

**COMUNE DI PIACENZA**

**NUOVO POLO BIBLIOTECARIO  
VIALE DANTE**

**Viale Dante Alighieri n.46,  
Piacenza**

**Intervento cofinanziato dalla Regione Emilia Romagna  
con Fondi ATUSS - PR FESR EMILIA-ROMAGNA 2021-2027**

**Priorità 4 Attrattività, coesione e sviluppo territoriale**

**Obiettivo Specifico 5.1 Promuovere lo sviluppo sociale, economico e  
ambientale integrato e inclusivo a livello locale, la cultura, il patrimonio  
naturale, il turismo sostenibile e la sicurezza nelle aree urbane**

**Azione 5.1.1 Attuazione delle Agende Trasformative Urbane per lo Sviluppo  
Sostenibile (ATUSS)**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**(art.33 e 36. DPR n.207/2010)**

**CUP: E33D21004310005**

---

**CALCOLI PREVISIONALI CIRCA IL  
RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI  
DEGLI EDIFICI**

---

**COMMITTENTE:**

**COMUNE DI PIACENZA**

**Settore Sviluppo del Patrimonio - Servizio Lavori Pubblici**

**Piazza Cavalli n.2, 29121 Piacenza (PC)**

**Dirigente del Settore: ING. ENRICO MARI**

**RUP: ING. GIOVANNI CARINI**

**PROGETTISTA:**

**ING. STEFANO TASSI**

**Via Pisaroni n.14, 29121 Piacenza (PC)**



**PROGETTO ESECUTIVO  
NUOVO POLO BIBLIOTECARIO  
VIALE DANTE**

**ELABORATO  
R14**

**Data: 09/10/2023**

Committente

Comune di Piacenza - Settore Sviluppo del Patrimonio  
Piazza Cavalli, 2  
29121 Piacenza (PC)

Progetto

Nuovo Polo Bibliotecario  
Via Dante Alighieri, 46  
Piacenza (PC)

Progettista

Ing. Stefano Tassi  
Via Pisaroni n.14  
29121 Piacenza (PC)

CALCOLI PREVISIONALI CIRCA IL RISPETTO DEI  
REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

Data

Incarico

Revisione

30.08.2023

00



In ottemperanza a quanto disposto da:

Legge 26 Ottobre 1995, n. 447 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”

Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 Dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”

Normativa tecnica di settore:

UNI EN 12354-1 (novembre 2002)

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti  
Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti

UNI EN 12354-2 (novembre 2002)

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti  
Isolamento acustico al calpestio tra ambienti

UNI EN 12354-3 (novembre 2002)

Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti  
Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall’esterno per via aerea

UNI/TR 11175 (novembre 2005)

Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici  
Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale

UNI EN ISO 717–1 (dicembre 1997)

Isolamento acustico per via aerea

UNI EN ISO 717–2 (dicembre 1997)

Isolamento del rumore di calpestio



1. Premessa .....	4
2. Descrizione dell'intervento .....	5
3. Quadro di riferimento normativo .....	7
4. Metodo di calcolo .....	11
5. Soluzioni tecniche oggetto di valutazione .....	16
6. Verifica previsionale dei requisiti acustici passivi .....	21
7. Indicazioni per la riduzione del rumore dovuto agli impianti .....	25
8. Indicazione di corretta posa in opera .....	32
9. Conclusioni .....	37



## 1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la valutazione previsionale circa il rispetto dei requisiti acustici passivi relativi alle opere per la costruzione di un edificio ad uso biblioteca da realizzarsi in Via Dante Alighieri, 46 a Piacenza.

Il D.P.C.M. 5/12/97 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” determina i valori limite relativi ai requisiti acustici passivi in opera dei componenti degli edifici (facciate, partizioni orizzontali e verticali) ed i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne nel rispetto del concetto di difesa passiva dei cittadini dal rumore introdotto dalla Legge 447 del 26/10/1995 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”.

## 2. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in esame riguarda nello specifico la valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi relativi alle opere per la costruzione di un edificio da realizzarsi in Via Dante Alighieri, 46 a Piacenza. L'edificio, disposto su un livello fuori terra avrà destinazione esclusivamente come luogo di recreazione: biblioteca.

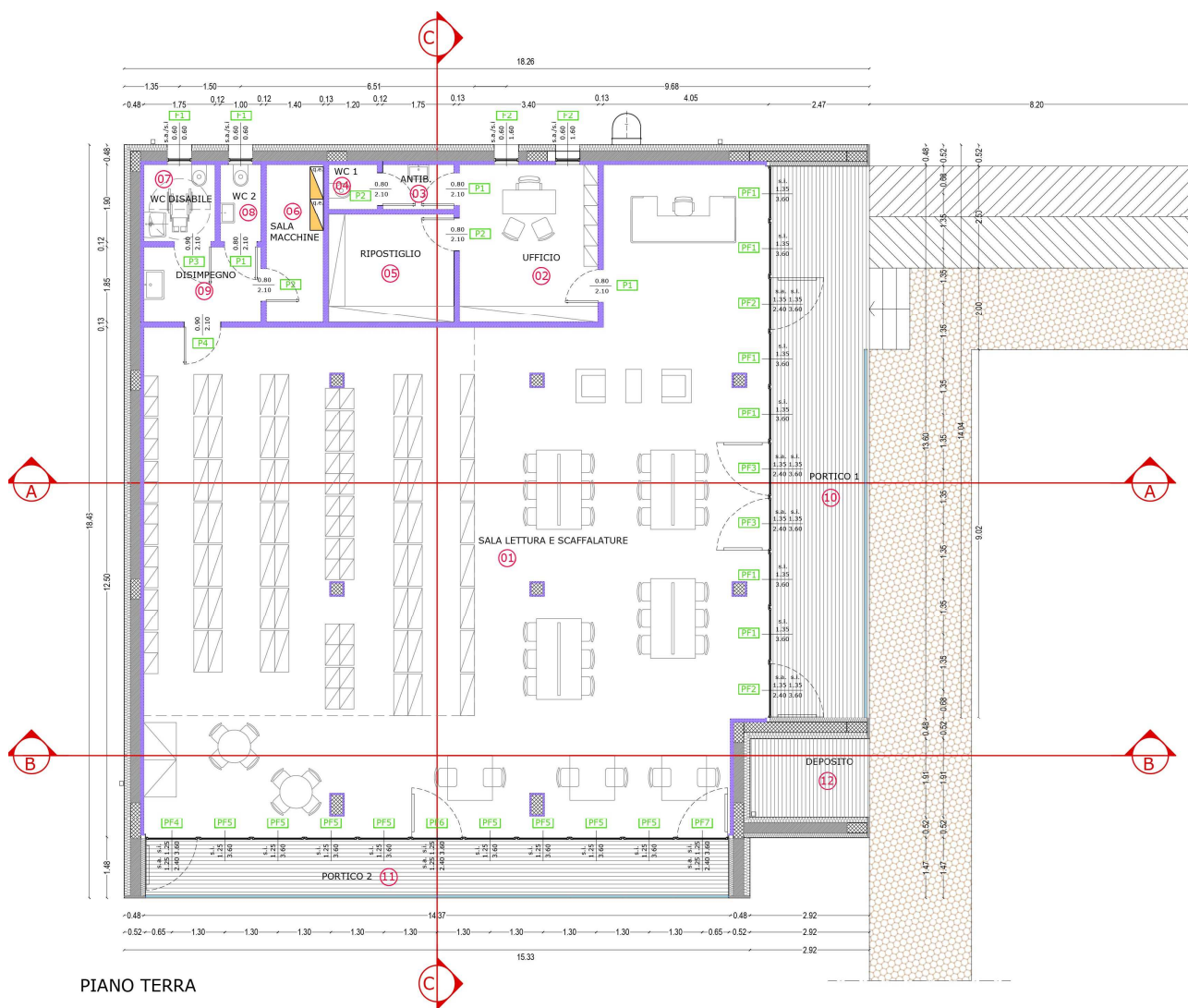


Fig. 1: Pianta piano terra



Fig. 2: Prospetto Nord



Fig. 3: Prospetto Ovest

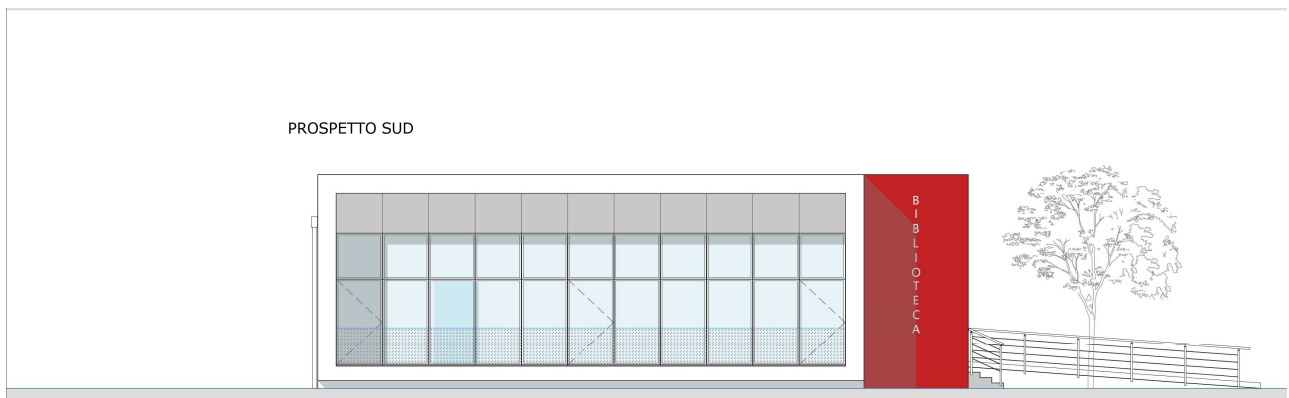


Fig. 4: Prospetto Sud

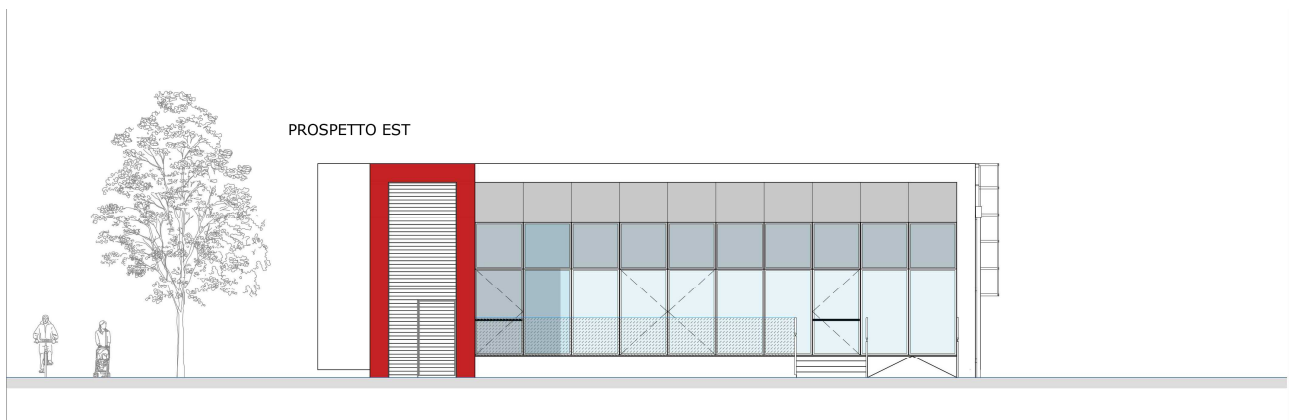


Fig. 5: Prospetto Est



### **3. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO**

#### **3.1 LEGISLAZIONE NAZIONALE**

Legge 26 Ottobre 1995, n. 447 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”

D.P.C.M. 5 dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici degli edifici”

#### **3.2 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO**

UNI TR 11175 (ed. 2005) “Acustica in edilizia. Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale”

UNI EN 12354-1 (ed. novembre 2002) “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti”

UNI EN 12354-2 (ed. novembre 2002) “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti”

UNI EN 12354-3 (ed. novembre 2002) “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni dei componenti. Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall’esterno per via aerea”

UNI EN 12354-6 (ed. marzo 2006) “Acustica in edilizia – Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Assorbimento acustico in ambienti chiusi”

UNI EN ISO 717-1 (ed. dicembre 1997) “Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea”

UNI EN ISO 717-2 (ed. dicembre 1997) “Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio”

UNI EN 12207 (ed. luglio 2000) “Finestre e porte – Permeabilità all’aria - Classificazione”

UNI EN 12431 (ed. 2000) “Isolanti termici per edilizia – Determinazione dello spessore degli isolanti per pavimenti galleggianti”

UNI EN 14351-1 (ed. 2006) “Finestre e porte - Norma di prodotto, caratteristiche prestazionali - Finestre e porte esterne pedonali senza caratteristiche di resistenza al fuoco e/o di tenuta al fumo”





### 3.3 SIMBOLI UTILIZZATI

$R$	Potere fonoisolante di un elemento [dB]
$R'$	Potere fonoisolante apparente [dB]
$\Delta R_i$	Incremento del potere fonoisolante mediante strati aggiuntivi per l'elemento $i$ [dB]
$R_w$	Indice di valutazione del potere fonoisolante (EN ISO 717-1) [dB]
$\Delta R_w$	Indice di valutazione dell'incremento del potere fonoisolante (EN ISO 717-1) [dB]
$R'_w$	Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (EN ISO 717-1) [dB]
$C$	Termine di adattamento allo spettro 1 (EN ISO 717-1) [dB]
$C_{tr}$	Termine di adattamento allo spettro 2 (EN ISO 717-1) [dB]
$T_{60}$	Tempo di riverberazione in cui l'energia sonora decresce di 60 dB dopo lo spegnimento della sorgente sonora [s]
$L_n$	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato [dB]
$L_{n,w}$	Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato [dB]
$L'_{n,w}$	Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, in opera (EN ISO 717-2) [dB]
$L'_{nT,w}$	Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, in opera [dB]
$\Delta L_n$	Attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato di un rivestimento di pavimentazione [dB]
$\Delta L_{n,w}$	Indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato dovuto ad un rivestimento di pavimentazione (EN ISO 717-2) [dB]
$C_i$	Termine di adattamento allo spettro per il rumore da calpestio (EN ISO 717-2) [dB]
$D_{nT,w}$	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione [dB]
$D_{2m,nT,w}$	Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (EN ISO 717-1) [dB]
$D_{n,e}$	Isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi di edificio [dB]
$D_{n,e,w}$	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi di edificio [dB]
$K$	Termine di correzione per la trasmissione laterale [dB]
$\Delta L_{fs}$	Differenza di livello di pressione sonora in facciata che dipende dalla forma della facciata, dall'assorbimento acustico delle superfici aggettanti (balconi) e dalla direzione del campo sonoro (UNI EN 12354-3, Appendice C)
$L_{ASmax}$	Livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow [dB]
$L_{Aeq}$	Livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A [dB]



### 3.4 CAMPO DI APPLICAZIONE E CONTENUTI

Il D.P.C.M. 05 Dicembre 1997 classifica gli ambienti abitativi in sette differenti categorie, riportate nella seguente tabella, allegata al decreto stesso, dove in rosso sono evidenziate le classificazioni che si possono ritrovare nell'unità immobiliare oggetto di valutazione:

Categoria	Destinazione d'uso
A	Edifici adibiti a residenza ed assimilabili
B	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura ed attività assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto ed assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

Potere fonoisolante apparente -  $R'w$

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; la normativa fissa il valore minimo da rispettare (50 decibel nel caso delle unità residenziali);

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

Rappresenta la differenza di livello sonoro esistente tra l'esterno e l'interno di un ambiente abitativo; la normativa fissa il valore minimo da rispettare (40 decibel nel caso delle unità residenziali);

Livello del rumore di calpestio -  $L'_{n,w}$

Rappresenta il livello sonoro esistente in un ambiente abitativo quando, al piano soprastante, viene azionato un dispositivo che genera 10 colpi al secondo con dei "martelletti" da 0,5 kg; la normativa fissa il valore massimo da rispettare (63 decibel nel caso delle unità residenziali). Ciò vale anche all'interno della medesima unità immobiliare (villetta su due piani)

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

Rappresenta il valore massimo del livello sonoro misurabile in un ambiente diverso da quello in cui il rumore viene originato; tale valore è pari a 35 dBA;

Rumore degli impianti a funzionamento continuo - LAeq

Rappresenta il valore medio del livello sonoro misurabile in un ambiente diverso da quello in cui il rumore viene originato; tale valore è pari a 35 dBA per le unità residenziali. Tali verifiche potrebbero essere effettuate anche all'interno della medesima unità abitativa; ciò giustificherebbe ad esempio l'assenza di disturbo tra bagno e stanza da letto adiacente.

La tabella che segue, allegata al decreto stesso, riporta i valori limite delle grandezze appena definite:

DPCM 05 Dicembre 1997 – Tabella B					
Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici					
Categoria di cui alla Tabella A	Parametri				
	R'w	D2m,nT,w	L'n,w	LAS,max	LAeq
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

Si ricorda che il DPCM 05/12/97 chiarisce che R'w si riferisce ad elementi di separazione fra distinte unità immobiliari.

Alla luce di quanto sopra esposto, per l'edificio oggetto di valutazione sono state effettuate le verifiche dei seguenti requisiti passivi: potere fonoisolante apparente di partizioni verticali ed orizzontali (R'w), livello di rumore di calpestio normalizzato di solai (L'n,w) e isolamento acustico standardizzato di facciata (D2m,nT,w) in diversi scenari campione, scelti, ai fini cautelativi, tra quelli più penalizzati dal punto di vista acustico e rappresentativi dell'intero edificio. I valori limite con i quali sono stati confrontati sono riportati nella tabella che segue:

Componente edilizio	Parametro	Valore limite
Facciata residenze	D2m,nT,w	40 dB
Facciata negozi	D2m,nT,w	42 dB
Solaio residenze/residenze	L'n,w	63 dB
	R'w	50 dB
Solaio residenze/negozi	L'n,w	63 dB
	R'w	50 dB
Parete divisoria tra alloggi	R'w	50 dB
Parete divisoria tra negozi		50 dB
Parete di divisione tra alloggi e ambienti comuni *	R'w	40 dB

\* requisito non cogente

#### 4. METODO DI CALCOLO

Il D.P.C.M. 5/12/97 prescrive che le prestazioni di isolamento acustico dei componenti siano assicurate in opera: in altri termini nella fase di progettazione è necessario disporre di un metodo di calcolo analitico che consenta di prevedere con sufficiente approssimazione tali prestazioni a partire dalle caratteristiche acustiche dei singoli elementi che compongono l'edificio; queste sono normalmente rilevabili dalle certificazioni di laboratorio fornite dai produttori dei vari componenti edilizi (pareti, solai, serramenti, ecc.), oppure dai dati reperibili in letteratura, e dipendono in buona parte dalle modalità costruttive e di montaggio che si ritiene di dover adottare.

La serie di norme UNI EN ISO 12354: 2001 (Acustica edilizia, stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti), e la UNI TR 11175: 2005 (Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici. Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale) riportano metodi di calcolo utilizzabili per tale valutazione.

Occorre evidenziare che l'attendibilità dei metodi di calcolo è strettamente vincolata:

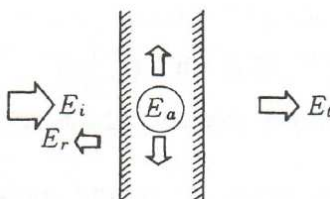
- alla veridicità delle certificazioni acustiche dei componenti edilizi;
- alla effettiva utilizzazione in corso d'opera dei componenti certificati;
- alla esecuzione a regola d'arte dei componenti oggetto di valutazione (pareti, solai);
- alla corretta installazione dei serramenti (finestre, porte);
- alle incertezze insite nel modello stesso, e comunque presenti in ogni valutazione analitica del tipo in esame.

##### 4.1 INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE TRA AMBIENTI ADIACENTI ( $R'w$ )

Come definito anche dalle vigenti norme in materia di acustica, il parametro che descrive l'isolamento acustico per via aerea tra due ambienti adiacenti è il Potere Fonoisolante definito come:

$$R = 10 \log \left( \frac{1}{\tau} \right)$$

ove, coefficiente di trasmissione, è definito dal rapporto energetico tra l'energia trasmessa ( $E_t$ ) e l'energia incidente ( $E_i$ ):



Nella realtà, oltre alla trasmissione diretta, all'interno degli edifici avvengono anche altre trasmissioni per via solida dovute agli elementi strutturali che compongono l'edificio stesso. Pertanto il suono all'interno degli edifici si propaga:

- per Trasmissione diretta: la trasmissione del rumore avviene attraverso il solo elemento considerato
- per Trasmissioni laterali: trasmissione del rumore attraverso gli elementi strutturali adiacenti l'elemento in analisi

Per tenere conto anche delle perdite di isolamento dovute alle trasmissioni laterali, si definisce un ulteriore parametro, che è il Potere Fonoisolante Apparente.

Il potere fonoisolante apparente  $R'$  di una partizione è una grandezza espressa in funzione della frequenza (terzi d'ottava) che esprime il potere fonoisolante degli elementi di separazione tra diverse unità abitative considerando i contributi di:

- trasmissione diretta attraverso la parete ( $d$  t);
- percorsi di trasmissione per fiancheggiamento dovuti alle strutture laterali ( $f$  t);
- eventuali percorsi di trasmissione aerea del suono ( $e$  t e  $s$  t);
- piccoli elementi posti nella partizione (prese d'aria, ecc.);
- sistemi in grado di trasmettere il suono per via aerea (condotti di ventilazione con uscite negli ambienti separati).

Sotto le ipotesi esemplificative secondo cui i percorsi di trasmissione strutturale del suono sono tra di loro indipendenti, e il contributo che si origina sulla parete opposta a quella di separazione, che si trasmette lateralmente e giunge all'ambiente ricevente (percorsi di trasmissione di ordine superiore al secondo) può essere trascurato, il potere fonoisolante per un generico percorso  $i$ - $j$  si calcola con la relazione:

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

ed il potere fonoisolante apparente  $R'$  si calcola con la relazione:

$$R' = 10 \cdot \log \tau' = -10 \cdot \log \left( \tau_d + \sum_{f=1}^n \tau_f + \sum_{e=1}^m \tau_e + \sum_{s=1}^k \tau_s \right) \text{ (dB)}$$

Dai valori di  $R'$  espressi in funzione della frequenza si passa all'indice di valutazione  $R'_w$  delle partizioni attraverso un'apposita procedura normalizzata.

## 4.2 INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA (D2M,nT,w)

L'isolamento acustico standardizzato di facciata D2m,nT,w è una grandezza che esprime la quantità di energia sonora trasmessa dalla parete perimetrale dell'unità abitativa. L'isolamento acustico offerto dalla facciata si valuta secondo l'espressione:

$$D_{2m,nT} = R_w' + \Delta L_{fs} + 10 \cdot \log \left( \frac{V}{6T_0 S} \right) \text{ (dB)}$$

con

$$R_w' = 10 \log \left[ \left( \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{wi}}{10}} \right) + \left( \sum_{i=1}^n \frac{A_0}{S} \cdot 10^{\frac{-D_{se,wi}}{10}} \right) \right] - k \text{ (dB)}$$

dove:

- Si è la superficie di ogni elemento costituente la facciata [m2];
- Dne,wi è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi presenti in facciata [dB];
- k è il coefficiente correttivo che tiene conto delle trasmissioni per fiancheggiamento:
- 0 per elementi di facciata non connessi [dB];
- 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi [dB];
- V è il volume dell'ambiente ricevente [m3];
- S è l'area totale della facciata vista dall'interno [m2];
- T0 è il tempo di riverbero di riferimento pari a 0,5 s;
- DLfs è il fattore correttivo dovuto alla forma della facciata.

Dai valori di D2m,nT espressi in funzione della frequenza si passa all'indice di valutazione D2m,nT,w dell'isolamento acustico standardizzato della facciata attraverso l'apposita procedura normalizzata.

Per quanto riguarda i serramenti vetrati, in assenza di dati specifici, il potere fonoisolante può essere ricavato dal potere fonoisolante del pannello di vetro, in base al metodo descritto dal progetto di norma UNI EN 14351-1, allegato B.

Qualora la dimensione dei serramenti effettivamente posti in facciata si discosti dai relativi campioni analizzati in laboratorio occorre tenere conto di un coefficiente di correzione della prestazione acustica che dipende dalla percentuale di variazione della superficie. Tali coefficienti sono riportati nella tabella che segue tratta dall'allegato B della norma UNI EN 14351-1.

### 4.3 INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO PER AMBIENTI SOVRAPPosti (L'n,w)

Il livello normalizzato di rumore da calpestio L'n rappresenta il livello medio di pressione sonora che si stabilisce nell'ambiente disturbato quando sul solaio di separazione tra due ambienti sovrapposti agisce una sorgente in grado di produrre un livello determinato di forza di impatto, normalizzato rispetto all'assorbimento acustico dell'ambiente disturbato.

L'indice di valutazione L'n,w si ottiene dall'indice del livello equivalente normalizzato di rumore da calpestio L<sub>n,w</sub> in base alla seguente formula:

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

con DL riduzione del livello di rumore da calpestio dovuta a strati di rivestimento applicati all'intradosso o all'estradosso del solaio (DL = 0 in assenza di rivestimento) e K è un termine che tiene conto in maniera globale della trasmissione laterale a partire dalla massa del solaio nudo e dalla massa media delle strutture laterali.

Per solai omogenei con massa superficiale m' fra 100 kg/m<sup>2</sup> e 600 kg/m<sup>2</sup>, vale la seguente espressione per L<sub>n,w</sub>:

$$L_{n,w} = 164 - 35 \log (m') \text{ (dB)}$$

La prestazione acustica di un rivestimento per solai (pavimento galleggiante), DL, è funzione della rigidità dinamica superficiale s' dello strato elastico inserito sotto la pavimentazione e dipende dalla frequenza di risonanza del sistema pavimento - strato elastico - solaio.

La rigidità dinamica superficiale dello strato è data dalla somma della rigidità superficiale ss del materiale che costituisce la struttura dello strato elastico e della rigidità superficiale del gas racchiuso nelle cavità Sa.

Il metodo di calcolo dipende dalla posizione dello strato isolante, che può essere applicato superiormente al solaio o essere interno ad esso (pavimento galleggiante).

Nel caso di pavimenti galleggianti con massetto in calcestruzzo è possibile impiegare la seguente equazione:

$$\Delta L = 30 \lg \left( \frac{f}{f_0} \right) \text{ (dB)}$$

dove:

- f è la frequenza centrale del terzo di ottava considerato (Hz);
- f<sub>0</sub> è la frequenza di risonanza (Hz) ottenibile mediante la seguente equazione:

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

dove:

- $s'$  e la rigidità dinamica dello strato elastico (MN/m<sup>3</sup>);
- $m'1$  e la massa superficiale dello strato di rivestimento (kg/m<sup>2</sup>);

Le equazioni riportate sono valide all'interno del campo di frequenze  $f_0 < f < 4f_0$ . L'indice di valutazione della riduzione di livello di rumore da calpestio può essere calcolato in base alle formule sopra riportate, utilizzando come valore della frequenza il valore di 500 Hz.

#### 4.4 COMPONENTI FINESTRATE

La parte vetrata è sicuramente la più vulnerabile al rumore sia per la ridotta massa acustica rispetto alla facciata complessiva sia per la possibile presenza di accoppiamenti non sempre precisi dal lato della tenuta e della durata.

Da un punto di vista pratico si può dire che una lastra di vetro ha un potere fonoisolante tanto più elevato quanto maggiore è il suo spessore. Un vetro semplice tuttavia, per la sua struttura intrinseca, non isola in modo uniforme al variare delle frequenze (in corrispondenza di alcuni valori il suo potere fonoisolante si riduce).

È possibile ovviare a questi limiti utilizzando un vetro stratificato con intercalari in materiale plastico che, grazie alle proprietà elastiche di quest'ultimo, garantisce un isolamento più uniforme in presenza di frequenze variabili. Se ci si concentra sulle fonti di rumore più comuni nei centri abitati, si nota come un vetro stratificato sia sicuramente in grado di assicurare un valido isolamento acustico ed un adeguato comfort.

Particolare attenzione andrà posta nell'accoppiamento vetrocamera-serramento al fine di eliminare ponti acustici, flessioni statiche e zone di sovrappressione dovute agli agenti atmosferici. In particolare il sigillante non dovrà penetrare oltre 2 mm nell'interspazio tra la lastra e il profilo distanziatore all'interno della vetrocamera.

Lo spessore della sigillatura del nodo non dovrà superare i 15 mm in vetri di superficie fino a 6 mq. e i 18 mm in vetri con superficie oltre i 6 mq.

I profili distanziatori dovranno essere posizionati parallelamente agli angoli del vetro. Indipendentemente dalla tipologia del serramento scelto che comunque dovrà avere un giusto grado di massa e consistenza, vista la assoluta dipendenza acustica della vetrocamera rispetto al supporto.

#### 4.5 IMPIANTI TECNOLOGICI A FUNZIONAMENTO CONTINUO E DISCONTINUO

Gli impianti tecnologici causano rumori di tipo aereo e vibrazioni strutturali. Il controllo del rumore generato dagli impianti si effettua limitandone le interazioni con il resto delle strutture dell'edificio. Considerata la diversa natura degli impianti che trovano alloggio in un edificio, i modelli previsionali che ne descrivono il comportamento acustico sono complicati dall'elevato numero di variabili coinvolte.

L'unico modo per semplificare la valutazione previsionale è quello di considerare i vari impianti in maniera indipendente, rendendo però sostanzialmente non verosimili i risultati ottenuti dall'analisi. In questa sede si forniscono anche indicazioni per la scelta di materiali acusticamente efficienti e per la corretta posa degli stessi.





## 5. SOLUZIONI TECNICHE OGGETTO DI VALUTAZIONE

A partire dalle indicazioni fornite dai Progettisti, sono state individuate le seguenti tipologie di materiali e soluzioni che sono essi stessi oggetto di verifica, che sono semplicemente coinvolte nella valutazione delle strutture ad esse adiacenti e che sono state, in generale, oggetto di progetto acustico volto al rispetto della normativa vigente.

Di seguito si elencano le soluzioni e le relative prestazioni acustiche reperite attraverso certificati di prove in laboratorio su campioni simili o, in mancanza di questi, stimate attraverso relazioni empiriche, a partire dalle quali sono state effettuate le verifiche previsionali dei requisiti acustici passivi riportate nel capitolo successivo.

### CARATTERISTICHE ACUSTICHE DEI COMPONENTI

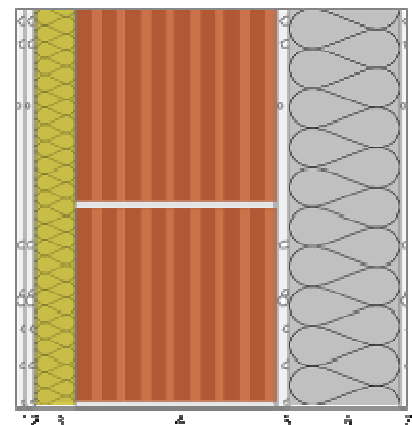
Strutture opache, finestre e piccoli elementi

#### Descrizione del componente:

Parete verso esterno

Codice: M1

Tipo struttura	<b>Struttura portante</b>	
Massa superficiale	<b>563,8</b>	kg/m <sup>2</sup>
Spessore totale	<b>490,0</b>	mm
Frequenza critica	<b>58,2</b>	Hz
Fattore di smorzamento	<b>0,015</b>	-



#### Potere fonoisolante:

Rw **57,4** dB

C **-2,1** - Ctr **-7,6** -

Valori	<b>Frequenza</b>
Origine dei dati	<b>Calcolo previsionale</b>
Tipologia	<b>Parete monostrato</b>
Tipo di calcolo	<b>Analitico</b>
Metodo di calcolo	<b>Sharp</b>

#### Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	M.V.
1	Cartongesso in lastre	12,50	700
2	Cartongesso in lastre	12,50	700
3	Pannello in lana di roccia a doppia densità	50,00	150



4	Muratura in laterizio pareti esterne (um. 1.5%)	250,00	2000
5	Intonaco di gesso puro	15,00	1200
6	Polistirene espanso sinterizzato (alla grafite)	140,00	20
7	Malta di calce o di calce e cemento	10,00	1800

#### Legenda simboli

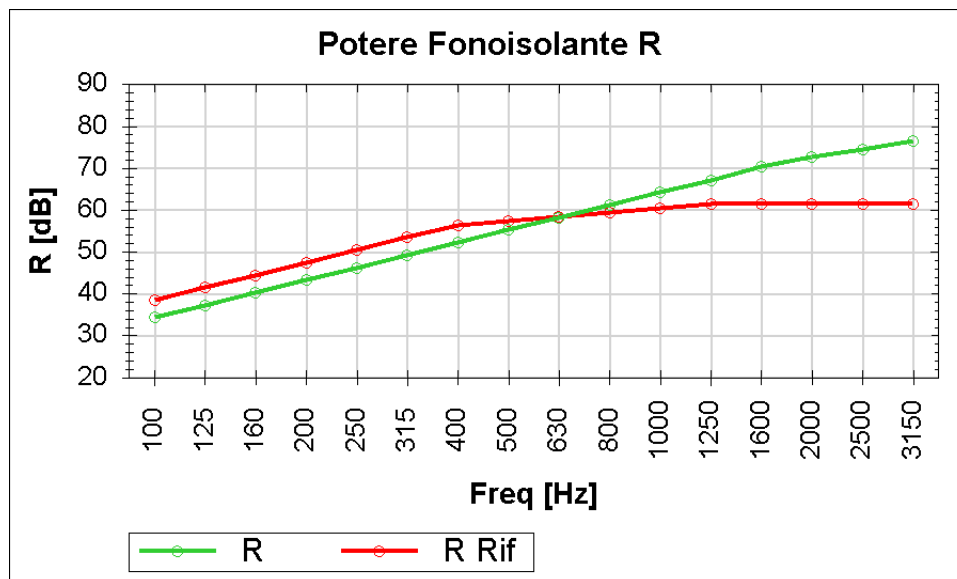
s	Spessore	mm
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>

#### Dati di input aggiuntivi per il calcolo previsionale:

Spessore totale della struttura	490	mm
Densità della struttura	1150,61	kg/m <sup>3</sup>
Modulo di Young	5400	MPa
Rapporto di Poisson	0,25	-
Fattore di perdita	0,015	-

#### Potere fonoisolante R:

100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
34,2	37,1	40,2	43,2	46,1	49,2	52,2	55,2	58,2	61,2	64,2	67,1	70,2	72,6	74,5	76,6





**Descrizione del componente:**

**Parete interna**

**Codice: M2**

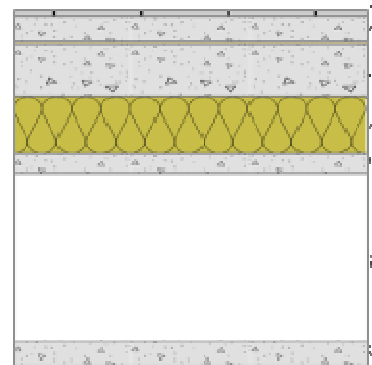
Tipo struttura	<b>Struttura portante</b>
Massa superficiale	<b>23,5</b> kg/m <sup>2</sup>
Spessore totale	<b>125,0</b> mm
<b><u>Potere fonoisolante:</u></b>	
Rw	<b>61,0</b> dB
C <b>-1,8</b> -	Ctr <b>-5,7</b> -
Valori	<b>Indice unico</b>
Origine dei dati	<b>Dati noti</b>

**Descrizione del componente:**

**Pavimento su vespaio**

**Codice: P1**

Tipo struttura	<b>Struttura portante</b>
Massa superficiale	<b>476,3</b> kg/m <sup>2</sup>
Spessore totale	<b>740,0</b> mm



**Potere fonoisolante:**

Rw	<b>58,4</b> dB
C <b>0,0</b> -	Ctr <b>0,0</b> -
Valori	<b>Indice unico</b>
Origine dei dati	<b>Calcolo previsionale</b>
Tipologia	<b>Solai nudi monolitici in cemento armato</b>
Tipo di calcolo	<b>Empirico</b>
Metodo di calcolo	<b>Da bibliografia</b>
<b><u>Livello di pressione sonora di calpestio:</u></b>	
Ln,w	<b>70,3</b> dB
Cl	<b>0,0</b> -
Valori	<b>Indice unico</b>
Origine dei dati	<b>Calcolo previsionale</b>
Tipologia	<b>Solai nudi monolitici in cemento armato</b>
Tipo di calcolo	<b>Empirico</b>
Metodo di calcolo	<b>Da bibliografia</b>

**Stratigrafia:**

N.	Descrizione strato	s	M.V.
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	15,00	2300



2	Sottofondo di cemento magro	50,00	1600
3	Index Fonostop DUO	5,00	35
4	Sottofondo di cemento magro	110,00	1800
5	Polistirene espanso estruso XPS	120,00	30
6	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	2000
7	Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	350,00	-
8	Sottofondo di cemento magro	50,00	1600

#### Legenda simboli

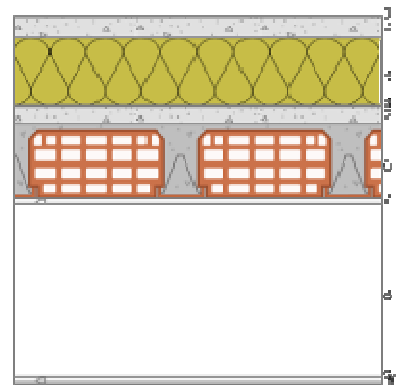
s	Spessore	mm
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>

#### Descrizione del componente:

#### Copertura

#### Codice: S1

Tipo struttura	Struttura portante
Massa superficiale	485,5 kg/m <sup>2</sup>
Spessore totale	968,0 mm



#### Potere fonoisolante:

Rw	58,7	dB
C	0,0	-
Valori	Indice unico	
Origine dei dati	Calcolo previsionale	
Tipologia	Solai nudi monolitici in cemento armato	
Tipo di calcolo	Empirico	
Metodo di calcolo	Da bibliografia	

#### Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	M.V.
1	Impermeabilizzazione con bitume	4,00	1200
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	50,00	2200
3	Polistirene espanso estruso XPS	180,00	30
4	Impermeabilizzazione con bitume	4,00	1200
5	C.I.s. di sabbia e ghiaia (pareti esterne)	40,00	2400
6	Soletta in laterizio spess. 18-20 - Inter. 50	200,00	1100
7	Malta di calce o di calce e cemento	15,00	1800
8	Intercapedine non ventilata $Av < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	450,00	-
9	Cartongesso in lastre	12,50	700



10	Cartongesso in lastre	12,50	700
----	-----------------------	-------	-----

Legenda simboli

s	Spessore	mm
M.V.	Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>

**Descrizione del componente:**

**SERR ALL 115X360**

**Codice: W1**

Larghezza	115	cm
Altezza	360	cm
<u>Potere fonoisolante:</u>		
Rw	42,0	dB
C	0,0	-
Valori	Indice unico	
Origine dei dati	Dati noti	

**Descrizione del componente:**

**SERR ALL 120X360**

**Codice: W2**

Larghezza	120	cm
Altezza	360	cm
<u>Potere fonoisolante:</u>		
Rw	42,0	dB
C	0,0	-
Valori	Indice unico	
Origine dei dati	Dati noti	

**Descrizione del componente:**

**SERR ALL 060X160**

**Codice: W3**

Larghezza	60	cm
Altezza	160	cm
<u>Potere fonoisolante:</u>		
Rw	42,0	dB
C	0,0	-
Valori	Indice unico	
Origine dei dati	Dati noti	

**Descrizione del componente:**

**SERR ALL 060X060**

**Codice: W4**

Larghezza	60	cm
Altezza	60	cm
<u>Potere fonoisolante:</u>		
Rw	42,0	dB
C	0,0	-
Valori	Indice unico	
Origine dei dati	Dati noti	



## **6. VERIFICA PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**

La valutazione dei requisiti acustici passivi dell'intervento in oggetto è stata effettuata su un campione di locali tipo, prudenzialmente individuati in base alle condizioni di maggiore criticità.

In particolare, per quanto riguarda la verifica dell'isolamento acustico di facciata, sono stati selezionati i locali caratterizzati da maggiore superficie vetrata rispetto alla superficie complessiva della facciata e dal minor volume, tenendo conto delle differenti tipologie di facciata previste dal progetto.

Per quanto riguarda la verifica del potere fonoisolante apparente e del livello di rumore da calpestio sono state scelte le soluzioni a maggior rischio per la trasmissione laterale, tenendo conto delle differenti soluzioni di solaio e di pareti previste dal progetto.

In Allegato 1 si riportano le verifiche previsionali dei requisiti acustici passivi tenendo conto delle variazioni relative alle stratigrafie dei pacchetti orizzontali e verticali rispetto al progetto definitivo. Inoltre, rispetto a questo, in questa sede si affrontano a livello di dettaglio esecutivo i nodi critici studiati al fine di minimizzare la trasmissione sonora laterale.

### **6.1 VERIFICA PREVISIONALE DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE ( $R'w$ ) DI AMBIENTI ADIACENTI E SOVRAPPOSTI**

La verifica dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di ambienti adiacenti o sovrapposti è prevista dal D.P.C.M. 5/12/97 per partizioni orizzontali e verticali che dividono unità immobiliari distinte.

A scopo cautelativo è stato comunque verificato il potere fonoisolante  $R'w$  dei solai interpiano al fine di verificare il corretto isolamento tra piani a destinazioni abitative distinte (zona giorno al piano terra e zona notte al piano primo), tenendo conto delle differenti soluzioni tecnologiche e delle differenti situazioni di trasmissione laterale.

### **6.2 VERIFICA PREVISIONALE DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO ( $L'n,w$ ) TRA AMBIENTI SOVRAPPOSTI**

Il requisito relativo al livello di rumore di calpestio normalizzato di solai ( $L'n,w$ ) è stato verificato in diversi scenari campione, scelti, ai fini cautelativi, tra quelli più penalizzati dal punto di vista acustico e, nel contempo, rappresentativi dell'intero edificio.

### **6.3 VERIFICA PREVISIONALE DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA ( $D2M,NT,w$ )**

La valutazione dei requisiti acustici passivi di facciata è stata effettuata sulle pareti di facciata degli ambienti che presentano caratteristiche tecniche differenti.



In generale, sono stati selezionati i locali avente la maggiore superficie finestrata rispetto alla superficie complessiva della facciata, sulla base dei quali sono state effettuate le scelte relative alle prestazioni acustiche minime dei componenti vetrati.

In questa sede pare opportuno ribadire che la scelta dei serramenti di facciata di seguito riportati e puramente indicativa e deriva dalle prestazioni minime desunte dalle verifiche previsionali dei requisiti acustici passivi svolte in fase di progetto definitivo. A partire dalla tipologia di serramento individuata in fase di Progetto Esecutivo si procede di seguito a determinare in via previsionale la prestazione acustica della facciata sulla base delle prestazioni certificate in laboratorio.

Ciò posto, nel caso in cui i serramenti effettivamente installati dovessero risultare differenti dai prodotti indicati nei paragrafi che seguono, al fine di conseguire il rispetto dei valori limite di isolamento acustico di facciata ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97, è necessario che i sistemi scelti siano caratterizzati dalle medesime prestazioni acustiche certificate in laboratorio secondo la normativa vigente.

#### **6.4 IMPIANTI**

Gli impianti sono classificati, a seconda delle modalità temporali di funzionamento (DPCM 5-12-97), in:

- servizi a funzionamento discontinuo: ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria, il cui parametro di riferimento è LASmax, livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo slow;
- servizi a funzionamento continuo: impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento, il cui parametro di riferimento è LAeq, livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.

I valori limite di tali parametri cambiano in funzione della destinazione d'uso dell'edificio e sono indicati nella Tabella 1.

La misura è eseguita nell'ambiente con livello di rumore più elevato e diverso da quello in cui si trova la sorgente, infatti i limiti imposti dal DPCM non sono riferiti agli impianti, ma al rumore che propagano nell'edificio.

Di seguito gli interventi realizzati per prevenire e/o ridurre il disturbo verso gli utenti dell'edificio.



### **Tubazioni (tipo di funzionamento: Discontinuo)**

Interventi:

- Il tubo è sconnesso dall'elemento solido (parete o solaio) attraverso la sistemazione di materiale smorzante e fissato al muro con "collari" muniti di elemento insonorizzante;
- A monte dell'impianto è installato un riduttore di pressione;
- I rubinetti sono dotati di elementi "rompi-getto";
- All'interno dei tubi è utilizzata una valvola che estingue lentamente il flusso d'acqua;
- Presso le valvole di condotta è installata una camera d'aria ad assorbimento d'urto;
- Le tubazioni sono inserite in appositi cavedi con adeguato potere fonoisolante.

### **Scarichi (tipo di funzionamento: Discontinuo)**

Interventi:

- Non sono utilizzate connessioni rigide con le strutture;
- La sezione del collettore è aumentata per ridurre la velocità di deflusso delle acque;
- Sono evitate le pendenze elevate del tubo di collegamento fra sifone e colonna di scarico, per ridurre i tipici "gorgoglii".

### **Ascensori (tipo di funzionamento: Discontinuo)**

Interventi:

- Il vano ascensore è realizzato con pareti in muratura ad elevata massa aerica;
- Il motore di sollevamento è montato su supporti antivibranti in apposito locale;
- Il vano ascensore non è in prossimità di locali in cui è richiesta particolare tranquillità;
- Le porte di ingresso situate vicino alle porte di sbarco dell'ascensore sono sigillate opportunamente.

### **Impianti di riscaldamento (tipo di funzionamento: Continuo)**

Interventi:

- Le tubazioni sono dotate di giunti elastici e ancoraggi flessibili;
- Gli elementi termo-radianti hanno un collegamento elastico con la tubatura;
- Gli elementi termo-radianti hanno un supporto elastico per l'ancoraggio alla parete o al solaio;
- La centrale termica è collocata all'esterno;





- La centrale termica è collocata in un locale di servizio;
- La centrale termica è delimitata da strutture ad elevato potere fonoisolante;
- La centrale termica è montata su supporti antivibranti;
- La canna fumaria è collegata alla caldaia con un elemento elastico;
- La canna fumaria è coibentata in acciaio e ancorata con supporti antivibranti alle pareti.

#### **Impianti di condizionamento (tipo di funzionamento: Continuo)**

Interventi:

- Gli impianti sono posizionati in luoghi dove l'impatto è minore;
- Le staffe di supporto dell'impianto sono provviste di idonei giunti antivibranti;
- I macchinari sul tetto sono isolati con barriere antirumore.

#### **Impianti elettrici (tipo di funzionamento: Continuo)**

Interventi:

- Le cassette elettriche e i quadri elettrici non sono posizionati sui due lati di una stessa parete in corrispondenza l'uno dell'altro.



## 7. INDICAZIONI PER LA RIDUZIONE DEL RUMORE DOVUTO AGLI IMPIANTI

Gli impianti che usualmente interessano la problematica del rumore dell'edificio, in ordine di importanza, sono gli impianti di riscaldamento, condizionamento e ventilazione, gli impianti idrici e gli impianti per ascensori e montacarichi.

Altri tipi di impianti, o perché a funzionamento episodico (sistema anti-incendio) o perché non rumorosi intrinsecamente (es. impianto elettrico) non necessitano di particolare considerazione, salvo il caso che il loro lay-out e la loro messa in opera non degradino il fonoisolamento previsto per altri scopi.

Nella parte seguente della relazione verranno trattati solo gli impianti presenti nell'edificio in esame.

### 7.1 INDICAZIONI GENERALI

Per ciò che concerne gli impianti tecnologici ad uso continuo verranno semplicemente elencati i problemi generali ad essi connessi e le prescrizioni da rispettare per il progettista.

Gli impianti, oltre che essere in taluni casi fonte di impatto acustico verso l'esterno, sono sicuramente sorgente di rumore all'interno della struttura edilizia. Dal punto di vista acustico la loro rumorosità è normata dal DPCM del 5 dicembre 1997 che tuttavia non definisce come sarebbe auspicabile cosa si intende per impianto tecnologico ma fornisce le seguenti classificazioni:

- “sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria”;
- “sono servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento”.

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

- 35 dB(A)  $L_{Amax}$  con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- 25 dB(A)  $L_{Aeq}$  per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. Gli impianti di distribuzione dell'acqua e gli apparecchi idrosanitari devono essere realizzati mantenuti e condotti in modo da evitare rumori molesti e si dovranno adottare tutti i possibili accorgimenti tecnici e comportamentali per eliminare ogni possibile causa di disturbo.

Gli apparecchi elettrodomestici (cappe, frigoriferi, cucine, lavastoviglie, lavatrici, condizionatori, impianti di climatizzazione, ecc.) potranno essere utilizzati nel periodo notturno, solo a condizione che non alterino la rumorosità nei locali degli alloggi contigui.

Dal punto di vista funzionale gli impianti che usualmente sono presenti all'interno degli edifici di solito sono gli impianti di riscaldamento, di condizionamento e gli impianti idraulici (idrici e sanitari).



Inoltre pur non essendo classificabili come impianti, sono da prendere in considerazione i condotti all'interno dei quali si muovono i fluidi messi in movimento dagli impianti prima descritti.

La propagazione del rumore che gli impianti generano avviene sia per via aerea che per via solida, raggiungendo anche distanze notevoli dalla sorgente emittente poiché utilizza sia i condotti che i fluidi in esso contenuti.

Molto spesso il loro rumore è caratterizzato da uno spettro sbilanciato verso le basse frequenze e contempla la presenza di componenti tonali che nel complesso rendono il disturbo sonoro particolarmente cospicuo.

I punti fondamentali che il progettista e l'esecutore delle opere dovranno considerare al fine di contenere la rumorosità sono:

- la collocazione del sistema impiantistico rispetto alla dislocazione orizzontale e verticale dei locali;
- la modalità di installazione del solaio
- la tipologia dei condotti per i fluidi;
- l'intersezione dei condotti con la struttura muraria.

## **7.2 IMPIANTO IDRICO – SANITARIO**

L'impianto idraulico è composto da tre parti: le pompe di circolazione, i condotti per i fluidi, i rubinetti e le valvole per il controllo dei flussi. Le pompe di circolazione hanno uno spettro sonoro caratterizzato da elevati livelli sonori alle basse frequenze.

I condotti per i fluidi sono fonte di rumore quando vengono posti in vibrazione dal generatore ed al loro interno i fluidi a causa della geometria del condotto stesso possono operare in condizioni di turbolenza.

I rubinetti e le valvole per il controllo del flusso determinano in modo innaturale un'improvvisa caduta di pressione e quindi delle turbolenze nei fluidi. Un ruolo importante viene spesso giocato dal c.d. "colpo di ariete" che mette in vibrazione tutte le strutture idrauliche e che quindi va accuratamente evitato. Anche i sanitari possono essere fonte di rumore a causa del collegamento rigido con la struttura muraria.

### **7.2.1 PRESCRIZIONI**

Acquisire dal produttore i dati inerenti all'impianto quali potenza e pressione acustica in dB(A) e lo spettro sonoro in banda di ottave.

Le pompe di circolazione vanno montate su supporti antivibranti, connesse a condotti dotati di giunti elastici e rivestiti di materiali resilienti all'atto dell'attraversamento di strutture murarie, essi inoltre vanno appoggiati alle staffe di sostegno mediante materiali smorzanti.

La velocità di esercizio dei fluidi non deve essere elevata: questo significa che vanno dimensionati adeguatamente i diametri ed evitati condotti con variazioni brusche di direzione a causa delle quali si



determinano delle turbolenze che possono generare un'emissione sonora molto intensa, soprattutto alle basse frequenze. Pertanto, variazioni di sezione o filtri vanno collocati ad almeno 8 diametri a valle del ventilatore o del gomito precedente e 3 diametri a monte del ventilatore o gomito successivo.

Le murature della camera di contenimento del sistema vanno progettate con adeguati sistemi di fonoisolamento. Le griglie di emissione dell'aria vanno dotate di trappole acustiche.

Il locale tecnologico va posizionato lontano da ambienti che necessitano una particolare attenzione all'inquinamento acustico. L'avvio e lo spegnimento degli impianti dovranno avvenire in modo graduale per evitare moti turbolenti.

Isolare opportunamente i condotti per evitare fenomeni di risonanza provocati da fonti esterne e rivestire il condotto all'interno con materiali fonoassorbenti per evitare fenomeni di riflessione del suono.

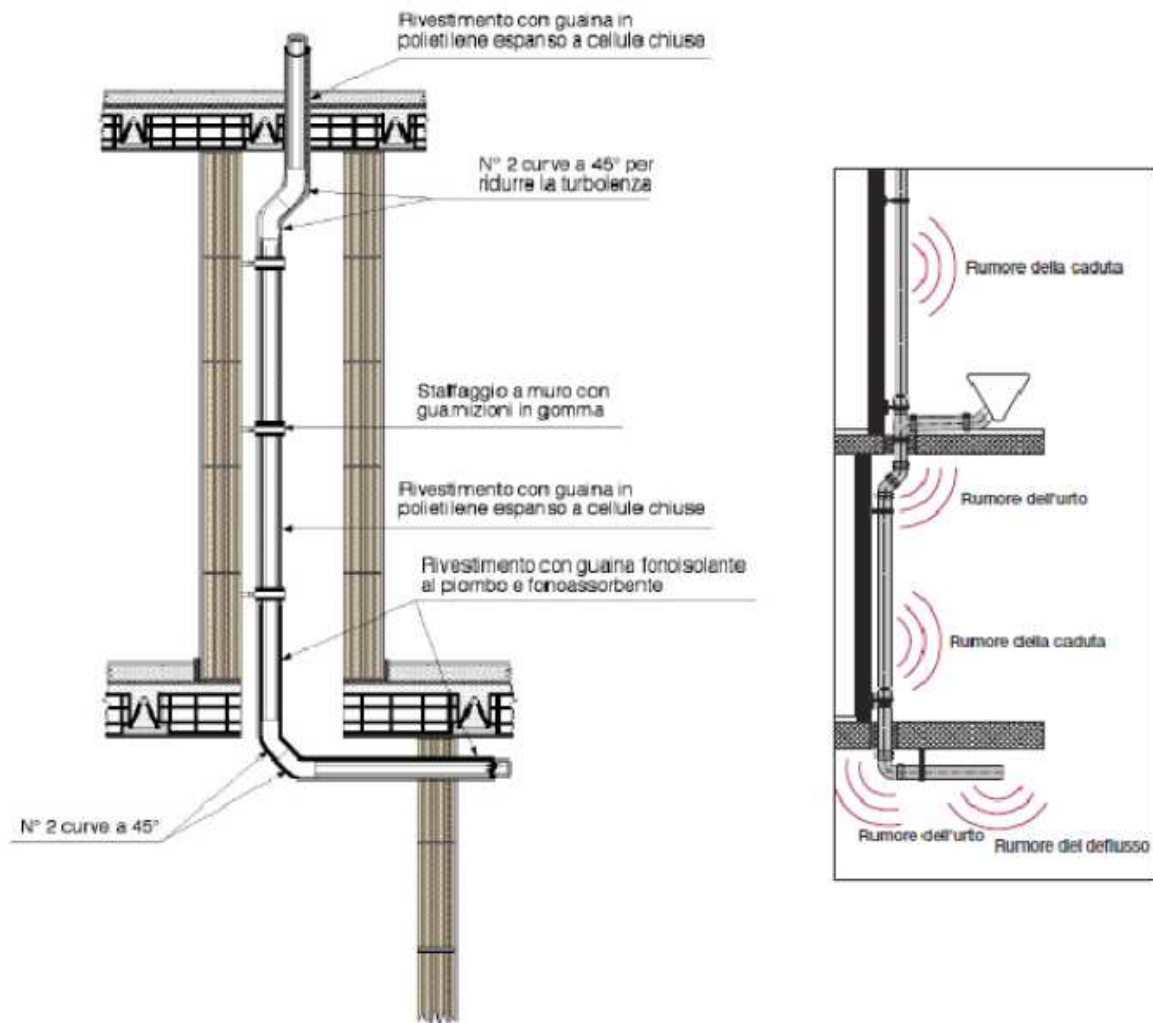
### **7.3 COLONNE DI SCARICO**

Assicurare una buona insonorizzazione degli impianti è un requisito fondamentale per il comfort abitativo. Conoscere l'origine delle diverse fonti di rumore è quindi importante per poi intervenire nel modo corretto ed efficace.

Secondo il Decreto ministeriale del 5 dicembre 1997 la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i 35 dB(A) all'interno degli ambienti abitativi. Nella colonna di scarico, in particolare, vi sono tre tipi fondamentali di sorgenti di rumore:

- rumore della caduta, causato dall'acqua in caduta nel tratto verticale della colonna di scarico;
- rumore dell'urto, causato dal cambiamento di direzione, cioè nel passaggio dal senso verticale della colonna a quello orizzontale del collettore;
- rumore del deflusso, provocato dallo scorrere dell'acqua lungo il collettore orizzontale.

In generale l'influsso dell'altezza degli edifici sull'intensità del rumore generato può essere trascurato.



Per evitare la trasmissione delle vibrazioni attraverso la struttura, deve essere creata una discontinuità tra la sorgente di vibrazioni e la parete d'installazione.

Per realizzare efficacemente e in modo rapido questo isolamento è necessario utilizzare un apposito staffaggio con collari/guarnizioni in gomma che permettono di assorbire le vibrazioni provenienti dal tubo, evitandone la trasmissione alla struttura della parete d'installazione.



## **7.4 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO**

L'impianto di riscaldamento può essere suddiviso in 3 parti: la pompa di calore, le pompe di circolazione ed i condotti per i fluidi.

Le principali fonti di rumore di una pompa di calore sono il compressore, che comprime il refrigerante nel circuito della pompa di calore, e il rumore del ventilatore.

Le pompe di circolazione hanno uno spettro sonoro caratterizzato da elevati livelli sonori alle basse frequenze.

I condotti per i fluidi sono fonte di rumore dal momento che essi vengono posti in vibrazione dal generatore e che al loro interno i fluidi possono operare non in condizioni di isocinetismo, ma di turbolenza soprattutto a causa della geometria del condotto stesso. La geometria influisce sulla propagazione: i condotti a sezione quadrata entrano facilmente in vibrazione ed attenuano l'emissione sonora in uscita; quelli a forma circolare vibrano poco ma portano tutta l'energia nella parte terminale.

### **7.4.1 PRESCRIZIONI**

Acquisire dal produttore i dati inerenti all'impianto quali potenza e pressione acustica in dB(A) e lo spettro sonoro in banda di ottave.

Inserire un silenziatore sui condotti di espulsione fumi, eventualmente accordato alla frequenza di risonanza.

Montare l'impianto su supporti antivibranti opportunamente calcolati.

Le pompe di circolazione vanno connesse a condotti dotati di giunti elastici e rivestiti di materiali resilienti all'atto dell'attraversamento di strutture murarie, essi inoltre vanno appoggiati alle staffe di sostegno mediante materiali smorzanti.

La velocità di esercizio dei fluidi non deve essere elevata: questo significa che vanno dimensionati adeguatamente i diametri ed evitati condotti con variazioni brusche di direzione a causa delle quali si determinano delle turbolenze che possono generare un'emissione sonora molto intensa, soprattutto alle basse frequenze. Pertanto, variazioni di sezione o filtri vanno collocati ad almeno 8 diametri a valle del ventilatore o del gomito precedente e 3 diametri a monte del ventilatore o gomito successivo.

Verificare se il bruciatore è già insonorizzato; in caso contrario va identificato, in base allo spettro sonoro, il tipo di materiale fonoisolante da utilizzare.

Le murature della camera di contenimento del sistema vanno progettate con adeguati sistemi di fonoisolamento.

Le griglie di emissione dell'aria vanno dotate di trappole acustiche.

Il locale tecnologico va posizionato lontano da ambienti che necessitano una particolare attenzione all'inquinamento acustico.

L'avvio e lo spegnimento degli impianti dovranno avvenire in modo graduale per evitare moti turbolenti.



Scegliere o isolare opportunamente i condotti per evitare fenomeni di risonanza provocati da fonti esterne e rivestire il condotto all'interno con materiali fonoassorbenti per evitare fenomeni di riflessione del suono.

## **7.5 IMPIANTO DI CONDIZIONAMENTO**

L'impianto di condizionamento può essere suddiviso in 4 parti: gruppo frigorifero dotato di compressore e condensatore, le pompe di circolazione, i condotti per i fluidi e le torri evaporative.

Il compressore del gruppo frigorifero è una sorgente di rumore da trattare con attenzione perché ha uno spettro sonoro caratterizzato da elevati livelli sonori alle frequenze più basse e da toni puri.

Le pompe di circolazione hanno uno spettro sonoro caratterizzato da elevati livelli sonori alle basse frequenze.

I condotti per i fluidi sono fonte di rumore dal momento che essi vengono posti in vibrazione dal generatore e che al loro interno i fluidi possono operare non in condizioni di isocentrismo, ma di turbolenza soprattutto a causa della geometria del condotto stesso.

Per quel che concerne le torri evaporative, queste vanno trattate come i condotti per la circolazione dei fluidi all'interno degli edifici e come sorgente di impatto acustico dotate di elevata direzionalità di emissione dall'esterno.

### **7.5.1 PRESCRIZIONI**

Acquisire dal produttore i dati inerenti all'impianto quali potenza e pressione acustica in dB(A) e lo spettro sonoro in banda di ottave.

Montare l'impianto su supporti antivibranti opportunamente calcolati.

Le pompe di circolazione vanno connesse a condotti dotati di giunti elastici e rivestiti di materiali resilienti all'atto dell'attraversamento di strutture murarie, essi inoltre vanno appoggiati alle staffe di sostegno mediante materiali smorzanti

La velocità di esercizio dei fluidi non deve essere elevata: questo significa che vanno dimensionati adeguatamente i diametri ed evitati condotti con variazioni brusche di direzione a causa delle quali si determinano delle turbolenze che possono generare un'emissione sonora molto intensa, soprattutto alle basse frequenze. Pertanto, variazioni di sezione o filtri vanno collocati ad almeno 8 diametri a valle del ventilatore o del gomito precedente e 3 diametri a monte del ventilatore o gomito successivo.

Le murature della camera di contenimento del sistema vanno progettate con adeguati sistemi di fonoisolamento.

Le griglie di emissione dell'aria vanno dotate di trappole acustiche.

Il locale tecnologico va posizionato lontano da ambienti che necessitano una particolare attenzione all'inquinamento acustico.

L'avvio e lo spegnimento degli impianti dovranno avvenire in modo graduale per evitare moti turbolenti.



Scegliere o isolare opportunamente i condotti per evitare fenomeni di risonanza provocati da fonti esterne e rivestire il condotto all'interno con materiali fonoassorbenti per evitare fenomeni di riflessione del suono. Adottare silenziatori lungo il percorso.

Le torri evaporative vanno schermate con barriere acustiche pesate sullo spettro sonoro di emissione, lontano da superfici riflettenti e montate su supporti antivibranti; va tenuto conto che l'appoggio non dovrà avvenire sulle travi della struttura di copertura sottostante.





## **8. INDICAZIONE DI CORRETTA POSA IN OPERA**

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 stabilisce i valori limite per le prestazioni acustiche degli edifici e dei loro componenti, con riferimento agli indici di valutazione delle grandezze rilevate in opera. Un aspetto assai rilevante, introdotto dal decreto, è che le grandezze di cui si richiede la verifica fanno tutte riferimento alla reale situazione di posa in opera dei componenti edilizi.

La prestazione in opera di un componente edilizio e, infatti, quasi sempre inferiore a quella certificata in laboratorio, sia per le diverse condizioni di realizzazione, sia per la presenza di percorsi di trasmissione sonora che coinvolgono le strutture laterali (trasmissione laterale) che non sono presenti nelle misure fatte in laboratorio. La costruzione di edifici conformi pertanto non può prescindere dalla scelta di componenti dotati di idonee prestazioni acustiche, tanto quanto da una realizzazione accurata e non lasciata al caso. Nei paragrafi che seguono si riportano alcune indicazioni per la corretta posa in opera dei componenti edilizi riferiti al progetto dell'edificio in esame.

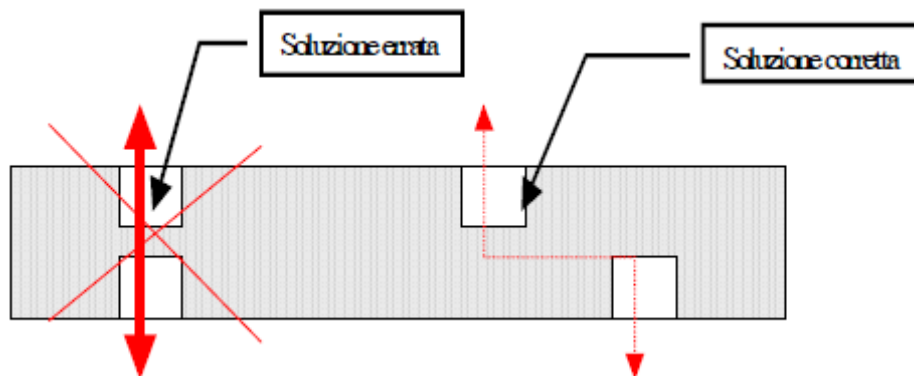
### **8.1 PARTIZIONI VERTICALI**

Le pareti in muratura dovranno essere realizzate a regola d'arte, sigillando con la malta i giunti orizzontali e verticali dei laterizi ad incastro e tra questi ed il solaio e realizzando l'intonaco in modo uniforme, senza lasciare vuoti.

Le partizioni verticali realizzate in laterizio dovranno essere elevate su strisce di materiale resiliente, tipo Isolmant Fascia Tagliamuro (ISOLMANT) o similari, sp. Cm 0.4, densità 50 kg/m<sup>3</sup>, predisposte direttamente sul solaio strutturale. L'uso di una fascia cosiddetta "tagliamuro" è necessario per desolidarizzare le partizioni verticali dell'edificio evitando connessioni rigide tra i diversi piani del fabbricato.

Si dovrà ridurre il più possibile la superficie dei cavedii nelle partizioni verticali, perché diminuendo lo spessore degli elementi, si determina un "ponte acustico" ed una conseguente alterazione della capacità di isolamento della parete. In tutti i casi non si dovrà danneggiare lo strato di materiale isolante posto all'interno dell'intercapedine della muratura a cassetta.

Per quanto riguarda le partizioni verticali di divisione tra unità immobiliari distinte, se non è possibile evitare il passaggio degli impianti, è necessario prevedere, soprattutto sulle pareti tra ambienti che necessitano di particolari condizioni di silenzio come le camere da letto, la disposizione di prese, interruttori e scatole di derivazione dell'impianto elettrico in posizione sfalsata come mostra la figura che segue, al fine di evitare, di fatto, una comunicazione sonora diretta tra gli ambienti.



Inoltre è necessario che tali elementi siano rivestiti con materiale fonoisolante, ad esempio ISOLMANT PIOMBO: prodotto composto da 2 strati di Isolmant 3 mm con inserita all'interno una lamina di piombo da 0.35 mm o da 0.50 mm.

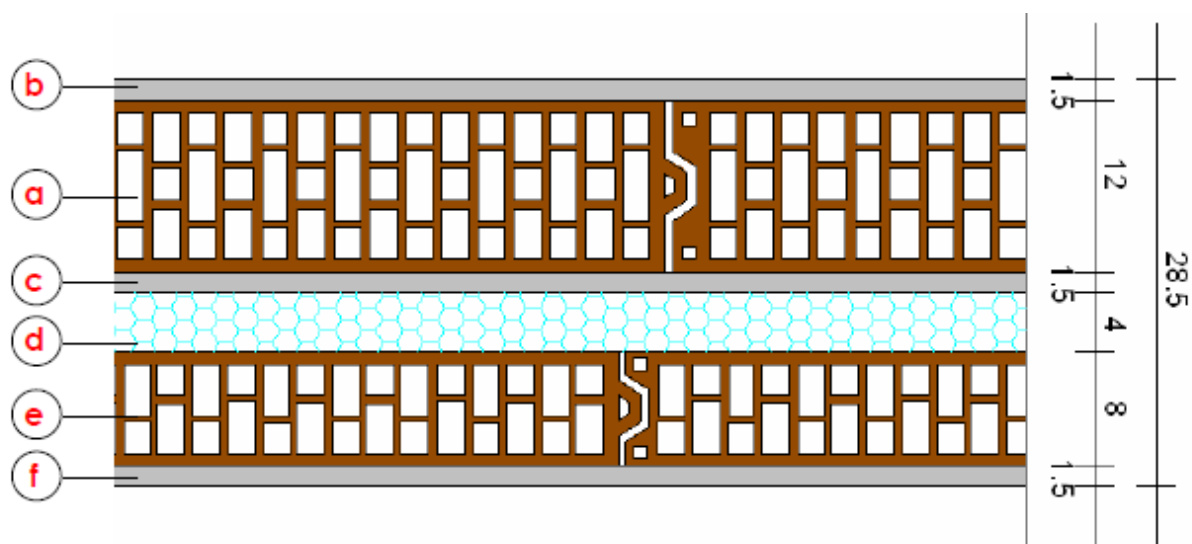
Le tracce sulle partizioni in muratura devono essere eseguite in maniera tale da risultare il meno estese possibile; dovranno essere riempite completamente di malta, avendo cura di non lasciare vuoti che possono rappresentare significativi ponti acustici.


Dovrà inoltre essere curata la perfetta sigillatura di tutti i giunti (con il solaio superiore, oltre che con le pareti laterali) al fine di eliminare ogni possibile percorso di trasmissione aerea del suono.

Come già sottolineato in precedenza, al fine di limitare la trasmissione laterale è opportuno sconnettere dalle strutture laterali i tavolati delle partizioni e dei tramezzi interni interponendo strati di materiale elastico per tutto il perimetro e comprendendo lo spessore degli intonaci.

E inoltre importante per la realizzazione delle pareti doppie che fra i due tavolati non ci siano collegamenti rigidi, come ad esempio sbavature di malta, mattoni disposti in modo tale da toccare entrambi i tavolati, o impianti.

A questo proposito per la realizzazione di tutte le pareti a cassetta occorre seguire alcune indicazioni di base per non alterare le prestazioni acustiche del sistema, come riportato nell'esempio che segue:



- 
- a) Realizzare il primo tramezzo avendo cura di riempire in maniera continua con malta i giunti verticali e orizzontali per almeno 1 cm di spessore e di interporre degli strati elastici per interrompere il collegamento rigido tra questo e le strutture laterali (intonaci compresi);
  - b) Realizzare lo strato di intonaco sul lato esterno della parete per uno spessore minimo di 1.5 cm;
  - c) Realizzare lo strato di intonaco sul lato interno della parete per uno spessore minimo di 1.5 cm;
  - d) Posizionare i pannelli fonoassorbenti in aderenza al primo tramezzo a giunti sfalsati, accostando perfettamente i pannelli tra loro al fine di evitare l'insorgenza di ponti acustici.
  - e) Per mantenere i pannelli in posizione occorre incollarli alla parete con l'aiuto di malta adesiva disposta per punti (se il pannello ha una faccia rivestita con bitume mantenere visibile lo strato di bitume).
  - f) Realizzare il secondo tramezzo avendo cura di riempire in maniera continua con malta i giunti verticali e orizzontali per almeno 1 cm di spessore e di interporre degli strati elastici per interrompere il collegamento rigido tra questo e le strutture laterali (intonaco compreso). Occorre evitare il contatto di questo tramezzo con i pannelli installati per non alterare le prestazioni acustiche del sistema;
  - g) Realizzare lo strato di intonaco sul lato esterno della parete per uno spessore minimo di 1.5 cm.

## 8.2 INFISSI ESTERNI

L'UNI ha pubblicato la revisione della norma UNI 11296 che sostituisce la precedente edizione del 2009. Si aggiunge così un altro importante tassello al quadro normativo specifico per la posa dei serramenti che già include la UNI 10818, la UNI 11673-1 e l'imminente UNI 11673-2 sulla qualificazione degli installatori.

Si precisa che per gli elementi di apertura, la qualità della tenuta ha una notevole importanza per quanto riguarda il potere fonoisolante stimato della parete esterna, per questo è necessario verificare che la qualità in opera sia la stessa di quella utilizzata per le misurazioni in laboratorio.

Per quanto riguarda le porte e le portefinestre è necessario impedire la trasmissione diretta dei suoni, che si verifica lungo la giunzione di battuta dei componenti. Bisogna quindi porre particolare cura nella posa in opera degli infissi, assicurandosi che l'attacco con la muratura mascherato dai listelli coprifilo, venga realizzato in maniera tale da non costituire intercapedine vuota attraverso la quale il rumore può trasmettersi, pregiudicando eventuali elevate prestazioni fonoisolanti della finestra.

L'interstizio tra telaio e controtelaio dovrà essere riempito con schiuma poliuretanica ad alta densità o con guarnizione auto espandente. La parte esterna dovrà essere riempita con silicone. Per la corretta posa in opera degli infissi si rimanda comunque alle specifiche tecniche fornite dal produttore.



### 8.3 PAVIMENTI

I teli di materiale per l'isolamento acustico dovranno essere accostati utilizzando tutta la battentatura (se presente) e fissati in corrispondenza della giunzione utilizzando un nastro adesivo isolante, tipo Isolmant Fascia Nastro (ISOLMANT) o similari, sp. cm 0.3, evitando nella maniera più assoluta di lasciare zone non protette dal manto acustico.

Sarà necessario prestare attenzione che negli angoli non restino degli spazi vuoti tra la fascia e le pareti dove possa infilarsi del materiale cementizio ed accertarsi che la fascia perimetrale aderisca con continuità lungo la connessione solaio-parete. In presenza di pilastri, lesene, porte ed altri movimenti delle pareti, la fascia perimetrale andrà modellata senza interruzione per seguire il perimetro dei locali. Per facilitare questo compito esistono in commercio degli elementi speciali, per garantire la desolidarizzazione del solaio in prossimità di angoli, spigoli o dei montanti del falso telaio delle porte. Prima di procedere alla posa in opera del massetto bisogna verificare di avere realizzato una perfetta vasca a tenuta all'interno della quale il massetto che verrà posato possa "galleggiare" senza stabilire alcuna connessione rigida né con gli strati portanti al di sotto, né con le pareti ai suoi lati.

La fascia perimetrale in eccedenza andrà rfilata solo dopo la posa della pavimentazione di finitura.

Il battiscopa sarà posto in opera utilizzando dei distanziatori, in modo da non essere a contatto con il pavimento. L'eventuale sigillatura dello spazio rimasto dovrà essere effettuata con materiale elastico (silicone).

Per la corretta posa in opera dei materiali isolanti si rimanda comunque alle specifiche tecniche fornite dal produttore del materiale che verrà utilizzato.



## 8.4 IMPIANTO ELETTRICO

Si dovrà porre particolare cura nell'eseguire le tracce per il passaggio degli impianti elettrici nelle pareti esterne e nelle pareti di separazione: se queste risultano troppo estese, sarà difficoltoso riempire completamente la cavità e gli eventuali vuoti formati si rappresenteranno dei "ponti acustici", che determineranno un abbassamento dell'isolamento previsto.

Dove non sia possibile fare altrimenti, per limitare la riduzione dello spessore di una parete di separazione tra unità abitative distinte, le scatole elettriche saranno posizionate in maniera tale da non essere in corrispondenza, ossia non sullo stesso asse e saranno utilizzate scatole elettriche insonorizzate.

## 8.5 PORTONCINI D'INGRESSO

L'isolamento ai rumori aerei offerto dalle porte d'ingresso dipende, oltre che dal tipo di materiale e telaio anche dalle modalità di installazione con particolare riferimento alla tenuta della battuta porta-telaio. La sigillatura delle battute può essere ottenuta mediante l'uso di appositi profilati o nastri autoadesivi in gomma o neoprene, comunemente commercializzati a questo scopo, che vengono compressi nella battuta tra porta e telaio.

Le porte di sicurezza che vengono comunemente installate sono sufficientemente pesanti per garantire un buon isolamento acustico ma richiedono un'attenta esecuzione in merito alla tenuta delle battute. È importante sottolineare che il telaio dovrà essere fissato alla muratura in modo tale da evitare cretti o cavità che possano costituire un veicolo di trasmissione sonora. L'intercapedine tra telaio e controtelaio dovrà essere riempita con lana di roccia a bassa densità per facilitare la posa in opera.

È inoltre necessario eseguire una adeguata sigillatura del fondo delle porte con una battuta realizzata mediante dispositivi "fondo porta" che si attivano automaticamente alla chiusura e che possono costituire un sensibile miglioramento nei confronti di porte che ne sono prive.

Se si soddisfano i migliori criteri di sigillatura lungo i bordi sopra illustrati è possibile ottenere un potere fonoisolante  $R_w > 40$  dB utilizzando un portoncino blindato. Analogamente all'isolamento offerto da pareti le prestazioni acustiche sono correlate alla massa superficiale alla presenza di materiale fonoassorbente all'interno della porta, alla rigidità ed allo smorzamento offerto dalle facce della porta ed infine dalle modalità di congiunzione tra le facce della porta.



## 9. CONCLUSIONI

Dall'analisi dei dati sintetizzati nei paragrafi precedenti e negli allegati seguenti emerge che l'edificio in esame, a partire dalle considerazioni e dalle semplificazioni sopra descritte, rispetta in fase progettuale i valori limite dei requisiti acustici passivi previsti dal DPCM 05/12/97.

Il Tecnico Competente in Acustica Ambientale  
dott. Stefano Bonetti



## **ALLEGATO 1**

### **RISULTATI DEI CALCOLI**

**ISOLAMENTO ACUSTICO DEGLI ELEMENTI DI FACCIATA**  
secondo UNI EN 12354-3

**Verifica strutture di facciata:**

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
1	1	Facciata Sala Lettura (Sud)

Locale ricevente:

Zona: **1**      Locale: **1**      Descrizione: **Sala Lettura**

Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m <sup>2</sup> ]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	45,99	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  **47,9** dB

Limite DPCM 5/12/97 **42** dB

Verifica **Positiva**

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

**Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	42,0
M1	Df	58,3
M1	Df	58,3
P1	Dd lat	51,8
P1	Df	61,0
S1	Dd lat	51,9
S1	Df	61,2

**Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M1	Df	-3,00
M1	Df	-3,00
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

**Verifica strutture di facciata:**

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
2	1	Facciata Sala Lettura (Est)



**Locale ricevente:**

Zona: **1**      Locale: **1**      Descrizione: **Sala Lettura**

**Elementi di facciata:**

Cod	Descrizione elemento	Area [m²]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	9,26	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  **67,0** dB

Limite DPCM 5/12/97 **42** dB

Verifica **Positiva**

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

**Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M1	Df	59,0
M1	Df	59,0
P1	Dd lat	68,0
P1	Df	69,5
S1	Dd lat	68,1
S1	Df	69,6

**Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M1	Df	-3,00
M1	Df	-3,00
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

**Verifica strutture di facciata:**

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
3	1	Facciata Sala Lettura (Sud)

**Locale ricevente:**

Zona: **1**      Locale: **1**      Descrizione: **Sala Lettura**

**Elementi di facciata:**

Cod	Descrizione elemento	Area [m²]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	2,99	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  **68,9** dB  
 Limite DPCM 5/12/97 **42** dB  
 Verifica **Positiva**

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

**Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M1	Df	54,1
M1	Df	54,1
P1	Dd lat	70,4
P1	Df	71,9
S1	Dd lat	70,5
S1	Df	72,1

**Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M1	Df	-3,00
M1	Df	-3,00
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

**Verifica strutture di facciata:**

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
4	1	Facciata Sala Lettura (Est)

Locale ricevente:

Zona: **1** Locale: **1** Descrizione: **Sala Lettura**

Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m <sup>2</sup> ]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	43,52	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  **48,1** dB  
 Limite DPCM 5/12/97 **42** dB  
 Verifica **Positiva**

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	42,0
M1	Df	58,1
M1	Df	58,1
P1	Dd lat	51,8
P1	Df	61,0
S1	Dd lat	51,9
S1	Df	61,2

Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M1	Df	-3,00
M1	Df	-3,00
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

#### Verifica strutture di facciata:

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
5	1	Facciata Sala Lettura (Nord)

Locale ricevente:

Zona: 1 Locale: 1 Descrizione: Sala Lettura

Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m²]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	19,61	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  65,0 dB

Limite DPCM 5/12/97 42 dB

Verifica Positiva

Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:

Elemento di facciata: M1 Parete verso esterno

Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M1	Df	62,3
M2	Dd lat	62,4
M2	Df	83,6

P1	Dd lat	67,1
P1	Df	68,7
S1	Dd lat	67,3
S1	Df	68,8

Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M1	Df	-3,00
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

#### Verifica strutture di facciata:

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
6	1	Facciata Sala Lettura (Ovest)

Locale ricevente:

Zona: 1      Locale: 1      Descrizione: Sala Lettura

Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m <sup>2</sup> ]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	39,98	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  62,7 dB

Limite DPCM 5/12/97 42 dB

Verifica Positiva

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: M1 Parete verso esterno

Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M2	Dd lat	65,5
M2	Df	86,7
M1	Df	65,4
P1	Dd lat	67,1
P1	Df	68,7
S1	Dd lat	67,3
S1	Df	68,8

Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
M1	Df	-3,00
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

#### Verifica strutture di facciata:

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
7	1	Facciata Ufficio (Nord)

#### Locale ricevente:

Zona: **1**      Locale: **2**      Descrizione: **Ufficio**

#### Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m²]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	10,90	0	-	-

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

**46,3** dB

Limite DPCM 5/12/97

**42** dB

Verifica

**Positiva**

#### Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

#### Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	49,0
M2	Dd lat	51,4
M2	Df	76,9
M2	Dd lat	51,4
M2	Df	76,9
P1	Dd lat	58,7
P1	Df	64,5
S1	Dd lat	58,8
S1	Df	64,6

#### Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56

M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

#### Verifica strutture di facciata:

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
8	1	Facciata Wc 1 (Nord)

#### Locale ricevente:

Zona: **1**      Locale: **4**      Descrizione: **Wc 1**

#### Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m²]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	4,14	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  **48,0** dB

Limite DPCM 5/12/97 **42** dB

Verifica **Positiva**

#### Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

#### Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M2	Dd lat	55,6
M2	Df	76,9
M2	Dd lat	55,6
M2	Df	76,9
P1	Dd lat	67,2
P1	Df	68,7
S1	Dd lat	67,3
S1	Df	68,8

#### Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
P1	Dd lat	4,70

P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

#### Verifica strutture di facciata:

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
9	1	Facciata Ripostiglio (Nord)

#### Locale ricevente:

Zona: 1 Locale: 5 Descrizione: Ripostiglio

#### Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m²]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	3,52	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  47,5 dB

Limite DPCM 5/12/97 42 dB

Verifica Positiva

#### Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:

Elemento di facciata: M1 Parete verso esterno

#### Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M2	Dd lat	54,9
M2	Df	76,2
M2	Dd lat	54,9
M2	Df	76,2
P1	Dd lat	67,1
P1	Df	68,7
S1	Dd lat	67,3
S1	Df	68,8

#### Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

**Verifica strutture di facciata:**

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
10	1	Facciata Wc 2 (Nord)

Locale ricevente:

Zona: 1      Locale: 6      Descrizione: Wc 2

Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m <sup>2</sup> ]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	3,20	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  43,5 dB

Limite DPCM 5/12/97 42 dB

Verifica Positiva

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: M1 Parete verso esterno

**Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	50,6
M2	Df	72,4
M2	Dd lat	47,7
M2	Df	72,4
P1	Dd lat	60,3
P1	Df	65,3
S1	Dd lat	60,5
S1	Df	65,4

**Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M2	Df	16,56
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

**Verifica strutture di facciata:**

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
11	1	Facciata Wc disabile (Nord)



**Locale ricevente:**

Zona: **1**      Locale: **7**      Descrizione: **Wc disabili**

**Elementi di facciata:**

Cod	Descrizione elemento	Area [m <sup>2</sup> ]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	5,60	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  **45,6** dB

Limite DPCM 5/12/97 **42** dB

Verifica **Positiva**

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

**Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	52,4
M2	Dd lat	51,9
M2	Df	75,7
M1	Df	54,3
P1	Dd lat	62,1
P1	Df	66,2
S1	Dd lat	62,3
S1	Df	66,3

**Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
M1	Df	-3,00
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

**Verifica strutture di facciata:**

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
12	1	Facciata Wc disabili (Ovest)

**Locale ricevente:**

Zona: **1**      Locale: **7**      Descrizione: **Wc disabili**

**Elementi di facciata:**

Cod	Descrizione elemento	Area [m <sup>2</sup> ]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	6,08	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  49,7 dB

Limite DPCM 5/12/97 42 dB

Verifica Positiva

#### Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:

Elemento di facciata: M1 Parete verso esterno

#### Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M1	Df	57,2
M2	Dd lat	57,3
M2	Df	78,5
P1	Dd lat	67,1
P1	Df	68,7
S1	Dd lat	67,3
S1	Df	68,8

#### Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M1	Df	-3,00
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72

#### Verifica strutture di facciata:

Cod	Zona	Descrizione verifica di facciata
13	1	Facciata Disimpegno (Ovest)

#### Locale ricevente:

Zona: 1 Locale: 8 Descrizione: Disimpegno

#### Elementi di facciata:

Cod	Descrizione elemento	Area [m <sup>2</sup> ]	$\Delta L_{fs}$ [-]	Strato aggiuntivo lato interno	Strato aggiuntivo lato esterno
M1	Parete verso esterno	5,92	0	-	-

Isolamento acustico standardizzato di facciata  $D_{2m,nT,w}$  51,8 dB

Limite DPCM 5/12/97

42 dB

Verifica

Positiva

**Dettaglio dei percorsi di trasmissione del rumore:**

Elemento di facciata: **M1 Parete verso esterno**

**Valori del potere fonoisolante R dei percorsi di trasmissione del rumore [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	R
	Dd	57,4
M2	Dd lat	57,2
M2	Df	78,4
M2	Dd lat	57,2
M2	Df	78,4
P1	Dd lat	67,1
P1	Df	68,7
S1	Dd lat	67,3
S1	Df	68,8

**Valori degli indici di riduzione delle vibrazioni Kij [dB]:**

Struttura locale Ricevente	Percorso	Kij
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
M2	Dd lat	-2,90
M2	Df	16,56
P1	Dd lat	4,70
P1	Df	5,73
S1	Dd lat	4,81
S1	Df	5,72