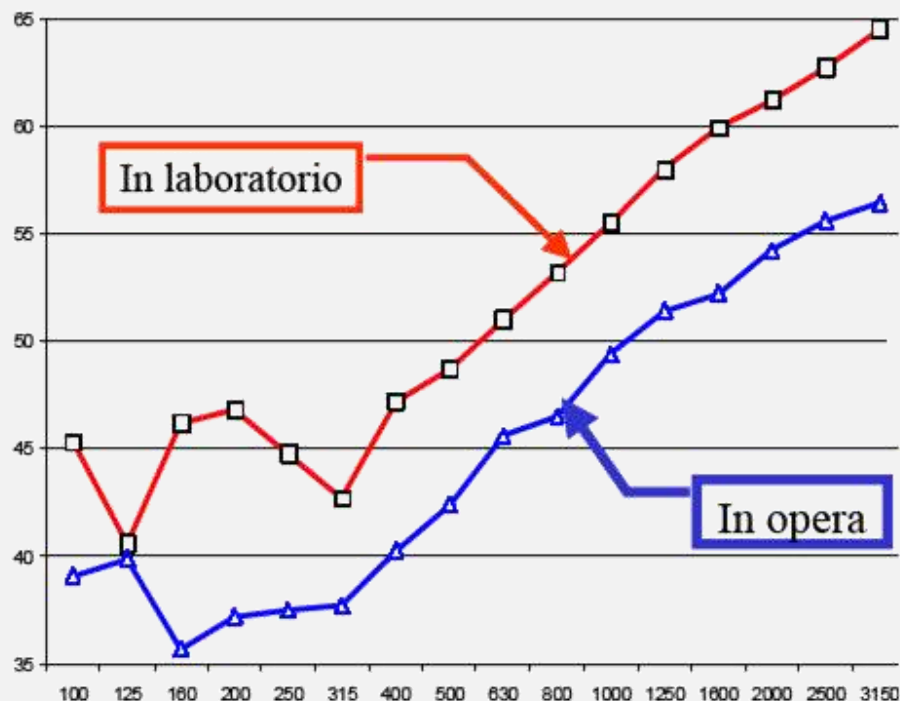
Confronto R_w e R'_w



DIFFERENZA TRA POTERE FONOISOLANTE R E APPARENTE R':

confronto tra dati di **laboratorio** (R) e in **opera** (R')

(parete realizzata con blocchi ad incastro alleggeriti in pasta con tre fori verticali riempiti di malta; intonacata su ambo i lati con 1,5 cm di intonaco)



In pratica occorre richiedere una prestazione certificata di laboratorio R_w superiore di 3-5 decibel al valore richiesto in opera R'_w :

$$R_w \geq R'_w + 3 \div 5$$

E. RUMORI DA IMPATTO



E. RUMORI DA IMPATTO

Strumentazione

MACCHINA GENERATRICE DEL RUMORE DEL CALPESTIO

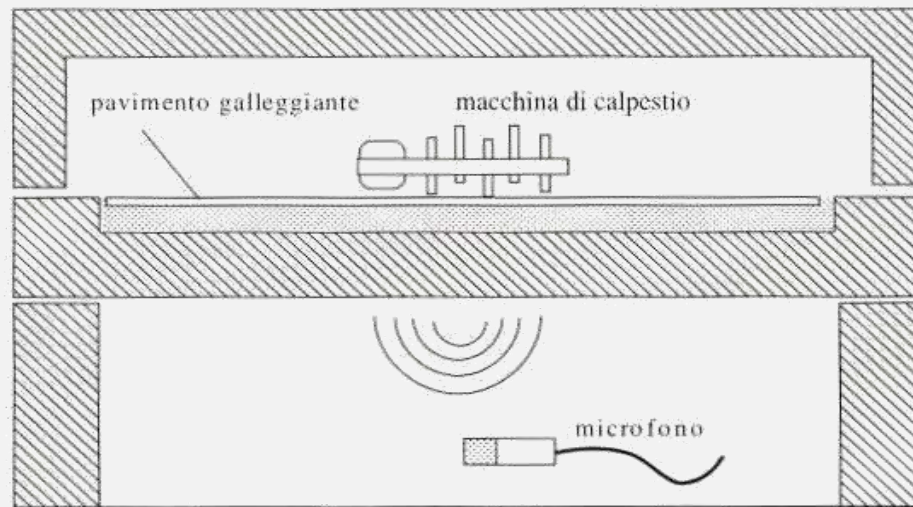


E. RUMORI DA IMPATTO

Livello del rumore di calpestio

L_n = MISURA DI LABORATORIO UNI EN ISO 10140-3

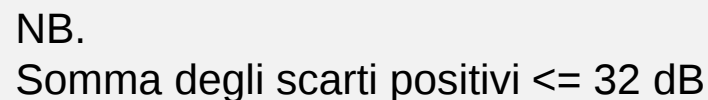
$$L = L - 10 \log A_0/A \quad [\text{dB}]$$



Macchina normalizzata per il calpestio: 5 cilindri di peso 500 g ciascuno che cadono da un'altezza di 4 cm: 10 colpi/s

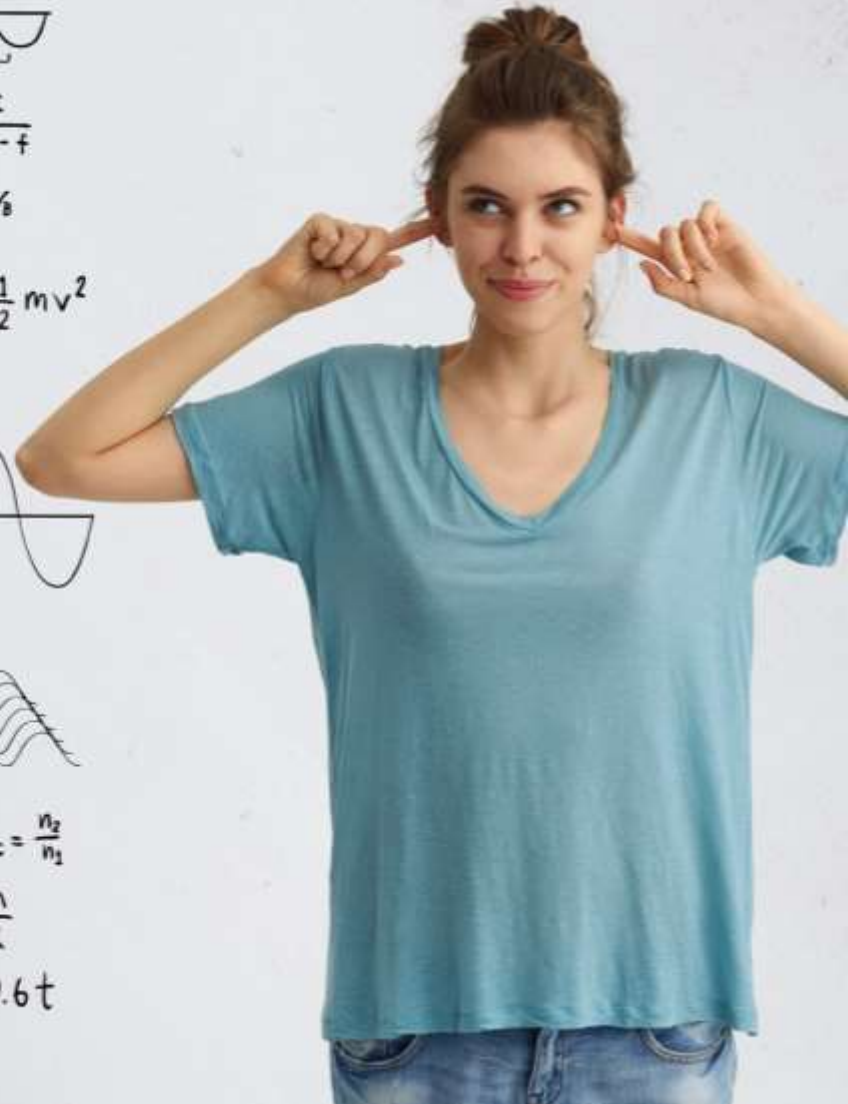
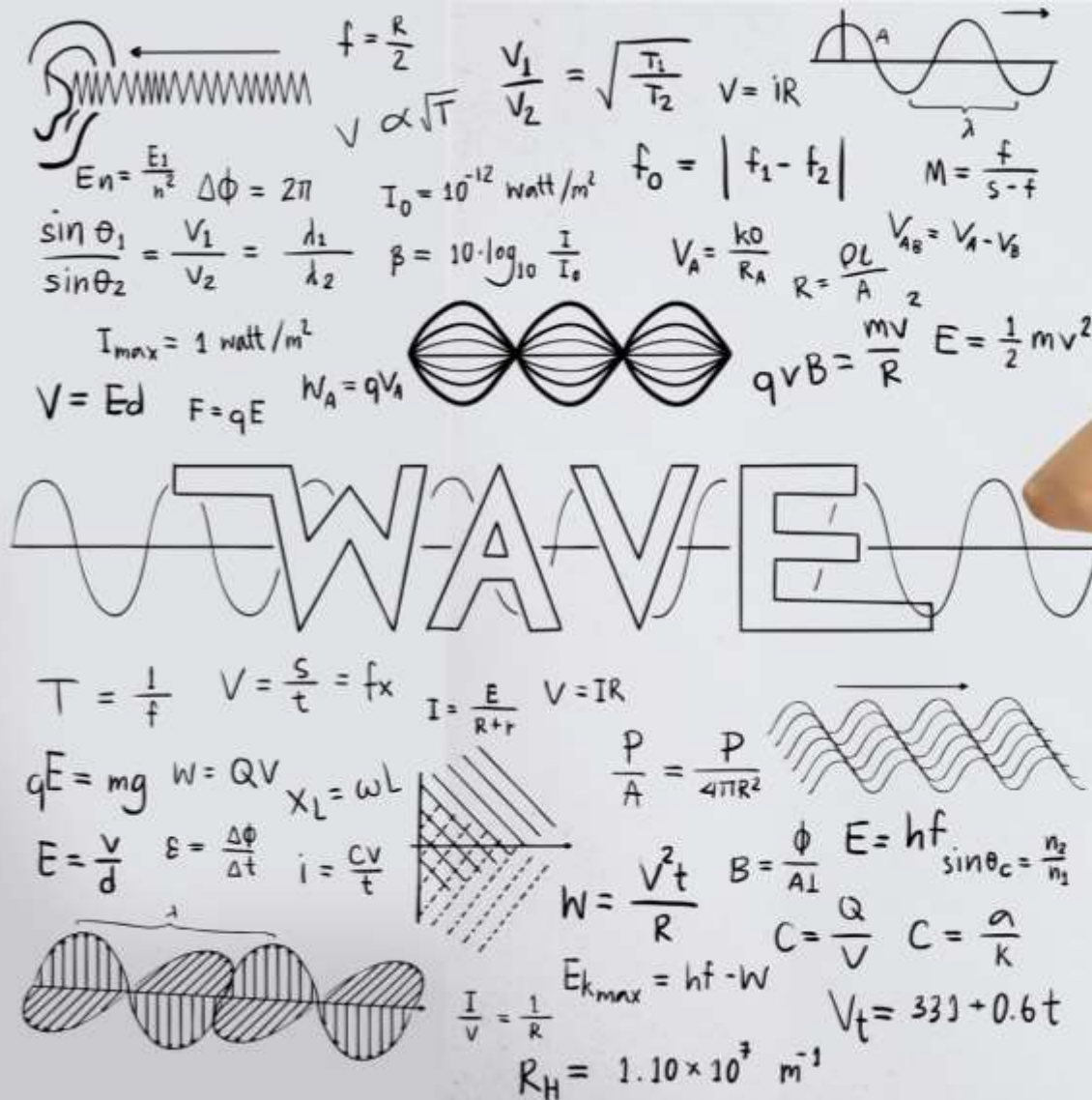
KNAUF

Indice del di rumore di calpestio L_{nW} secondo UNI ISO 717 parte II



In questo esempio la
prestazione acustica è pari a:
 $L'_{pw} = 52$ dB

F. LEGGE DI MASSA

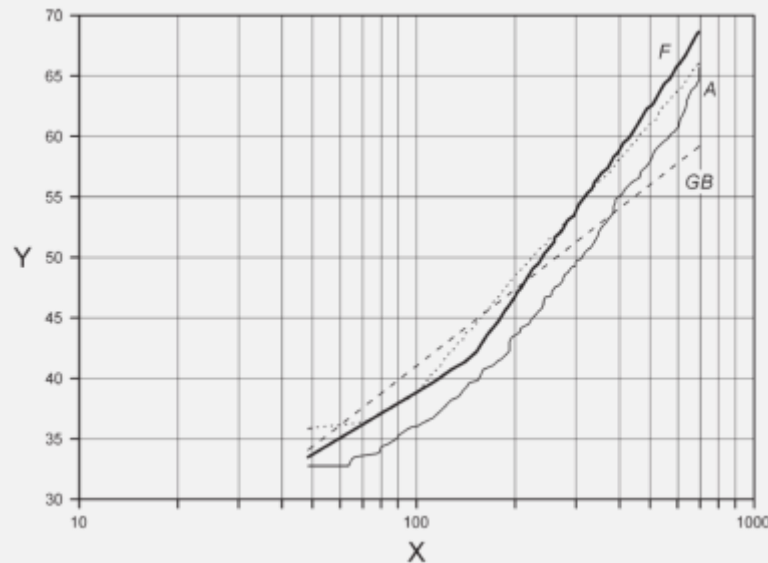


F. LEGGE DI MASSA

Formule di calcolo



**R_w aumenta all'aumentare di:
MASSA [Kg/m²] e FREQUENZA [Hz]**



Dove:

X = Massa superficiale m' [kg/m²]

Y = R_w [dB]

M'_0 = 1 [kg/m²]



$$m' \geq 100 \text{ kg/m}^2 : R_w = 32,4 \lg(m' / m'_0) - 26,0 \text{ dB}$$



$$m' \geq 150 \text{ kg/m}^2 : R_w = 40,0 \lg(m' / m'_0) - 45,0 ; C = -1 \text{ dB}$$



$$m' \geq 50 \text{ kg/m}^2 : R_w = 21,65 \lg(m' / m'_0) - 2,3 \pm 1 \text{ dB}$$



$$m' \geq 80 \text{ kg/m}^2 : R_w = 20,0 \lg(m' / m'_0) \text{ dB}$$

F. LEGGE DI MASSA

Formule di calcolo



R_w differisce da quello teorizzato dalla legge della massa: sia alle bassissime / basse frequenze per effetto della rigidità e della risonanza e sia alle alte frequenze per effetto della coincidenza alla frequenza critica.



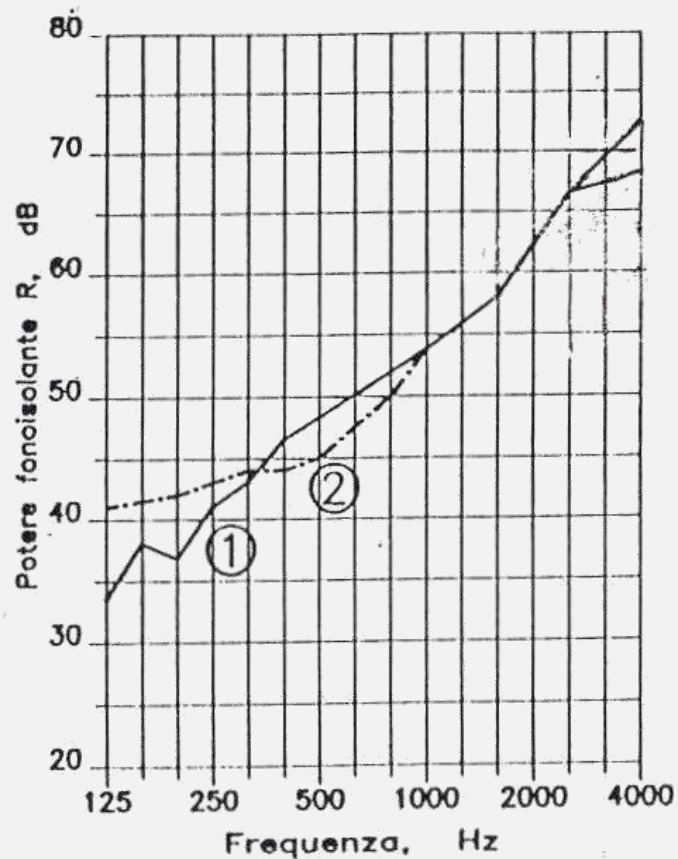
Andamento sperimentale del potere fonoisolante R

F. LEGGE DI MASSA

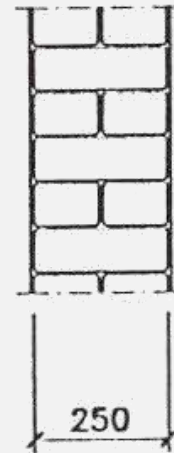
Prove di laboratorio



MATERIALI - PARETI IN LATERIZIO



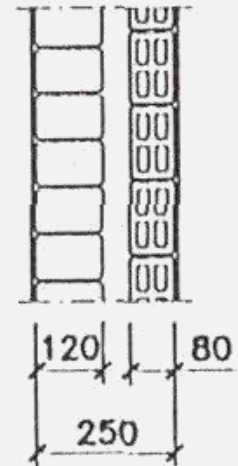
1



$M = 400 \text{ kg/m}^2$

$R = 52 \text{ dB}$

2



$M = 300 \text{ kg/m}^2$

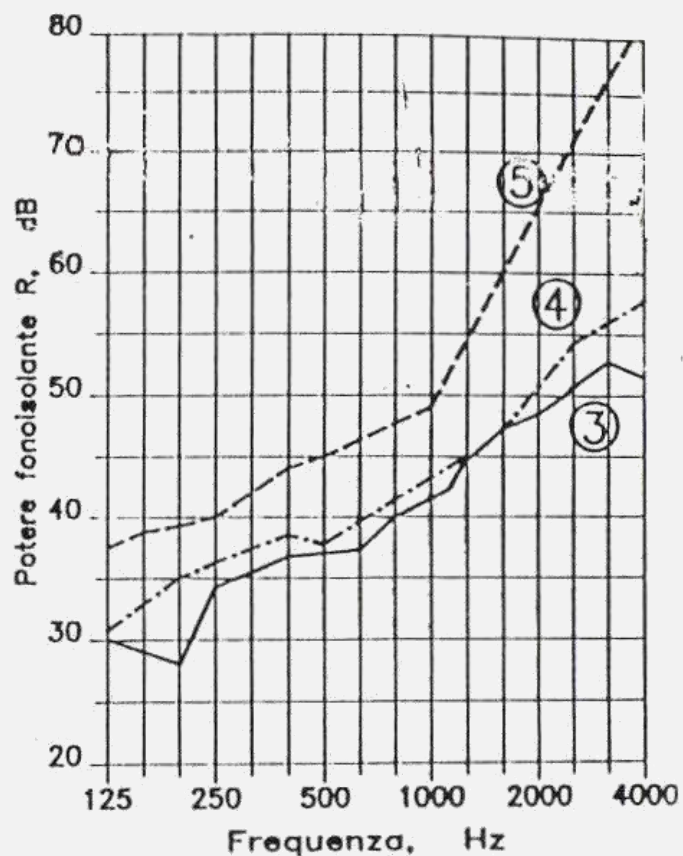
$R = 52 \text{ dB}$

F. LEGGE DI MASSA

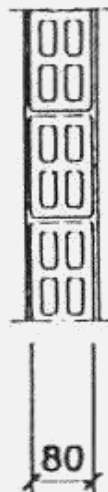
Prove di laboratorio



MATERIALI - PARETI IN LATERIZIO



3



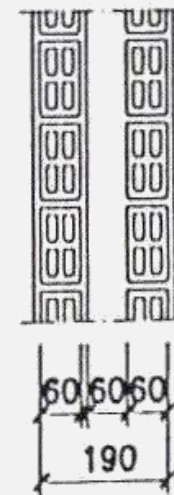
$M = 120 \text{ kg/m}^2$
 $R = 42 \text{ dB}$

4



$M = 150 \text{ kg/m}^2$
 $R = 43 \text{ dB}$

5



$M = 170 \text{ kg/m}^2$
 $R = 50 \text{ dB}$

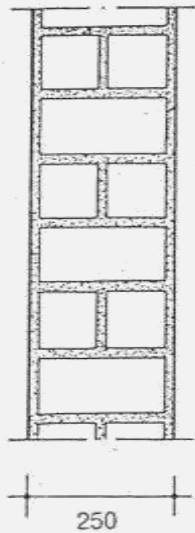
F. LEGGE DI MASSA

Prove di laboratorio



MATERIALI - PARETI A CONFRONTO

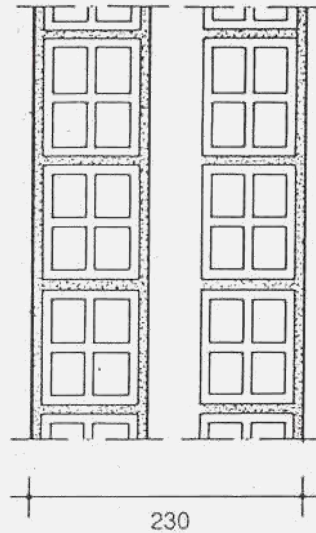
SEMPLICE



M = 400 kg/m²

R = 52 dB

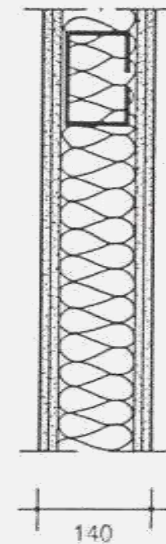
DOPPIA



M = 170 kg/m²

R = 50 dB

A SECCO



M = 46 kg/m²

R = 56 dB

G. PARETI LEGGERE



G. PARETI LEGGERE

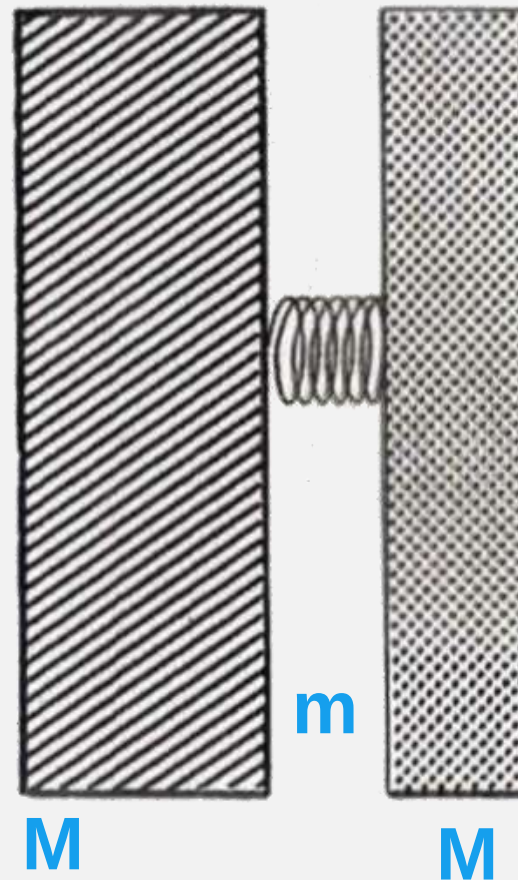
Meccanismo Massa Molla Massa



MODELLO DI PARETE SISTEMA MASSA-MOLLA-MASSA

Le formule, di carattere generale, che esprimono le frequenze di risonanza sono le seguenti:

$$fr = \frac{c}{2\pi \cos\phi} \cdot \sqrt{\frac{mv}{d} \cdot \left(\frac{1}{W_{p1}} + \frac{1}{W_{p2}} \right)}; \quad fs = n \cdot \frac{c}{2d \cos\phi}$$

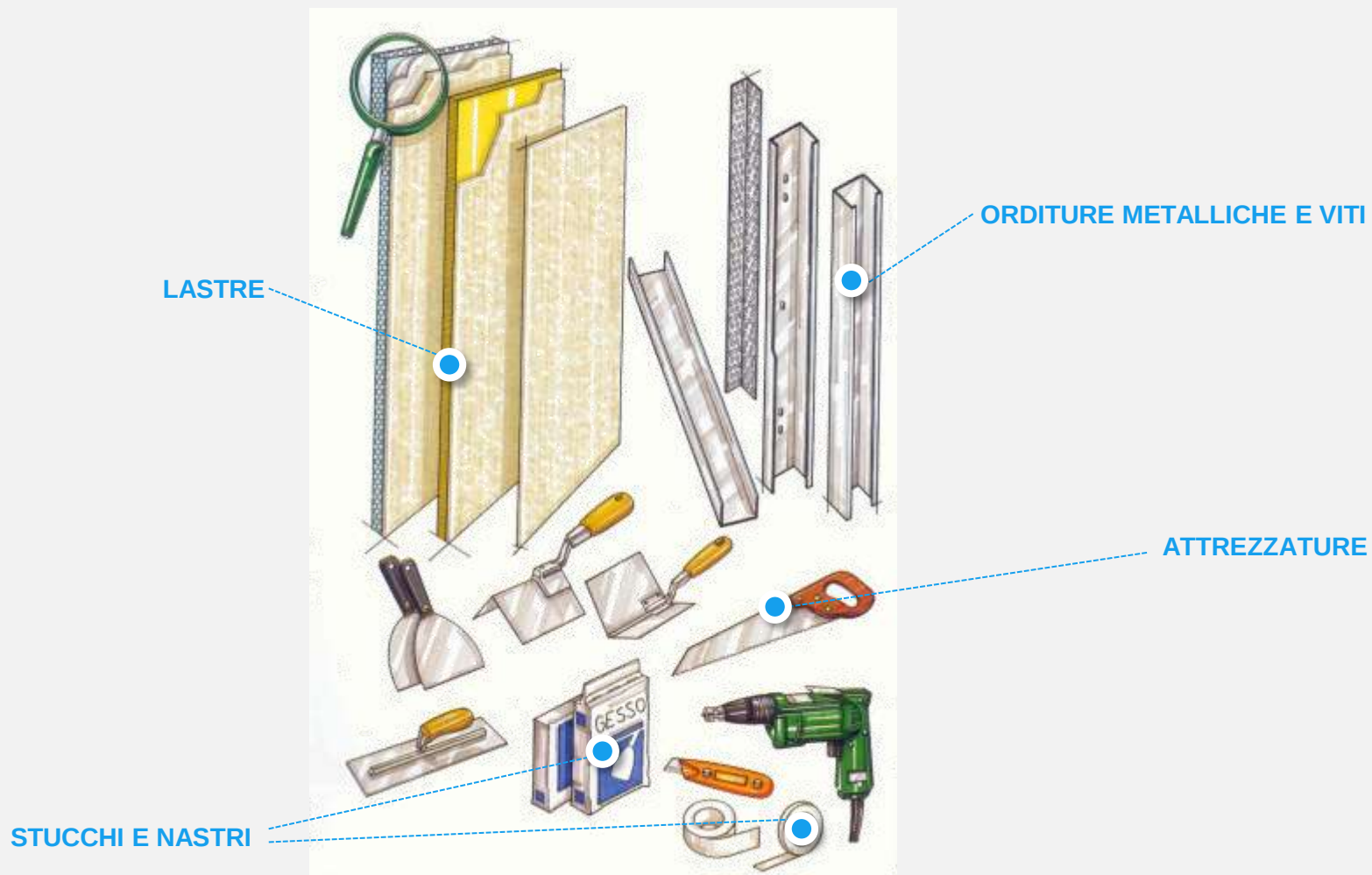


L'effetto di coincidenza nelle pareti dipende essenzialmente dalla frequenza critica del pannello considerato e può essere calcolato con la seguente espressione (UNI 7170):

$$fc = \frac{c^2}{1,8h} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{E}}$$

G. PARETI LEGGERE

Componenti del sistema



G. PARETI LEGGERE

Tipologie lastre



SCELTA DELLE LASTRE

SPESSORI DISPONIBILI: 9,5 mm - 12,5 mm - 15 mm - 18 mm

LASTRE GKB: 8,5 kg/m²

LASTRE GKF- LASTRA KASA : 10 kg/m²

LASTRE DIAMANT: 13,5 kg/m²

LASTRE VIDIWALL: 15 kg/m²

LASTRE SILENTBOARD: 17,5 kg/m²

LASTRE VIDIPHONIC: 17,5 kg/m²

LASTRE AQUAPANEL INDOOR: 15 kg/m²

LASTRE AQUAPANEL OUTDOOR: 16 kg/m²

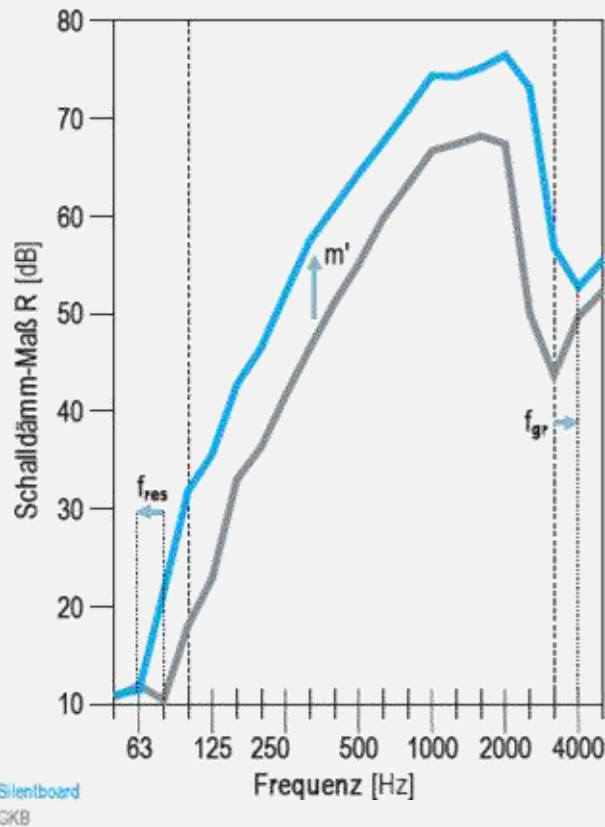


G. PARETI LEGGERE

Comportamento lastre



Confronto in spettro di frequenza tra una lastra standard “GKB” ed una lastra acustica “Silentboard”:

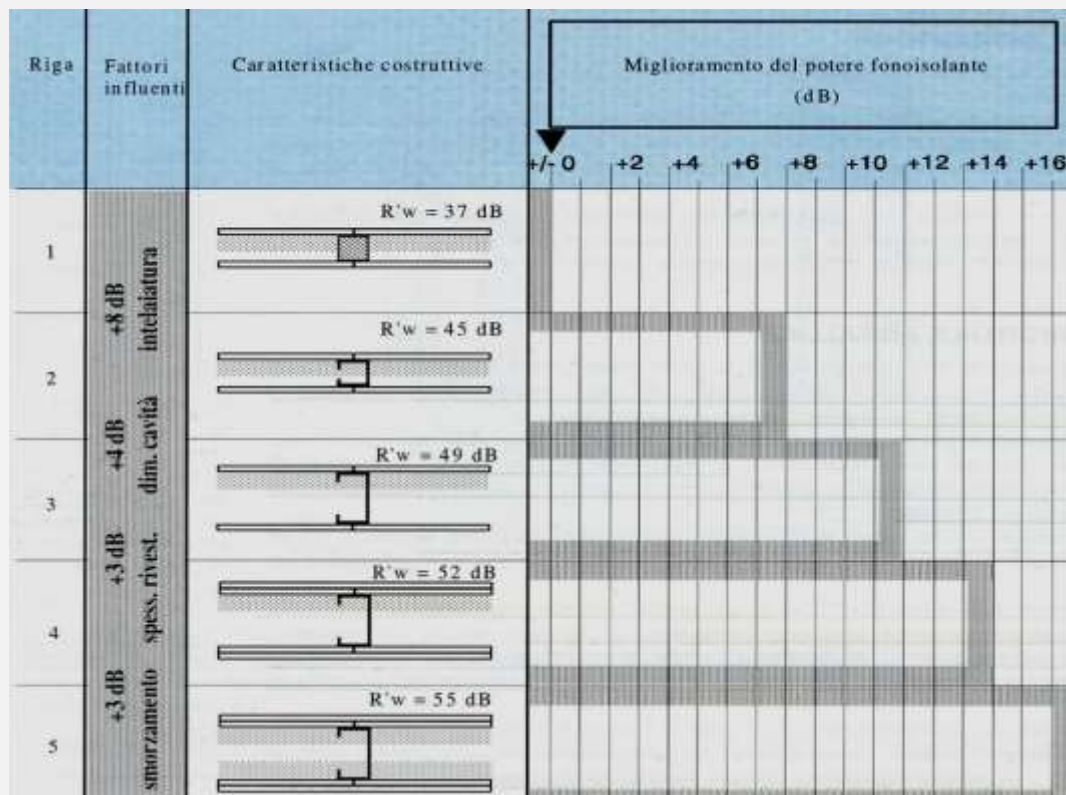


L'aumento dell'isolamento acustico della Silentboard deriva:
dalla maggiore flessibilità (influsso su f_{gr}) e
dalla maggiore massa superficiale (influsso su f_{res})

- f_{gr} e f_{res}
spostamento dal punto di vista acustico
tecnicamente più vantaggioso della
frequenza di coincidenza e della frequenza
 f_{gr} di risonanza f_{res} nei settori non critici
- m'
maggiore massa superficiale 17,5 kg/m²

G. PARETI LEGGERE

Parametri progettuali



ORDITURA

SPESSORE LASTRE e/o N° LASTRE

INTERCAPEDINE

COIBENTAZIONE

G. PARETI LEGGERE

Lastre gesso in rivestito



LASTRA IN GESSO RIVESTITO: GKB; GKF; GKI



PRODOTTO:

Denominazione commerciale: Lastra GKB (A)

Descrizione: lastre in gesso rivestito costituite da un nucleo di gesso le cui superfici e bordi longitudinali sono rivestiti di speciale cartone perfettamente aderente, utilizzabili in tutte le tipologie edilizie per finiture d'interni.

Composizione del nuclei della lastra: $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$

CARATTERISTICHE:

Spessore: 9,5 – 12,5 – 15 – 18 mm

Larghezza: 1200 mm

Peso: 7,8 - 9,5 – 12,5 Kg/m²

Densità: 760 Kg/m³ circa

Bordo: AK

Identificazione: timbro di colore blu

Classe di reazione al fuoco: A2-s1, d0 (B)

Conducibilità termica λ : 0,20 W/mk

Permeabilità al vapore acqueo (EN 10465-2008): 10

Impiego: pareti, contropareti e controsoffitti interni

G. PARETI LEGGERE

Lastre Cleaneo C



ARIA COSTANTEMENTE PURIFICATA

Una buona qualità dell'aria è importante negli edifici, siano essi alloggi, locali professionali o pubblici esercizi.

Un'aria pura riduce lo sviluppo di allergie e offre un'importante sensazione di comfort e benessere.

È dunque importante ottenere la miglior qualità possibile dell'aria dei locali. Knauf Kasa utilizza l'innovativa tecnologia Cleaneo® C frutto della ricerca Knauf, che si basa su un principio attivo che cattura e trasforma, mediante reazione chimica, la formaldeide in elementi inerti. La reazione si innesta in qualsiasi condizione climatica ed esclude la reimmissione nell'aria degli ambienti chiusi delle particelle inquinanti trattenute, evitando il verificarsi di accumulo di agenti inquinanti. Grazie a queste caratteristiche, la lastra Knauf Kasa Cleaneo® C, oltre che in ambito residenziale, è indicata e consigliabile anche in scuole, ospedali e luoghi pubblici in genere e, in particolare, negli edifici che accolgono bambini.

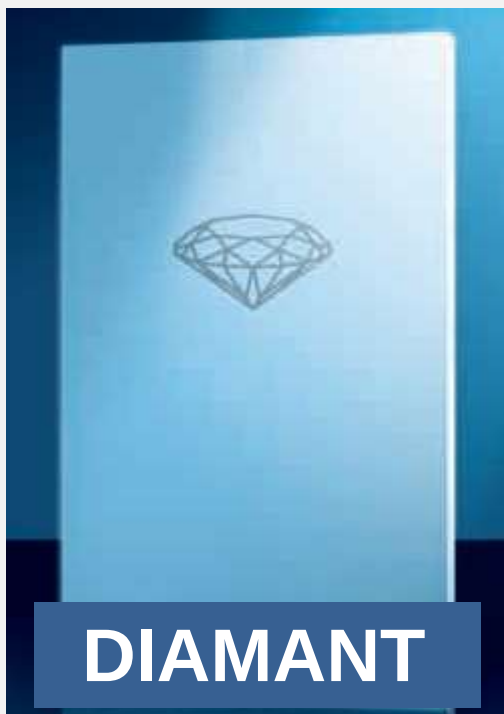


G. PARETI LEGGERE

Lastre Diamant



LASTRA IN GESSO RIVESTITO AD ALTA DENSITÀ DIAMANT



DESCRIZIONE DEL PRODOTTO:

Le lastre Knauf Diamant sono lastre in gesso duro della stessa tipologia delle lastre GKFI conformi alla norma DIN 18180 e delle DFH2IR conformi alla norma DIN EN 520 e consistono di un nucleo di gesso speciale impregnato con un rivestimento in cartone di elevato valore.

CAMPO DI APPLICAZIONE:

Le lastre di Knauf Diamant sono componenti di sistemi a secco di elevato valore e sono adatte per elementi costruttivi dagli alti requisiti prestazionali:

- **Protezione dal fuoco** (qualità di protezione del fuoco GKFI)
- **Protezione acustica** (elevata massa superficiale pieghevole)
- **Alta resistenza meccanica** (elevata durezza e stabilità)
- **Effetto rinforzante del rivestimento** (alta stabilità mediante una densità apparente maggiore)
- **Resistenza all'umidità** (impregnante con materiale speciale conformemente alla norma DIN 18180)

LASTRA IN GESSO FIBRA VIDIWALL



Il GessoFibra Knauf è un materiale costituito da una miscela omogenea di gesso di alta qualità e fibra di cellulosa. L'impasto viene addizionato con acqua e compresso ad alta pressione, in modo da formare lastre resistenti e monolitiche che successivamente vengono essiccate e tagliate nei vari formati.

■ Altissima resistenza

Le lastre in GessoFibra Knauf sono particolarmente resistenti alle sollecitazioni meccaniche e ai carichi più elevati. Inoltre, per l'elevata durezza superficiale e resistenza agli urti, sono consigliate nell'edilizia scolastica, alberghiera e pubblica in genere.

■ Isolamento termoacustico

Le eccezionali prestazioni acustiche sono garantite da numerosi certificati ottenuti attraverso test di laboratorio. Ottimi risultati di isolamento termico si ottengono inoltre progettando correttamente i materiali coibenti da inserire nelle intercapedini.

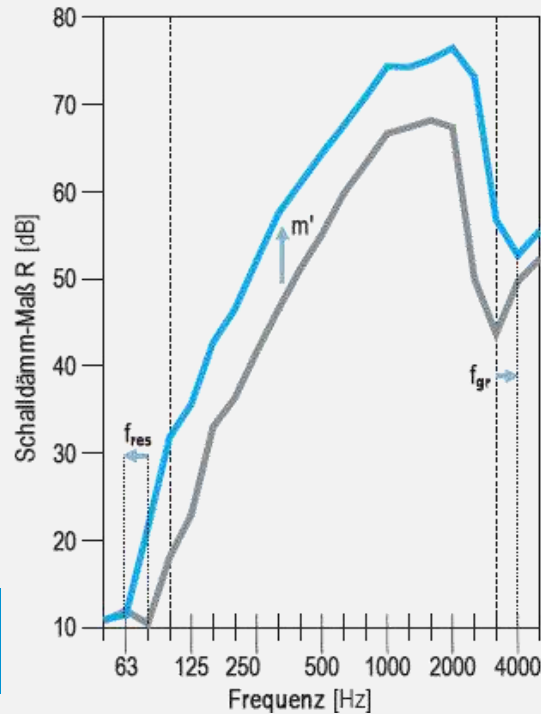
Carichi sospesi per lastre Vidiwall®

	Portata in kg				
					
Spessore lastra	Ganci per quadri 1 chiodo	Ganci per quadri 2 chiodi	Ganci per quadri 3 chiodi	Tassello tipo Molly	Vite Ø 5 mm
10 mm	15 kg	25 kg	35 kg	40 kg	20 kg
12,5 mm	17 kg	27 kg	37 kg	50 kg	30 kg
2x12,5 mm	20 kg	30 kg	40 kg	60 kg	35 kg
15 mm	18 kg	28 kg	38 kg	55 kg	30 kg
18 mm	20 kg	30 kg	40 kg	55 kg	35 kg

LASTRA IN GESSO RIVESTITO SILENTBOARD



SILENTBOARD



— W111-12,5 mm Silentboard
— W111-12,5 mm GKB

L'aumento dell'isolamento acustico della **Silentboard** deriva: dalla maggiore flessibilità (influsso su f_{gr}) e dalla maggiore massa superficiale (influsso su f_{res}).

- f_{gr} e f_{res}
spostamento dal punto di vista acustico tecnicamente più vantaggioso della frequenza di coincidenza e della frequenza f_{gr} di risonanza f_{res} nei settori non critici.

- m'
maggiore massa superficiale 17,5 kg/m².

G. PARETI LEGGERE

Vidiphonic



VIDIPHONIC

lastra in gessofibra per l'isolamento acustico



IDEALI PER: OSPEDALI
AREE NOBIS

LASTRA KNAUF VIDIPHONIC
SEMPLICITÀ NELL'ISOLAMENTO ACUSTICO

Specifico per soluzioni di comfort acustico, la nuova lastra in Gessofibra Vidiphonic, della famiglia ViduWall®, è particolarmente adatta per la realizzazione di pareti, controsoffitti, controsoffitti e soffitti, di rapida esecuzione. Performance ai **massimi livelli**, per tutta la richiesta di **correzione acustica e isolamento dai rumori**.

Ideale per ospedali, scuole e strutture ricettive, per le sue caratteristiche di **resistenza meccanica e applicazione ai carichi più elevati**.

SCOPRI TUTTO SU: www.knauf.it

Sistemi Evoluti per l'Acustica Knauf

KNAUF ACUSTIKA
L'ACUSTICA PIÙ SEMPLICE

■ Composizione

Le lastre in gessofibra Knauf Vidiphonic sono composte da gesso di alta qualità e da fibre di cellulosa estratte da qualità scelta di carta riciclata.

La composizione di Vidiphonic è modificata per ottenere un'elevata densità. Il risultato è un eccezionale isolamento acustico, combinata alla tipica resistenza delle lastre in gessofibra.

■ Caratteristiche tecniche

Spessore: 12,5 mm

Larghezza*: 1200 / 1250 mm

Lunghezza*: 2000 / 3000 mm

Su richiesta, disponibile anche in altre lunghezze

Le lastre Vidiphonic

sono prodotte con bordi SK:

■ Peso delle lastre

12,5 mm 17,5 ± 0,5 kg/m²

■ Proprietà particolari

- Le straordinarie caratteristiche acustiche consentono la realizzazione di pareti divisorie di basso spessore con un'insonorizzazione superiore
- Maggiore efficienza alle basse frequenze
- Maggiore durezza superficiale (resistenza agli urti)
- Applicabilità universale per la realizzazione di nuovi edifici, la riparazione e ristrutturazione di edifici esistenti, miglioramenti e costruzione di locali insonorizzati
- Classe A1 di reazione al fuoco (conforme alla norma EN 13501-1:2007+A1:2009)

■ Normative Europee di riferimento

EN 15283-2:2008 + A1:2009 Lastre in gesso rinforzate con fibra - Definizioni, requisiti e metodi di prova - parte 2: Lastre in gessofibra.

■ Campo di applicazione

Nuove costruzioni:

- Pareti divisorie su orditura metallica
- Pareti di cavedi
- Pareti confinanti tra abitazioni

Edifici esistenti:

- Ristrutturazione di pareti confinanti tra abitazioni
- Contropareti per migliorare le proprietà di pareti massicce
- Ristrutturazione di soffitti massicci e in legno tra abitazioni

Soluzioni per l'isolamento acustico per:

- Sale conferenze e per concerti
- Cinema
- Studi di registrazione e radiotelevisivi
- Limitare il rumore nelle operazioni industriali e produttive
- Scuole e asili

■ Stoccaggio

Le lastre Knauf Vidiphonic devono essere stoccate su una superficie piana e in ambiente asciutto.

G. PARETI LEGGERE

Materiale isolante



REAZIONE
AL FUOCO



PRESTAZIONI
ACUSTICHE



PRESTAZIONI
TERMICHE



CONDIZIONI
IGROMETRICHE
DELLA PARETE

MATERIALI ISOLANTI:

LANA DI ROCCIA
LANA DI VETRO
LANA DI LEGNO
FIBRA DI POLIESTERE
LANE NATURALI:
LANA DI CANAPA
LANA DI PECORA
FIBRA DI CELLULOSA
MATERIALI A CELLE CHIUSE:
POLISTIROLO
POLISTIRENE
POLIURETANO
IPERISOLANTI
INTONACI TERMOISOLANTI



G. PARETI LEGGERE

Materiale isolante



TABELLA RIASSUNTIVA CARATTERISTICHE MATERIALI ISOLANTI

Materiale isolante	Reazione al fuoco	Densità [Kg/m³]	λ [W/m²K]	μ	Proprietà acustiche	Teme umidità
Lana di roccia	A1	30 - 100	0,040 - 0,034	1	si	si
Lana di vetro	A1	10 - 115	0,04 - 0,034	1	si	si
Lana di legno	B2s1d0 (ex cl. 1)	350	0,091	5	si	si
Fibra di legno	E	140	0,038	5	si	si
Fibra di poliestere	Classe 1	10 - 60	0,037 - 0,034	3	si	
Lana di canapa		20 - 80	0,039	1,7	si	

G. PARETI LEGGERE

Materiale isolante



TABELLA RIASSUNTIVA CARATTERISTICHE MATERIALI ISOLANTI

Materiale isolante	Reazione al fuoco	Densità [Kg/m³]	λ [W/m²K]	M	Proprietà acustiche	Teme umidità
Lana di pecora	B2	20 - 30	0,038 - 0,044	1-2	si	si
Sughero	Classe 2	140 - 180	0,043		si	
Fibra di cellulosa		32 - 65	0,058	1	si	
Polistirolo	E	10 - 30	0,056 - 0,042	10 - 50	no	no
Polistirene	D - E	20 - 35	0,039 0,034 -	60 120	no	no
Poliuretano		25 - 50	0,035 - 0,032	30 60	no	no
Iperisolanti		43	$R_t = 5,6$	100	si	no

G. PARETI LEGGERE

Isolante fibroso



LANA DI VETRO



SISTEMA ISOLAMENTO



Il nuovo aspetto caratteristico dei prodotti in lana di vetro Knauf è ottenuto grazie a **ECOSE® Technology**: una tecnologia basata su una resina priva di formaldeide, rivoluzionaria, nuova e di origine vegetale, che crea una nuova generazione di prodotti per l'isolamento, efficace e sostenibile. Questo processo, porta ad un colore marrone natura le senza aggiunta di coloranti artificiali.



- Privo di formaldeide.
- Non combustibilità: Euroclasse A1, secondo EN 13501.
- Isolamento termico.
- Risparmio energetico.
- Isolamento acustico.
- Utilizzo di materiali rinnovabili e facilmente reperibili.
- Prodotto interamente riciclabile.
- Imballo totalmente riciclabile.

CARATTERISTICHE		
CARATTERISTICHE	VALORE	NORMA
Densità	15 ±17 Kg / m³	-
Reazione al fuoco	A1	UNI EN 13162
Conducibilità termica (λ p)	0,035÷0,037 W/mK	UNI EN 13162

LANA DI ROCCIA

NaturBoard Partition DP4



NaturBoard Partition DP7



NaturBoard Partition DP11



CARATTERISTICHE		
CARATTERISTICHE	VALORE	NORMA
Densità	40 ±70 Kg / m³	EN 1602
Reazione al fuoco	A1	UNI EN 13162
Conducibilità termica (λ p)	0,035÷0,037 W/mK	EN 13501-1

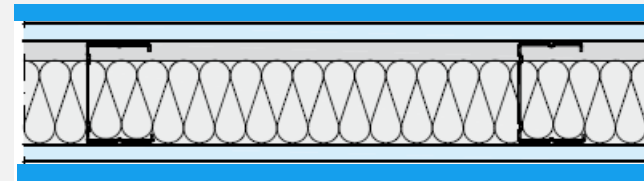
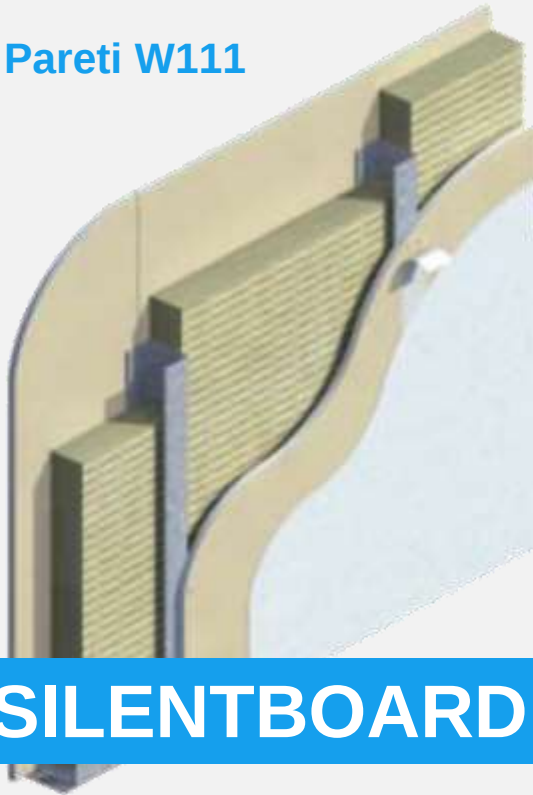
G. PARETI LEGGERE

Pareti W111



SINGOLA STRUTTURA E SINGOLA LASTRA DI RIVESTIMENTO

Pareti W111



Spessore 100 mm, peso lastre 19 kg/m²

$R_w = 46$ (-4;-10) dB

'C' 75 x 50 + 1 x lastra GKB 12,5

$\Delta 10$ dB
lato



1 lastra Silentboard per

Spessore 125 mm, peso lastre 54 kg/m²

$R_w = 56$ dB

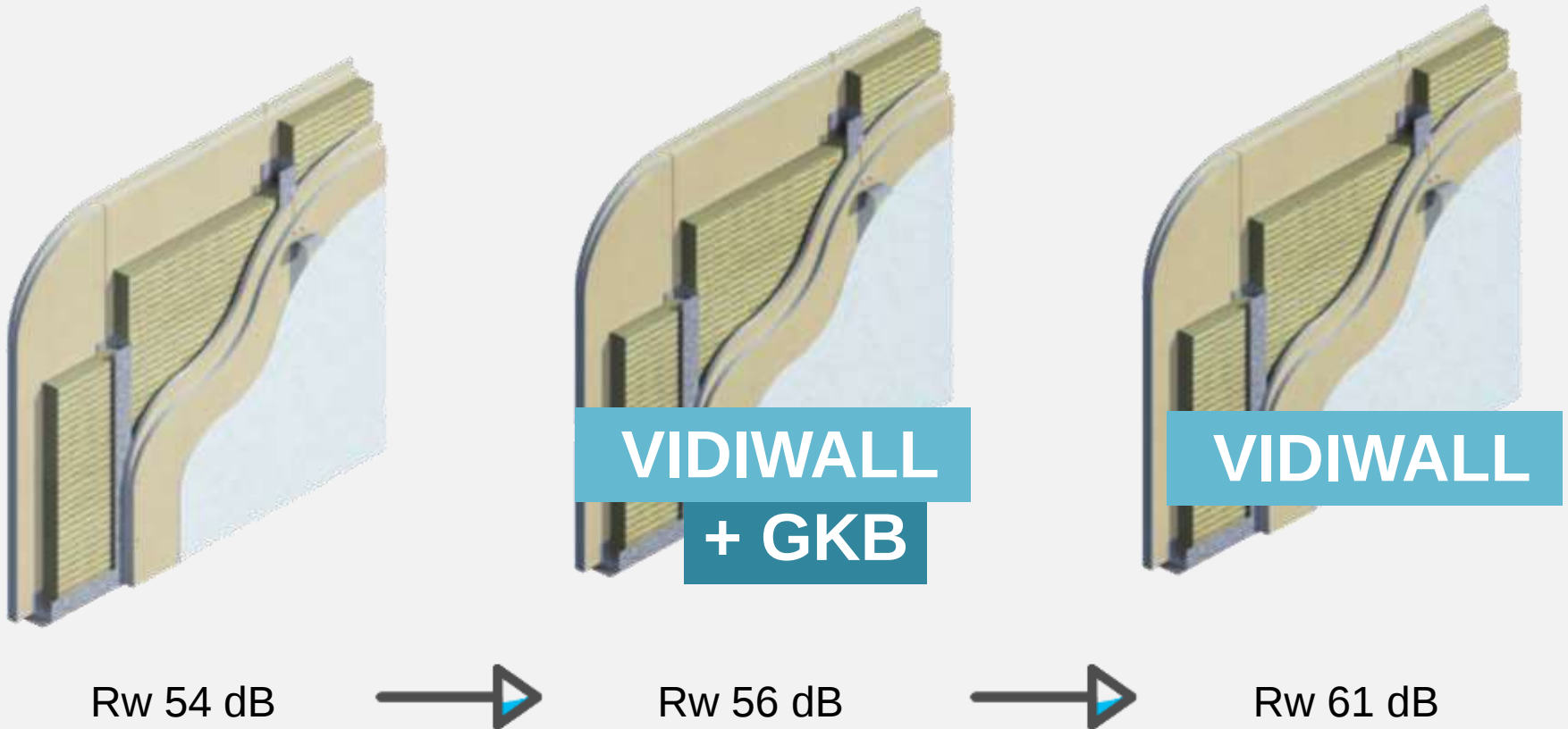
G. PARETI LEGGERE

Pareti W112



SINGOLA STRUTTURA E DOPPIA LASTRA DI RIVESTIMENTO

Pareti W112



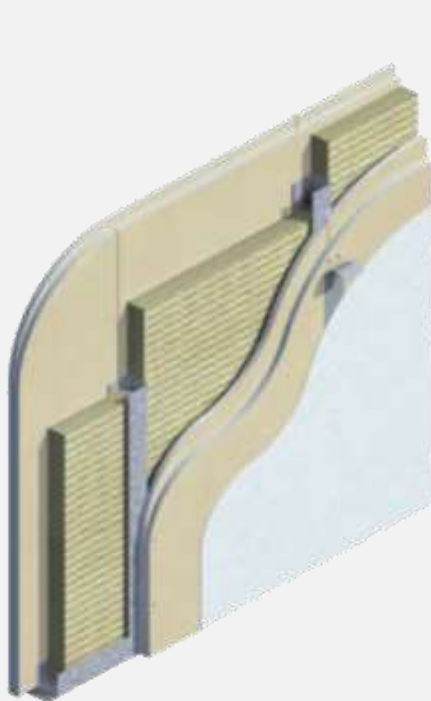
G. PARETI LEGGERE

Pareti W112

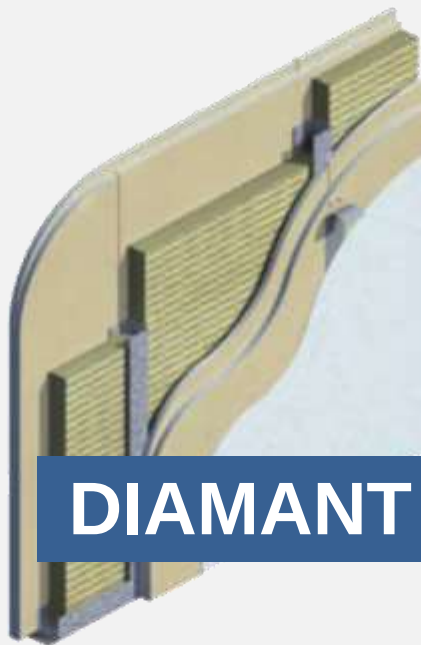


SINGOLA STRUTTURA E DOPPIA LASTRA DI RIVESTIMENTO

Pareti W112

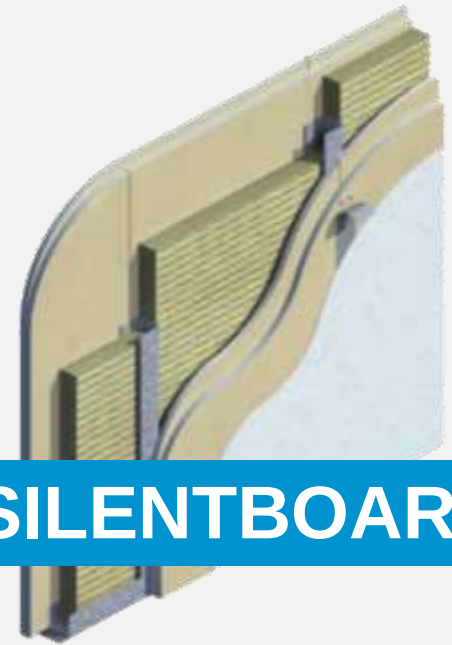


Rw 54 dB



DIAMANT

Rw 56 dB



SILENTBOARD

Rw 66 dB

PARETI W112 - W312 CON LASTRA KASA



W312 Vidiwall® + Kasa

C75, passo 60 cm.

Isolante Knauf Ekovetro® 60 mm.

Vidiwall® 12,5 mm sui profili – Kasa 12,5 mm a vista

Rw = 59 dB

Certificato N° 323678 del 10/04/2015 – Istituto Giordano



W112 Diamant® + Kasa

C75, passo 60 cm.

Isolante Knauf Ekovetro® 60 mm.

Diamant® 12,5 mm sui profili – Kasa 12,5 mm a vista

Rw = 55 dB

Certificato N° 323675 del 10/04/2015 – Istituto Giordano

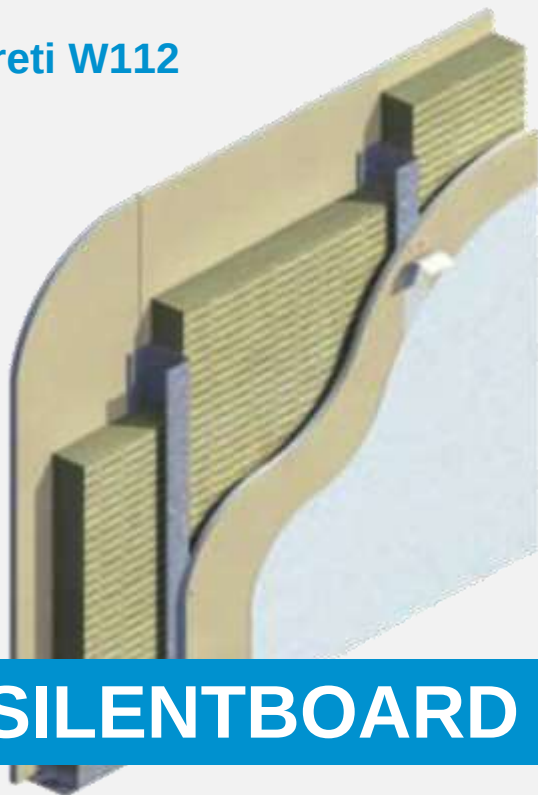
G. PARETI LEGGERE

Pareti W112

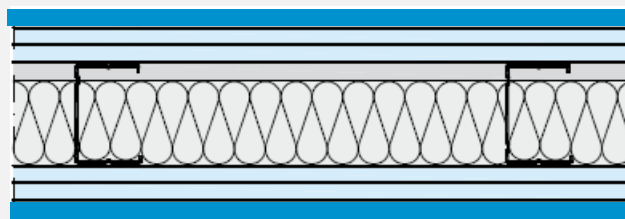


SINGOLA STRUTTURA E DOPPIA LASTRA DI RIVESTIMENTO

Pareti W112



+SILENTBOARD



Spessore 100 mm, peso lastre 43 kg/m²

R_w = 54 (-4;-10) dB

Montante 'C' 50 x 50 + 1 lastra GKB 12,5

Δ 12 dB

1 lastra silentboard per lato



Spessore 125 mm, peso lastre 54 kg/m²

R_w = 66 dB

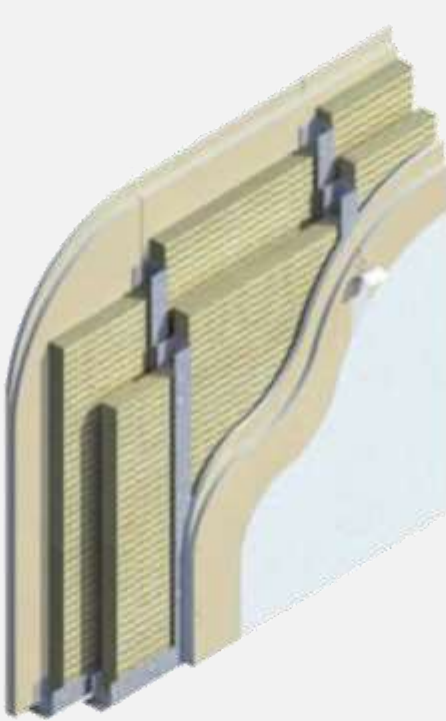
G. PARETI LEGGERE

Pareti W115

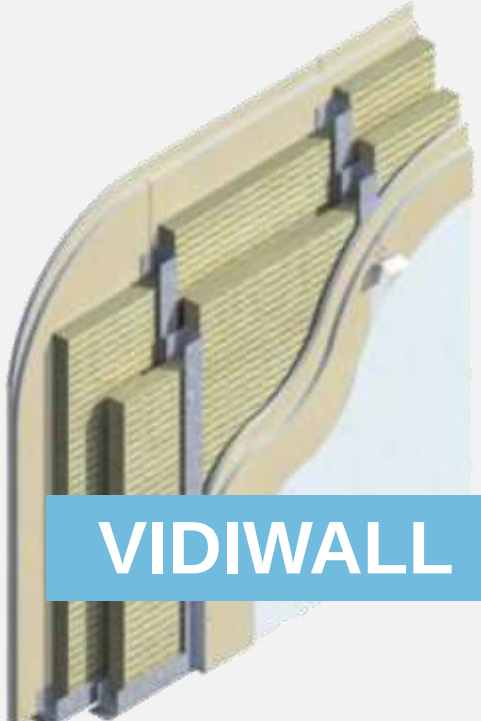


DOPPIA STRUTTURA E DOPPIA LASTRA DI RIVESTIMENTO

Pareti W115



Rw 61 dB



VIDIWALL

Rw 67 dB



**SILENTBOARD
+ DIAMANT**

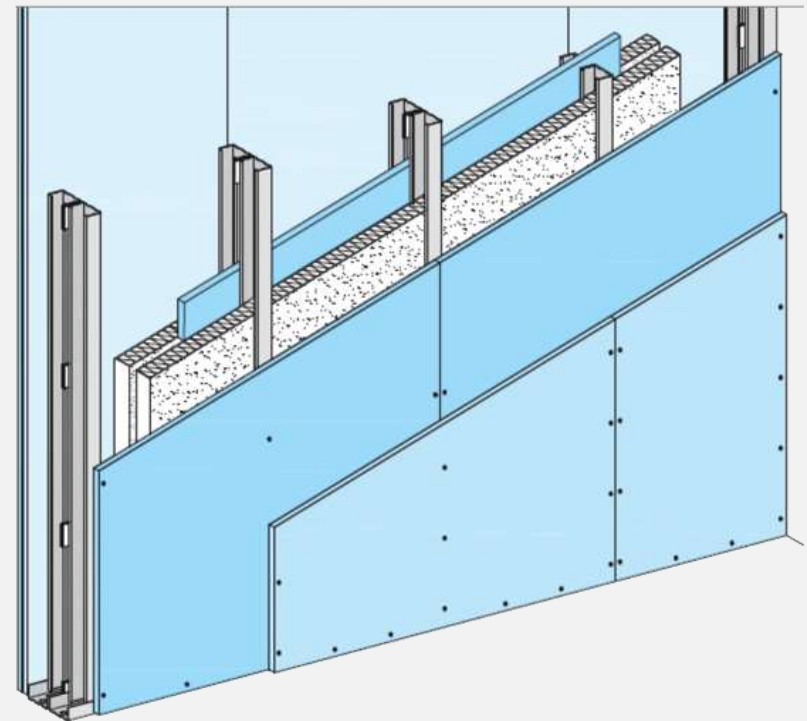
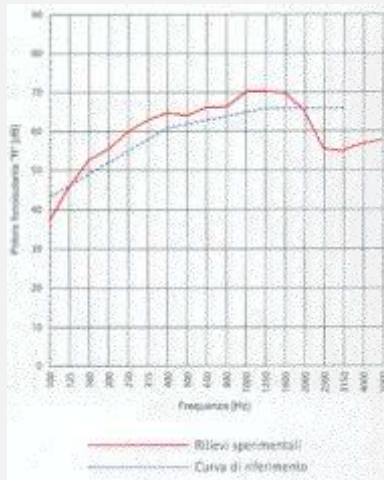
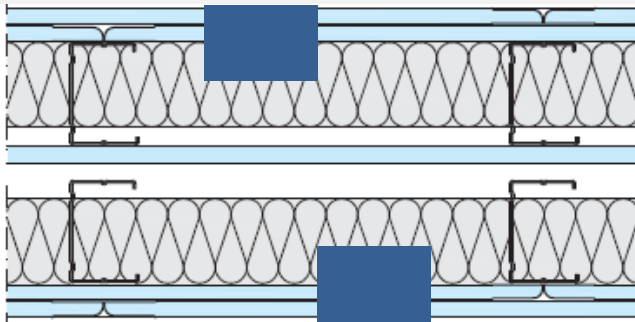
Rw 74 dB

G. PARETI LEGGERE

Pareti W115 + 1



PARETE KNAUF W 115 + 1 CON GKB 12,5 MM E LANA D ROCCIA



scatolette elettriche contrapposte

$R_w = 63 \text{ dB}$



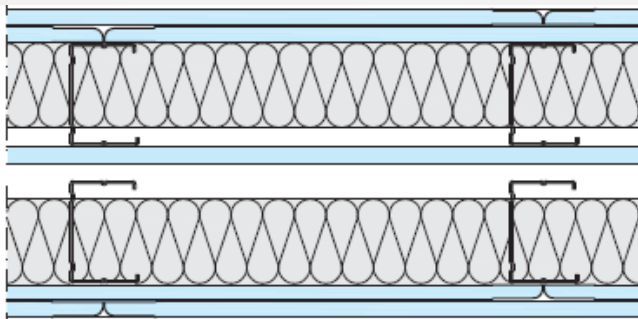
$R_w = 62 \text{ dB}$

G. PARETI LEGGERE

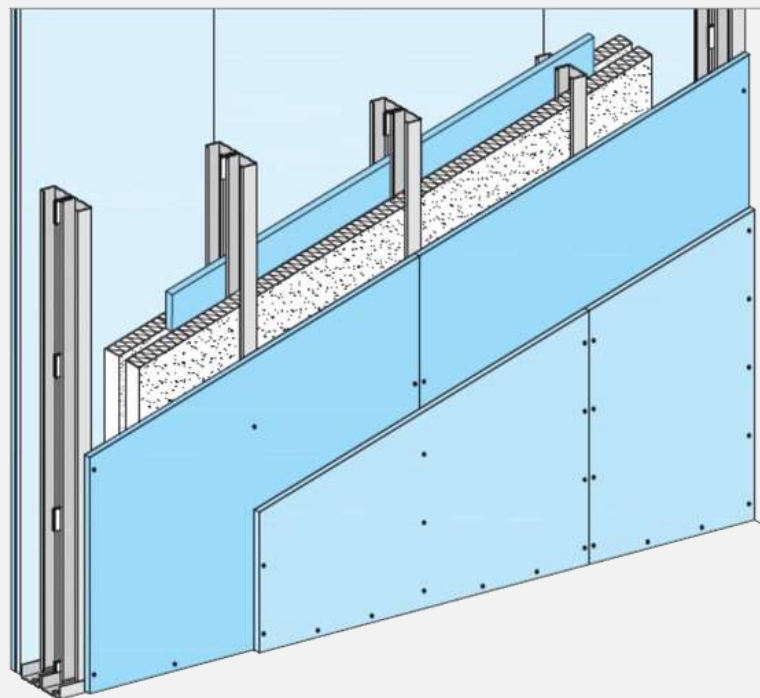
Pareti W115 + 1



**PARETE KNAUF W 115 + 1 CON GKB 12,5 MM
E LANA DI VETRO MONTANTE C 50/50**



$R_w = 63 \text{ dB}$

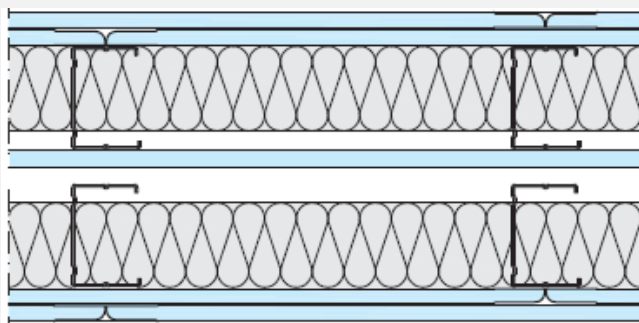


G. PARETI LEGGERE

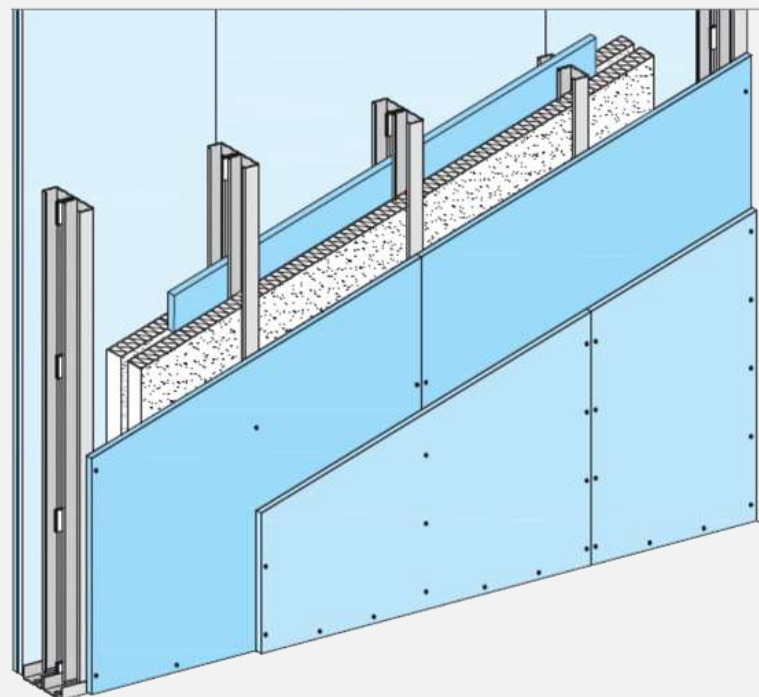
Pareti W115 + 1



**PARETE KNAUF W 115 + 1 CON GKB 15 mm
e LANA DI VETRO MONTANTE C 50/50**



$R_w = 69 \text{ dB}$

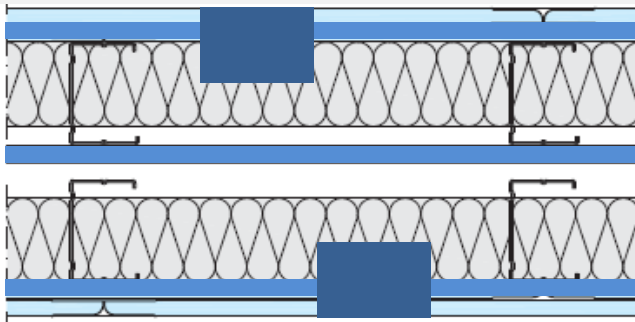


G. PARETI LEGGERE

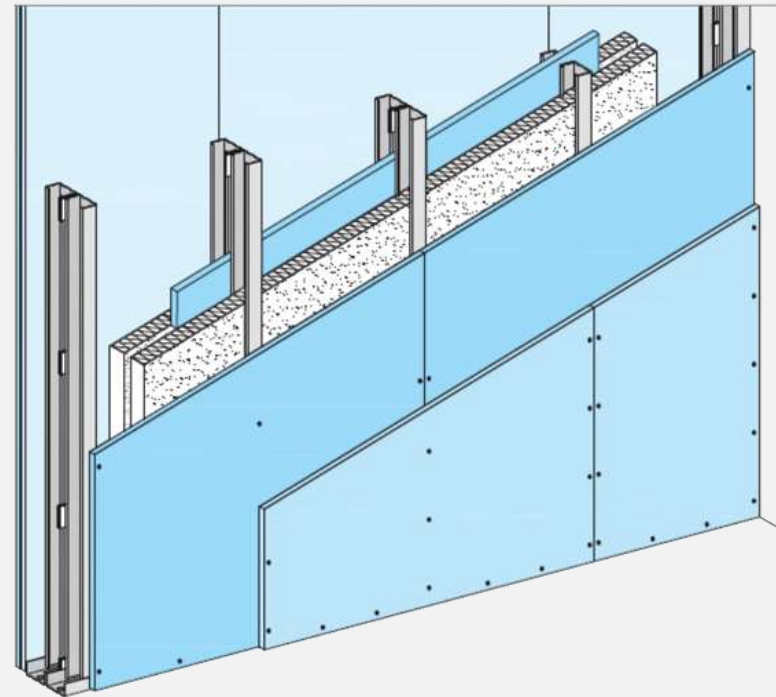
Pareti W316 + 1



PARETE KNAUF W 316+1 - PARETE MISTA GESSOFIBRA E GESSO RIVESTITO



Spessore 175 mm
Montante C 50/50
Lana di roccia
 $R_w = 63 \text{ dB}$
con scatolette a parete



G. PARETI LEGGERE

Pareti W115 + 1



W115+1

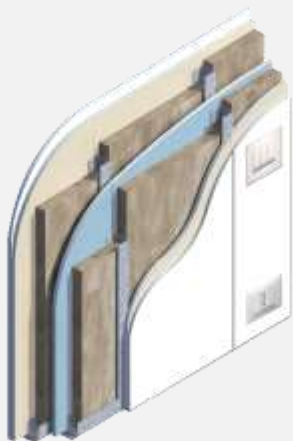
Doppia orditura affiancata C75, passo 60 cm, sfalsate.

Doppio isolante Knauf Ekovetro® 60 mm.

Diamant® 12,5 mm centrale – GKB 12,5 mm sui profili – Kasa 12,5 mm a vista

Rw = 66 dB

Certificato N° 323677 del 10/04/2015 – Istituto Giordano



W115+1+1 con scatole elettriche

Doppia orditura affiancata C75, passo 60 cm, sfalsate.

Doppio isolante Knauf Ekovetro® 60 mm.

Diamant® 12,5 mm centrale – GKB 12,5 mm sui profili – Kasa 12,5 mm a vista

Rw = 65 dB

Certificato N° 323677 del 10/04/2015 – Istituto Giordano

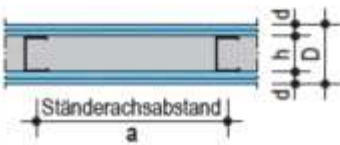
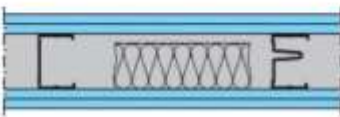
G. PARETI LEGGERE

Profili metallici



ORDITURE A TAGLIO ACUSTICO

Profili Knauf “MW”

Knauf Systeme		Rivestimento Diamant per faccia	Profilo	Spessore Parete-	Massa Superf.	Isolamento $R_{w,R}$		
						Knauf CW-Profil	Knauf MW-Profil	Sp. Lana-
	Ei REI	Spessore d mm	Altezza h mm	D mm	Esclusa lana ca. kg/m²	dB	dB	mm
W112 Knauf								
1) Con gratie metalliche								
	Ei 120	2x 12,5	50	100	55	55 57 1)		40
			75	125		59 61 1)	60 61 1)	60
			100	150		60 62 1)	62 64 1)	80

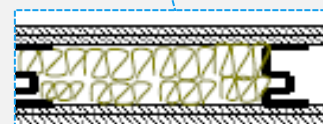
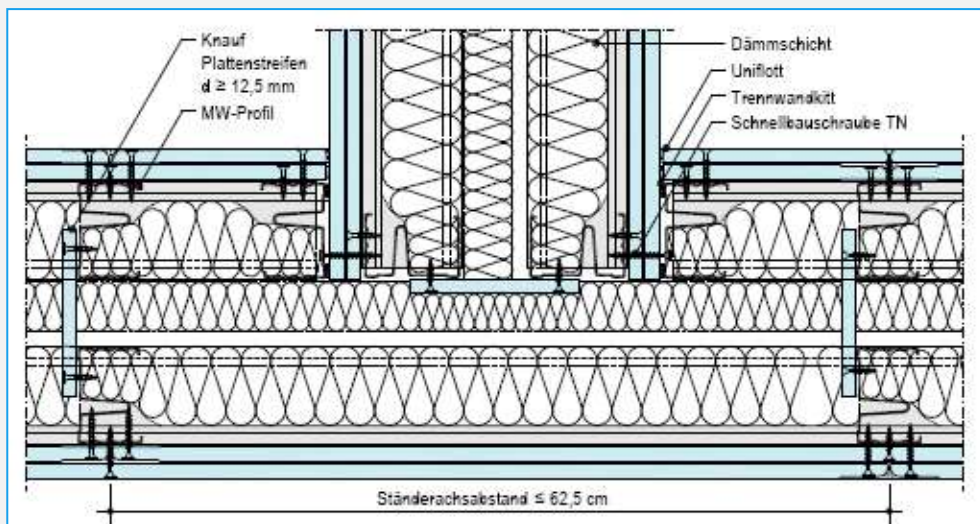
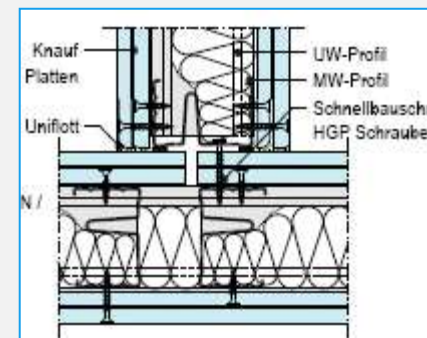
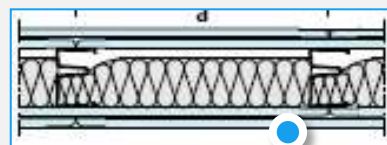
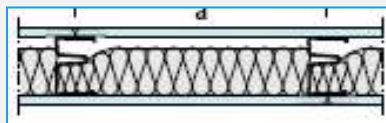
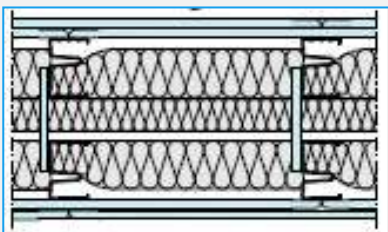


Migliora l'inerzia del profilo:

maggiore stabilità meccanica e migliori caratteristiche di resistenza al fuoco.

G. PARETI LEGGERE

Profili montati a “MW”



W112 – DOPPIA LASTRA PER LATO GKB 12,5 mm
PROFILO MW 1005X50X0,6
DOPPIA LANA ISOROCCIA SP. 40 mm
DENSITÀ 40 Kg/m³

58,7 dB

Istituto Giordano

G. PARETI LEGGERE

Installazione



Potere fonoisolante R_w

(dato di laboratorio)



**POSA IN OPERA
TRASMISSIONI LATERALI
PONTI ACUSTICI**



Isolamento acustico R'_w

(misurato in opera)

G. PARETI LEGGERE

Posa delle guide ad “U”



Piano di posa perfettamente pulito e privo di acqua.

Posa del “*sigillante acustico*”
o “*nastro vinilico*” sull’intero
perimetro della parete.



