



---

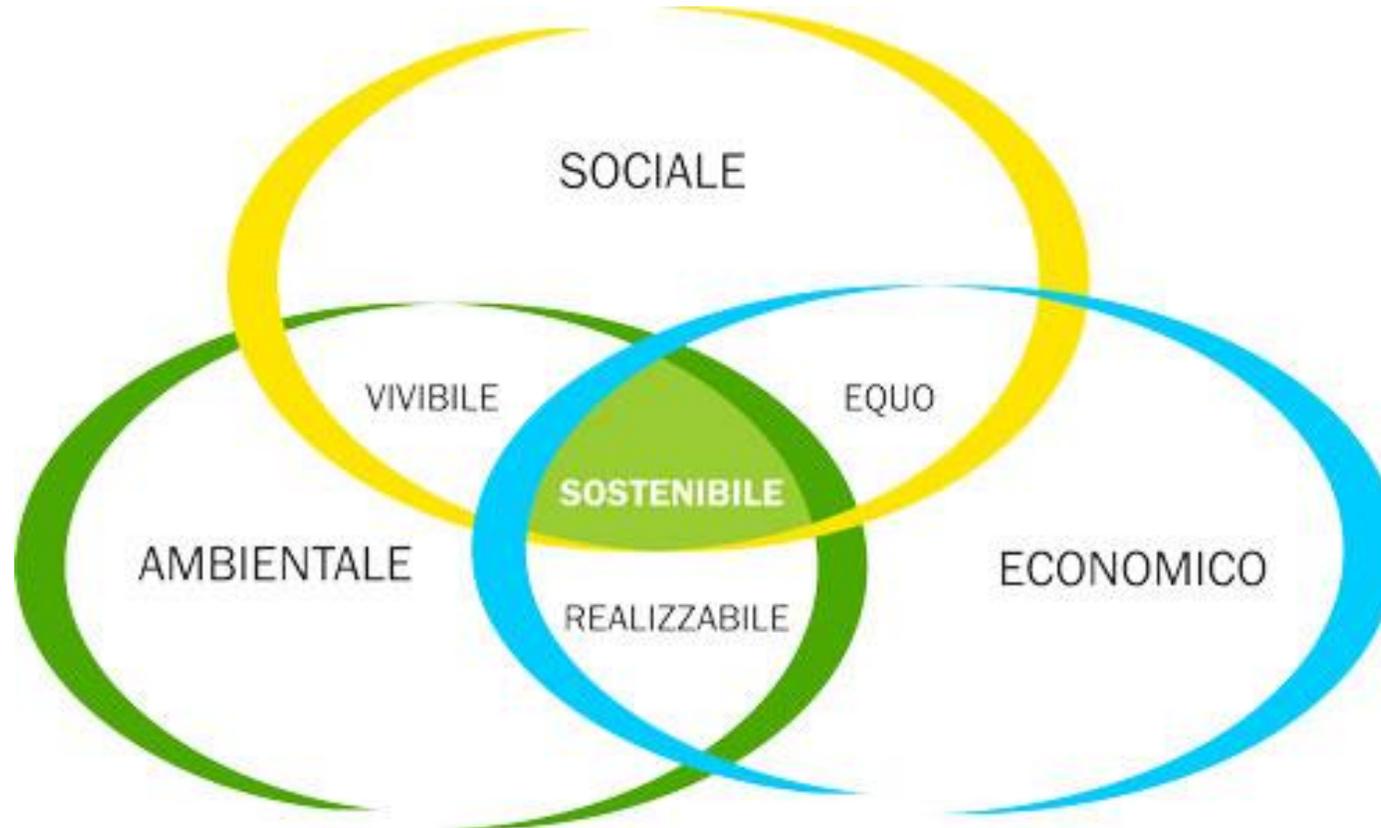
# Edifici sostenibili dal punto di vista ambientale, economico e sociale

**Ing. Matteo Borghi**

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

## Acustica e sostenibilità?

Il concetto di sostenibilità si fonda su tre aspetti



**Obiettivo:** costruire una società migliore per tutti

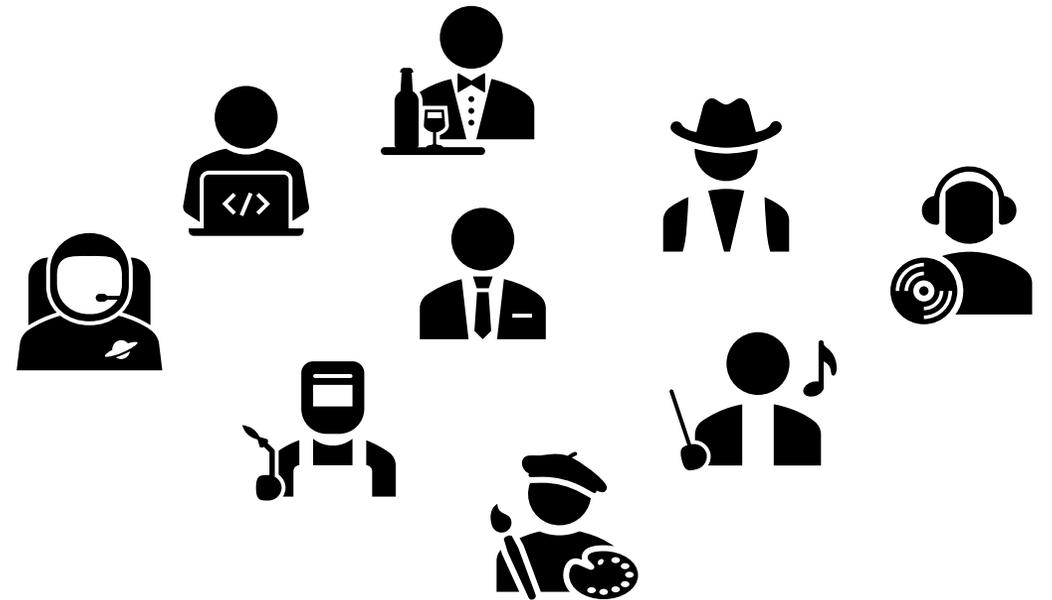
# Sostenibilità sociale

## Obiettivo:

- costruire di una società migliore per tutti

## Garantendo:

- condizioni di benessere equamente distribuite
- contesti di vita in cui ciascuno possa esprimere la propria individualità

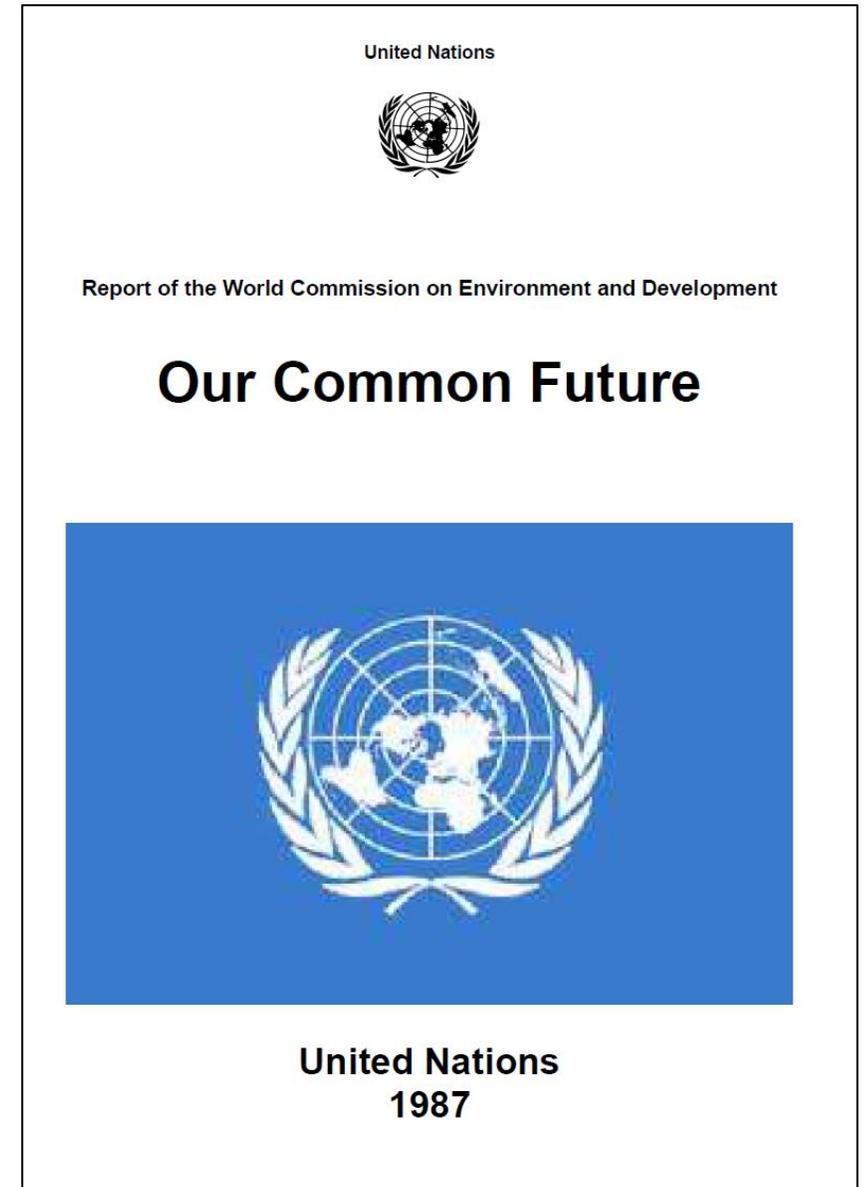


# Sostenibilità

Uno sviluppo sostenibile richiede di:

*“assicurare il soddisfacimento **dei bisogni** della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri”*

(Rapporto Brundtland - 1987).

