

D.P.C.M. 5.12.1997

**VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI
EDIFICI**

INTERVENTO DI EDILIZIA RESIDENZIALE

QUARTIERE SHANGAY - ISOLATO 419

COMUNE DI LIVORNO

COSTRUZIONE DI N. 60 ALLOGGI DI EDILIZIA RESIDENZIALE PUBBLICA



Operatore:

Responsabili delle verifiche acustiche:

Prof. Arch. GIANFRANCO CELLAI

Prof. Arch. SIMONE SECCHI

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Luglio 2007

Indice

1	REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DELLE PARTIZIONI	4
1.1	Definizione delle grandezze	5
1.2	Metodi di calcolo analitico	7
1.3	Metodo di calcolo del potere fonoisolante apparente	7
1.4	Metodo di calcolo dell'isolamento acustico di facciata.....	8
1.5	Metodo di calcolo del livello di rumore da calpestio.....	11
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	13
3	CONCLUSIONI	15
	ALLEGATI	16
A	PRESCRIZIONI TECNICHE DI CAPITOLATO PER PARTIZIONI VERTICALI E ORIZZONTALI.....	17
	Parete di separazione tra alloggi in corrispondenza del giunto strutturale.....	17
	Parete di separazione tra alloggi non in corrispondenza del giunto strutturale, parete di separazione tra alloggi e vano scale e parete di separazione tra alloggi e locali condominiale.	17
	Pareti dei cavedi impiantistici:.....	21
	Parete di facciata (logge e balconi).....	21
	Parete di separazione interna (tramezze)	22
	Strategie per limitare la trasmissione sonora laterale.....	23
	Parete dei vani ascensori.....	24
	Solaio interpiano tra alloggi con pavimento galleggiante.....	24
	Battiscopa	25
	Solaio interpiano tra vani tecnici del sottotetto e alloggi del piano terzo	26
	Serramenti degli alloggi.....	26
	Sistema di oscuramento ad avvolgibili (sistema monoblocco cassonetto – controtelaio).....	27
	Prese d'aria di locali cucina/angoli cottura a diretto contatto con ambienti abitativi	30
B	PRESCRIZIONI TECNICHE DI CAPITOLATO PER GLI IMPIANTI	33
B.1	Controllo dei rumori di impianti idrico - sanitari.....	33
B.2	Controllo dei rumori di impianti di climatizzazione.....	34
B.3	Controllo dei rumori dell'impianto ascensore	34
C	ANALISI DELLE CRITICITÀ DI PROGETTO.....	36
C.1.	Distribuzione interna in relazione al rumore proveniente da altri alloggi e dagli impianti idrico - sanitari	36
C.2	Proposta di arredamento nell'ipotesi progettuale	37

C.3.	Rumori da calpestio sulle scale.....	37
D	- RISULTATI DELLE SIMULAZIONI INERENTI IL RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI	39
D.1.	Locali esaminati.....	39
D.1.1	Locali campione per il potere fonoisolante apparente tra unità immobiliari distinte.....	40
D.1.2	Locali campione per l'isolamento acustico di facciata	41
D.1.3	Partizioni campione per il livello di rumore da calpestio normalizzato.....	42
D.2	Verifica dei requisiti acustici passivi delle partizioni interne	43
D.3	Verifica dei requisiti acustici passivi delle facciate.....	47
D.4	Verifica dei requisiti acustici passivi dei solai.....	49

1 Requisiti acustici passivi delle partizioni

I requisiti acustici passivi degli edifici e dei componenti degli edifici sono definiti dal D.P.C.M. 5.12.97, *Requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti*, attuativo della Legge 447/95 “Legge quadro sull'inquinamento acustico”.

Il decreto determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi dei loro componenti in opera (partizioni orizzontali e verticali), al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Per l'applicazione del decreto, gli ambienti abitativi di cui all'art.2, comma 1, lettera b), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, sono distinti nelle categorie indicate nella seguente **Tabella I** allegata al decreto stesso. In rosso sono indicate le destinazioni presenti nel complesso immobiliare.

categoria	Destinazione
A	edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	edifici adibiti ad uffici e assimilabili
C	alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	ospedali, cliniche, case di cura e 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 o assimilabili

Tabella 1 - Classificazione degli ambienti abitativi (Art.2)

Ai sensi della Legge citata gli ambienti abitativi sono gli “*ambienti interni ad un edificio destinati alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzati per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive (...)*”.

Per quanto riguarda i servizi questi sono classificati in funzione delle modalità di funzionamento secondo la seguente **Tabella II**, fermo restando che gli stessi devono essere considerati fissi, ovvero parte integrante dell'edificio.

Tipologia funzionamento servizi	Tipo di servizio
funzionamento discontinuo	ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria
funzionamento continuo	impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento

Tabella 2 - Classificazione dei servizi in relazione alle modalità di funzionamento

In funzione della destinazione degli ambienti, sono prescritti valori minimi per le prestazioni dei componenti edilizi, in termini di (Cfr. Appendice B al decreto):

- isolamento acustico ai rumori aerei di partizioni interne tra unità immobiliari (indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w);
- isolamento acustico ai rumori di calpestio di solai (indice di valutazione del livello di rumore da calpestio normalizzato, $L_{nT,w}$);
- isolamento acustico ai rumori aerei di facciate (indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero, $D_{2m,nT,w}$);

nonché :

- valori massimi di rumorosità di impianti definiti in relazione al funzionamento continuo (L_{Aeq}) o discontinuo (L_{ASmax}) degli stessi (v. Tabella 3).

I valori delle prestazioni acustiche da assicurare, ed in particolare per quanto attiene la protezione delle facciate, **sono indipendenti dalla localizzazione urbanistica dell'immobile**, ovvero non si fa distinzione tra facciate esposte ad intenso traffico e facciate prospicienti corti interne o comunque aree sostanzialmente prive di sorgenti sonore disturbanti.

I valori minimi stabiliti dal decreto per le chiusure e le partizioni dei locali adibiti a civile abitazione sono rispettivamente (v. Tabella III):

$R'_w \geq 50$ dB per le pareti interne tra distinte unità immobiliari

$D_{2m,nT,w} \geq 40$ dB per le facciate degli alloggi

$L_{nT,w} \leq 63$ dB per i solai tra alloggi

$L_{ASmax} \leq 35$ dB(A) per gli impianti a funzionamento continuo e discontinuo

Nella seguente **Tabella III** sono riportati tutti i valori prescritti dal decreto in funzione della tipologia degli edifici.

Categorie di cui alla Tabella 1	Parametri				
	R'_w * (dB)	$D_{2m,nT,W}$ (dB)	$L'_{nT,W}$ (dB)	L_{ASmax} dB(A)	L_{Aeq} dB(A)
D	55	45	58	35	25
A,C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B,F,G	50	42	55	35	35
(*) Valori di R'_w riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.					

Tabella 3 - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Nella presente relazione non viene presa in esame la verifica analitica della rumorosità degli impianti, non essendo disponibile al momento alcun metodo normativo di calcolo; verranno tuttavia fornite indicazioni di massima in merito agli accorgimenti costruttivo - tipologici in grado di limitare la trasmissione di rumore dovuta al funzionamento dei servizi in questione.

Altro aspetto da prendere in esame con particolare attenzione è l'installazione di gruppi autonomi di refrigerazione condensati ad aria per la climatizzazione estiva, che sta diventando d'uso comune.

In tal caso, considerata l'elevata rumorosità dei macchinari, sarà opportuno verificare l'esatta posizione degli stessi al fine di adottare gli accorgimenti necessari alla limitazione delle immissioni di rumore nelle abitazioni potenzialmente interessate e nell'ambiente esterno circostante.

1.1 Definizione delle grandezze

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero $D_{2m,nT}$ è definito dalla norma UNI EN ISO 140-5 mediante la seguente relazione:

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

dove:

$L_{1,2m}$ è il livello esterno di pressione sonora rilevato a 2 metri dalla facciata, prodotto dal rumore del traffico o da un altoparlante con incidenza del suono di 45°;

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente;

T è il tempo di riverberazione dello stesso ambiente ricevente;

T_0 il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s.

A partire dalla suddetta grandezza è poi possibile calcolare l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverbero, $D_{2m,nT,w}$ (norma UNI EN ISO 717-1).

Il potere fonoisolante apparente R' di una partizione è una grandezza che esprime la quantità di energia sonora trasmessa dalla parete nelle reali condizioni di utilizzo. Tale grandezza differisce dal potere fonoisolante R risultante da misure di laboratorio in quanto tiene conto, oltre che della trasmissione diretta attraverso la parete, anche di eventuali percorsi di trasmissione aerea del suono e dei percorsi di trasmissione sonora dovuti alle strutture laterali.

Se la potenza sonora complessivamente trasmessa tra due ambienti è $W_t = W_1 + W_2$, con W_1 potenza trasmessa direttamente dalla partizione e W_2 potenza trasmessa dalle strutture laterali, e la potenza sonora incidente sulla partizione è W_i , si ha:

$$R = 10 \lg \frac{W_i}{W_1} \quad (\text{dB})$$

$$R' = 10 \lg \frac{W_i}{W_1 + W_2} \quad (\text{dB})$$

Dalla suddetta grandezza è poi possibile calcolare l'indice di valutazione del potere fonisolante apparente R'_w (norma UNI EN ISO 717-1).

Il livello di rumore da calpestio L_i è il livello medio di pressione sonora che si stabilisce in un ambiente quando sul solaio dell'ambiente disturbante agisce un generatore di rumore da calpestio normalizzato.

La misurazione del livello di rumore da calpestio viene eseguita in laboratorio seguendo la procedura definita dalla norma UNI EN ISO 140-6.

Il livello di rumore da calpestio in opera (L_i') differisce dal livello L_i in quanto tiene conto, oltre che della trasmissione diretta attraverso il solaio in esame, anche della trasmissione che avviene attraverso le strutture laterali dell'ambiente ricevente.

Il livello di rumore da calpestio in opera normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (L'_{nT}), di cui si chiede la verifica ai sensi del DPCM 5/12/97, si ottiene dal livello di rumore da calpestio misurato in opera (L_i') mediante la seguente equazione:

$$L'_{nT} = L_i' - 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad (\text{dB})$$

dove:

T è il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente (s);

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

Per quanto attiene gli impianti le grandezze da prendere in esame sono (v. figura 1.2.2):

- L_{ASmax} livello massimo di pressione sonora, ponderato A e misurato con costante di tempo slow;

- L_{Aeq} livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato A.

1.2 Metodi di calcolo analitico

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.

Le norme UNI EN ISO 12354: 2001 (Acustica edilizia, stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei componenti), e 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.

1.3 Metodo di calcolo del potere fonoisolante apparente

Il *potere fonoisolante apparente* R' si calcola in base alla seguente relazione, definita dalle norme citate:

$$R' = -10 \lg \left(10^{-\frac{R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{Ff}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{-\frac{R_{Df}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{Fd}}{10}} \right) \text{ (dB)}$$

dove:

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

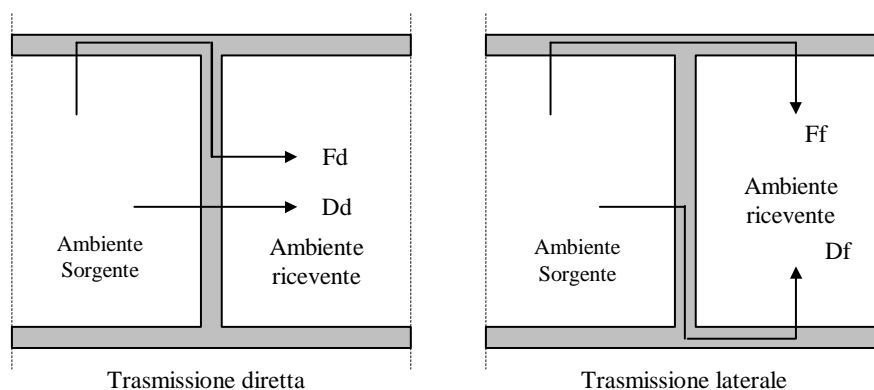


Figura 1.3.1.1: Diversi percorsi di trasmissione del suono tra due ambienti adiacenti.

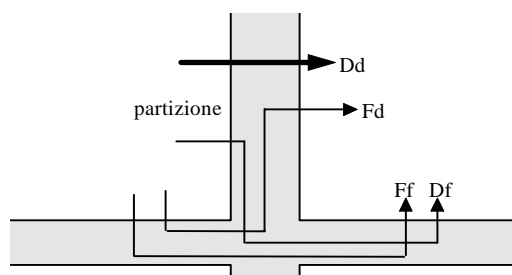


Figura 1.3.1.1: I tre percorsi di trasmissione strutturale laterale relativi a ciascuno dei quattro giunti tra partizione e strutture laterali.

Il potere fonoisolante apparente di una partizione posta tra ambienti adiacenti può dunque essere determinata dai seguenti dati:

- *potere fonoisolante* R (dB) di tutte le strutture coinvolte (generalmente quattro strutture laterali più una di separazione);
- *indice di riduzione delle vibrazioni* K (dB) per ogni giunto tra strutture laterali e tra queste e la struttura di separazione e per ogni percorso di fiancheggiamento (generalmente si hanno quattro nodi con tre percorsi di fiancheggiamento ciascuno per complessivi dodici valori dell'indice di riduzione K);
- eventuale *incremento del potere fonoisolante* ΔR (dB) per l'aggiunta di strati di rivestimento; tale valore è fornito in forma tabellare o può essere calcolato;
- tempo di riverberazione strutturale (s) delle diverse strutture (eventuale);
- *massa superficiale* m' (kg/m²) delle medesime strutture;
 - dimensioni principali dei due ambienti (m).

1.4 Metodo di calcolo dell'isolamento acustico di facciata

L'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT}$ può essere calcolato a partire dal potere fonoisolante apparente di facciata, R' , in base alla seguente relazione:

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

dove:

ΔL_{fs} è la differenza di livello sonoro in facciata (dB);

V è il volume dell'ambiente ricevente (m³);

T_0 è il valore di riferimento del tempo di riverberazione (0,5 s);
 S è la superficie della facciata, vista dall'interno (m^2).

Il termine ΔL_{fs} dipende dalla forma della facciata, dall'assorbimento acustico delle superfici adiacenti (balconi) e dalla direzione del campo sonoro (v. Tabella IV).

La forma della facciata si individua su una sezione verticale della facciata (v. **figura 1.3.2.1**) in cui le eventuali barriere (parapetti di balconi, ecc.) sono indicate solo se a sezione piena; l'assorbimento α_w si riferisce all'indice di valutazione dell'assorbimento sonoro come definito dalla norma UNI EN ISO 11654. Il valore massimo per α_w ($\geq 0,9$) si applica anche qualora la superficie riflettente sopra la facciata sia assente. La direzione dell'onda sonora incidente, si caratterizza mediante l'altezza definita dall'intersezione tra la linea di veduta dalla sorgente ed il piano della facciata.

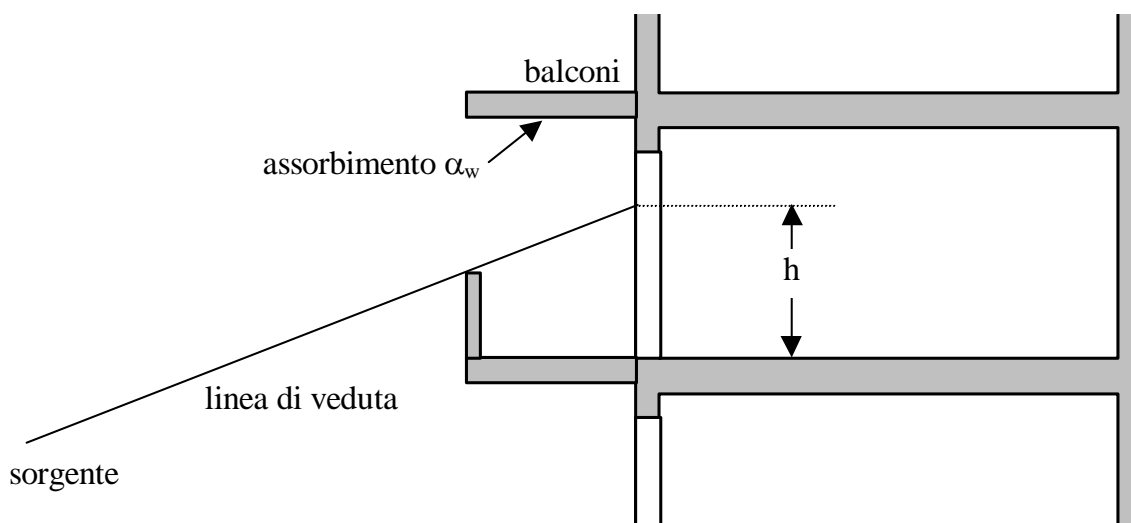


Figura 1.3.2.1: individuazione di alcune grandezze da impiegare per il calcolo di ΔL_{fs} .

	Facciata piana 	galleria portico 			galleria portico 			galleria portico 			Galleria portico 		
α_w	non si applica	0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,9
$h < 1,5 \text{ m}$	0	-1	-1	0	-1	-1	0	0	0	1	non si applica		
$1,5 < h < 2,5$	0	non si applica			-1	0	2	0	1	3	non si applica		
$h > 2,5 \text{ m}$	0	non si applica			1	1	2	2	2	3	3	4	6


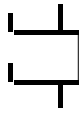
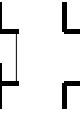
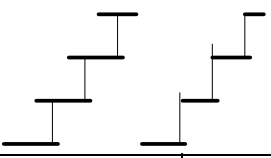
	Balcone			Balcone			Balcone			Terrazza					
															
										schermature aperte			Schermature chiuse		
α_w	0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,9	0,3	0,6	0,9
$h < 1,5 \text{ m}$	-1	-1	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	3	3	3
$1,5 < h < 2,5$	-1	1	3	0	2	4	1	1	2	3	4	5	5	6	7
$h > 2,5 \text{ m}$	1	2	3	2	3	4	1	1	2	4	4	5	6	6	7

Tabella 4 - Determinazione del valore della differenza ΔL_{fs} in funzione della forma della facciata.

Il potere fonoisolante apparente di facciata R' viene calcolato a partire dalle prestazioni acustiche dei singoli elementi di facciata, in base alla seguente relazione:

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,i}}{10}} \right) - K \quad (\text{dB})$$

in cui il primo termine è relativo all'isolamento degli n elementi "normali" di facciata; il secondo termine all'isolamento dei p elementi "piccoli" di facciata.

Nello specifico:

R_i è il potere fonoisolante dell'elemento "normale" di facciata i (dB);

S_i è la superficie dell'elemento "normale" di facciata i (m²);

A_0 sono le unità di assorbimento di riferimento (10 m²);

$D_{n,e,i}$ è l'isolamento acustico normalizzato del "piccolo" elemento di facciata i (dB), calcolato o risultante da misure di laboratorio effettuate secondo la ISO 140-10;

S è la superficie complessiva della facciata (m²), vista dall'interno (corrispondente alla somma della superficie di tutti gli elementi che compongono la facciata);

K è la correzione relativa al contributo globale della trasmissione laterale. Il termine K può essere assunto pari a 0 per elementi di facciata non connessi e pari a 2 per elementi di facciata pesanti con giunti rigidi.

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

In particolare l'allegato B del progetto di norma indica la relazione tra la prestazione del vetro e la prestazione del serramento mediante due tabelle, la prima delle quali (tabella 3) riferita al valore di R_w , la seconda alla somma $R_w + C_{tr}$.

R_w vetro	Finestre semplici ^a		Finestre semplici scorrevoli ^b	
	R_w finestra	N° guarniz. richieste ^c	R_w finestra	N° guarniz. richieste ^d
27	30	1	25	1
28	31	1	26	1
29	32	1	27	1
30	33	1	28	1
32	34	1	29	1
34	35	1	29	1
36	36	2	30	1
38	37	2	-	-
40	38	2	-	-

^a Finestre semplici fisse o apribili con classe 3 di permeabilità all'aria;

^b Finestre semplici scorrevoli con classe 2 di permeabilità all'aria;

^c Solo finestre apribili

Tabella 5 – Relazione tra R_w del vetro e R_w del serramento (annex B Pr EN 14351-1).

La prestazione in opera dei componenti si ricava dai valori certificati in laboratorio, tenendo conto delle condizioni di posa in opera.

Tale problema è particolarmente rilevante per quanto attiene il montaggio dei serramenti, le cui prestazioni acustiche possono risultare fortemente penalizzate da cattive condizioni di installazione.

1.5 Metodo di calcolo del livello di rumore da calpestio

Il calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico dal rumore di calpestio si esegue in base alla procedura definita dalla norma UNI EN ISO 717-2 a partire dai valori della grandezza acustica di base in bande di ottave o di terzi di ottava.

L'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio normalizzato ($L_{n,w}$) può essere calcolato, per solai omogenei, mediante la seguente espressione empirica:

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

dove:

m' è la massa superficiale del solaio (kg/m^2).

Per quanto riguarda la prestazione acustica offerta dai pavimenti galleggianti, questa 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 superficiale s' è data dal rapporto tra la pressione dinamica e lo spostamento dinamico ($s' = (F/S)/\Delta d$). Si tratta di un dato difficilmente fornito dai produttori, che è misurato in laboratorio secondo la procedura prevista dalla norma UNI EN ISO 29052.

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:

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

dove:

f è la frequenza centrale del terzo di ottava considerato (Hz); per analisi in termini di indice di valutazione, si assume la frequenza centrale di 500 Hz;

f_0 è la frequenza di risonanza (Hz) ottenibile mediante la seguente equazione:

$$f_0 = 160 \sqrt{\left(\frac{s'}{m'_1} \right)} \quad (\text{dB})$$

dove:

s' è la rigidità dinamica dello strato elastico (MN/m^3);

m' è la massa superficiale dello strato di rivestimento (kg/m^2).

Le equazioni riportate sono valide all'interno del campo di frequenze $f_0 < f < 4f_0$.

Il contributo peggiorativo dovuto alla trasmissione sonora per via laterale può essere ottenuto dalla tabella che segue, tratta dalla norma UNI EN ISO 12354-2.

		Massa superficiale media delle strutture laterali (kg/m^2)								
		100	150	200	250	300	350	400	450	500
massa superficiale del solaio (kg/m^2)	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
	300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
	350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
	400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
	450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
	500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
	600	5	4	3	2	2	1	1	1	1

Tabella 6 – determinazione del contributo della trasmissione laterale per rumori impattivi.

2 Descrizione dell'intervento

La valutazione attiene la costruzione di un complesso di edilizia residenziale nel Comune di Livorno (figura 2.1).

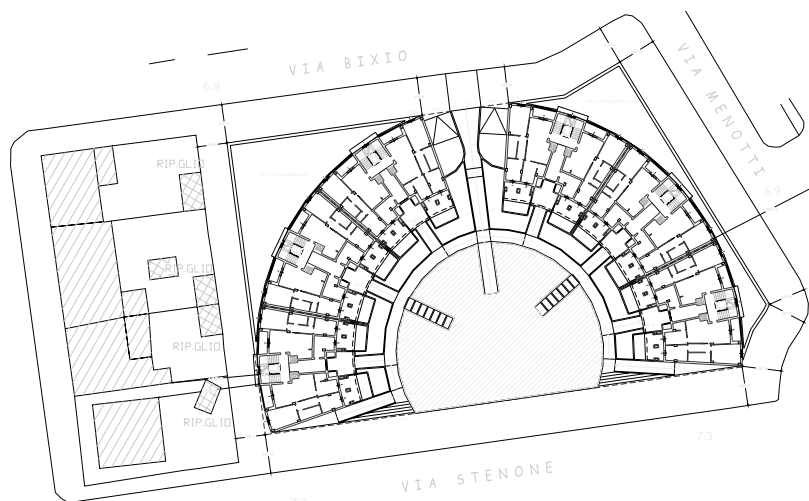


Figura 2.1 – Planimetria generale dell'intervento.

In particolare l'intervento riguarda la costruzione di sessanta alloggi disposti su quattro livelli: dodici alloggi al piano terra e sedici alloggi ai piani tipo (1°, 2° e 3°).

L'edificio forma un semicerchio intorno ad una corte centrale ed ha geometria speculare rispetto all'asse centrale del semicerchio.

Al piano seminterrato sono previste le cantine e le autorimesse al servizio degli alloggi (figura 2.2).

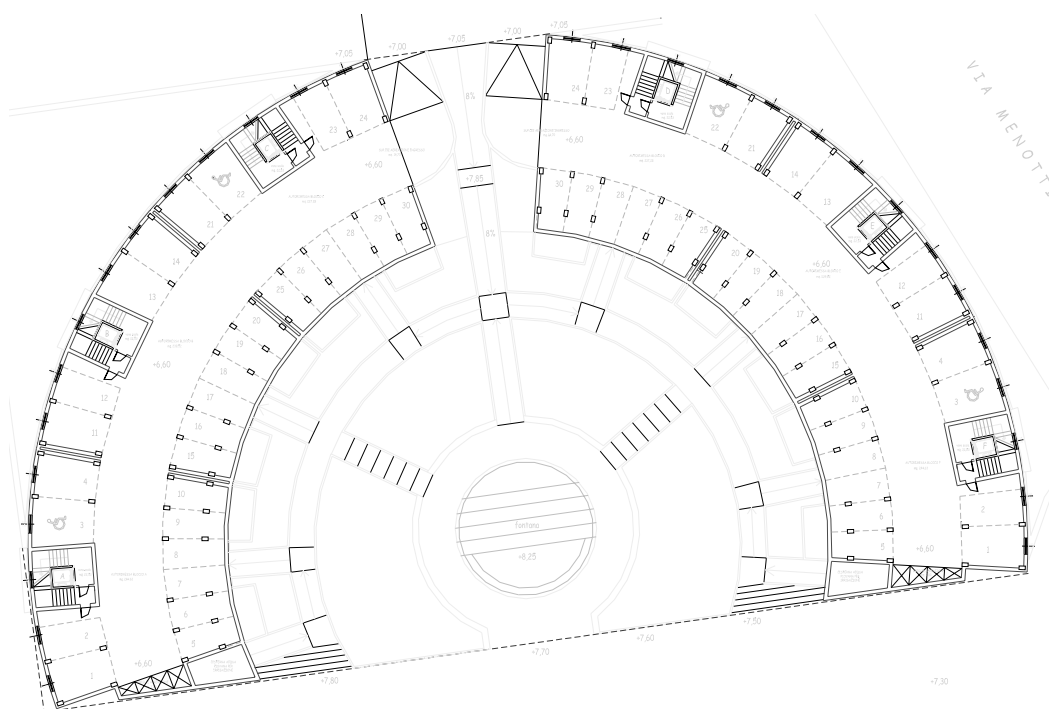


Figura 2.2 – pianta del piano seminterrato.

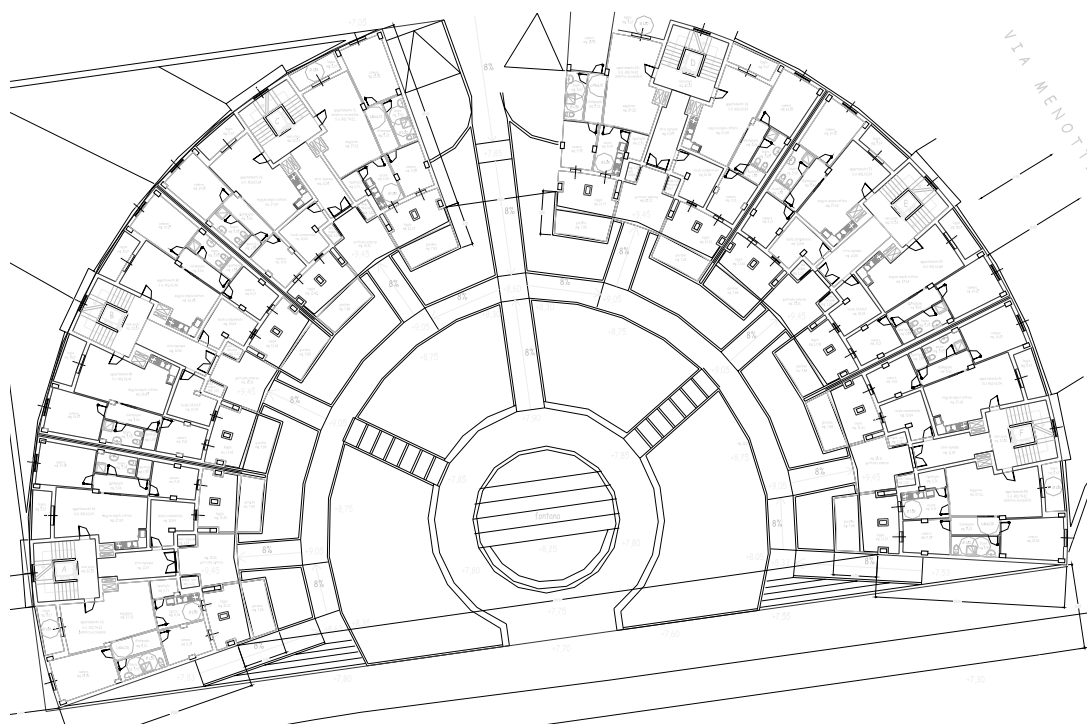


Figura 2.3 – pianta del piano terra.

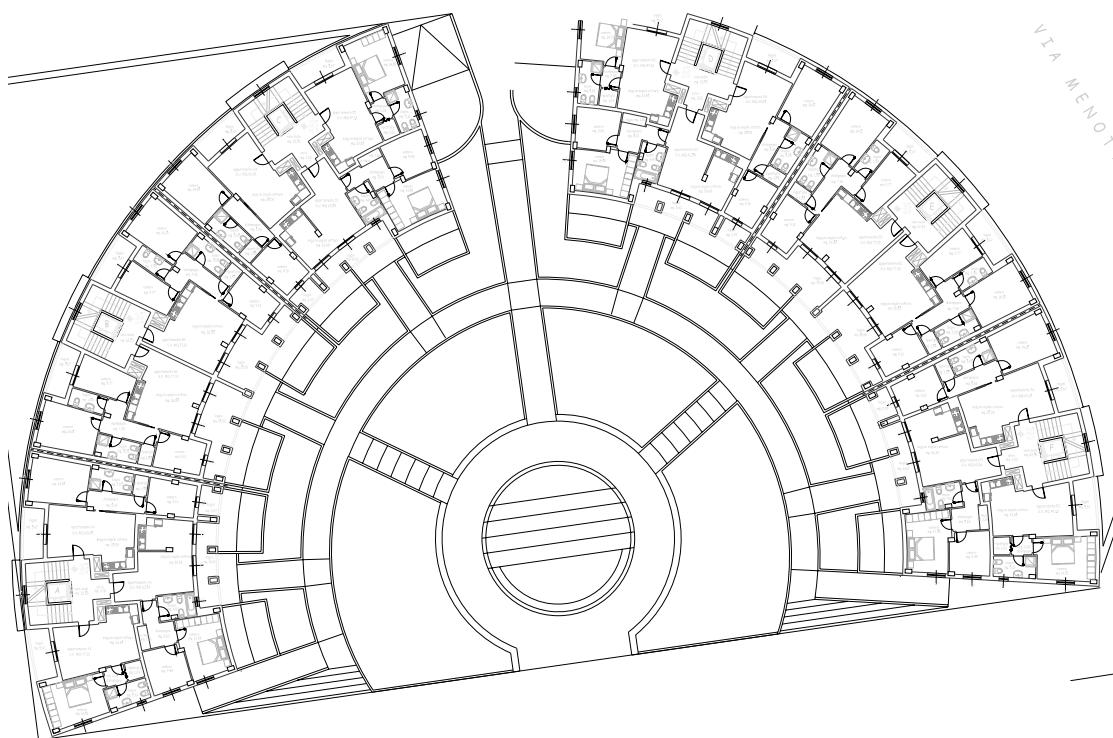


Figura 2.4 – pianta del piano tipo.

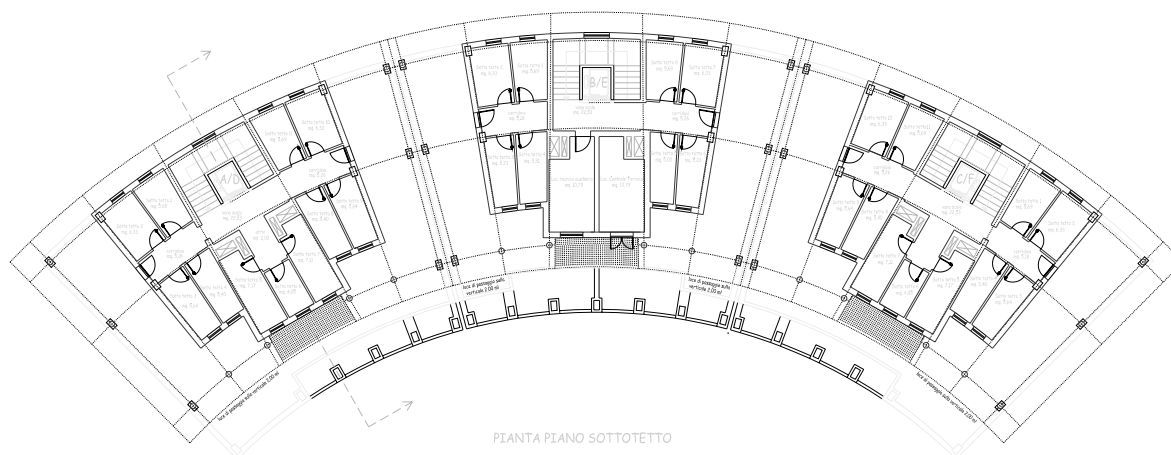


Figura 2.5 – pianta di una delle due ali del sottotetto.

Al piano sottotetto (figura 2.5) sono previsti spazi ad uso privato (non abitabili) e le centrali tecniche. Queste ultime sono in corrispondenza dei vani scala B ed E e sono posti sopra i locali soggiorno degli appartamenti di tipologia B2 ed E2 del piano terzo.

3 Conclusioni

Si premette che gli esiti positivi, inerenti le valutazioni previsionali riportate nell'allegato D, per essere conseguiti richiedono non solo l'uso dei materiali indicati ed il rispetto delle soluzioni tipologiche, dimensionali e tecnologiche esaminate, ma anche e soprattutto un'accurata posa in opera: **in sintesi, l'uso di prodotti acusticamente certificati assicura l'ottenimento delle prestazioni attese esclusivamente in concomitanza con una esecuzione a regola d'arte.**

Ciò premesso, i risultati dei calcoli, effettuati con le ipotesi assunte, hanno dato esito positivo rispetto alle specifiche tecniche dettate dalla normativa vigente per quanto attiene i requisiti acustici passivi delle partizioni interne verticali e orizzontali (solai) tra alloggi e delle facciate.

Per le facciate si rende necessario installare infissi dotati sia di elevata tenuta all'aria, che di vetrate fonoisolanti del tipo indicato in appendice A.

Per i locali soggiorno uniti ad angoli cottura senza separazione, le prese d'aria da installare ai sensi delle Norme UNI CIG devono assicurare un isolamento acustico D_{nw} non inferiore a 45 dB.

Relativamente al rumore prodotto dagli impianti, è necessario attenersi strettamente alle raccomandazioni fornite in appendice B, in particolare per quanto attiene la realizzazione dei cavedi ed il rivestimento delle tubazioni di scarico.

Prof. Simone Secchi
(Tecnico competente n° 178
elenchi Regione Toscana)

Prof. Gianfranco Cellai
(Tecnico competente n° 30
elenchi Regione Toscana)

Firenze li 11 Luglio 2007

ALLEGATI

- A PRESCRIZIONI TECNICHE DI CAPITOLATO PER PARTIZIONI VERTICALI E ORIZZONTALI
- B PRESCRIZIONI TECNICHE DI CAPITOLATO PER GLI IMPIANTI
- C ANALISI DELLE CRITICITÀ DI PROGETTO
- D RISULTATI DELLE SIMULAZIONI INERENTI IL RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI

ALLEGATO

A - Prescrizioni tecniche di capitolato per partizioni verticali e orizzontali

Ai fini delle valutazioni, secondo quanto concordato con i progettisti, sono stati assunti i seguenti parametri descrittivi dei componenti edilizi opachi e trasparenti:

Parete di separazione tra alloggi in corrispondenza del giunto strutturale

Parete composta da quattro tavolati in mattoni forati spessi 12 cm, a fori orizzontali, spessa 80 cm, con interposto materiale termoisolante polistirene espanso spessore 8 cm, secondo le prescrizioni di Legge (D.Lgs 311/06).

Lo spessore dell'intercapedine centrale, in corrispondenza del giunto strutturale si assume pari a 20 cm, in accordo con i disegni architettonici, ma potrà essere anche leggermente inferiore.

Trattandosi di una parete realizzata in corrispondenza di un giunto strutturale dell'edificio, con i tavolati appoggiati a due a due su strutture indipendenti, si assume nullo il contributo della trasmissione sonora laterale.

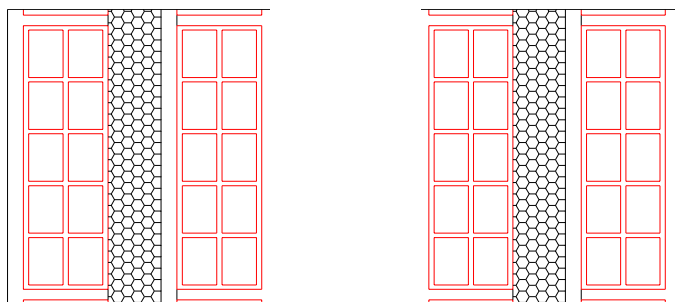


Fig. A.1 Dettaglio della partizione tra unità immobiliari distinte in corrispondenza del giunto strutturale (sezione orizzontale).

La prestazione acustica della parete, non essendo stata testata in laboratori di prova, si assume cautelativamente pari a:

$R_w \geq 60 \text{ dB} \gg 50 \text{ dB}$ (valore minimo di legge).

Trattandosi di una prestazione acustica molto elevata ed assumendosi nullo il contributo della trasmissione sonora laterale ($R' \approx R \geq 60 \text{ dB}$), la parete si assume implicitamente verificata.

Parete di separazione tra alloggi non in corrispondenza del giunto strutturale, parete di separazione tra alloggi e vano scale e parete di separazione tra alloggi e locali condominiale.

Parete di separazione tra alloggi e vani scala o locali condominiali, composta da (figura A4):

- tavolato in blocchi di laterizio alleggerito spessi 12 cm, **intonacata su ambo i lati** con 1,5 cm di intonaco
- intercapedine di 12 cm riempita in polistirene spessore 6 cm densità 25 kg/m^3 ,

- tavolato in mattoni forati spessi 12 cm (12x25x25 cm), disposti con asse dei fori orizzontale, intonacata sul lato esterno con 1,5 cm di intonaco.

I giunti verticali ed orizzontali tra i vari mattoni dovranno essere **completamente riempiti con malta**, pena il forte decadimento delle prestazioni acustiche della parete.

La parete **non dovrà contenere tubazioni degli impianti di adduzione e scarico dell'acqua.**

Pertanto i componenti della cucina dovranno essere disposti, **a differenza di quanto evidenziato nel progetto architettonico** (sotto riportato con riferimento al piano tipo, appartamenti A3, A4 e simili), in modo da consentire la realizzazione delle tracce dell'impianto di adduzione e scarico acque nelle sole pareti dei cavedi impiantistici.

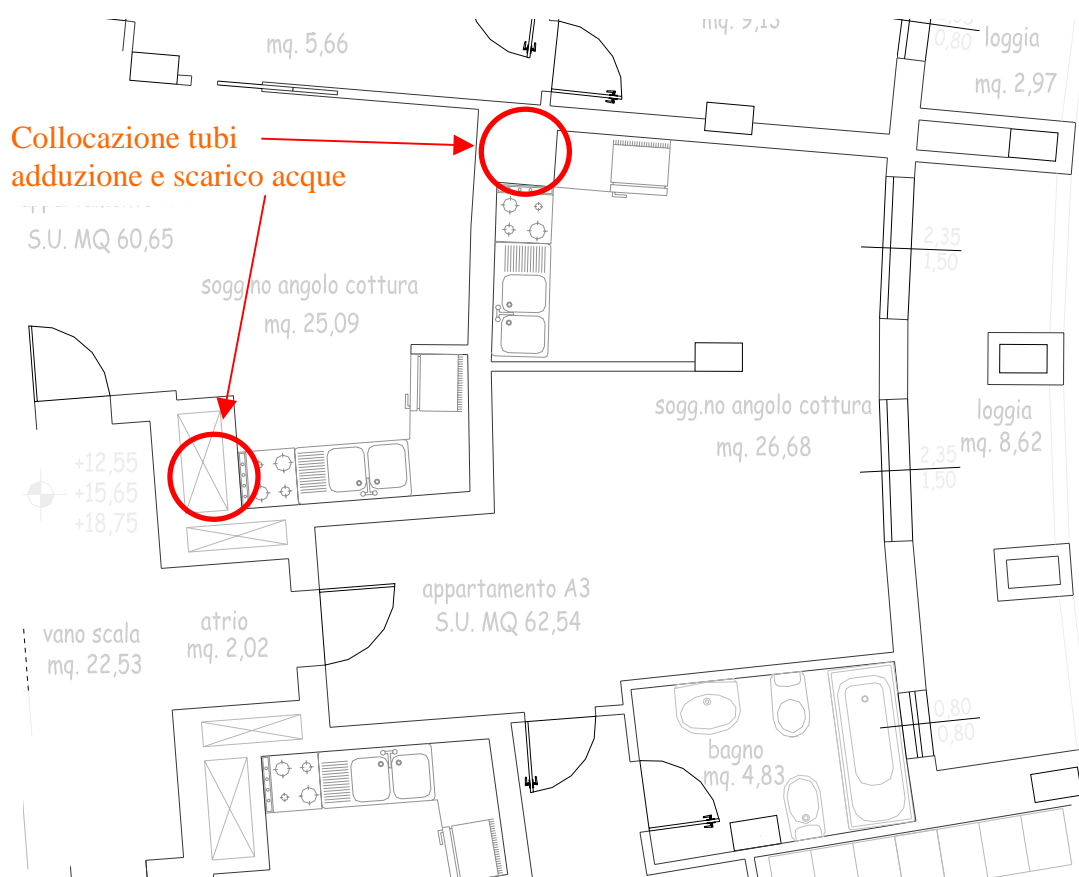


Fig. A.2 Corretta collocazione delle tubazioni di adduzione e scarico delle acque per le cucine.

Si consiglia di non prevedere su tale parete la disposizioni di prese, interruttori e scatole di derivazione dell'impianto elettrico al fine di evitare la realizzazione di tracce che potrebbero compromettere la prestazione acustica della parete.

Qualora queste debbano essere eseguite, è necessario sfalsare la loro collocazione come da figura A.3, al fine di evitare, di fatto, una comunicazione sonora diretta tra gli alloggi.

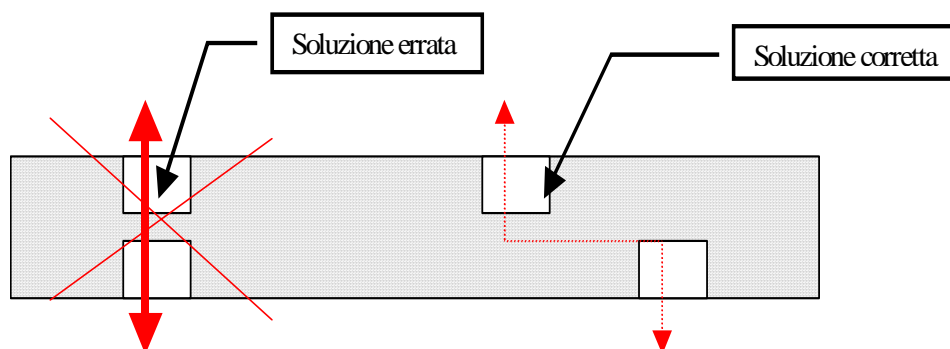
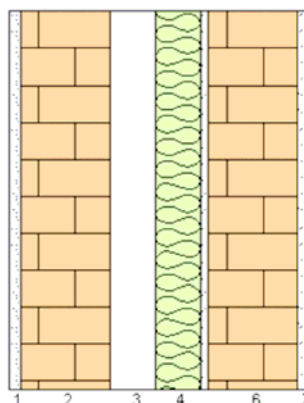


Figura A.3 Schema di collocazione di scatole da incasso per impianti elettrici.



N.	DESCRIZIONE STRATO (dall'interno verso l'esterno)	s [mm]	λ [W/mK]	C [W/m ² K]	ρ [Kg/m ³]
1	Malta di calce o di calce e cemento	15	0,900	60,000	1800
2	Mattone forato	120	0,387	3,225	717
3	Aria non ventilata (fl.orizz.)	60	0,333	5,556	0
4	Polistirene espanso estruso	60	0,031	0,517	25
5	Malta di calce o di calce e cemento	10	0,900	90,000	1800
6	Mattone forato	120	0,387	3,225	717
7	Malta di calce o di calce e cemento	15	0,900	60,000	1800

Fig. A4 Dettaglio della partizione tra alloggi e vano scala e tra alloggi e locali condominiali

Parete di separazione tra alloggi

La prestazione acustica di tale parete può essere assunta pari a quella della parete di seguito descritta, provata presso il laboratorio di acustica dell'Istituto Giordano (certificato di prova 173515 del 11/07/2003).

Parete composta da (figura A5):

- tavolato di blocchi alleggeriti in pasta tipo Alveolater® spessi 8 cm (8x45x25 cm), disposti con asse dei fori orizzontale, intonacata su ambo i lati con 1,5 cm di intonaco;
- intercapedine riempita in lana di roccia (tipo Rockwool® 211) spessa 5 cm (densità 40 kg/m³);
- tavolato di blocchi alleggeriti in pasta tipo Alveolater® spessi 8 cm (8x45x25 cm), disposti con asse dei fori orizzontale, intonacata sul lato esterno con 1,5 cm di intonaco.

$R_w = 57$ (-1; -3) dB.

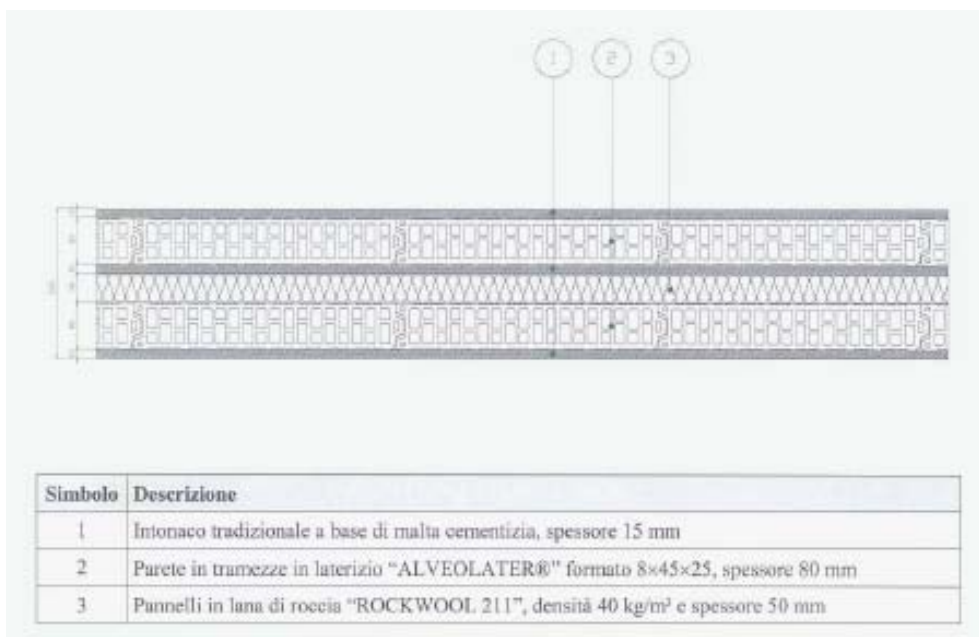


Fig. A5 Dettaglio della partizione provata presso l'Istituto Giordano (sezione verticale).

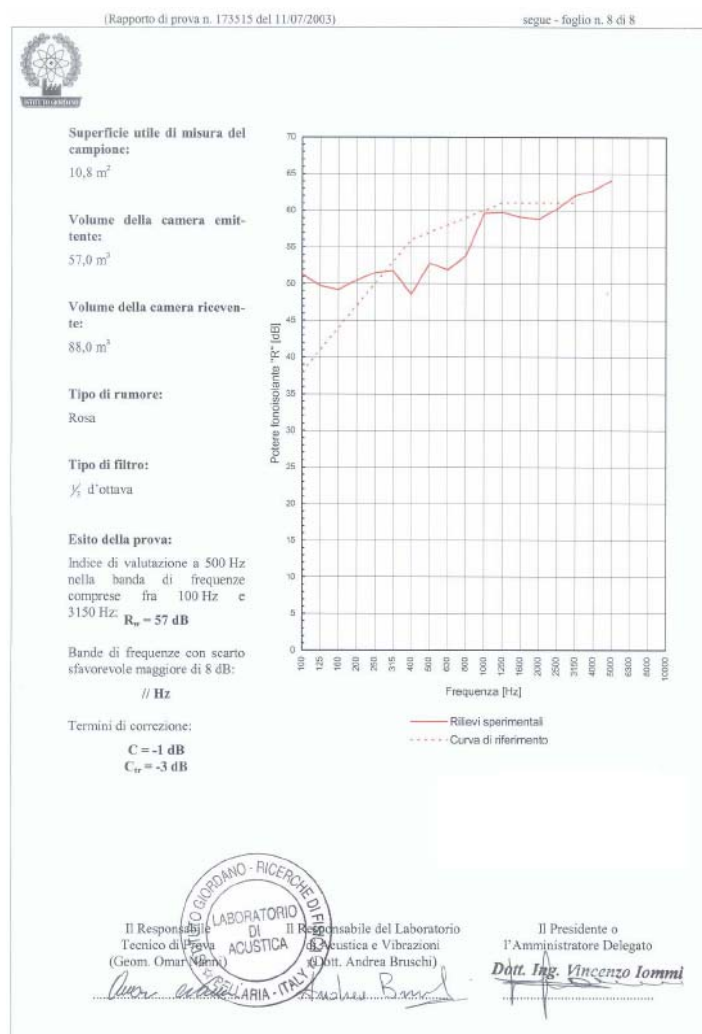


Fig. A6 Rapporto di prova dell'Istituto Giordano su parete analoga a quella in esame.

Pareti dei cavedi impiantistici:

I cavedi degli impianti di scarico idrico dovranno essere realizzati con particolare cura poiché fonte di rumore difficilmente controllabile.

A tale fine, tali pareti dovranno essere realizzate (figura A7) con:

- blocchi in laterizio alleggerito di spessore non inferiore a 15 cm, intonacati sulla faccia esterna e su un lato del cavedio posto verso l'ambiente acusticamente più sensibile (nel caso di cavedio posto tra bagno e cucina - pranzo, la parete posta verso il pranzo dovrà essere intonacata su ambo i lati).

All'interno del cavedio dovrà essere posto materiale fonoassorbente (lana minerale spessa 5 cm).

I condotti dell'impianto elettrico potranno essere realizzati per l'estensione minima necessaria e lo scasso dovrà interessare la sola prima cartella dei blocchi.

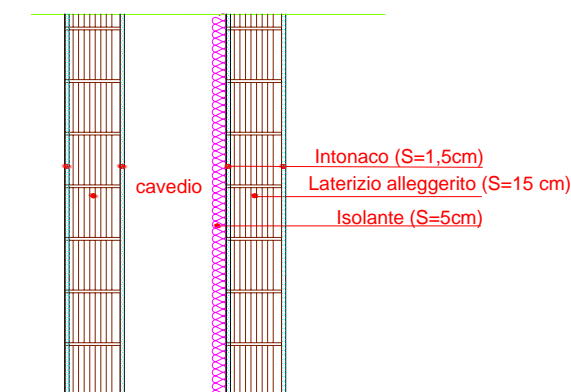


Fig. A7 - Dettaglio della partizione dei cavedi impiantistici.

Parete di facciata (logge e balconi)

La natura di tale parete non è particolarmente critica per quanto attiene l'isolamento acustico di facciata, rispetto al quale è decisamente più importante la prestazione degli infissi e di eventuali prese d'aria.

Parete realizzata come da figura A8.

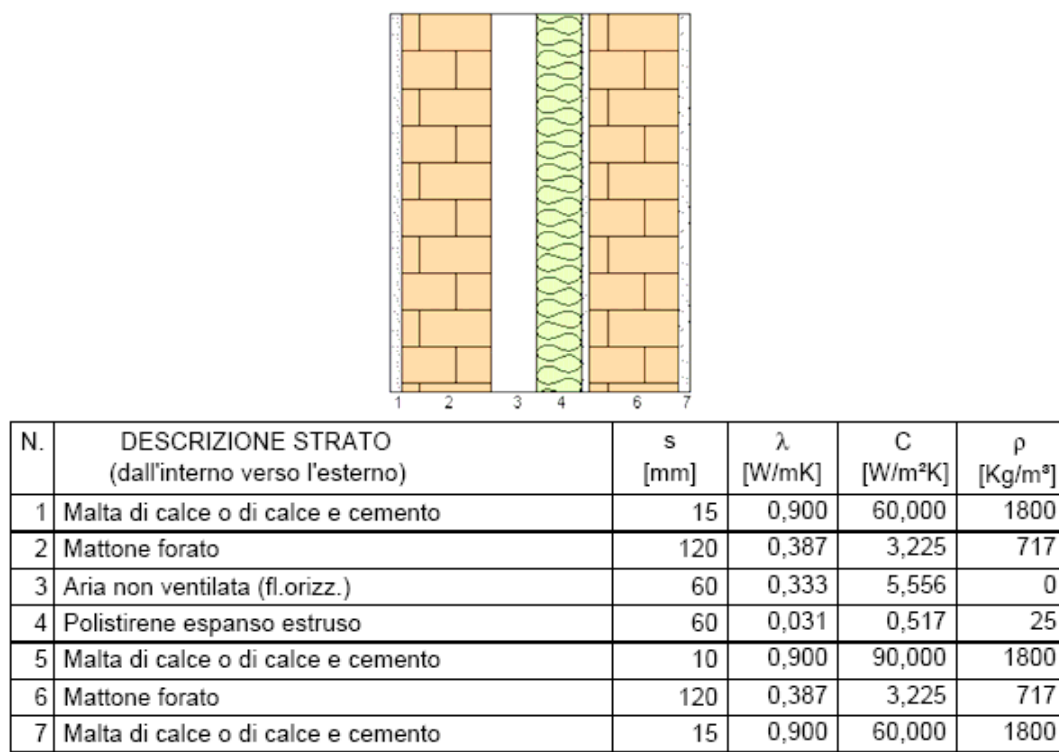


Fig. A8 - Dettaglio della parete di facciata (sezione verticale).

Parete di separazione interna (tramezze)

Parete costituita da (figura A9):

- mattoni forati in laterizio normale di dimensioni 8x25x25 cm, intonacata su entrambe le facce: massa superficiale 136 kg/m², spessore 11 cm, indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w = 42,5$ dB (dato desunto da prove Università di Parma).

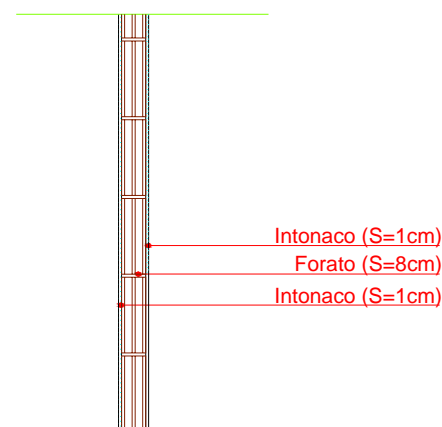


Fig. A9 - Dettaglio del tramezzo interno (sezione orizzontale).

Strategie per limitare la trasmissione sonora laterale

La trasmissione sonora laterale è una forma di trasmissione che coinvolge le strutture degli alloggi poste lateralmente rispetto alla parete di separazione da altre unità immobiliari. Tale trasmissione sonora può ridurre significativamente le prestazioni acustiche in opera di pareti e solai.

Nel caso in esame, trattandosi di una parete di separazione tra alloggi caratterizzata da elevate prestazioni acustiche, la trasmissione sonora laterale può assumere notevole rilevanza e ridurre fortemente le prestazioni acustiche rispetto ai valori attesi.

A tale riguardo è importante che la connessione tra i tramezzi interni e la parete di separazione tra alloggi e tra questa e le facciate segua scrupolosamente le indicazioni di seguito riportate.

I tramezzi degli alloggi, realizzati in mattoni forati in laterizio normale di dimensioni 8x25x25 cm, intonacati su entrambe le facce, dovranno essere sconnessi dalla parete di separazione tra alloggi in blocchi di laterizio da 8 cm che costituisce la base del divisorio (figura A.10). Tale sconnessione potrà essere realizzata mediante interposizione di un materiale elastico (tipo polistirolo espanso) e dovrà estendersi da solaio a solaio.

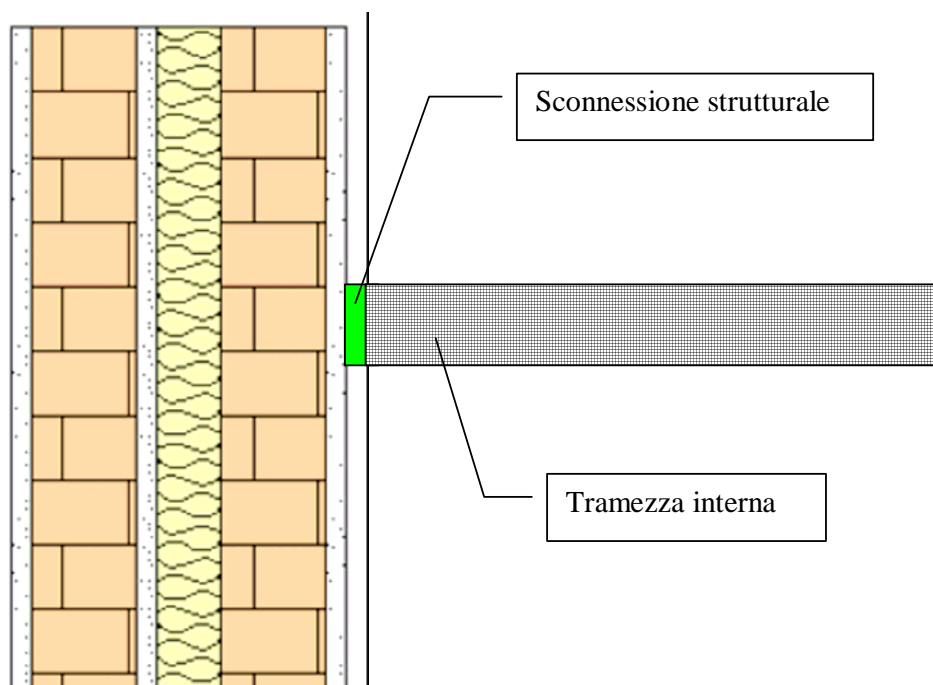


Figura A.10 – Raccordo tra tramezzo interno in laterizio e parete di separazione tra alloggi.

Nel caso di facciata realizzata con doppia muratura in laterizio, il raccordo tra il tramezzo interno della parete di facciata e la parete di separazione tra alloggi dovrà seguire i medesimi criteri sopra esposti (figura A.11).

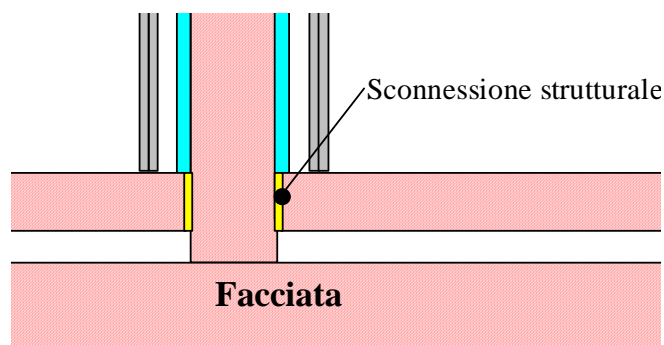


Figura A.11– Raccordo tra facciata a doppio strato in laterizio e parete di separazione tra alloggi.

Quanto sopra descritto non è necessario nel caso di parete di facciata in monoblocco termoisolante.

Parete dei vani ascensori

Tale parete, non essendo a contatto con alcun ambiente abitabile, non è soggetta a verifica e non presenta particolari criticità acustiche.

Solaio interpiano tra alloggi con pavimento galleggiante

Solaio costituito da (figura A 10):

- intonaco all'intradosso spesso 1 cm;
- struttura portante in travetti a traliccio (interasse = 50 cm) e pignatte spesse 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo (massa superficiale del solaio grezzo: 340 kg/m²; indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w = 50$ dB – da certificato Università di Parma);
- strato di sottofondo in cemento magro per livellamento impianti spesso 4 - 6 cm;
- strato elastico in polistirene espanso in lastre spesso 1,5 -3 cm (dima montaggio pannelli radianti) (figura A11);
- massetto non alleggerito a base cementizia spesso 6 cm;
- pavimentazione come prevista da capitolato.

I pannelli in polistirene espanso costituiscono lo strato termoisolante del sistema di riscaldamento a pannelli radianti.

Per quanto non realizzato ai fini acustici, tale sistema dimostra efficacia analoga a quella di un pavimento galleggiante.

Lo strato elastico deve comunque essere continuo per tutta l'estensione del pavimento, non presentare alcuna discontinuità e risvoltare lungo i bordi laterali interrompendo ogni contatto tra la pavimentazione e le pareti laterali.

Dovranno essere rigorosamente evitati schiacciamenti e discontinuità dello strato elastico.

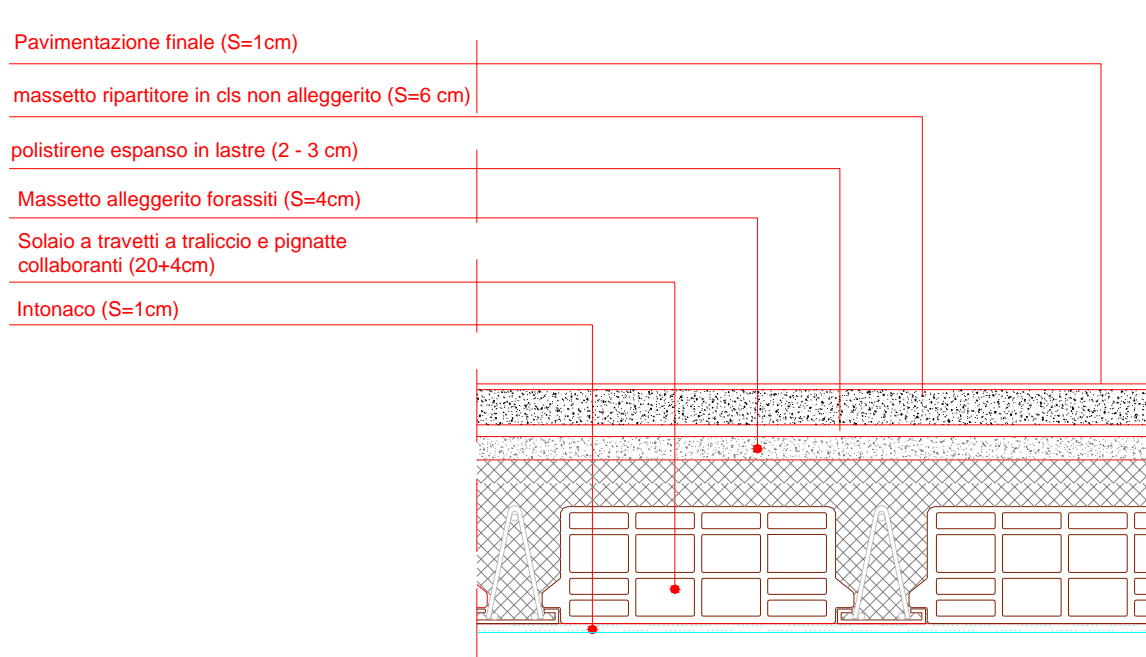


Figura A10 - Disegno di dettaglio del solaio interpiano con pavimento galleggiante.

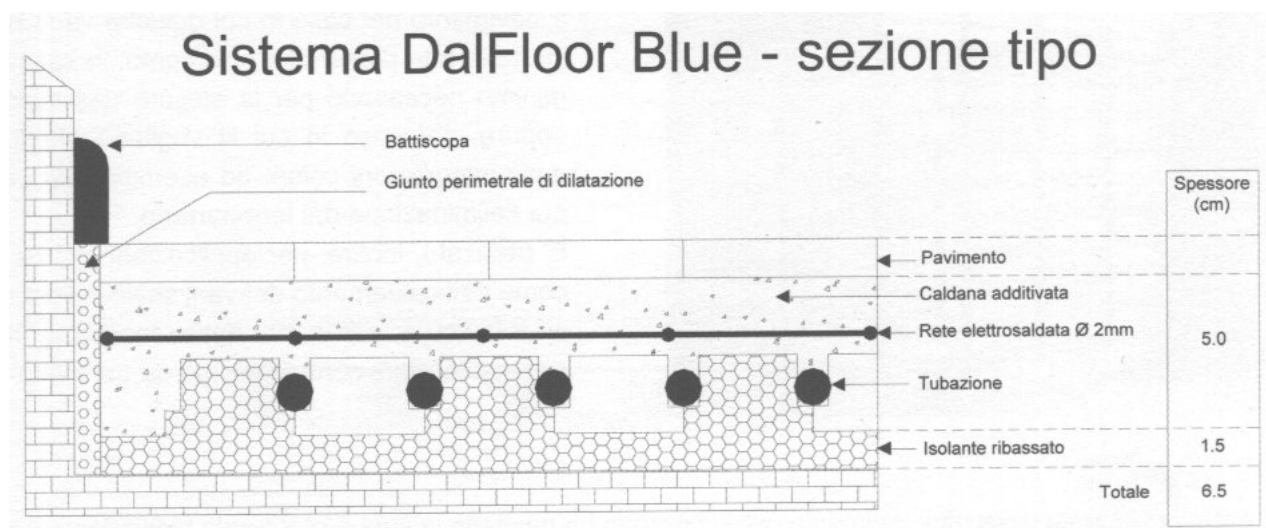


Fig. A11 - Dettaglio pavimento in pannelli radianti

Battiscopa

Poiché da numerosi rilievi sperimentali è emersa la rilevanza della posa del battiscopa relativamente alle prestazioni acustiche del solaio (rumore da calpestio), si consiglia la posa di battiscopa in legno. Qualora siano previsti **battiscopa in ceramica o marmo o comunque battiscopa rigidi**, questi devono essere **posti in opera distaccati dal pavimento**, al fine di eliminare il contatto rigido tra pavimento e pareti laterali. Tale contatto, se presente, peggiora fortemente le prestazioni di isolamento acustico dei solai nei confronti dei rumori impattivi.

La fessura lasciata tra i battiscopa in materiale rigido ed il pavimento potrà essere sigillata con silicone o altro sigillante elastico (figura A12).

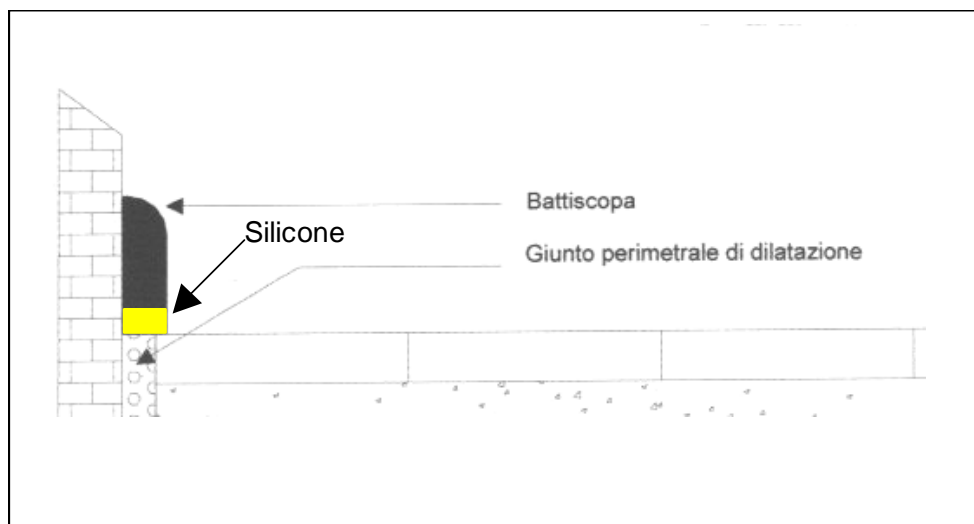


Fig. A12 - Dettaglio di posa in opera del battiscopa

Solaio interpiano tra vani tecnici del sottotetto e alloggi del piano terzo

Solaio costituito da (figura A 10):

- intonaco all'intradosso spesso 1 cm;
- struttura portante in travetti a traliccio (interasse = 50 cm) e pignatte spesse 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo (massa superficiale del solaio grezzo: 340 kg/m²; indice di valutazione del potere fonoisolante $R_w = 50$ dB – da certificato Università di Parma);
- strato di sottofondo in cemento magro per livellamento impianti spesso 4 - 6cm;
- strato elastico in polistirene espanso elasticizzato (tipo “disteso” della ditta Termolan) in lastre per spessore complessivo di 53 mm (rigidità dinamica ≤ 10 MN/m³);
- massetto non alleggerito (densità non inferiore a 1800 kg/m³) a base cementizia spesso 10 cm e pavimentazione come prevista da capitolato.

Lo strato elastico dovrà risvoltare lungo tutto il perimetro del pavimento al fine di garantire la discontinuità strutturale totale tra massetto e strato di sottofondo.

Il sistema di pavimento galleggiante così costituito avrà frequenza di risonanza pari o inferiore a 40 Hz, quindi tale da ridurre anche le componenti più basse del rumore dovuto alle centrali termiche ed agli altri componenti impiantistici.

Tali componenti dovranno inoltre essere appoggiati su supporti elastici (tipo gomma granulare o sughero) di spessore non inferiore a 10 mm.

Serramenti degli alloggi

I serramenti dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- classe di tenuta all'aria non inferiore a 3;
- guarnizione doppia o tripla;
- vetri dotati di indice di valutazione del potere fonoisolante certificato ($R_{w, \text{vetro}}$) non inferiore a 40 dB; tipo Saint Gobain Glass® Climalit Silence 6/12/44.1, composti da vetro esterno

monolitico da 6 mm, camera da 12 mm e vetro stratificato 4 + 4 mm con uno strato di PVB da 0,38 mm (figura A15).

L'indice di valutazione della vetrata risulta pari a 40 dB (certificato dal laboratorio di acustica della Saint Gobain Glass). Tenendo conto della classe di tenuta all'aria dell'infisso e del numero di guarnizioni (almeno 2), dal calcolo in base al metodo previsto da EN 14351, si ottiene:

$R_{w,finestra} = 38 \text{ dB}$.

Si raccomanda in particolare di **curare la completa sigillatura con malta o con schiume poliuretaniche di ogni possibile punto di discontinuità tra telaio fisso – controtelaio (se presente) e muratura.**

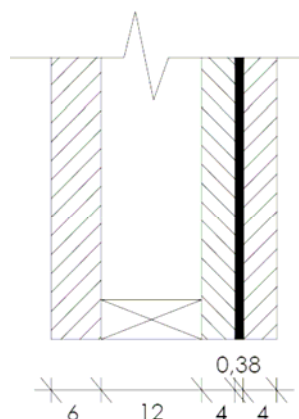


Figura A13 – Vetrata Saint Gobain Climalit Silence.

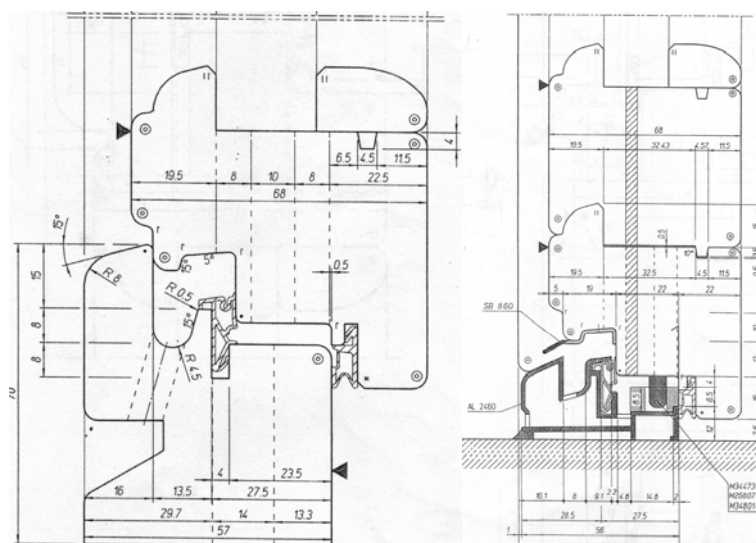


Figura A14 – Esempio di telaio in legno dotato di idonea classe di tenuta all'aria (a sinistra finestra, a destra portafinestra).

Sistema di oscuramento ad avvolgibili (sistema monoblocco cassonetto – controtelaio)

I cassonetti porta avvolgibili sono punti deboli di riguardo per l'isolamento acustico delle facciate. In generale è preferibile la soluzione di oscuramento a persiane, che non crea discontinuità nel sistema di involucro edilizio.

Se presenti, i cassonetti dovranno essere dotati di idonee caratteristiche di isolamento acustico certificate.

Soluzioni alternative a quella proposta nel seguito potranno essere adottate ma dovranno essere dotate di certificazione acustica e la loro scelta dovrà essere concordata con i responsabili delle verifiche acustiche.

Cassonetto della ditta **Metalmeccanica Umbra tipo CCI** con veletta interna ad intonacare e sportellino per accesso manutenzione in lamiera avvitato da sotto.

(<http://www.metalmeccanicaumbra.it>).

Sistema monoblocco costituito da:

- controtelaio unito a cassonetto per tapparella avvolgibile formato da struttura scatolare in lamiera sp 0.8 mm;
- veletta interna ad intonacare coibentata all'interno del vano tapparella avvolgibile nelle porzioni di superficie che si affacciano sul lato abitazione.

L'accesso al vano tapparella avvolgibile per operazioni di manutenzione e di montaggio avviene attraverso uno sportellino in lamiera coibentato a sua volta con del materiale fonoisolante, posizionato nella parte bassa della struttura scatolare in posizione orizzontale e ad essa avvitato.

Di seguito si riporta il certificato di laboratorio (figura A 15) relativo alla misura dell'isolamento acustico normalizzato ($D_{n,e}$) del cassonetto in esame.

Al valore certificato di **$D_{n,e,w} = 56 \text{ dB}$** corrisponde un valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante **$R_w = 43 \text{ dB}$** .

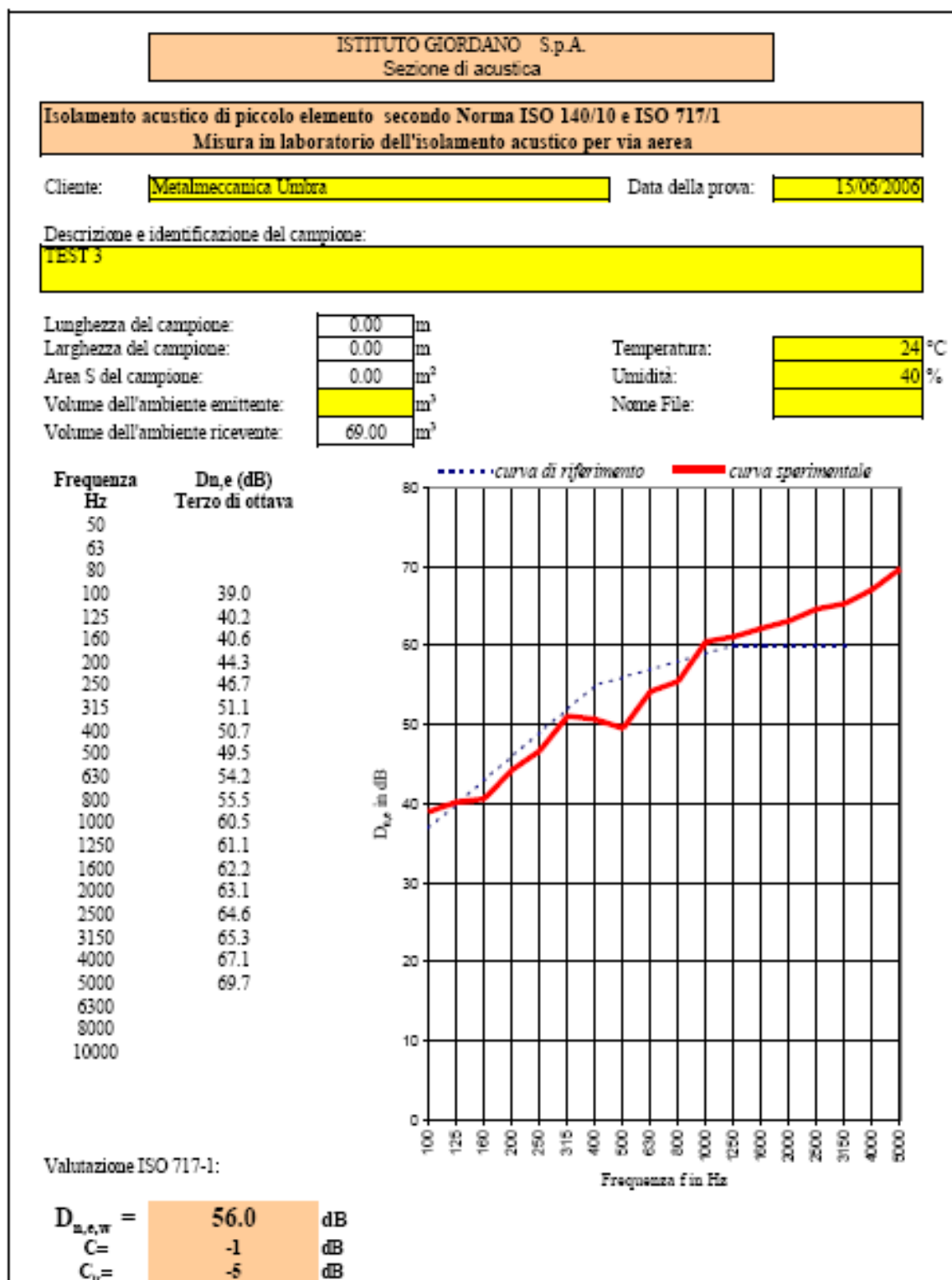


Figura A 15 – Certificato dell'isolamento acustico normalizzato del cassonetto della ditta Metalmeccanica Umbra.

Prese d'aria di locali cucina/angoli cottura a diretto contatto con ambienti abitativi

Per i locali in esame la presenza di prese d'aria a norma di legge può rappresentare una criticità poiché esse, aventi superficie minima di ventilazione di 100 cm², se prive di idoneo isolamento acustico, compromettono le prestazioni della facciata dove sono praticate.

Pertanto si dovranno usare componenti dotati di isolamento **$D_{n,w}$ non inferiore a 45 dB**.

A tal riguardo potranno essere impiegati i componenti di seguito descritti o altri dotati di certificazione acustica non inferiore a quanto specificato.

A) Elemento "ISOBOX" della ditta Tecnoventil (www.tecnoventil.com), dotato di indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato $D_{n,e,w}$ pari a **45 dB**.

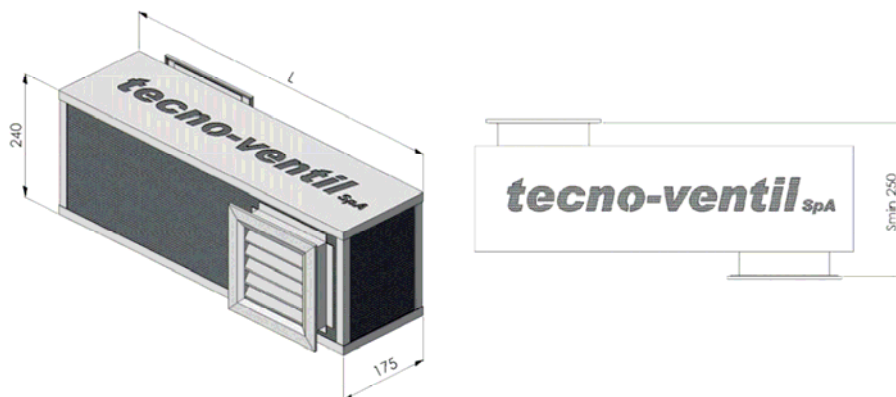


Figura A 16 – Presa d'aria "Isobox" per i locali cucina.

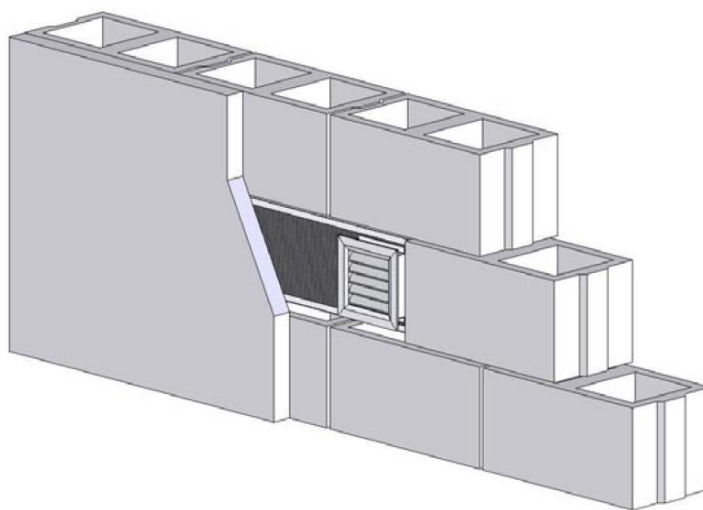


Figura A 17 – Schema di installazione della presa d'aria "Isobox" sulla parete di facciata.

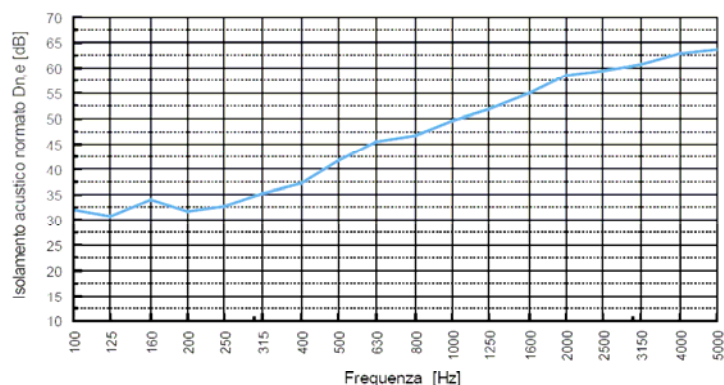


Figura A 18 – Spettro dell'isolamento acustico normalizzato della presa d'aria "Isobox".

B) Elemento "Silentio" della ditta Termolan (www.silentio.net), dotato di indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato $D_{n,e,w}$ pari a **49 dB**.

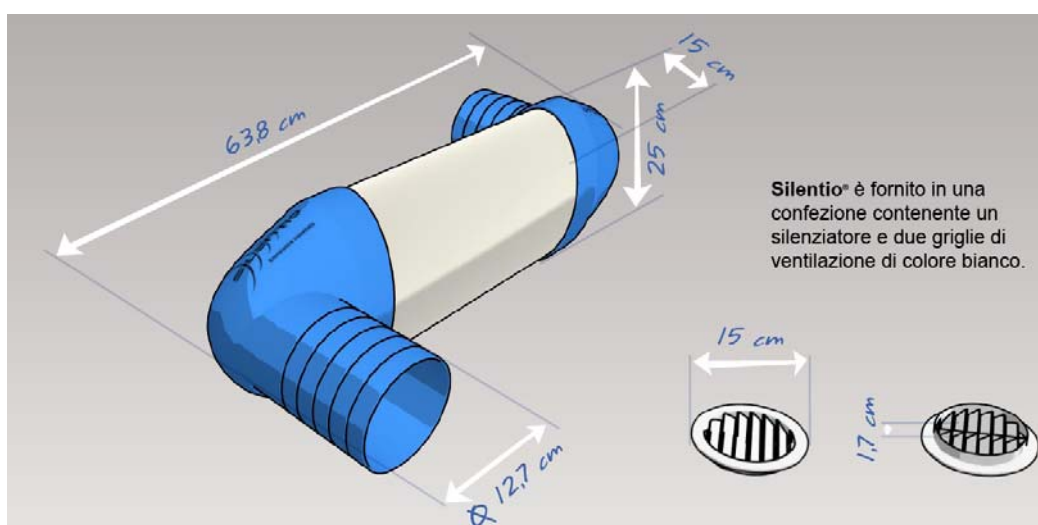


Figura A 16 – Presa d'aria "Silentio" per i locali cucina.

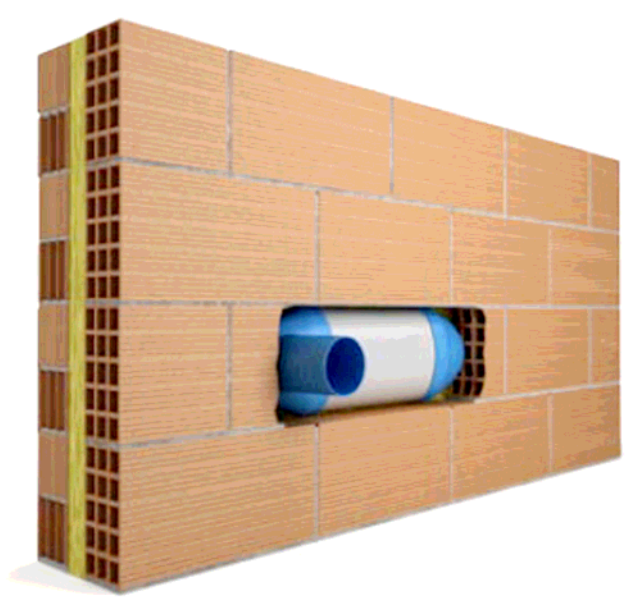


Figura A 17 – Schema di installazione della presa d'aria "Silentio" sulla parete di facciata.

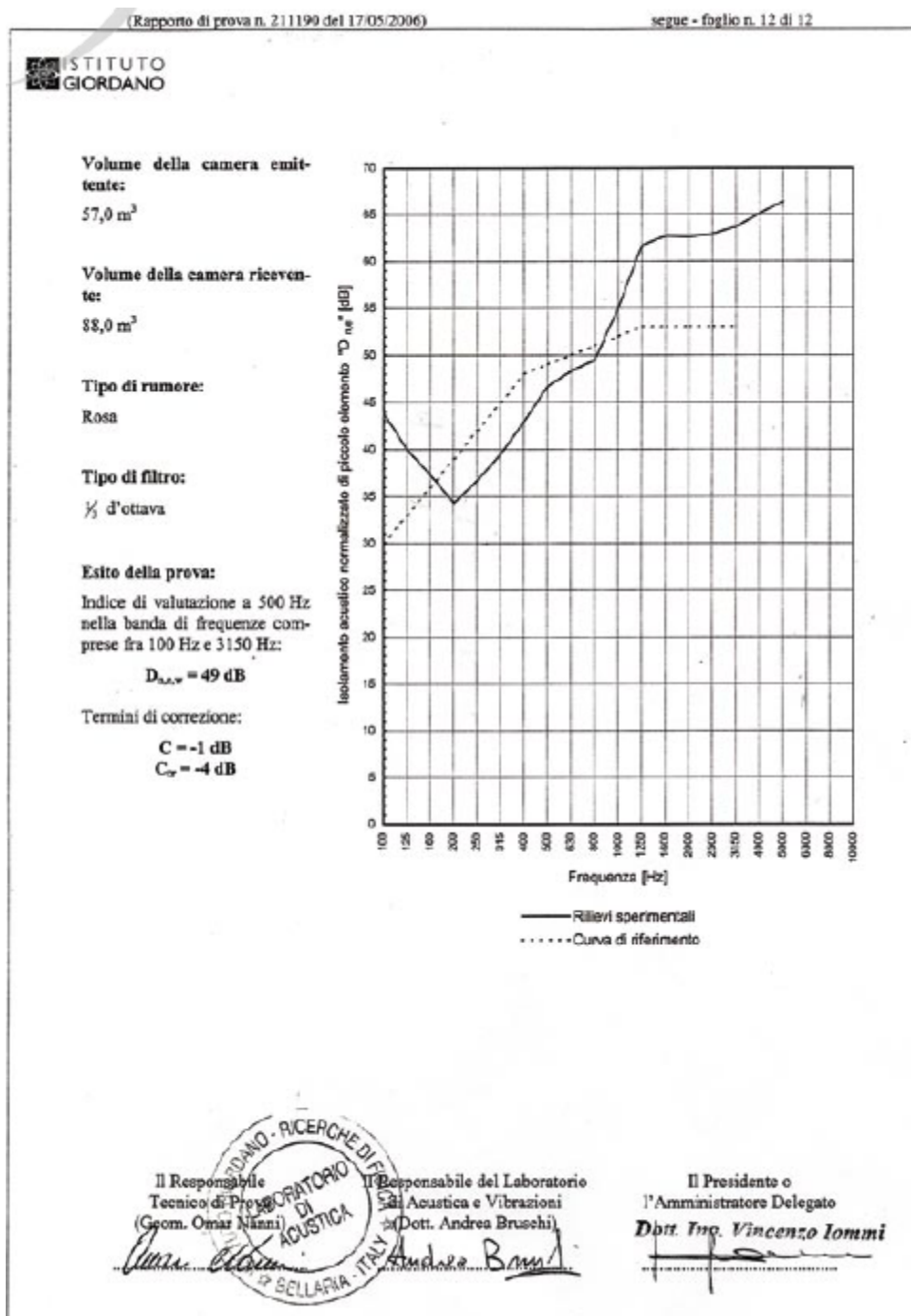


Figura A 18 – Certificato dell'isolamento acustico normalizzato della presa d'aria "Silentio".

ALLEGATO

B - Prescrizioni tecniche di capitolato per gli impianti

B.1 Controllo dei rumori di impianti idrico - sanitari

Il rumore degli impianti idraulici si trasmette per via aerea e strutturale a causa delle vibrazioni indotte dal passaggio dei fluidi e/o dei collegamenti a macchine vibranti (elettropompe, ventilatori, ecc.) a loro volta trasmesse dalle tubazioni alle murature cui sono ancorati.

Altri rumori possono essere indotti da un'errata progettazione degli impianti: ad esempio colpi di ariete, sezioni idrauliche insufficienti, installazione di raccordi a gomito che causano turbolenze, mancata o insufficiente sezione dell'aerazione delle colonne di scarico (rumore di *gorgoglio*), degli allacciamenti degli apparecchi con le colonne suddette, utilizzo di cassette di scarico dei sanitari particolarmente rumorose, ecc.

In merito al rumore emesso dagli impianti si evidenziano le seguenti prescrizioni:

- controllo dei rumori aerei mediante il rivestimento con materiali elastici delle tubazioni di adduzione (se in metallo) e di scarico (le tubazioni possono essere foderate con guaina elastica fonoisolante tipo CirmixFlex, prodotta dalla Cir Edilacustica o similari). La guaina dovrà essere continua per tutta l'estensione del tubo, senza interruzioni né in corrispondenza delle giunzioni alla muratura né negli attraversamenti dei solai (v. figura B1);
- uso di cavedi insonorizzati per le tubazioni di scarico come descritto in appendice A;
- controllo delle vibrazioni meccaniche mediante la desolidarizzazione nei punti di contatto e di aggancio dei tubi di scarico idraulico e delle altre tubazioni alle murature (v. figura B1);
- desolidarizzazione degli apparecchi (w.c., vasche e docce) dalle murature mediante interposizione di strati elastici (v. prodotto CIR- Fonicpav);
- uso di raccordi a 45° per le tubazioni di scarico (v. figura B.1);
- uso di basi galleggianti e supporti elastici per i principali componenti impiantistici (Unità Trattamento Aria, Gruppi frigo ecc.).

Si consiglia inoltre l'uso di apparecchi sanitari acusticamente certificati (rubinetteria silenziosa certificata a norme UNI 8955/1° e ISO 3822/1°).

Nella figura B.1 sono riportati lo schema di uno scarico idraulico, con i raccordi a 45°, rivestito con un materiale del tipo raffigurato a lato: i materiali di rivestimento sono commercializzati in diversi tipi, l'essenziale è che presentino un'adeguata densità, proprietà smorzanti-fonoassorbenti e maneggevolezza per poter rivestire le tubazioni.

In ogni caso i prodotti devono essere dotati di idonea certificazione delle proprietà acustiche.

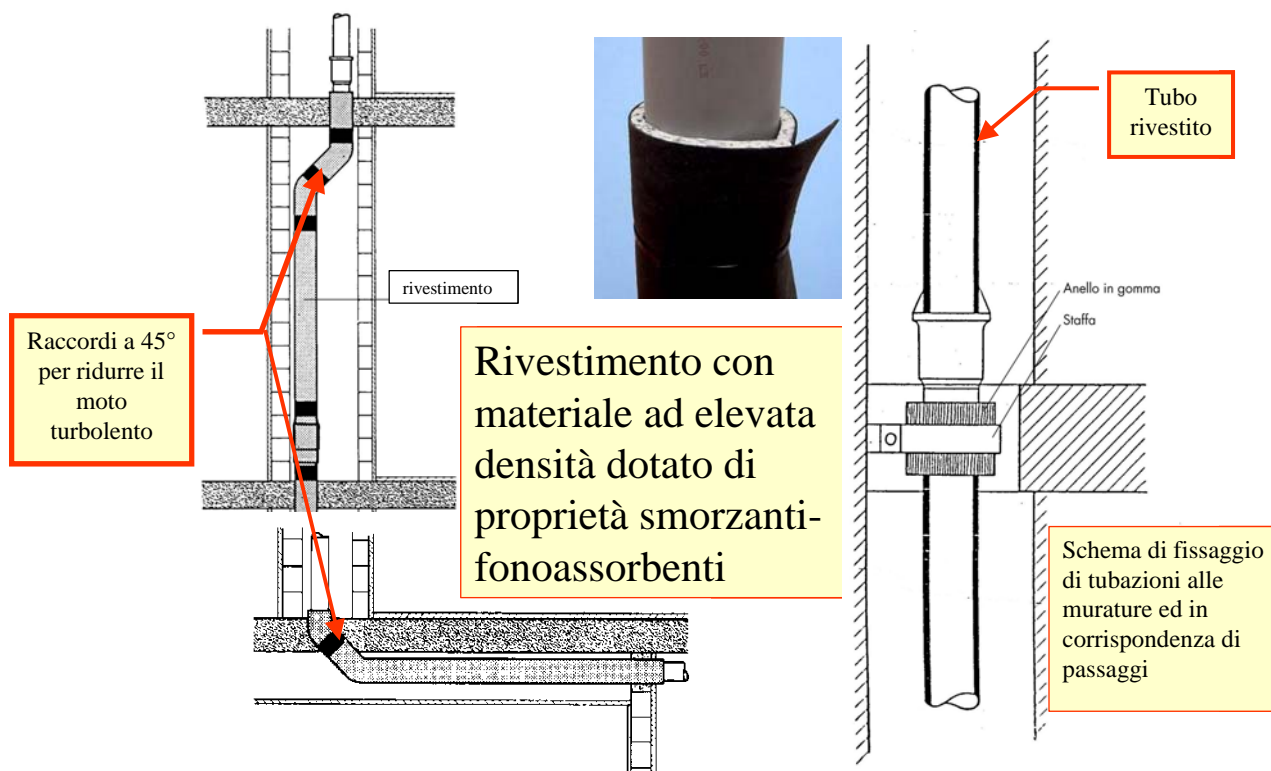


Figura B.1 - Fissaggi e soluzioni costruttive per l'installazione di tubi di scarico, e rivestimento degli stessi con materiale ad elevata densità e dotato di proprietà smorzanti-fonoassorbenti tipo CirmixFlex (CIR Edilacustica)

Ulteriori accorgimenti possono adottarsi mediante l'uso di materiali intrinsecamente più idonei a controllare la trasmissione di rumore, quali ad esempio le tubazioni in polietilene della gamma di scarico insonorizzata mod. Silent della Geberit.

B.2 Controllo dei rumori di impianti di climatizzazione

Occorre particolare attenzione nell'installazione di gruppi autonomi di refrigerazione condensati ad aria per la climatizzazione estiva, che sono d'uso comune.

In tal caso, considerata l'elevata rumorosità dei macchinari, sarà opportuno verificare l'esatta posizione degli stessi al fine di adottare gli accorgimenti necessari alla limitazione delle immissioni di rumore nelle abitazioni potenzialmente interessate e nell'ambiente esterno circostante.

In ogni caso i componenti dell'impianto (con particolare riguardo alle unità condensanti) devono essere dotati di idonea certificazione delle proprietà acustiche.

In particolare, il progettista degli impianti di climatizzazione dovrà verificare che i livelli di immissione e di emissione sonora siano compatibili con la classificazione acustica dell'area (classe III).

B.3 Controllo dei rumori dell'impianto ascensore

Occorre richiedere all'installatore di adottare soluzioni conformi ai requisiti di rumore previsti per tali impianti ($L_{Amax} < 35$ dBA). Ascensori del tipo con trazione mediante motore assiale a basso numero di giri soddisfano tale requisito. Tuttavia bisogna tener conto anche della rumorosità prodotta dalle porte in apertura e chiusura che può risultare disturbante: a tal fine, le porte di

ingresso agli alloggi, ed in particolare quelle più vicine al vano ascensore, dovranno assicurare una buona tenuta all'aria lungo tutto il perimetro, soglia compresa.

In particolare, occorre prestare attenzione alla centralina degli impianti elevatori di tipo oleodinamico se disposta in prossimità degli alloggi.

ALLEGATO

C - Analisi delle criticità di progetto

Gli aspetti da prendere in esame sono i seguenti:

- analisi di sensibilità dei locali;
- distribuzione interna dei locali in relazione al rumore delle parti comuni;
- distribuzione interna in relazione al rumore proveniente da altri alloggi e dagli impianti idrico-sanitari;
- proposta di arredamento nell'ipotesi progettuale.

L'analisi di sensibilità è uno strumento molto utile per individuare le risposte adeguate al problema. Nella Tabella C1 sono sintetizzati gli aspetti essenziali dell'analisi che può suggerire, nell'esempio fatto, la localizzazione dei locali in funzione della tipologia.

Tabella C 1 Analisi della sensibilità al rumore e relativa localizzazione dei locali			
Sensibilità al rumore	Tipologia di locali	Rumorosità prodotta dal locale	Localizzazione del locale
A – assente	Vani scala, locali condominiali, centrali tecnologiche	molto elevata	consentita solo vicino ai locali B
B – ridotta	cucina, angolo cottura, bagno, ripostiglio, disimpegno, soffitta, taverna, autorimessa	elevata	consentita vicino ai locali A, e ammessa con cautela vicino ai locali C, non ammessa vicino ai locali D
C – media	pranzo, soggiorno	media	Consentita con cautela vicino ai locali A, e protetta rispetto ai locali B
D – alta	studio, camera da letto	bassa	Consentita con cautela vicino ai locali C, e protetta rispetto ai locali D

C.1. Distribuzione interna in relazione al rumore proveniente da altri alloggi e dagli impianti idrico - sanitari

Si possono seguire alcune regole fondamentali:

- controllare la collocazione dei servizi e delle colonne di scarico;
- controllare la posizione delle camere da letto in relazione agli alloggi confinanti, ed in particolare la disposizione dell'arredamento e delle finestre;
- controllare la disposizione dei vani ascensore e dei vani scala in relazione agli alloggi.

L'analisi di sensibilità suggerisce che le camere da letto non devono essere posizionate a contatto con i servizi igienici, con vani ascensore e vani scale: se ciò non è possibile, assicurarsi che la testata del letto sia posizionata dalla parte opposta dei suddetti vani.

Poiché i servizi igienici costituiscono spesso la principale sorgente di disturbo, è bene che questi confinino tra loro e con la parete attrezzata dei sanitari in comune.

Altro accorgimento senz'altro utile è quello di portare le colonne di scarico in facciata, alloggiate in appositi cavedi dove possono trovare collocazione, opportunamente separate, le calate dei pluviali ed eventuali canne fumarie delle caldaie autonome a gas poste sui terrazzi.

Se ciò non è possibile, assicurarsi che le pareti attrezzate, ed in particolare quella del w.c., sia posta dalla parte opposta della parete di separazione, che a sua volta avrà il letto disposto sulla parete opposta a quella del servizio: in tal modo si limitano le possibilità di udire i rumori aumentando la distanza sorgente - ricettore e interponendo più ostacoli al percorso tra gli stessi.

C.2 Proposta di arredamento nell'ipotesi progettuale

A causa delle dimensioni degli alloggi, l'ipotesi di arredamento che viene fatta dal progettista finisce quasi sempre per essere l'unica proposta effettivamente realizzabile; tuttavia le proposte talvolta consentono soluzioni alternative che, dal punto di vista acustico, sono meno critiche, mentre non è richiesta nessuna modifica strutturale o distributiva.

L'indicazione dell'arredamento dell'alloggio su progetto deve essere quindi giustificata anche in base al controllo delle possibili sorgenti sonore disturbanti ed essere portata a conoscenza degli acquirenti con tali motivazioni.

C.3. Rumori da calpestio sulle scale

Il rumore generato dal calpestio sulle scale di collegamento tra i piani degli alloggi può trasmettersi per via strutturale e produrre un rilevante disturbo acustico negli alloggi confinanti.

Inoltre, poiché la struttura in cemento armato delle scale risulta rigidamente connessa al resto della struttura dell'edificio, i rumori di origine impattiva possono facilmente trasmettersi anche ad ambienti non immediatamente adiacenti alla scala.

È pertanto raccomandata la posa in opera di manti elastici tra la struttura delle scale e la loro pavimentazione, oppure è consigliabile evitare connessioni rigide, che trasmettono le vibrazioni del calpestio, e privilegiare le soluzioni a rampe staticamente indipendenti con appoggi sui pianerottoli attestati sulla parete esterna (v. figura C.3.1).

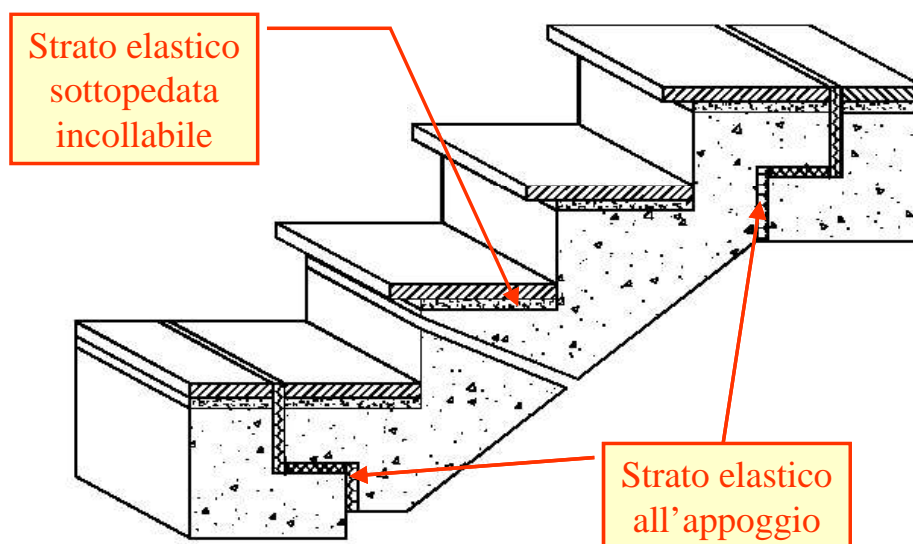


Figura C.3.1 Scala con rampa staticamente indipendente e materiale elastico sotto la pavimentazione

Nel caso specifico si possono utilizzare manti a base di granuli di gomma miscelati a sughero, tipo CIR-Fonicpav gold , prodotto dalla Cir Edilacustica (v. figura C.3.2), oppure membrane in

materiale plastico flessibile (v. figura C.3..3) della Building International System distribuite in Italia dalla PGM. Il manto è posto direttamente, mediante incollaggio, sulla struttura grezza dei pianerottoli e delle scale e consente l'applicazione, sempre mediante incollaggio, della finitura delle scale (parquet, marmo, piastrelle, ecc.), realizzando la sconnessione dalla struttura portante sottostante. Analoga applicazione avviene per le membrane plastiche.

In particolare dovrà essere posta particolare attenzione alla continuità della guaina al fine di evitare ogni possibile ponte acustico.



Figura C.3.2 Schema di applicazione del manto Cir-Fonicpav gold incollato tra il massetto ed il pavimento in parquet



Figura C.3.3 Membrane in materiale plastico BIS distribuite dalla PGM

ALLEGATO

D - Risultati delle simulazioni inerenti il rispetto dei requisiti acustici

D.1. Locali esaminati

La valutazione dei requisiti acustici passivi dell'intervento in esame viene effettuata su un campione di locali tipo. Tali locali sono stati individuati in base alle condizioni di maggiore criticità delle soluzioni tecniche.

In particolare, per quanto attiene alla verifica del potere fonoisolante apparente (rumori aerei tra ambienti interni, campione individuato in figure D1 e D2 con linee rosse), sono stati individuati i locali sia con maggiore superficie della parete di separazione tra unità immobiliari rispetto al volume del locale, sia in base alla diversa destinazione.

Inoltre è stato tenuto conto della diversità di soluzioni di accoppiamento tra parete di separazione e strutture laterali (soluzioni a T ed a croce).

Per quanto attiene invece alla verifica dell'isolamento acustico di facciata (campione individuato in figure D1 e D2 con linee blu), sono stati selezionati i locali avente maggiore superficie finestrata rispetto alla superficie complessiva della facciata e quelli che risultano meno protetti rispetto alla direzione di provenienza delle onde sonore.

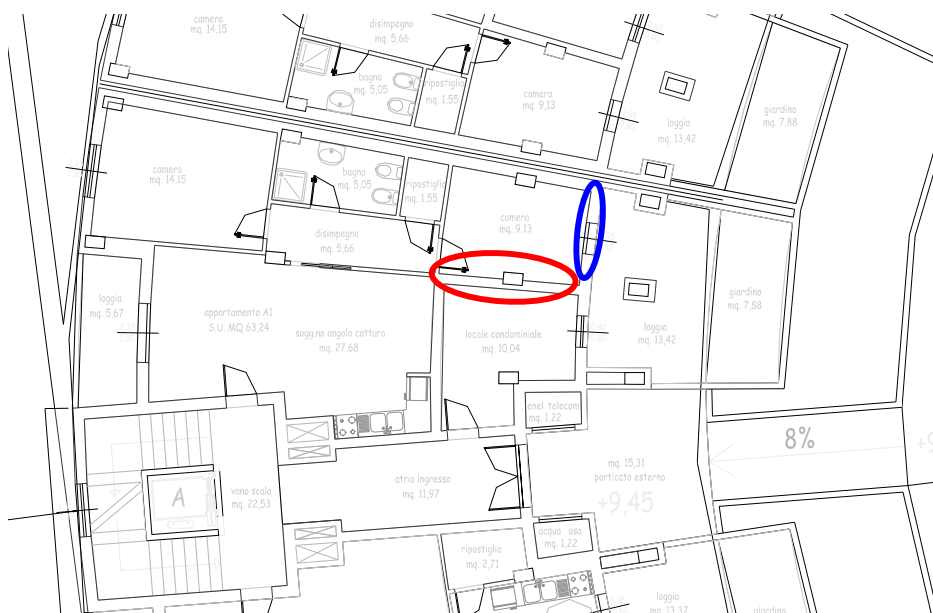


Figura D.1 – Locali tipo al piano terra

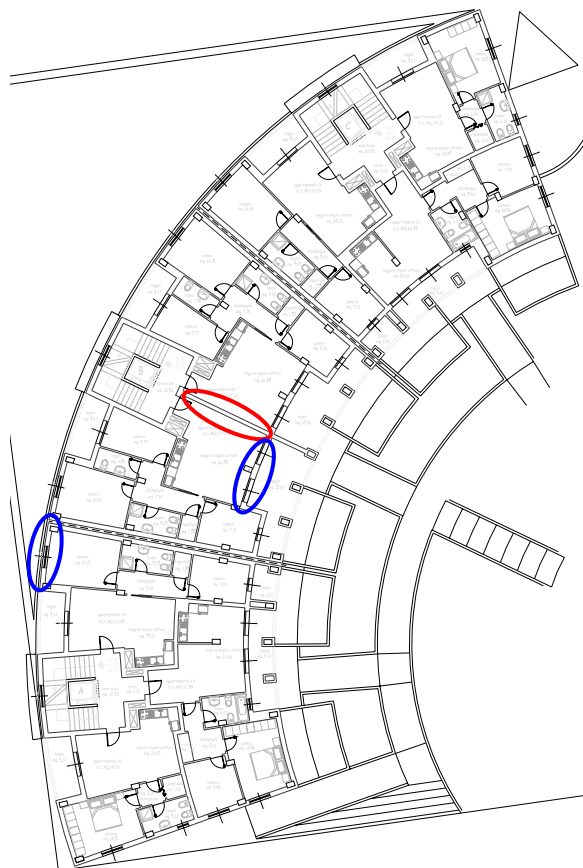
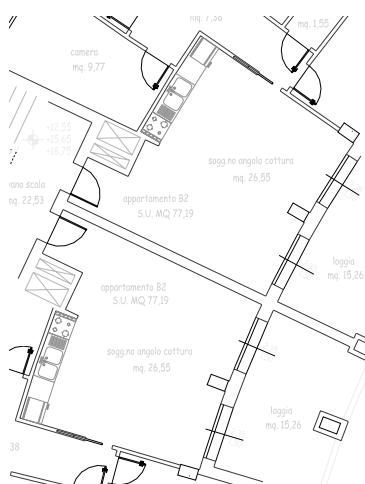


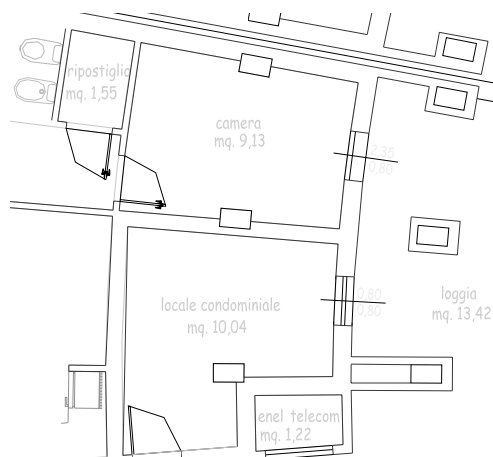
Figura D.2 – Locali al piano tipo

D.1.1 Locali campione per il potere fonoisolante apparente tra unità immobiliari distinte

A) partizione tra soggiorno pranzo di alloggi B2 al piano tipo ($S = 5,9 \times 2,7 \text{ m}^2$).



B) partizione tra camera da letto di alloggio A1 e locale condominiale al piano terra ($S = 3,44 \times 2,7 \text{ m}^2$).



D.1.2 Locali campione per l'isolamento acustico di facciata

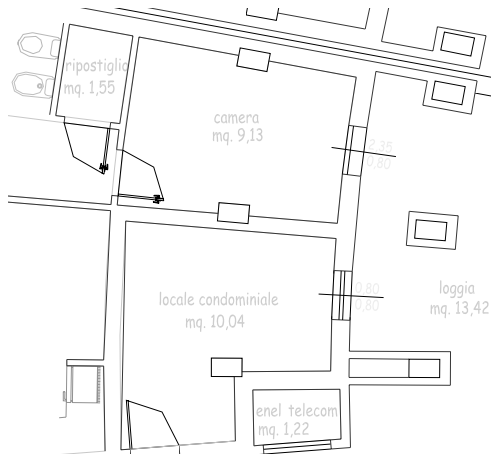
A) Locale camera da letto alloggio A1 al piano terra.

$$S_{\text{facc}} = 2,40 \times 2,7 \text{ m}^2$$

$$V = 9,13 \times 2,7 \text{ m}^3$$

$$S_{\text{fin}} = 2,35 \times 0,80 \text{ m}^2$$

$$\Delta L_{\text{fs}} = -1 \text{ dB}$$



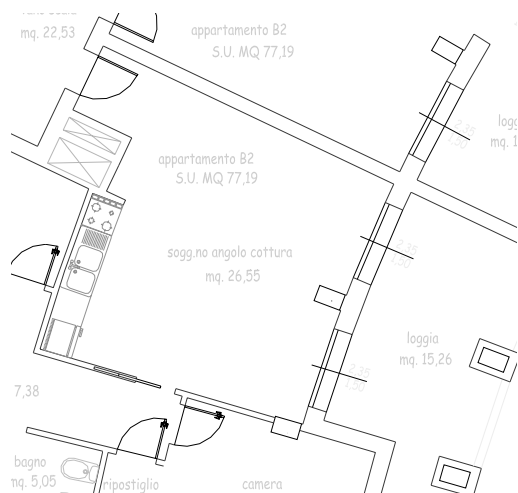
B) Locale soggiorno – angolo cottura di alloggio B2 al piano tipo.

$$S_{\text{facc}} = 4,7 \times 2,7 \text{ m}^2$$

$$V = 26,55 \times 2,7 \text{ m}^3$$

$$S_{\text{fin}} = 2 \times (2,35 \times 1,50) \text{ m}^2$$

$$\Delta L_{\text{fs}} = 0 \text{ dB}$$



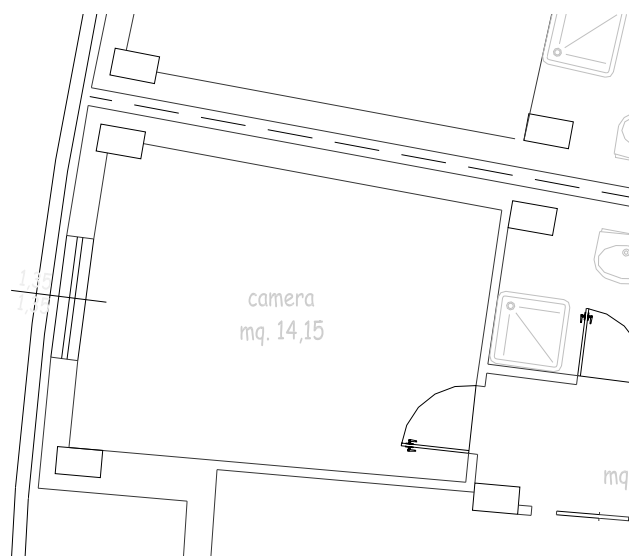
C) Locale camera da letto alloggio A4 al piano tipo.

$$S_{\text{facc}} = 3,3 \times 2,7 \text{ m}^2$$

$$V = 14,15 \times 2,7 \text{ m}^3$$

$$S_{\text{fin}} = 1,35 \times 1,35 \text{ m}^2$$

$$\Delta L_{\text{fs}} = 0$$

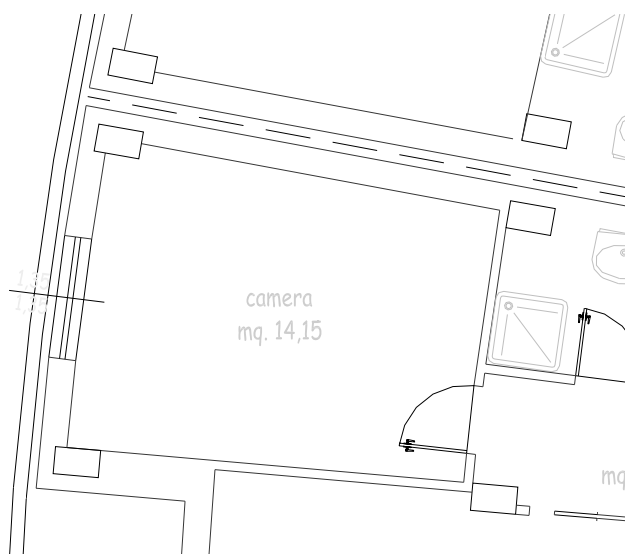


D.1.3 Partizioni campione per il livello di rumore da calpestio normalizzato.

Per la verifica del livello di rumore da calpestio normalizzato, data la tipologia dei solai e dei tramezzi interni agli alloggi, è sufficiente riferirsi ad un solo locale campione.

Infatti, le soluzioni per i tramezzi interni degli alloggi, uguali in tutti i casi, fanno sì che l'entità della trasmissione sonora laterale, valutata con il metodo descritto nei precedenti paragrafi, vari in modo trascurabile da un caso all'altro.

A) Solaio tra camera da letto alloggio A4 al piano tipo.



D.2 Verifica dei requisiti acustici passivi delle partizioni interne

La valutazione è effettuata mediante le relazioni analitiche riportate nella metodologia di calcolo illustrata nel paragrafo 1.3, per i locali precedentemente evidenziati.

Parete di separazione A

Descrizione della parete:

parete doppia composta da:

- tavolato in blocchi di laterizio alleggerito spessi 8 cm (8x25x25 cm), con 10 fori passanti, disposti con asse dei fori orizzontale, intonacata su ambo i lati con 1,5 cm di intonaco
- intercapedine riempita in lana di roccia spessa 5 cm e densa 40 kg/m³,
- tavolato in blocchi di laterizio alleggerito spessi 8 cm (8x25x25 cm) con 10 fori passanti, disposti con asse dei fori orizzontale, intonacata sul lato esterno con 1,5 cm di intonaco.

Descrizione della strutture laterali:

- Parete di facciata realizzata con doppio strato di blocchi in laterizio alleggerito spessi 12 cm;
- Parete di separazione interna costituita da forati in laterizio normale, dimensioni 8x25x25 cm, intonacata su entrambe le facce: massa superficiale $m' = 136 \text{ kg/m}^2$, spessore totale $s = 11 \text{ cm}$;
- Solai con travetti a traliccio (interasse 50 cm) e pignatte tipo A da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1 cm di intonaco all'intradosso: massa superficiale 340 kg/m²; spessore totale senza pavimento galleggiante $s = 25 \text{ cm}$.

Tipologia dei giunti con le strutture laterali

Giunto a croce con il solaio superiore, con il solaio inferiore e con il tramezzo laterale;

Giunto a T con la parete di facciata.

L'effetto della presenza del pavimento galleggiante nella riduzione della trasmissione sonora laterale viene trascurato.

Risultati dei calcoli:

Indice di valutazione del *potere fonoisolante*:

$$R_w = 57 \text{ dB}$$

Indice di valutazione del *potere fonoisolante apparente* secondo UNI EN ISO 717-1:

$$R'_w = 51 (-1,3; -3,7) \text{ dB (VERIFICA POSITIVA)}.$$

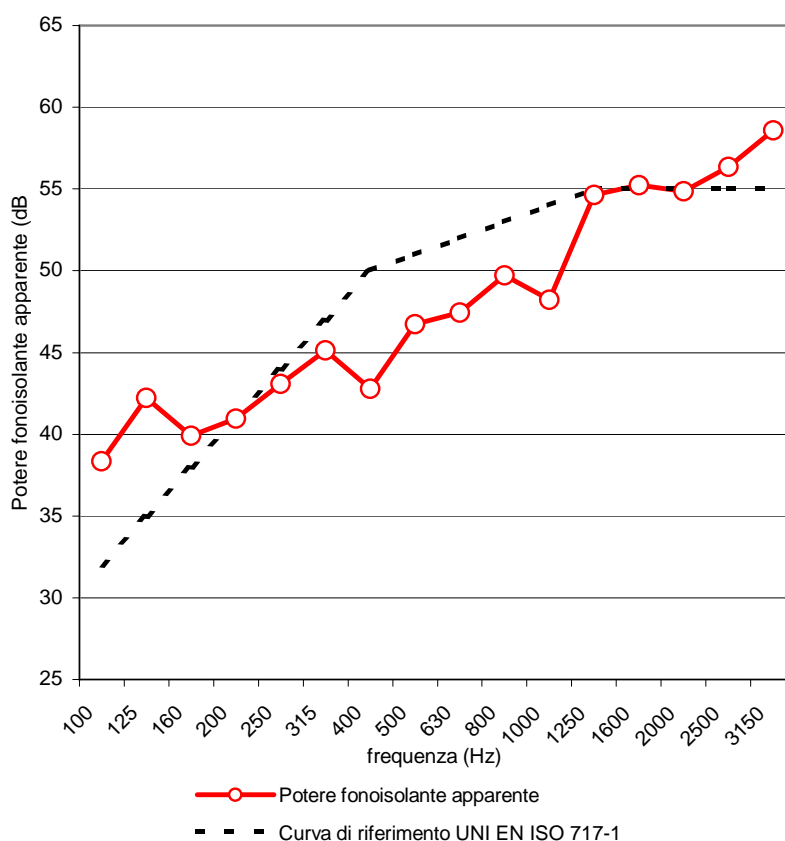
Rapporto di calcolo**Calcolo del potere fonoisolante apparente secondo
UNI EN ISO 12354 - 1**

Data della valutazione: 14 luglio 2007

Descrizione della parete: Parete realizzata con tavolato in tramezze in laterizio alleggerito Alveolater da 8 cm (8x45x25 cm) intonacato su ambo i lati; intercapedine di 5 cm riempita con lana di roccia Rockwool 40 kg/m³; tavolato in tramezze in laterizio alleggerito Alveolater da 8 cm (8x45x25 cm) intonacato sul lato esterno.

Descrizione della struttura laterali: Parete realizzata con tavolato in tramezze normali a 15 fori (12x25x25 cm) ed intonaco sul lato esterno (spessore intonaco 1,5 cm); intercapedine di 6 cm con lana di roccia da 5 cm (densità 50 kg/m³); tavolato in tramezze normali a 15 fori (12x25x25 cm) ed intonaco sul lato esterno (spessore intonaco 1,5 cm).; Solaio con travetti precompressi (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1,5 cm di intonaco all'intradosso.; Parete in mattoni forati da 8 cm (8 x 25 x 25), a fori orizzontali, foratura 60 %, intonacata con malta M3 con 1,5 di spessore su ambo i lati.; Solaio con travetti precompressi (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 16 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1,5 cm di intonaco all'intradosso.

frequenza (1/3 ott) (Hz)	R' (dB)
100	38.3
125	42.2
160	39.9
200	40.9
250	43.1
315	45.1
400	42.8
500	46.7
630	47.4
800	49.7
1000	48.2
1250	54.7
1600	55.2
2000	54.9
2500	56.3
3150	58.6

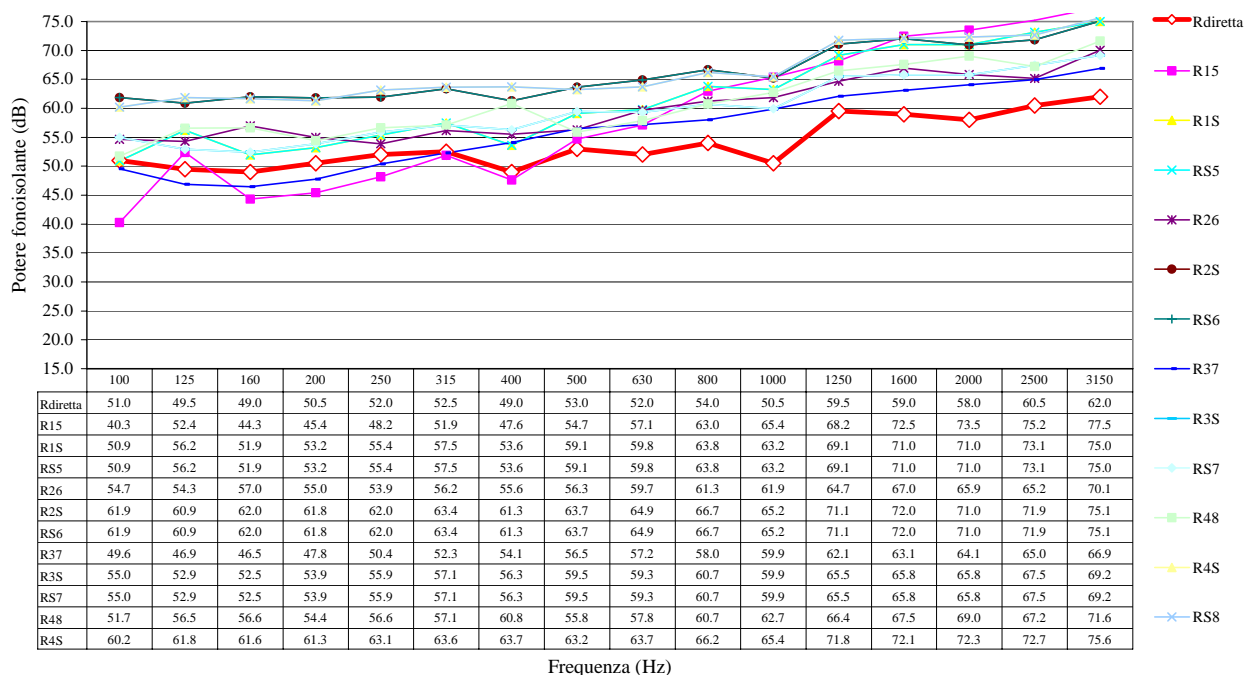
**Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente secondo UNI EN ISO 717-1: $R'_w = 51(-1.3; -3.7)$**

Valutazione basata su calcolo analitico effettuato secondo EN 12354 - 1, a partire da dati sperimentali di laboratorio

Laboratorio:

Committente:

Trasmissione laterale



Parete di separazione B

Descrizione della parete:

parete doppia composta da:

- tavolato in blocchi di laterizio alleggerito spessi 8 cm (8x25x25 cm), con 10 fori passanti, disposti con asse dei fori orizzontale, intonacata su ambo i lati con 1,5 cm di intonaco
- intercapedine riempita in lana di roccia spessa 5 cm e densa 40 kg/m³,
- tavolato in blocchi di laterizio alleggerito spessi 8 cm (8x25x25 cm) con 10 fori passanti, disposti con asse dei fori orizzontale, intonacata sul lato esterno con 1,5 cm di intonaco.

Descrizione delle strutture laterali:

- Parete di facciata realizzata con doppio strato di blocchi in laterizio alleggerito spessi 12 cm;
- Parete di separazione interna costituita da forati in laterizio normale, dimensioni 8x25x25 cm, intonacata su entrambe le facce: massa superficiale $m' = 136 \text{ kg/m}^2$, spessore totale $s = 11 \text{ cm}$;
- Solai con travetti a traliccio (interasse 50 cm) e pignatte tipo A da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1 cm di intonaco all'intradosso: massa superficiale 340 kg/m²; spessore totale senza pavimento galleggiante $s = 25 \text{ cm}$.

Tipologia dei giunti con le strutture laterali

Giunto a croce con il solaio superiore, con il solaio inferiore e con il tramezzo laterale;

Giunto a T con la parete di facciata.

L'effetto della presenza del pavimento galleggiante nella riduzione della trasmissione sonora laterale viene trascurato.

Risultati dei calcoli:

Indice di valutazione del *potere fonoisolante*:

$$R_w = 57 \text{ dB}$$

Indice di valutazione del *potere fonoisolante apparente* secondo UNI EN ISO 717-1:

$$R'w = 50 (-0,7; -3,1) \text{ dB (VERIFICA POSITIVA)}$$

Rapporto di calcolo**Calcolo del potere fonoisolante apparente secondo
UNI EN ISO 12354 - 1**

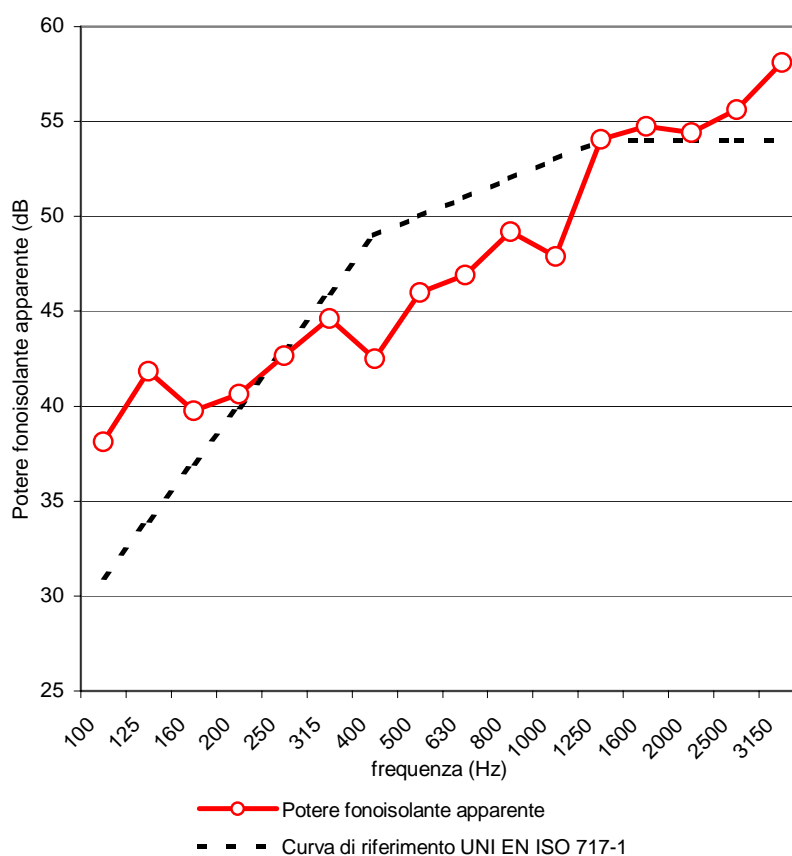
Data della valutazione: 14 luglio 2007

Descrizione della parete: Parete realizzata con tavolato in tramezze in laterizio alleggerito Alveolater da 8 cm (8x45x25 cm) intonacato su ambo i lati; intercapedine di 5 cm riempita con lana di roccia Rockwool 40 kg/m³; tavolato in tramezze in laterizio alleggerito Alveolater da 8 cm (8x45x25 cm) intonacato sul lato esterno.

Descrizione della struttura laterali: Parete realizzata con tavolato in tramezze normali a 15 fori (12x25x25 cm) ed intonaco sul lato esterno (spessore intonaco 1,5 cm); intercapedine di 6 cm con lana di roccia da 5 cm (densità 50 kg/m³); tavolato in tramezze normali a 15 fori (12x25x25 cm) ed intonaco sul lato esterno (spessore intonaco 1,5 cm).; Solaio con travetti precompressi (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1,5 cm di intonaco all'intradosso.; Parete in mattoni forati da 8 cm (8 x 25 x 25), a fori orizzontali, foratura 60 %, intonacata con malta M3 con 1,5 di spessore su ambo i lati.; Solaio con travetti precompressi (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 16 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1,5 cm di intonaco all'intradosso.

frequenza (1/3
ott) (Hz) R' (dB)

100	38.1
125	41.8
160	39.8
200	40.7
250	42.6
315	44.6
400	42.5
500	46.0
630	46.9
800	49.2
1000	47.9
1250	54.1
1600	54.8
2000	54.4
2500	55.6
3150	58.1

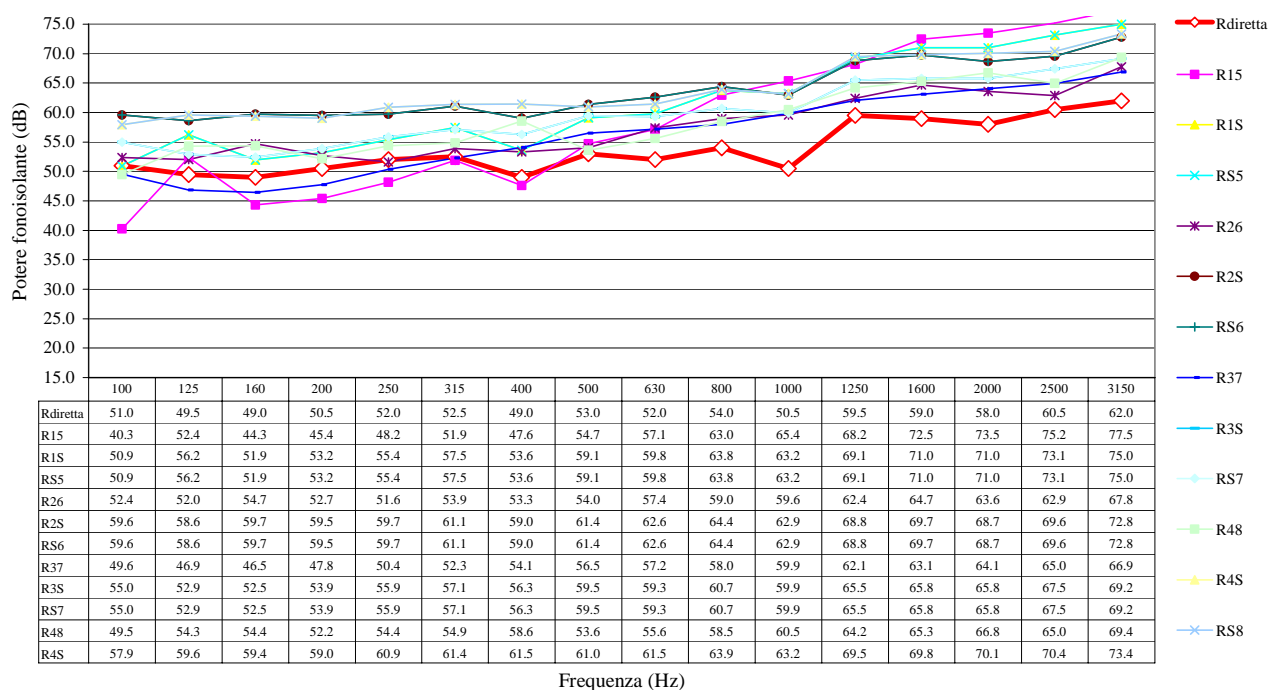
**Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente secondo UNI EN ISO 717-1: $R'w = 50(-0.7;-3.1)$**

Valutazione basata su calcolo analitico effettuato secondo EN 12354 - 1, a partire da dati sperimentali di laboratorio

Laboratorio:

Committente:

Trasmissione laterale



D.3 Verifica dei requisiti acustici passivi delle facciate

La valutazione è effettuata mediante le relazioni analitiche riportate nella metodologia di calcolo illustrata nel paragrafo 1.3.3.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante e dell'isolamento acustico dei vari componenti di facciata sono assunte pari a:

R_w (finestra) = 38 dB

R_w (cassonetto) = 38 dB (se presente)

$D_{n,w}$ (presa d'aria cucine) = 45 dB (se presente)

R_w (muratura) = 52 dB

Facciata A

Dati ambiente interno		
V (m³)	24,7	
S _{facc} (m²)	6,5	
Dati facciata		
	Superficie (m²)	R _w / D _{n,w} (dB)
Muratura	4,3	52
Finestra/e	1,9	38
Presa d'aria	-	-
Cassonetto	0,3	43
Globale	6,5	41,8
Differenza per forma della facciata (dB)	-1	
Contributo della trasmissione laterale (dB)	2	
D _{2m,nT,w} (dB)	40,8	
Valore di riferimento (D.P.C.M. 5/12/97) (dB)	40	

Risultati dei calcoli

D_{2m,nT,w} = 41 dB (VERIFICA POSITIVA).

Facciata B

Dati ambiente interno		
V (m ³)	71,7	
S _{facc} (m ²)	12,7	
Dati facciata		
	Superficie (m ²)	R _w (dB)
Muratura	5,1	52
Finestra/e	7,1	38
Presa d'aria	0,01	45
Cassonetto	0,9	43
Globale	12,7	37,7
Differenza per forma della facciata (dB)	0	
Contributo della trasmissione laterale (dB)	2	
D _{2m,nT,w} (dB)	40,0	
Valore di riferimento (D.P.C.M. 5/12/97) (dB)	40	

Risultati dei calcoli

D_{2m,nT,w} = 40 dB (VERIFICA POSITIVA).

Facciata C

Dati ambiente interno		
V (m ³)	38,2	
S _{facc} (m ²)	8,9	
Dati facciata		
	Superficie (m ²)	R _w (dB)
Muratura	6,7	52
Finestra/e	1,8	38
Presa d'aria	-	-
Cassonetto	0,4	43
Globale	8,9	42,0
Differenza per forma della facciata (dB)	0	
Contributo della trasmissione laterale (dB)	2	
D _{2m,nT,w} (dB)	43,6	
Valore di riferimento (D.P.C.M. 5/12/97) (dB)	40	

Risultati dei calcoli

D_{2m,nT,w} = 43 dB (VERIFICA POSITIVA).

D.4 Verifica dei requisiti acustici passivi dei solai

La valutazione è effettuata mediante le relazioni analitiche riportate nella metodologia di calcolo illustrata nel paragrafo 1.3.4.

I **solai grezzi** sono realizzati con travetti a traliccio (interasse = 50 cm) e pignatte tipo A da 20 cm con 4 cm di soletta in calcestruzzo e 1,5 cm di intonaco all'intradosso.

Il valore della massa superficiale di tali solai è pari a:

$$m' = 340 \text{ kg/m}^2.$$

Altre soluzioni analoghe a quella così descritta sono comunque ammesse, purché il valore della massa superficiale del solaio non sia inferiore a 250 kg/m².

Il valore dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio è pari a:

$$L_{n,w} = 164 - 35 \lg(340) = 75,5 \text{ (dB)}$$

Tale valore è superiore ai limiti massimi di legge.

Dall'esperienza di numerose misurazioni in opera relative a solai in laterocemento della tipologia descritta si è verificato che l'indice di valutazione del livello normalizzato di rumore da calpestio di tale solaio si attesta più frequentemente su valori di:

$$L_{n,w} = 80 \text{ dB}$$

Pertanto, nei calcoli che seguono si assume tale valore per il solaio nudo.

Deve pertanto essere posto in opera, in tutti i solai di separazione tra alloggi, un **pavimento galleggiante** come descritto in appendice A.

La frequenza di risonanza del sistema pavimento galleggiante – solaio è funzione della massa superficiale (m') del massetto – pavimentazione e della rigidità dinamica (s') dello strato elastico (polistirene spesso in media 2 cm).

Per $m' = 100 \text{ kg/m}^2$

$s' = 13 \text{ MN/m}^3$ (dati certificati presso il laboratorio di Fisica Ambientale per la Qualità Edilizia – Univ. Firenze),

si ha:

$$f_0 = 160 \sqrt{13 \left(\frac{1}{100} + \frac{1}{340} \right)} = 66 (\text{Hz})$$

L'indice di valutazione della differenza di livello da calpestio offerto da tale soluzione risulta pari a:

$$\Delta L_w = 30 \lg \left(\frac{500}{66} \right) = 26 (\text{dB})$$

Lo strato elastico dovrà essere continuo per tutta l'estensione del pavimento e risvoltare lungo il confine con le pareti laterali come specificato in appendice A.

Solaio A (tra camere da letto)

Determinazione del contributo per trasmissione laterale

Calcolo della massa superficiale media delle strutture laterali:

$$m'_L = (120 + 120 + 120 + 200)/4 = 140 \text{ kg/m}^2$$

Calcolo del contributo per trasmissione laterale

		Massa superficiale media delle strutture laterali (kg/m^2)								
		100	150	200	250	300	350	400	450	500
massa superficiale del solaio (kg/m^2)	100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
	250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
	300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
	350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
	400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
	450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
	500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
	600	5	4	3	2	2	1	1	1	1

Si assume pertanto, a livello cautelativo:

$$K = 4 \text{ dB}$$

Determinazione del livello normalizzato di rumore da calpestio

$$L'_{nT,w} = 80 + 4 \text{ dB} - 26 = 58 < 63 \text{ (VERIFICA POSITIVA)}$$