G. PARETI LEGGERE

Posa dei montanti a “C”



1. Taglio dei montanti
2. Inserimento dei montanti “C” nelle guide
3. Interasse 300/400/600 mm
4. Fissaggio dei montanti alle guide

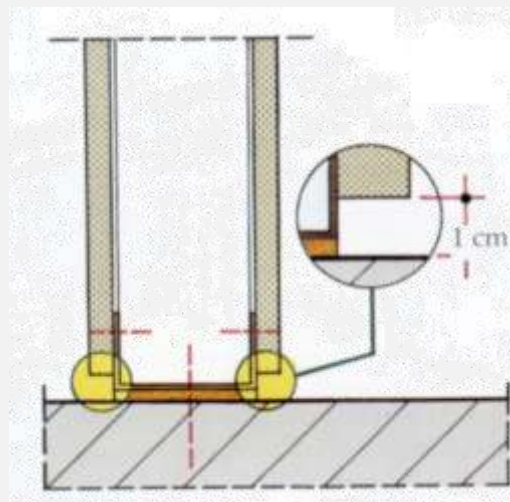
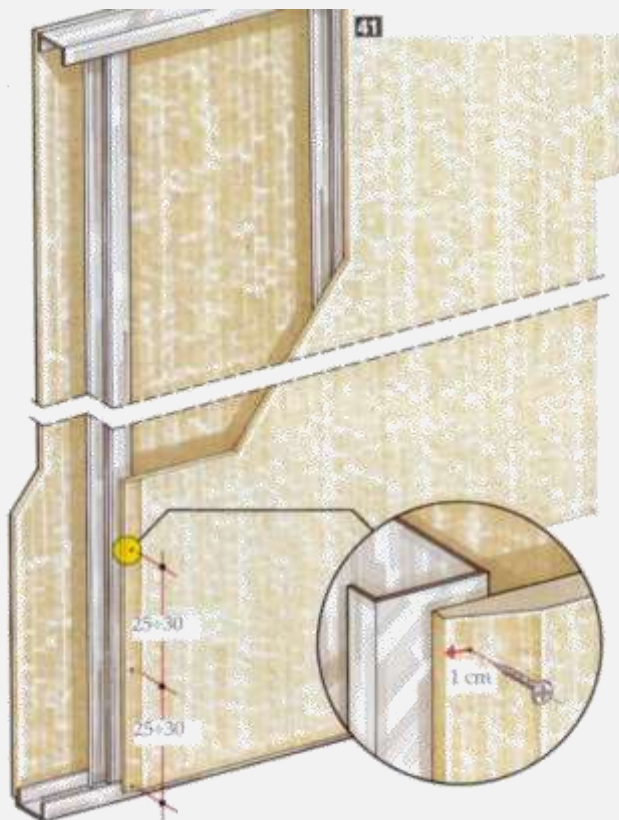


G. PARETI LEGGERE

Posa delle lastre

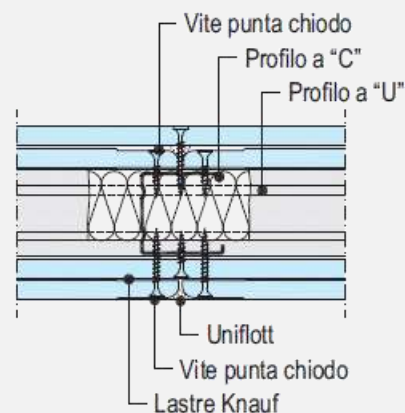
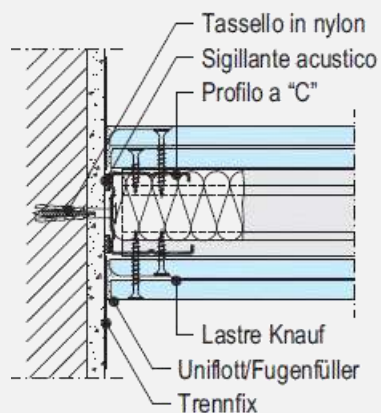


POSA DEL RIVESTIMENTO CON LASTRE IN GESSO RIVESTITO, SOLLEVATE DI 1 CM DAL PAVIMENTO



G. PARETI LEGGERE

Giunti tra le lastre



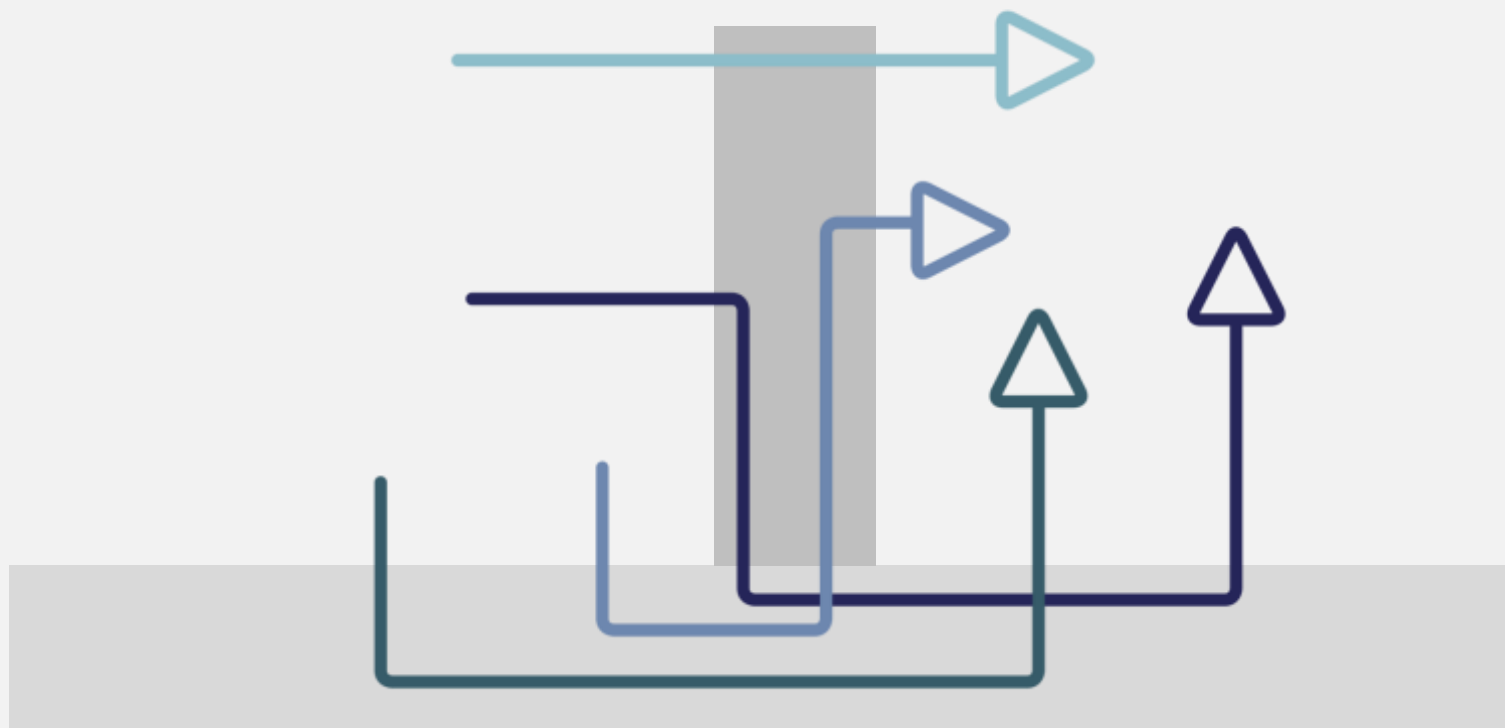
Lastre avvitate "strato" dopo "strato" a giunti sfalsati

G. PARETI LEGGERE

Trasmissioni laterali



NODO PAVIMENTO / PARETE

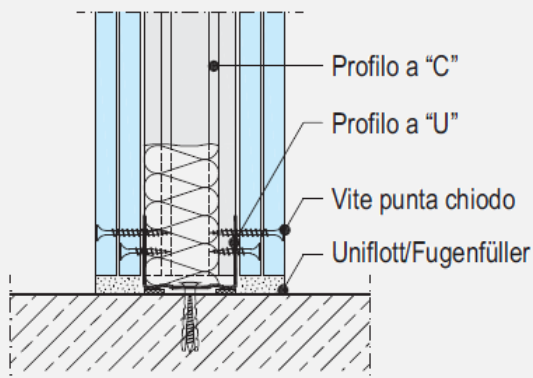


G. PARETI LEGGERE

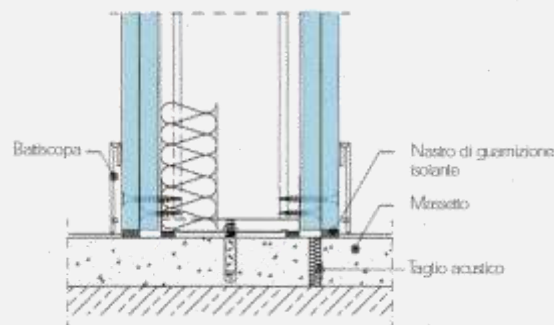
Giunti a pavimento



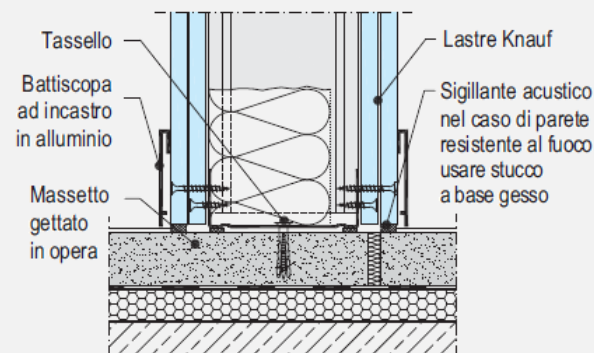
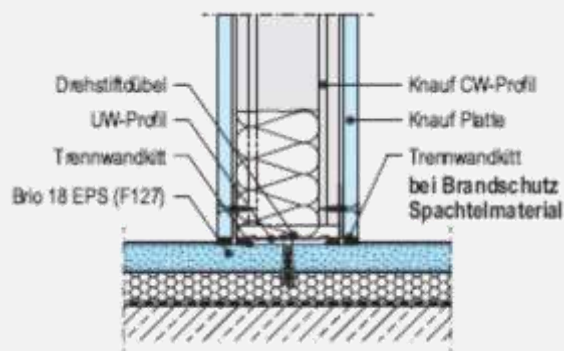
COLLEGAMENTI PARETE - MASSETTO TRADIZIONALE E MASSETTO A SECCO



$R_{LW} = 42 - 46 \text{ dB}$



$R_{LW} = 55 \text{ dB}$

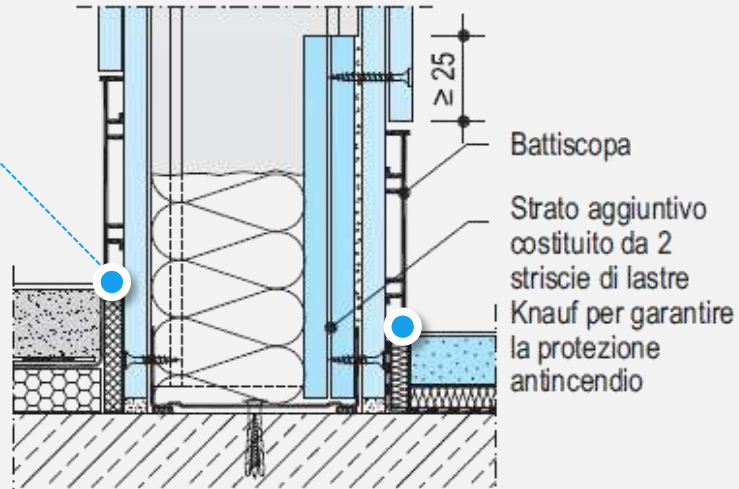


G. PARETI LEGGERE

Giunti a pavimento

COLLEGAMENTI PARETE - SOLAIO RUSTICO

Attenzione al collegamento
pavimento - battiscopa!!!!



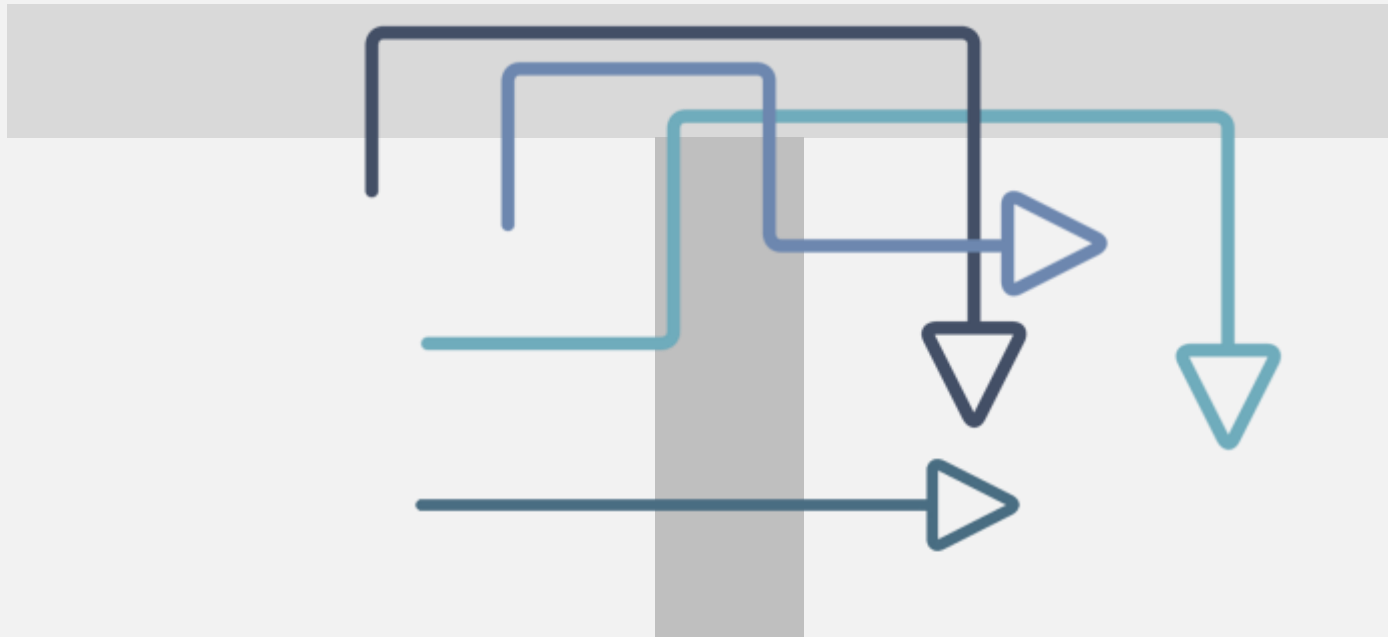
$$R_{LW} = 70 \text{ dB}$$

G. PARETI LEGGERE

Trasmissioni laterali



NODO SOFFITTO/ PARETE



G. PARETI LEGGERE

Giunti a soffitto



UNI EN ISO 12354-1

Controsoffitto continuo		Rivestimento	Stima del potere fonoisolante longitudinale $R_{L,W,R}$ in dB		
Ribassamento di 400 mm					
Descrizione del controsoffitto		mm	Senza lana minerale	Con stesura lana minerale ≥ 40 mm ≥ 80 mm	
Collegamento del divisorio al controsoffitto, strato di rivestimento continuo.		Singolo strato $\geq 12,5$ mm	46	47	48
		Doppio strato $\geq 2 \times 12,5$ mm	53	54	54
Collegamento del divisorio al controsoffitto, con interruzione dello strato di rivestimento continuo.		Singolo strato $\geq 12,5$ mm	48	52	54
		Doppio strato $\geq 2 \times 12,5$ mm	55	57	57
Collegamento del divisorio al controsoffitto, con interruzione del rivestimento ed inserimento di uno setto formato da uno strato di materiale fonoassorbente* ≥ 400 mm.		Singolo strato $\geq 12,5$ mm	60		

* Setto in lana minerale secondo la norma DIN EN 13162 con una resistenza al flusso $r \geq 8$ kPa $\cdot$ s/ m³

G. PARETI LEGGERE

Giunti a soffitto



UNI EN ISO 12354-1

Controsoffitto continuo		Rivestimento	Stima del potere fonoisolante longitudinale $R_{L,W,R}$ in dB		
Ribassamento di 400 mm					
Descrizione del controsoffitto		mm	Senza lana minerale	Con stesura lana minerale $\geq 40 \text{ mm} \geq 80 \text{ mm}$	
Collegamento del divisorio al controsoffitto, strato di rivestimento continuo.		Singolo strato $\geq 12,5 \text{ mm}$	46	47	48
		Doppio strato $\geq 2 \times 12,5 \text{ mm}$	53	54	54
Collegamento del divisorio al controsoffitto, con interruzione dello strato di rivestimento continuo.		Singolo strato $\geq 12,5 \text{ mm}$	48	52	54
		Doppio strato $\geq 2 \times 12,5 \text{ mm}$	55	57	57
Collegamento del divisorio al controsoffitto, con interruzione del rivestimento ed inserimento di uno setto formato da uno strato di materiale fonoassorbente* $\geq 400 \text{ mm}$.		Singolo strato $\geq 12,5 \text{ mm}$	60		

* Setto in lana minerale secondo la norma DIN EN 13162 con una resistenza al flusso $r \geq 8 \text{ kPa} \cdot \text{s} / \text{m}^3$

G. PARETI LEGGERE

Ponti acustici

SCATOLETTE ELETTRICHE: APPLICAZIONI

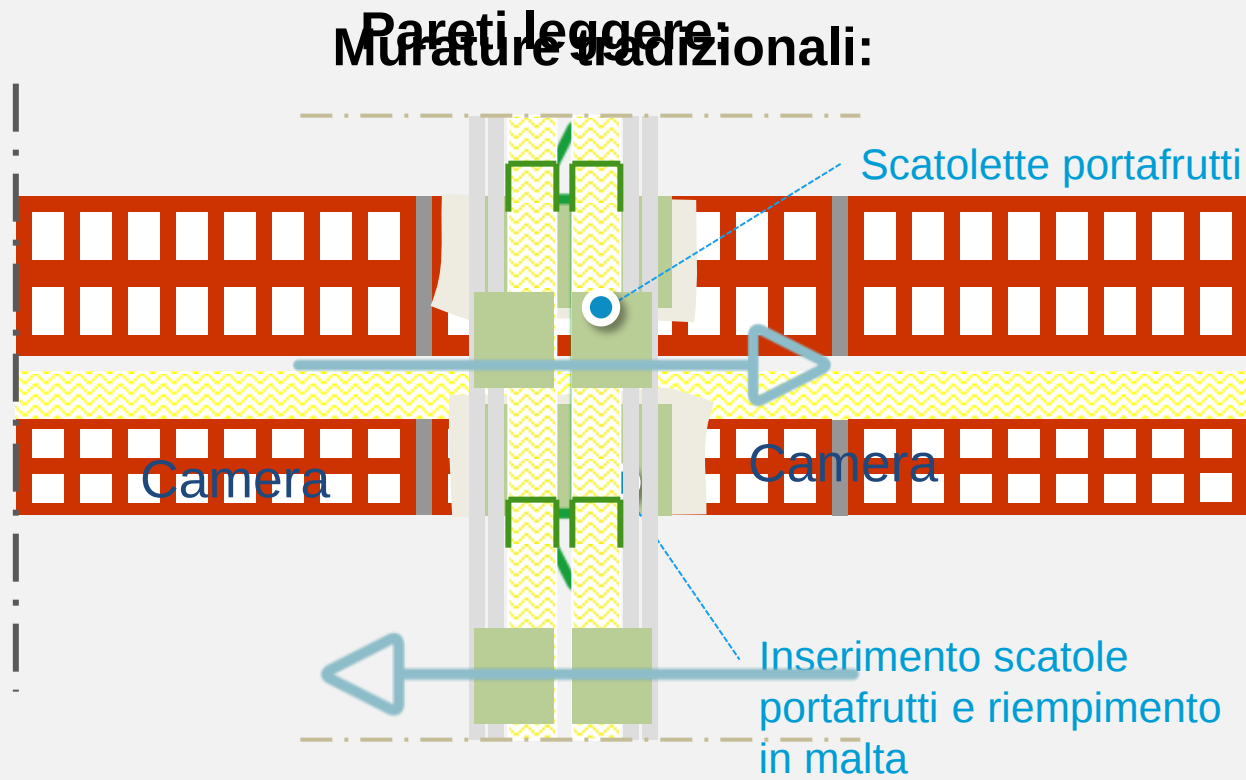
La posa delle tubazioni corrugate è agevolata dalla presenza di asole sull'anima dei montanti.



Le scatole per i frutti elettrici sono fornite di viti per il fissaggio meccanico sulle lastre oppure dotate di staffe di fissaggio diretto all'orditura metallica.



SCATOLETTE ELETTRICHE: PROBLEMATICHE

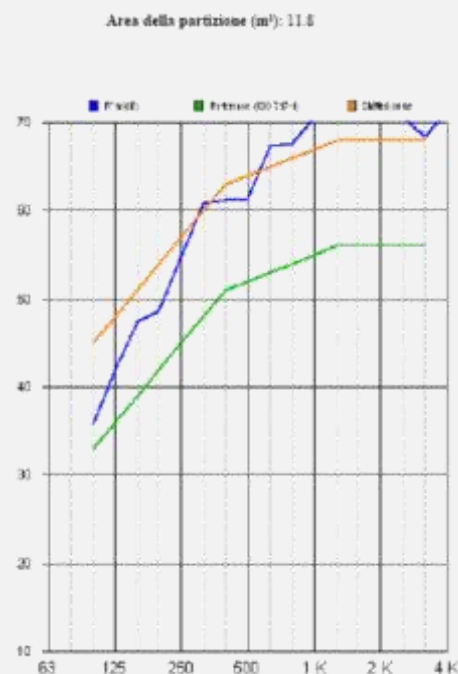


G. PARETI LEGGERE

Misure in situ



Nella realtà a Sesto San Giovanni

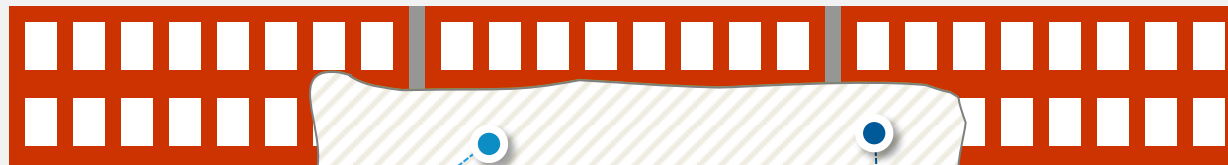


Spessore 175 mm - $R'_w = 64$ (-4;-10) dB,
con impianti a parete.

(Prova gentilmente concessa da Moretti S.p.A.)

IMPIANTI IDRAULICI E DI CONDIZIONAMENTO

Murature tradizionali



Tracciamento impianti e
diminuzione spessore forato.

Inserimento tubazioni
idrauliche e riempimento in
malta.

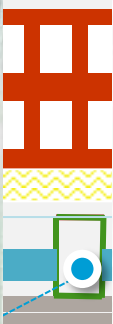
G. PARETI LEGGERE

Ponti acustici



Impianti idraulici e di condizionamento

Soluzione: controparete autoportante



Orditura metallica
scatolata

TELAIO DI SUPPORTO

BIDET SOSPESO

Supporti per sanitari

TELAIO DI

SUPPORTO LAVABO

uo

G. PARETI LEGGERE

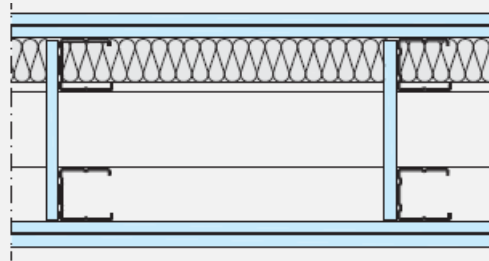
Cavedi tecnici



PARETI PER CAVEDI TECNICI

Parete Knauf W116 a doppia orditura

La distribuzione impiantistica è stata inserita nell'intercapedine ottenuta distanziando le due orditure.



Tutte le porzioni a contatto con le installazioni devono essere fonocoibentate a mezzo di materassini e filtri sonori, in modo da limitare il rumore indotto dalla vibrazione delle condotte.



Lastre Knauf GKI- Aquapanel Indoor
Lastre per ambienti umidi.

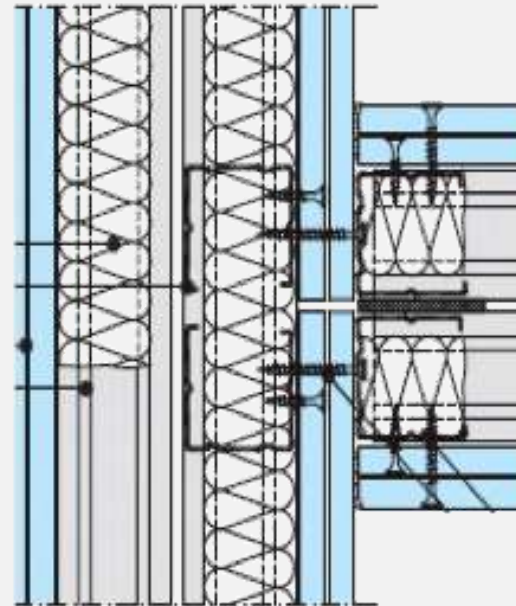
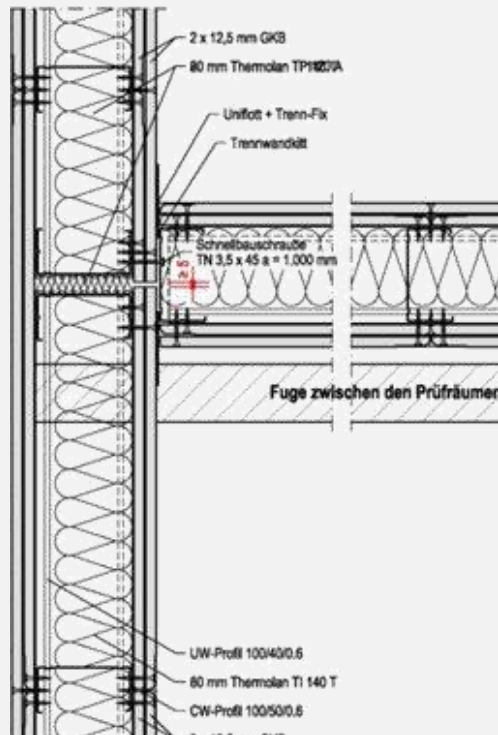


G. PARETI LEGGERE

Nodi tra pareti interne



CONNESSIONI - INTERSEZIONI LATERALI

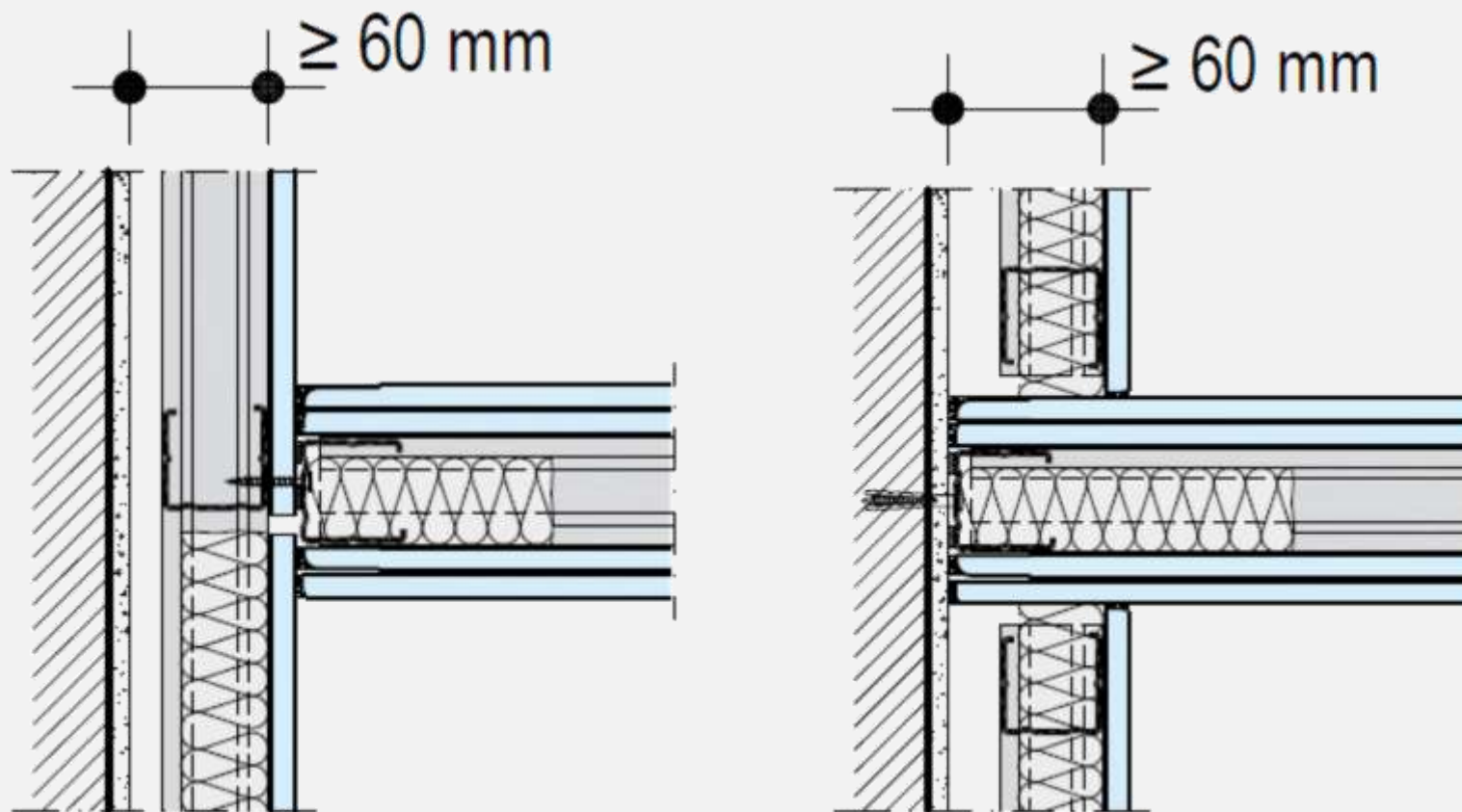


G. PARETI LEGGERE

Nodi tra pareti interne e parete perimetrale



CONNESSIONI-INTERSEZIONI LATERALI

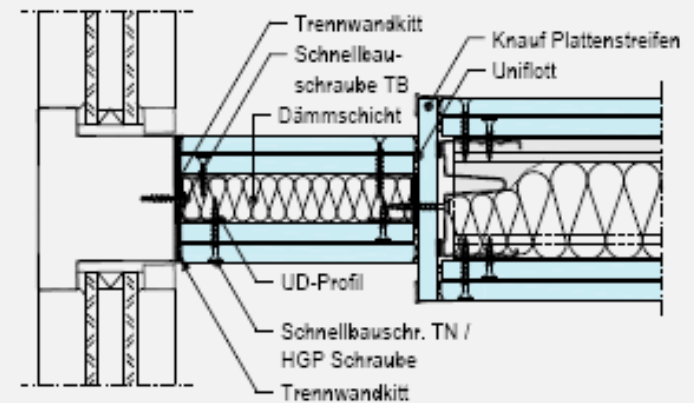
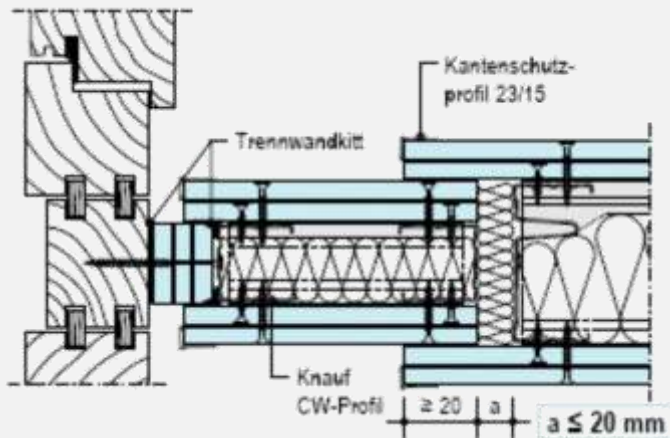


G. PARETI LEGGERE

Nodo con serramento



COLLEGAMENTI LATERALI - SERRAMENTI

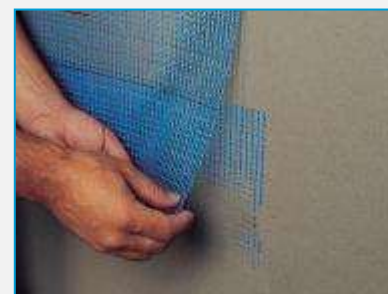
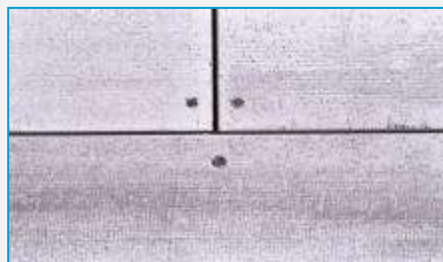


G. PARETI LEGGERE

Perimetrali

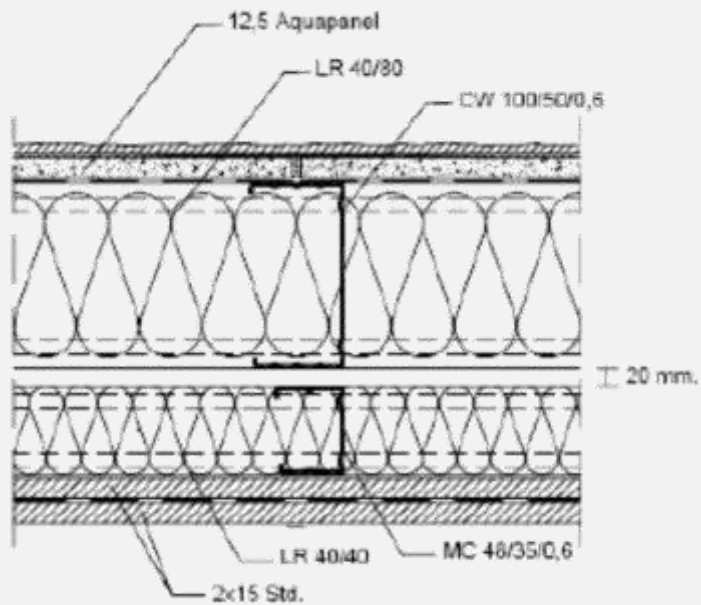


TAMPONAMENTI PERIMETRALI A SECCO W385

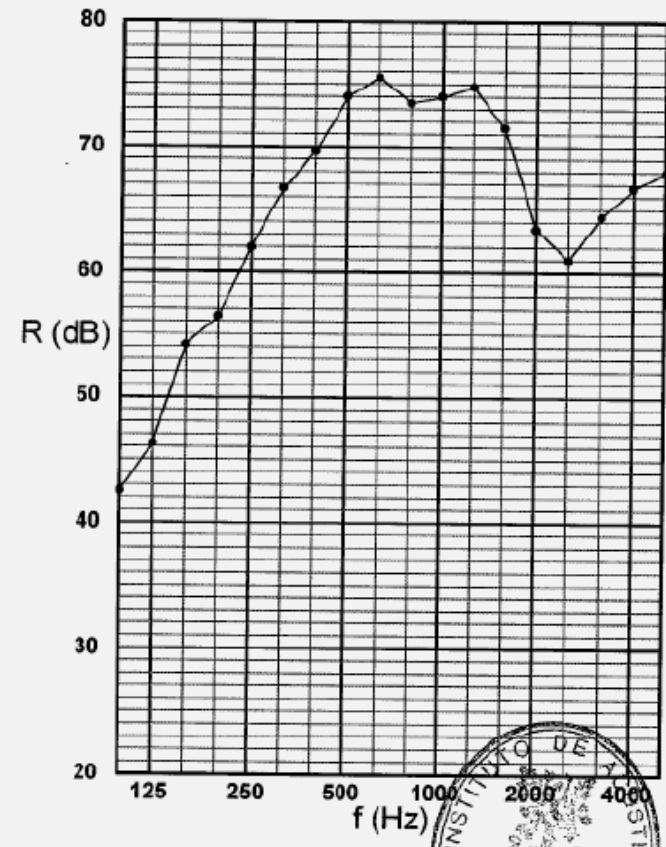


G. PARETI LEGGERE

Perimetrali



$$R_w = 66 \text{ (-1; -6) dB}$$



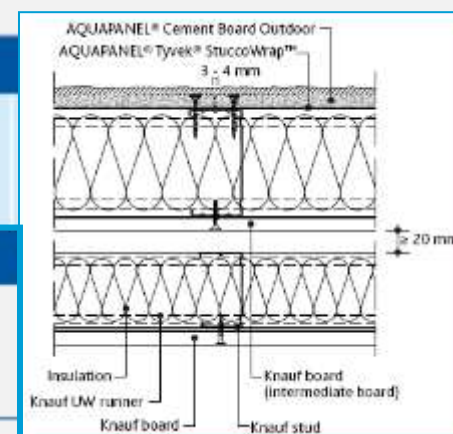
G. PARETI LEGGERE

Perimetrali



ISOLAMENTO ACUSTICO PARETI ESTERNE AQUAPANEL

Profile	Dimensions	Insulation	System performance		
			Weight ^{*)}	Fire	Sound protection (dB)
	System	Type	kg/m ²	min	R _w
	d = 120 a = 600 / 625 mm (12.5+75+12.5+e+75+15)	60 + 60 mm 40 kg / m ³	66	60	58 (-4;-12)
	d = 117.5 a = 600 / 625 mm (12.5+75+15+e+75+15)	60 + 60 mm 40 kg / m ³	69	90	58 (-4;-12)
	d = 137.5 a = 600 / 625 mm (12.5+100+12.5+e+75+15)	80 + 60 mm 40 kg / m ³	67	60	61 (-4;-12)
	d = 142.5 a = 600 / 625 mm (12.5+100+15+e+75+15)	80 + 60 mm 40 kg / m ³	70	90	61 (-4;-12)



^{*)} profile with t<1.0 mm

italic = estimated values

G. PARETI LEGGERE

Perimetrali

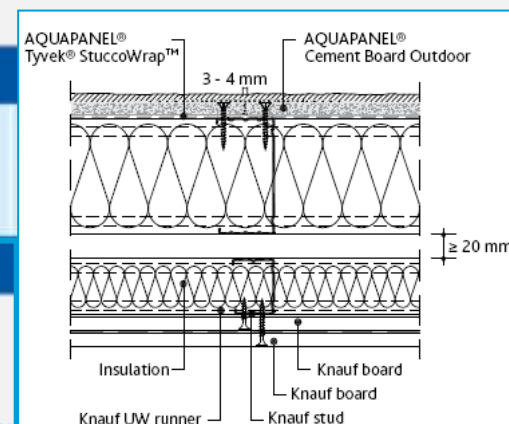


ISOLAMENTO ACUSTICO PARETI ESTERNE AQUAPANEL

Profile	Dimensions	Insulation	System performance		
			Weight ^{*)}	Fire	Sound protection (dB)
	System	Type	kg/m ²	min	R _w
	CW 75 d = 182.5 a = 600 / 625 mm (12.5+75+e+50+12.5+12.5)	60 + 40 mm 40 kg / m ³	65	60	58 (-4;-12)
	d = 187.5 a = 600 / 625 mm (12.5+75+e+50+15+15)	60 + 40 mm 40 kg / m ³	68	90	58 (-4;-12)
	CW 100 d = 207.5 a = 600 / 625 mm (12.5+100+e+50+12.5+12.5)	80 + 40 mm 40 kg / m ³	66	60	61 (-4;-12)
	d = 212.5 a = 600 / 625 mm (12.5+100+e+50+15+15)	80 + 40 mm 40 kg / m ³	69	90	61 (-4;-12)

^{*)} profile with t<1.0 mm

italic = estimated values



H. MULTISALE



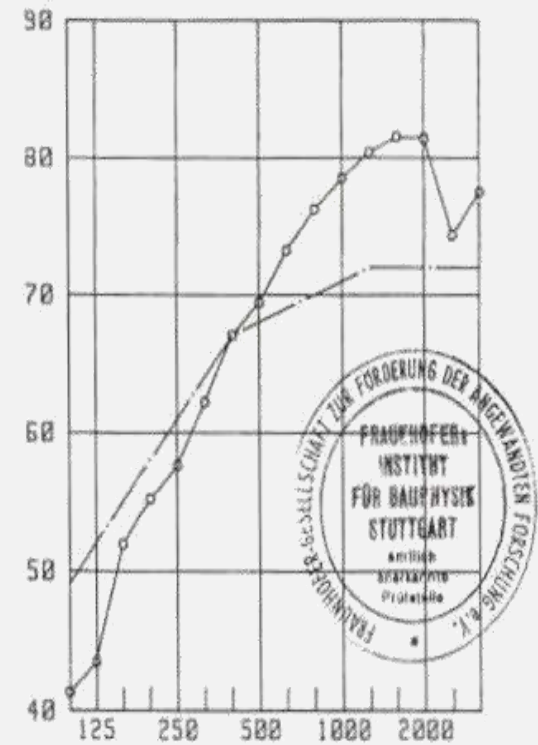
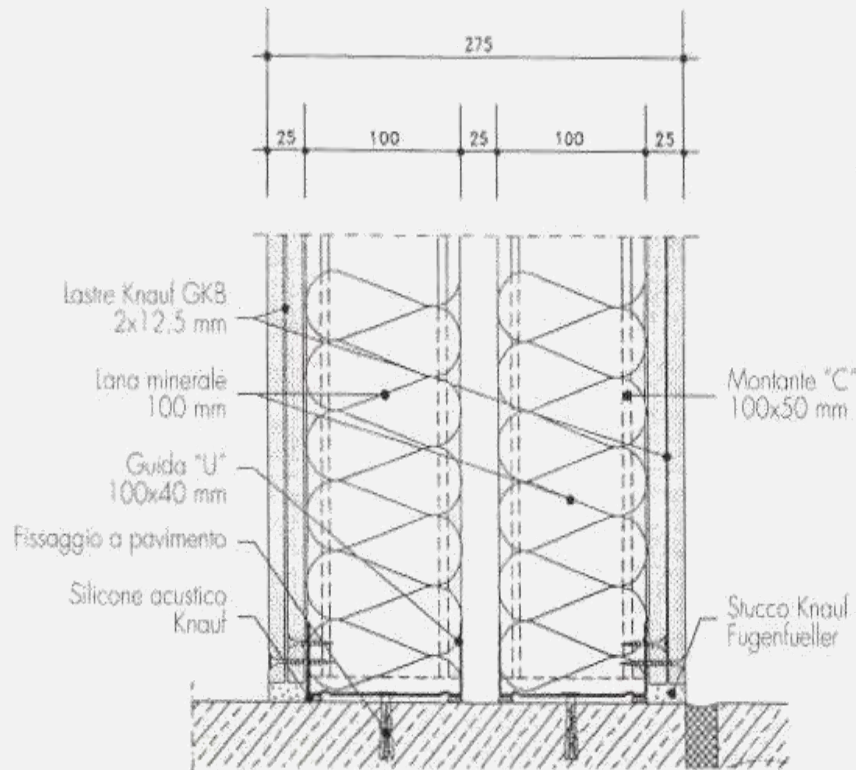
H. MULTISALE

Stratigrafie



TIPOLOGIE DIVISORIE PER SALE CONTIGUE

PARETE KNAUF W 115



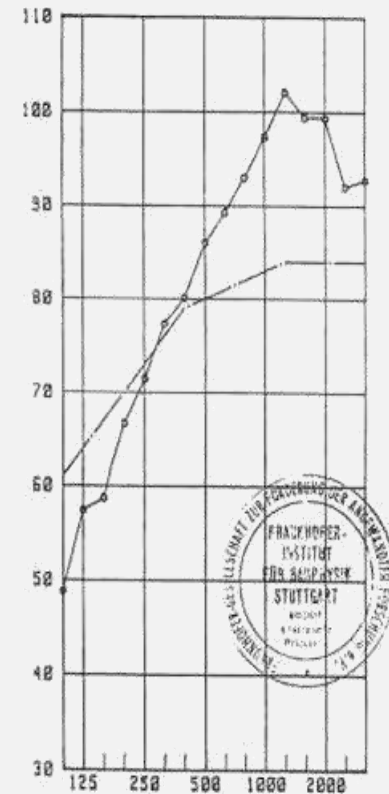
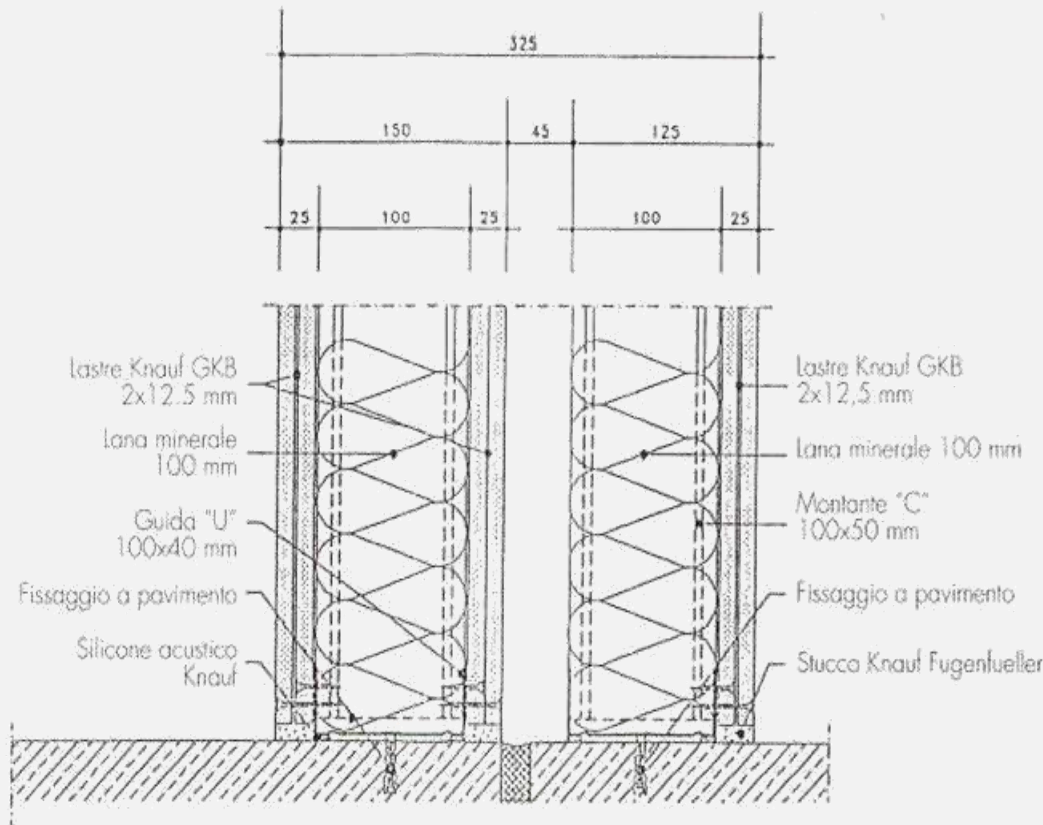
$R_w = 68 \text{ dB}$