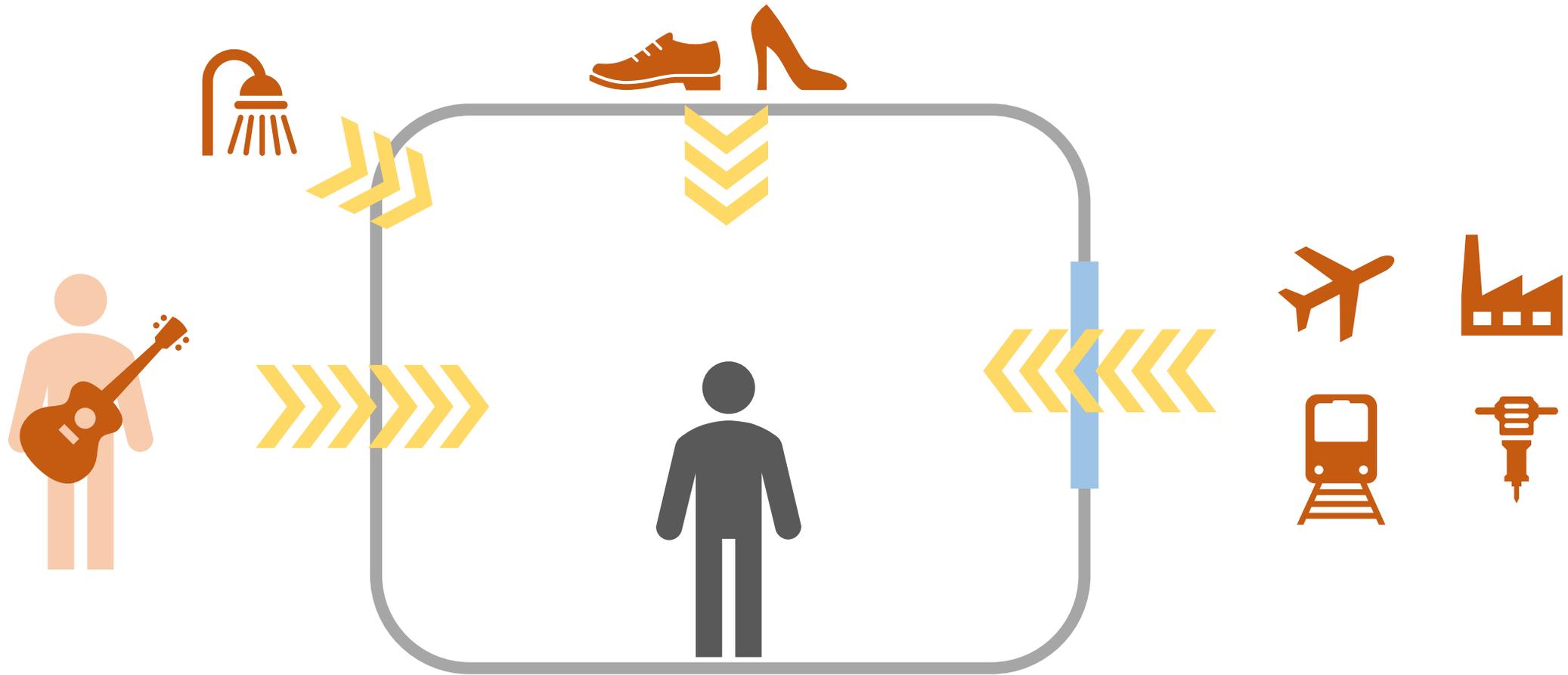


---

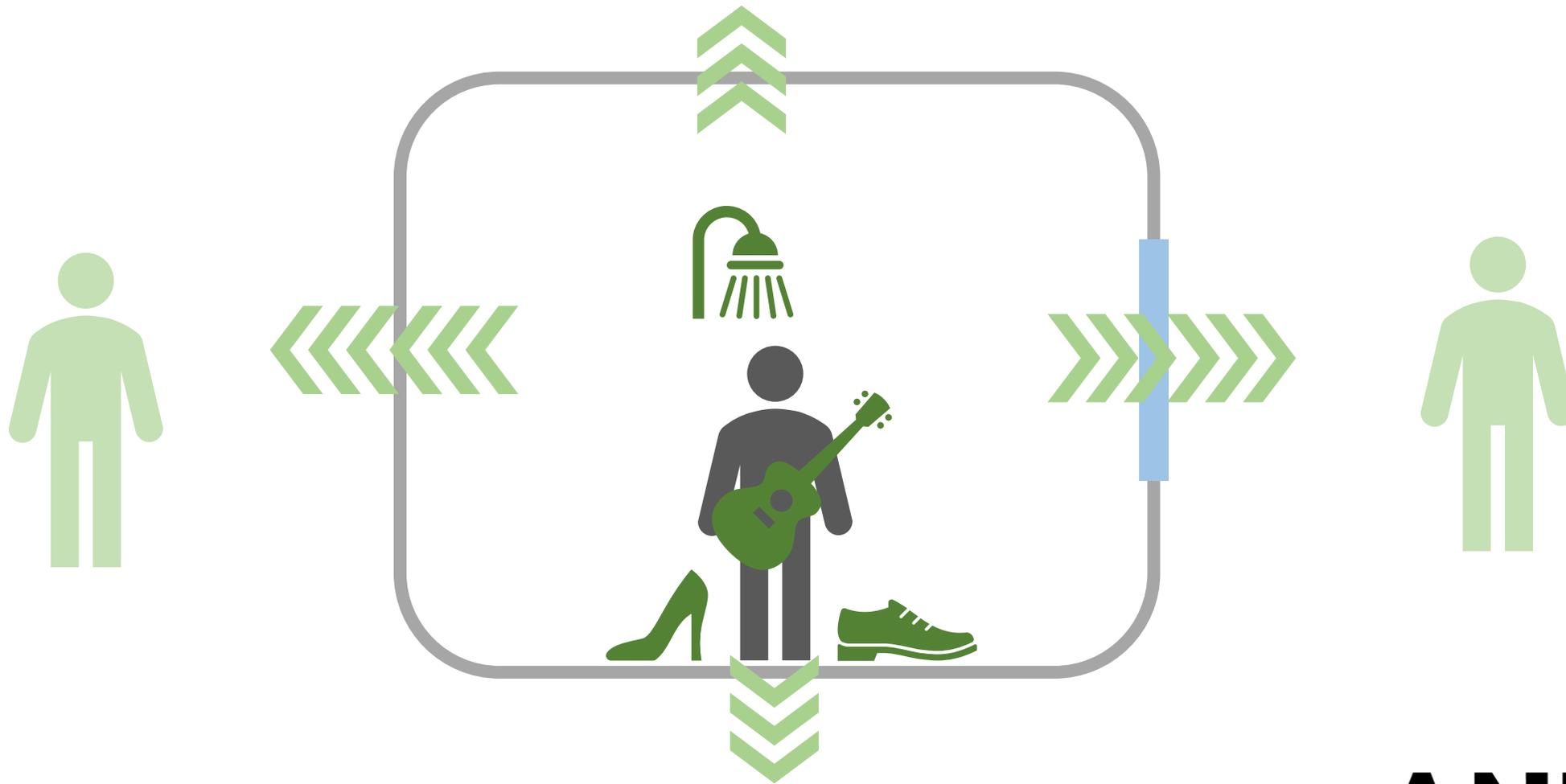
**QUALI SONO I NOSTRI BISOGNI  
PER AMBIENTI  
«ACUSTICAMENTE CONFORTEVOLI»?**



# Adeguato isolamento a rumori «ESTRANEI»

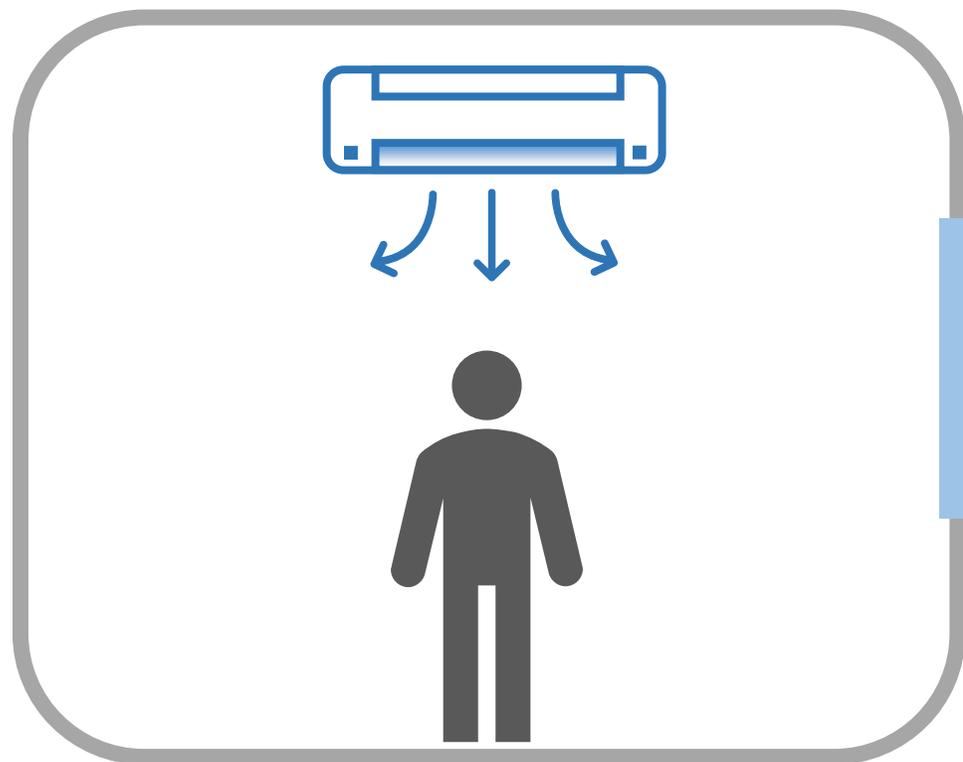


# Adeguata «PRIVACY ACUSTICA»

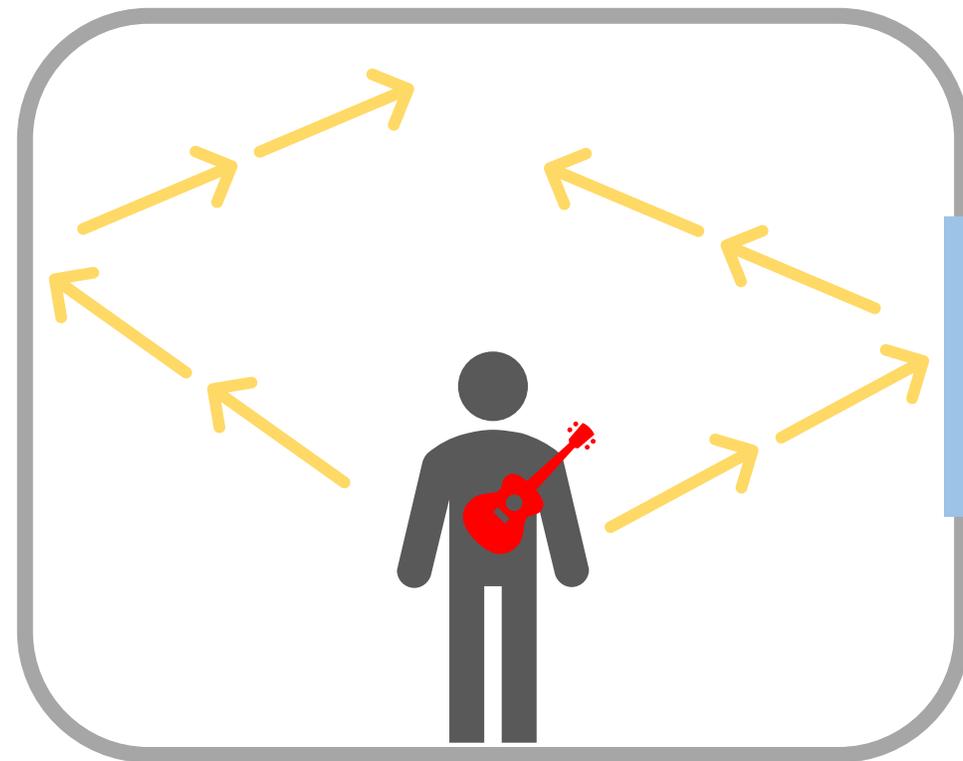
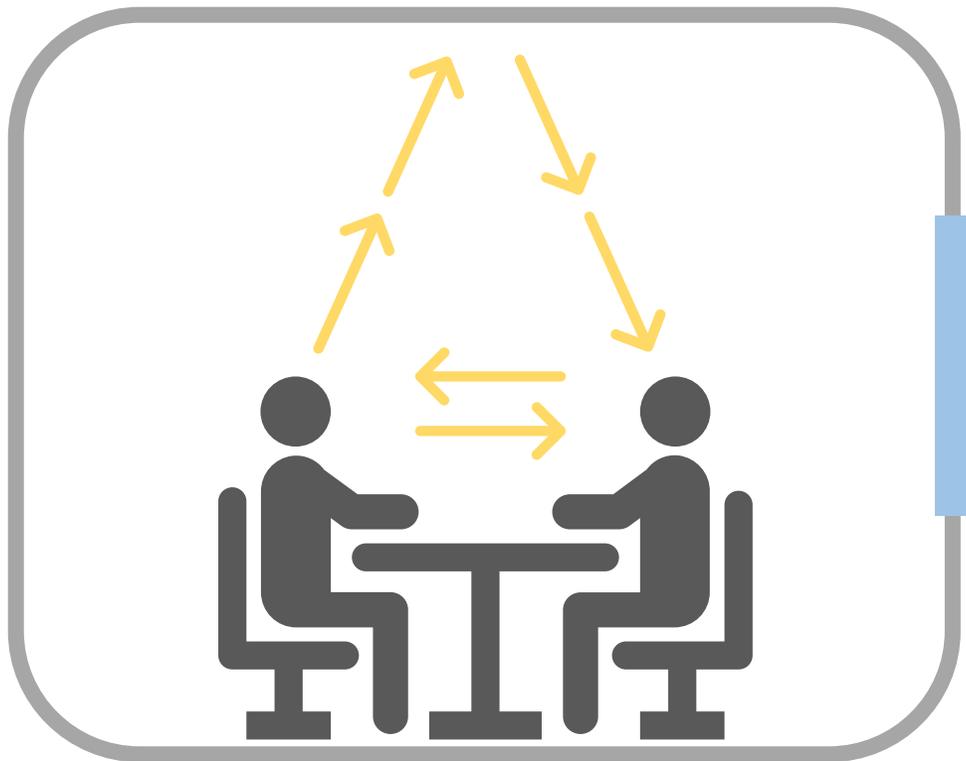


**ANIT** 

# Ridotta rumorosità impianti interni



# Adeguata comprensione del parlato e riverberazione

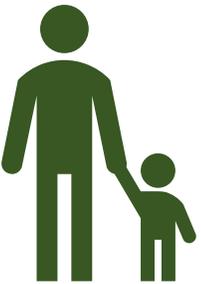




Utilizzo di prodotti «sostenibili»



Mantenimento delle prestazioni nel tempo



Capacità di adattamento alle richieste future

# Protocolli di sostenibilità: acustica

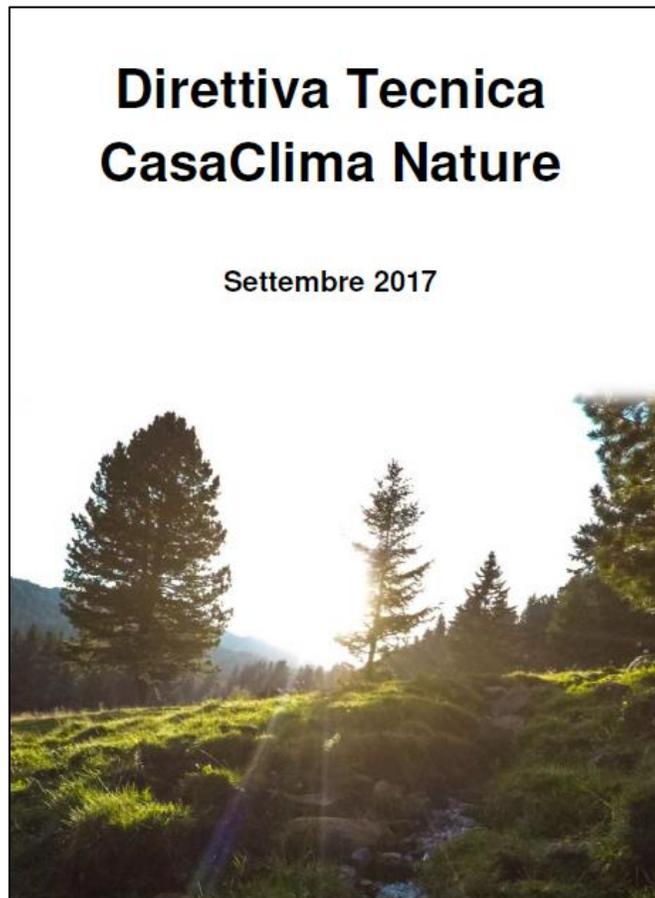


Tabella N11: limiti di fonoisolamento per le diverse categorie di edifici

			Edifici residenziali e ricettivi	Uffici, attività commerciali e ricreative	Ospedali, case di cura
			Cat. A, C	Cat. B, F, G	Cat. D
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata		$D_{2m,nT,w}$	$\geq 40$ dB	$\geq 42$ dB	$\geq 45$ dB
Potere fonoisolante apparente	di divisori verticali e orizzontali fra ambienti di diverse unità	$R'_w$	$\geq 50$ dB $\geq 55$ dB*	$\geq 50$ dB	$\geq 55$ dB
Livello di rumore da calpestio	fra ambienti sovrapposti e/o adiacenti di differenti unità	$L'_{nw}$	$\leq 58$ dB	$\leq 55$ dB	$\leq 58$ dB
Rumore di impianti	a funzionamento continuo	$L_{ic}$	$\leq 32$ dB (A)	$\leq 32$ dB (A)	$\leq 25$ dB (A)
	a funzionamento discontinuo	$L_{id}$	$\leq 35$ dB (A) $\leq 32$ dB (A)*	$\leq 35$ dB (A)	$\leq 35$ dB (A)

Categorie ai sensi della classificazione degli ambienti abitativi del DPCM 05/12/1997

$L_{ic}$  e  $L_{id}$  definiti come da norma UNI 11367:2010

\* Limiti per edifici ricettivi

# Protocolli di sostenibilità: acustica



## PROTOCOLLO ITACA Nazionale 2011

### EDIFICI SCOLASTICI

CRITERIO D.5.6	Destinazione d'uso	Criterio valido per:	
	SCUOLE	Nuova costruzione	Ristrutturazione
<b>Qualità acustica dell'edificio</b>			
<b>AREA DI VALUTAZIONE</b>	<b>CATEGORIA</b>		
D. Qualità ambientale indoor	D.5 Benessere acustico		
<b>ESIGENZA</b>	<b>PESO DEL CRITERIO</b>		
Protezione dai rumori esterni ed interni all'edificio.	nella categoria	nel sistema completo	
<b>INDICATORE DI PRESTAZIONE</b>	<b>UNITA' DI MISURA</b>		
Valutazione acustica globale dell'edificio	-		
<b>SCALA DI PRESTAZIONE</b>			
			<b>PUNTI</b>
<b>NEGATIVO</b>	Uno o più requisiti acustici non raggiungono la prestazione base		-1
<b>SUFFICIENTE</b>	La maggioranza dei requisiti acustici raggiunge la prestazione base		0
<b>BUONO</b>	La maggioranza dei requisiti acustici raggiunge la prestazione superiore		3
<b>OTTIMO</b>	Tutti i requisiti acustici raggiungono la prestazione superiore		5
<b>METODO E STRUMENTI DI VERIFICA</b>			
Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:			
1. Calcolare, per ciascun ambiente dell'unità immobiliare*, i requisiti acustici (pertinenti all'unità immobiliare considerata) del prospetto A.1 dell'Appendice A della norma UNI 11367.			
Nel caso in cui l'ambiente soggetto alla verifica non confini con ambienti di altre unità immobiliari (con destinazioni d'uso diversa da quella considerata), calcolare, per ciascun ambiente, i seguenti requisiti acustici, applicando il modello di calcolo definito nelle seguenti norme:			
- UNI/TR 11175;			
- UNI EN 12354-3 (indice di valutazione dell'isolamento di facciata D2m,nT,w);			
- UNI EN 12354-1 (isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare DnT,w);			
- UNI EN 12354-1 (isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare DnT,w);			
- UNI EN 12354-2 (indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato tra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare L'n,w);			
- UNI EN 12354-5 (livello di rumore immesso da impianti tecnologici LAeq, LASmax).			
Nel caso in cui invece l'ambiente soggetto alla verifica, confini con ambienti di altre unità immobiliari (anche con destinazioni d'uso diversa da quella considerata), calcolare i seguenti requisiti acustici, applicando il modello di calcolo definito nelle seguenti norme:			
- UNI/TR 11175			
- UNI EN 12354-3 (indice di valutazione dell'isolamento di facciata D2m,nT,w);			
- UNI EN 12354-1 (indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni tra ambienti di differenti unità immobiliari Rw');			
- UNI EN 12354-2 (indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato tra ambienti di differenti unità immobiliari L'n,w);			
- UNI EN 12354-5 (livello di rumore immesso da impianti tecnologici LAeq, LASmax).			
2. Definire, per ciascun requisito acustico calcolato, la tipologia di prestazione secondo il prospetto A.1 dell' Appendice A della norma UNI 11367.			
3. Attribuire a ciascun ambiente dell'edificio il punteggio calcolando la moda dei punteggi ottenuti da ciascun requisito.			
4. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio (moda dei punteggi ottenuti).			
N.B (1) *Per unità immobiliare si intende "porzione di fabbricato o fabbricato che presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale" (norma UNI 11367).			
N.B (2) Il calcolo dei requisiti acustici relativi agli impianti (LAeq, LASmax) rimane in sospeso fino a quando la metodologia di calcolo degli stessi è descritta nella norma UNI EN 12354-5, non viene consolidata.			
Protocollo ITACA Nazionale 2011 - Versione basata su SBTool 2007 di iiSBE			

# Protocolli di sostenibilità: acustica



## LEED v4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION

Traduzione italiana

Aggiornato 08 Novembre 2016

Include:

**LEED BD+C: New Construction**  
**LEED BD+C: Core and Shell**  
**LEED BD+C: Schools**  
**LEED BD+C: Retail**  
**LEED BD+C: Data Centers**  
**LEED BD+C: Warehouses and Distribution Centers**  
**LEED BD+C: Hospitality**  
**LEED BD+C: Healthcare**



### PREREQUISITO EQ - REQUISITI ACUSTICI MINIMI [*MINIMUM ACOUSTIC PERFORMANCE*] Obbligatorio

BD&C

Questo prerequisito si applica a:

- Schools

#### Finalità [*Intent*]

Creare aule scolastiche che facilitano la comunicazione tra insegnanti e studenti e tra gli studenti attraverso una efficace progettazione acustica.

#### Requisiti [*Requirements*]

##### SCHOOLS

##### **Rumore di fondo degli impianti HVAC**

Limitare a 40 dBA il livello di rumore di fondo degli impianti di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (HVAC) nelle aule e negli ambienti didattici principali. Seguire le metodologie raccomandate e le migliori pratiche per il controllo del rumore degli impianti meccanici suggerite dalla normativa ANSI S12.60-2010, Parte 1, Appendice A.1, dal capitolo 48 *Noise and Vibration Control* (Controllo del rumore e delle vibrazioni) del manuale ASHRAE Handbook Applications HVAC del 2011 inclusi Errata e dalla norma AHRI 885-2008 o da un equivalente locale per progetti al di fuori degli Stati Uniti.

##### **Rumore esterno**

Per tutti i siti in cui è presente un elevato inquinamento acustico esterno (Leq di picco su base oraria superiore a 60 dBA durante le ore di lezione), adottare strategie di mitigazione acustica al fine di ridurre al minimo il rumore proveniente dalle sorgenti esterne e controllare la trasmissione sonora tra aule e negli ambienti didattici principali. Sono esentati tutti i progetti situati a una distanza maggiore di 800 metri (0,5 miglia) da qualsiasi sorgente sonora significativa (come ad esempio passaggio di aerei, autostrade, ferrovie, industrie).

##### **Tempo di riverberazione**

Rispettare i seguenti requisiti sul tempo di riverberazione.

##### **Aule e ambienti didattici principali con volume inferiore a 566 m<sup>3</sup> (20,000 piedi cubici)**

Le aule e gli ambienti didattici principali devono essere progettati con l'inclusione di opportune finiture fonoassorbenti in grado di soddisfare i requisiti relativi al tempo di riverberazione previsti dalla normativa ANSI S12.60-2010, Parte 1, *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements and Guidelines for Schools* (Criteri di prestazione acustica, Linee guide e requisiti di progetto per le scuole), o da un equivalente locale per progetti al di fuori degli Stati Uniti.

##### **Opzione 1**

Per ciascun locale, verificare che l'area totale dei pannelli acustici verticali, delle finiture a soffitto e delle altre superfici fonoassorbenti sia uguale o superiore all'area totale del soffitto dell'ambiente considerato (con esclusione dei sistemi di illuminazione, bocchette di immissione e griglie di ripresa dell'aria). I materiali devono avere un indice NRC pari o superiore a 0.70 per essere inseriti nei calcoli.

OPPURE

##### **Opzione 2**

Confermare mediante i calcoli previsti dalla norma ANSI S12.60-2010 che i locali sono progettati per soddisfare ai requisiti relativi ai tempi di riverberazione indicati nella citata norma.

##### **Aule e ambienti didattici principali con volume superiore o uguale a 566 m<sup>3</sup>**

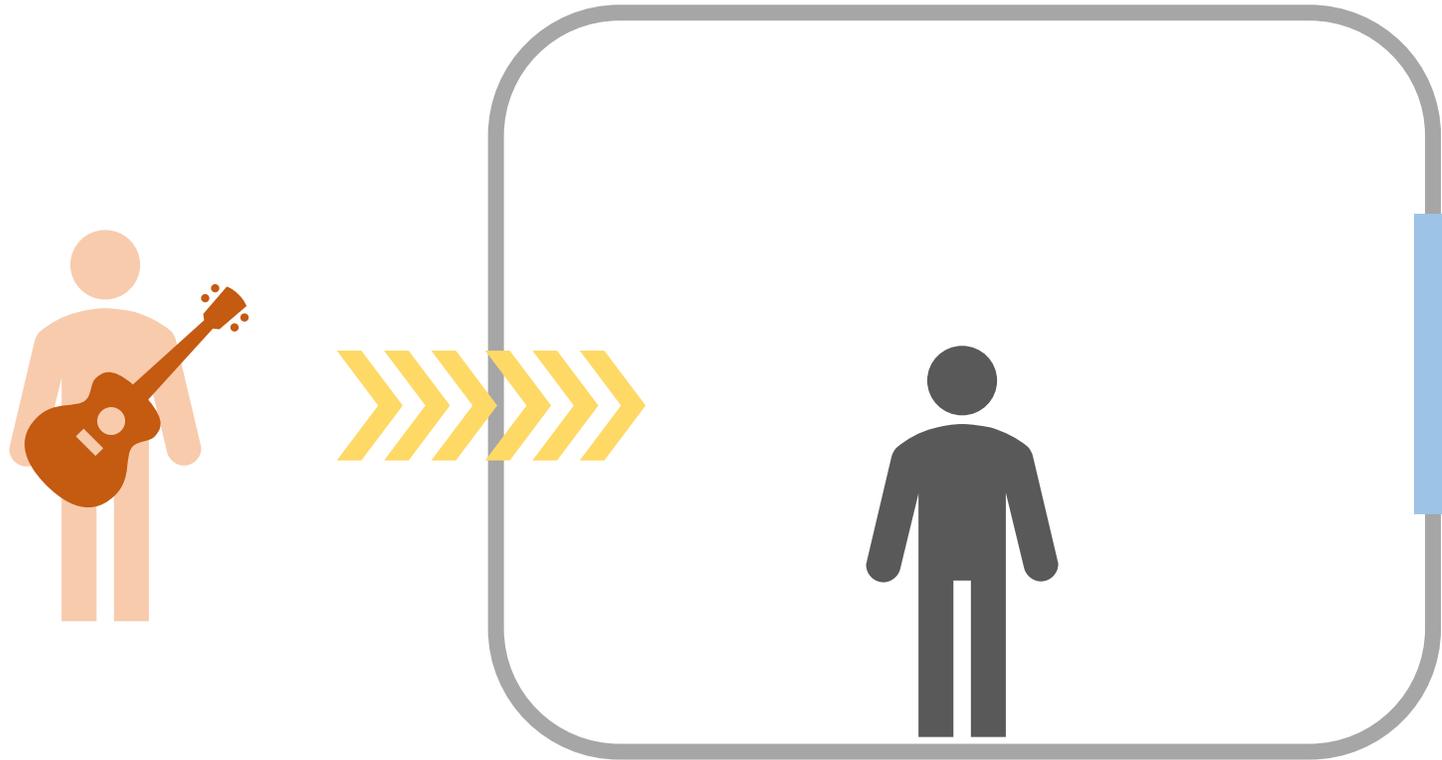
Conseguire i tempi di riverberazione raccomandati per le aule e gli ambienti didattici principali dal NRC-CNRC Construction Technology Update No. 51, *Acoustical Design of Rooms for Speech* del 2002 (Progettazione acustica degli ambienti per il parlato), o da un equivalente locale per progetti al di fuori degli Stati Uniti.

##### **Eccezioni**

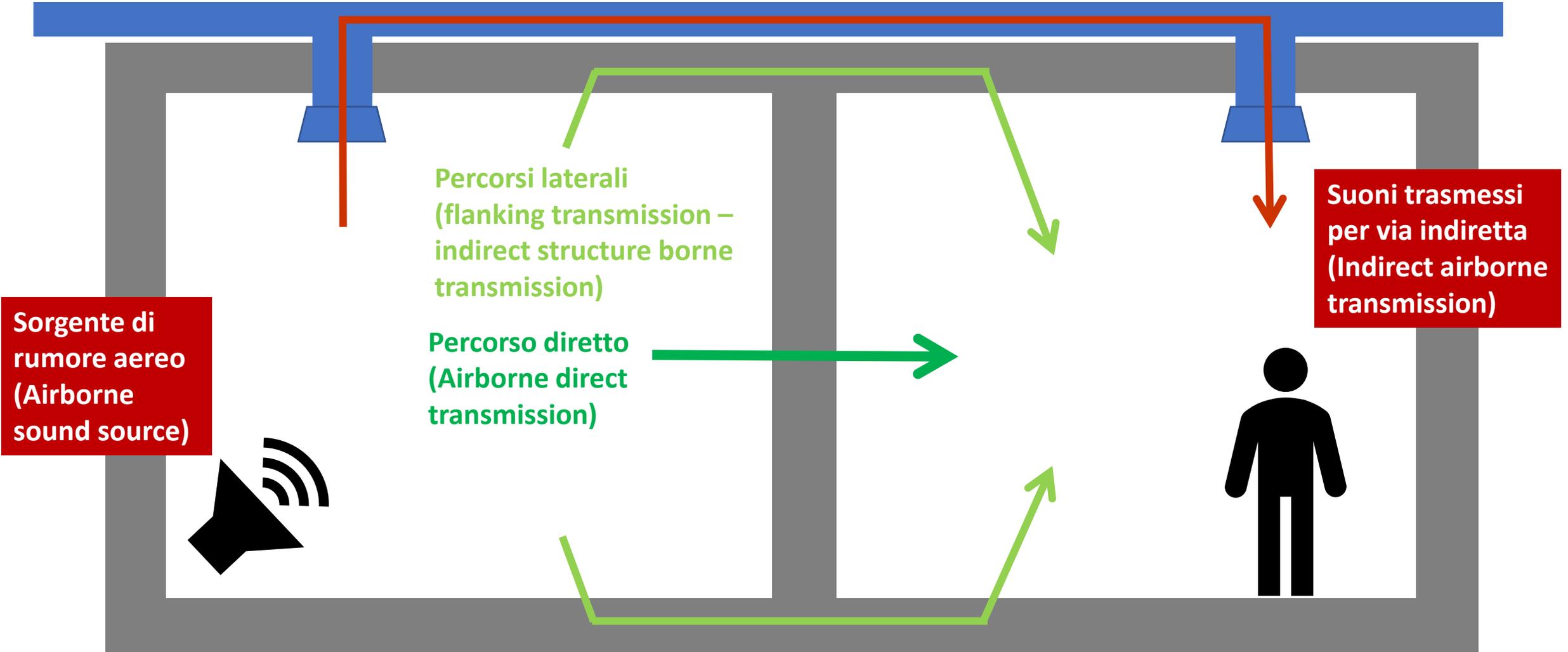
Saranno considerate eccezioni derivate da limitazioni dell'oggetto dei lavori e dal rispetto di vincoli di valenza storica.



