

ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

Determinazione dell'isolamento acustico di facciata per ambienti d'angolo

L'isolamento acustico di facciata è uno dei requisiti acustici passivi degli edifici da rispettare nei termini stabiliti dalla legislazione nazionale. Esso assume rilevanza anche ai fini dell'ottenimento di adeguate condizioni di comfort acustico degli ambienti abitativi nei confronti dei rumori esterni, quali per esempio quelli dovuti al traffico. Al fine di dimensionare correttamente in fase di progetto i componenti della facciata (tipicamente, strutture opache verticali e finestre) sono disponibili appositi metodi di calcolo previsionale.

La nuova norma UNI 11175-1, di recente pubblicazione, ha ampliato ulteriormente quanto già previsto in materia dalle pertinenti norme tecniche, introducendo un metodo di calcolo previsionale dell'isolamento acustico di facciata anche per gli ambienti d'angolo. Si illustrano in questo contributo le modalità di calcolo con un esempio applicativo riferito ad un ambiente-tipo di un edificio realizzato con pareti in laterizio POROTON[®].

1. Introduzione

La progettazione delle prestazioni di isolamento acustico di facciata di un edificio è opportuno che venga eseguita applicando metodi di calcolo previsionale secondo le norme UNI EN ISO 12354-3⁽¹⁾ e UNI 11175-1⁽²⁾. In particolare quest'ultima, recentemente aggiornata, ha introdotto specifiche indicazioni anche riguardo alla progettazione acustica delle facciate d'angolo⁽³⁾.

I limiti di legge da assumere come riferimento per l'isolamento acustico di facciata, $D_{2m,nT,w}$, sono quelli definiti dal D.P.C.M. 05/12/1997⁽⁴⁾. Nel caso si tratti di edifici pubblici, come scuole, ospedali e uffici, trova inoltre applicazione il D.M. 23/06/2022 (c.d. decreto CAM sui Criteri Ambientali Minimi)⁽⁵⁾, che assume come riferimento per l'isolamento acustico i valori prestazionali definiti dalla norma UNI 11367⁽⁶⁾, salvo precisare che, ove siano indicate prestazioni differenti dal D.P.C.M. 05/12/1997 per lo stesso indicatore, sono da considerarsi, quali valori da conseguire, quelli che prevedano le prestazioni più restrittive. Nel caso specifico dell'isolamento di facciata si dovrà quindi considerare ancora il D.P.C.M. 05/12/1997 in quanto più restrittivo.

Per la complessità degli aspetti fisici e tecnici dell'acustica edilizia, la previsione del risultato acustico finale di una certa soluzione costruttiva deve necessariamente passare anche attraverso la progettazione acustica dell'edificio sviluppata mediante opportuni modelli di calcolo.

Un problema che spesso si incontra durante la fase di progettazione acustica delle facciate è quello della corretta valutazione dei locali d'angolo.

Partendo da questo presupposto, in questo articolo, oltre ad un richiamo sui criteri previsti dalla normativa per la misura in opera dell'isolamento di facciata, si illustrano i metodi ad oggi disponibili per la progettazione dell'isolamento acustico di facciata con il calcolo previsionale, approfondendo il caso delle facciate d'angolo e riportando un esempio applicativo inerente un ambiente-tipo di un edificio realizzato con pareti perimetrali esterne di facciata in blocchi di laterizio porizzato POROTON[®].

2. Determinazione dell'isolamento acustico di facciata

2.1. Valutazione sperimentale dell'isolamento acustico di facciata secondo UNI EN ISO 16283-3

Le misurazioni dell'isolamento acustico di facciata vengono eseguite secondo la norma UNI EN ISO 16283-3⁽⁷⁾. La valutazione può essere eseguita sia su singoli elementi di facciata che sull'intera facciata. A seconda dello scopo della misurazione, è possibile utilizzare diversi tipi di sorgenti di rumore (traffico stradale / ferroviario / aereo o altoparlante).

L'utilizzo del metodo dell'altoparlante è necessario quando si devono valutare facciate con elevate prestazioni acustiche, quando la sorgente reale (traffico, ferrovia e aeromobili) non ha energia sufficiente per una corretta valutazione o quando è richiesta una maggiore ripetibilità dei risultati. La misura in opera con altoparlante, secondo la UNI EN ISO 16283-3 viene eseguita posizionando la sorgente di rumore all'esterno, l'onda sonora viene quindi diretta verso il centro della facciata. L'angolo tra la normale alla facciata e l'onda sonora che la colpisce deve essere di $45^\circ \pm 5^\circ$. La distanza minima, D , tra la facciata e la cassa acustica deve essere di almeno 5 m [fig. 1, fig. 2]. La direttività dell'altoparlante in campo libero deve essere tale che le differenze locali di livello di pressione sonora, misurate su una superficie immaginaria con le stesse dimensioni e orientamento del provino, devono risultare minori di 5 dB per ogni banda di frequenza di interesse.

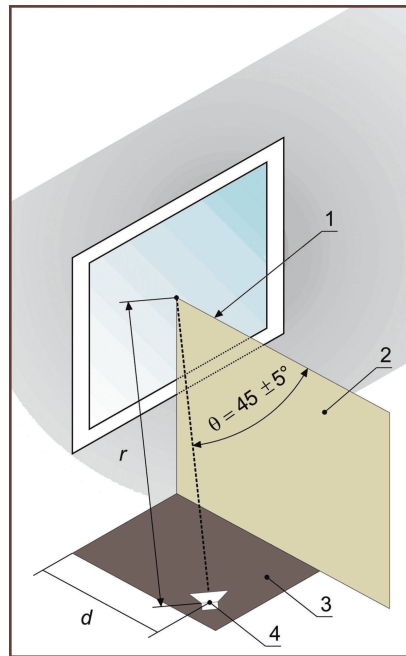


Fig. 1 – Geometria del metodo di misura con altoparlante: 1) Normale alla facciata; 2) Piano verticale; 3) Piano orizzontale; 4) Altoparlante.

L'isolamento acustico di facciata con altoparlante, $D_{ls,2m,nT}$, è calcolato come differenza tra il livello di pressione sonora esterna misurato a 2 m davanti al centro della facciata ($L_{1,2m}$) e la media spaziale del livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente (L_2), corretto da un fattore che tiene conto del tempo di riverberazione (T):

$$D_{ls,2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \text{ [dB]} \quad (1)$$

dove:

$T_0 = 0,5$ s è il tempo di riverbero di riferimento.

Il microfono esterno deve essere posizionato a 1,5 m dal pavimento dell'ambiente ricevente. L'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata, $D_{ls,2m,nT,w}$, viene quindi calcolato secondo la norma UNI EN ISO 717-1⁽⁸⁾.

Quando si utilizzano posizioni diverse della sorgente sonora, ad esempio quando si valuta l'isolamento acustico di un ambiente d'angolo, il risultato combinato deve essere calcolato secondo la seguente formula:

$$D_{ls,2m} = -10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{-D_i/10} \right) \text{ [dB]} \quad (2)$$

dove:

n è il numero di posizioni della sorgente;

D_i è la differenza di livello per ciascuna combinazione sorgente-ricevitore [dB].



Fig. 2 – Misura di isolamento di facciata secondo la norma UNI EN ISO 16283-3.

Nel caso di facciate con due o più lati esposti al rumore, la norma UNI EN ISO 16283-3 non specifica in quali posizioni deve essere posizionato l'altoparlante. Tuttavia, in questo caso, sono necessarie due diverse misure sulla facciata. La fig. 3 mostra quattro possibili combinazioni di posizionamento della sorgente per un ambiente d'angolo posto al piano terra di un edificio.

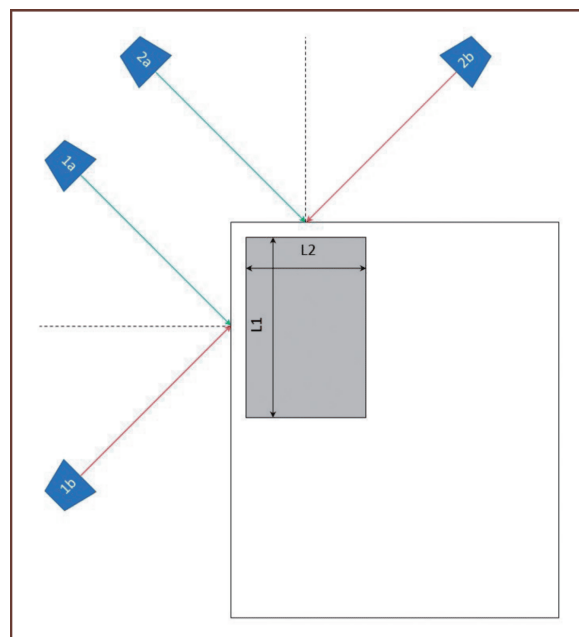


Fig. 3 – Esempio di ambiente d'angolo con due pareti. Diverse combinazioni di posizioni degli altoparlanti: (a) 1a – 2a; (b) 1a – 2b; (c) 1b – 2a; (d) 1b – 2b.

Considerando l'esempio di fig. 3, si possono considerare le seguenti quattro combinazioni di una sorgente posizionata a terra: (a) 1a – 2a; (b) 1a – 2b; (c) 1b – 2a; (d) 1b – 2b. La combinazione 1a-2a è quella che porta generalmente ad un valore di isolamento di facciata minore e quindi in favore di sicurezza, in quanto i due lati risultano direttamente esposti al rumore. La combinazione 1b-2b invece è quella che porta ad un risultato dell'isolamento generalmente maggiore, in quanto il lato della facciata opposto alla sorgente risulta schermato dall'edificio. Risulta perciò importante quantificare le suddette differenze e, se possibile, fornire il valore più rappresentativo dell'isolamento acustico di facciata; inoltre, per una corretta interpretazione delle prestazioni di isolamento acustico della facciata, il rapporto di prova dovrebbe indicare quale posizione della sorgente è stata scelta durante le misurazioni.

2.2. Progettazione dell'isolamento acustico della facciata secondo UNI EN ISO 12354-3

La facciata può essere costituita da diversi elementi, ad es. finestre, porte, pareti, sistemi di aerazione, ecc.. La trasmissione del suono attraverso la facciata è dovuta alla trasmissione del suono da ciascuno di questi elementi. Si presuppone, ai fini del calcolo previsionale, che la trasmissione per ciascun elemento sia indipendente dalla trasmissione degli altri elementi.

L'isolamento acustico di facciata dipende dal potere fonoisolante apparente e dalla superficie della facciata stessa, dall'influenza della forma esterna della facciata e dalle dimensioni dell'ambiente. La UNI EN ISO 12354-3 fornisce un metodo di calcolo in frequenza dell'isolamento acustico di facciata, che può essere determinato secondo la formula (3):

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \left(c_{sab} \frac{V}{T_0 S} \right) \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

dove:

R' è il potere fonoisolante apparente della facciata [dB];

ΔL_{fs} è la differenza di livello dovuta alla forma della facciata [dB];

$c_{sab} = 0,16$ è la costante Sabine [s/m];

V è il volume della stanza ricevente [m³];

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento (0,5 s);

S è l'area totale della facciata vista dall'interno [m²].

La norma precisa che, se la facciata non è piana, la superficie totale deve essere ottenuta come somma delle superfici di tutti gli elementi che compongono la facciata visti dall'interno, a condizione che il suono incida in modo omogeneo su tutte le sue porzioni. Se questo requisito non può essere soddisfatto, ogni parte della facciata soggetta a un campo sonoro incidente omogeneo deve essere considerata separatamente nei calcoli. Se le diverse parti della facciata totale sono soggette a diversi livelli di pressione sonora, come nel caso di un ambiente d'angolo, è possibile considerare queste parti separatamente.

Se si effettuano calcoli separati per i due lati della facciata e la media logaritmica (2) viene calcolata senza considerare il contributo del rumore proveniente da altre parti della facciata, si può commettere un errore di valutazione. D'altra parte va notato che, nel caso di misure in opera, è corretto utilizzare la media logaritmica data dalla formula (2) perché tali misure tengono già conto della quantità di rumore proveniente dalla porzione di facciata che non è direttamente colpita dall'onda sonora.

2.3. Progettazione dell'isolamento acustico della facciata secondo UNI 11175-1

Ad integrazione del metodo di calcolo previsionale descritto nella UNI EN ISO 12354-3, la norma nazionale UNI 11175-1 (che ha sostituito il precedente rapporto tecnico UNI TR 11175) definisce per l'isolamento ai rumori aerei di facciata un metodo di calcolo semplificato basato sugli indici di valutazione. L'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$, può essere quindi calcolato con le seguenti relazioni:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \lg \left(c_{sab} \frac{V}{T_0 S} \right) \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

dove:

ΔL_{fs} è la differenza di livello di pressione sonora dovuta alla forma della facciata [dB];

$c_{sab} = 0,16$ è la costante Sabine;

V è il volume dell'ambiente ricevente [m³];

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento (0,5 s);

S è l'area totale della facciata vista dall'interno [m²];

R'_w è il potere fonoisolante apparente della facciata, ottenuto con la seguente formula:

$$R'_w = -10 \lg \left[\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{S} 10^{\frac{-R_{wj}}{10}} + \frac{l_0}{S} \sum_{k=1}^m l_{s,k} 10^{\frac{-R_{s,wk}}{10}} + \sum_{i=1}^p \frac{A_{0i}}{S} 10^{\frac{-D_{n,e,w,i}}{10}} \right] - K \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

dove:

R_{wj} è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento (j) [dB];

S_j è l'area dell'elemento (j) [m²];

S è l'area totale della facciata, vista dall'interno (cioè la somma delle aree di tutti gli elementi) [m²];

$R_{s,wk}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante della fessura o del giunto (k) [dB];

$l_{s,k}$ è la lunghezza dell'elemento (k) [m];

l_0 è la lunghezza di riferimento di 1 [m];

$D_{n,e,w,i}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento equivalente del "piccolo elemento" (i) [dB];

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

A_0 è l'area di assorbimento equivalente di riferimento; per le abitazioni pari a 10 m².

3. Calcolo dell'isolamento di facciata di ambienti d'angolo

Laddove si abbiano ambienti d'angolo si possono riscontrare, in generale, diverse casistiche: ambiente d'angolo con due pareti, ambiente con una parete e il tetto, ambiente d'angolo con due pareti e il tetto.

Il calcolo previsionale dell'isolamento acustico di facciata di ambienti d'angolo non è sufficientemente dettagliato nella norma UNI EN ISO 12354-3.

La norma UNI 1175-1 ha implementato un metodo di calcolo previsionale, riferito al posizionamento di una sorgente sonora (altoparlante) nelle condizioni di misurazione in opera secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 16283-3, che consente di determinare l'isolamento acustico di facciata anche in queste specifiche situazioni.

In questa trattazione si esporrà il caso più ricorrente, che riguarda la facciata di ambienti d'angolo con due pareti [fig. 4].

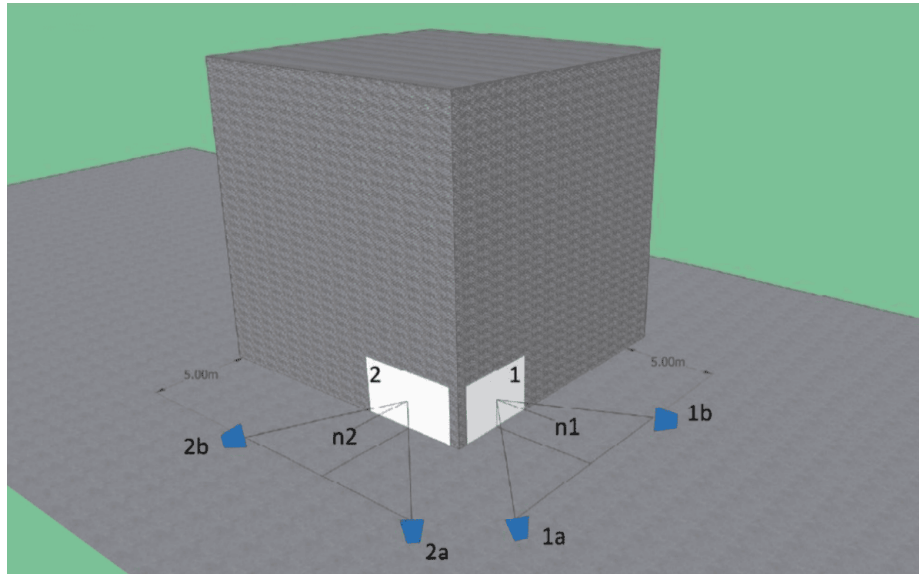


Fig. 4 – Schema generale per il calcolo dell'isolamento di facciata di un ambiente d'angolo.

Allo scopo di calcolare l'isolamento acustico di facciata, viene introdotta l'attenuazione dovuta alla diffrazione dell'angolo dell'edificio o alla diversa distanza sorgente-facciata. L'attenuazione viene indicata con il termine ΔD_{FL} dove F indica la facciata considerata e L la posizione ipotizzata per l'altoparlante. Si riportano di seguito le formulazioni utili per il calcolo previsionale.

L'isolamento acustico di facciata di un ambiente d'angolo con due pareti può essere dunque calcolato mediante le seguenti formule^(2, 3):

$$D_{2m,nT,w1} = -10 \lg \left(10^{\frac{-D_{2m,nT,w11}}{10}} + 10^{\frac{-D_{2m,nT,w22} + \Delta D_{21}}{10}} \right) \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

$$D_{2m,nT,w2} = -10 \lg \left(10^{\frac{-D_{2m,nT,w22}}{10}} + 10^{\frac{-D_{2m,nT,w11+\Delta D_{12}}}{10}} \right) \text{ [dB]} \quad (7)$$

$$D_{2m,nT,w} = -10 \lg \left(\frac{10^{\frac{-D_{2m,nT,w1}}{10}} + 10^{\frac{-D_{2m,nT,w2}}{10}}}{2} \right) \text{ [dB]} \quad (8)$$

dove:

- $D_{2m,nT,w1}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento dell'intera facciata con l'altoparlante in posizione 1;
- $D_{2m,nT,w2}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento dell'intera facciata con l'altoparlante in posizione 2;
- $D_{2m,nT,w11}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento di facciata del solo lato 1 con l'altoparlante in posizione 1;
- $D_{2m,nT,w22}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento di facciata del solo lato 2 con l'altoparlante in posizione 2;
- ΔD_{21} è l'attenuazione dovuta allo spigolo dell'edificio o alla diversa distanza sorgente-facciata per il lato 2 con l'altoparlante in posizione 1;
- ΔD_{12} è l'attenuazione dovuta allo spigolo dell'edificio o alla diversa distanza sorgente-facciata per il lato 1 con l'altoparlante in posizione 2;
- $D_{2m,nT,w}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento di facciata complessivo.

Per l'attenuazione, ΔD_{FL} , possono essere utilizzati i valori riportati nella tab. 1.

Tab. 1 – Attenuazioni dovute alla diffrazione dell'edificio o alla diversa distanza sorgente-facciata per il piano terra, primo piano, secondo piano e terzo piano.

Piano	$\Delta D_{12b}=\Delta D_{21b}$ Posizione 1b o 2b	$\Delta D_{12a}=\Delta D_{21a}$ Posizione 1a o 2a
Terra	15	0
Primo	12	2
Secondo	12	Non prevista
Terzo	11	Non prevista

Nota 1: Le attenuazioni sono state ricavate tramite simulazione software, considerando una distanza altoparlante-facciata pari a 5 m per il piano terra e il primo piano. Per i piani superiori l'altoparlante deve essere posto ad una distanza dalla facciata pari all'altezza del centro della facciata dal piano del terreno. In tal caso la sorgente risulta posizionata frontalmente alla facciata e le posizioni 1a e 2a non sono previste.

Nota 2: Le attenuazioni variano anche in funzione delle dimensioni dell'ambiente, i valori riportati sono da considerarsi come minimi e si riferiscono ad un edificio in prossimità di altri edifici, posti ad una distanza di 10 m. Per altre casistiche consultare il riferimento bibliografico⁽³⁾.

Nella fig. 5 vengono riportate le mappe acustiche, derivate da simulazioni mediante software⁽³⁾, per un ambiente d'angolo posto al piano terra, relativamente ad una faccia di dimensione 4 metri.

Si può notare come le due possibili posizioni dell'altoparlante comportino livelli di pressione sonora molto diversi sulla faccia non direttamente coinvolta nell'emissione sonora, a causa della schermatura dovuta allo spigolo della facciata.

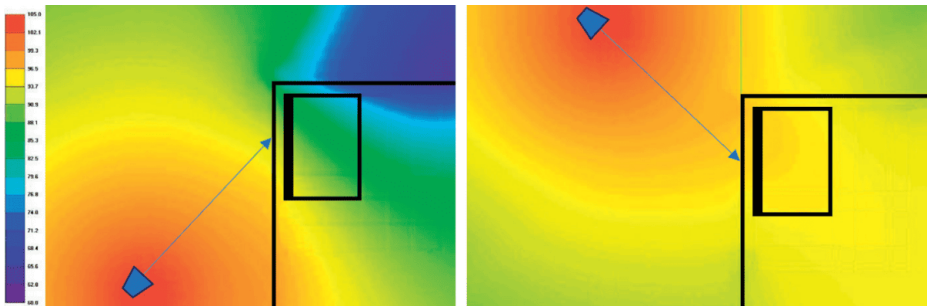


Fig. 5 – Mappe acustiche del livello di pressione sonora dovute alla schermatura della facciata, relative ad un ambiente al piano terra di larghezza 4 metri.

4. Esempio applicativo: ambiente d'angolo di un edificio con pareti in laterizio POROTON®

Con riferimento a quanto esposto, è stato sviluppato un esempio applicativo riferito ad un ambiente con facciata d'angolo, di dimensioni $L_1 = 4$ m, $L_2 = 3,5$ m e altezza 2,7 m, posto rispettivamente al piano terra, al piano primo e al piano secondo di un edificio residenziale di tre piani fuori terra.

Per prendere visione dell'esempio di calcolo completo si rimanda all'articolo pubblicato sulla rivista "Murature Oggi" n. 146 – Novembre 2024, scaricabile al seguente link: <https://www.muratureoggi.com/riviste/2024/mo-146/>

L'esempio mette in evidenza come l'isolamento di facciata sia fortemente dipendente dalla qualità acustica delle finestre più che dalle prestazioni di isolamento acustico delle pareti opache, aspetto ben noto per pareti di facciata singole ma che si riconferma tale anche per ambienti con facciate d'angolo.

La scelta di una parete perimetrale opaca con adeguate prestazioni acustiche resta comunque importante, avendo tuttavia riguardo non solo all'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w ma soprattutto al comportamento dell'isolamento in frequenza che tale parete può fornire.

In tal senso, nella progettazione delle pareti di facciata è opportuno considerare sempre l'inserimento di elementi "massivi", quali sono le murature perimetrali POROTON® che, per loro caratteristiche, permettono di isolare meglio i rumori a bassa frequenza, tipici per esempio del traffico veicolare, rispetto a soluzioni di parete leggere. In tal modo, oltre ad ottemperare ai requisiti di legge, è possibile nel contempo migliorare il comfort acustico degli ambienti abitativi.

5. Conclusioni

Sono stati effettuati calcoli di isolamento acustico di facciate d'angolo su medesimi ambienti in differenti configurazioni. Si è potuto rilevare come la posizione scelta per l'altoparlante incida in modo significativo sul risultato, portando a differenze fino a circa 3 dB. In particolare le posizioni ravvicinate (1a-2a) risultano essere quelle che forniscono un risultato in favore di sicurezza.

In ogni caso, sia le pareti di tamponamento che portanti realizzate con murature in laterizio POROTON® risultano essere idonee per l'ottenimento di un isolamento acustico di facciata, anche per ambienti d'angolo e nelle condizioni più sfavorevoli, che rispettino i limiti del D.P.C.M. 05/12/1997 con serramenti di medie prestazioni acustiche (35-36 dB). Si è inoltre constatato che, per ottenere un adeguato isolamento acustico di facciata, è importante porre la maggiore attenzione nella scelta delle finestre, essendo le soluzioni in muratura POROTON® maggiormente utilizzate per la realizzazione di pareti perimetrali esterne già dotate di idonee prestazioni di isolamento acustico.

Bibliografia:

- (1) UNI EN ISO 12354-3:2017 *Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti – Parte 3: Isolamento acustico dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea.*
- (2) UNI 11175-1:2024 *Acustica in edilizia – Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici – Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale – Parte 1: metodo di calcolo semplificato basato su grandezze a numero unico.*
- (3) Granzotto N., Piana E.A. *Evaluation Method for Façade Acoustic Insulation for a Corner Room: Discussion on the Results Obtained as a Function of the Source Position.* Applied Science 2020, 10(21), 7434. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/21/7434>.
- (4) D.P.C.M. 5 dicembre 1997, *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici* (G.U. n. 297, 22/12/1997).
- (5) D.M. 23 giugno 2022, *Criteri ambientali minimi per l'affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l'affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l'affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi* (G.U. n. 183, 06/08/2022).
- (6) UNI 11367:2023 *Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari – Procedura di valutazione e verifica in opera.*
- (7) UNI EN ISO 16283-3:2016 *Acustica – Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Isolamento acustico di facciata.*
- (8) UNI EN ISO 717-1:2021 *Acustica – Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea.*

DATA PUBBLICAZIONE

14 Aprile 2025

AUTORI

Nicola Granzotto, Lorenzo Bari

RIFERIMENTO

Newsletter numero 161