H. MULTISALE Stratigrafie



TIPOLOGIE DIVISORIE PER SALE CONTIGUE

PARETE KNAUF W 115+2



$R_w = 80$ dB

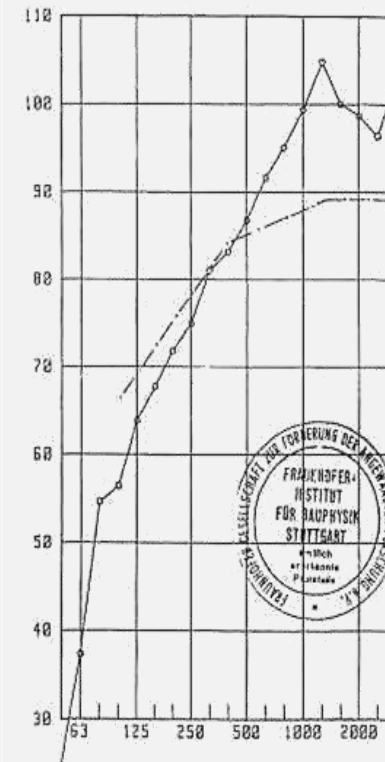
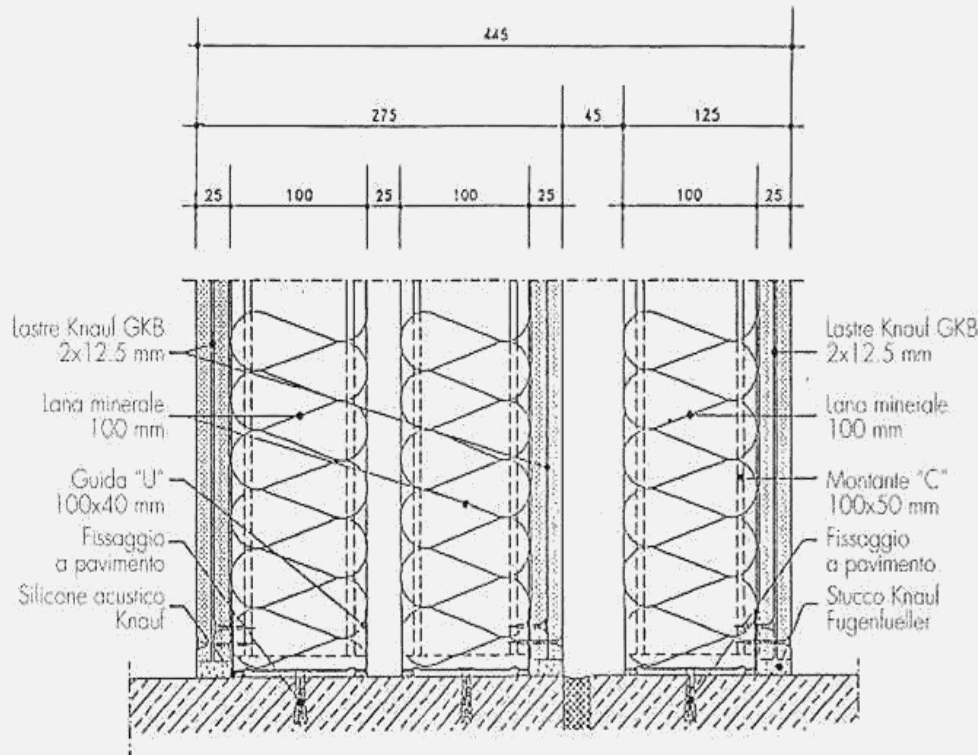
H. MULTISALE

Stratigrafie



TIPOLOGIE DIVISORIE PER SALE CONTIGUE

PARETE KNAUF W 114



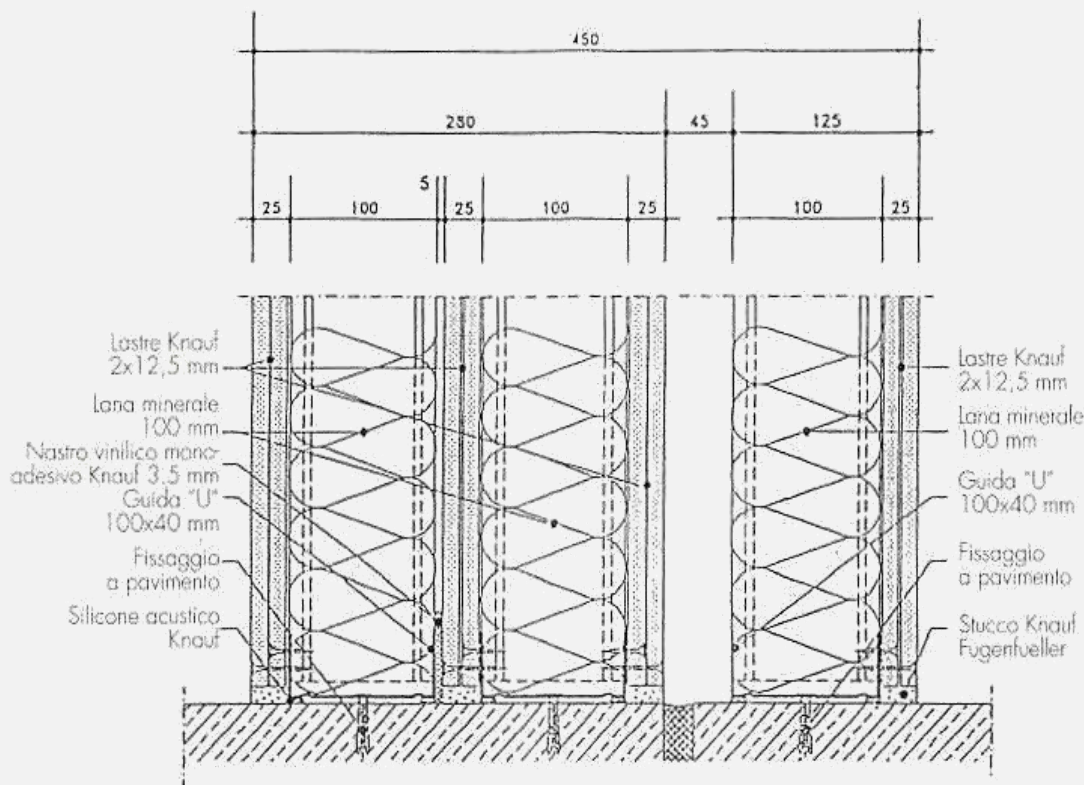
$$R_w = 85 \text{ dB}$$

H. MULTISALE Stratigrafie

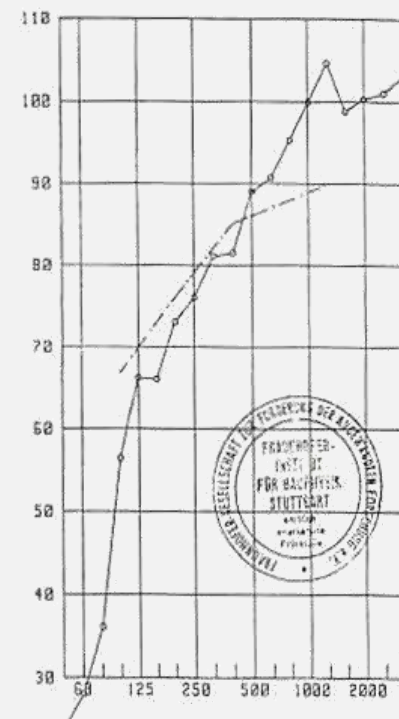


TIPOLOGIE DIVISORIE PER SALE CONTIGUE

PARETE KNAUF W 114+2



$R_w > 86 \text{ dB}$

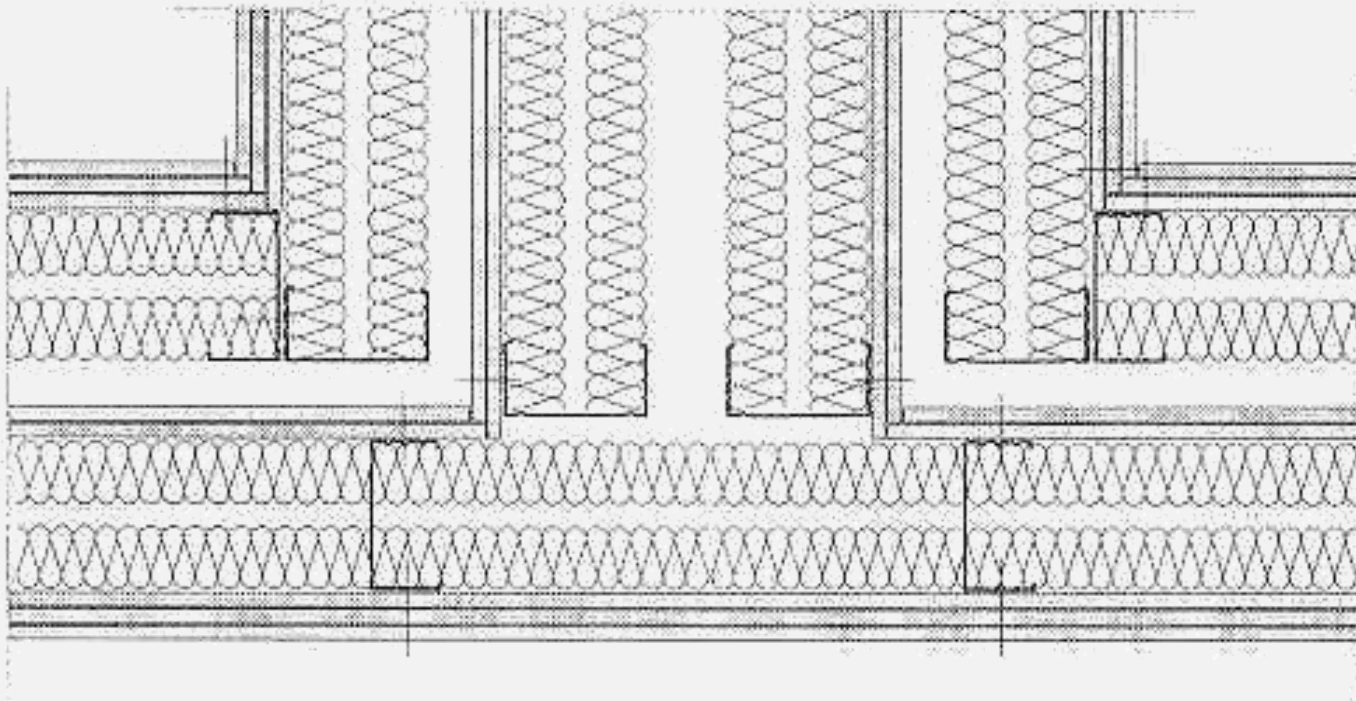


H. MULTISALE

Particolari Costruttivi



PARETE KNAUF W 114+2



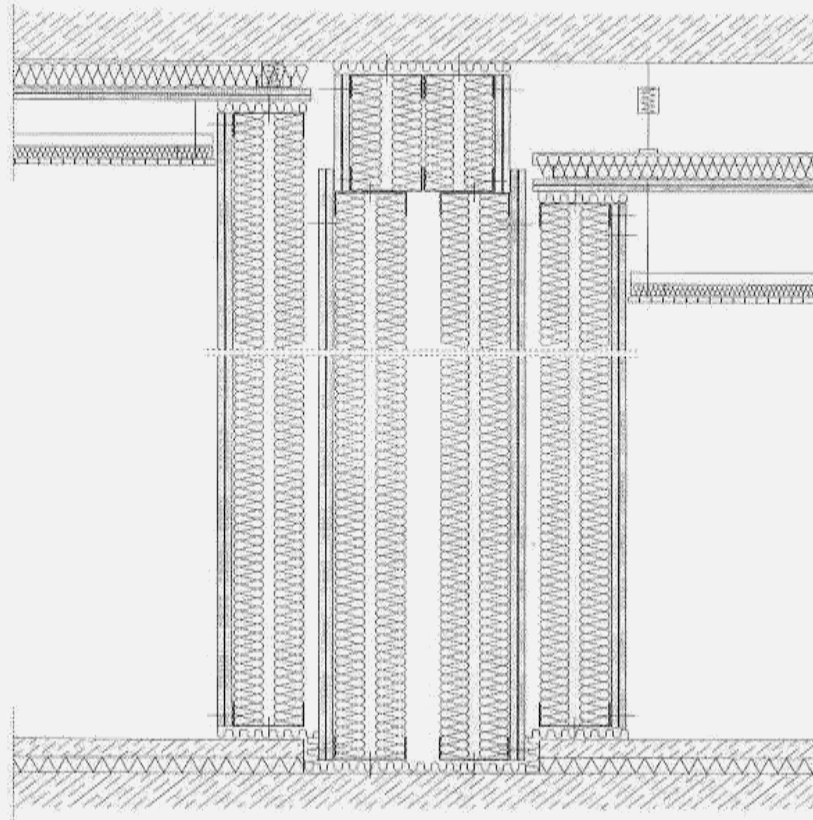
Nodo tipico: incrocio a “T” - sezione orizzontale

H. MULTISALE

Particolari Costruttivi



PARETE KNAUF W 114+2



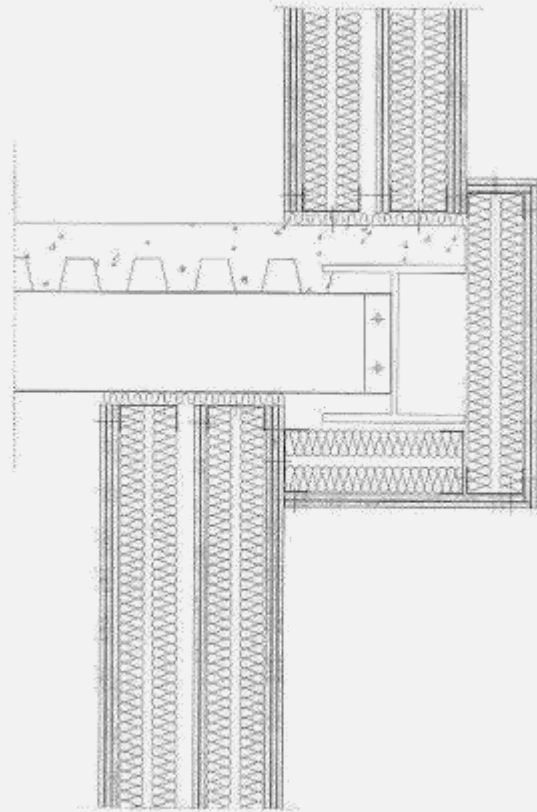
Sezione verticale in corrispondenza di divisorio tra sale

H. MULTISALE

Particolari Costruttivi



PARETE KNAUF W 115+2



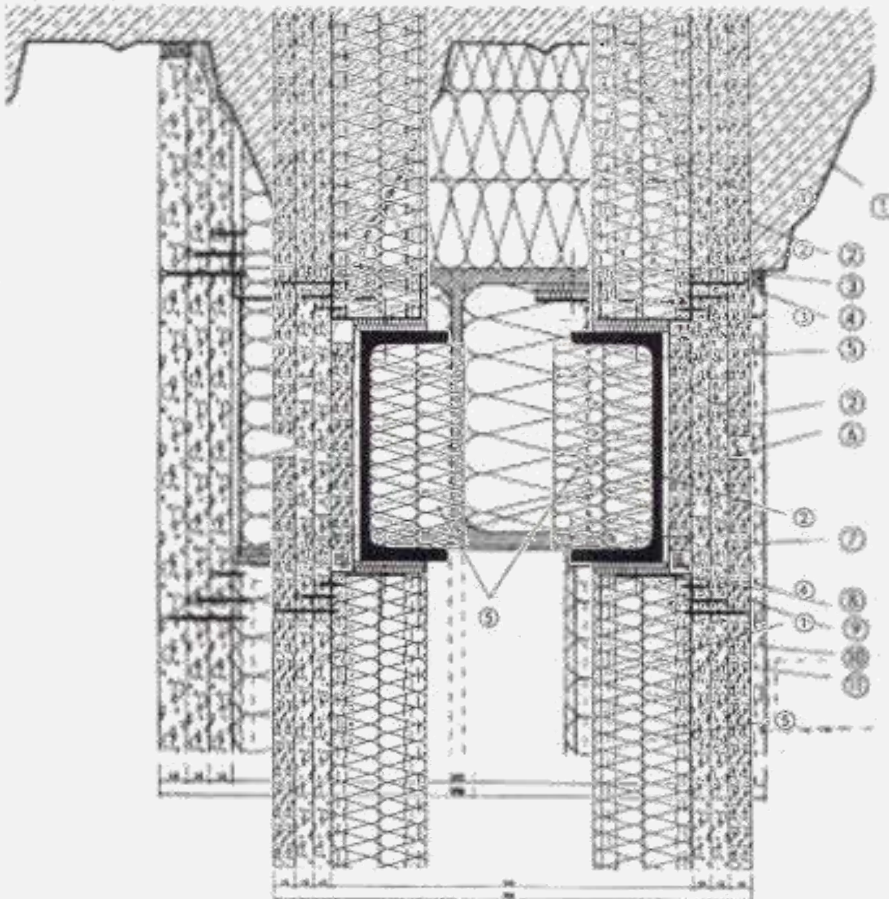
Sezione verticale: collegamento verticale con solaio interpiano.

H. MULTISALE

Particolari Costruttivi



MULTISALA DI DRESDA (D)



1. Montante "C"
1. Soletta in lamiera e CLS
2. Pilastro portante
2. Intercapedine con lana minerale
3. Vincolo mobile
3. Silicone elastico
4. Guida 'U'
4. Stucco Knauf Fugenfueller
5. Lana minerale e rivestimento con lastre Knauf GKP 2x15 mm + 1x15 mm
5. Vincolo a soffitto 100x50x2 mm
6. Trave portante HEA 200
7. Lamiera 2 mm
8. Lana minerale 10 mm
9. Guida 'U'
10. Montante "C"
11. Lana minerale

H. MULTISALE

Particolari Costruttivi

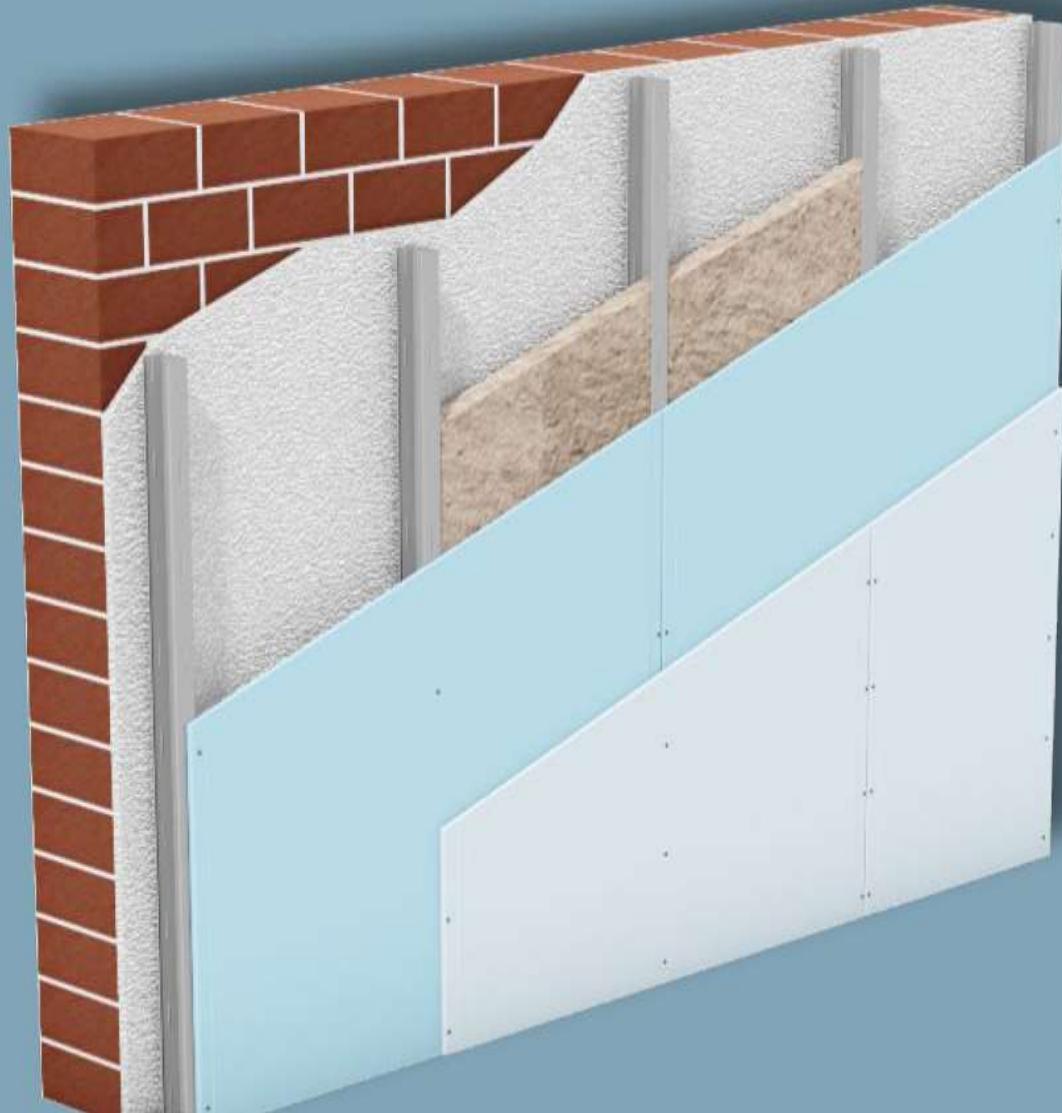


MULTISALA BICOCCA MILANO



I. CONTROPARETI

Rivestimento a pelle resiliente

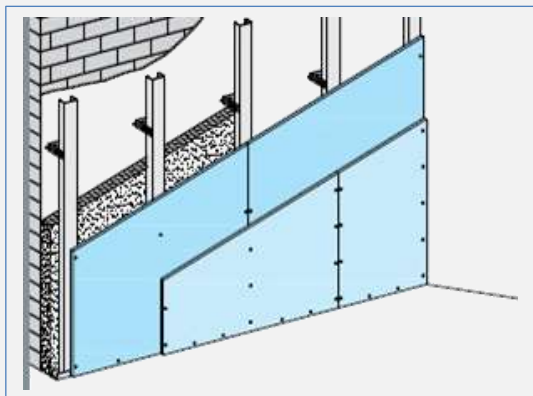


I. CONTROPARETI

Tipologie

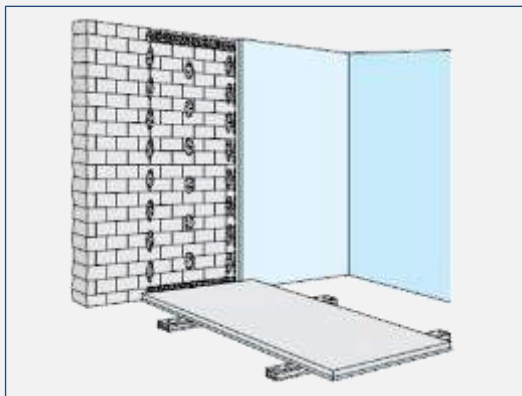


TIPOLOGIE PIÙ RICORRENTI



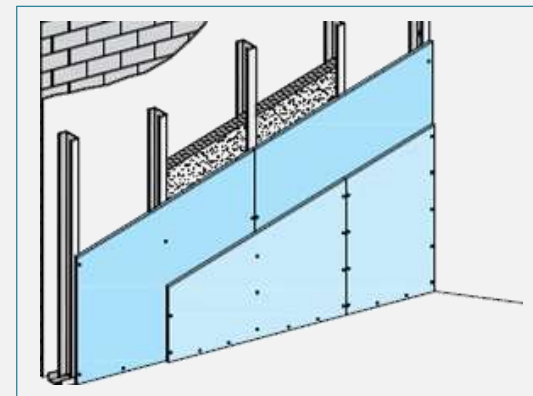
W 623

Orditura metallica
con collegamento
a parete



W 624

Rivestimento isolante



W 625

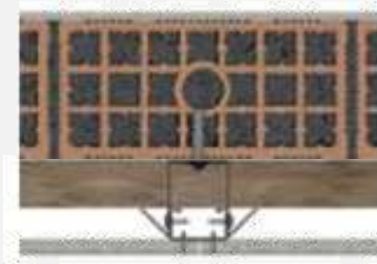
Orditura metallica
autoportante

I. CONTROPARETI

Per incremento R_w



Controparete W 623

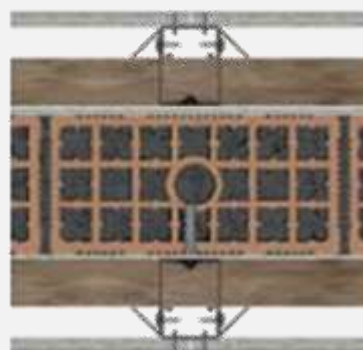
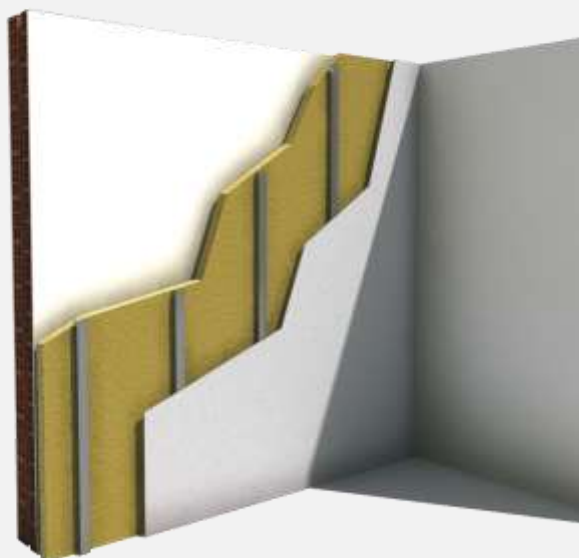


Muratura

Isolante Knauf in lana minerale

Profilo Knauf C Plus 27/50/27 mm, ad interesse 600 mm

1 Lastra Knauf GKB, Spessore 12,5 mm (A13) con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio spessore 15 μ m



→ R_w 60 dB

R_w 42 dB → R_w 56 dB

I. CONTROPARETI

Per incremento R_w



Controparete W625



- Muratura
- Intercapedine 1 cm
- Profilo Knauf C50/75/100 mm
- Isolante Knauf in lana minerale
- 1 Lastra Knauf GKB, spessore 12,5 mm (A13) con interposta barriera al vapore in lamina di alluminio spessore 15 μ m



Rw 42 dB → Rw 58 dB → Rw 59 dB

con Silentboard C 50/50
su forato da 8 cm



Rw 64 dB

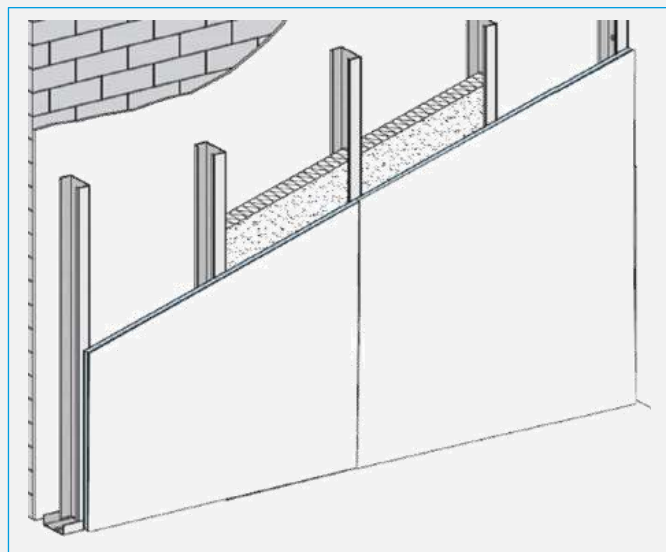
VIDIWALL

I. CONTROPARETI

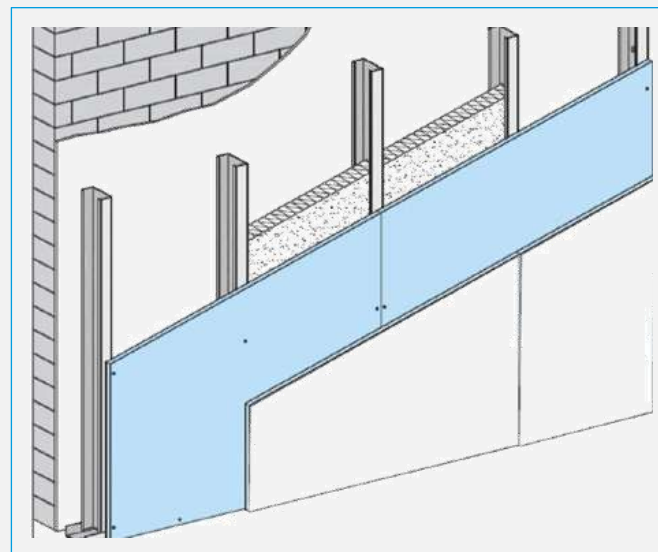
Per incremento R_w



NUOVE PROVE IN ADERENZA CON ORDITURA



R_w 60 dB
W625 - C 50/50+ Kasa
Ekovetro P
sp. 62,5 mm



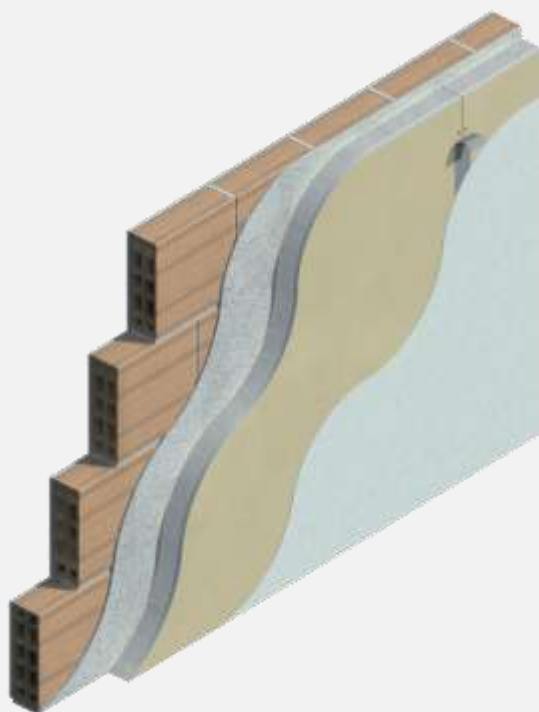
R_w 65 dB
W626 - C 50/50 + Diamant+ Kasa
Ekovetro P
sp. 75 mm

I. CONTROPARETI

Per incremento R_w



Isolastre



CONTROPARETE KNAUF W624 con scatola elettrica Knauf
Rw 52 dB

CONTROPARETE KNAUF W624 - Rw 52 dB

Descrizione

Controparete con Isolastra LM 85 12,5 + 40 mm incollata con Knauf Perfix su una parete in laterizio da 8 cm intonacata in ambo i lati con intonaco di spessore 1 cm.

Controparete Knauf W624 – Rw 52 dB

Stratigrafia	Materiale	Spessore mm
1	Intonaco	10
2	Muratura in laterizio	80
3	Intonaco	10
4	Isolastra LM 85	52,5
5	Scatola elettrica Knauf	12,5
Potere Fonoisolante: $R_w=52$ dB		Spessore totale: 152,5 mm
Potere Fonoisolante: $R_w=52$ dB		Spessore totale: 152,5 mm

I. CONTROPARETI

Per incremento R_w



Rivestimento isolante W624



- Muratura
- Isolante
- Isostra Knauf LM/PSE/XPS/FPE



NOVITÀ

KNAUF ISOLAstra® LM GESSO RIVESTITO + LANA DI VETRO							
ISOLAstra® LM85	LASTRA 9,5 mm			LASTRA 12,5 mm			
Spessore in mm LANA DI VETRO [$\lambda=0,032$ W/mK]	20	38	40	20	30	40	50
PESO Kg/m ²	9,5	10,4	11,2	11,2	12,1	12,9	13,7
RESISTENZA TERMICA [m ² /W]	0,673	0,985	1,298	0,688	1,000	1,313	1,626
ISOLAstra® LM115	LASTRA 9,5 mm			LASTRA 12,5 mm			
Spessore in mm LANA DI VETRO [$\lambda=0,032$ W/mK]	20			20		35	
PESO Kg/m ²	10,5			13,3		15	
RESISTENZA TERMICA [m ² /W]	0,673			0,688		1,156	

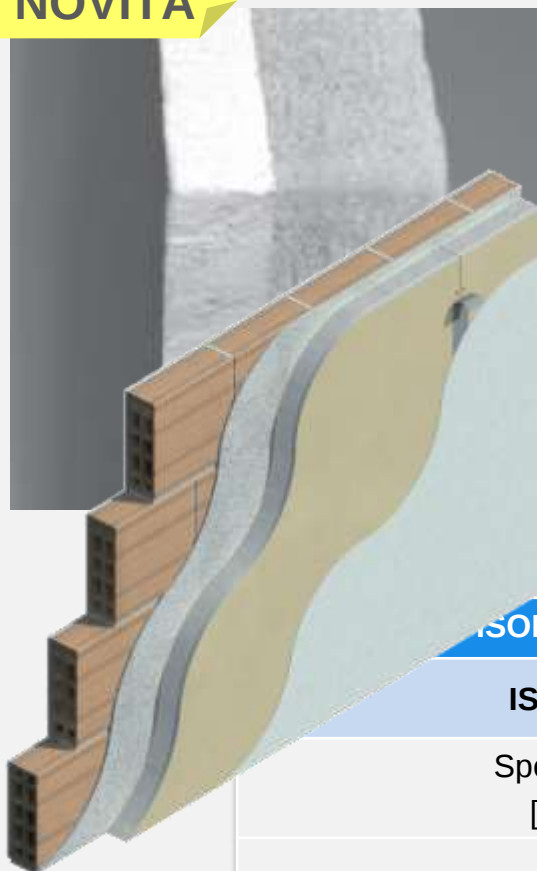
KNAUF ISOLAstra® FPE - GESSO RIVESTITO + FIBRA DI POLIESTERE			
ISOLAstra® FPE	LASTRA 12,5 mm		
Spessore in mm FPE [$\lambda=0,035$ W/mK]	30	40	50
PESO Kg/m ²	11	11,5	12
RESISTENZA TERMICA [m ² /W]	0,920	1,205	1,491

I. CONTROPARETI

Per incremento R_w



NOVITÀ



KNAUF ISOLASTRA® FPE – gesso rivestito + fibra di poliestere

CONTROPARETE KNAUF W624 R_w 56 dB

Descrizione

Le lastre in gesso rivestito Knauf accoppiate con isolante in Fibra di poliestere ISOIFIBTEC PFT (fibra in tessile tecnico a densità differenziata dalle elevate prestazioni termiche e acustiche), Knauf Perifix su una parete in forati da 8 cm intonacata in ambo i lati con intonaco di spessore 1 cm.

Controparete Knauf W624 – R_w 52 dB
 La morbidezza del pannello, l'assenza di polveri al taglio e la durata illimitata nel tempo sono gli ulteriori pregi di questa nuova gamma di prodotti.

Stratigrafia		Materiale		Spessore mm	
1	ISOLASTRA® FPE	Intonaco		10	
2	ISOLASTRA® FPE	Muratura in laterizio	12,5 mm	80	
3	Spessore in mm FPE [λ=0,035 W/mK]	Intonaco	40	50	10
4	PESO Kg/m²	Isolatra FPE	11,5	12	52,5
Potere Fonoisolante: Rw=56 dB			Spessore totale: 152,5 mm		
RESISTENZA TERMICA [m²/W]		0,920	1,205	1,491	

I. CONTROPARETI

Per incremento R_w



NOVITÀ



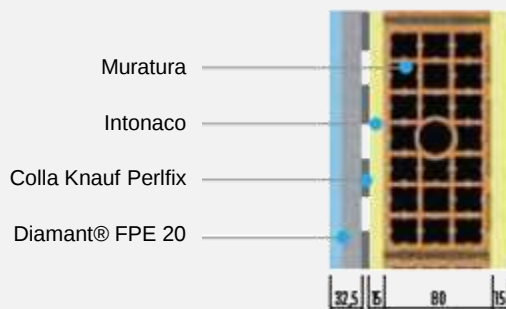
CONTROPARETE DIAMANT® - FPE

- INSTALLAZIONE RAPIDA E SEMPLICE
- OTTIME PERFORMANCE
- MINIMO INGOMBRO
- IDEALE PER LA RISTRUTTURAZIONE E IL RESIDENZIALE

CONTROPARETE INTERNA FORMATA DA LASTRA DIAMANT® - FPE

20 Incollata tramite adesivo a base gesso Knauf Perfix su laterizio forato da 8 cm con 1,5 cm di intonaco per lato.

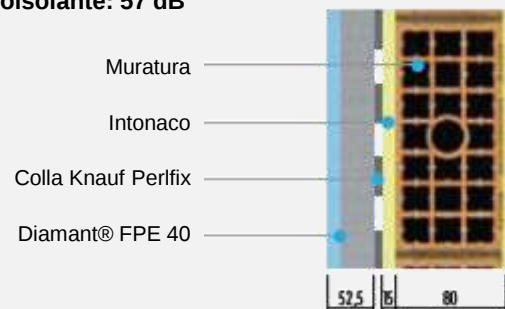
Potere fonoisolante: 55 dB



CONTROPARETE INTERNA FORMATA DA LASTRA DIAMANT® - FPE

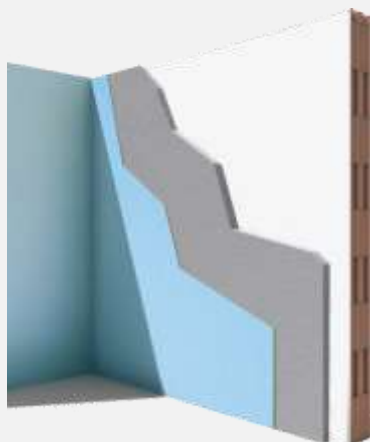
40 Incollata tramite adesivo a base gesso Knauf Perfix su laterizio forato da 8 cm con 1,5 cm di intonaco per lato.

Potere fonoisolante: 57 dB

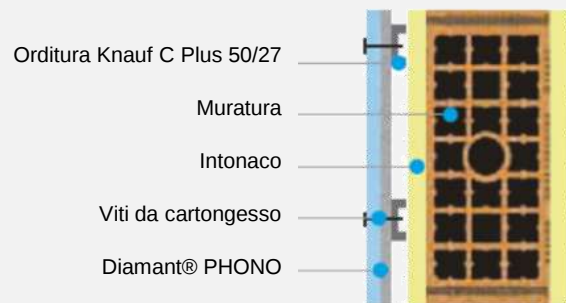


I. CONTROPARETI

Per incremento R_w



La nuova lastra DIAMANT® PHONO, realizzata per applicazione su orditure metalliche, è costituita da una lastra DIAMANT® di spessore 12,5 mm accoppiata con un pannello fonoisolante in fibra di poliestere da 10 mm.



J. CONTROSOFFITTI

Incremento del potere fonoisolante dei solai esistenti



I. CONTROSOFFITTI

Tipologie



Funzione:

- a) Incremento del potere fonoisolante dei solai esistenti
- b) Contenere il rumore di calpestio



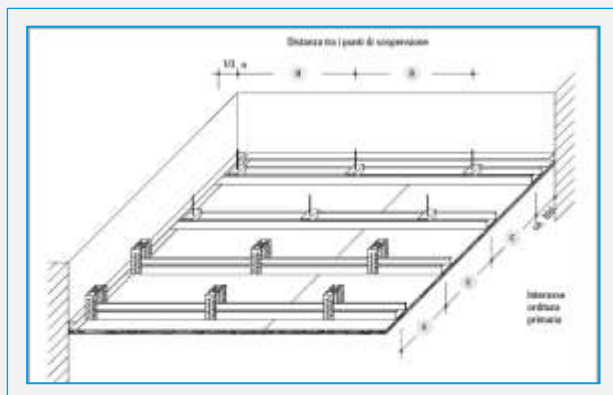
Sistemi pendinati



Sistemi Autoportanti

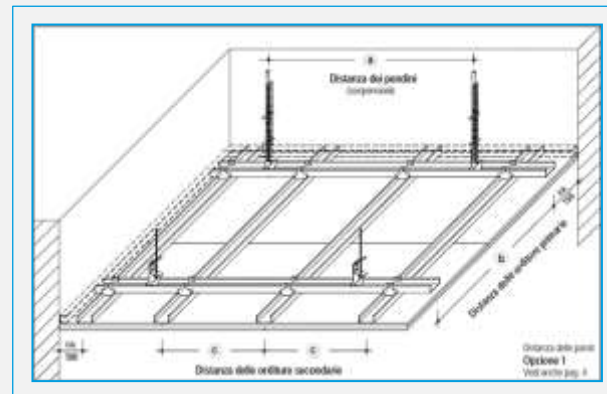
I. CONTROSOFFITTI

Tipologie



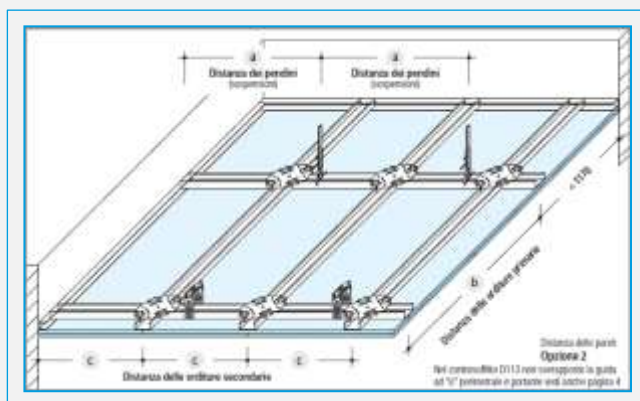
D111

Orditura metallica singola



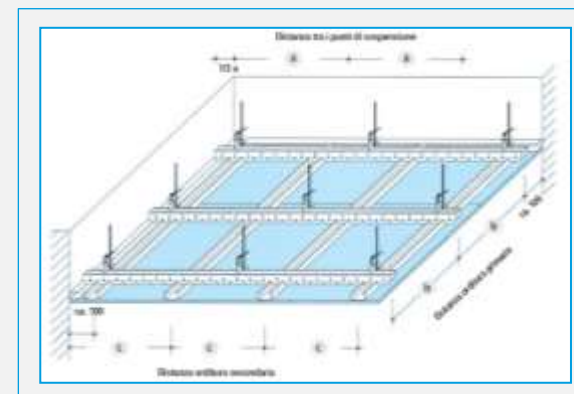
D112

Orditura metallica doppia



D113

orditura metallica doppia non sovrapposta

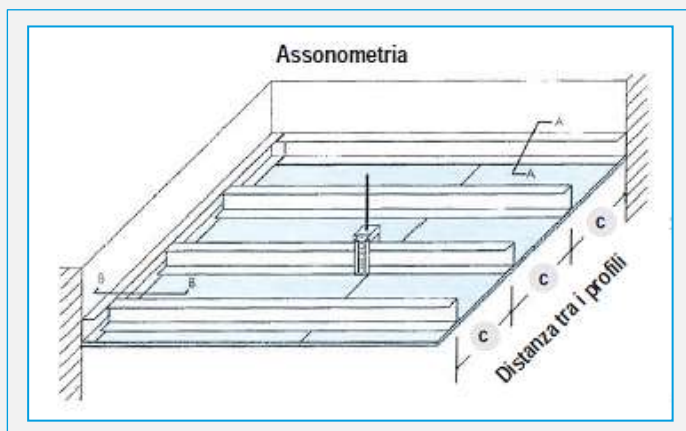


D114

orditura metallica doppia con profilo a scatto

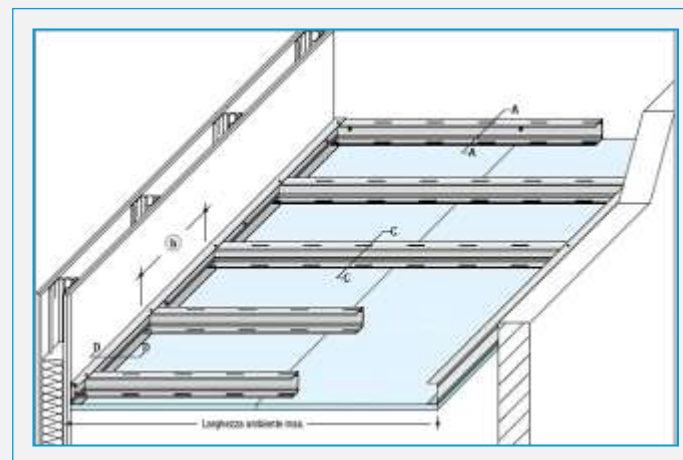
I. CONTROSOFFITTI

Tipologie



D116

Orditura per grandi luci



D117-131

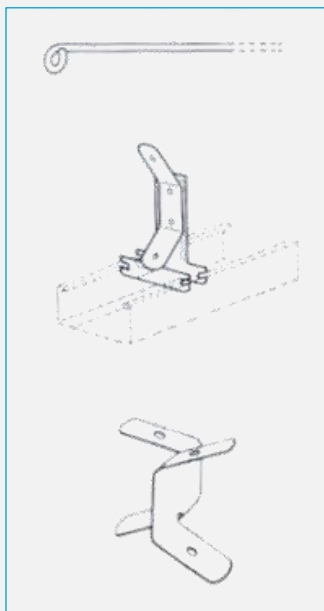
Orditura metallica autoportante

I. CONTROSOFFITTI

Sistemi di sospensione



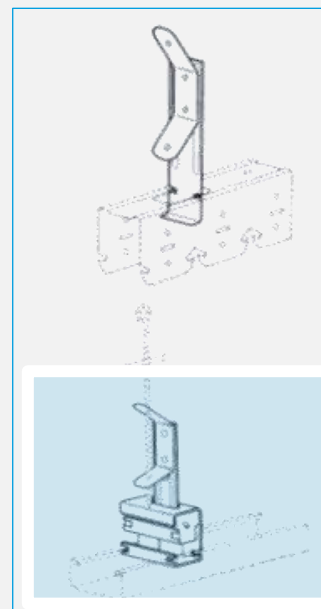
PORTATA FINO A 25 KG



Pendino

Gancio con molla

Molla di
regolazione per
pendini doppi



Gancio con molla
per profilo a scatto

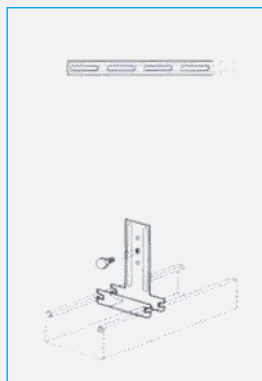
Gancio Silent
con molla

I. CONTROSOFFITTI

Sistemi di sospensione

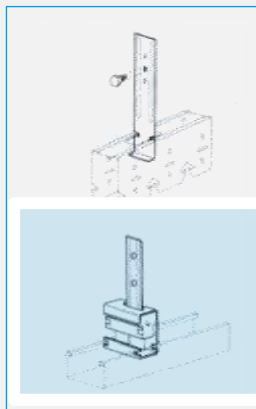


PORTATA FINO A 40 KG



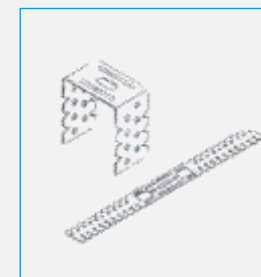
Riga asolata

Gancio dritto

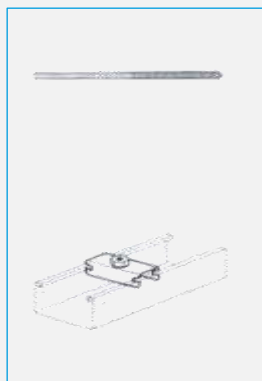


Gancio dritto per
profilo a scatto

Gancio Silent

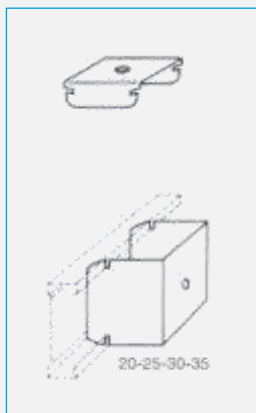


Distanziatore
universale



Vite di
congiunzione

Gancio semplice
con dado



Gancio
Semplice
distanziato



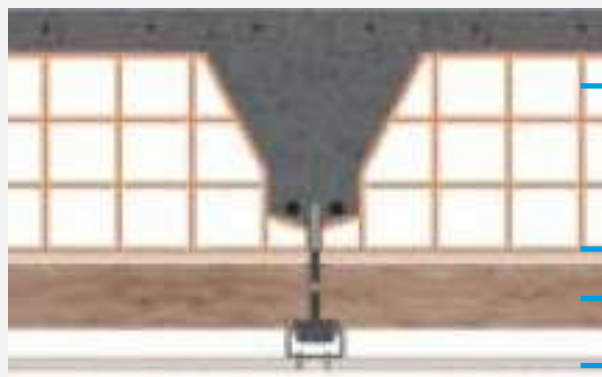
Pendino
grandi luci

I. CONTROSOFFITTI

Per incremento R_w e $L_{n,w}$



Controsoffitto in aderenza D111



Solaio

Isolante

Profilo Knauf C Plus 27/50/27 mm, ad interasse 500 mm

Lastra Knauf GKB, spessore 12,5 mm
con barriera al vapore in lamina di
alluminio spessore 15 μ m

$D R_w$ +10/18 dB $D L_{n,w}$ - 20/30 dB

Lastra GKB (A) 12,5

Lastra Diamant® DHF 12,5

Lastra Silentboard® DF 12,5



I. CONTROSOFFITTI

Per incremento R_w e $L_{n,w}$



Controsoffitto in aderenza D112



Solaio

Intercapedine di 20 cm

isolante

Lastra Knauf GKB, spessore 12,5 mm
con barriera al vapore in lamina di
alluminio spessore 15 μm

$\Delta R_w + 15/20 \text{ dB}$ $\Delta L_{n,w} - 30/40 \text{ dB}$

Lastra GKB (A) 12,5

Lastra Diamant® DHF 12,5

Lastra Silentboard® DF 12,5



I. CONTROSOFFITTI

Per incremento R_w e $L_{n,w}$



Controsoffitto ribassato D112 SISTEMA ANTISFONDELLAMENTO



— Solai



R_w 49 dB $\rightarrow$ R_w 64 dB

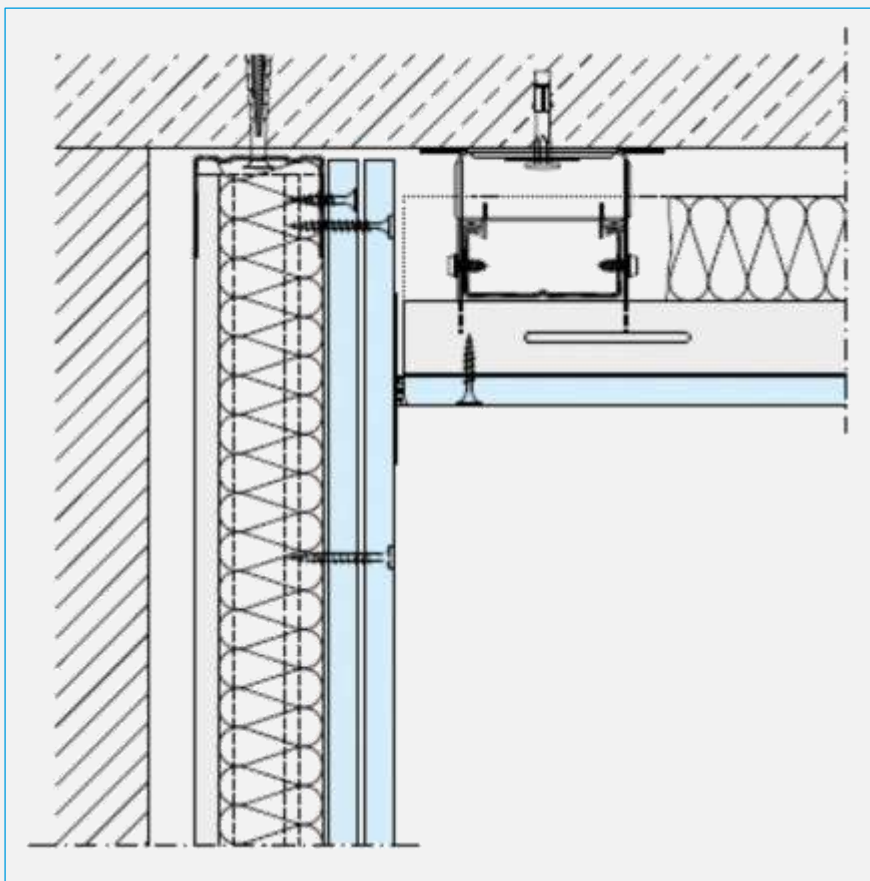
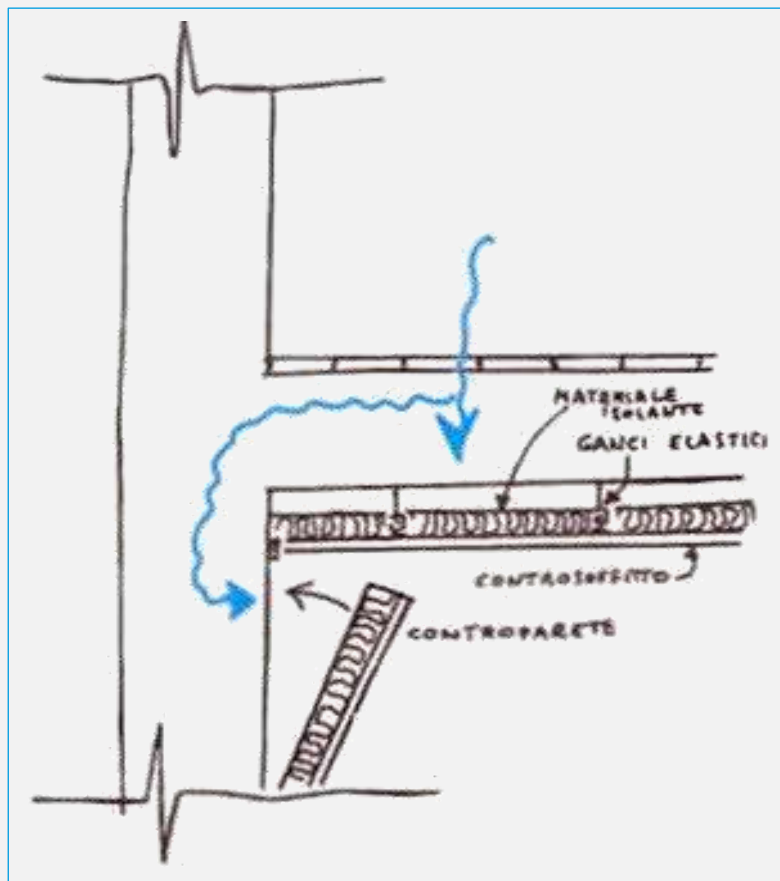
$L_{n,w}$ 88 dB $\rightarrow$ $L_{n,w}$ 67 dB



I. CONTROSOFFITTI

Per incremento R_w e $L_{n,w}$

ISOLARE UN PAVIMENTO DAI RUMORI DI CALPESTIO



Nodo tipico: incrocio tra controparete (1) e controsoffitto (2)

K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Sottofondi e rumore di calpestio

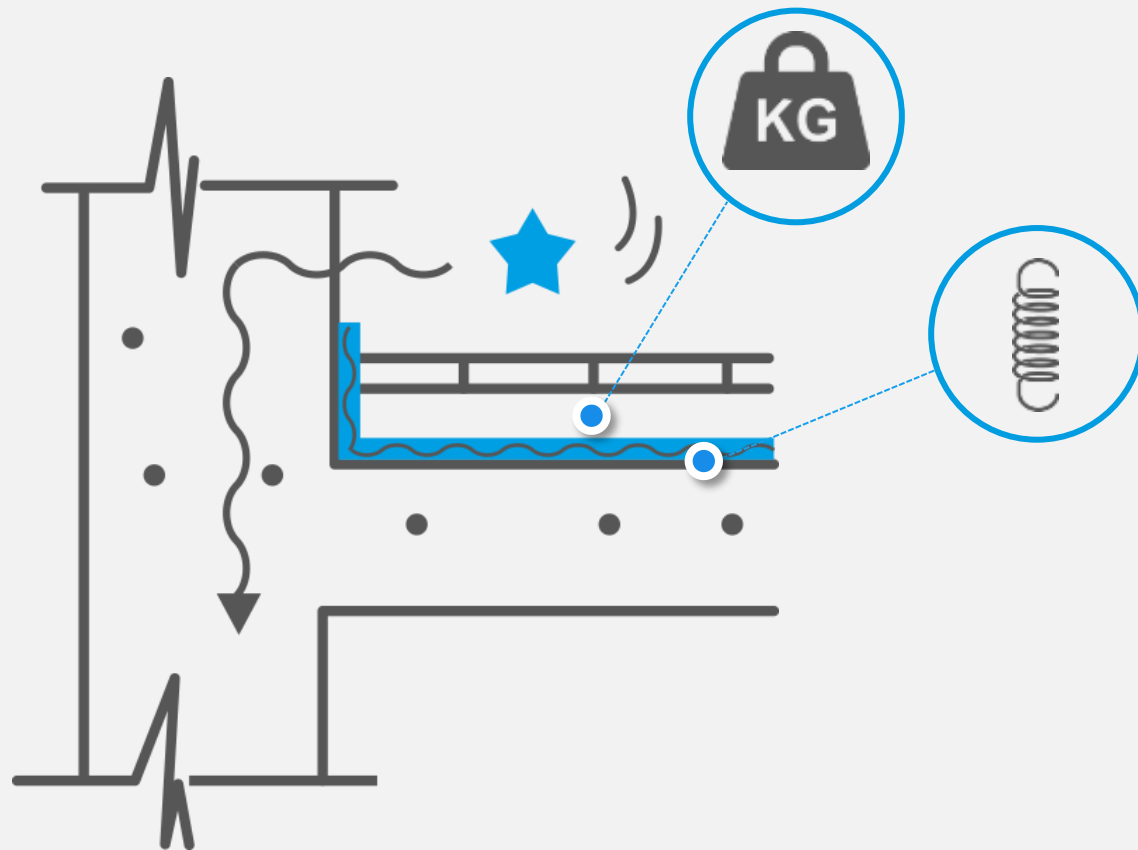


K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Per migliorare $L_{n,w}$



**ISOLARE UN PAVIMENTO DAI RUMORI DI CALPESTIO
POSANDO IL PAVIMENTO SU UNO STRATO RESILIENTE**

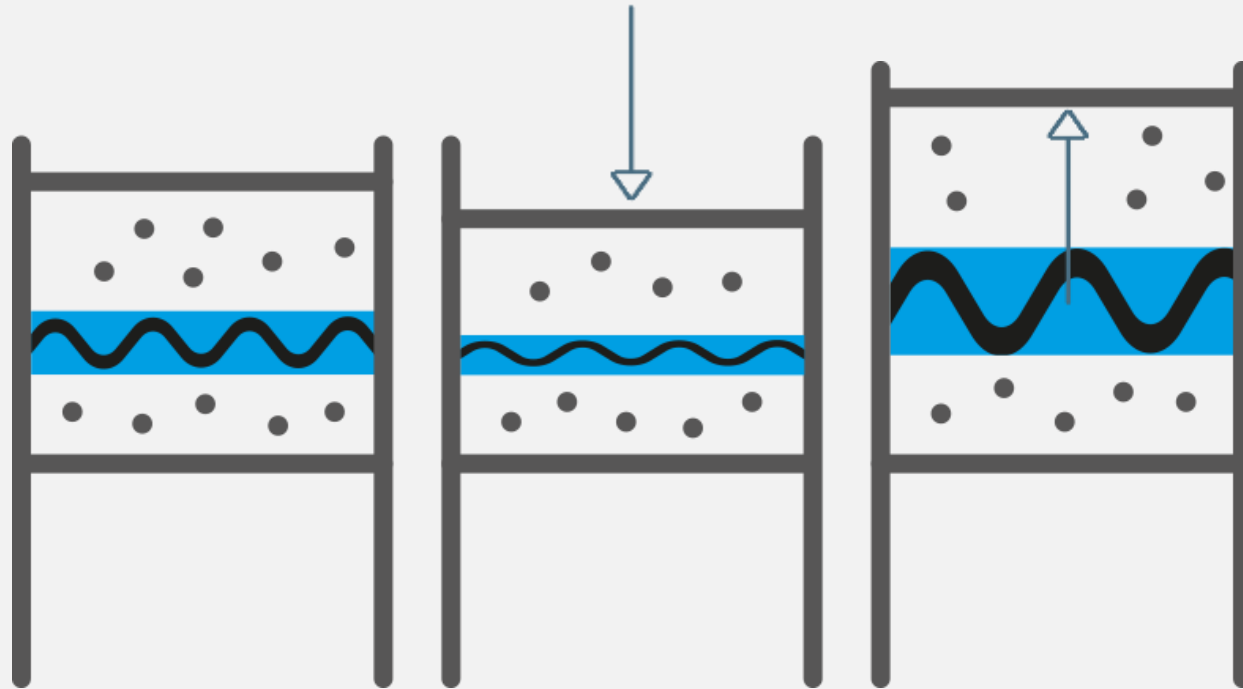


K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Per migliorare $L_{n,w}$



MASSETTI GALLEGGIANTI - Legge Massa - Molla - Massa



M - m - M

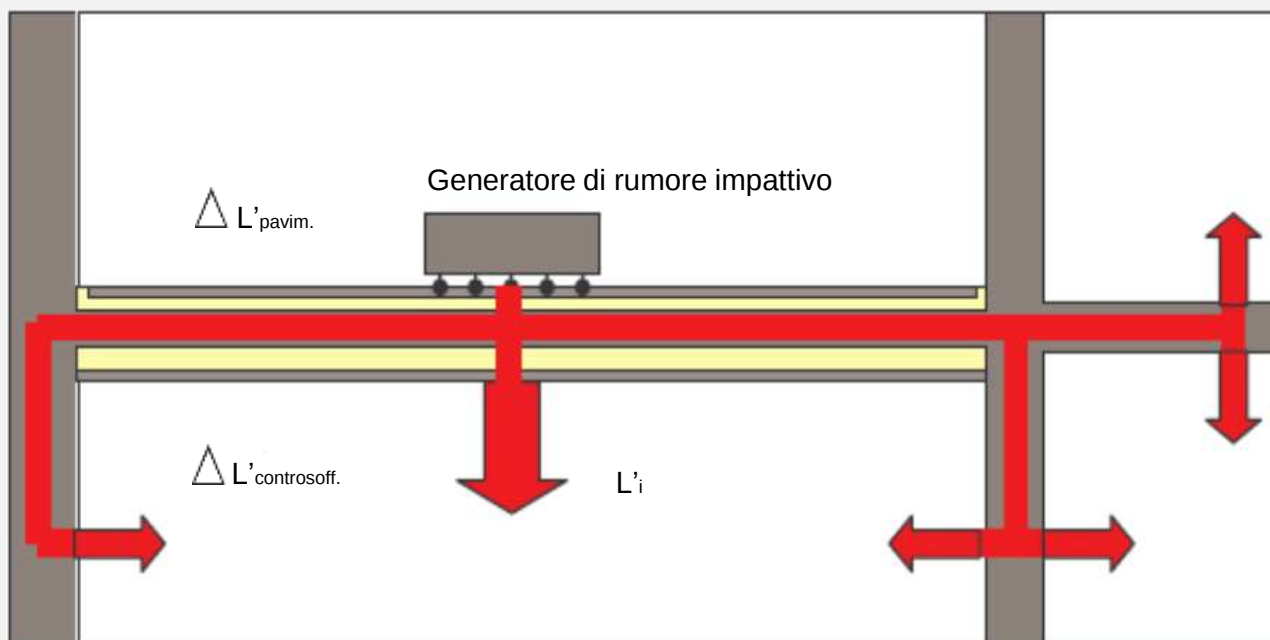
K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Misura $L_{n,w}$



L'isolamento dal rumore di calpestio di solai viene misurato con la UNI EN ISO 16283-1 che sostituisce la UNI EN ISO 140 parte VII.

$$L = L - 10 \log A_0/A \quad [\text{dB}]$$

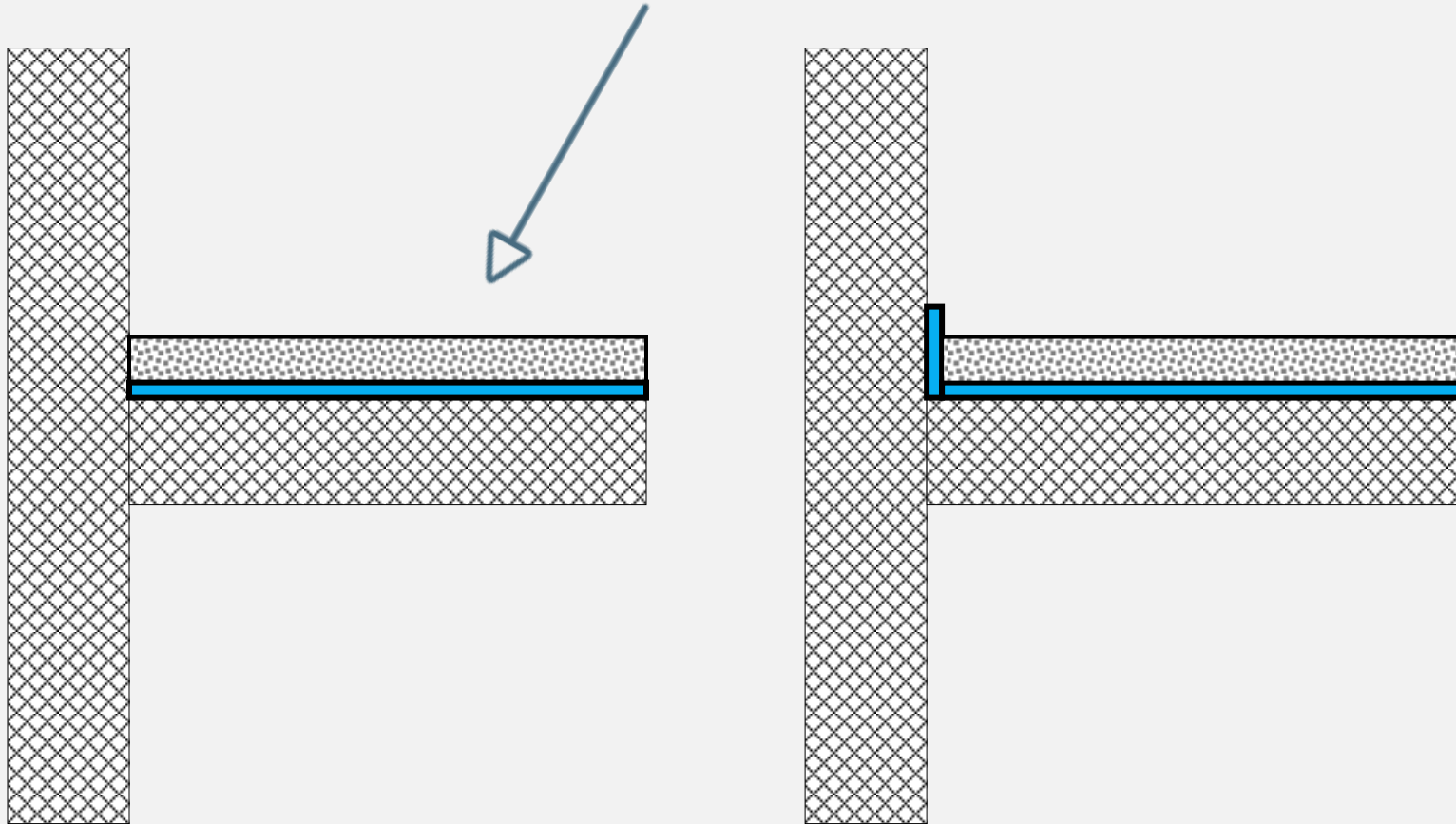


K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Modalità di posa



Errori più comuni



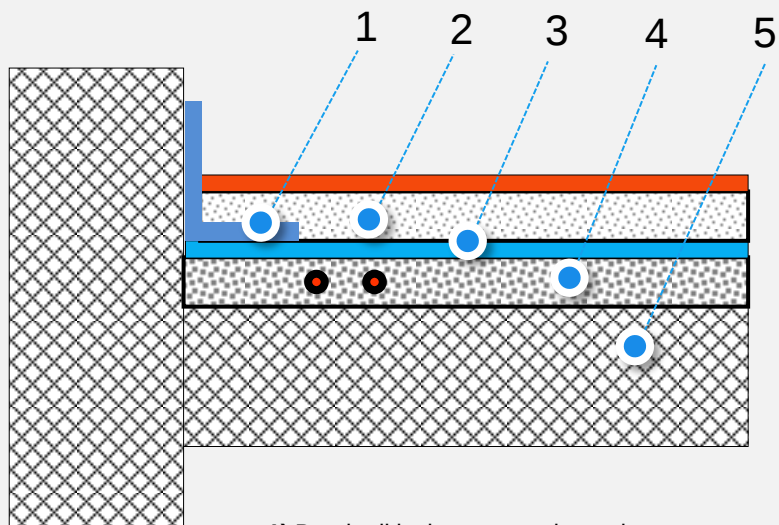
K. MASSETTI GALLEGGIANTI

UNI 11516

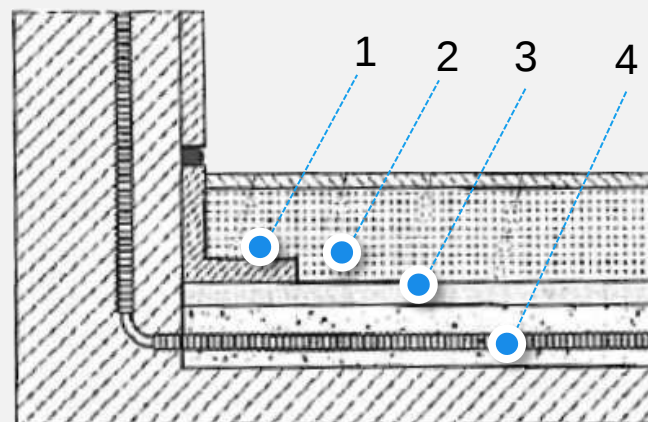


La NORMA UNI 11516 fornisce le indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l'isolamento acustico

Sistema di pavimentazione galleggiante che adotta come strato di supporto il sottofondo:



- 1) Banda di isolamento perimetrale
- 2) Massetto e pavimentazione
- 3) Materiale resiliente
- 4) Sottofondo
- 5) Solaio portante

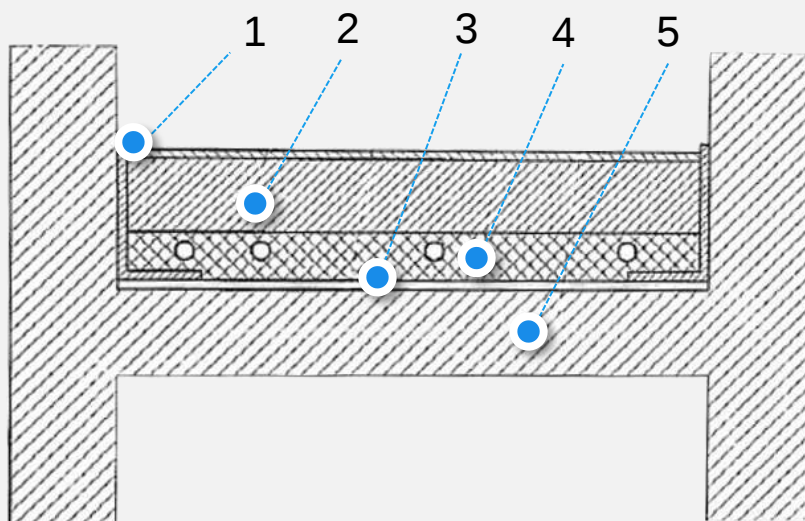


- 1) Banda di isolamento perimetrale
- 2) Massetto e pavimentazione
- 3) Materiale resiliente
- 4) Canalizzazione impiantistica

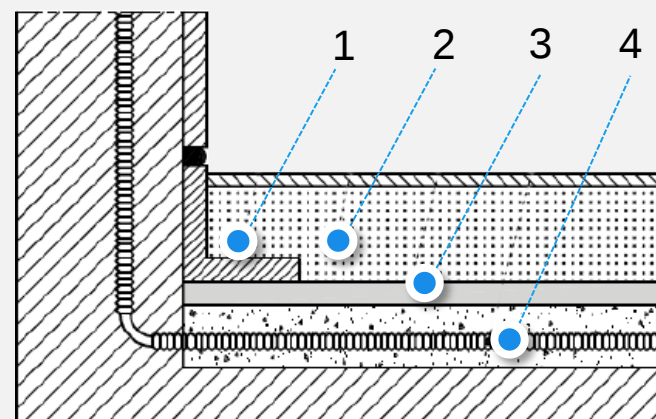
K. MASSETTI GALLEGGIANTI UNI 11516



Sistema di pavimentazione galleggiante che adotta come strato di supporto la partizione orizzontale:



- 1) Banda di isolamento perimetrale
- 2) Massetto e pavimentazione
- 3) Materiale resiliente
- 4) Sottofondo
- 5) Solaio portante



- 1) Banda di isolamento perimetrale
- 2) Massetto e pavimentazione
- 3) Materiale resiliente
- 4) Canalizzazione impiantistica

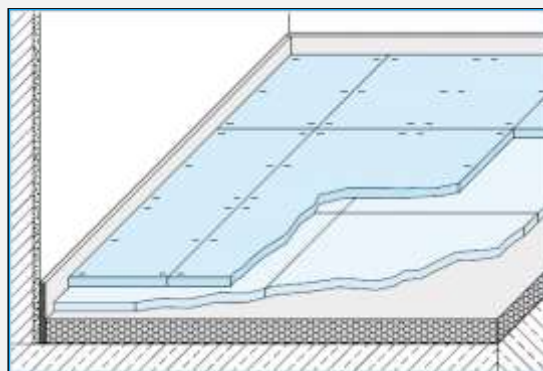
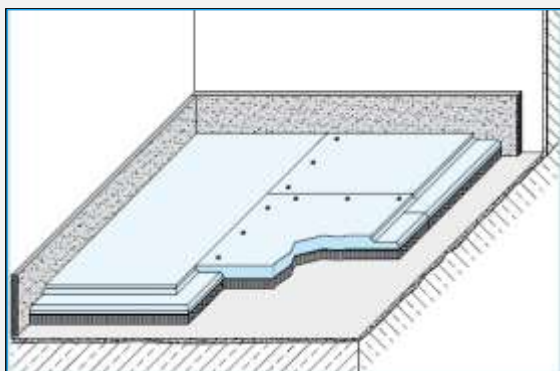
K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Tipologie

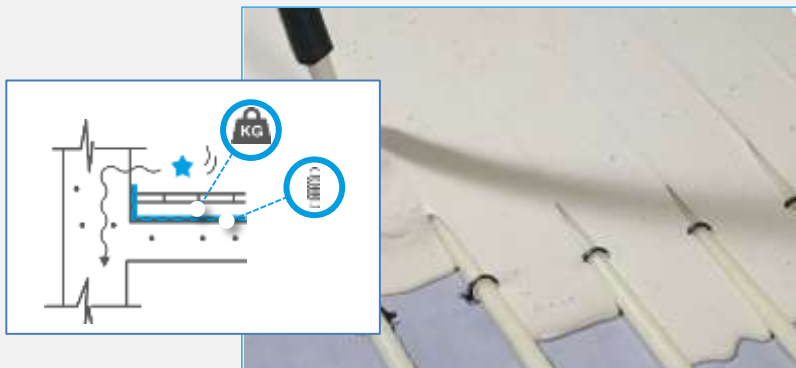


Massetto secco o massetto fluido autolivellante di tipo galleggiante:

SISTEMI A SECCO



MASSETTI FLUIDI O TRADIZIONALI



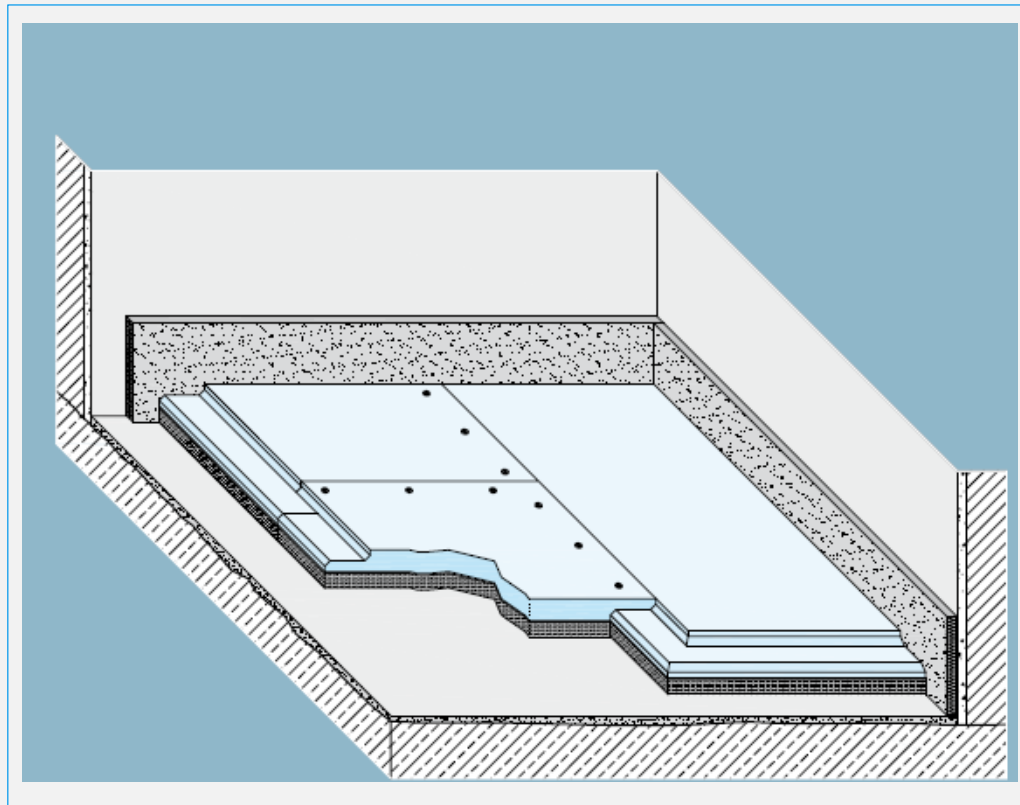
Non solo massetti ma anche strato resiliente es. Silentpad

K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Sottofondo a secco F126



SISTEMA SOTTOFONDI A SECCO BRIO F126

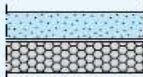


K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Sottofondo a secco F126



SISTEMA SOTTOFONDI A SECCO F126 CON LASTRE IN GESSO FIBRA LASTRE BRIO

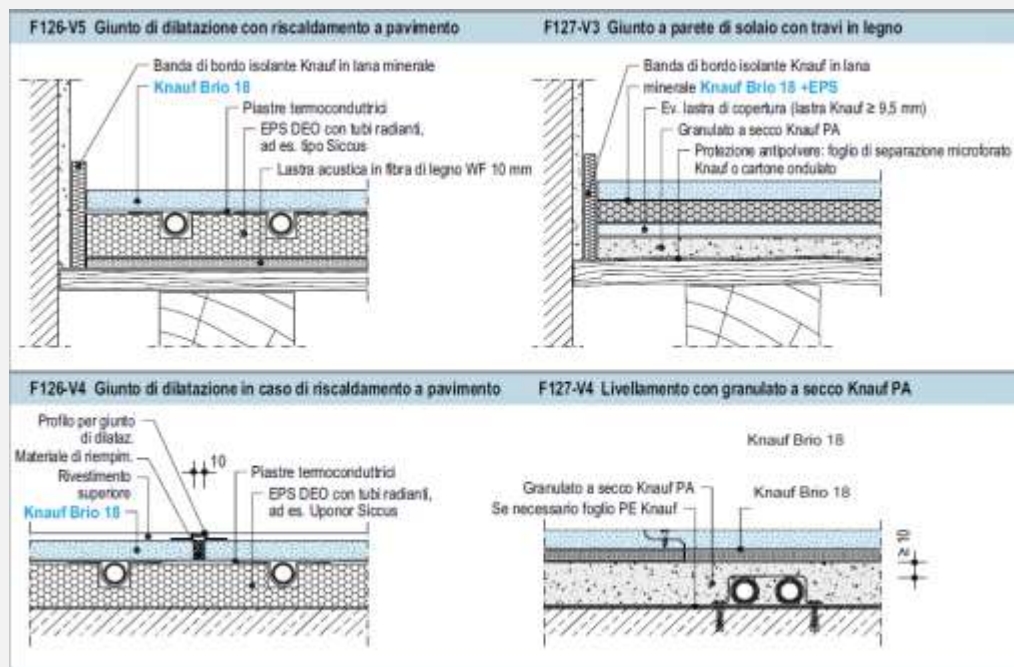
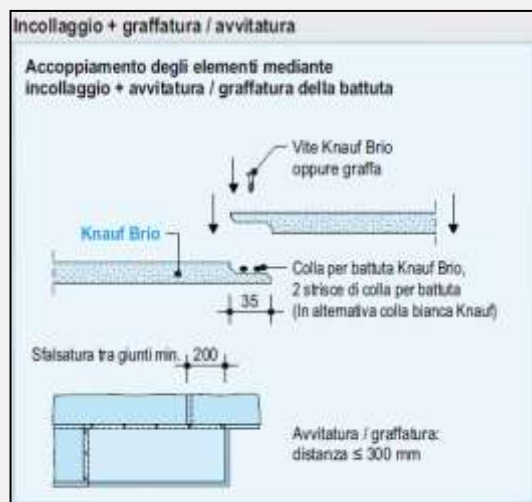
Strato portante		Resistenza termica R	
Elemento	Spessore mm	m²K/W	
F126 Elementi Knauf Brio			
	Brio 18	18	0,05 ¹⁾ / 0,06 ²⁾
	Brio 23	23	0,06 ¹⁾ / 0,08 ²⁾
F127 Elementi compositi Knauf Brio			
	Brio 18 WF	28	0,19 ¹⁾
	Brio 18 EPS	38	0,55 ¹⁾
	Brio 23 WF	33	0,20 ¹⁾

K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Sottofondo a secco F126



PARTICOLARI COSTRUTTIVI



Conducibilità termica W/(mK)	$\lambda_R^{(1)}$	$\lambda_{50}^{(2)}$
Knauf Brio	0,38	0,30
Pavilastre Knauf	0,21	
EPS	0,04	
Lastre acustiche in fibra di legno Knauf WF	0,07	
Granulato a secco Knauf PA	0,23	
Knauf EPO-Leicht	0,07	

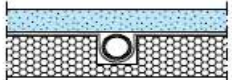
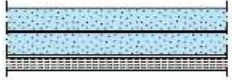
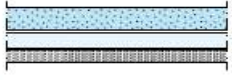
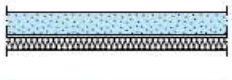
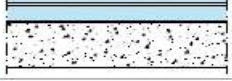
Fattore di resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ	
Knauf Brio	ca. 17
Pavilastre Knauf	5 - 10
EPS	30 - 70
Lastre acustiche in fibra di legno Knauf WF	5
Granulato a secco Knauf PA	1 - 2
Knauf EPO-Leicht	1 - 2

K. MASSETTI GALLEGGIANTI

Certificati di laboratorio



Attenuazione della pressione sonora di calpestio ΔL per diverse strutture con Knauf Brio su solai pieni

Stratigrafia pavimento + stratigrafia sotto lo strato portante	Spessore totale mm	Attenuazione pressione sonora di calpestio, solai pieni (indice di attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio)		Certificati
		val. stimato $\Delta L_{w,R}$ (dB)	val. speriment. $\Delta L_{w,P}$ (dB)	
 ■ Brio 18 / Brio 23 ■ 20 mm EPS DEO	38 / 43	16	18	ricavati da misurazione TUB ita 0034.04-P85
 ■ TUB 2x 12,5 ■ 10 mm fibra di legno oppure ■ 20 mm EPS DEO	35 45	16	18	ita 0034.04-P85 iBP P-BA 143/92
 ■ Brio 18 / Brio 23 ■ 10 mm fibra di legno	28 / 33	17	19	ita 0034.04-P85
 ■ Brio 18 / Brio 23 ■ 25 mm riscaldamento a pavimento di tipo B misurato con Uponor Siccus	43 / 48	18	20	su richiesta
 ■ Brio 18 + Brio 18 ²⁾ ■ 10 mm fibra di legno	46	18	20	ita 0034.04-P85
 ■ Brio 18 + TUB 12,5 ²⁾ ■ 10 mm fibra di legno	40,5	19	21	ita 0034.04-P85
 ■ Brio 18 / Brio 23 ■ 12 mm lana minerale, $s' \leq 70 \text{ MN/m}^3$ misurato con Knauf Insulation TP-GP 12-1	30 / 35	20	22	su richiesta
 ■ TUB 2x 12,5 ■ 35 mm granulato a secco Knauf PA	60	20	22	iBP GS 244/81

L. CASE HISTORY

Collaudi in opera



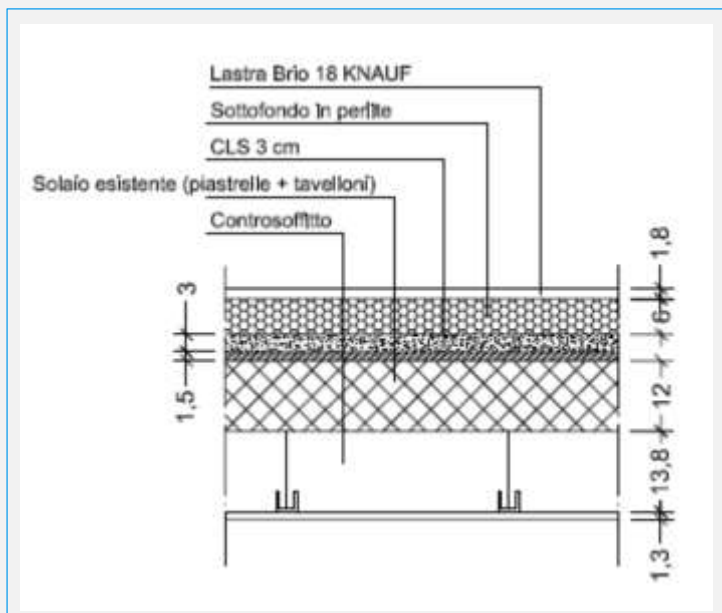
L. CASE HISTORY

Massetti galleggianti e controsoffitti

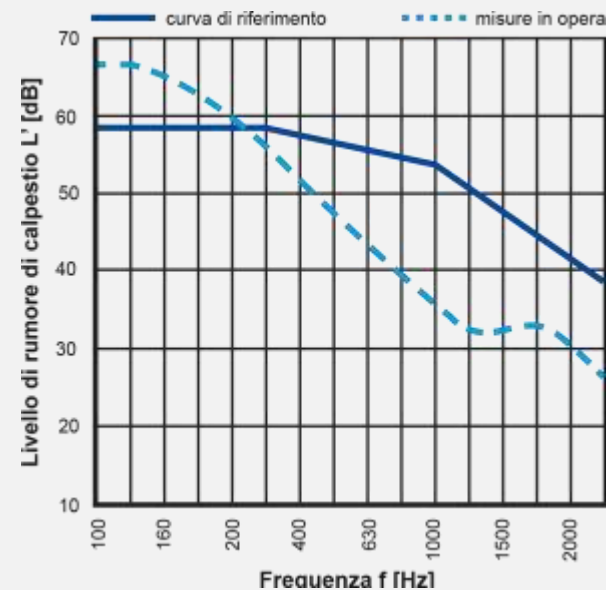


Nella realtà a Gavirate VA

Solaio tra PT e P1



Frequenza f Hz	L'n Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	66,7
125	67,2
160	65,4
200	63,3
250	59,7
315	56,0
400	52,3
500	48,0
630	43,1
800	39,6
1000	36,1
1250	32,7
1600	32,3
2000	33,6
2500	30,6
3150	
4000	26,6
5000	



Valutazione secondo ISO 717 - 2:

$L'_{nw} = 67,0 \text{ dB}$ - $C1 = 0 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera

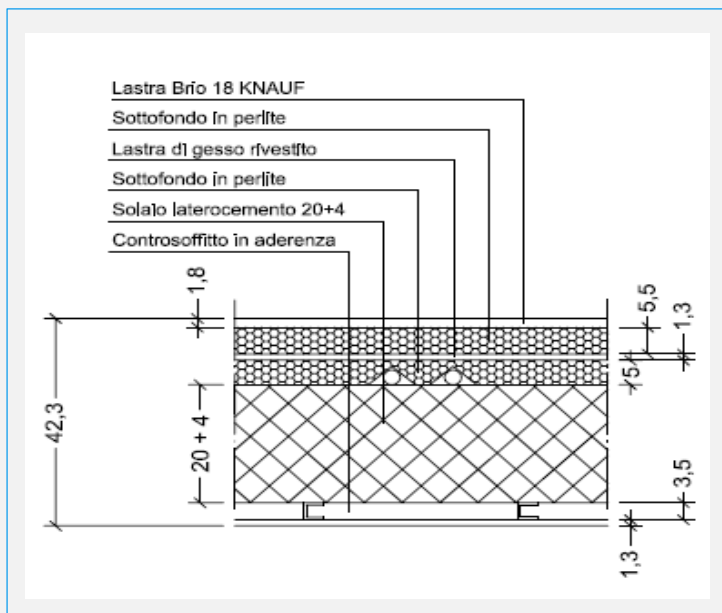
$L'_{nw} = 57 \text{ dB}$

L. CASE HISTORY

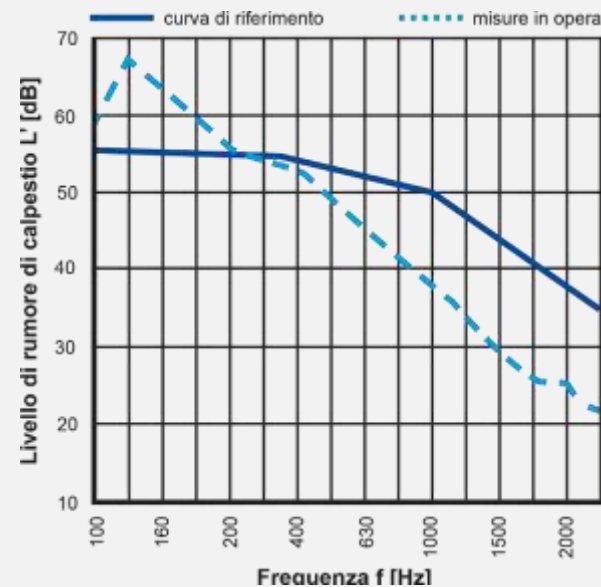
Massetti galleggianti e controsoffitti



Solaio tra P1 e P2



Frequenza f Hz	L'n Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	57,4
125	66,5
160	62,8
200	59,4
250	55,7
315	54,8
400	52,5
500	49,2
630	45,0
800	41,4
1000	37,9
1250	34,8
1600	29,8
2000	25,4
2500	25,0
3150	
4000	21,5
5000	



Valutazione secondo ISO 717 – 2:

$L'_{nw} = 63,0 \text{ dB}$. - $C1 = 1 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera

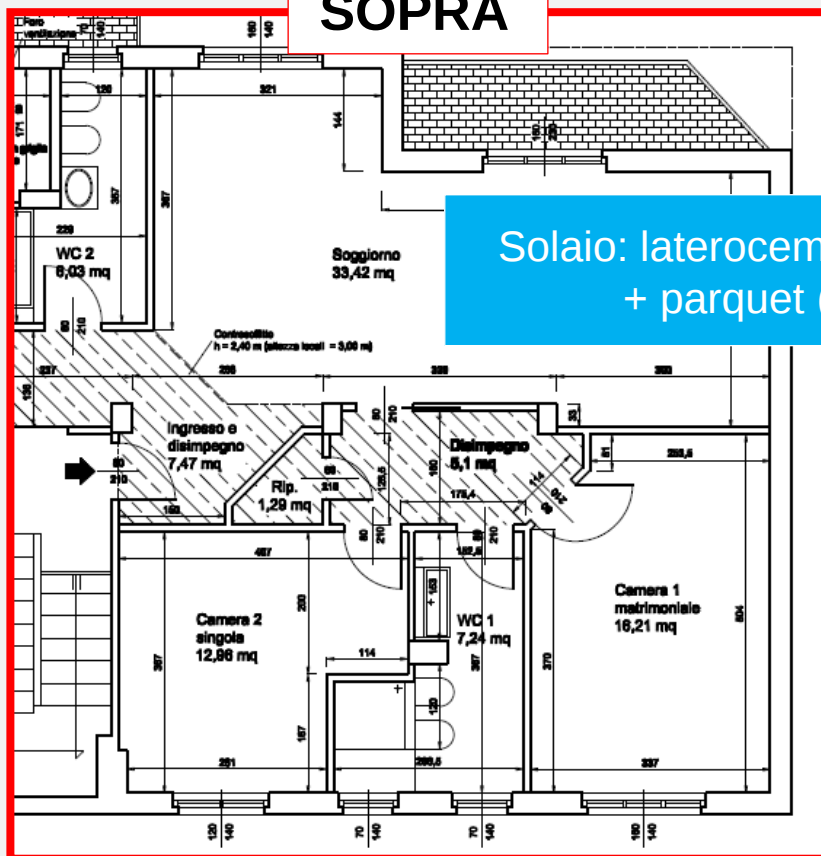
$L'_{nw} = 53 \text{ dB}$

L. CASE HISTORY

Massetti galleggianti e controsoffitti

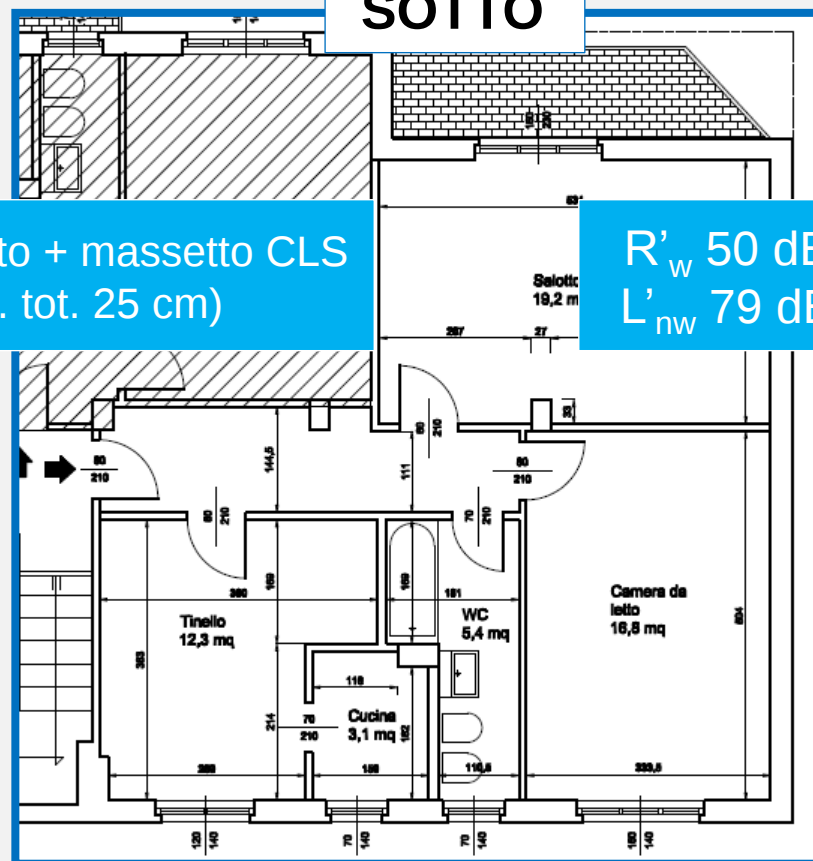


SOPRA



Solaio: laterocemento + massetto CLS
+ parquet (sp. tot. 25 cm)

SOTTO



R'_w 50 dB
 L'_{nw} 79 dB

Pareti ext: laterizio+CTG
Pareti int: CTG

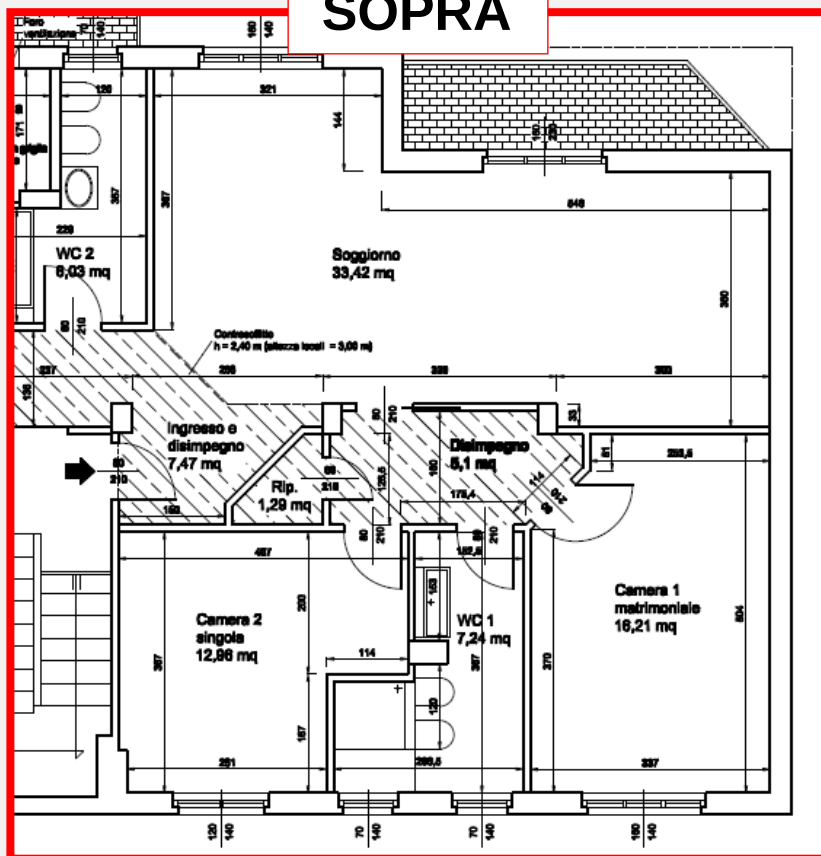
Pareti ext: laterizio
Pareti int: laterizio

L. CASE HISTORY

Massetti galleggianti e controsoffitti

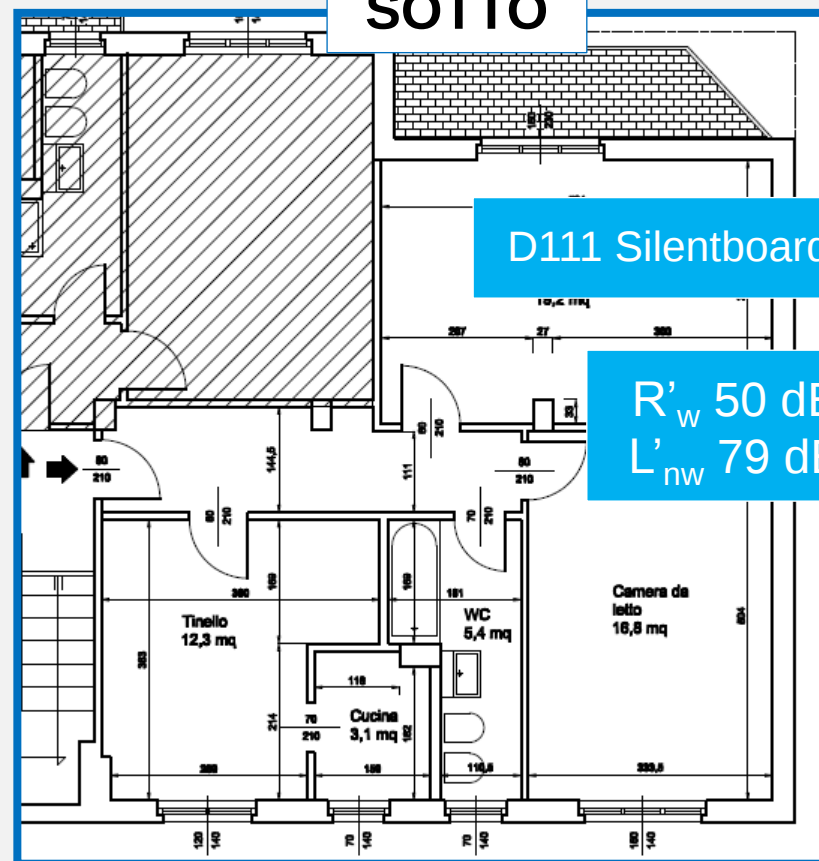


SOPRA



Pareti ext: laterizio+CTG
Pareti int: CTG

SOTTO



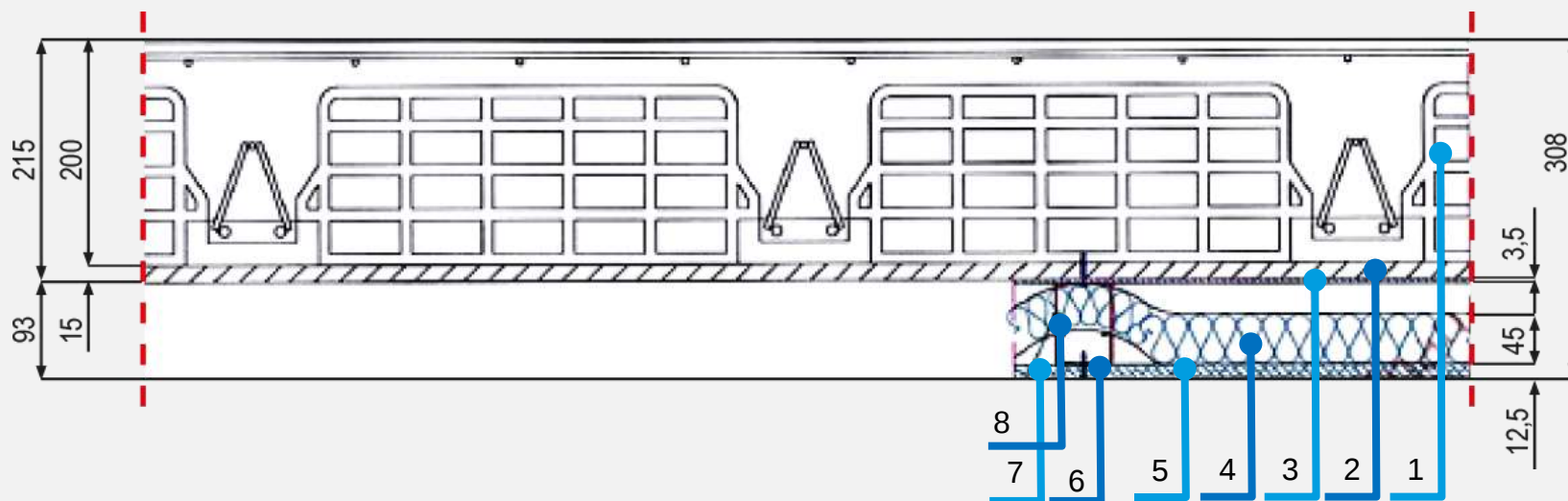
Pareti ext: laterizio
Pareti int: laterizio

L. CASE HISTORY

Controsoffitto D111



Particolare della sezione del campione



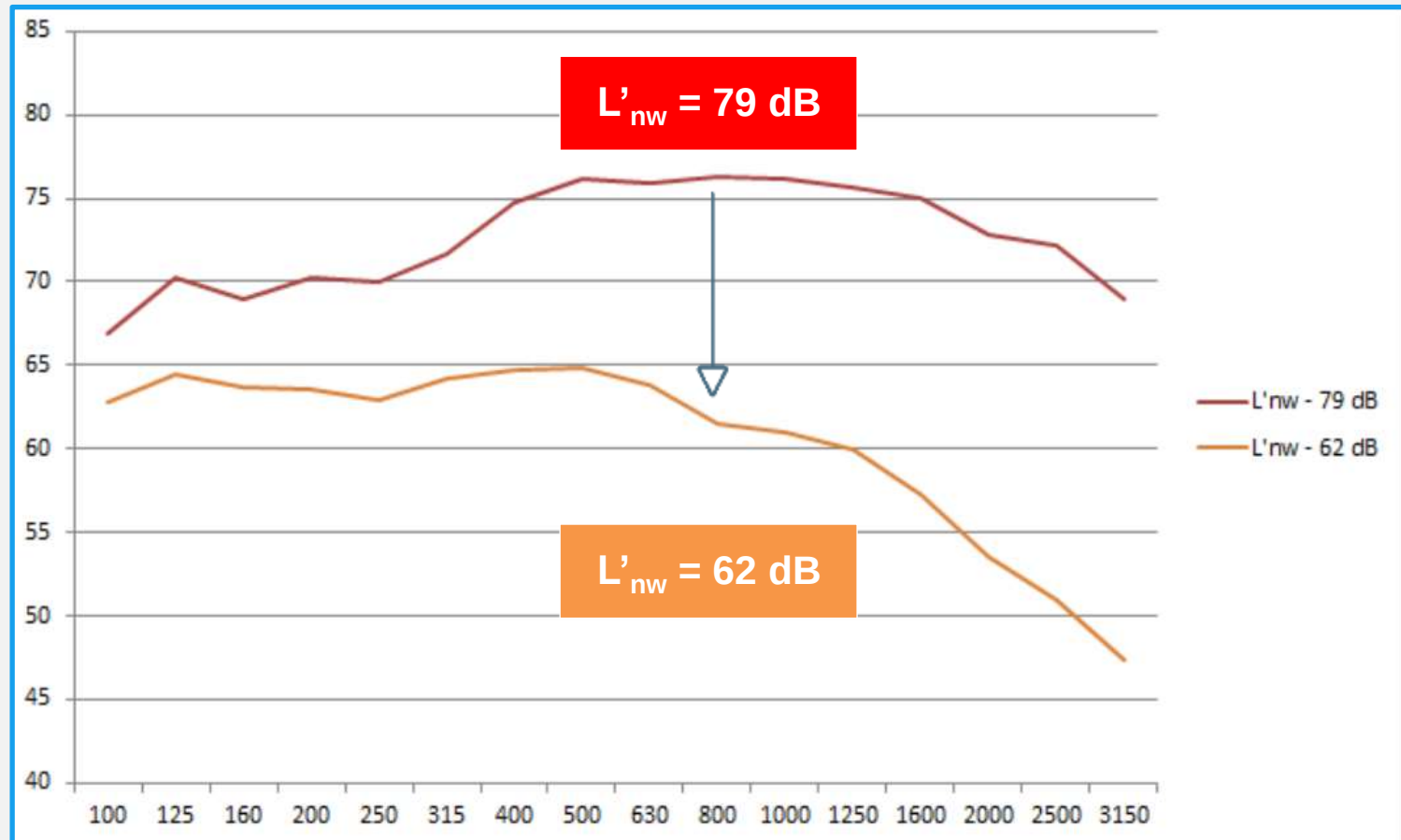
D111 Silentboard

L. CASE HISTORY

Controsoffitto D111



$L'_{n,w}$

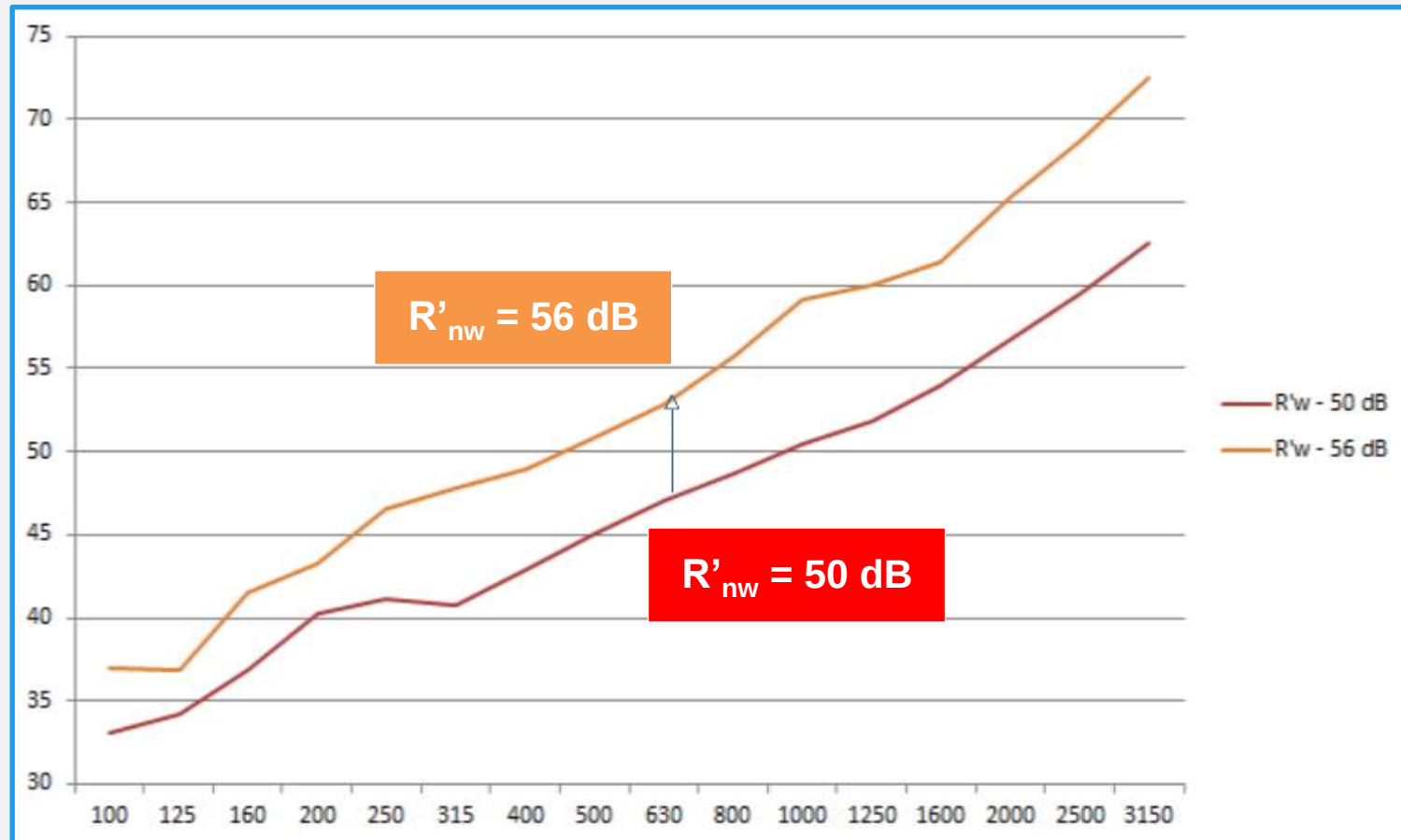


L. CASE HISTORY

Controsoffitto D111



R'_w

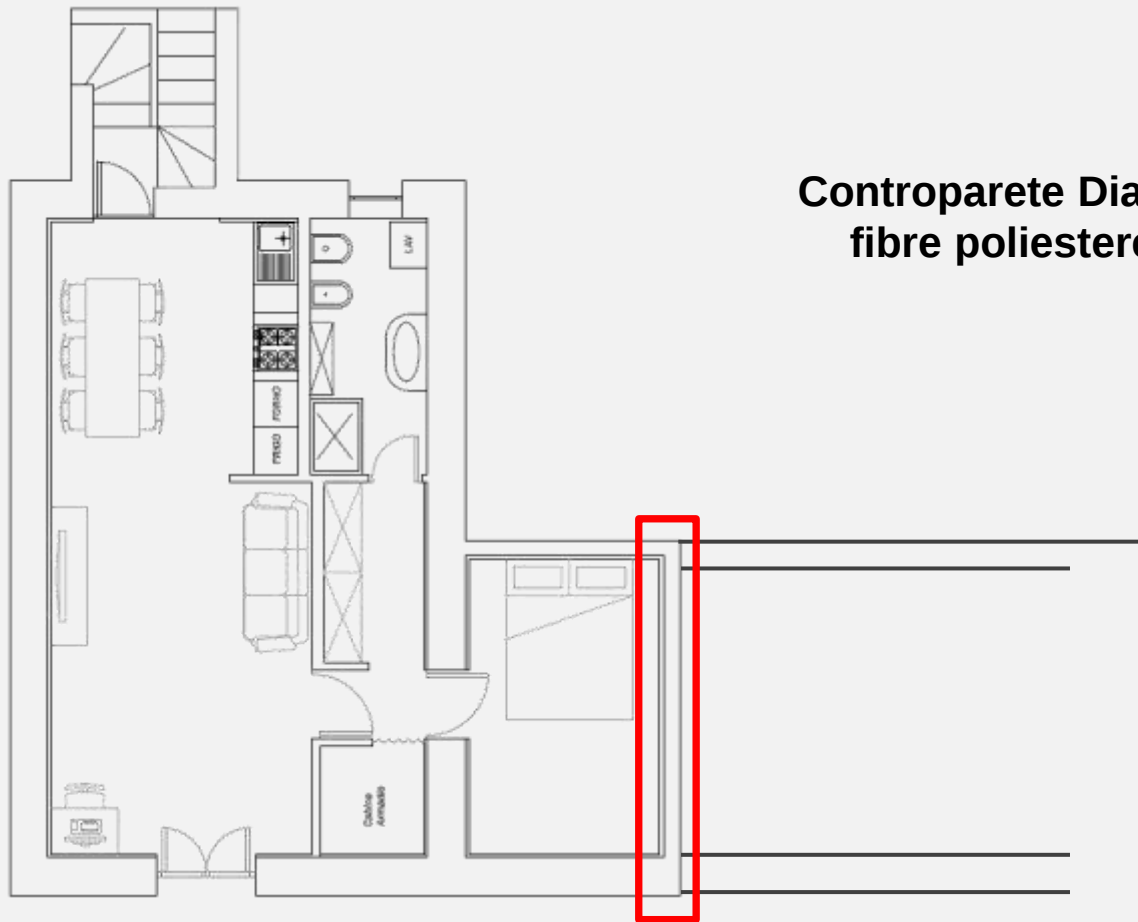


L. CASE HISTORY

Controsoffitto W624



PROVE IN OPERA - CONTROPARETE KNAUF W624



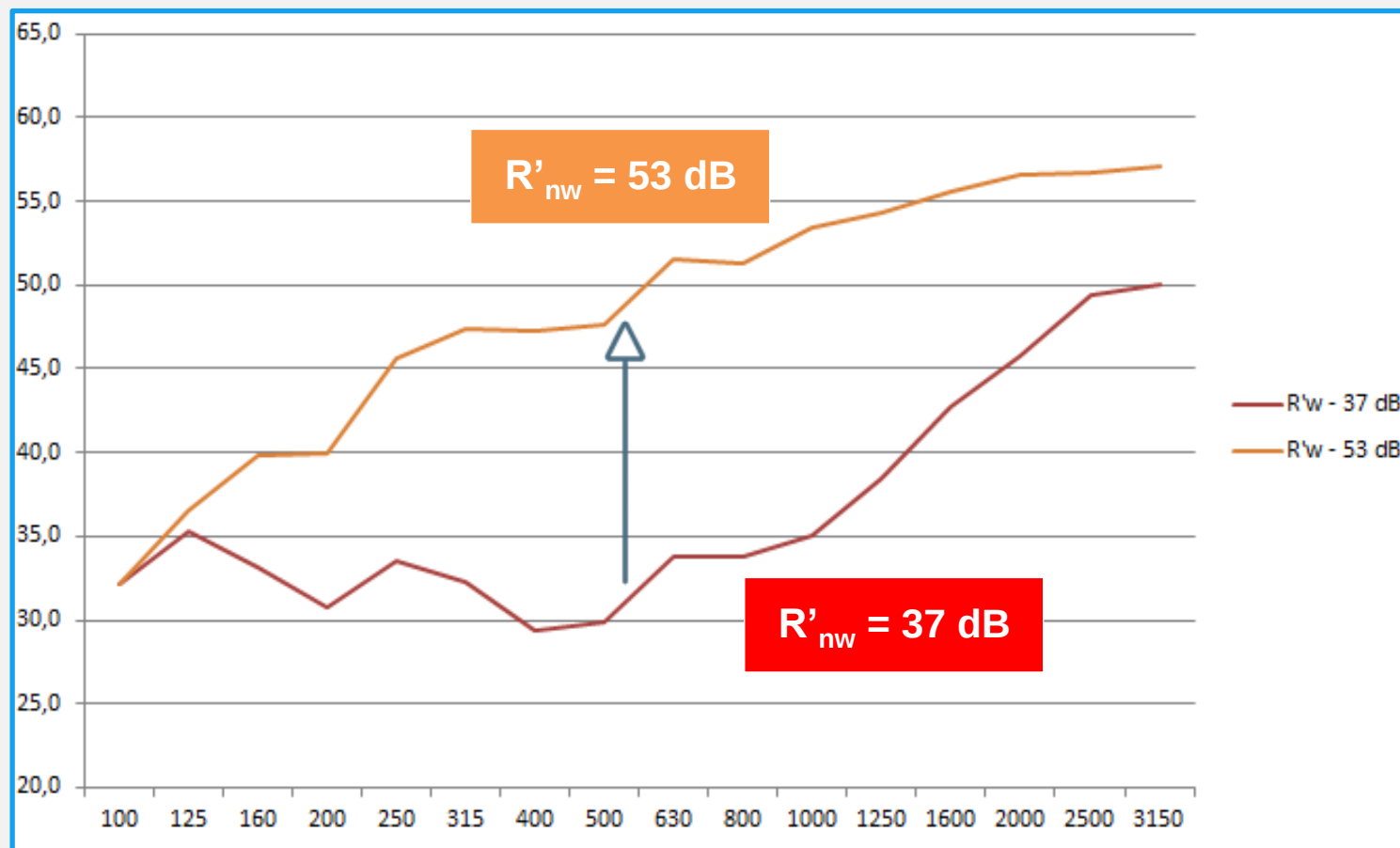
**Controparete Diamant + 4 cm
fibre poliestere incollata**

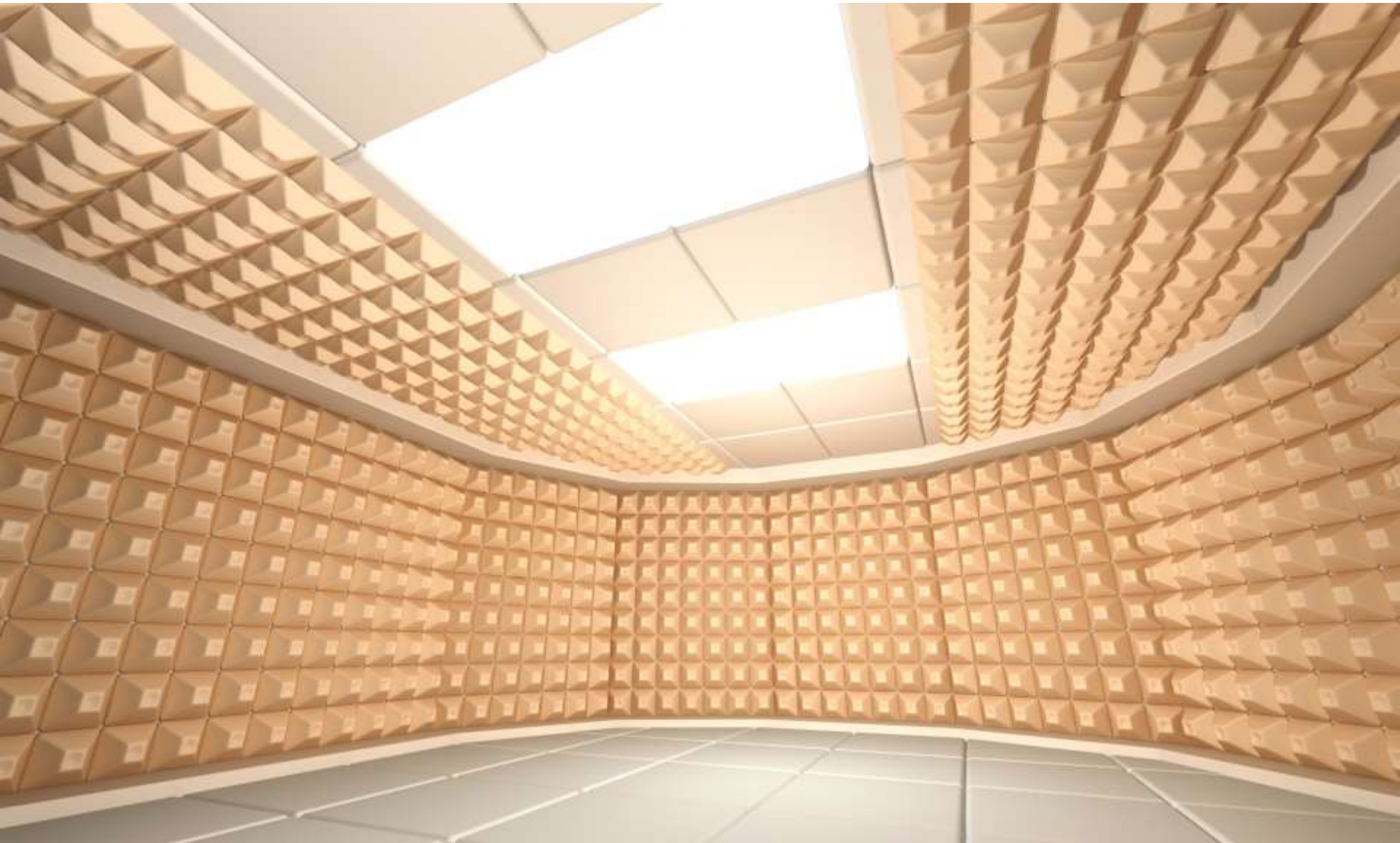
L. CASE HISTORY

Controsoffitto D111

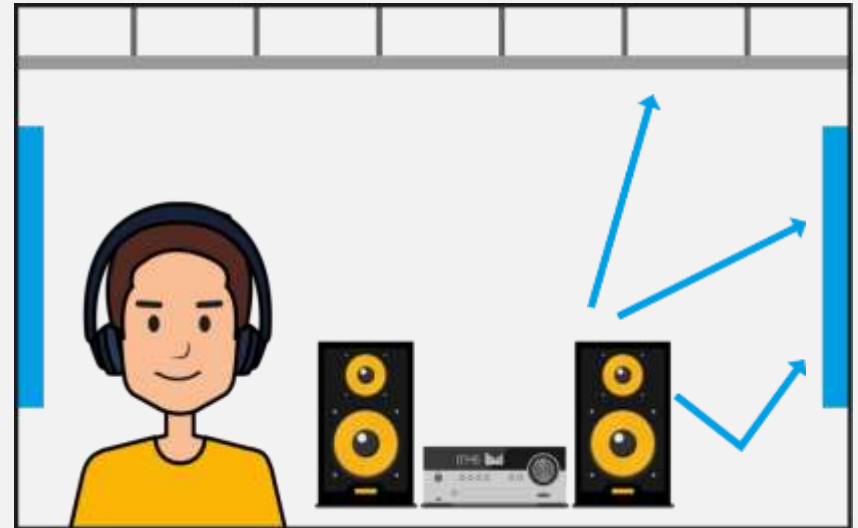


R'_w





Correzione acustica degli ambienti confinanti



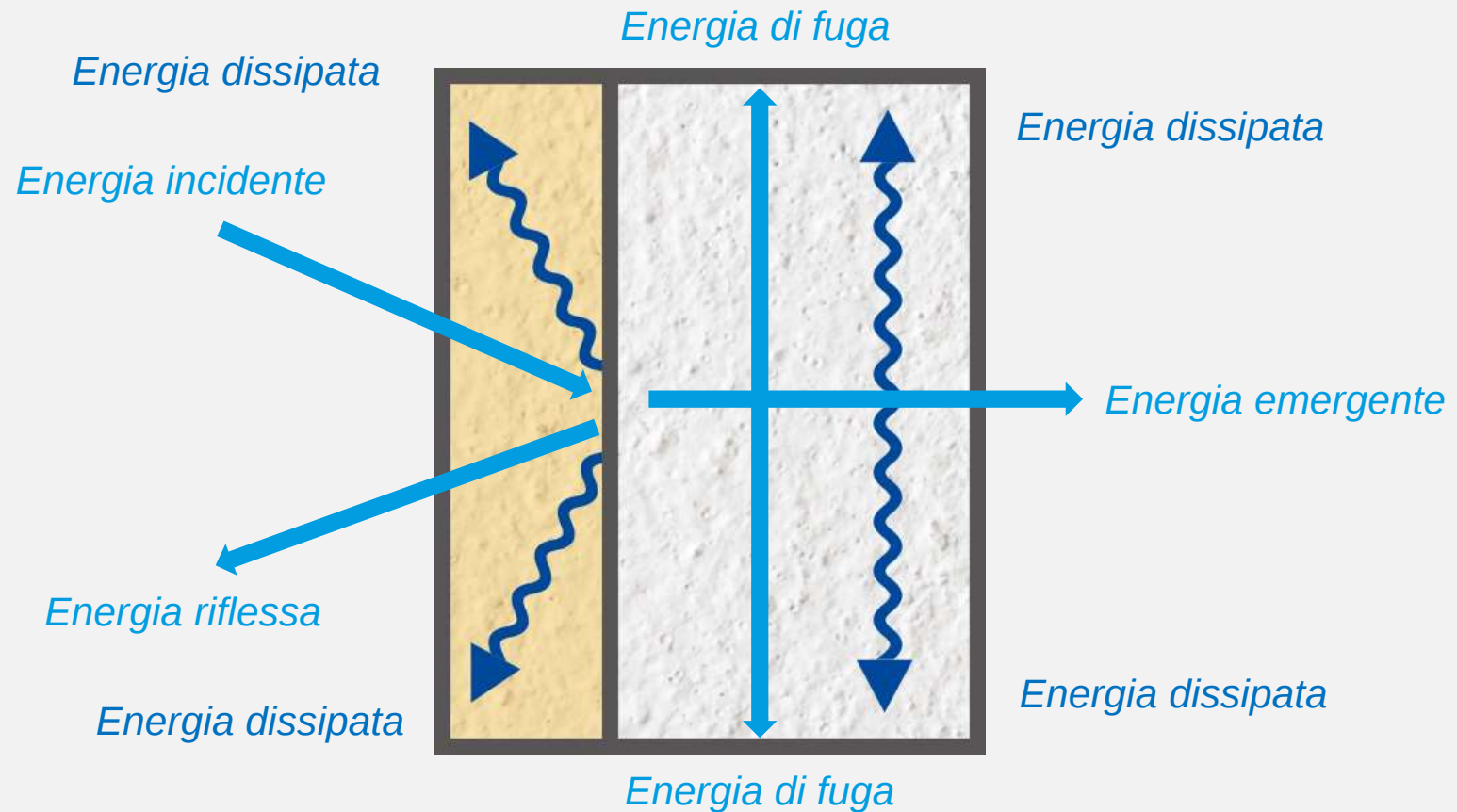
Applicazione dei materiali fonoassorbenti

M. FONOASSORBIMENTO

Energia sonora



Trasmissione dell'energia sonora

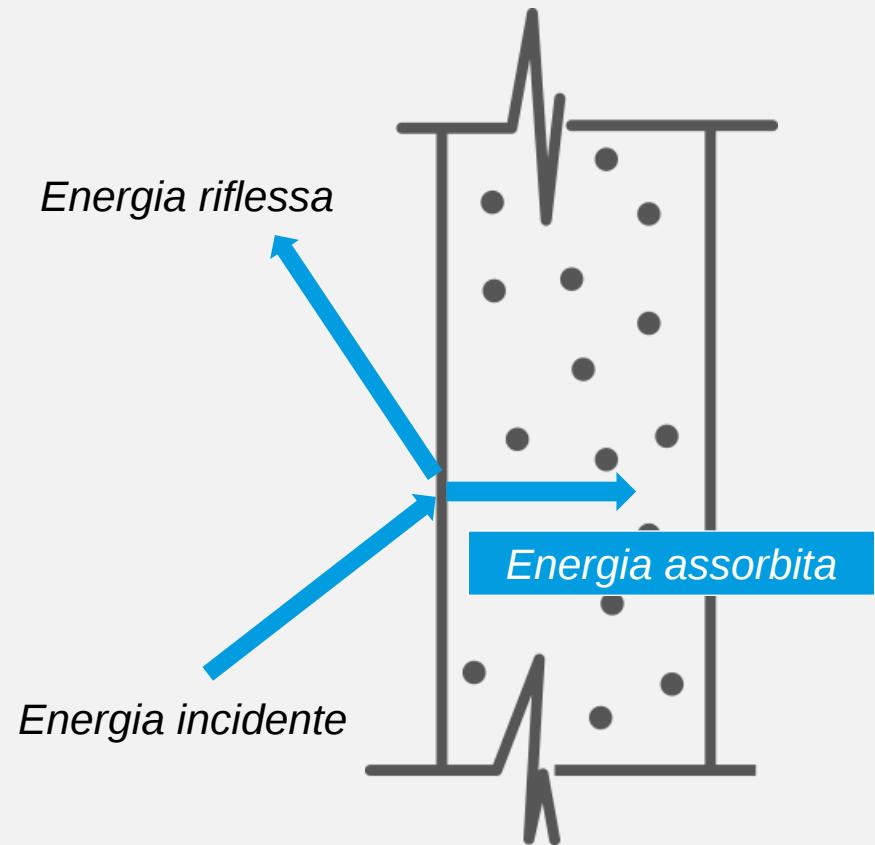


Coefficiente di fonoassorbimento α

Coefficiente di fonoassorbimento:

$$\alpha = \frac{E \text{ assorbita}}{E \text{ incidente}}$$

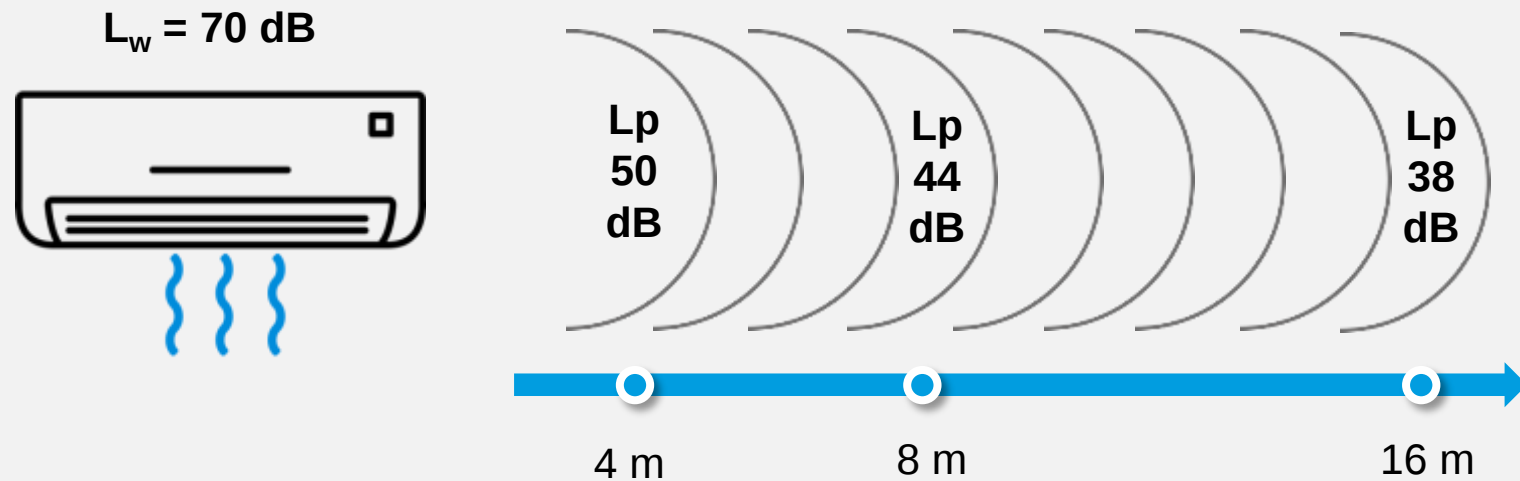
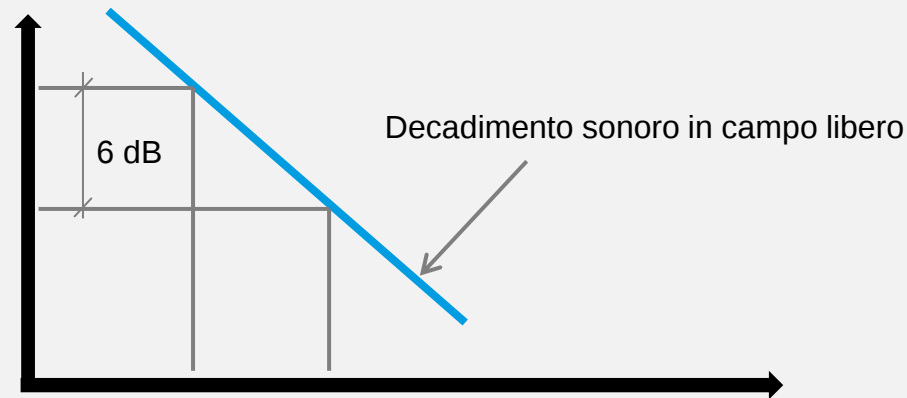
$$0 \leq \alpha \leq 1$$



M. FONOASSORBIMENTO

Propagazione sonora in campo libero

Decadimento sonoro in campo libero:

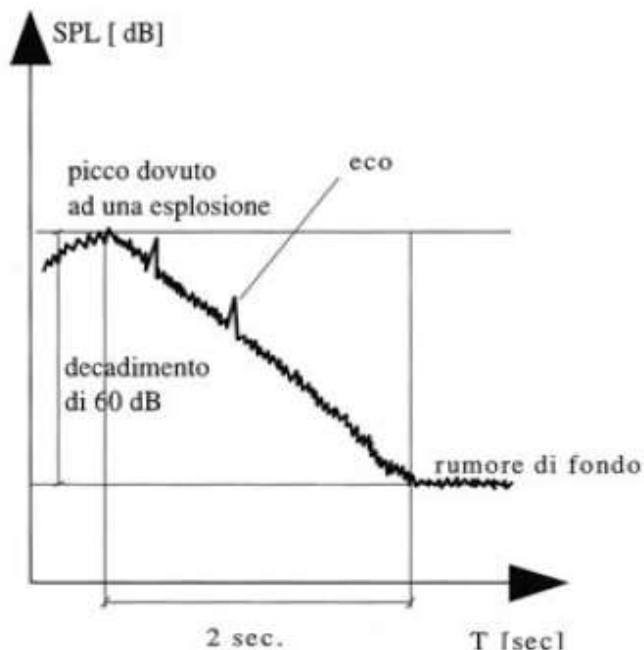


M. FONOASSORBIMENTO

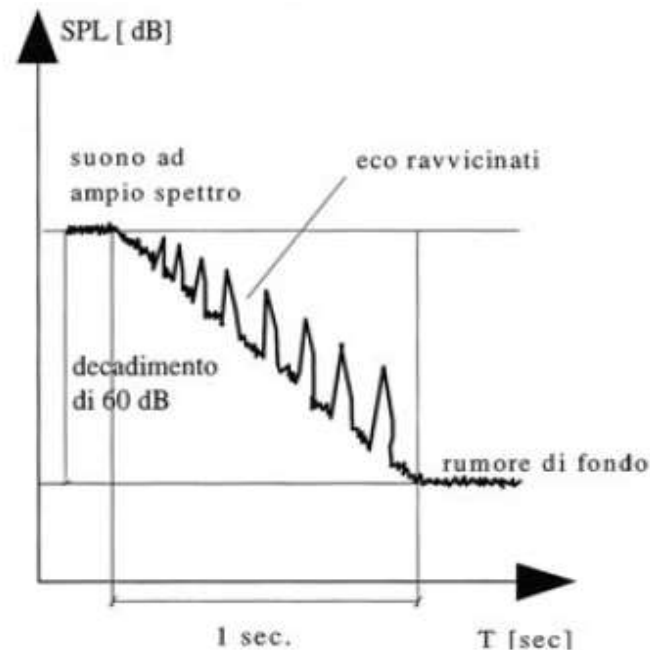
Propagazione sonora in ambiente confinato

Decadimento sonoro in ambiente confinato riverberante:

DECADIMENTO SONORO IN GRANDI AMBIENTI



DECADIMENTO SONORO IN PICCOLI AMBIENTI



Wallace Sabine (1868 - 1919) precursore dell'acustica architettonica determinò una precisa relazione fra la qualità acustica, le dimensioni della sala, e la capacità di assorbimento acustico delle superfici presenti:

IL TEMPO DI RIVERBERO

$$T_r = \frac{0.161 V}{A} = \frac{0.161 V}{S \bar{\alpha}} = \frac{0.161 V}{\sum S_i \alpha_i}$$

Dove:

T_r = tempo di riverberazione in secondi [s]

V = volume [m^3]

S = superficie [m^2]

α = assorbimento medio

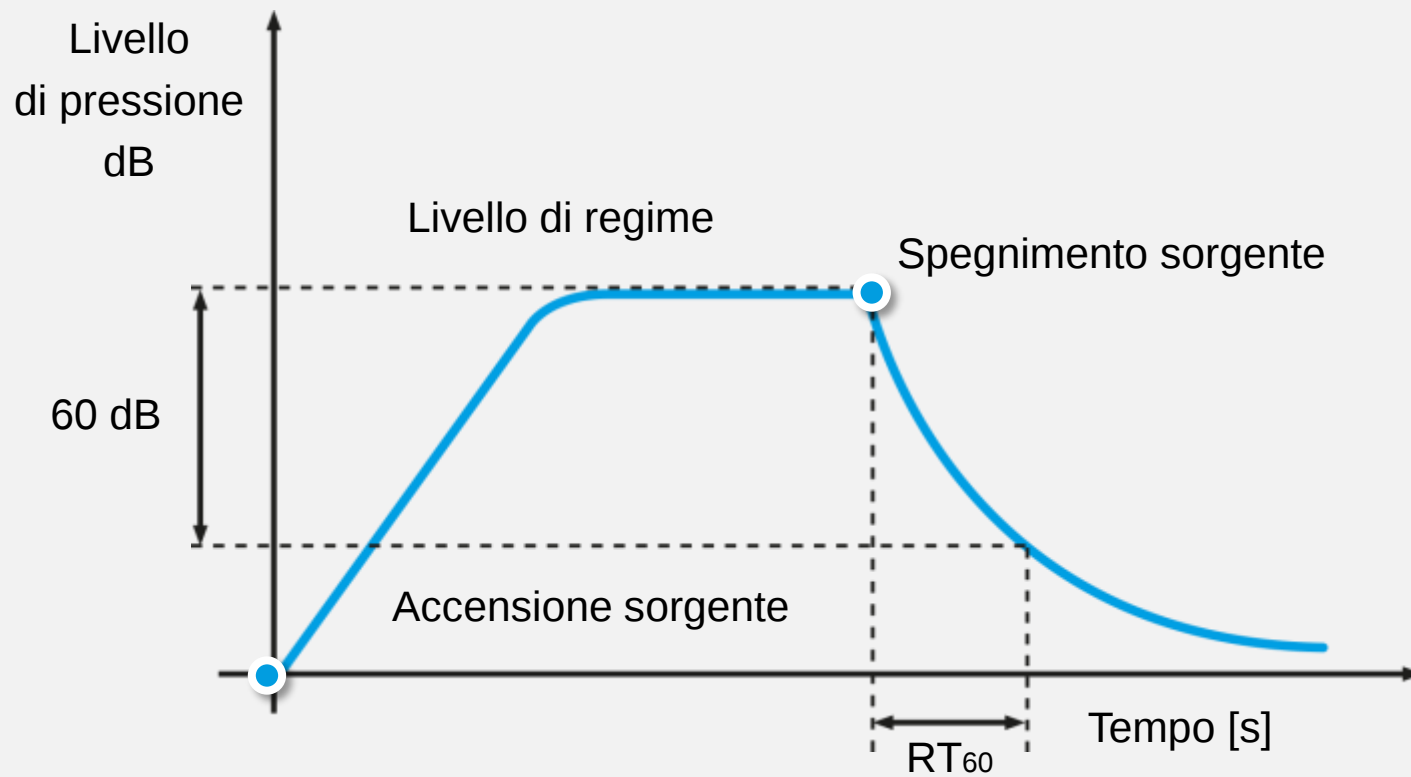
A = assorbimento totale

M. FONOASSORBIMENTO

Tempo di riverbero



Il tempo di riverberazione viene definito come il tempo che il suono impiega per diminuire di 60 dB:



Metodo di calcolo del T_{60} ottimale di un locale

Per il calcolo del tempo di riverberazione ottimale, il quale risulta essere comunque una caratteristica estremamente soggettiva, sono stati proposti vari algoritmi. Un possibile metodo di calcolo è il seguente.

Viene definito il T_{60} ottimale alla frequenza di 1000 Hz con la formula dove:

k coefficiente correttivo

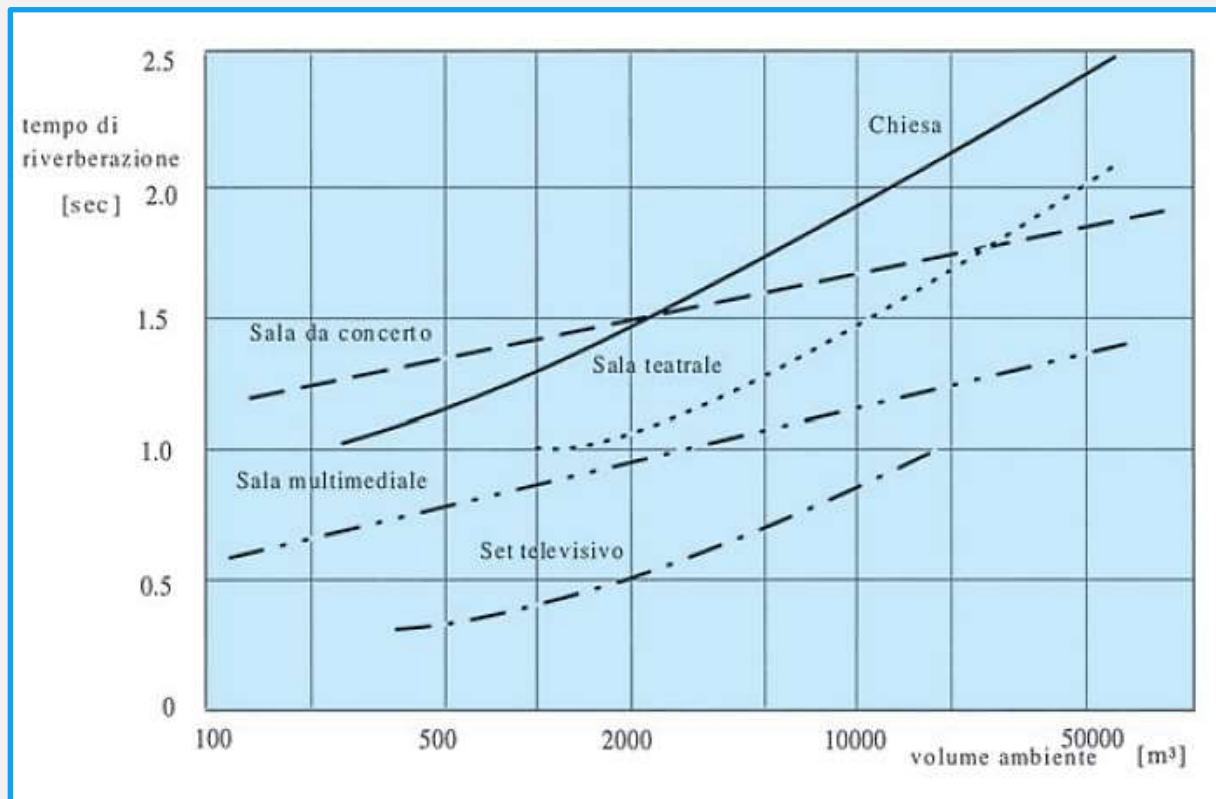
V volume del locale [m³]

$$T_{60ott1000Hz} = k \sqrt[9]{V}$$

DIN 11532 – Valori di riferimento per il settore scolastico

A1	MUSICA			
		$T_{\text{SollA1}} = \left(0,45 \lg \frac{V}{\text{m}^3} + 0,07 \right) \text{ s}$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 1\,000 \text{ m}^3$	(1)
A2	PARLATO			
		$T_{\text{SollA2}} = \left(0,37 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,14 \right) \text{ s}$	$50 \text{ m}^3 \leq V < 5\,000 \text{ m}^3$	(2)
A3	LEZIONE	(bis 1 000 m ³) sowie „Sprache/Vortrag inklusiv“ (bis 5 000 m ³):		
		$T_{\text{SollA3}} = \left(0,32 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,17 \right) \text{ s}$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 5\,000 \text{ m}^3$	(3)
A4	LEZIONE, COMUNICAZIONE INCLUSIVA			
		$T_{\text{SollA4}} = \left(0,26 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 0,14 \right) \text{ s}$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 500 \text{ m}^3$	(4)
A5	„Sport“:			
		$T_{\text{SollA5}} = \left(0,75 \lg \frac{V}{\text{m}^3} - 1,00 \right) \text{ s}$	$200 \text{ m}^3 \leq V < 10\,000 \text{ m}^3$	(5)
		$T_{\text{SollA5}} = 2,0 \text{ s}$	$V \geq 10\,000 \text{ m}^3$	(6)

Tempi di riverberazione ammissibili in funzione di volumetria e tipologia di ambiente



M. FONOASSORBIMENTO

T_R calcolo in frequenza

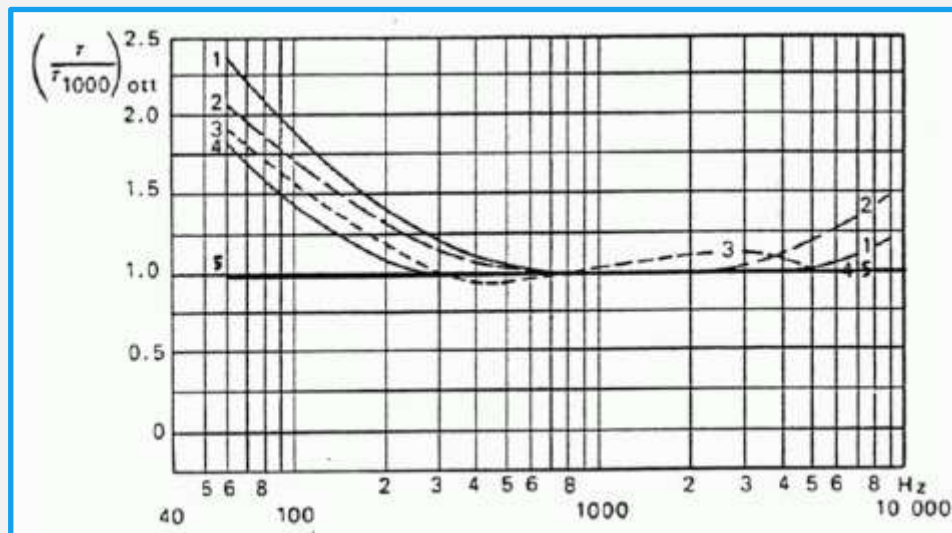


Si ricava il valore di T_{60} ottimale alle varie frequenze moltiplicando il valore a 1000 Hz con i seguenti coefficienti di proporzionalità.

Coefficienti di proporzionalità per il calcolo di $T_{60 \text{ ottimale}}$ alle varie frequenze.

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
1,75	1,3	1,1	1	1,05	1,1

Altre proposte di coefficienti di proporzionalità elaborati da vari istituti di ricerca sono riassunti nel seguente grafico

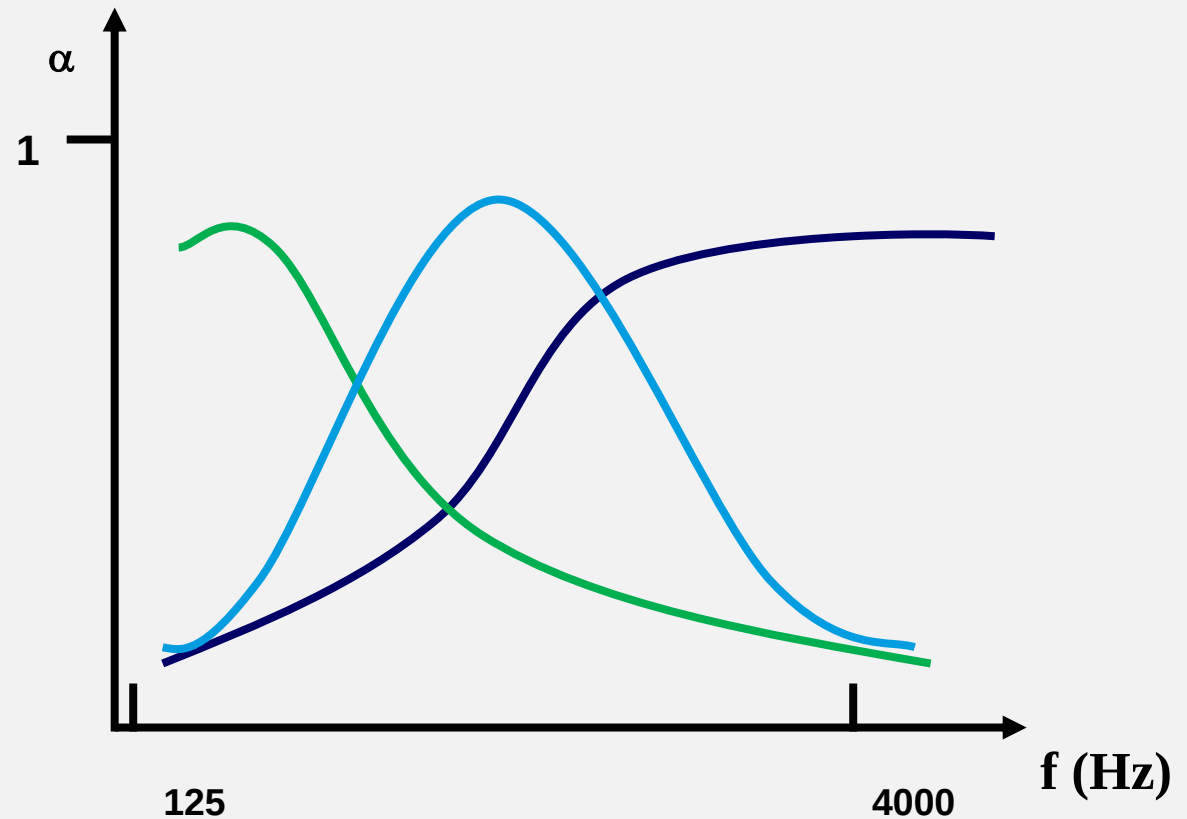


Principi di assorbimento

MATERIALI POROSI

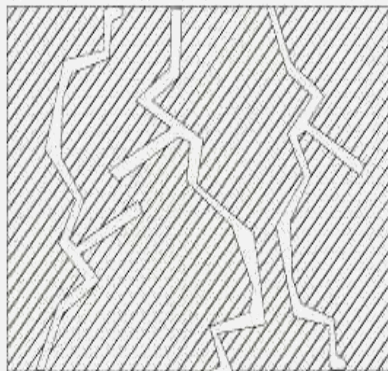
PANNELLI VIBRANTI

RISUONATORI

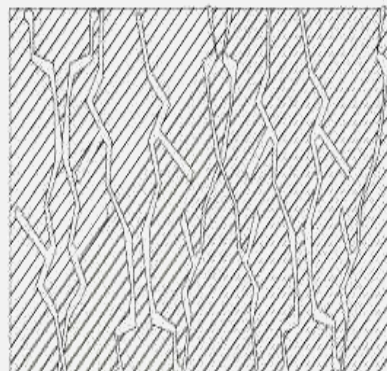
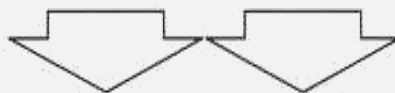


M. FONOASSORBIMENTO

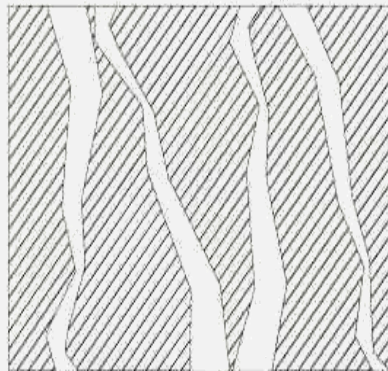
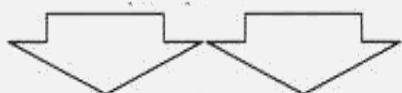
Materiali porosi



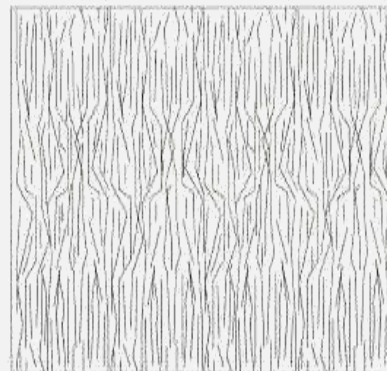
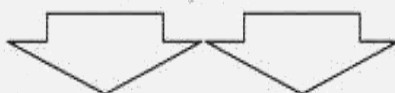
POCO POROSO



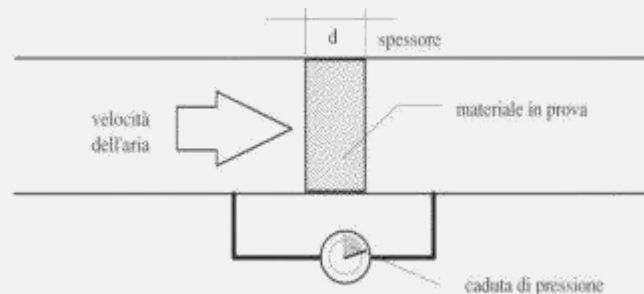
MOLTO POROSO



POCO RESISTENTE AL FLUSSO

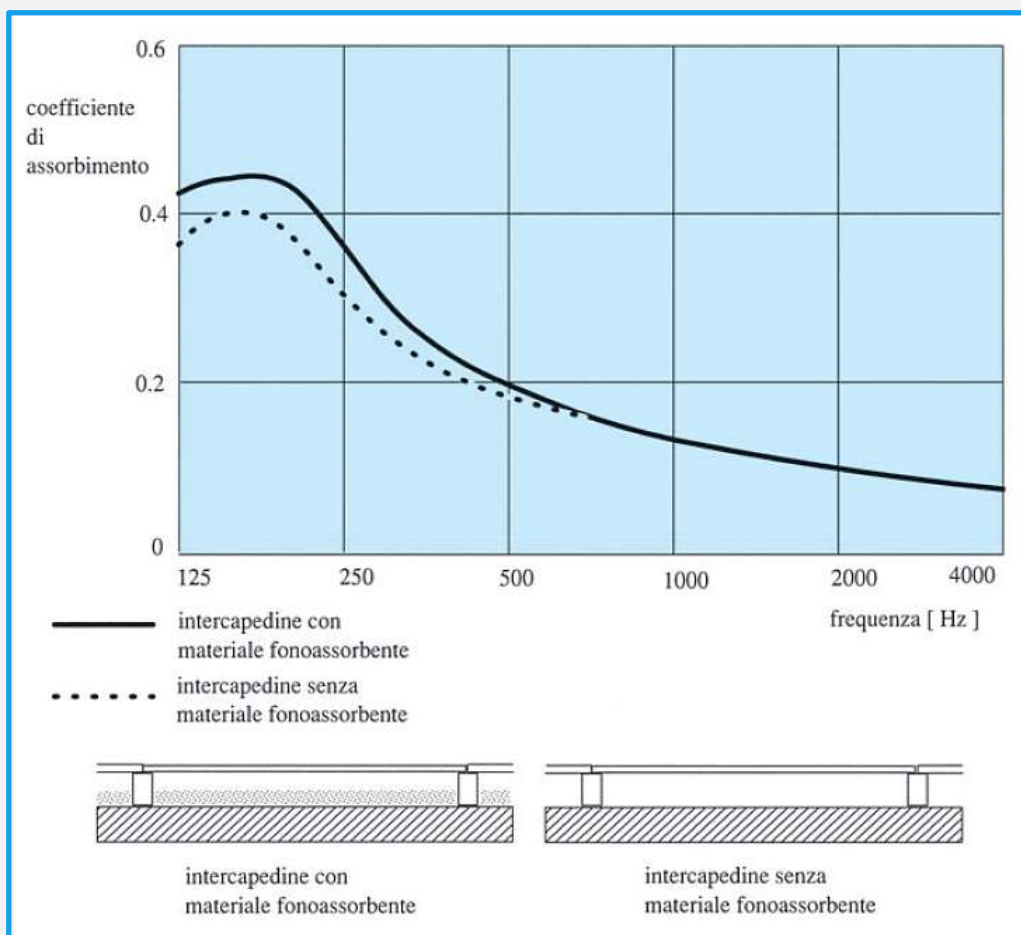


MOLTO RESISTENTE AL FLUSSO



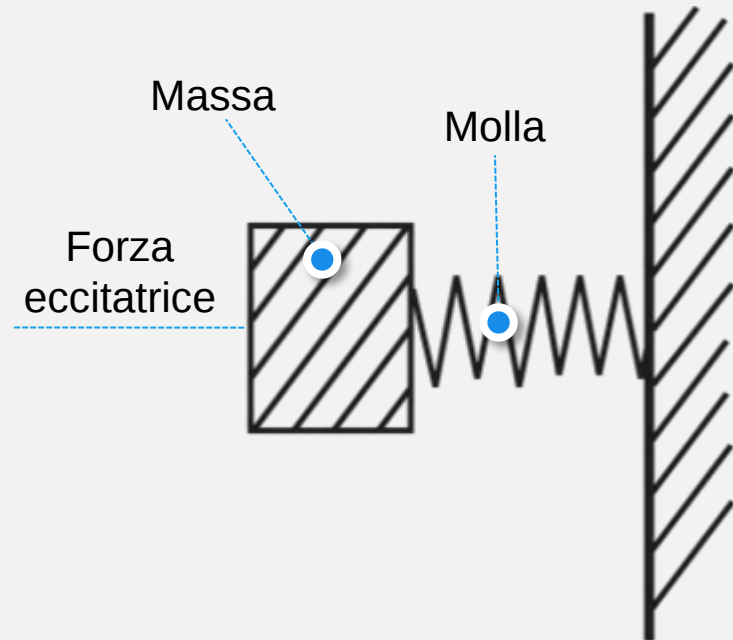
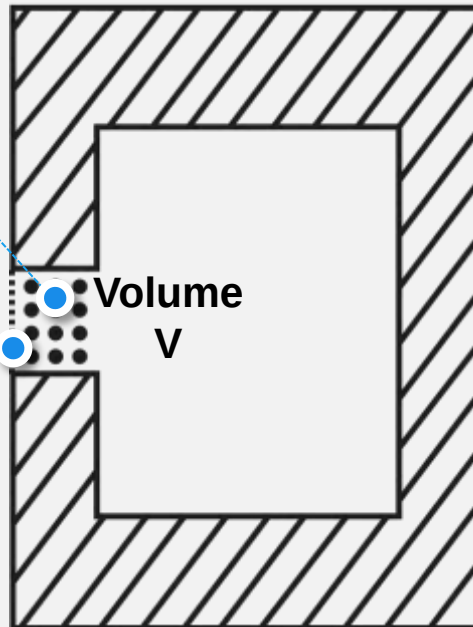
M. FONOASSORBIMENTO

Pannelli vibranti



Risonatore di Helmholtz e analogia meccanica

Massa d'aria
presente
nel «collo»
del risuonatore



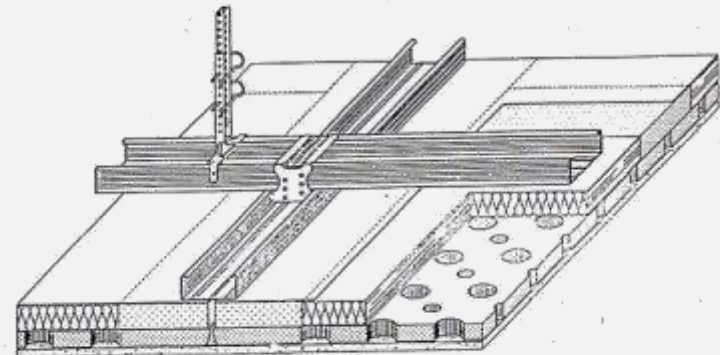
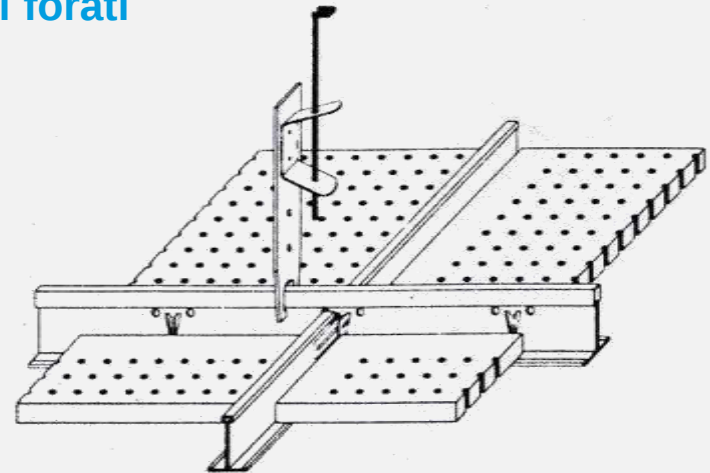
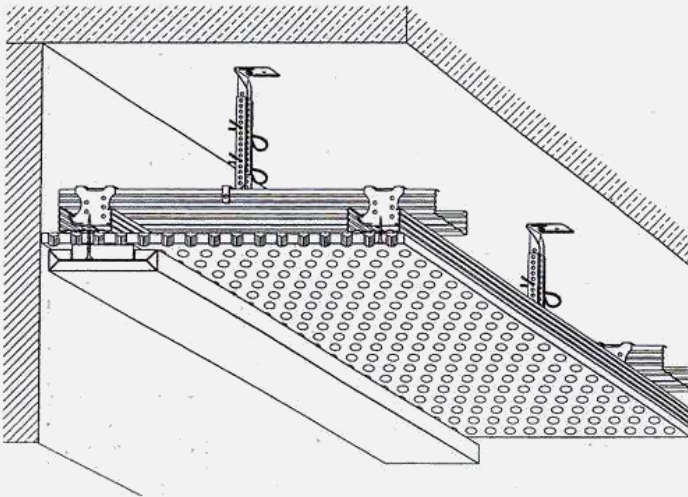
M. FONOASSORBIMENTO

Risuonatori



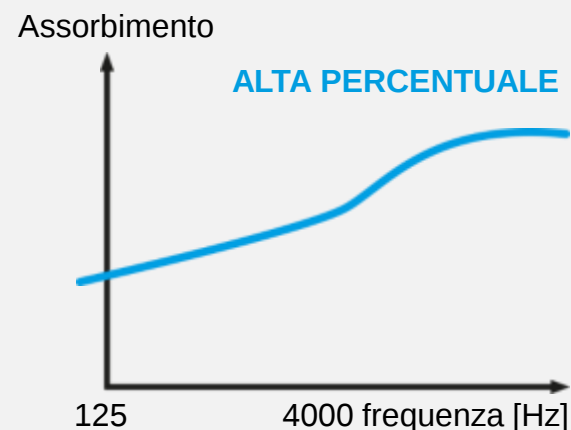
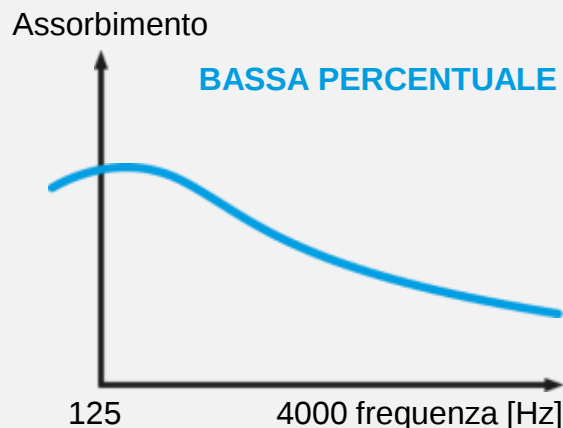
Risonatori multipli

Lastre e pannelli forati

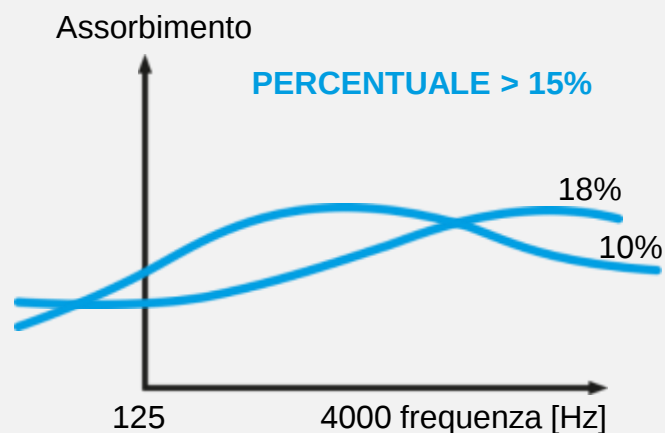
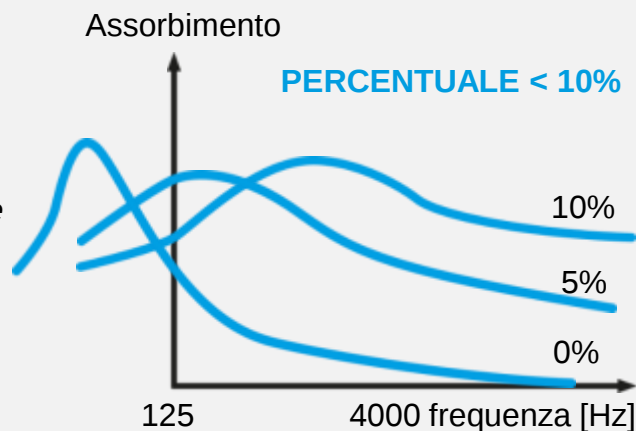


Lastre forate - Percentuale di foratura

Variazione in frequenza del potere fonoassorbente di lastre in gesso rivestito a bassa e alta percentuale di foratura



Variazione in frequenza del potere fonoassorbente di lastre in gesso rivestito con diverse percentuali di foratura

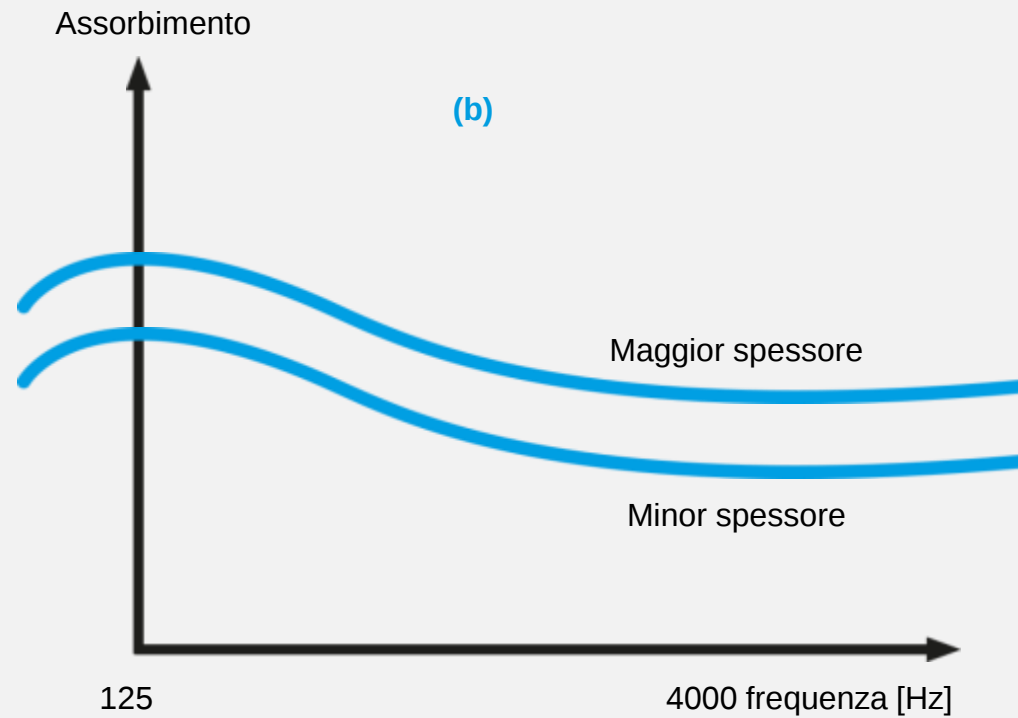


M. FONOASSORBIMENTO

Lastre forate



Spessore del pannello isolante in fibra

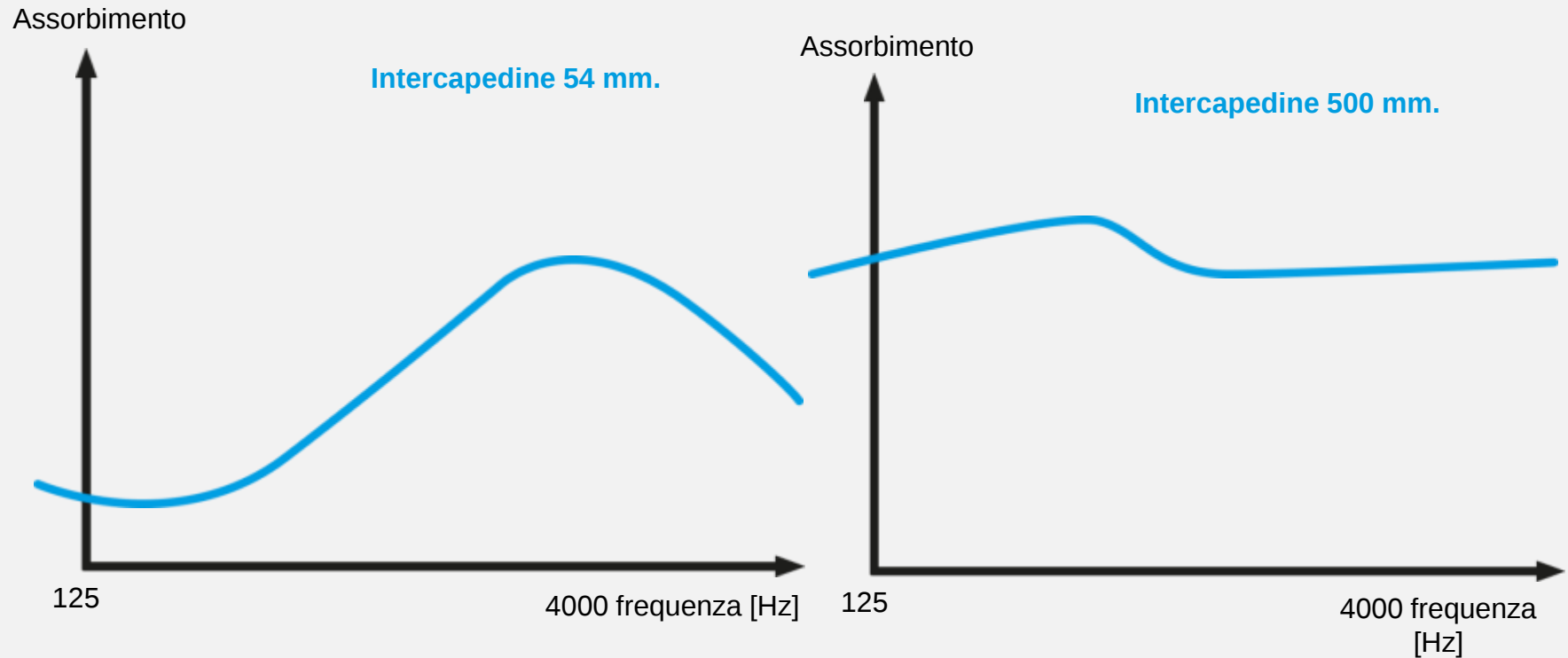


M. FONOASSORBIMENTO

Lastre forate



Profondità dell'intercapedine



Dimensione dei fori

FORI DI PICCOLE DIMENSIONI A BREVISSIMI INTERVALLI

= assorbimento acustico maggiore alle alte frequenze

FORI DI GRANDI DIMENSIONI A INTERVALLI MAGGIORI

**= maggiore riflessione acustica delle alte frequenze
e minore assorbimento acustico delle stesse**

M. FONOASSORBIMENTO

Tipologie di soluzioni



Soffitti e pannelli fonoassorbenti

Destinazione: scolastica, uffici, edifici pubblici - Esempio bar e ristoranti



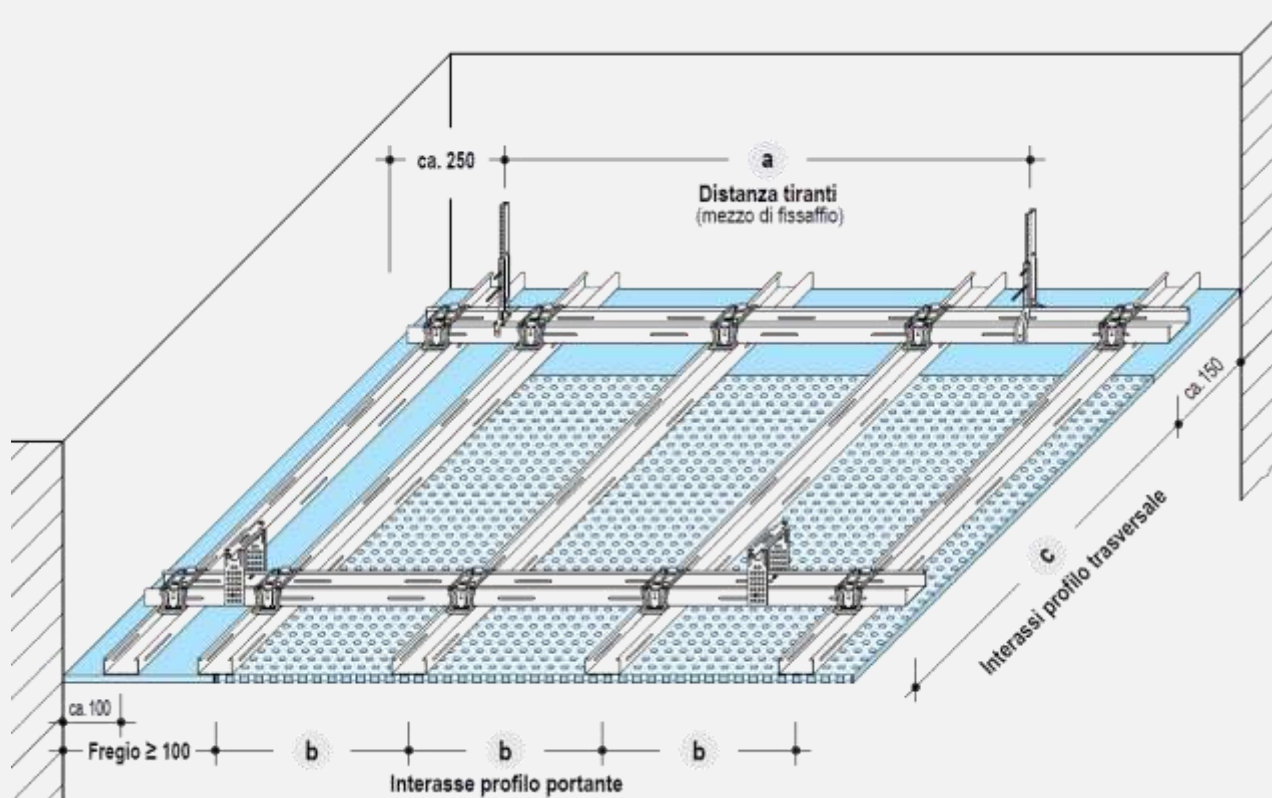
- LASTRE IN GESSO RIVESTITO FORATE E FESSURATE
- SOFFITTI MODULARI IN GESSO RIVESTITO DANOLINE
- SOFFITTI MODULARI IN GESSO ALLEGGERITO SOFIPAN ACUSTIC
- **SOFFITTI MODULARI IN FIBRA MINERALE AMF**
PANNELLI FONOASSORBENTI

M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti fonoassorbenti



Lastre forate e fessurate

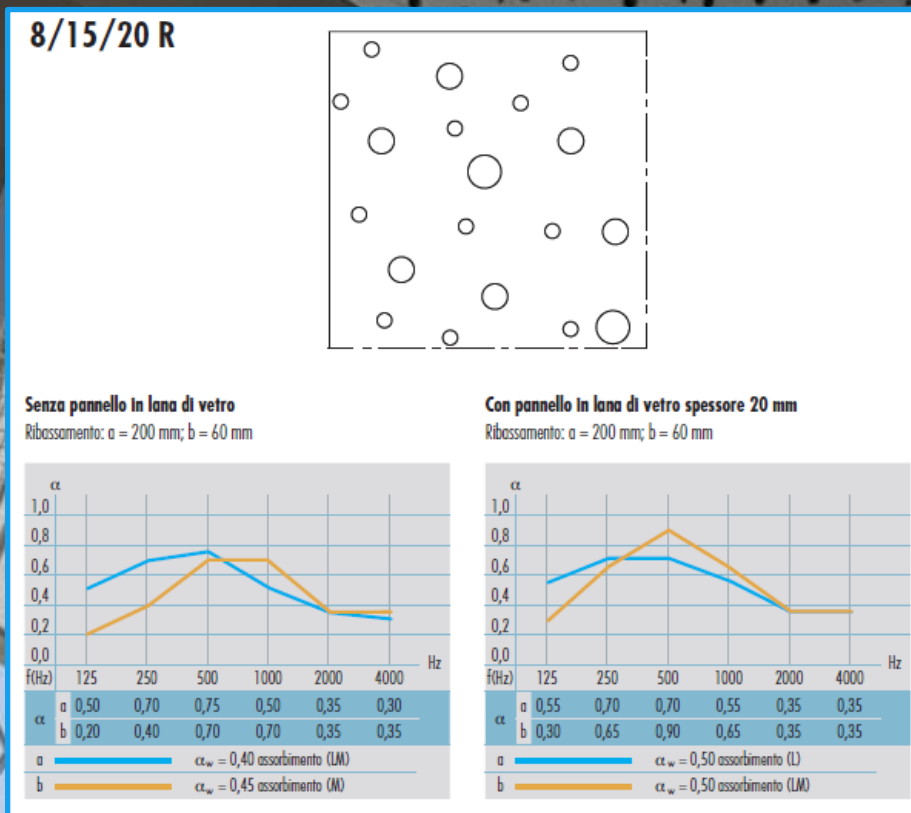


M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti fonoassorbenti



Foratura Circolare Alternata - R con tecnologia Cleaneo



M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti fonoassorbenti



For Estus Qata Bata - Q
contenologia Cleano



M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti fonoassorbenti



Applicazioni

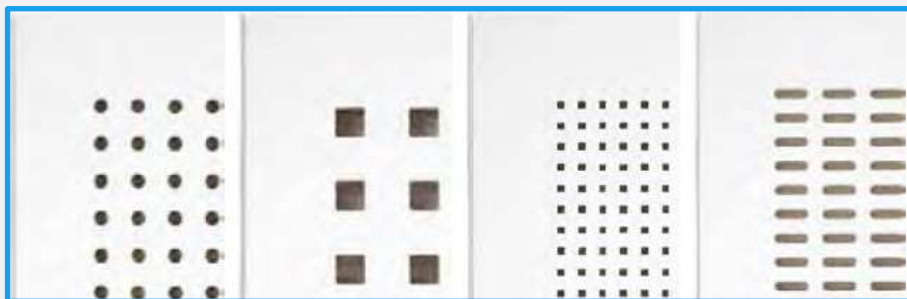


M. FONOASSORBIMENTO

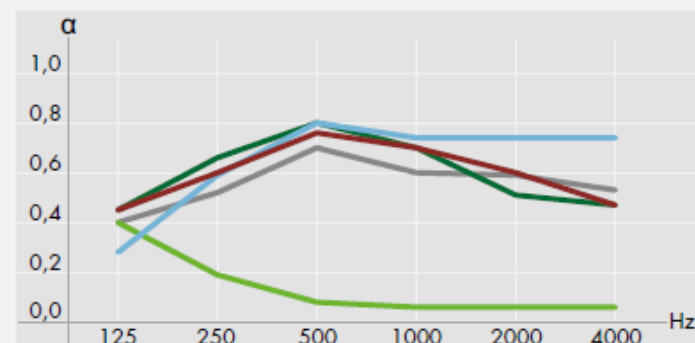
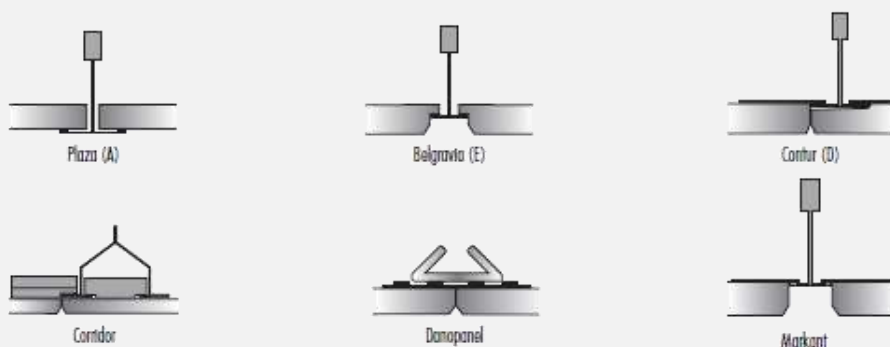
Controsoffitti modulari fonoassorbenti



Soffitti modulari in gesso rivestito Danoline



6 tipi di bordi possibili



	125	250	500	1000	2000	4000
● α	0,45	0,65	0,80	0,65	0,55	0,45
● α	0,45	0,60	0,70	0,65	0,60	0,45
● α	0,40	0,55	0,65	0,60	0,60	0,55
● α	0,45	0,65	0,80	0,75	0,75	0,75
● α	0,40	0,20	0,10	0,05	0,05	0,05

- Globe, 200 mm suspension, no mineral wool aw: 0.60, NRC: 0.65
- Quadril, 200 mm suspension, no mineral wool aw: 0.60, NRC: 0.65
- Micro, 200 mm suspension, no mineral wool aw: 0.65, NRC: 0.60
- Tangent, 200 mm suspension, no mineral wool aw: 0.80, NRC: 0.75
- Regula, 200 mm suspension, no mineral wool aw: 0.10, NRC: 0.05

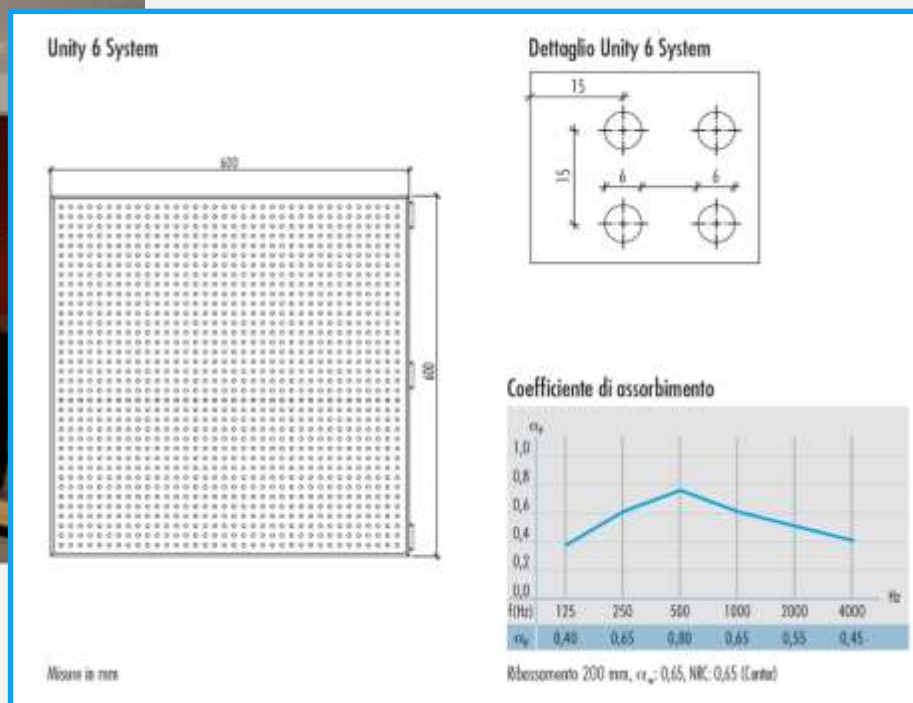
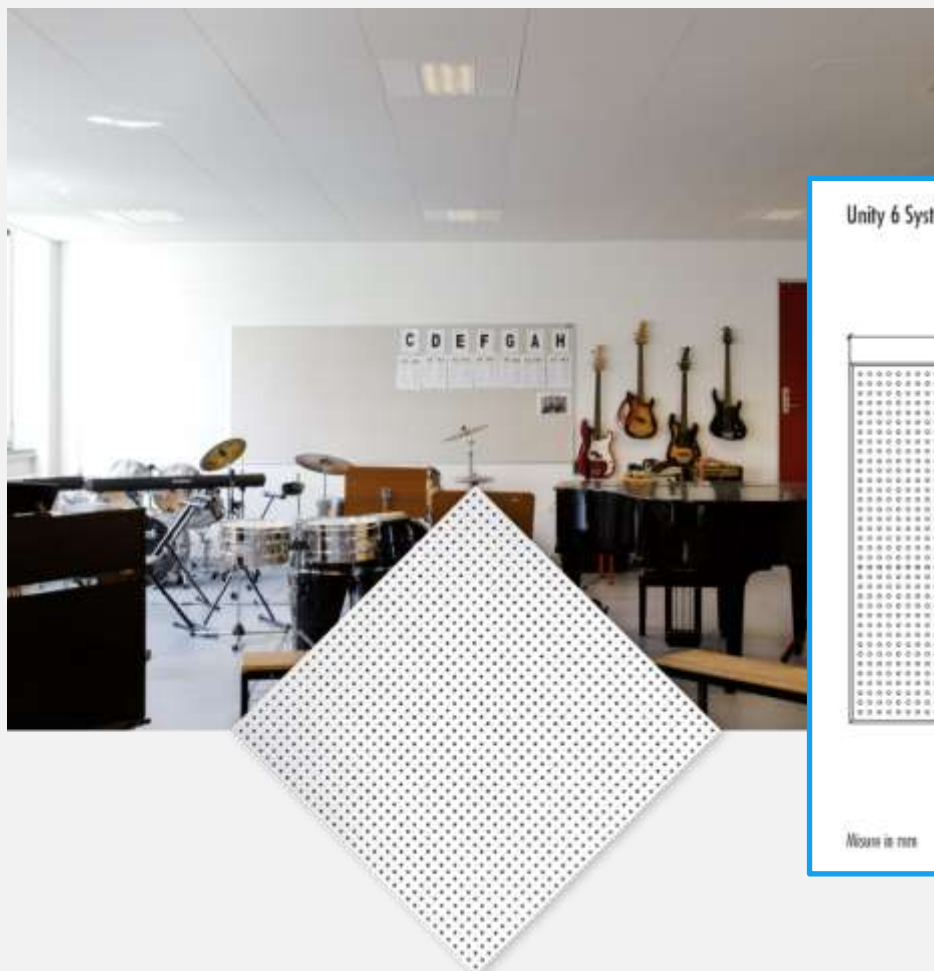


M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti modulari fonoassorbenti



Unit 6 Sistem

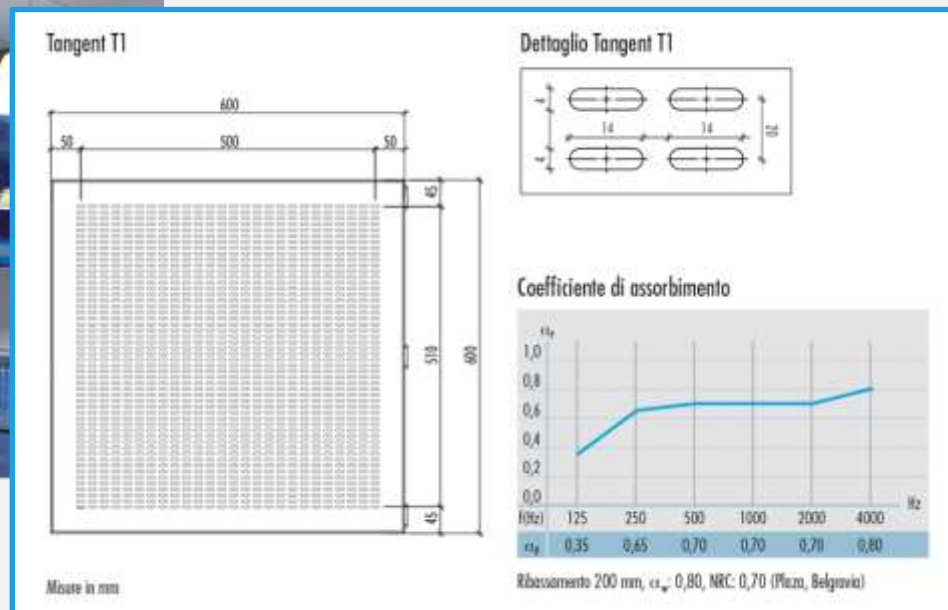
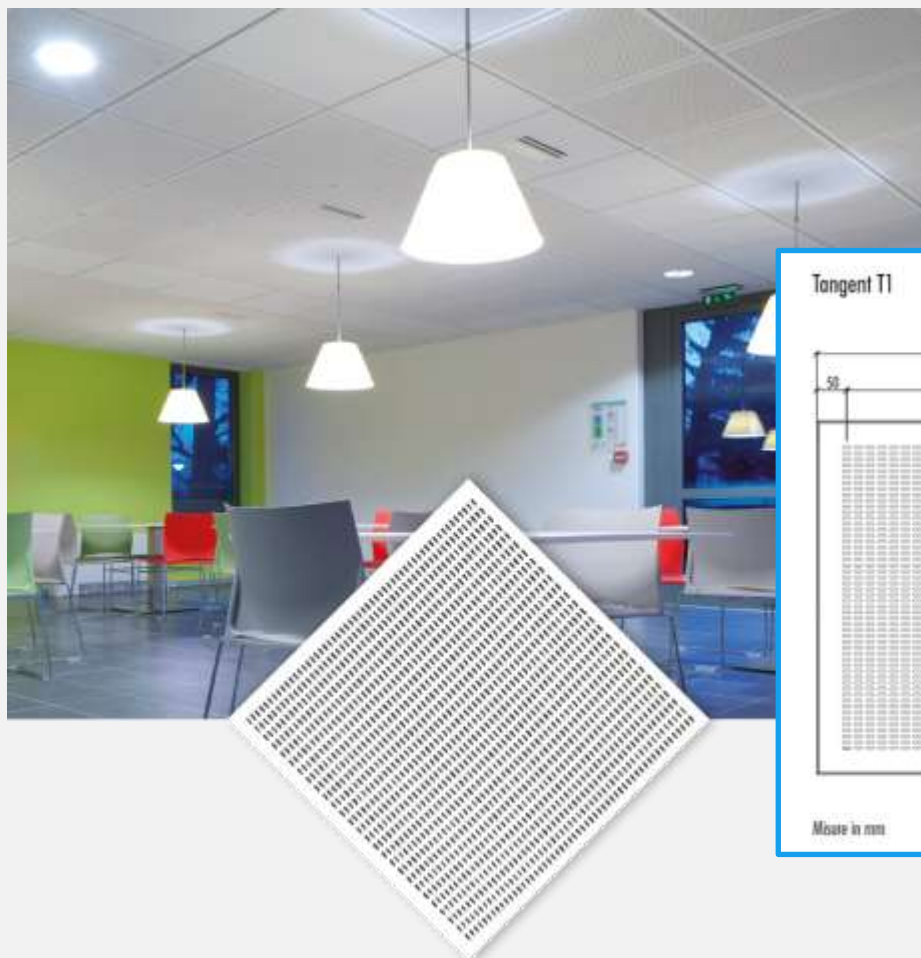


M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti modulari fonoassorbenti



Tangent T1



M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti modulari fonoassorbenti



M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti modulari fonoassorbenti



**Soffitti modulari Sofipan Acoustic:
pannelli in gesso alleggerito forato con feltro minerale**



M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti modulari fonoassorbenti



Soffitti modulari in fibra minerale AMF: pannelli fonoassorbenti



AMF THERMATEX
Controsoffitti acustici

AMF THERMATEX
Controsoffitti da design



M. FONOASSORBIMENTO

Controsoffitti modulari fonoassorbenti



Soffitti modulari in fibra minerale AMF: pannelli fonoassorbenti



AMF THERMATEX
*Controsoffitti per
ambienti sanitari*

AMF THERMATEX
*Controsoffitti a vela
Baffles e Wall panels*



M. FONOASSORBIMENTO

Pannelli modulari e isole fonoassorbenti



Isole - pannelli fonoassorbenti



AMF TOPIQ®

Variety of colours for
TOPIQ® Sonic element

KNAUF SOFFITTI

M. FONOASSORBIMENTO

Pannelli e pareti fonoassorbenti

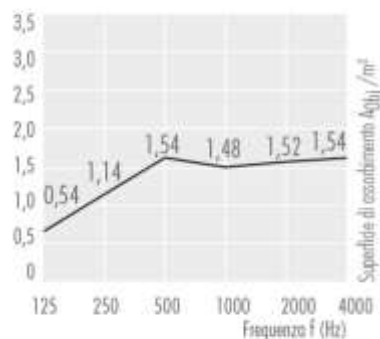


Sistema Knauf AMF Wall Panels Line

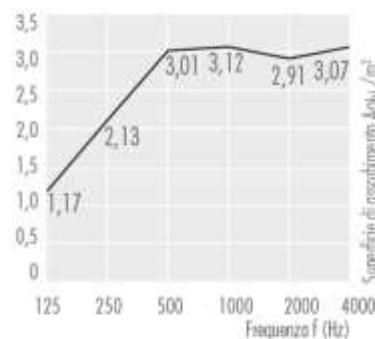
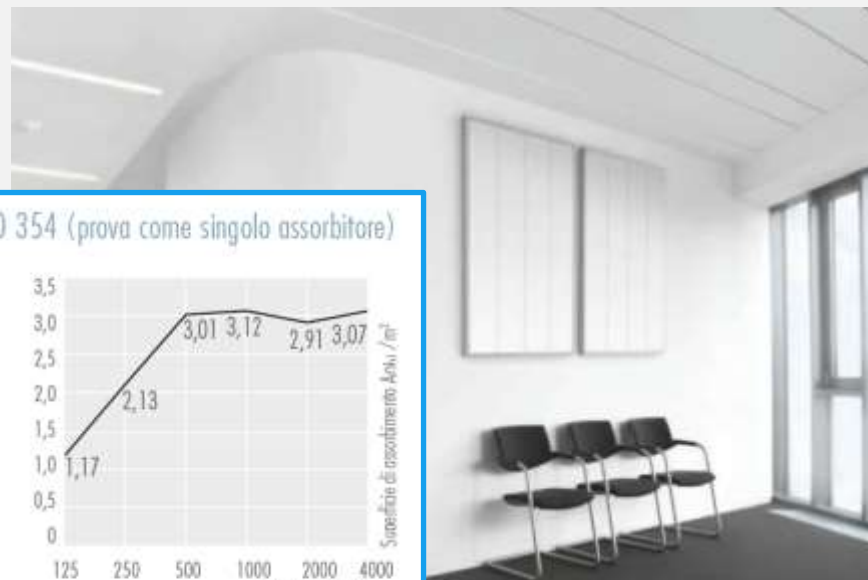
Design e acustica a parete - Comfort acustico e visivo



Valori di assorbimento acustico secondo EN ISO 354 (prova come singolo assorbitore)



THERMATEX® Line Modern
1200x1200 mm



THERMATEX® Line Modern
1200x2400 mm



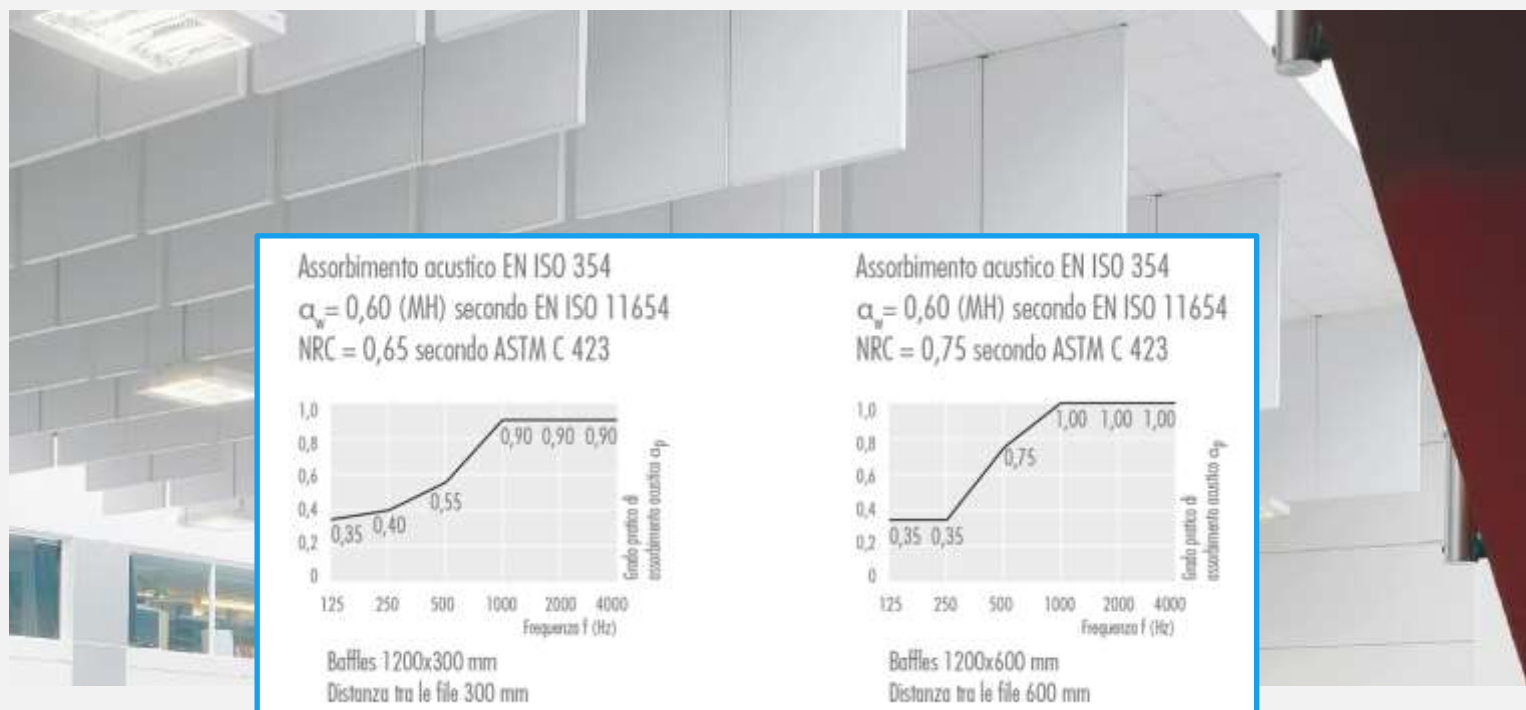
M. FONOASSORBIMENTO

Baffle fonoassorbenti



Sistema Knauf AMF Baffle Classic

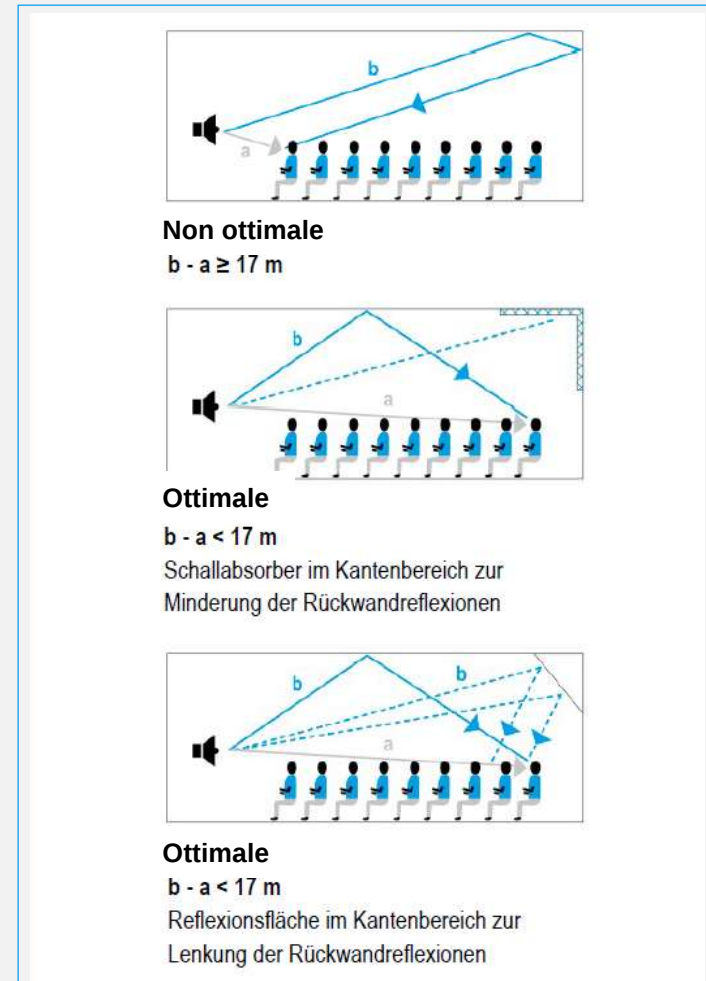
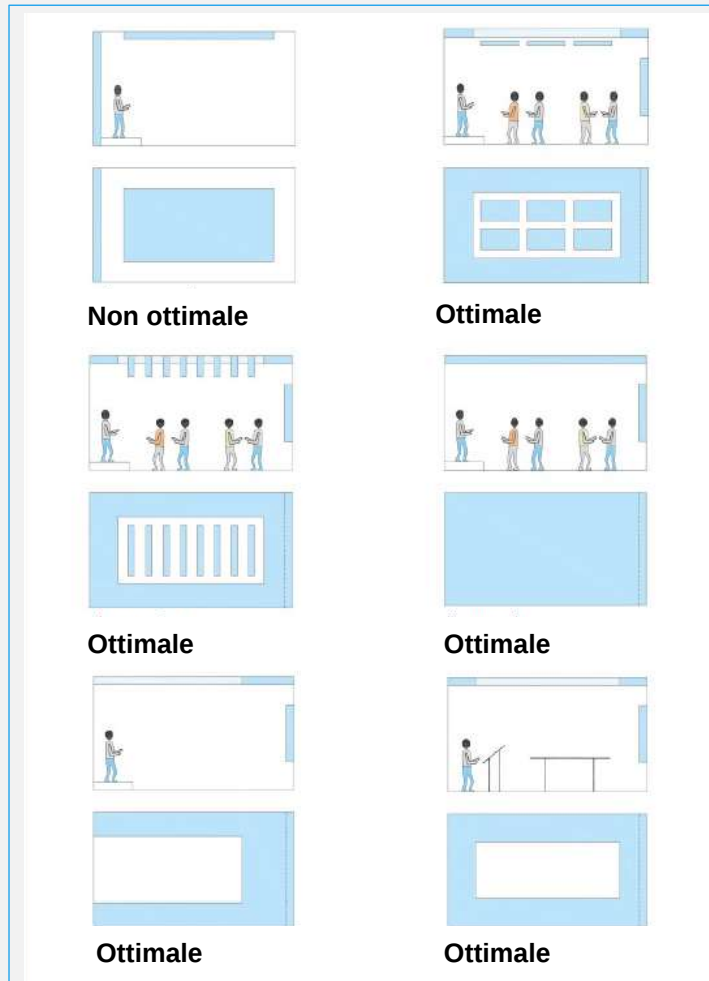
Design e acustica a soffitto – Baffle Classic



M. FONOASSORBIMENTO

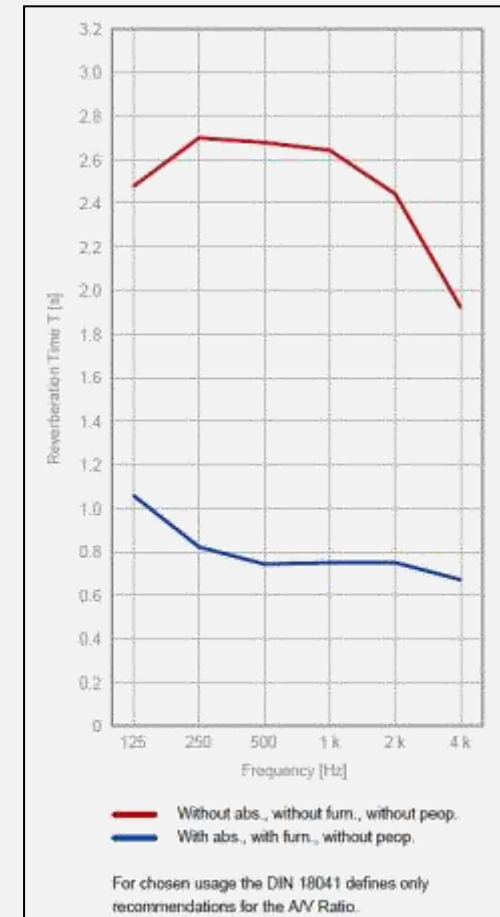
Distribuzione materiali

Proposta della norma DIN 18041



CASE HISTORY

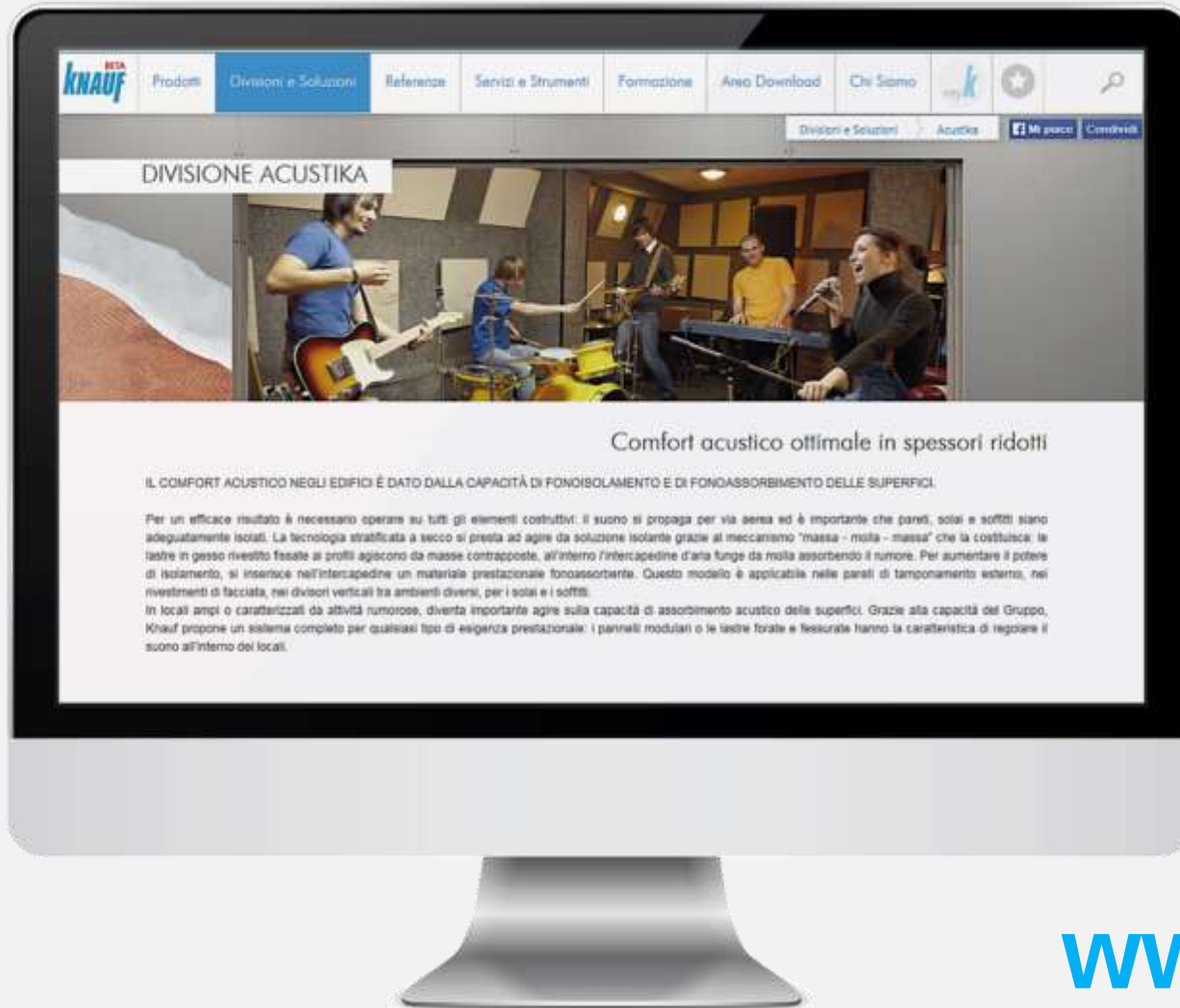
- Ristorante con pareti in pietra e solaio in volte di laterizio
- T_{60} misurato ante operam 5,12 s
- T_{60} misurato post operam 0,78 s (ambiente arredato e non occupato)



WEB - TOOLS



WEB-TOOLS



www.knauf.it

GRAZIE

Ing. Jonathan Di Tommaso

Technical Sales Manager

Knauf

Via Livornese, 20 - 56040 - Castellina Marittima (PI)

Sito internet: **www.knauf.it**

Cell. 335/6987912 - E-mail: **ditommaso.jonathan@knauf.it**

Software gratuito per l'assistenza alla progettazione

Knauf BDS 3.0

On line su: **www.knauf.it**