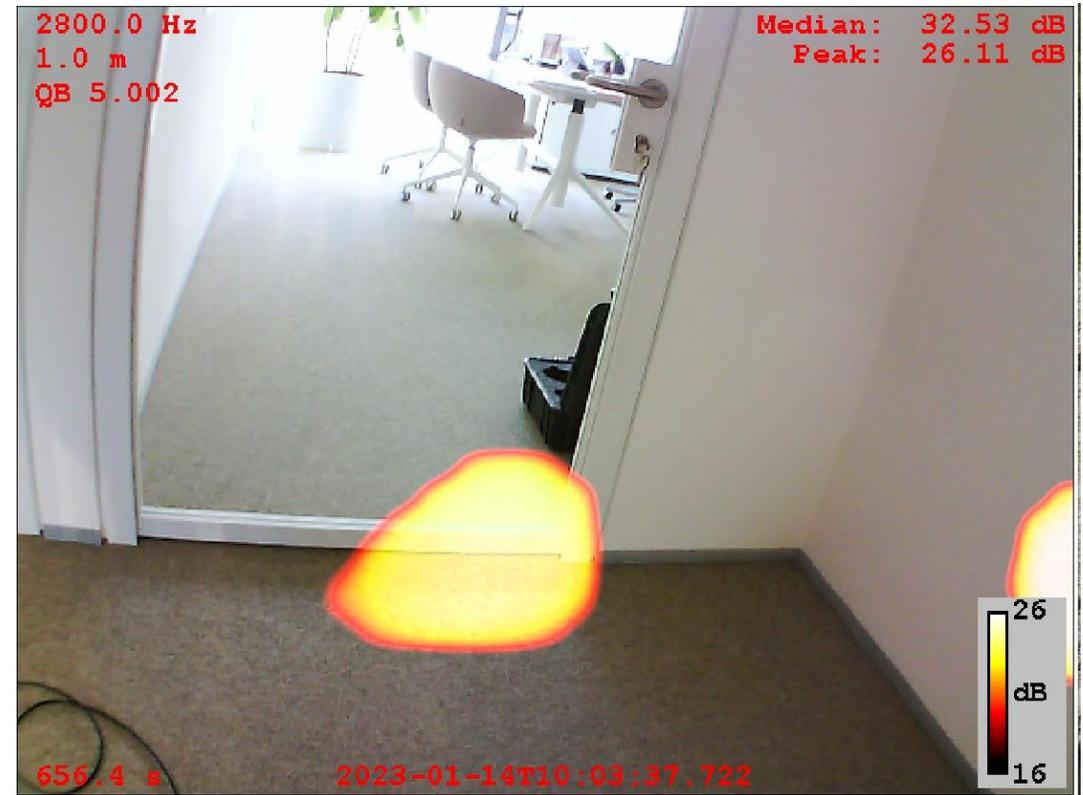
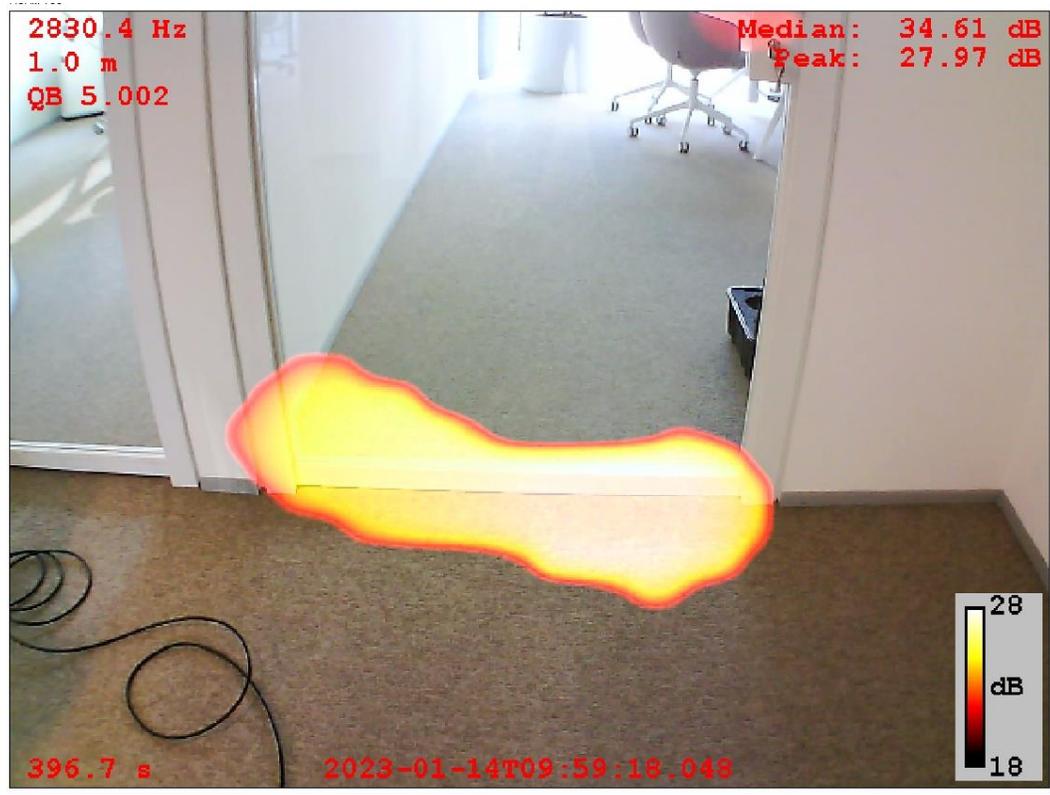
# Isolamento ai rumori aerei



# Percorsi sonori

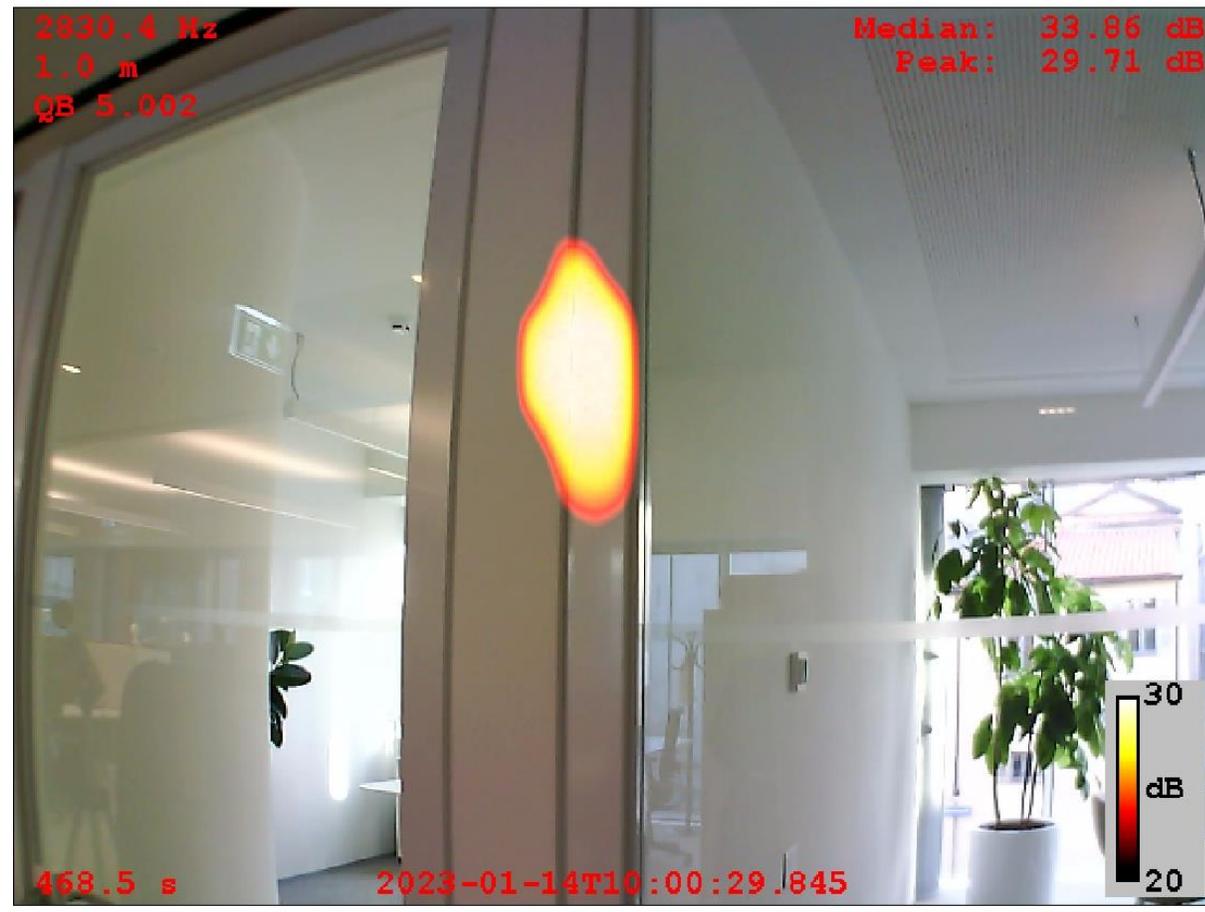


# Isolamento ai rumori aerei



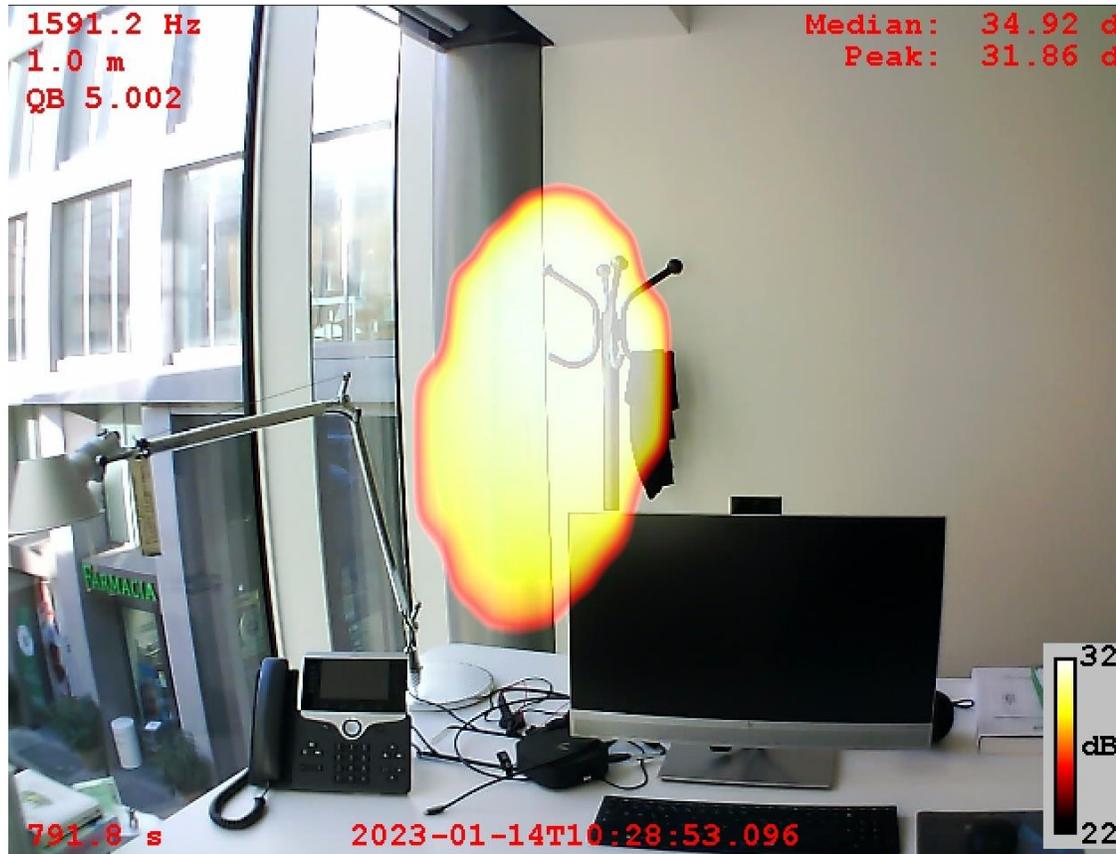
La ghigliottina non chiude in modo corretto, ripristinare!

# Isolamento ai rumori aerei



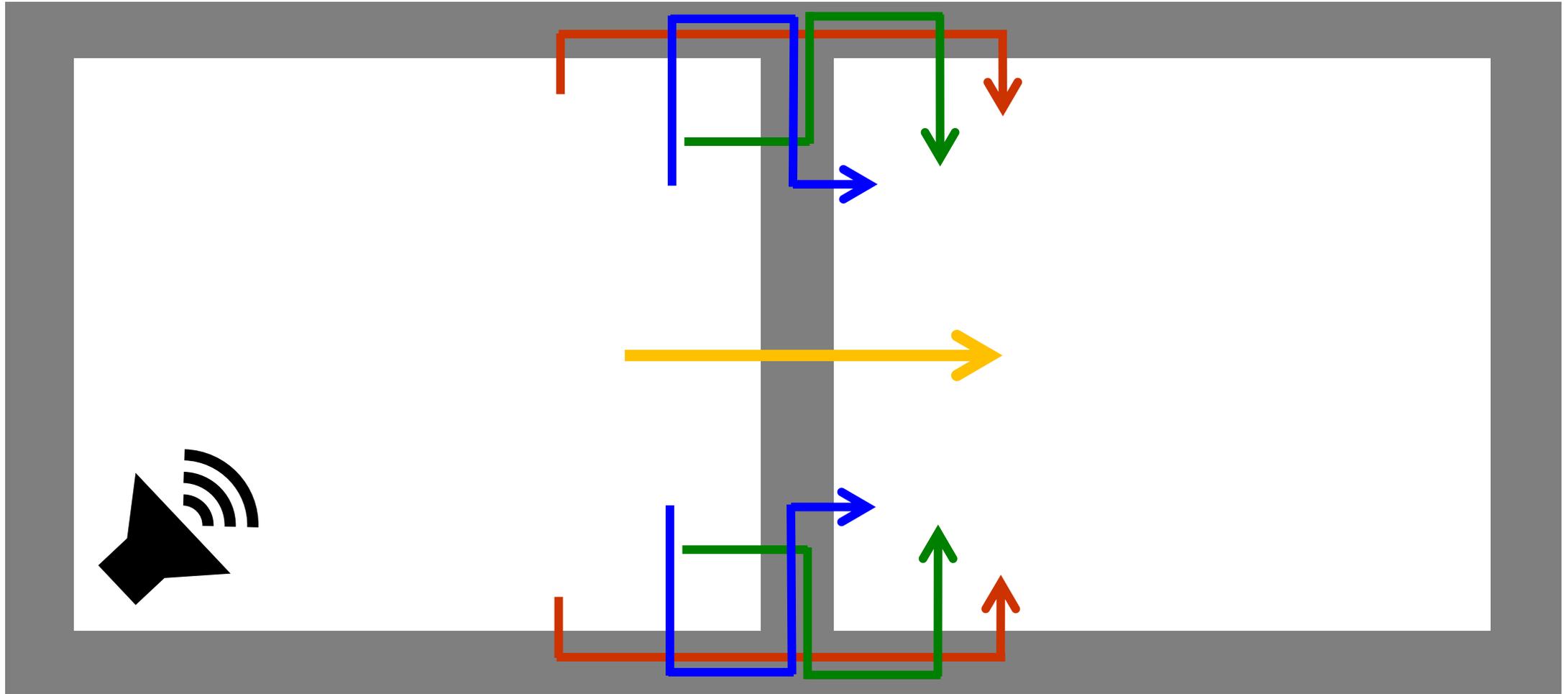
Fessurazione tra telaio mobile e fisso, siliconare!

# Isolamento ai rumori aerei



Ripristinare la tenuta totale con silicone, non sono visibili altri passaggi di rumore significativi

# Soluzioni tecnologiche





# Soluzioni tecnologiche

Descrizione partizione esaminata:

ui1 camera1 vs ui2 camera2

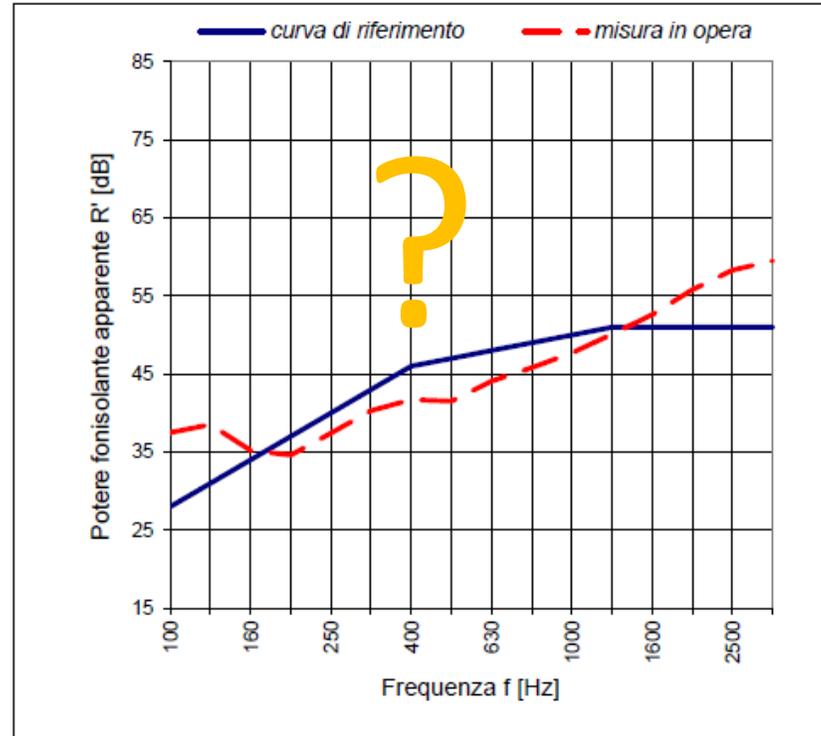
Area "S" della partizione esaminata

4,9 mq

Volume ambiente ricevente:

32,1 mc

Frequenza f Hz	R' Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	37,5
125	38,5
160	35,2
200	34,6
250	37,4
315	40,3
400	41,7
500	41,5
630	44,1
800	45,8
1000	47,7
1250	50,1
1600	52,6
2000	55,8
2500	58,3
3150	59,5
4000	
5000	



Note:

Valutazione secondo ISO 717-1:

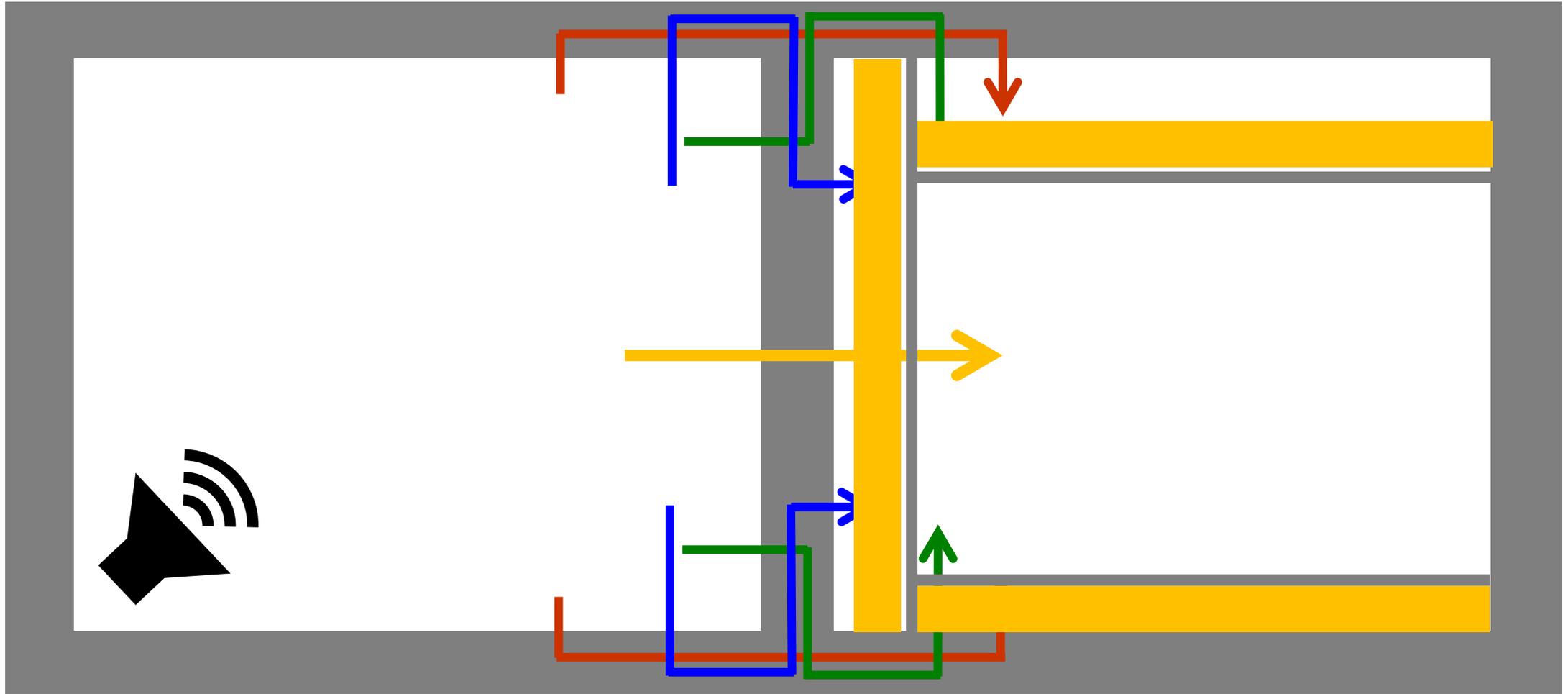
$R'_w =$  47,0 dB

$C =$  -1 dB

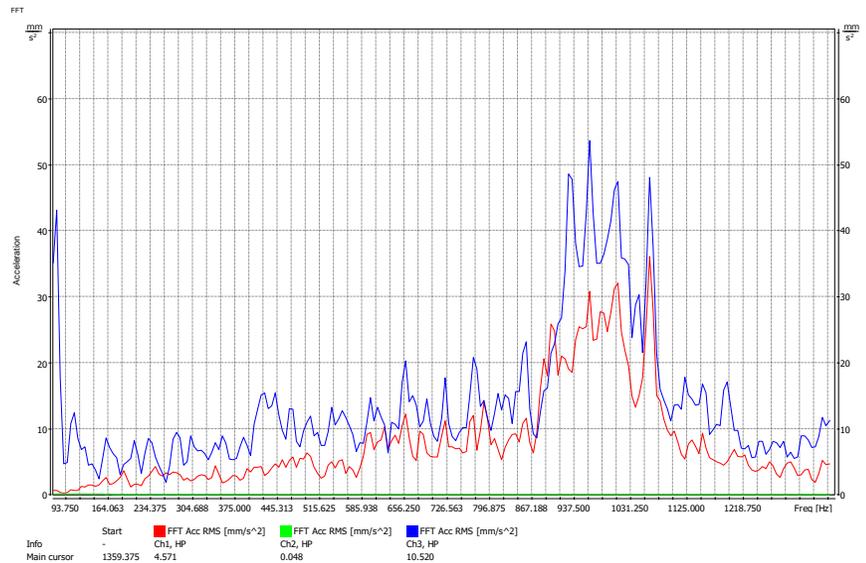
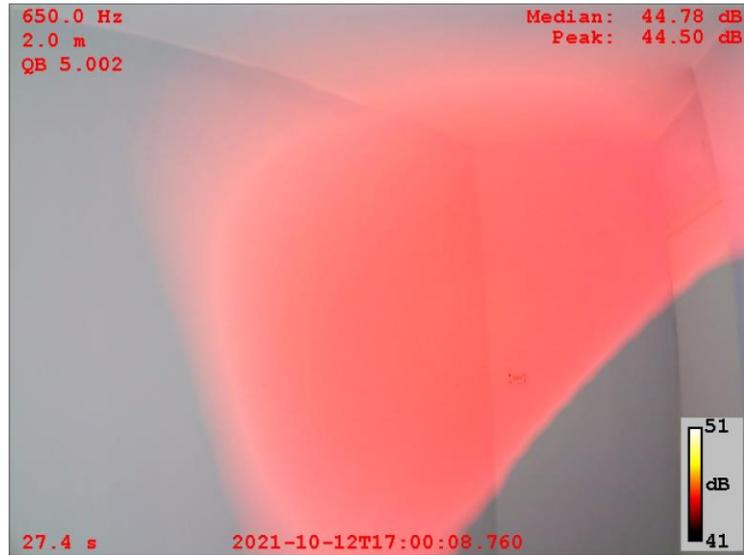
$C_v =$  -4 dB

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera

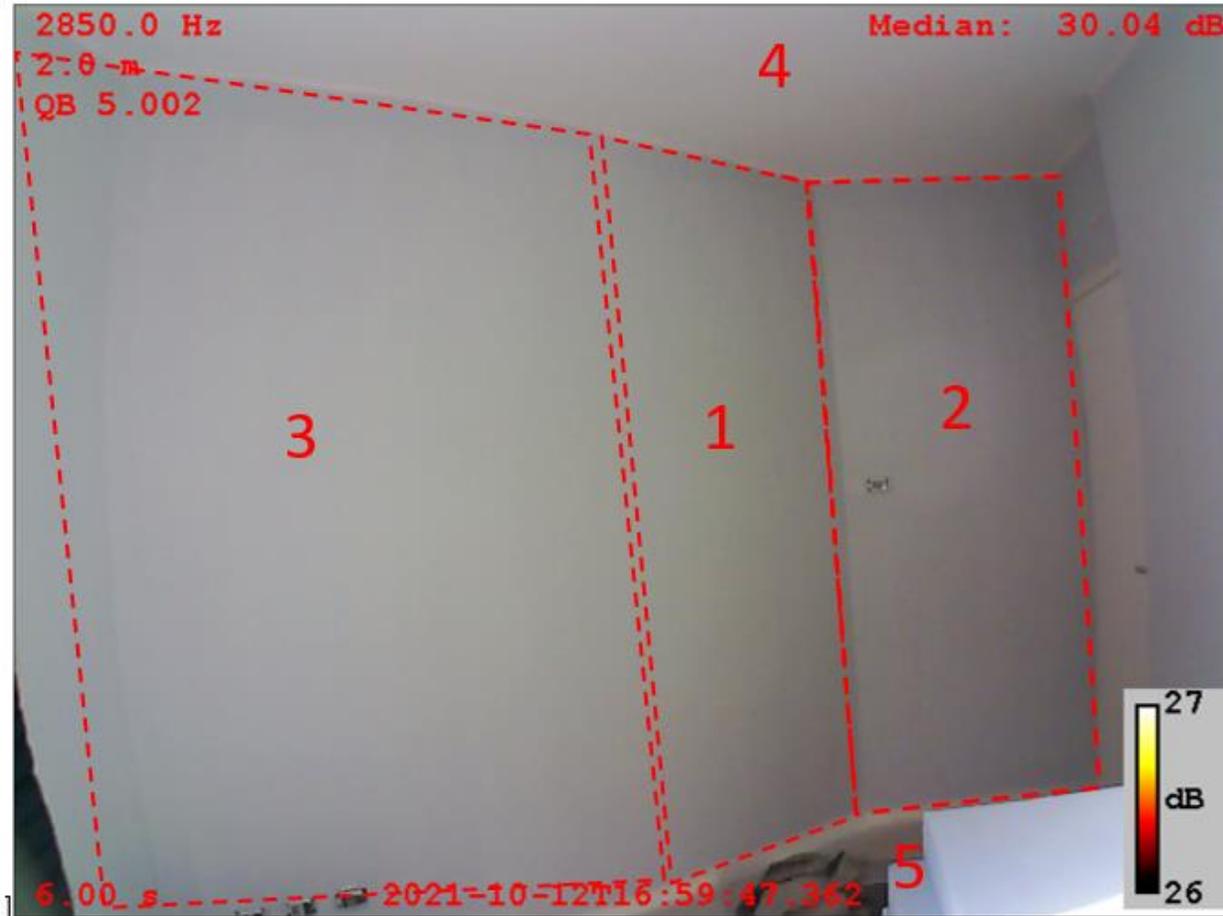
# Soluzioni tecnologiche



# Soluzioni tecnologiche



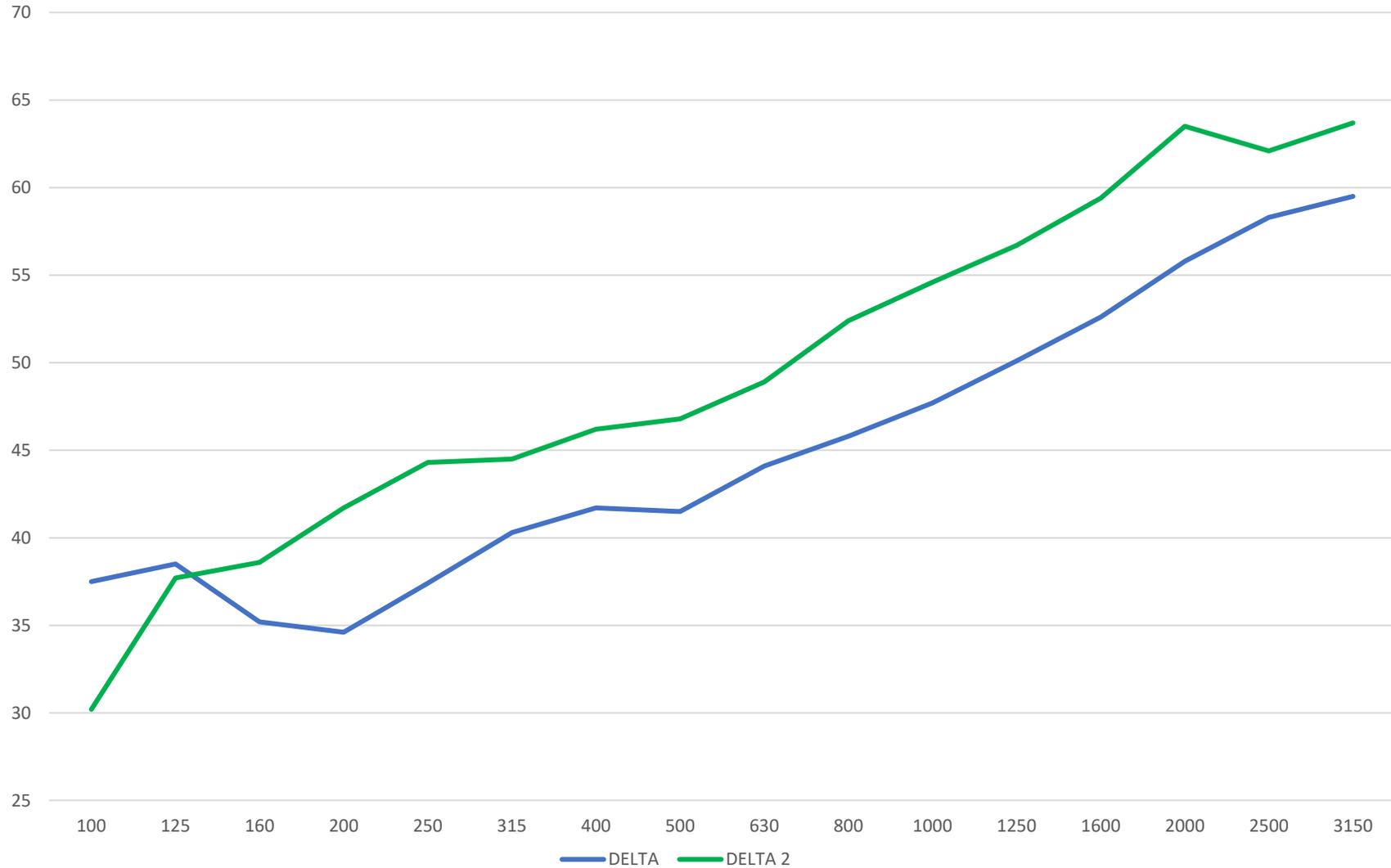
# Soluzioni tecnologiche



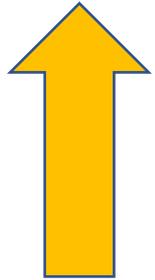
struttura	Accelerazione [mm/s <sup>2</sup> ]
Parete 1	359
Parete 2	267
Parete 3	314
Soffitto	116
Pavimento	39

# Soluzioni tecnologiche

confronti



52 dB

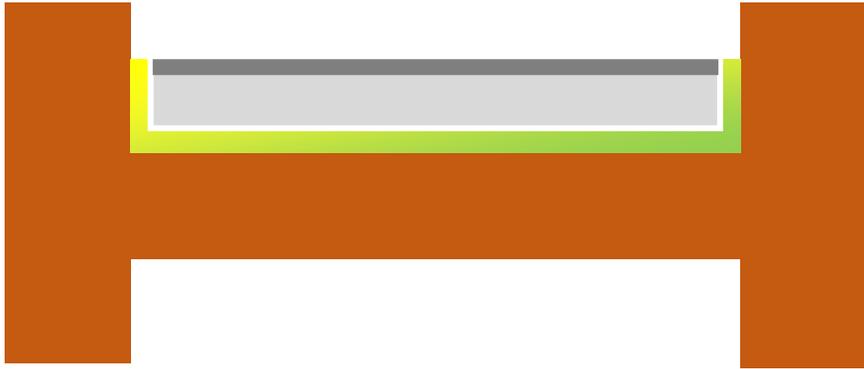


47 dB

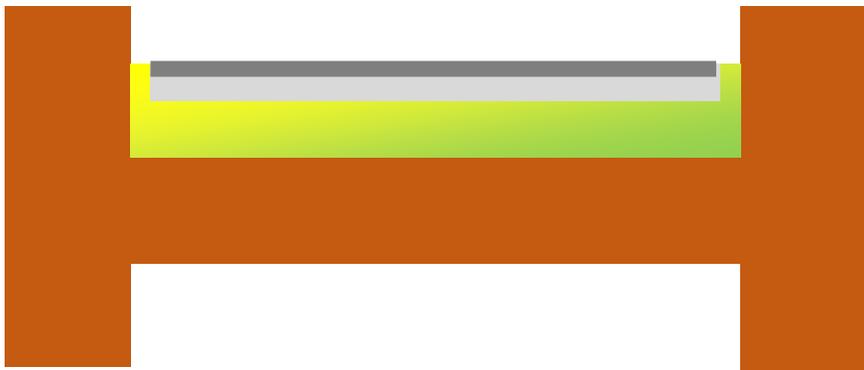
# Rumori da calpestio



## Soluzioni tecnologiche



Massetto galleggiante



Massetto a secco

## Soluzioni tecnologiche

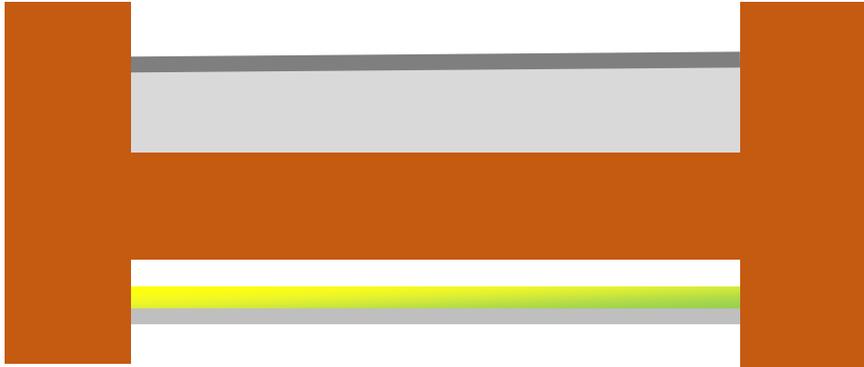


Materiale resiliente  
sottopavimento



Rivestimento  
resiliente

## Soluzioni tecnologiche



Controsoffitto



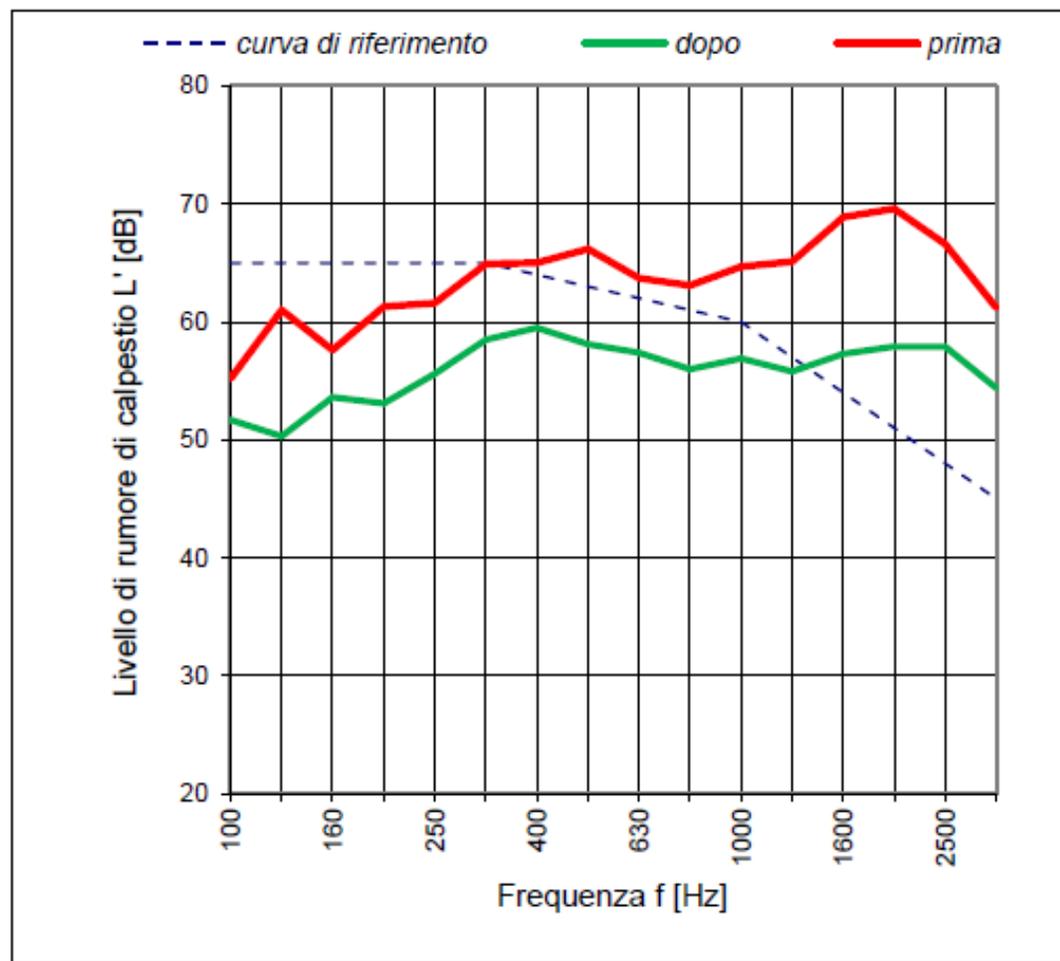
Sistemi misti

# Soluzioni tecnologiche



# Soluzioni tecnologiche

Frequenza f Hz	L'n Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	51,7
125	50,3
160	53,6
200	53,1
250	55,6
315	58,5
400	59,5
500	58,1
630	57,4
800	56,0
1000	56,9
1250	55,8
1600	57,3
2000	57,9
2500	57,9
3150	54,4
4000	
5000	



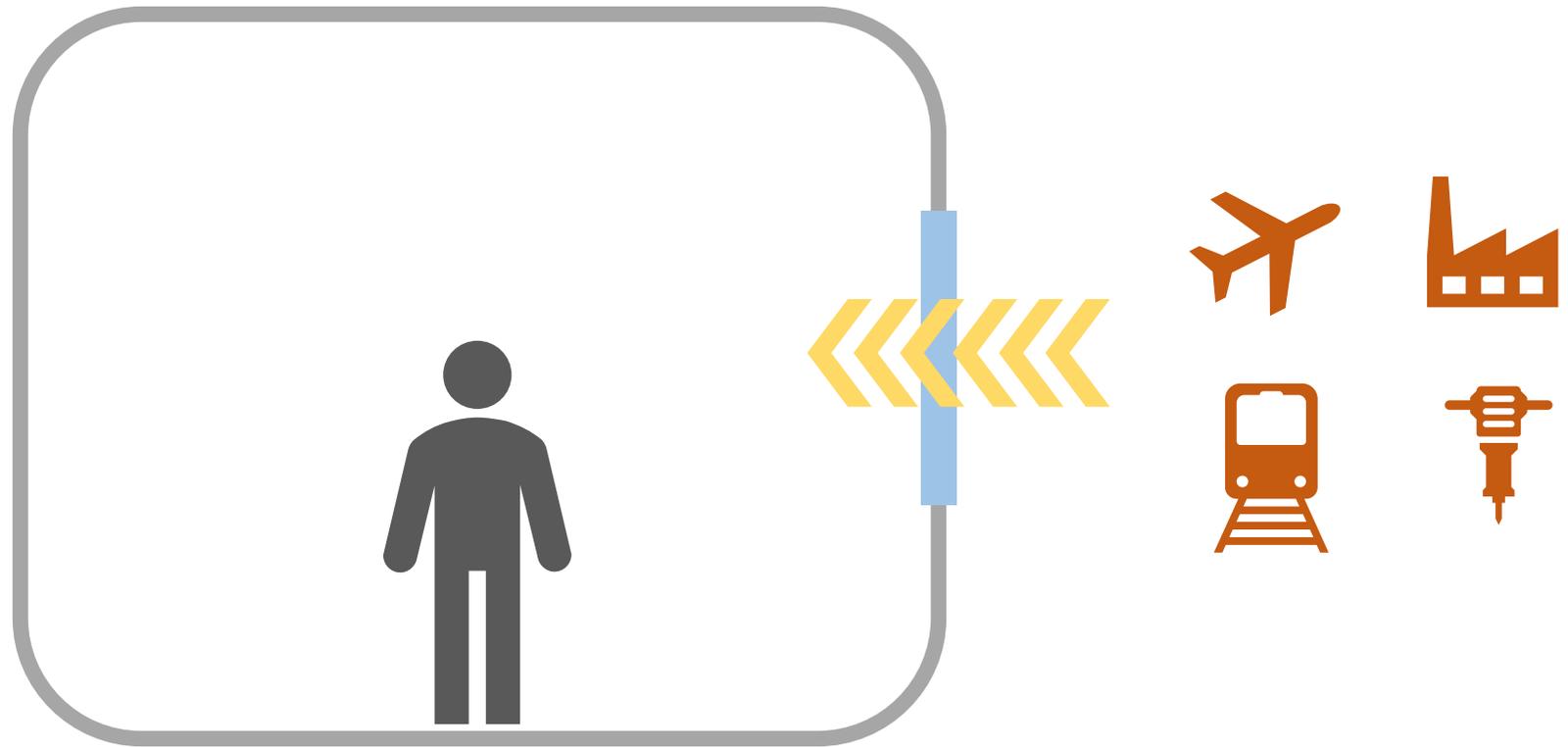
Valutazione secondo ISO 717 - 2:

$L'_{n,w} =$   dB

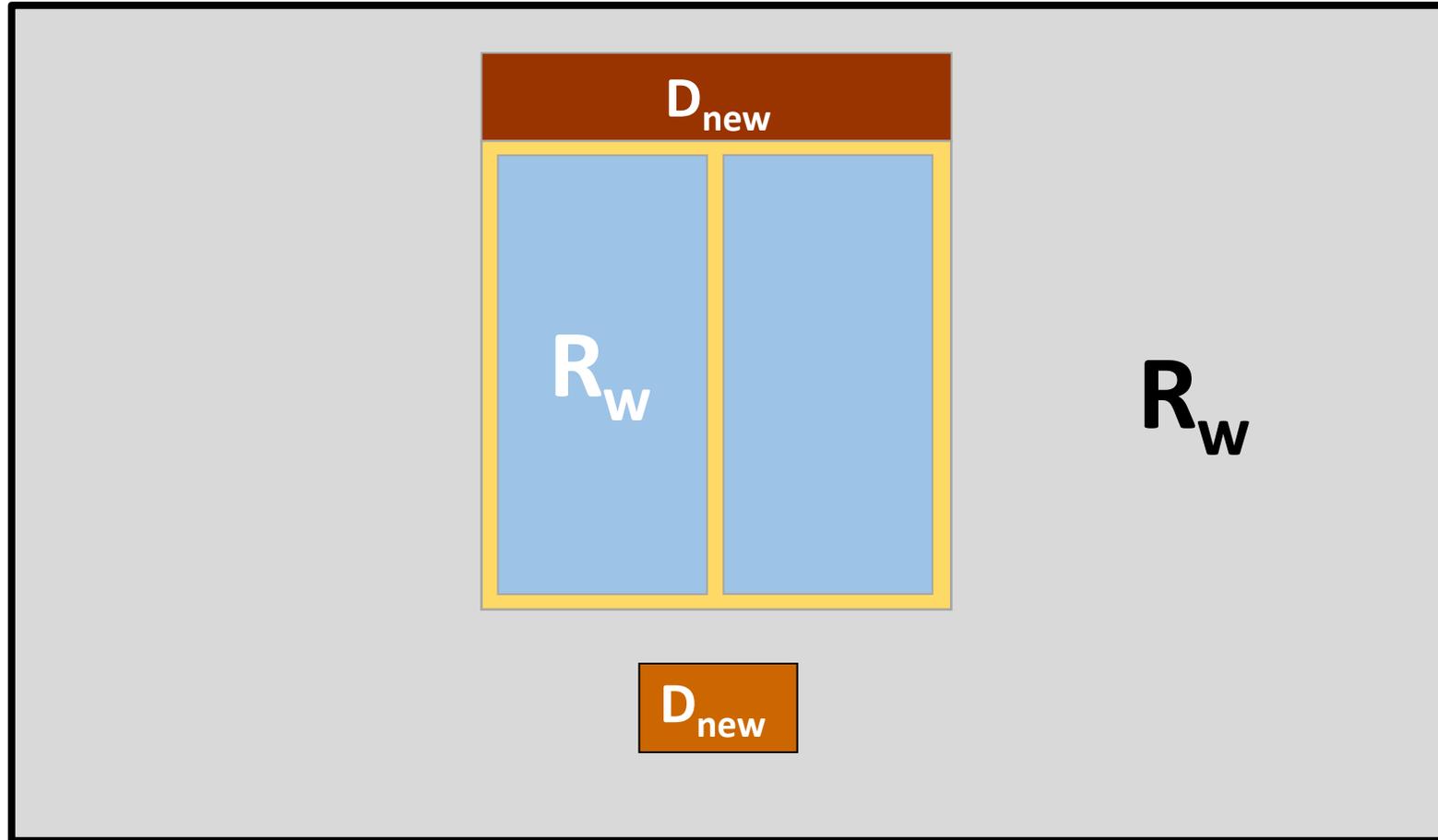
$C_1 =$   dB

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera

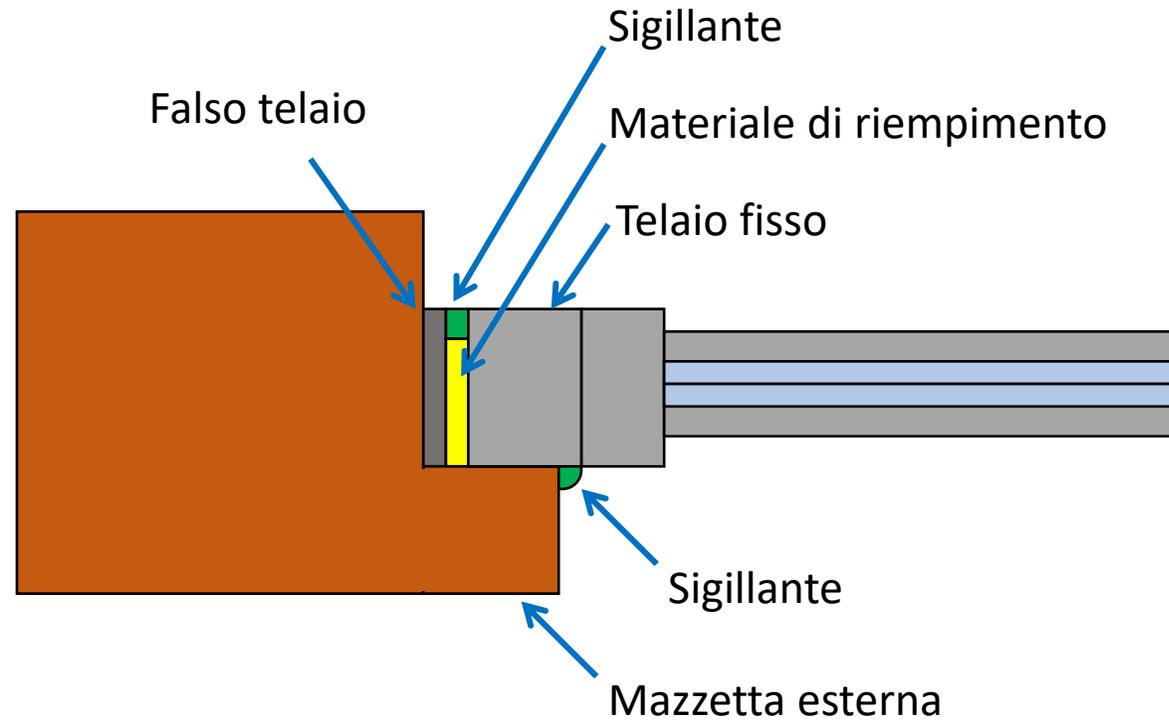
# Rumori esterni



# Soluzioni tecnologiche



# Soluzioni tecnologiche

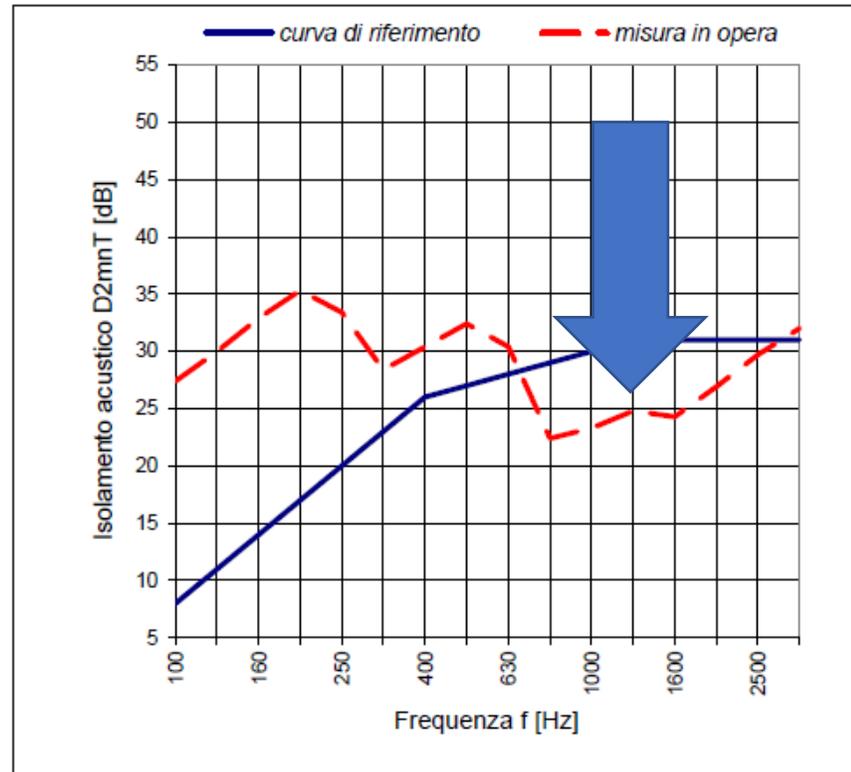


# Soluzioni tecnologiche

Descrizione facciata esaminata:

PT ui01 soggiorno

Frequenza f Hz	$D_{2mnT}$ Terzo di ottava dB
50	
63	
80	
100	27,4
125	30,0
160	32,9
200	35,3
250	33,4
315	28,4
400	30,4
500	32,4
630	30,4
800	22,4
1000	23,3
1250	24,8
1600	24,3
2000	26,9
2500	29,7
3150	32,0
4000	
5000	



Note:

Valutazione secondo ISO 717-1:

$D_{2mnTw}$  =  dB

$C$  =  dB

$C_T$  =  dB

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera

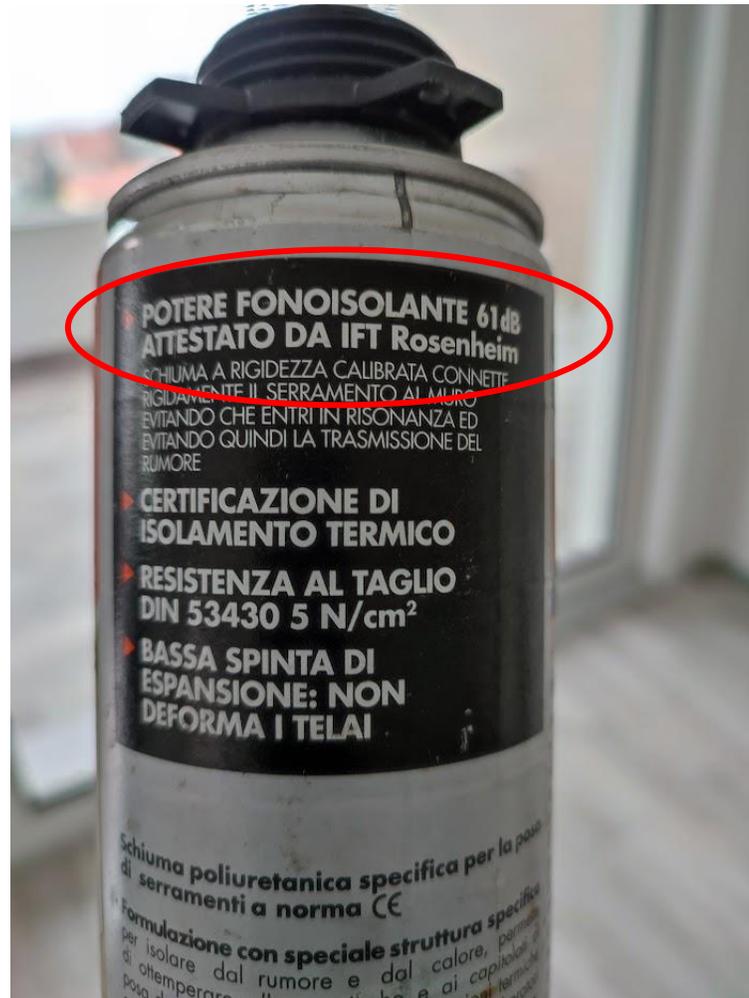
# Soluzioni tecnologiche



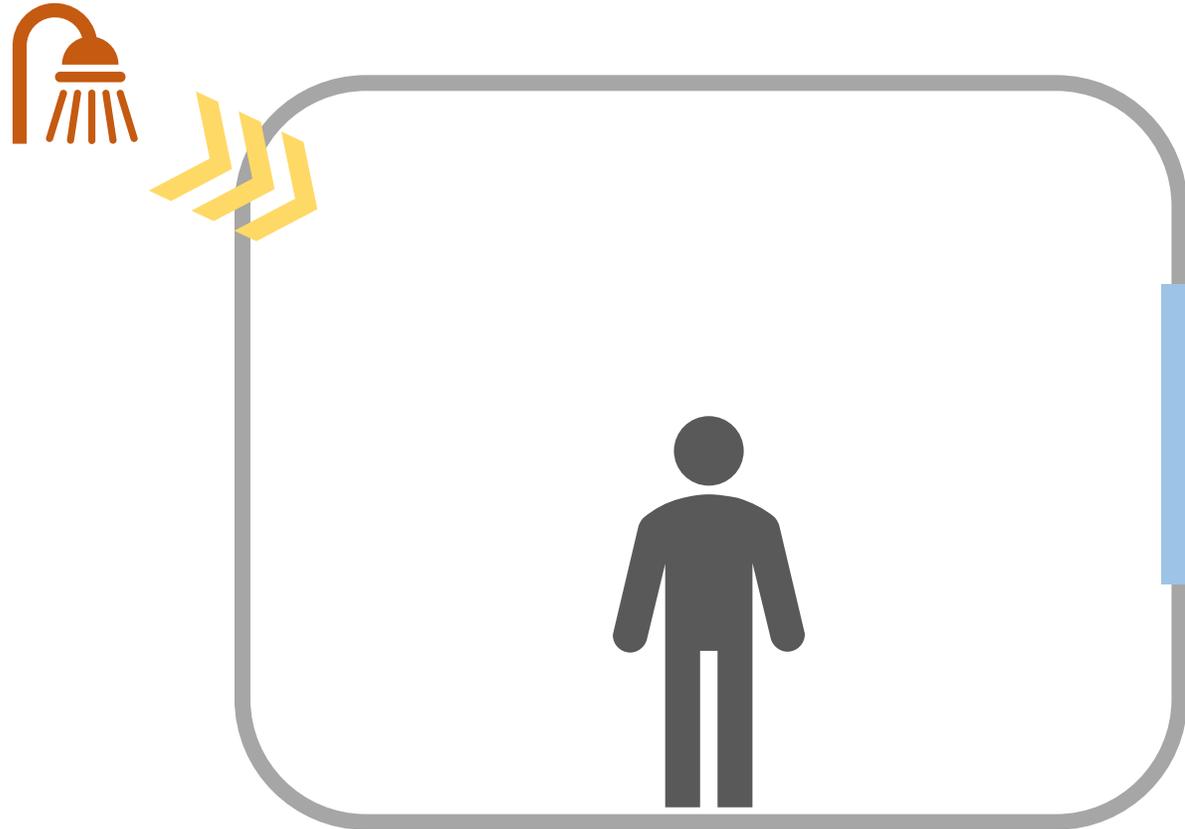
# Soluzioni tecnologiche



# Soluzioni tecnologiche



# Rumori da impianti



# Soluzioni tecnologiche



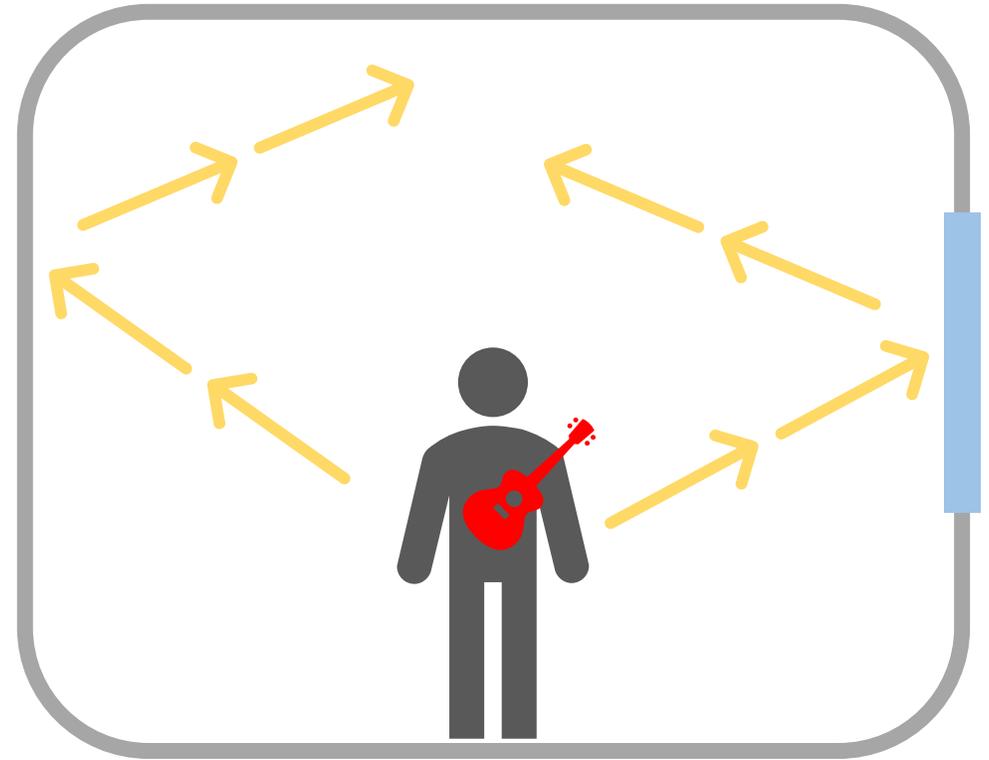
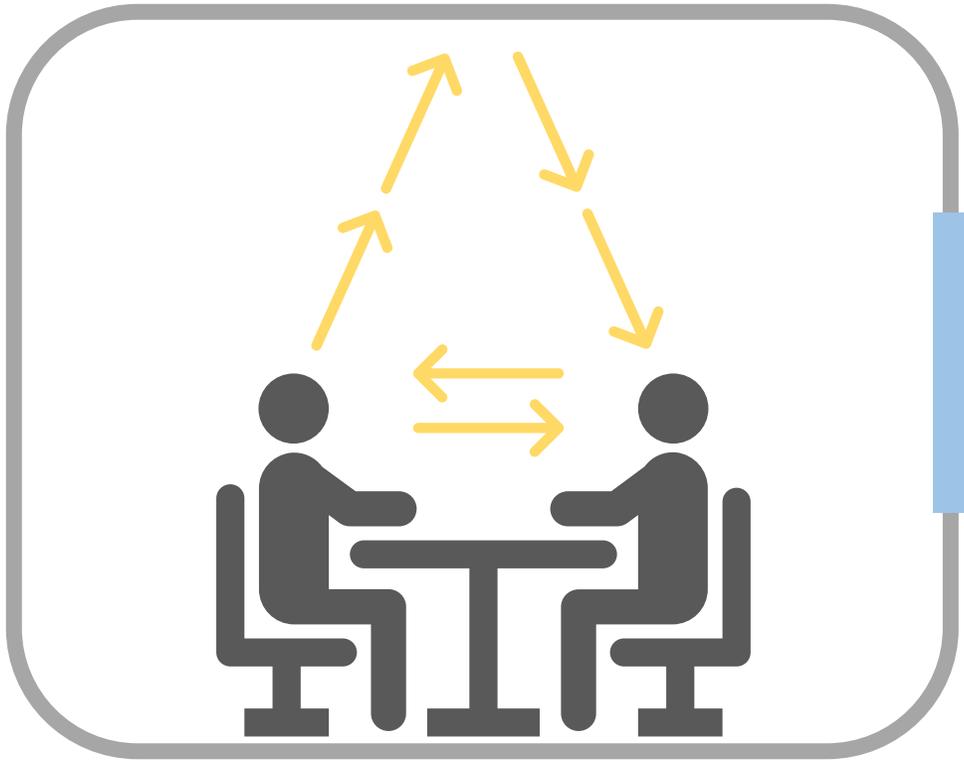
# Soluzioni tecnologiche



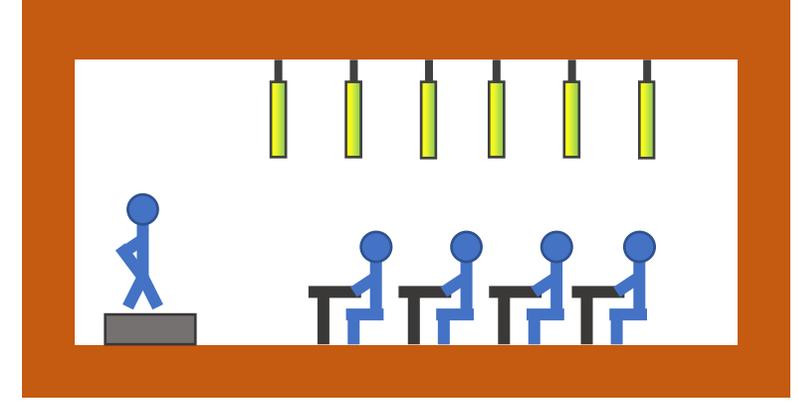
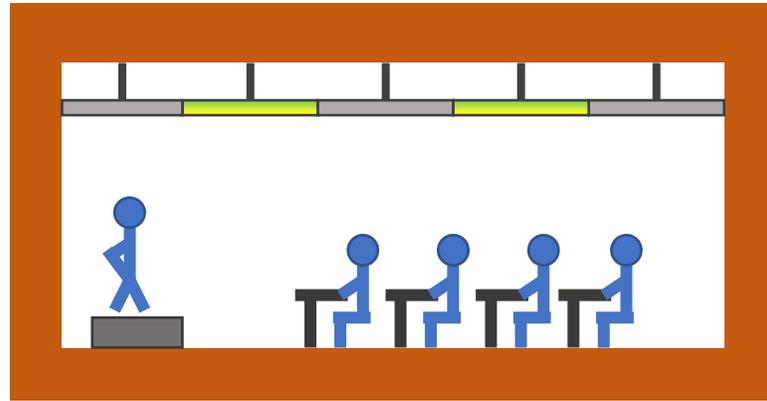
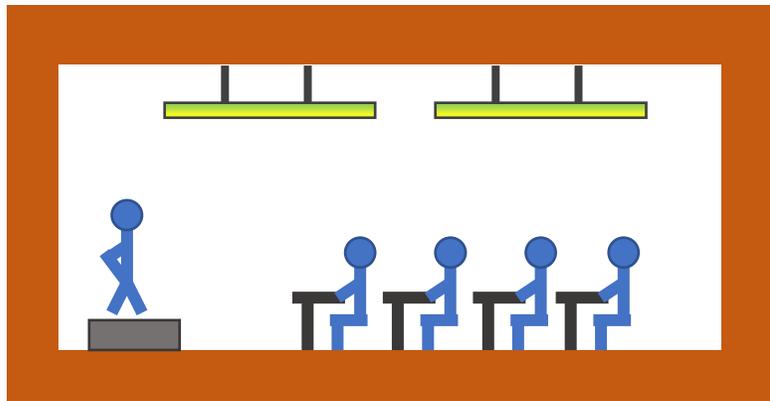
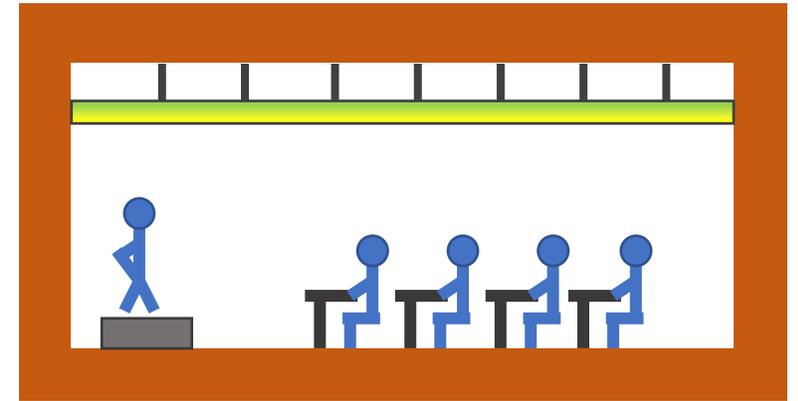
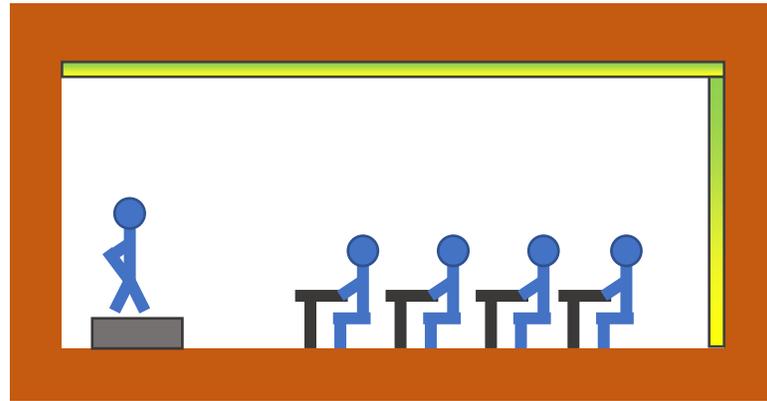
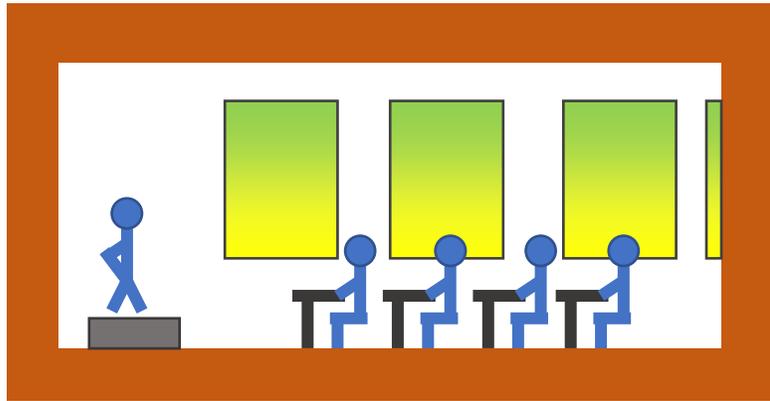
# Soluzioni tecnologiche



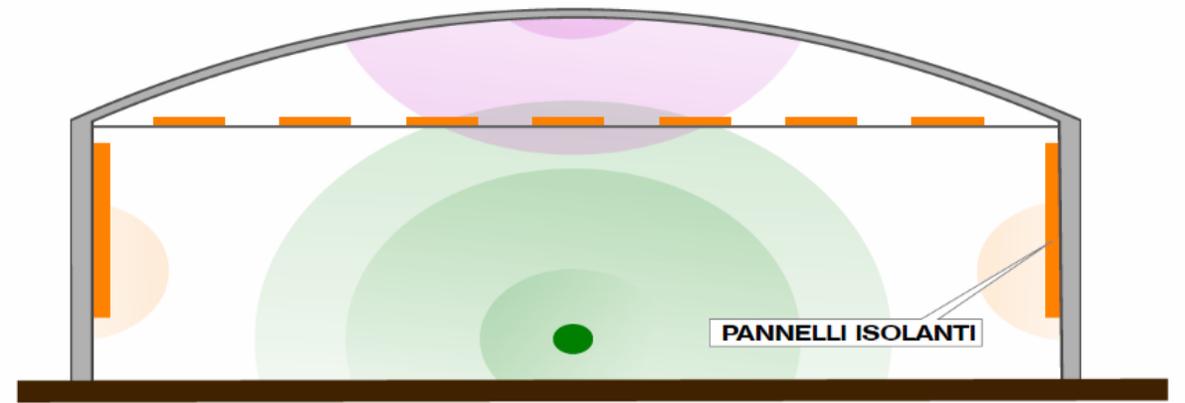
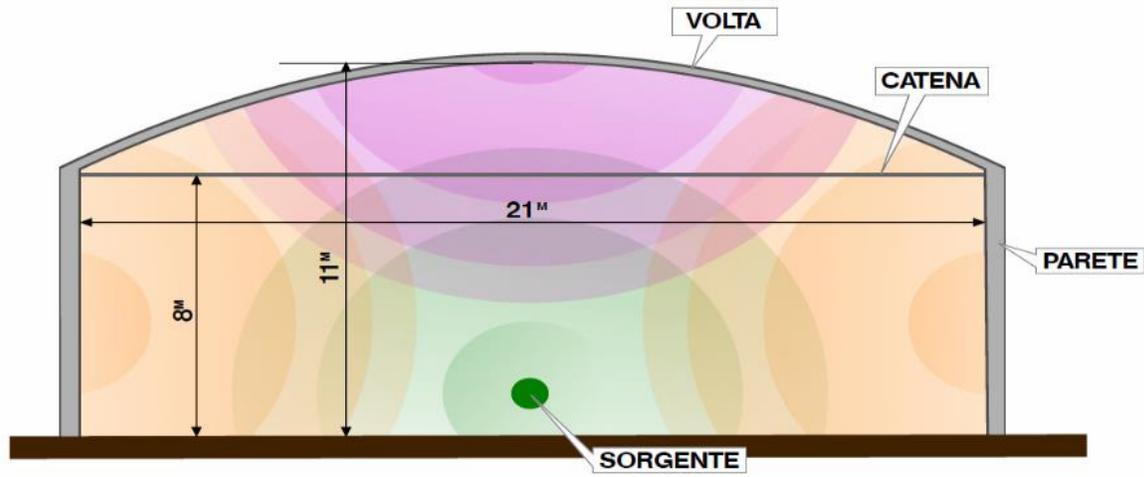
# Correzione acustica interna



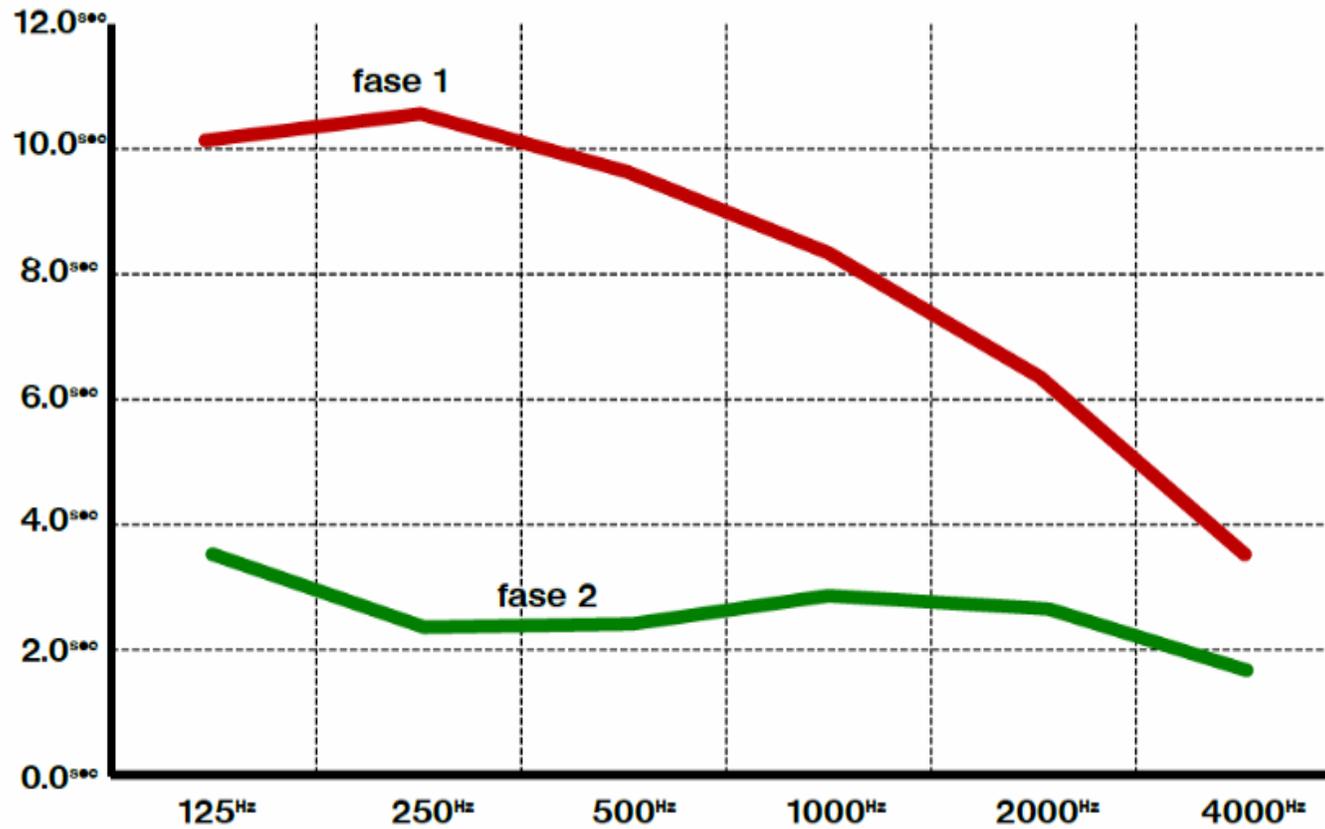
# Soluzioni tecnologiche



# Soluzioni tecnologiche



# Tempo di riverberazione



---

# ANIT



ASSOCIAZIONE NAZIONALE  
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO