



Istituto per le Tecnologie della Costruzione
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Isolamento acustico di Facciate e Comfort ambientale

Le prestazioni dei componenti con l'impiego dell'EPS
(Le misurazioni di laboratorio)

2° Convegno 19/04/2023

Dr.ssa Chiara Scrosati – ITC-CNR

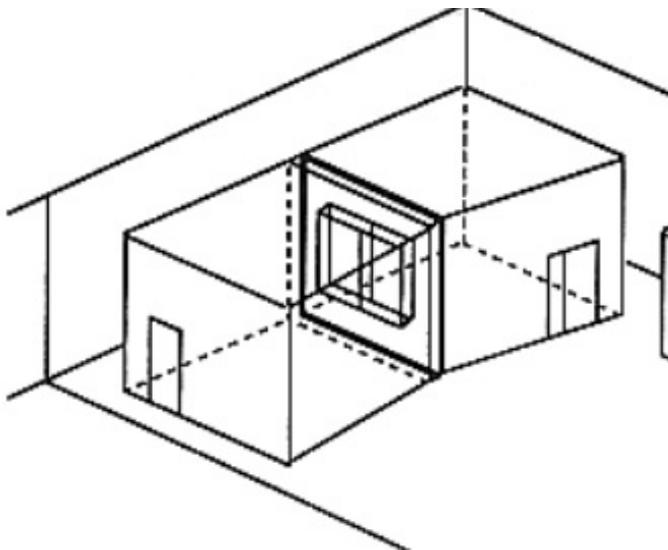
L'Istituto per le Tecnologie della Costruzione (ITC) è una struttura scientifica del **Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)** che opera principalmente nel settore dell'ingegneria civile.

L'ITC è un organismo multidisciplinare con sede istituzionale a San Giuliano Milanese e sedi secondarie a Bari, L'Aquila, Padova e Napoli.

L'Istituto svolge attività di ricerca applicata, valutazione e certificazione tecnica, formazione e informazione sulle tematiche afferenti al processo delle costruzioni.

La **Sede istituzionale di San Giuliano Milanese** persegue il miglioramento dell'ambiente costruito attraverso la ricerca di nuovi metodi di valutazione e verifica a supporto dello sviluppo delle tecnologie per la costruzione, l'edilizia sostenibile, la valutazione delle prestazioni e della qualità dei prodotti, componenti e sistemi da costruzione

Laboratorio di prestazioni acustiche



➤ **CAMERE ACCOPPIATE**

per la misura del potere fonoisolante di elementi di involucro, di partizioni interne e di serramenti e la misura dell'isolamento acustico di piccoli elementi (UNI EN ISO 10140 e UNI EN ISO 717);



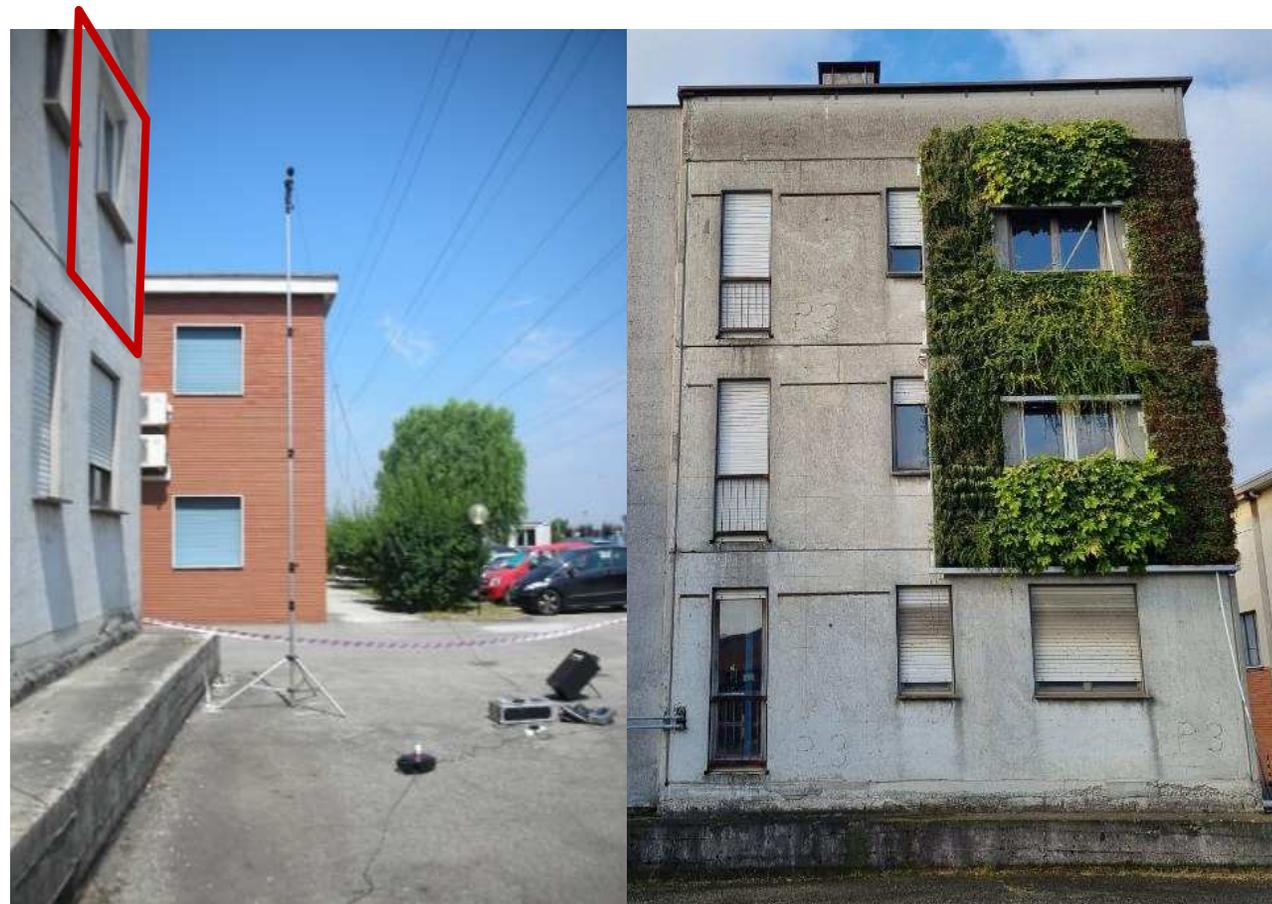
➤ **CAMERA RIVERBERANTE**

per la misura dell'assorbimento acustico (UNI EN ISO 354 e UNI EN 11654)

Laboratorio di prestazioni acustiche



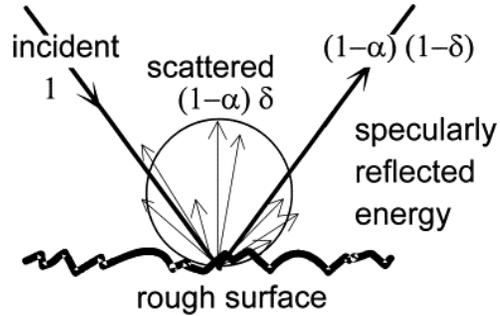
➤ **CAMERA DI PROVA ESTERNA in scala reale** per la valutazione delle prestazioni acustiche di coperture e falde per tetti (UNI EN ISO 16283-3)



➤ **EDIFICIO SPERIMENTALE in scala reale** allestito per verificare il grado di incertezza delle misurazioni in opera dell'isolamento acustico e del livello di calpestio (UNI EN ISO 16283).

Laboratorio di prestazioni acustiche

- **MISURE IN OPERA** dei requisiti acustici passivi degli edifici UNI EN ISO 16283; UNI 11367 Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera



- **MISURE DELLE PROPRIETÀ DEI MATERIALI:**
- Tubo ad impedenza per la misurazione del coefficiente di assorbimento acustico ad incidenza normale
- Martello strumentato per la misura della rigidità dinamica
- Piastra rotante measurements of the random incidence scattering coefficient

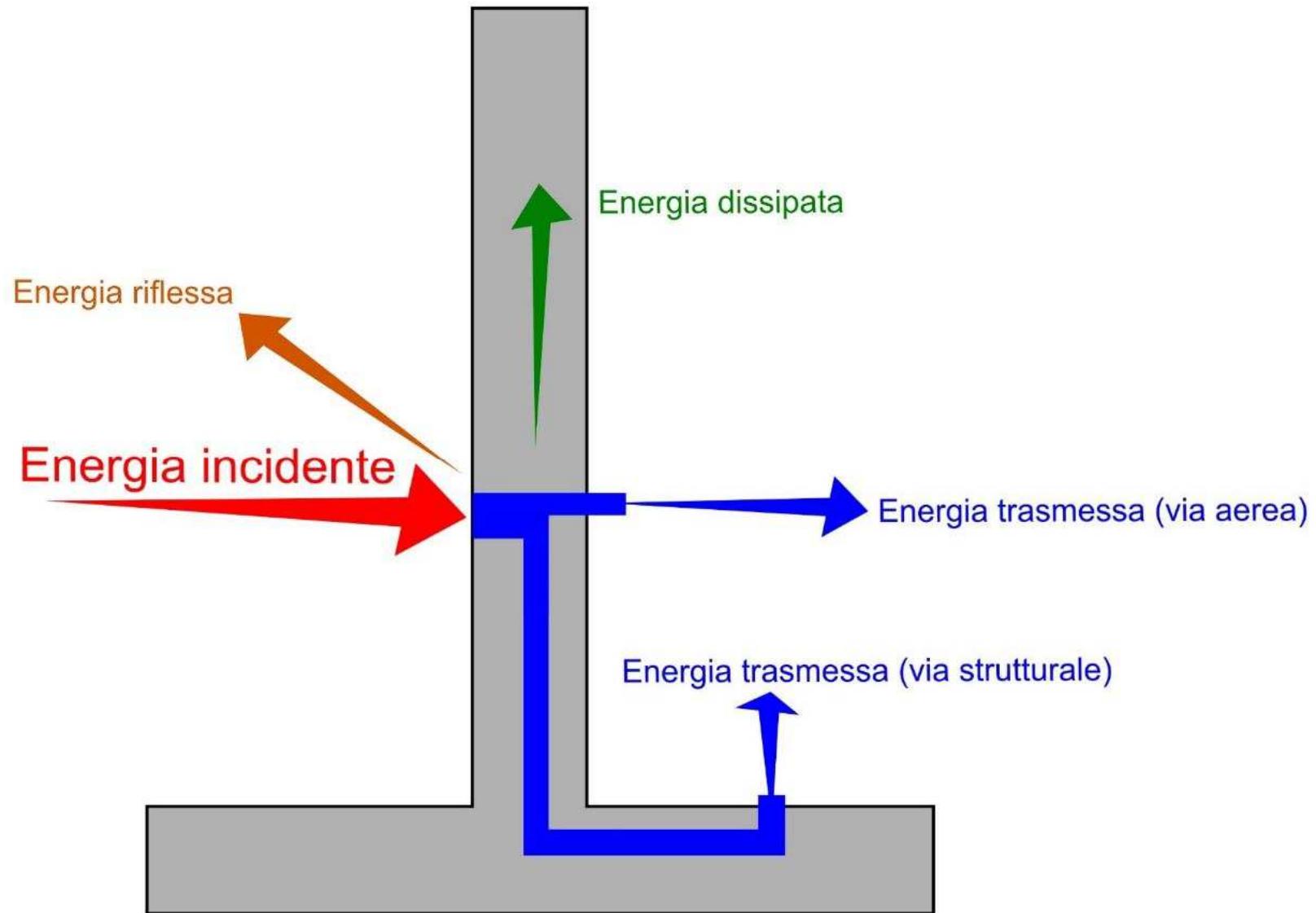
- **SACBO** collaborazione agli studi di prefattibilità e di supporto alla progettazione e verifica di interventi di mitigazione acustica



S.A.C.B.O. s.p.a.



Propagazione del suono negli spazi chiusi



Potere fonoisolante

Valutazione del potere fonoisolante

La norma di riferimento è la **UNI EN ISO 10140 Parte 2**: stabilisce il metodo di misura in laboratorio del potere fonoisolante di elementi di edifici quali **pareti, pavimenti, porte, finestre, elementi di facciata** o facciate.

Si def. **potere fonoisolante** la grandezza data dall'espressione:

Ai fini della prova di laboratorio si traduce nella:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log } (S/A) \quad \text{dB}$$

L_1 livello medio di pressione sonora nell'ambiente di emissione, in decibel;

L_2 livello medio di pressione sonora nell'ambiente di ricezione, in decibel;

S area dell'elemento in prova, in m^2 ;

A area di assorbimento acustico equivalente dell'ambiente di ricezione, in m^2 .

$$R = 10 \text{ lg } \frac{W_1}{W_2} \text{ dB}$$

W_1 = potenza sonora incidente

W_2 = potenza sonora trasmessa

L'area di assorbimento equivalente A presente nel termine di correzione della relazione (1) viene calcolata a partire dai valori misurati del tempo di riverberazione, mediante la **formula di Sabine**:

$$A = 0,16 V/T \quad m^2$$

V volume dell'ambiente di ricezione, in m^3 ;

T tempo di riverberazione dell'ambiente di ricezione, in secondi.

Potere fonoisolante

e

Potere fonoisolante apparente

UNI EN ISO 10140

definizione

UNI EN ISO 16283

$$R = 10 \lg \frac{W_1}{W_2} \text{ dB}$$

W_1 = potenza sonora incidente
 W_2 = potenza sonora trasmessa dal divisorio
 W_3 = potenza sonora trasmessa dalle pareti laterali

$$R' = 10 \lg \frac{W_1}{W_2 + W_3} \text{ dB}$$

ai fini della misura si traduce in

in laboratorio

$$R = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log } (S/A) \text{ dB}$$

in opera

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \text{ Log } (S/A) \text{ dB}$$

L_1 livello medio di pressione sonora nell'ambiente di emissione, in decibel;

L_2 livello medio di pressione sonora nell'ambiente di ricezione, in decibel;

S area dell'elemento in prova, in m^2 ;

A area di assorbimento acustico equivalente dell'ambiente di ricezione, in m^2 .

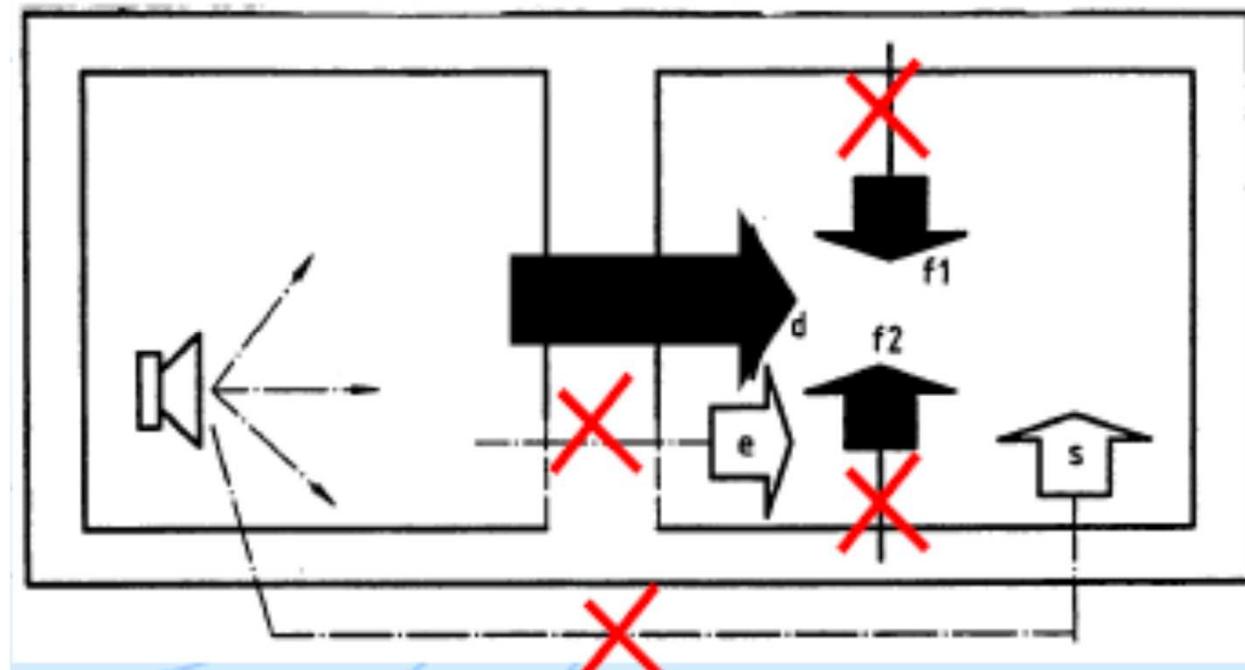
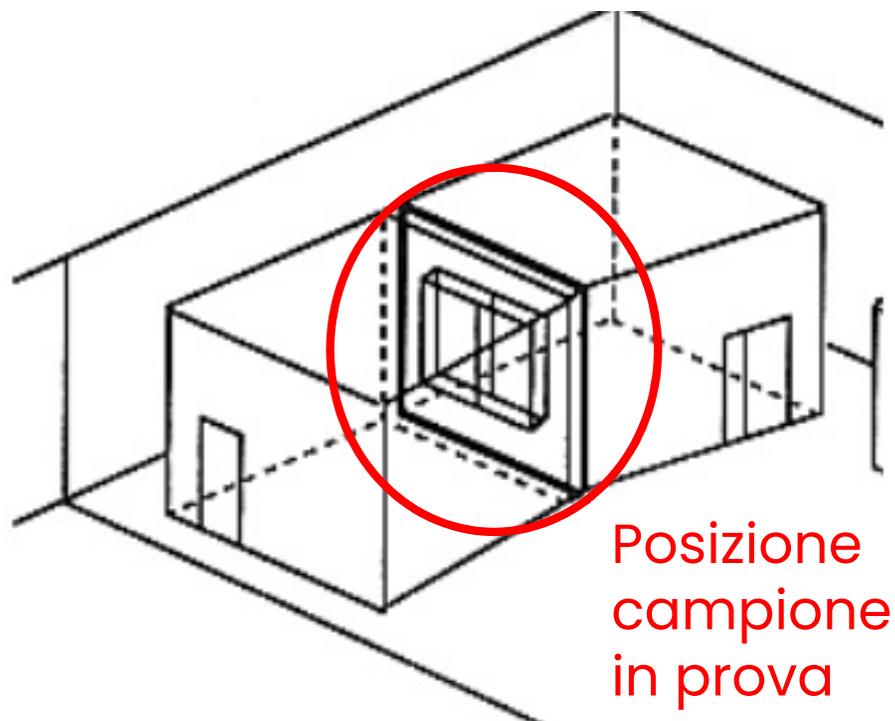
$$L_2 = L_2(W_2, W_3)$$

$A = 0,16 V/T \text{ m}^2$ **formula di Sabine**

V volume dell'ambiente di ricezione, in m^3 ;

T tempo di riverberazione dell'ambiente di ricezione, in secondi.

In laboratorio



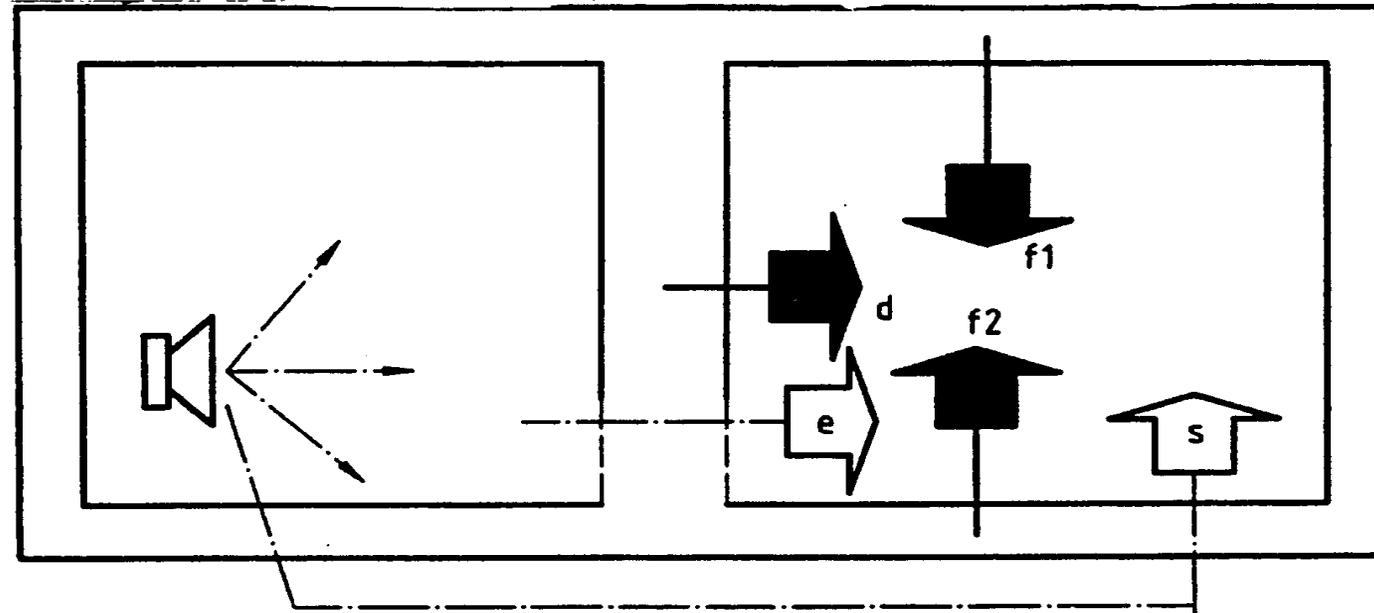
Soppressione delle trasmissioni laterali

In laboratorio



Potere fonoisolante apparente R'

In opera



Diversi contributi della trasmissione sonora:

d = diretta (parete di separazione)

f = laterale

e = diretta (es. piccoli elementi)

s = indiretta (es. impianti di ventilazione)

Attività di studio e caratterizzazione di diverse soluzioni di sistemi di rivestimento a cappotto.

Tali attività saranno rivolte principalmente allo studio della dipendenza dell'incremento di isolamento acustico dalle caratteristiche dei materiali che compongono il sistema in oggetto, anche in relazione alle caratteristiche del muro di base su cui il sistema stesso è applicato.

due tipologie di muro di base:

- 1) Muro pesante rispondente ai requisiti previsti della norma UNI EN ISO 10140 → **mattoni pieni**
- 2) Muro rappresentativo delle situazioni reali di tipologie costruttive nazionali → **mattoni doppio UNI**

Heavy wall



Product range Silka elements

Type	Dimension mm	Thickness mm	Mortar consumption in kg/m ²	Weight (kg)*	
				kg/each	per m ²
E100	897x623/643	100	1.4	100 / 104	178
E150	897x623/643	150	2.2	151 / 156	269
E175	897x623/643	175	2.5	176 / 182	313
E214	897x623/643	214	3.3	215 / 222	383
E240	897x623/643	240	3.7	242 / 249	431
E300	897x623/643	300	4.7	302 / 311	538

Heavy wall (10140-5)

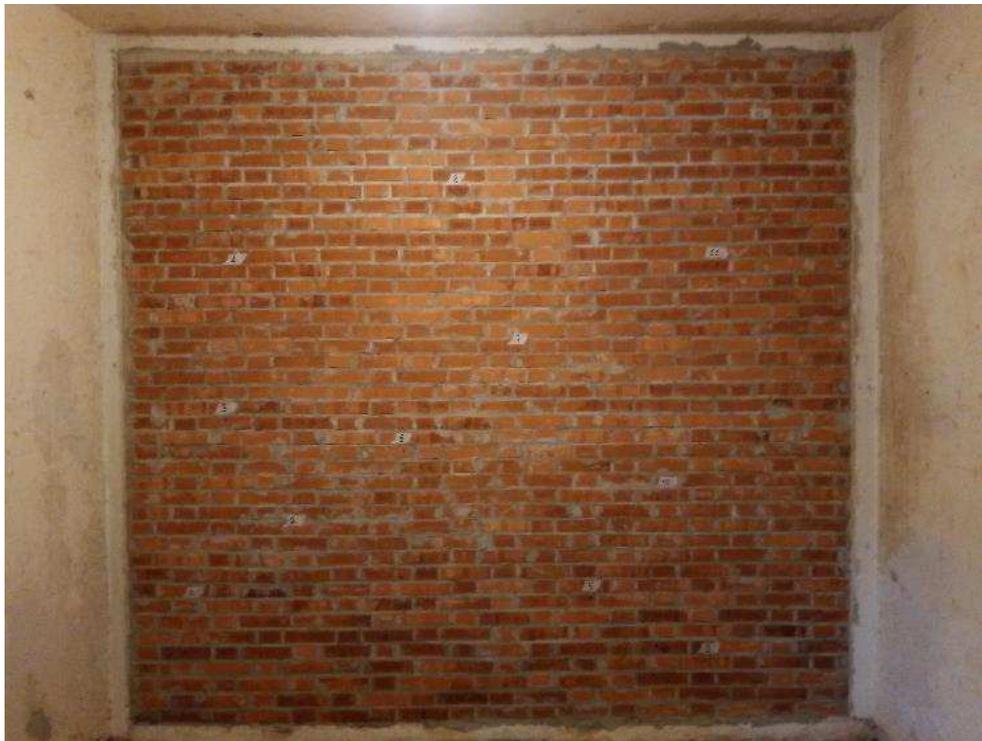
Massa superficiale: 350 ± 50 kg/m² Nessuna cavità interna Densità dei blocchi ≥ 1600 kg/m³

Frequenza critica nella banda di ottava 125Hz Risonanza di spessore sopra i 3150Hz

Ad esempio:

Blocchi in calcio silicato (densità 1700 kg/m³ $< \rho < 1800$ kg/m³, sp. 17,5 cm) + intonaco di gesso (1 cm)

Muri Base



Heavy wall (10140-5)

Massa superficiale: $350 \pm 50 \text{ kg/m}^2$

Nessuna cavità interna

Densità dei blocchi $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$

Frequenza critica nella banda di ottava 125Hz

Risonanza di spessore sopra i 3150Hz

Ad esempio:

Blocchi in calcio silicato (densità $1700 \text{ kg/m}^3 < \rho < 1800 \text{ kg/m}^3$, sp. 17,5 cm) + intonaco di gesso (1 cm)



Incollaggio e tassellatura

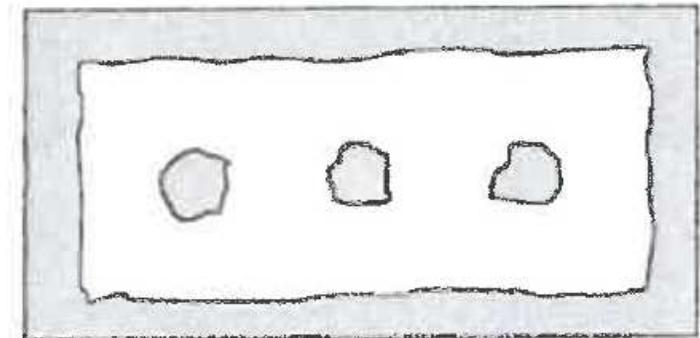
Sistema di incollaggio a cordolo perimetrale e punti

Si stende con la cazzuola una striscia perimetrale larga almeno 5 cm e al centro minimo tre punti di collante delle dimensioni di un palmo della mano. La quantità di collante è da scegliere in modo tale che lo spessore dello strato di collante sia tale per cui la superficie di contatto richiesta (minimo 40%) sia raggiunta.

UNI EN ISO 12354-1

Se superficie di incollaggio dei pannelli differisce dal 40% della situazione di riferimento, si applica la correzione
Dove “%S0” è la percentuale di area del pannello isolante incollata alla parete di riferimento. $(40 \div 100)$

$$\Delta R_{w(colla)} = \Delta R_{w,ref} - 0,05 \times \%S_0 + 2$$



Incollaggio e tassellatura

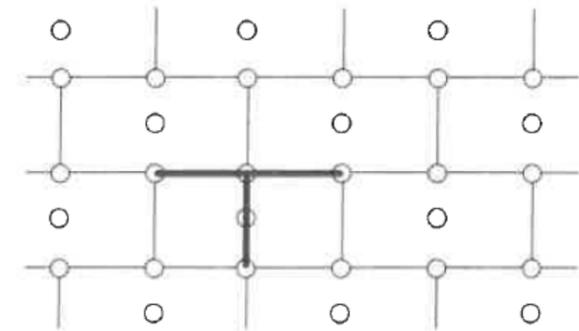
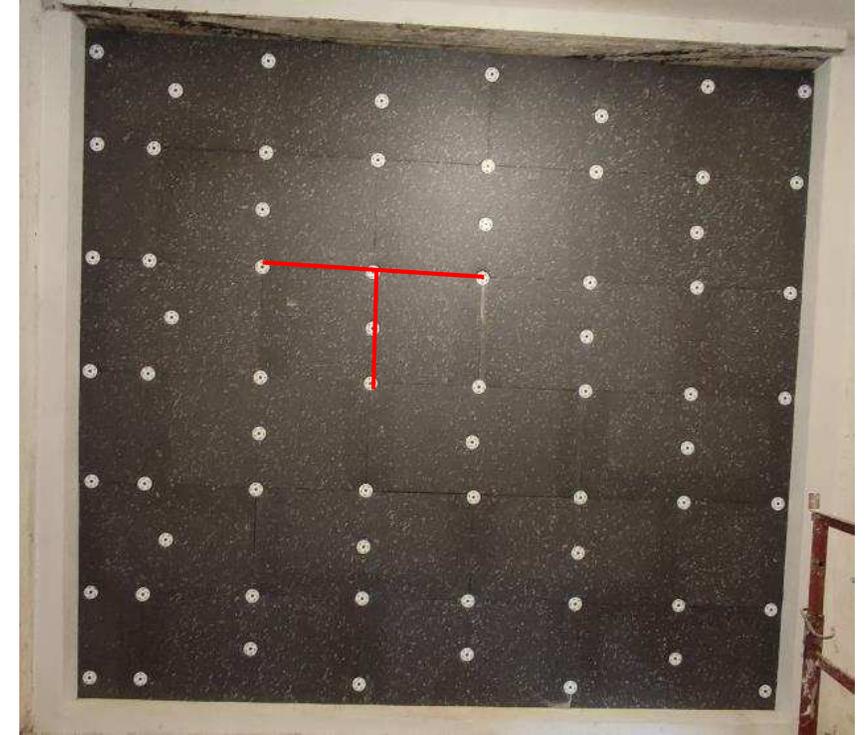
Schema di tassellatura

Nello **Schema a T** un tassello è posto al centro di ogni pannello e un altro ad ogni incrocio dei giunti - Lo schema di tassellatura utilizzato vale sia per EPS che per lana minerale (MW)

UNI EN ISO 12354-1

Nel caso siano presenti tasselli, nell'ordine da 4 a 10 per m², a differenza della situazione di riferimento, si applica la correzione

$$\Delta R_{w(tasselli)} = 0,66\Delta R_{w,ref} - 1,2$$



Materiali

EPS NORMALE → 80 e 160 mm
EPS ELASTICIZZATO → 80 e 160 mm

Intonaco di finitura

EPS NORMALE → per ogni spessore 8 e 16 mm
EPS ELASTICIZZATO → per ogni spessore 8 e 16 mm

Prove

8 prove per
ciascun muro di
base
+ prove del muro
di base per ogni
sistema provato

In laboratorio



Calcolo ΔR_w

UNI EN ISO 717-1:2021

- Se ΔR_w da «heavy wall» $350 \pm 50 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow \Delta R_{w,\text{heavy}}$
- Se ΔR_w da «lightweight wall» $70 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow \Delta R_{w,\text{light}}$
- Se ΔR_w da «parete di base richiesta dal committente» $\rightarrow \Delta R_{w,\text{direct}}$

$$\Delta R_{w,\text{direct}} = R_{w,\text{with}} - R_{w,\text{without}}$$

Heavy wall (10140-5)

Massa superficiale: $350 \pm 50 \text{ kg/m}^2$

Nessuna cavità interna

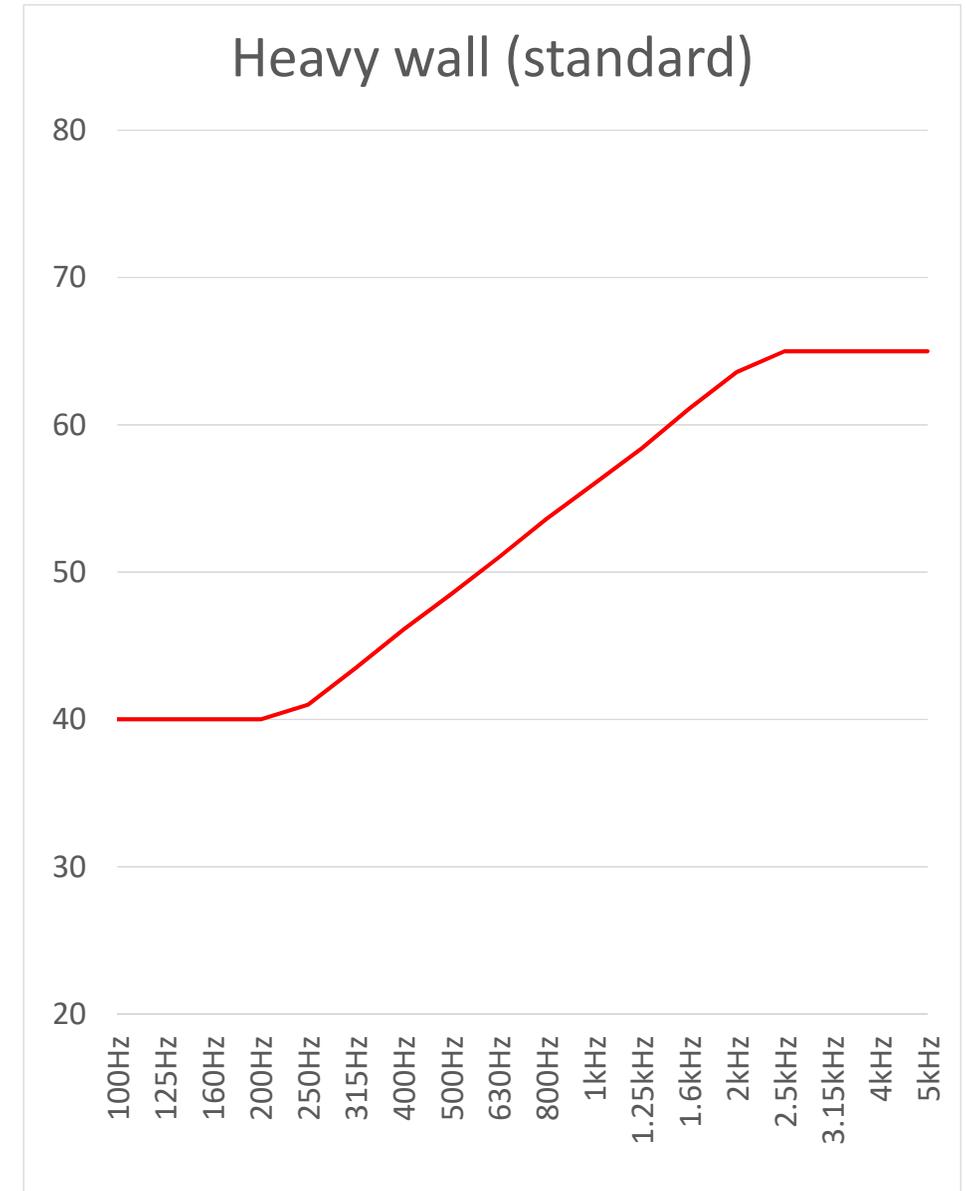
Densità dei blocchi $\geq 1600 \text{ kg/m}^3$

Frequenza critica nella banda di ottava 125Hz

Risonanza di spessore sopra i 3150Hz

Ad esempio:

Blocchi in calcio silicato (densità $1700 \text{ kg/m}^3 < \rho < 1800 \text{ kg/m}^3$, sp. 17,5 cm) + intonaco di gesso (1 cm)



Calcolo ΔR_w

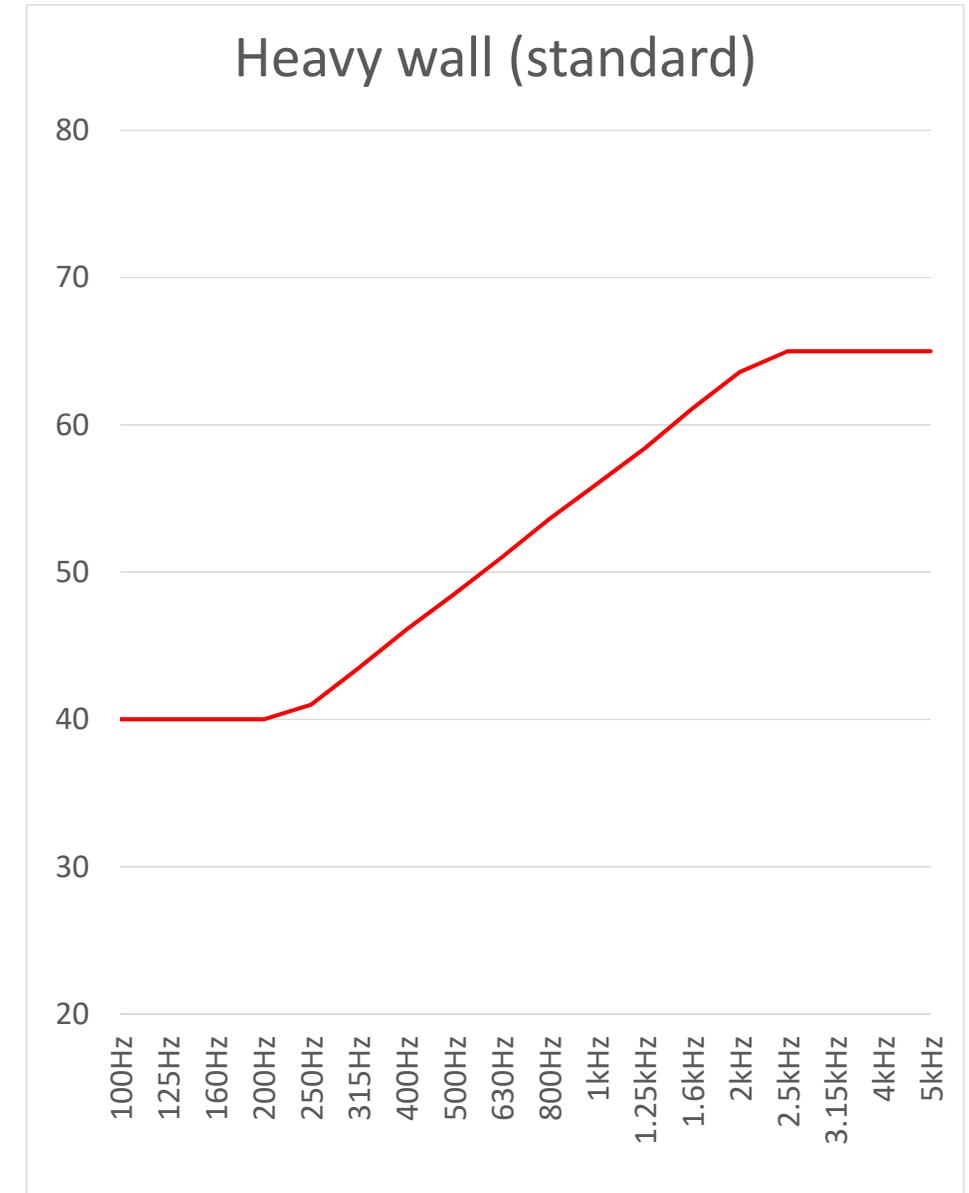
UNI EN ISO 717-1:2021

- Se ΔR_w da «heavy wall» $350 \pm 50 \text{ Kg/m}^2 \rightarrow \Delta R_{w,\text{heavy}}$
1. Prendere i valori in terzi di ottave ΔR , come misurati.
 2. Aggiungerli ai valori del muro base di riferimento (heavy wall) $R_{\text{ref,without}}$

$$R_{\text{ref,with}} = R_{\text{ref,without}} + \Delta R$$

3. Determinare il valore dell'indice a numero unico $R_{\text{ref,with}}$ e $R_{\text{ref,without}}$ e dei corrispondenti indici di adattamento allo spettro.
4. A questo punto l'incremento dell'indice del potere fonoisolante è dato da:

$$\Delta R_w = R_{w,\text{ref,with}} - R_{w,\text{ref,without}}$$



UNI EN 29052-1

- Definizione di **rigidità dinamica** $s' = \frac{F/S}{\Delta d}$

Dove: F è la forza dinamica che agisce perpendicolarmente sul provino,
S è l'area del provino e Δd è la variazione dinamica del materiale resiliente che ne risulta

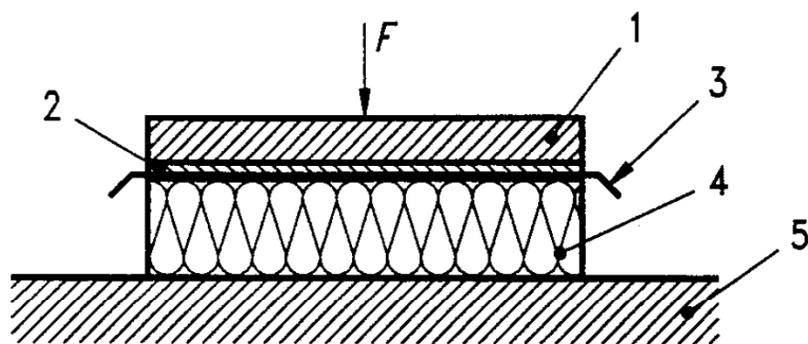
Frequenza di risonanza: frequenza alla quale si verifica il fenomeno di risonanza nel dispositivo di prova, data da:

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

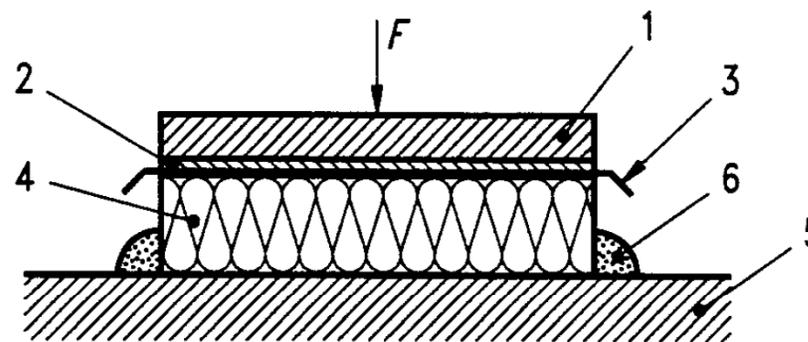
Dove: s'_t è la rigidità dinamica apparente per unità di superficie del provino,
 m'_t è la massa totale per unità di superficie durante la prova

UNI EN 29052-1

La **rigidità dinamica apparente** del provino viene determinata mediante un metodo di risonanza con il quale viene misurata la **frequenza di risonanza** della vibrazione verticale fondamentale di un sistema massa/molla dove la molla è rappresentata dal provino del materiale resiliente sottoposto a prova e la massa da una piastra di carico



a) Materiali a cellule aperte



b) Materiali a cellule chiuse

- 1 - Piastra di carico
- 2 - Intonaco di gesso
- 3 - Foglio di plastica

- 4 - Provino
- 5 - Base
- 6 - *Petroleum jelly*

Proprietà dei materiali



Proprietà dei materiali



Proprietà dei materiali

La **rigidità dinamica** per unità di superficie del materiale resiliente dipende dalla resistenza al flusso d'aria in direzione laterale del materiale stesso. Si hanno 3 casi:

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

$$s' = s'_t$$

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

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

Dove s'_a è la rigidità dinamica per unità di superficie del gas contenuto all'interno

c) Per una resistenza al flusso dell'aria bassa, dove $r < 10 \text{ kPa s/m}^2$ e se la s'_a è bassa rispetto a s'_t , allora:

$$s' = s'_t$$

Materiali testati

nome provino	spessore nominale	frequenza di risonanza media	dev. st.	s't media	dev.st.
	mm	Hz	Hz	MN/m³	MN/m ³
EL	80	41,7	1,1	14,1	0,7
NOR	80	66,1	4,1	35,6	4,4
EL	160	30,4	0,5	7,5	0,3
NOR	160	55,8	5,1	25,5	4,5

Bibliografia

Camera riverberante

Scamoni, F., Scrosati, C., Depalma, M., Barozzi, B. Experimental evaluations of acoustic properties and long-term analysis of a novel indoor living wall, Journal of Building Engineering, Volume 47, **2022**, 103890, <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.103890>

Scrosati, C., Martellotta, F., Pompoli, F., Schiavi, A., Prato, A., D'Orazio, D., Garai, M., Granzotto, N., Di Bella, A., Scamoni, F., Depalma, M., Marescotti, C., Serpilli, F., Lori, V., Nataletti, P., Annesi, D., Moschetto, A., Baruffa, R., De Napoli, G., D'Angelo, F., Di Filippo, S. Towards more reliable measurements of sound absorption coefficient in reverberation rooms: An Inter-Laboratory Test. Applied Acoustics, 165, art. no. 107298, (**2020**). <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107298>

Camere accoppiate

Scrosati, C., Pievatolo, A., Garai, M.: The uncertainty declaration of building acoustics measurements: How to select the uncertainty of reproducibility from inter-laboratory tests. Acta Acustica united with Acustica 104 (2), pp. 295-303, (**2018**) <https://doi.org/10.3813/AAA.919172>

Misure in opera

Torchia, F., Ricciardi, P., Scrosati, C., Scamoni, F.: Improvement of Façades' Sound Insulation of Schools near the Bergamo - Orio al Serio International Airport: Case Study. Building Acoustics 22(2), pp. 123-142 (**2015**) <https://doi.org/10.1260/1351-010X.22.2.123>

Scrosati, C., Scamoni, F., Prato, A., Secchi, S., Fausti, P., Astolfi, A., Barbaresi, L., D'Alessandro, F., Di Bella, A., Schenone, C., Zambon, G.: Uncertainty of facade sound insulation by a Round Robin Test. Evaluations of low-frequency procedure and single numbers. Building and Environment 105, pp. 253-266 (**2016**) <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.003>

Scrosati, C., Scamoni, F., Zambon, G. Uncertainty of façade sound insulation in buildings by a Round Robin Test. Applied Acoustics, 96, pp. 27-38 (**2015**). <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2015.03.002>

Scrosati, C., Scamoni, F. Managing measurement uncertainty in building acoustics. Buildings, 5 (4), pp. 1389-1413, (**2015**). <https://doi.org/10.3390/buildings5041389>

Scrosati, C., Scamoni, F., Bassanino, M., Mussin, M., Zambon, G. Uncertainty analysis by a Round Robin Test of field measurements of sound insulation in buildings: Single numbers and low frequency bands evaluation - Airborne sound insulation. Noise Control Engineering Journal, 61 (3), pp. 291-306, (**2013**). <https://doi.org/10.3397/1/3761025>

Cella Tetto

Parati L., Carrettini A., Scrosati C., Scamoni F., "Wooden roof: Evaluation of acoustic performances performed in laboratory, on an external test-cell, and on real buildings", 20th International Congress on Acoustics 2010, ICA 2010 - Incorporating Proceedings of the 2010 Annual Conference of the Australian Acoustical Society"

Parati L., Carrettini A., Scrosati C., Scamoni F., "Acoustic performances of wooden roof: A comparison between laboratory and field measurement", Proceedings of EURONOISE 2009, 8th European Conference on Noise Control 2009



Dr. Chiara Scrosati
Responsabile Laboratorio di Acustica
Presidente UNI CT002/SC01 Acustica Edilizia
Istituto per le Tecnologie della Costruzione

Email: scrosati@itc.cnr.it



Construction Technologies Institute
National Research Council of Italy

Grazie per l'attenzione