

INTERVENTI DI RIPRISTINO NEL CASO DI DIFETTI DI POSA IN OPERA

Pelucchi Francesco Antonio (1)

1) Studio Pelucchi, Perugia

1. Introduzione

In questo lavoro si riportano i risultati di 3 indagini sperimentali finalizzate a risolvere problemi di mancato soddisfacimento dei requisiti acustici passivi degli edifici previsti dal D.P.C.M. 5/12/97, riscontrati in fase di collaudo in appartamenti di civile abitazione.

Nel primo caso di studio è stato preso in considerazione un solaio dove l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato è risultato superiore al limite di legge. Il secondo caso ha riguardato la misura in opera dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di una parete monolitica posta tra due distinte unità immobiliari in quattro diverse configurazioni: 1) parete contro placcata; 2) parete con intonaci e una lastra di cartongesso; 3) parete con controparete leggera a singola lastra di cartongesso; 4) parete con controparete leggera a doppia lastra di cartongesso. Nel terzo caso di studio è stato verificato l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione di una facciata, preventivamente calcolato in un progetto acustico.

Vengono di seguito illustrati i risultati ottenuti nelle tre diverse sperimentazioni che hanno portato, dopo opportuni interventi, anche di tipo demolitivo, al rispetto dei rispettivi indici.

2. Modalità dei rilievi

2.1 Solaio tra due distinte unità immobiliari

2.1.1 Ambiente di prova, posizioni del microfono e della macchina per il calpestio

L'ambiente di prova è costituito da due locali sovrapposti. Il locale superiore è detto "camera emittente" ed è il locale nel quale è stata posta la macchina per il calpestio, mentre quello inferiore è definito "camera ricevente".

Il rumore di calpestio è stato prodotto dal generatore di calpestio normalizzato posto in quattro posizioni diverse secondo quanto previsto dalla UNI EN ISO 140-7.

Per ogni posizione della macchina del calpestio si sono prese in considerazione 6 posizioni del microfono fisso distribuite su tutto l'insieme del volume disponibile nella camera ricevente.

Il calcolo dell'indice unico è stato determinato, secondo quanto prescritto dalla UNI EN ISO 717-2, tra 100 Hz e 3150 Hz.

2.1.2 Elaborazione dei dati

Una volta misurato il livello di pressione sonora di calpestio L_i , questo è stato modificato da un fattore di correzione per avere il livello di pressione sonora da calpestio normalizzato L'_n secondo la seguente formula:

$$(1) \quad L'_n = L_i + 10 \log \frac{A}{A_0} \quad [\text{dB}]$$

dove:

A_0 = area di assorbimento acustico di riferimento, pari a 10 m^2 ;

A = area di assorbimento acustico equivalente della camera ricevente [m^2].(*)

2.2 Parete interna posta tra due distinte unità immobiliari

2.2.1 Ambiente di prova, posizioni del microfono e della sorgente omnidirezionale

L'ambiente di prova è costituito da due locali che hanno in comune la partizione da testare. Il locale dove è posta la sorgente sonora è detto "camera emittente" mentre quello in cui vengono misurati i livelli di pressione sonora in ricezione è detto "camera ricevente".

Sono state individuate 2 posizioni del diffusore acustico secondo quanto previsto dalla UNI EN ISO 140-4. Per ogni posizione della sorgente omnidirezionale si sono prese in considerazione 6 posizioni del microfono fisso distribuite su tutto l'insieme del volume disponibile sia nella camera emittente che in quella ricevente. Il calcolo dell'indice unico è stato determinato, secondo quanto prescritto dalla UNI EN ISO 717-1, tra 100 Hz e 3150 Hz.

2.2.2 Elaborazione dei dati

Una volta misurati i livelli di pressione sonora sia nell'ambiente ricevente (L_2) che nell'ambiente emittente (L_1) è stato valutato l'isolamento acustico $D = L_1 - L_2$ per ogni banda di frequenza in terzi di ottava. Questo è stato modificato da un fattore di correzione espresso in decibel per avere il potere fonoisolante apparente secondo la seguente formula:

$$(2) \quad R' = D + 10 \log \frac{S}{A} \quad [\text{dB}]$$

Dove:

D è l'isolamento acustico [dB];

S è l'area dell'elemento divisorio [m^2];

A è l'area di assorbimento acustico equivalente della camera ricevente [m^2].(*)

2.3 Parete di facciata

2.3.1 Ambiente di prova, posizioni dei microfoni e dell'altoparlante

La determinazione dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione di una facciata è stato fatto utilizzando il metodo globale con altoparlante. La sorgente di rumore è stata posizionata a terra ad una

distanza d dalla facciata, con un angolo d'incidenza del suono uguale a $(45^\circ \pm 5^\circ)$, rispettando quanto previsto dalla UNI EN ISO 140-5.

Il livello di pressione sonora misurato dalla posizione del ricevitore posto nell'ambiente esterno, al centro della facciata, a 2 m di distanza dalla stessa, è indicato come $L_{1,2m}$. Contemporaneamente, utilizzando il secondo canale della strumentazione, si è misurato il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente L_2 operando una media tra i valori trovati nelle 6 posizioni ripartite uniformemente nello spazio disponibile.

Il calcolo dell'indice unico è stato determinato, secondo quanto prescritto dalla UNI EN ISO 717-1, tra 100 Hz e 3150 Hz.

2.3.2 Elaborazione dei dati

Una volta misurati i livelli di pressione sonora sia nell'ambiente ricevente (L_2) che nell'ambiente esterno ($L_{1,2m}$) è stato valutato l'isolamento acustico $D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$ per ogni banda di frequenza in terzi di ottava. Questo viene modificato da un fattore di correzione espresso in decibel per avere l'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, secondo la seguente formula:

$$(3) \quad D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

dove:

D_{2m} è l'isolamento acustico [dB];

T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente [s];

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento; per le abitazioni $T_0 = 0,5$ [s].

(*) Per il calpestio e la parete divisoria interna, l'area equivalente di assorbimento acustico (A) è stata valutata a partire dal tempo di riverberazione utilizzando la formula di Sabine:

$$(4) \quad A = \frac{0,16V}{T} \quad [\text{m}^2]$$

dove:

V = volume della camera ricevente [m^3]

T = tempo di riverberazione [s].

Sono state effettuate 6 misurazioni di decadimento per ciascuna banda di frequenza per terzi d'ottava in un intervallo compreso tra 100 e 3150 Hz. In tutti i casi di studio si è determinato il livello di rumore di fondo nella camera ricevente al fine di valutare la differenza tra il segnale ricevuto e il rumore di fondo stesso. Nel caso in cui tale differenza fosse minore di 10 dB si applica la seguente relazione:

$$(5) \quad L = 10 \log(10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10}) \quad [\text{dB}]$$

dove:

L è il livello corretto del segnale [dB];

L_{sb} è il livello combinato del segnale e del rumore di fondo [dB];

L_b è il livello del rumore di fondo [dB].

Nel caso in cui la differenza dei livelli è minore o uguale a 6 dB in qualsiasi banda di frequenza, si applica la correzione di 1,3 dB.

3. Strumentazione utilizzata

Le misure e la successiva elaborazione dei risultati sono state eseguite utilizzando la seguente strumentazione:

- ❑ Sistema Symphonie bicanale 01dB
- ❑ Capsula microfonica MICROTECH GEFEL tipo MK 250
- ❑ Capsula microfonica GRAS tipo 40AQ
- ❑ Macchina per calpestio normalizzata 2 Zeta
- ❑ Sorgente di rumore direzionale Opera Lyric mod. 412
- ❑ Sorgente di rumore dodecaedrica Look Line mod.D301
- ❑ Sorgente di rumore impulsiva
- ❑ Calibratore Aclan CAL01

4. Primo caso di studio

4.1 Descrizione del solaio

La partizione orizzontale è costituita da intonaco intradosso in malta cementizia 1,5 cm, solaio in laterocemento 24+4 cm, impianti tecnici annegati nel massetto alleggerito 10 cm, pannelli in granuli di gomma riciclata agglomerati con resine poliuretaniche 0,4 cm, massetto in sabbia e cemento 3,5÷4,5 cm, pavimento in gres porcellanato 1 cm, battiscopa in ceramica appoggiato su fascia perimetrale in gomma spessore 0,2 cm.

Nella figura 1 sono indicati il locale emittente e quello ricevente della partizione testata.

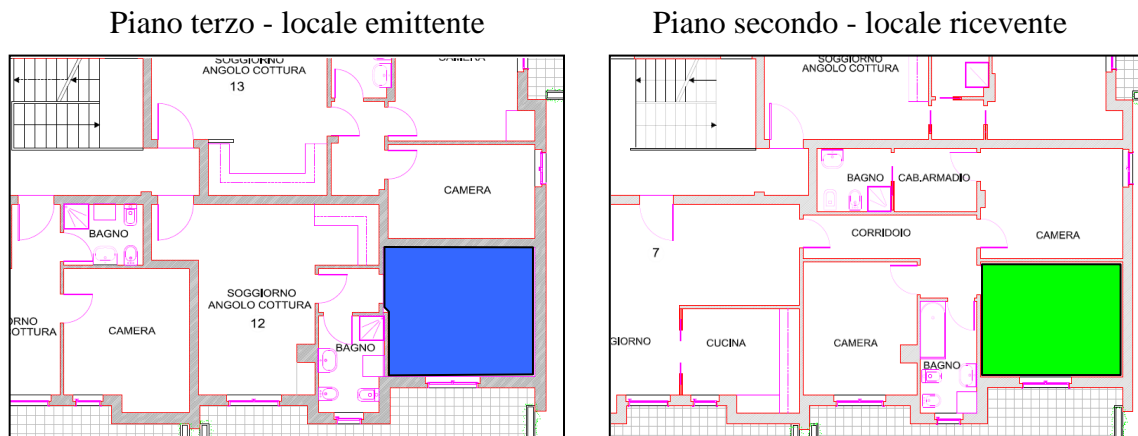


Fig. 1 – Planimetrie dei piani terzo e secondo con indicazione del locale emittente e del ricevente



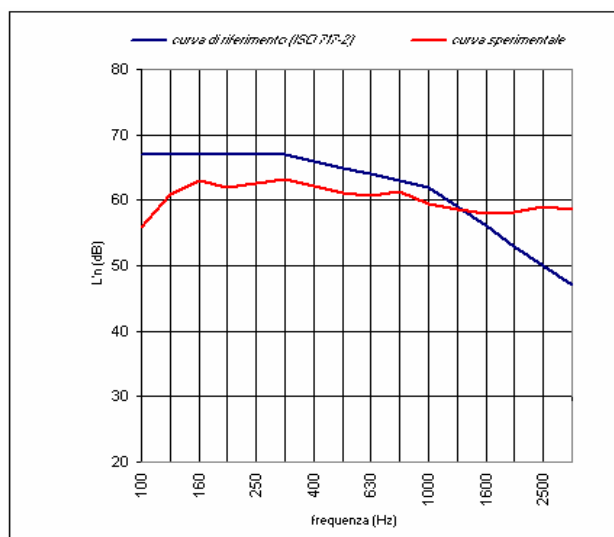
Fig. 2 - Vista del locale emittente e del ricevente

Area del solaio di prova: $14,9 \text{ m}^2$
 Volume dell'ambiente ricevente: $35,8 \text{ m}^3$

4.2 Risultati delle misurazioni del primo collaudo

Il grafico di sintesi con la curva del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato L'_n e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-2, necessaria per l'individuazione del valore unico $L'_{n,w}$, è riportato in figura 3.

Frequenza f (Hz)	L'_n 1/3 ottava (dB)
50	-
63	-
80	-
100	55,9
125	61,0
160	63,0
200	61,9
250	62,6
315	63,1
400	62,1
500	61,0
630	60,6
800	61,4
1000	59,5
1250	58,7
1600	57,9
2000	58,1
2500	59,1
3150	58,6
4000	-
5000	-



Valutazione secondo la UNI EN ISO 717-2:

$L'_{n,w} = 65 \text{ dB}$

$C_1 = -7 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Fig. 3 – Valori di L'_n e $L'_{n,w}$ ottenuti nel primo collaudo

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$ ottenuto dalle misure in opera (**65 dB**) non è risultato conforme a quanto richiesto dal

D.P.C.M. 5/12/97. Infatti tale valore è superiore al limite massimo di legge (63 dB) previsto per gli edifici di categoria A “edifici adibiti a residenza o assimilabili”.

4.3 Risultati delle misurazioni del secondo collaudo

Successivamente, su indicazione del sottoscritto, il responsabile di cantiere ha fatto togliere parte del pavimento in prossimità della soglia della porta finestra della camera emittente, per una larghezza di circa 20 cm e una lunghezza di circa 130 cm (Fig. 4), asportando sia il pavimento in gres porcellanato che il massetto in sabbia e cemento. In questo modo si è potuto accertare la non corretta posa in opera della fascia acustica perimetrale desolidarizzante (non era presente tra le mattonelle e la soglia della porta finestra).



Fig. 4 – Particolare del pavimento con massetto asportato

Il grafico di sintesi con la curva del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato L'_n e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-2, necessaria per l'individuazione del valore unico $L'_{n,w}$, è riportata in figura 5.

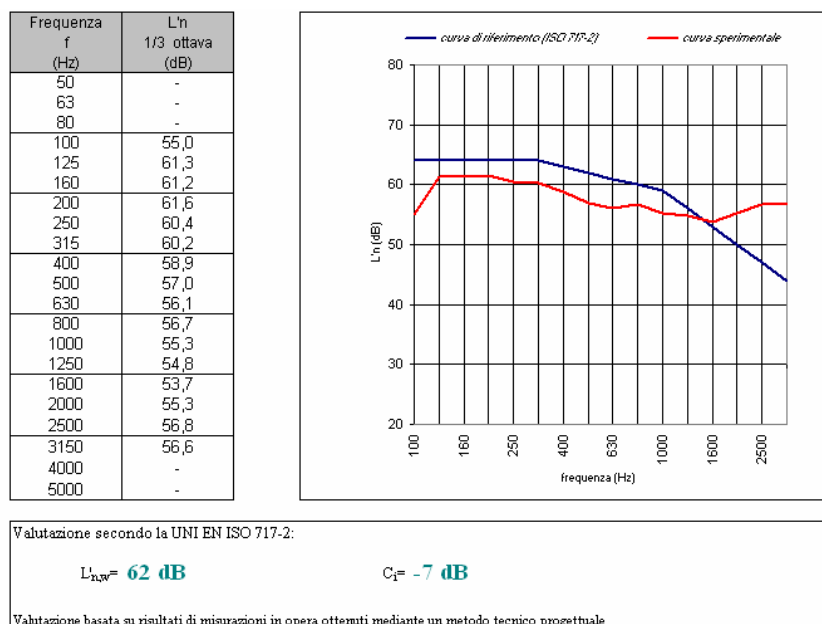


Fig. 5 – Valori di L'_n e $L'_{n,w}$ ottenuti nel secondo collaudo

Dopo l'asportazione di una parte del pavimento in prossimità della soglia della porta finestra della camera emittente, l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$ ottenuto dalle misure in opera (**62 dB**) è risultato inferiore di 3 dB rispetto alla situazione iniziale e, pertanto, conforme a quanto richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97.

4.4 Risultati delle misurazioni del terzo collaudo

Infine è stata posta in opera correttamente la fascia perimetrale desolidarizzante, a contatto con la soglia della porta finestra, si è ricostruito il massetto ed è stata incollata la pavimentazione (Fig. 6).

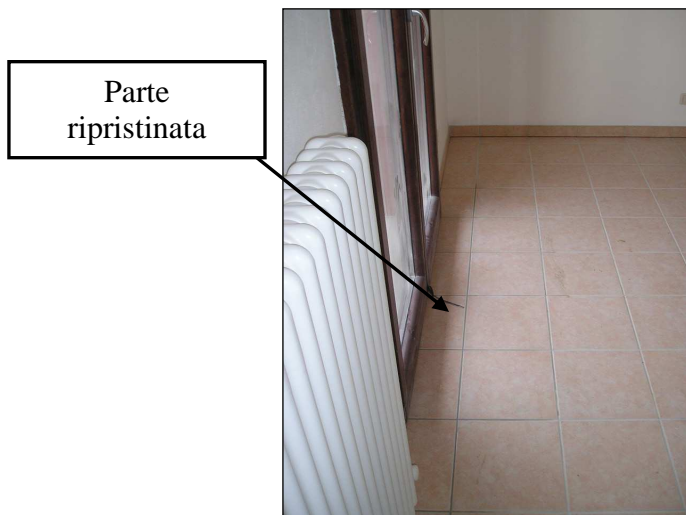


Fig. 6 – Particolare del pavimento con massetto ripristinato

Il grafico di sintesi con la curva del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato L'_n e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-2, necessaria per l'individuazione del valore unico $L'_{n,w}$, è riportata in fig. 7.

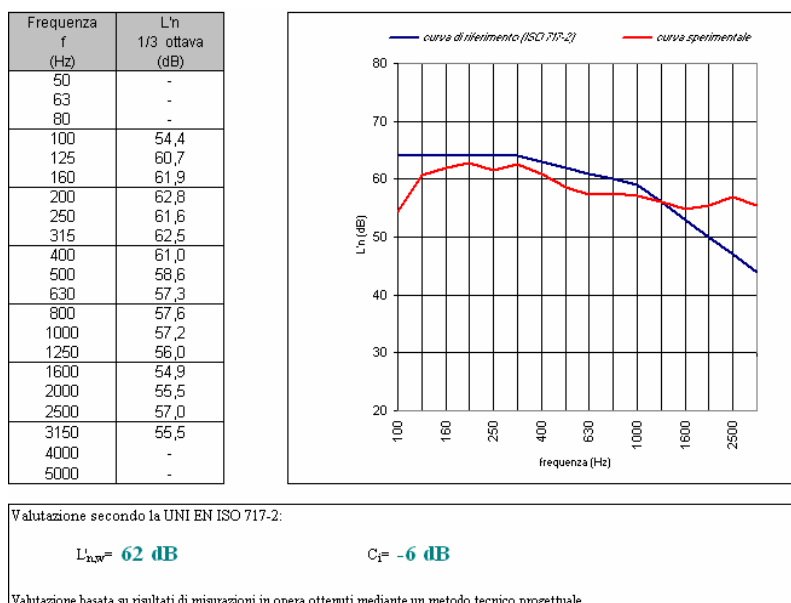


Fig. 7 – Valori di L'_n e $L'_{n,w}$ ottenuti nel terzo collaudo

Dopo il ripristino della parte di pavimento precedentemente asportata in prossimità della soglia della porta finestra della camera emittente, l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$ ottenuto dalle misure in opera (**62 dB**) è risultato conforme a quanto richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97.

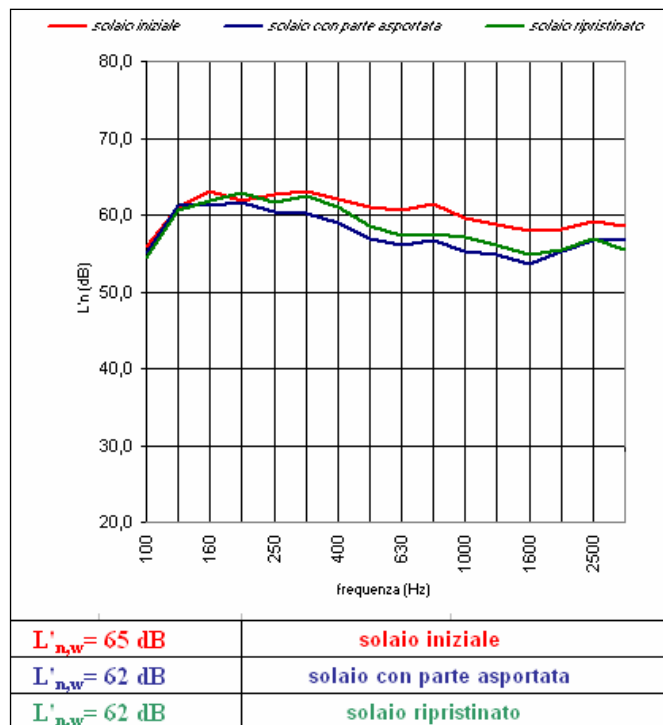


Fig. 8 – Confronto dei livelli normalizzati misurati nelle tre diverse configurazioni

5. Secondo caso di studio

5.1 Descrizione della parete divisoria

La partizione verticale posta tra due distinte unità immobiliari (separazione di due camere matrimoniali) per la quale è stato richiesto il collaudo era costituita da (vedi Fig. 9):

- 1 pannello in cartongesso da 1,25 cm accoppiato ad un pannello in fibra di legno da 2 cm;
- 2 intonaco da 2 cm;
- 3 blocco in laterizio alleggerito poroton serie P600 30x25x19, spessore 30 cm;
- 4 intonaco da 2 cm;
- 5 pannello in cartongesso da 1,25 cm.

Nella configurazione iniziale il pannello in cartongesso accoppiato a quello in fibra di legno è stato incollato all'intonaco della parete tramite colla uniformemente distribuita su tutta la superficie e fissato con tasselli ad espansione (contro-placcaggio), mentre sulla faccia opposta della parete il pannello semplice in cartongesso è stato solamente incollato.

Il solaio sottostante e sovrastante (copertura dell'edificio) è stato realizzato in laterocemento 20+4 cm. Si evidenzia la presenza di trave in calcestruzzo sia sotto che sopra la

parete divisoria. La parete perimetrale è in laterizio alleggerito poroton dello spessore di 30 cm. I pavimenti di ambedue le camere matrimoniali sono stati realizzati con doppio massetto e guaina resiliente (pavimento galleggiante). Sono inoltre presenti n. 5 scatole portafrutto sia sul lato emittente che su quello ricevente.

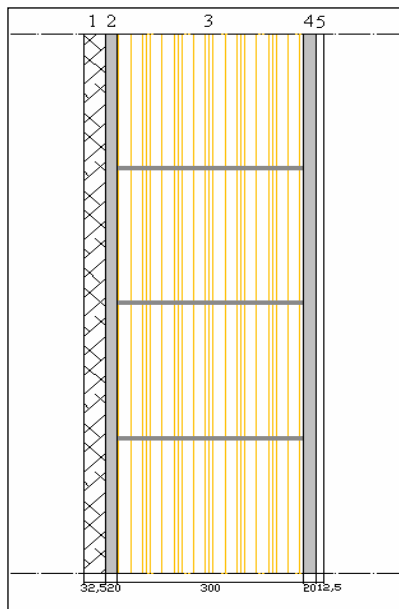


Fig. 9 – Stratigrafia parete iniziale

Fig. 10 – Parete divisoria durante la realizzazione

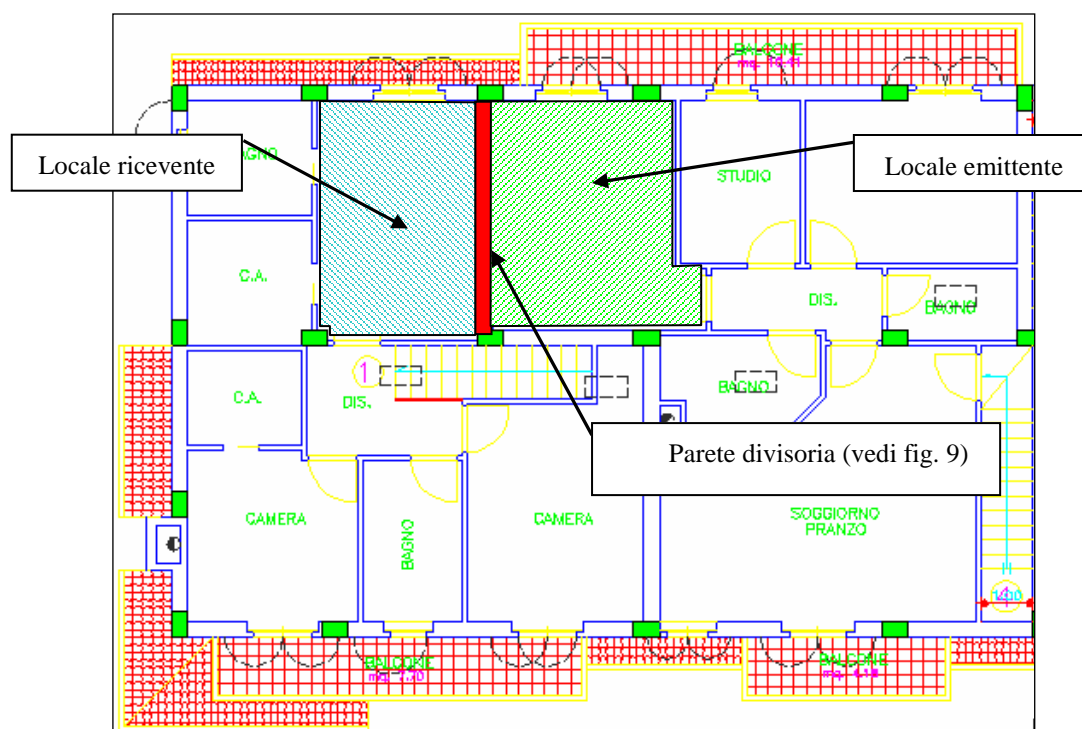


Fig. 11 – Planimetria del piano primo con l'indicazione della partizione verticale testata

Volume dell'ambiente emittente: 47,5 m³
 Superficie della parete di prova: 13,2 m²
 Volume dell'ambiente ricevente: 42,2 m³
 Spessore totale della parete: 38,5 cm



Fig. 12 – Locale emittente e locale ricevente

5.2 Risultati delle misurazioni del primo collaudo: parete contro-placcata

Il grafico di sintesi con la curva del potere fonoisolante R' e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1 necessaria per l'individuazione del valore unico di R'_w è riportato in figura 12.

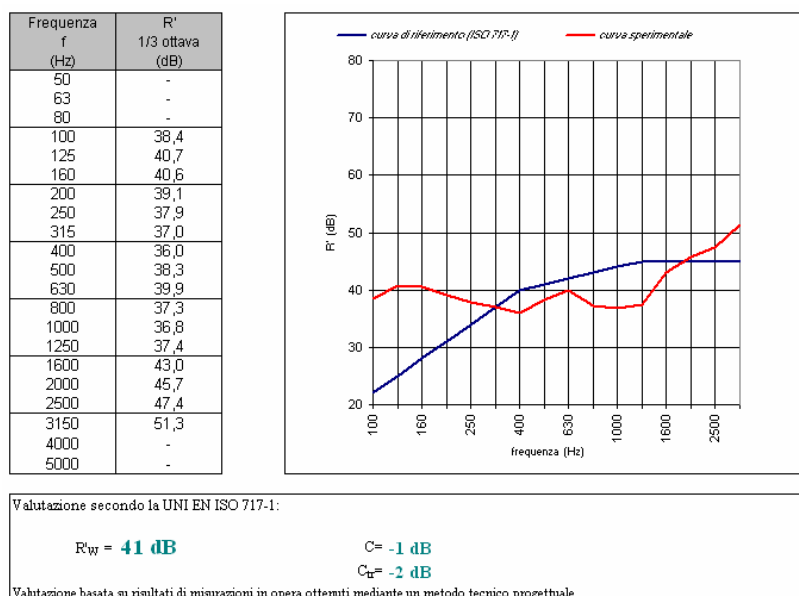


Fig. 12 – Valori di R' e R'_w ottenuti nel primo collaudo

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w ottenuto dalle misure in opera (**41 dB**) non è conforme a quanto richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97. Infatti tale valore è inferiore al limite minimo di legge (50 dB) previsto per gli edifici di categoria A “edifici adibiti a residenza o assimilabili”.

5.3 Risultati delle misurazioni del secondo collaudo: parete contro-placcata Inversione camera emittente – camera ricevente

Il secondo collaudo è stato effettuato sulla stessa parete, nella configurazione iniziale contro-placcata, ma invertendo la camera ricevente con quella emittente.

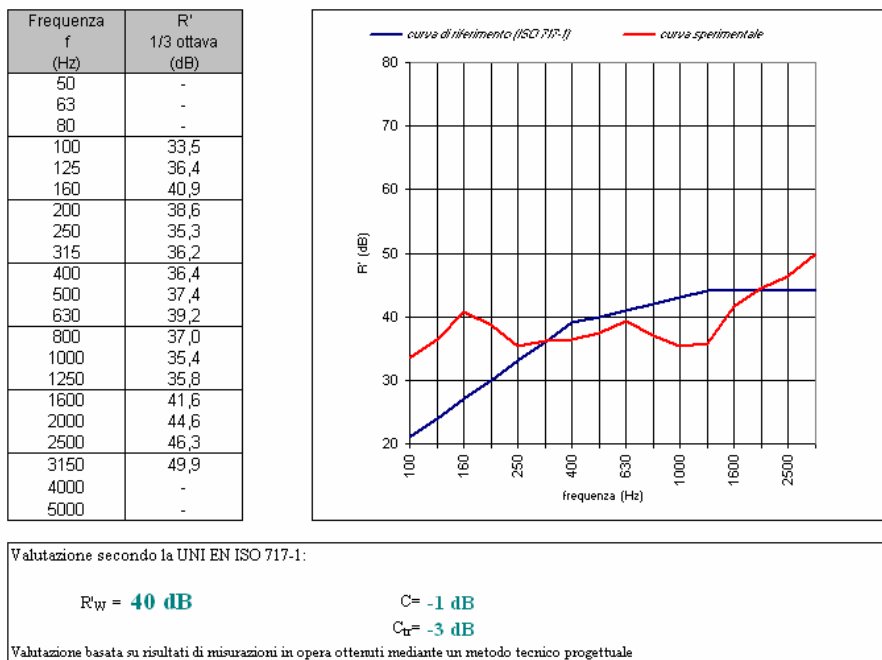


Fig. 13 – Valori di R' e R'_w ottenuti nel secondo collaudo

5.4 Risultati delle misurazioni del terzo collaudo: parete senza il contro-placcaggio

Dal calcolo teorico è emerso che lo strato addizionale costituito dal pannello in cartongesso da 1,25 cm accoppiato ad un pannello in fibra di legno da 2 cm incollato direttamente sulla parete monolitica può comportare una riduzione dell'indice del potere fonoisolante anziché un incremento. Per tale motivo, su indicazione del sottoscritto, è stato rimosso il contro-placcaggio. Nelle figure. 14 e 15 sono riportate la stratigrafia della nuova parete e la superficie del lato emittente privo di contro placcaggio.

Il grafico di sintesi con la curva del potere fonoisolante R' e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1 necessaria per l'individuazione del valore unico di R'_w è riportato in figura 16.

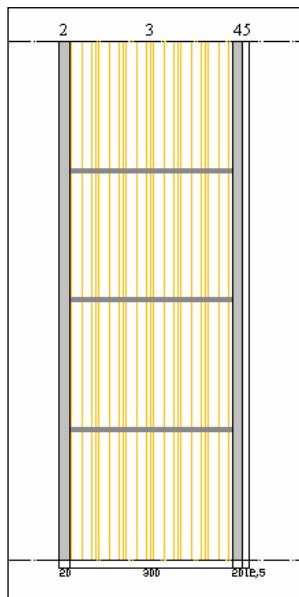


Fig. 14 – Stratigrafia parete senza contro-placcaggio

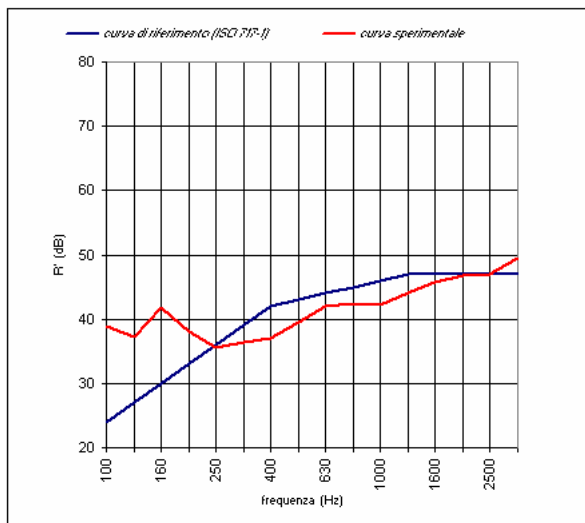


Fig. 15 – Vista parete dopo la rimozione del contro-placcaggio

Spessore totale parete: 35,25 cm

Si rileva la presenza di n. 5 scatole portafrutto sia sul lato emittente che su quello ricevente.

Frequenza f (Hz)	R' 1/3 ottava (dB)
50	-
63	-
80	-
100	38,8
125	37,3
160	41,8
200	38,0
250	35,7
315	36,3
400	37,1
500	39,4
630	41,9
800	42,5
1000	42,1
1250	44,1
1600	45,7
2000	46,9
2500	46,9
3150	49,5
4000	-
5000	-



Valutazione secondo la UNI EN ISO 717-1:

$R_w = 43 \text{ dB}$ $C = 0 \text{ dB}$
 $C_u = -2 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Fig. 16 – Valori di R' e R'_w ottenuti nel terzo collaudo

5.5 Risultati delle misurazioni del quarto collaudo: parete con controparete leggera a singola lastra di cartongesso

La fase successiva è stata quella di progettazione e calcolo di una controparete in cartongesso con interposto un pannello in lana di vetro. Nelle figure 17 e 18 sono riportate la stratigrafia della nuova parete e la superficie con controparete.

Dopo la realizzazione della controparete leggera ad una lastra in cartongesso si è proceduto nuovamente all’effettuazione di misure strumentali.

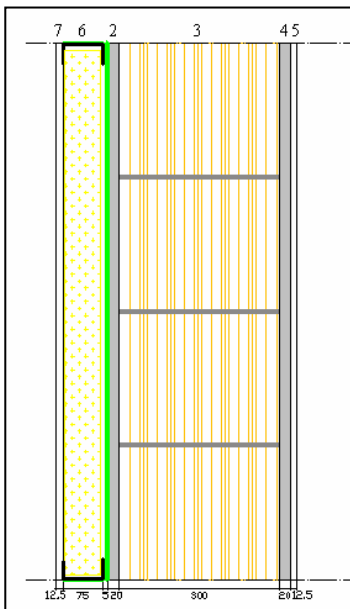


Fig. 17 – Stratigrafia parete con controparete leggera



Fig. 18 – Vista controparete (una lastra di cartongesso)

Spessore totale parete: 44,5 cm

Si evidenzia la presenza di n. 5 scatole portafrutto solo sul lato ricevente.

Il grafico di sintesi con la curva del potere fonoisolante R' e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1 necessaria per l'individuazione del valore unico di R'_w è riportato in figura 19.

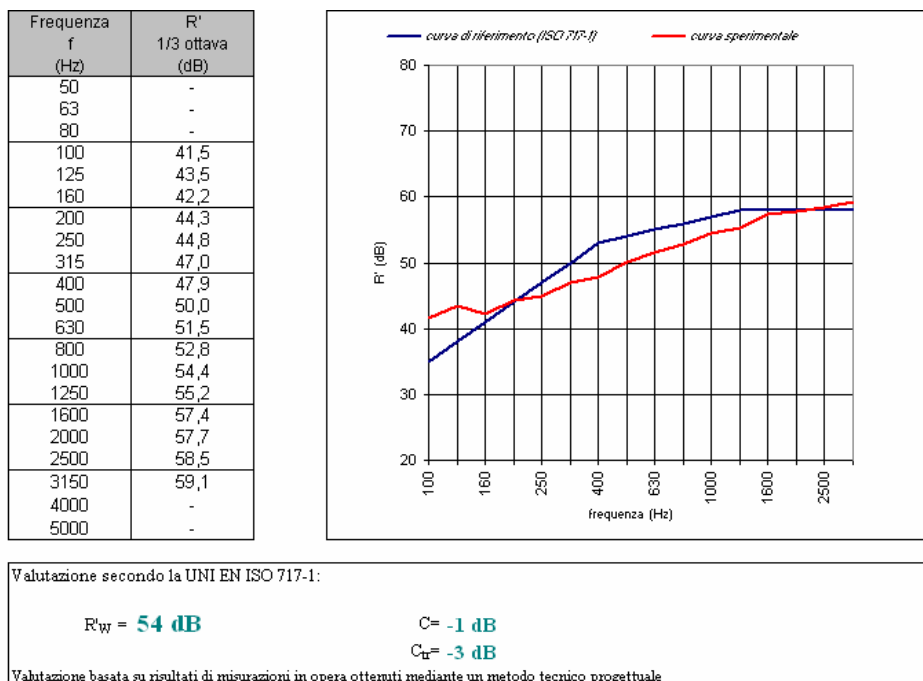


Fig. 19 – Valori di R' e R'_w ottenuti nel quarto collaudo

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w ottenuto dalle misure in opera (**54 dB**) è conforme a quanto richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97.

5.6 Risultati delle misurazioni del quinto collaudo: parete con controparete leggera con una lastra di cartongesso e seconda lastra di cartongesso preaccoppiata con una lamina di gomma-piombo da 2,5 mm

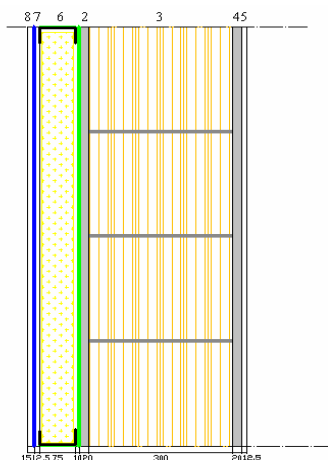


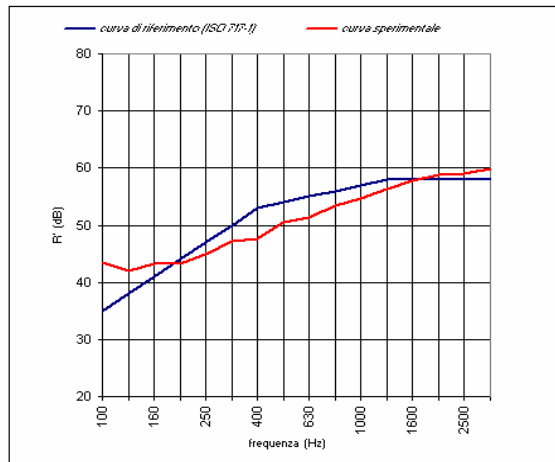
Fig. 17 – Stratigrafia parete con controparete leggera



Fig. 18 – Vista controparete (due lastre di cartongesso)

Spessore totale parete: 44,5 cm
 Si rileva la presenza di n. 5 scatole portafrutto solo sul lato ricevente.

Frequenza f (Hz)	R' 1/3 ottava (dB)
50	-
63	-
80	-
100	43,5
125	42,1
160	43,3
200	43,3
250	44,9
315	47,2
400	47,7
500	50,4
630	51,4
800	53,4
1000	54,7
1250	56,3
1600	57,9
2000	58,8
2500	59,0
3150	59,9
4000	-
5000	-

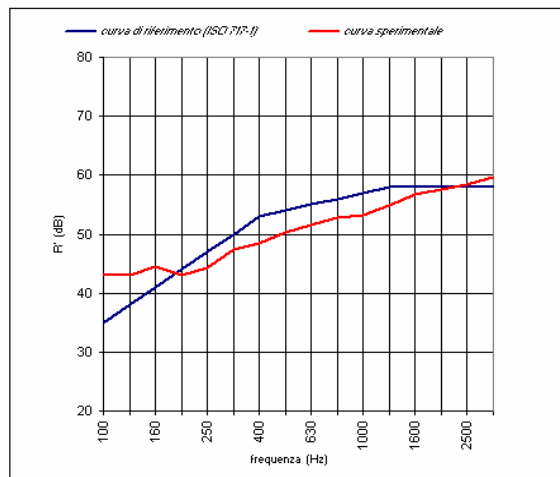


Valutazione secondo la UNI EN ISO 717-1:
 $R'_{w} = 54 \text{ dB}$ $C = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr} = -3 \text{ dB}$
 Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Fig. 19 – Valori di R' e R'_w ottenuti nel quinto collaudo

5.7 Risultati delle misurazioni del sesto collaudo: parete con controparete leggera con una lastra di cartongesso e seconda lastra di cartongesso preaccoppiata con una lamina di gomma-piombo da 2,5 mm. Inversione camera emittente – camera ricevente

Frequenza f (Hz)	R' 1/3 ottava (dB)
50	-
63	-
80	-
100	43,4
125	43,0
160	44,5
200	43,0
250	44,3
315	47,3
400	48,4
500	50,4
630	51,5
800	52,8
1000	53,3
1250	54,9
1600	56,7
2000	57,7
2500	58,3
3150	59,6
4000	-
5000	-



Valutazione secondo la UNI EN ISO 717-1:
 $R'_{w} = 54 \text{ dB}$ $C = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr} = -3 \text{ dB}$
 Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Fig. 20 – Valori di R' e R'_w ottenuti nel sesto collaudo

Nel seguente grafico riepilogativo si riportano gli andamenti delle 6 curve determinate nelle diverse configurazioni e gli indici di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w con valori interi e decimali:

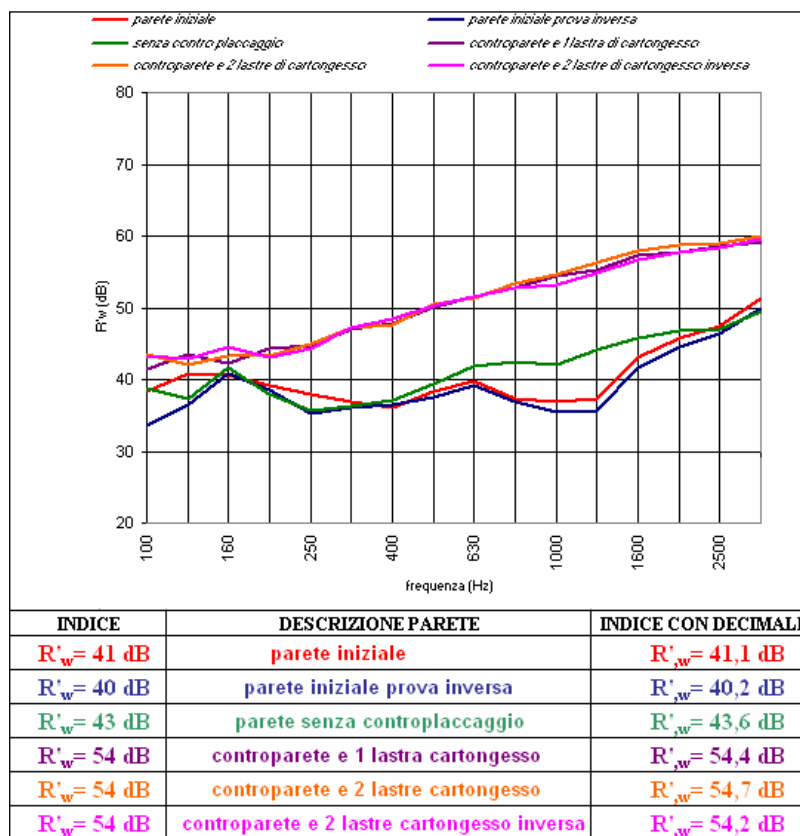


Fig. 21 – Confronto tra le diverse curve ottenute durante i sei collaudi in opera

Si fa presente che lo stesso intervento fatto sulla parete divisoria tra le due camere matrimoniali è stato realizzato anche sulla parete ortogonale posta tra l'ambiente emittente e la scala dell'appartamento confinante.

Secondo i calcoli teorici effettuati utilizzando le formule riportate nella UNI/TR 11175 del novembre 2005, per questa tipologia di parete l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante ΔR_w , calcolato in funzione della frequenza di risonanza del sistema "struttura base - rivestimento", doveva assumere i seguenti valori:

- 2 dB per il contro-placcaggio;
- + 10,5 dB per la controparete con una lastra di cartongesso;
- + 10,5 dB per la controparete con due lastre di cartongesso.

I dati sperimentali hanno dimostrato l'effettiva riduzione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w di 2÷3 dB con la parete contro-placcata e l'incremento di 11 dB con la controparete ad una ed a due lastre di cartongesso.

6. Terzo caso di studio

6.1 Descrizione della parete perimetrale

La parete perimetrale per la quale è stato richiesto il collaudo è costituita da (vedi Fig. 22):

- 1 mattone facciavista 12 cm;
- 2 rinzaffo 1 cm;
- 3 pannello isolante lana minerale 6 cm;
- 4 intercapedine d'aria 2 cm;
- 5 blocco tipo poroton 20 cm;
- 6 intonaco premiscelato 1,5 cm.

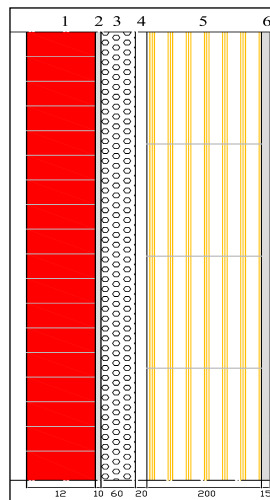


Fig. 22 – Stratigrafia parete perimetrale



Fig. 23 – Vista dell'esterno dell'edificio e del locale ricevente

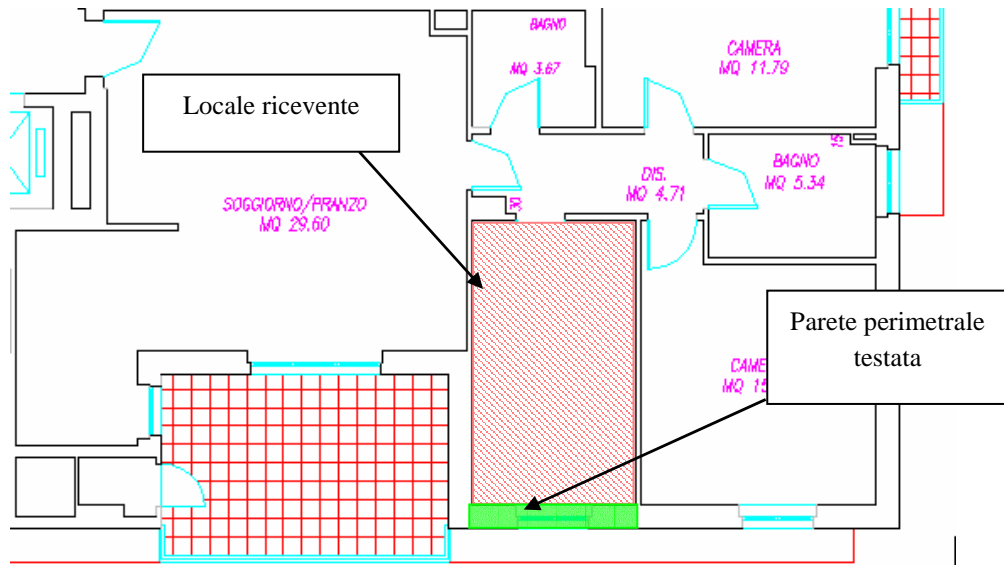


Fig. 24 – Planimetria del piano primo con l'indicazione della parete perimetrale testata

Superficie totale della facciata:	7,1 m ²
Volume dell'ambiente ricevente:	32,3 m ³
Spessore totale parete:	42,5 cm
Dimensione finestra:	115 cm di larghezza per 180 cm di altezza
Tipo di infisso e di vetro:	infisso in legno a due ante e doppia guarnizione vetrocamera 33.2 / 12 / 5

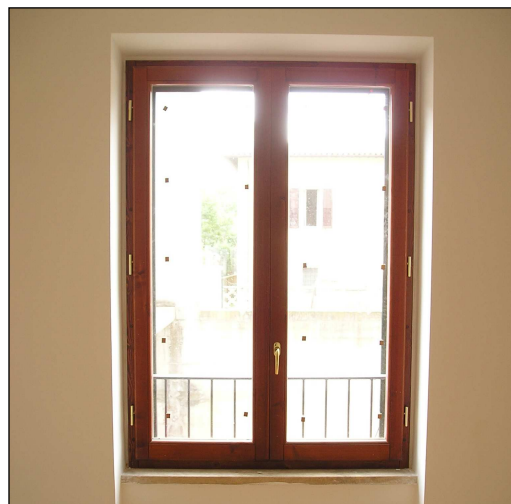
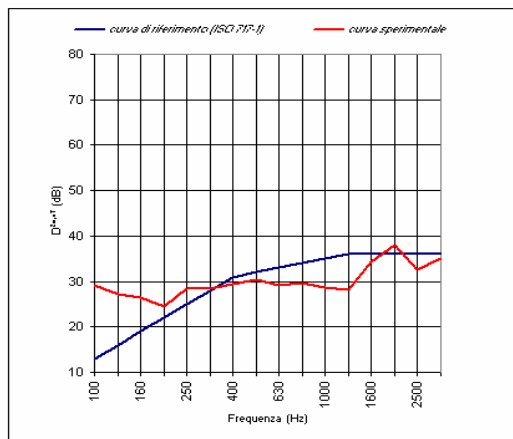


Fig. 25 – Vista della finestra

6.2 Risultati delle misurazioni del primo collaudo

Il grafico di sintesi con la curva d'isolamento $D_{2m,nT}$ determinata e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1 necessaria per individuare il valore unico $D_{2m,nT,w}$ è riportato in figura 26.

Frequenza f (Hz)	$D_{2m,nT}$ 1/3 ottava (dB)
50	-
63	-
80	-
100	29,2
125	27,3
160	26,4
200	24,5
250	28,3
315	28,3
400	29,4
500	30,5
630	29,3
800	29,7
1000	28,7
1250	28,1
1600	34,4
2000	38,1
2500	32,6
3150	35,2
4000	-
5000	-



Valutazione secondo la UNI EN ISO 717-1:

$D_{2m,nT,w} = 32 \text{ dB}$ $C = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr} = -2 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Fig. 26 – Valori di $D_{2m,nT}$ e $D_{2m,nT,w}$ ottenuti nel primo collaudo

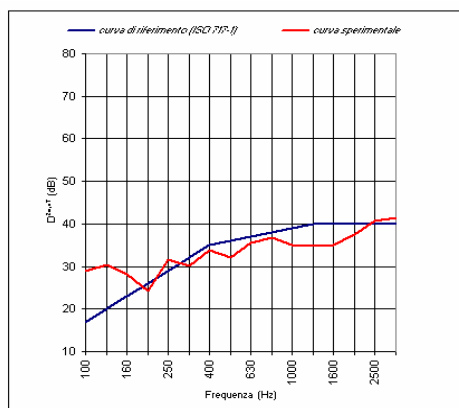
L'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w}$ ottenuto dalle misure in opera (**32 dB**), non è conforme a quanto richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97. Infatti tale valore è inferiore al limite minimo di legge (40 dB) previsto per gli edifici di categoria A "edifici adibiti a residenza o assimilabili".

6.3 Risultati delle misurazioni del secondo collaudo: con sigillatura tra infisso e muratura in mattoni faccia vista

L'operatore addetto all'installazione dei serramenti ha provveduto a sigillare con silicone, senza la presenza del tecnico in acustica, la parte sottostante il coprifilo posta tra il telaio fisso e la muratura esterna in mattoni faccia vista. Tale operazione ha comportato un incremento dell'indice di isolamento $D_{2m,nT}$ di 4 dB.

Il grafico di sintesi con la curva d'isolamento $D_{2m,nT}$ determinata e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1 necessaria per individuare il valore unico $D_{2m,nT,w}$ è riportato in figura 27.

Frequenza f (Hz)	$D_{2m,nT}$ 1/3 ottava (dB)
50	-
63	-
80	-
100	28,9
125	30,4
160	28,2
200	24,2
250	31,5
315	30,2
400	33,8
500	32,1
630	35,5
800	36,8
1000	35,1
1250	34,7
1600	35,1
2000	37,4
2500	40,7
3150	41,5
4000	-
5000	-



Valutazione secondo la UNI EN ISO 717-1:

$D_{2m,nT,w} = 36 \text{ dB}$ $C = -1 \text{ dB}$
 $C_{tr} = -3 \text{ dB}$

Valutazione basata su risultati di misurazioni in opera ottenuti mediante un metodo tecnico progettuale

Fig. 27 – Valori di $D_{2m,nT}$ e $D_{2m,nT,w}$ ottenuti nel secondo collaudo

6.4 Risultati delle misurazioni del terzo collaudo: con smontaggio e rimontaggio del serramento

Il progetto acustico redatto prima del rilascio del permesso di costruire e depositato in comune riportava, per la parete perimetrale oggetto del collaudo, un $D_{2m,nT,w}$ uguale a 43 dB. Il costruttore, pertanto, ha chiesto lo smontaggio ed il rimontaggio del serramento e una corretta sigillatura del telaio al controtelaio e tra il telaio fisso e la muratura esterna. Questa nuova operazione non ha comportato alcun incremento dell'indice di isolamento $D_{2m,nT}$ rispetto al secondo collaudo.

Il grafico di sintesi con la curva d'isolamento $D_{2m,nT}$ determinata e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1 necessaria per individuare il valore unico $D_{2m,nT,w}$ è riportato in Fig. 28.

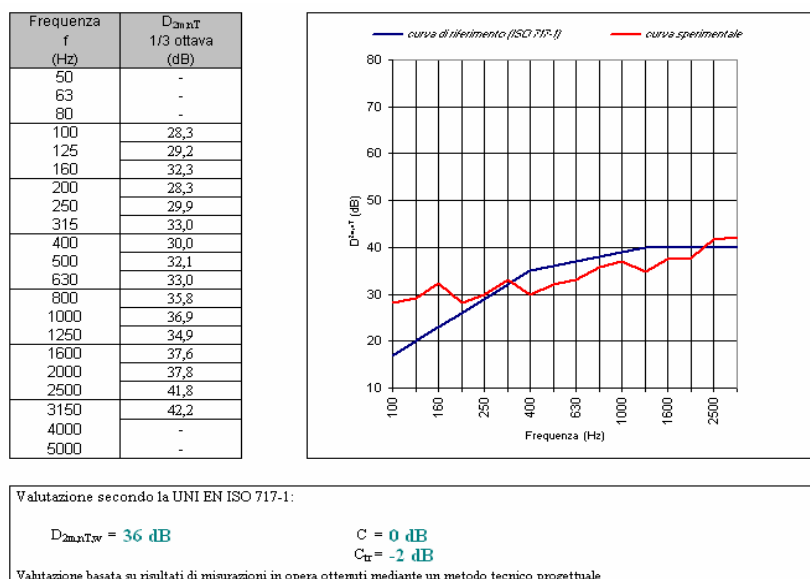


Fig. 28 – Valori di $D_{2m,nT}$ e $D_{2m,nT,w}$ ottenuti nel terzo collaudo

6.5 Risultati delle misurazioni del quarto collaudo: nuovo smontaggio e rimontaggio del serramento

Alla luce dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w}$, risultato inferiore al limite richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97 e al valore ottenuto dal calcolo teorico, su indicazione del sottoscritto si è proceduto ad un nuovo smontaggio e rimontaggio del serramento, alla ripulitura della sede di posa, alla sigillatura precisa e scrupolosa di ogni cavità compresa quella tra il controtelaio e la muratura, al rimontaggio del serramento ed alla regolazione dello stesso, attraverso l'ausilio di un nuovo posatore e alla presenza del tecnico in acustica.

Alla fine di tali operazioni l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w}$ è risultato uguale a **42 dB** e, quindi, superiore al limite di legge e inferiore di solo 1 dB rispetto al calcolo teorico.

Il grafico di sintesi con la curva d'isolamento $D_{2m,nT}$ determinata e la curva di riferimento definita dalla UNI EN ISO 717-1 necessaria per individuare il valore unico $D_{2m,nT,w}$ è riportato in figura 29.

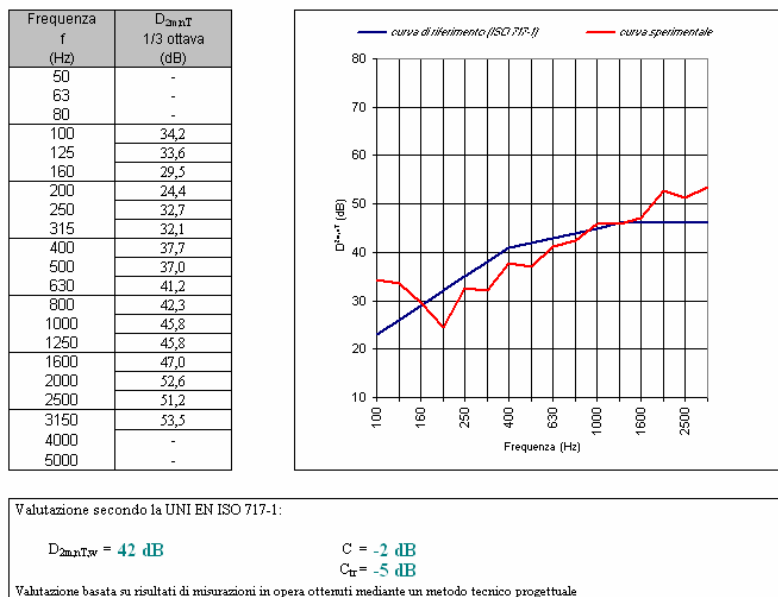


Fig. 29 – Valori di $D_{2m,nT}$ e $D_{2m,nT,w}$ ottenuti nel quarto collaudo

Nel seguente grafico riepilogativo (Fig. 30) si riportano gli andamenti delle 4 curve determinate nei diversi collaudi e gli indici dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT,w}$.

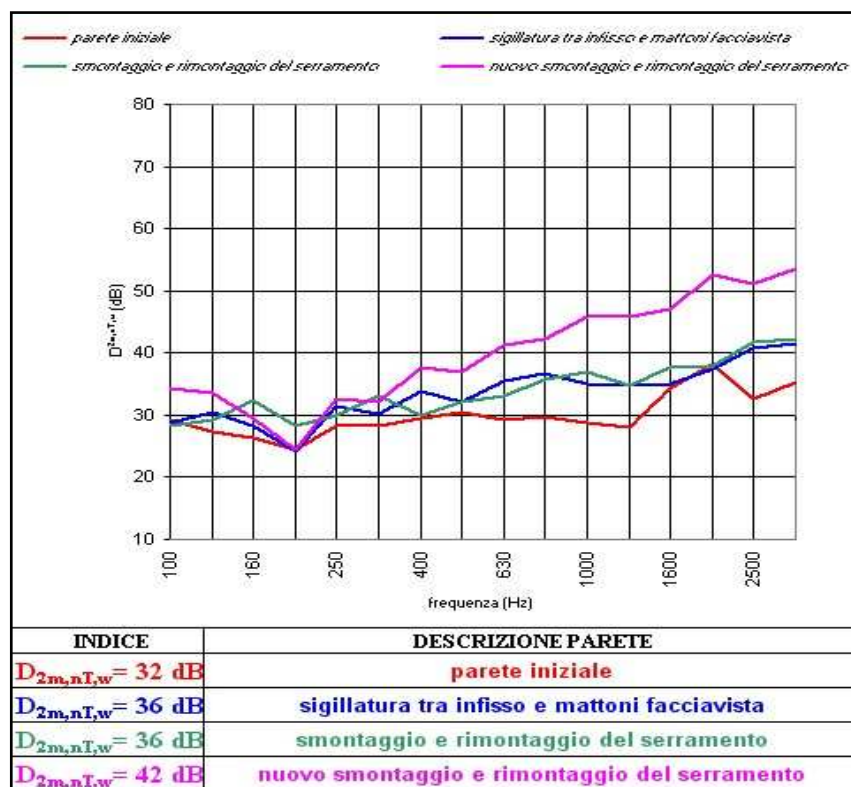


Fig. 30 – confronto tra le diverse curve ottenute durante i quattro collaudi in opera

7. Conclusioni

Dai tre casi studio analizzati e dall'esperienza acquisita in cantiere durante la posa in opera dei diversi materiali, prodotti o componenti dell'edificio si può affermare che per ottenere il rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici è necessario:

- a. **una corretta progettazione da parte del tecnico competente** (ad esempio per la parete contro placcata, conoscendo il valore della rigidità dinamica della fibra di legno e gli spessori dei diversi componenti la partizione, in fase di calcolo, facendo riferimento alle norme vigenti, si poteva prevedere una perdita di isolamento acustico);
- b. **una corretta posa in opera del materiale** (è sempre consigliabile la presenza del tecnico progettista durante la posa in opera dei materiali, soprattutto nella fase iniziale dei lavori);
- c. **essere convincenti con il committente quando è necessario procedere ad effettuare anche interventi demolitivi** (se questo comporterà la risoluzione del problema).

8. Bibliografia

- 1) UNI EN ISO 140-4:2000
“Acustica – Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell’isolamento acustico per via aerea tra ambienti”;
- 2) UNI EN ISO 140-5:2000
“Acustica – Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell’isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate”;
- 3) UNI EN ISO 140-7:2000
“Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell’isolamento dal rumore di calpestio di solai”;
- 4) UNI EN ISO 140-14:2004
“Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Linee guida per situazioni particolari in opera”;
- 5) UNI EN ISO 717-1:2007
“Acustica. Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento acustico per via aerea”;
- 6) UNI EN ISO 717-2:1996
“Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento del rumore di calpestio”;
- 7) D.P.C.M. 5/12/97
“Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”, attuativo della Legge 447/95 “Legge quadro sull’inquinamento acustico”.
- 8) UNI TR 11175
“Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici”