

Potere fonoisolante di murature in laterizio: verifiche sperimentali di laboratorio e considerazioni applicative

I risultati di una ricerca sperimentale permettono di definire i livelli di isolamento acustico ottenibili con murature e solai in laterizio

L'articolo descrive i risultati sperimentali ottenuti attraverso una estesa campagna di indagine sulle proprietà acustiche di fonoisolamento ai rumori aerei di elementi perimetrali in laterizio, condotta presso il Laboratorio dell'Università di Parma, in base ad una apposita convenzione di ricerca.

Sono state studiate le tipologie costruttive di più corrente impiego nella edilizia italiana, sia per quanto riguarda le murature portanti, di tamponamento e di separazione tra ambienti diversi (divisori), che per i solai in laterocemento.

Dall'analisi dei risultati sperimentali sono emerse utili indicazioni sui materiali e sulle tecniche costruttive in grado di garantire un'efficace protezione acustica negli edifici.

Nel corso della ricerca, inoltre, è stato possibile saggiare l'influenza di varie condizioni al contorno (modalità esecutive ecc.) sulle prestazioni di fonoisolamento di una parete.

Introduzione

Sebbene nella realtà costruttiva italiana le murature ed i solai in laterizio siano di gran lunga preponderanti rispetto ad altre tecniche edilizie, le loro prestazioni sono in proporzione ancora poco conosciute.

Questo è particolarmente vero soprattutto in campo acustico, ove si assiste correntemente all'impiego di materiali e tecniche costruttive inadatte ad aumentare l'isolamento di una struttura (come ad esempio, nelle murature, intercapedini riempite con "isolanti" a struttura rigida ed a cellula chiusa).

Sembra pertanto opportuno chiarire, in partenza, i termini del problema, definendo le grandezze in gioco e la corretta terminologia per descriverle.

Quando una certa potenza sonora W_i incide su una struttura di separazione tra due ambienti (verticale od orizzontale), essa si suddivide in tre aliquote: una parte W_r viene riflessa dalla parte di provenienza, una parte W_a viene assorbita entro la struttura stessa, ed infine una parte W_t viene trasmessa attraverso la struttura, giungendo nell'ambiente da proteggere acusticamente (fig. 1).

Facendo riferimento a tale schema, si definisce *coefficiente di trasmissione* t il rapporto tra la potenza W_t trasmessa e la potenza W_i incidente; analogamente si definisce un *coefficiente di riflessione* r il rapporto fra la potenza riflessa W_r e la potenza incidente W_i . A partire da tali due coefficienti vengono poi definite le grandezze fisiche che caratterizzano le prestazioni acustiche di una struttura: il *potere fonoisolante* R , che quantifica la capacità di isolare l'ambiente (2) dai rumori provenienti dall'ambiente (1), ed il *coefficiente di assorbimento acustico* α , che viceversa indica la capacità di una struttura di non

riflettere energia verso la sorgente sonora. Il potere fonoisolante R è così definito:

$$R = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{t} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{W_i}{W_t} \right)$$

mentre il coefficiente di assorbimento acustico α è dato da

$$\alpha = 1 - r = a + t = 1 - \frac{W_r}{W_i}$$

Le due grandezze hanno, pertanto, significato fisico ben diverso, anche se purtroppo vengono solitamente confuse. Si può inoltre osservare che, in un certo senso, il requisito di fonoisolamento è contrastante con quello di fonoassorbimento: al diminuire del coefficiente t si ha, infatti, un aumento del potere fonoisolante R , ma una diminuzione dell'assorbimento acustico α .

I materiali che forniscono le migliori prestazioni fonoassorbenti presentano bassa massa, alta porosità, presenza di aperture, superficie cedevole; viceversa i materiali che danno le migliori garanzie di fonoisolamento hanno massa elevata, superficie liscia e continua, sono rigidi e non porosi. Solo accoppiando opportunamente materiali dei due tipi è possibile contemporaneamente ottenere un buon grado di isolamento e di assorbimento acustico.

Le murature in laterizio, per le loro intrinseche caratteristiche, presentano elevate prestazioni fonoisolanti, mentre, dal punto di vista del fonoassorbimento, diventano valide solo mediante opportuni accorgimenti costruttivi ed in accoppiamento con materiali porosi o fibrosi.

Va infine ricordato che, almeno dal punto di vista teorico, il potere fonoisolante R di una parete cresce proporzionalmente alla frequenza del suono da respingere ed alla massa superficiale σ (kg/m^2): quest'ultimo parametro ha una importanza decisiva, visto che solo pareti molto pesanti riescono ad isolare sufficientemente le frequenze più basse.

Accanto al potere fonoisolante R è bene introdurre una seconda grandezza, avente carattere più applicativo: l'*isolamento acustico* D . Essa rappresenta semplicemente la differenza, rilevata in opera, fra il livello sonoro esistente in due ambienti contigui, separati da una parete, in uno dei quali sia in funzione una sorgente sonora.

In generale il valore di D dipende sia dal potere fonoisolante della parete divisoria, sia dalle modalità costruttive, e più precisamente dalla presenza di eventuali percorsi alternativi che il suono può percorrere, causati dallo scarso isolamento delle pareti laterali o dalla presenza di canalizzazioni, tubazioni, porte ecc.

Nell'ipotesi che tali percorsi siano trascurati

Alcuni dati pubblicati sono parzialmente desunti da una ricerca LATERCONSULT-CNR-P.F. Edilizia, cui gli Autori desiderano rivolgere ringraziamenti per la gentile concessione alla divulgazione nella presente memoria.

(*) Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Parma

(**) Dipartimento di Processi e Metodi della Produzione Edilizia, Università di Firenze

1. Distribuzione dell'energia sonora incidente.
2. Schematizzazione della misura dell'isolamento acustico.

rabili e che il campo sonoro sia diffuso in entrambi gli ambienti (condizioni sicuramente vere in laboratorio), si ha un legame semplice fra il valore di D e quello di R :

$$D = R - 10 \cdot \lg \left(\frac{S_1 \cdot T_{rv2}}{0.16 \cdot V_2} \right)$$

dove S_1 è la superficie della parete divisoria, T_{rv2} è il tempo di riverberazione dell'ambiente (2) e V_2 è il volume dello stesso ambiente (2).

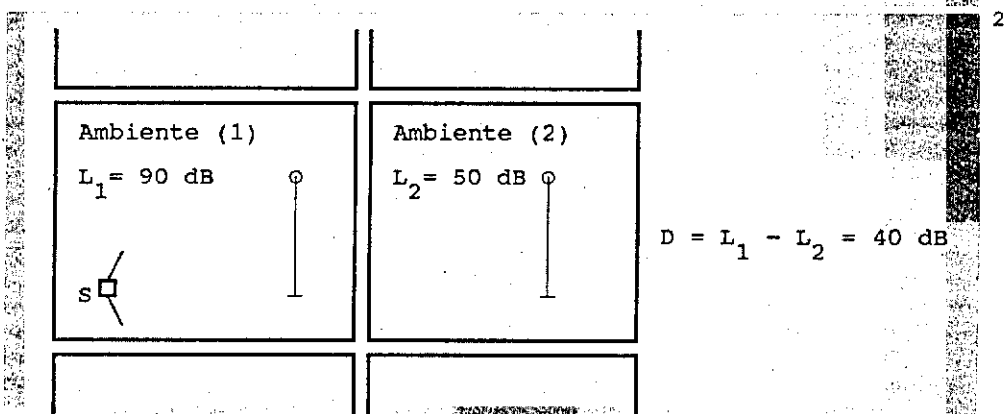
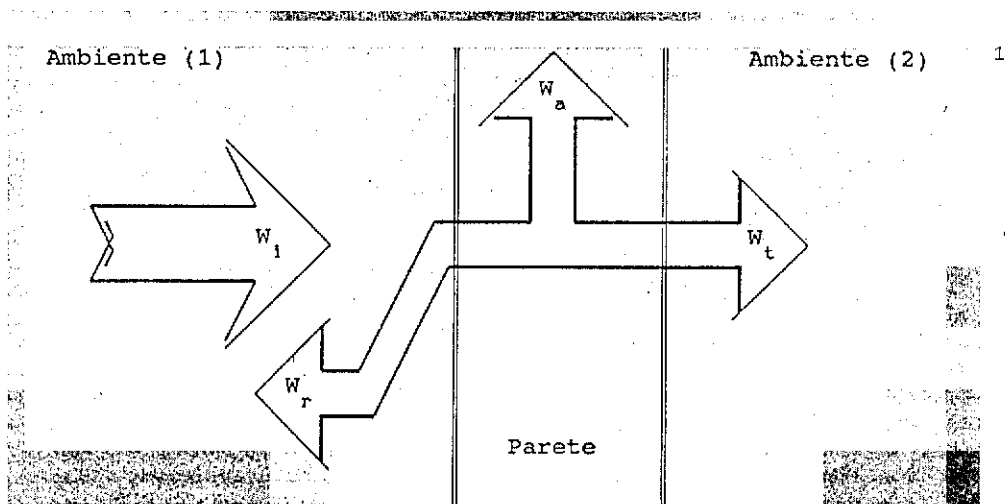
La suddetta relazione viene impiegata per la misura in laboratorio del valore di R a partire dal rilievo del livello sonoro L_1 ed L_2 nelle due camere di prova. Essa indica tuttavia che l'isolamento acustico fra due ambienti dipende sì dalle caratteristiche della parete divisoria, ma anche dal grado di assorbimento acustico dell'ambiente che riceve il disturbo.

Poiché sia R che D variano con la frequenza, è necessario misurare tali grandezze su tutto lo spettro sonoro, usualmente in bande di 1/3 d'ottava. Volendo poi caratterizzare la prestazione complessiva con un unico numero, si ricorre all'indice di valutazione del potere fonoisolante o dell'isolamento acustico. L'indice di valutazione si ottiene posizionando un'opportuna curva di riferimento, stabilita dalle norme [ISO 717], in modo che la somma degli scarti fra questa e la curva sperimentale soddisfi un requisito di minimo. Il valore numerico dell'indice di valutazione si ottiene poi leggendo a 500 Hz il valore sulla curva di riferimento.

Sebbene a tutt'oggi non siano ancora in vigore in Italia normative che prevedano valori minimi del potere fonoisolante R o dell'isolamento acustico D , se non per edifici particolari come le aule scolastiche [1] o l'edilizia pubblica sovvenzionata [2], l'esigenza di garantire agli edifici un adeguato grado di protezione contro i rumori, provenienti sia dall'esterno che dall'interno dell'edificio stesso, è sempre più sentita.

A tale proposito il D.P.C.M., pubblicato sulla G.U. l'8/3/91 [3], fissa per la prima volta limiti assoluti di rumorosità sul territorio, stabilisce anche che, all'interno delle abitazioni, il rumore disturbante non possa produrre incrementi di rumorosità superiori a 5 dB di giorno e 3 dB di notte, rispetto al rumore residuo comunque esistente in assenza della particolare sorgente disturbante considerata.

Non è chiaro, tuttavia, cosa succeda nel caso di una sorgente di rumore che rispetti il limite di rumorosità assoluta all'esterno degli edifici (ad esempio 70dB(A)), ma che dia luogo ad un incremento di livello sonoro all'interno degli edifici superiore a quanto ammesso dalla legge: in tal caso la colpa deve essere imputata unicamente alla sorgente disturbante, oppure deve essere chia-



mato in causa il costruttore dell'edificio, che non lo ha dotato di adeguata protezione acustica? Chiaramente la risposta è la prima nel caso di edifici preesistenti all'entrata in funzione della sorgente di rumore, ma nel caso opposto, di nuova edificazione in una zona già caratterizzata da una elevata rumorosità (purché rientrante nel limite territoriale), pare evidente viceversa che sia chi costruisce l'edificio a dover garantire il rispetto della norma citata.


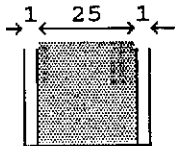

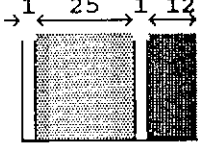

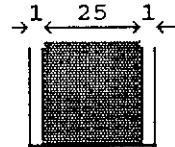

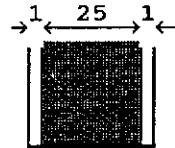
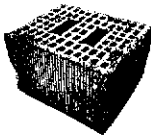
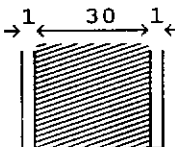

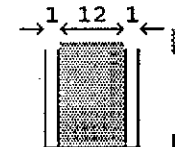
Il problema legislativo verrà probabilmente risolto dall'entrata in vigore della normativa CEE (direttiva 106/89) [4], che prevede sia per i prodotti da costruzione, sia per gli edifici ultimati, la loro qualificazione sotto diversi aspetti relativi al benessere generale ed alla sicurezza, fra i quali compare anche la "protezione contro il rumore". Tale direttiva dovrà essere convertita in una legge italiana entro l'agosto 1991 e dovrà essere corredata di un documento tecnico interpretativo che stabilisca le grandezze fisiche oggetto di qualificazione e le procedure atte ad ottenere la relativa certificazione di conformità CEE in

base al valore di tali grandezze (potere fonoisolante nel caso qui esaminato, relativamente ai componenti edilizi, ed isolamento acustico relativamente agli edifici ultimati).

A tale riguardo va ribadito che, mentre altri prodotti e tecnologie edilizie hanno da tempo ricevuto notevole attenzione dal punto di vista acustico, le murature in laterizio sono state poco studiate, forse perché considerate un prodotto usuale o comunque ben consolidato e noto, e pertanto tale da non richiedere particolari verifiche. Va, invece, sottolineato che, pur rimanendo il materiale di base lo stesso, negli ultimi decenni le tipologie dei laterizi ed i sistemi produttivi, nonché alcuni materiali aggiunti, hanno subito sostanziali modifiche che certamente, di conseguenza, hanno influenzato le relative prestazioni.

Il risultato di tutto ciò è che oggi il progettista, chiamato a garantire un certo potere fonoisolante richiesto da un capitolato d'appalto, trova facilmente dati relativi a pareti leggere a base di gesso o truciolare, che vengono vendute corredate di dettagliati cer-

Tabella I - Pareti semplici (*)

Parete tipo	Descrizione (disegno)	Massa sup. (kg/m ²)	R _w (dB)	Commento
L2	  <p>Blocco alveolato 25x30x19 cm foratura = 45%</p> <p> Intonaco</p>	359	51,5	Parete monostrato da 27 cm, intonacata su entrambe le facce
L	  <p>Mattone faccia a vista 5,5x12x25 cm foratura = 32%</p> <p>Blocco alveolato 25x30x19 cm foratura = 45%</p> <p> Intonaco</p>	469	54,5	Parete composta da 39 cm, con rivestimento esterno faccia a vista e intonaco interno
C	  <p>Mattone pieno 5,5x12x25 cm foratura = 15%</p> <p> Intonaco</p>	498	51,0	Parete piena da 27 cm, intonacata su entrambe le facce
E	  <p>Mattone semipieno 5,5x12x25 cm foratura = 32%</p> <p> Intonaco</p>	226	51,0	Parete semipiena da 27 cm, intonacata su entrambe le facce
A1	  <p>Blocco alveolato 30x16x25 cm foratura = 45%</p> <p> Intonaco</p>	330	46,5	Parete monostrato da 32 cm, intonacata su entrambe le facce
O	  <p>Mattone forato 12x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60%</p> <p> Intonaco</p>	175	42,5	Parete divisoria per interni da 14 cm, intonacata su entrambe le facce

(*) Tutti gli elementi sono uniti con malta tipo M3

tificati di prova, mentre con maggiore difficoltà è in grado di qualificare e proporre al committente scelte progettuali basate su strutture in laterizio.

Va notato che, viceversa, queste ultime sono in grado di esplicitare una notevole protezione acustica, se impiegate correttamente, con un rapporto costo/prestazioni insuperabile da parte delle altre possibili alternative.

Avvertita dunque tale mancanza di dati certi di riferimento per i progettisti, e nell'ottica della futura qualificazione che sarà resa necessaria dal quadro normativo recentemente delineatosi, è stata intrapresa una vasta campagna di rilevazione sperimentale in laboratorio del potere fonoisolante di muraure portanti, di tamponamento, di divisori e di solai.

Nel seguito verranno pertanto presentati alcuni dei risultati già ottenuti, con le considerazioni emerse dall'analisi comparativa dei valori sperimentali e delle previsioni basate sulle considerazioni teoriche prima riportate.

Normativa di prova

Le prove, oggetto della presente memoria, sono state condotte presso il Laboratorio di Acustica dell'Università di Parma, progettato in accordo con i requisiti previsti dalla Nor-

mativa UNI 8270 parte 1^a [5]; esso è costituito da 2 camere riverberanti di diversa forma e volume (55 e 50 m³), collegate tramite un'apertura di 10 m², nella quale viene edificata la parete in prova (vedasi rappresentazione schematica riportata in fig.11).

La strumentazione di misura e la procedura di prova sono state assoggettate alle verifiche di riproducibilità e ripetibilità previste dalla norma ISO 140/2 [6], come già illustrato in un precedente lavoro [7].

La misura del potere fonoisolante R è stata eseguita in accordo alla UNI 8270 parte 3^a, mentre per la successiva determinazione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w si è fatto riferimento alla UNI 8270 parte 7^a.

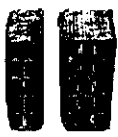
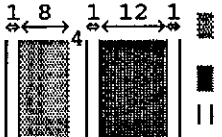
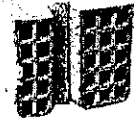
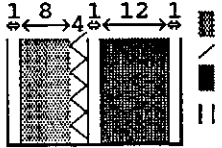
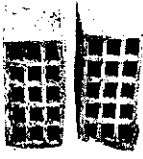
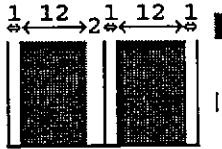

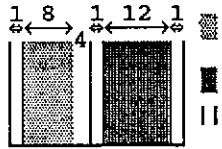
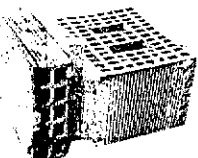
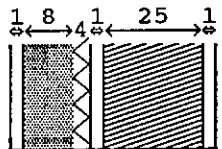
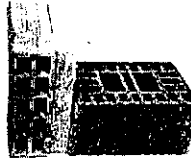
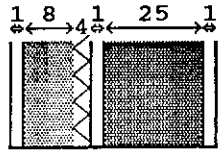
Le norme tecniche citate prevedono la misura delle diverse grandezze in bande di frequenze di 1/3 d'ottava, nel campo compreso fra 100 Hz e 3150 Hz. Tenuto conto tuttavia, delle modifiche contenute nella prossima revisione delle norme ISO 140, su cui sono basate le norme italiane UNI, le misure sono state estese al campo di frequenze da 50 a 5000 Hz, anche se il calcolo di R_w rimane limitato al campo da 100 a 3150 Hz. Inoltre è stata eseguita una seconda misurazione indipendente, con bande di 1/12 di ottava e campo di misura da 40 ad 11000

Hz, a scopi puramente scientifici; da essa è infatti possibile osservare con maggior dettaglio la presenza di risonanze alle basse frequenze, o eventuali effetti di coincidenza a frequenze più alte.

È stato utilizzato l'analizzatore di spettro sonoro Brüel & Kjaer tipo 2133, dotato di unità a disco MS-DOS sulla quale vengono memorizzati automaticamente i risultati delle misure. Un apposito programma sviluppato su un PC consente poi la rilettura automatizzata delle informazioni, la loro graficazione in ambiente AUTOCAD, il calcolo dell'indice di valutazione, e la redazione del resoconto di prova, senza che l'operatore abbia mai la necessità di trascrivere o digitare alcun numero, né di procedere manualmente al tracciamento delle curve sui moduli predisposti. In tal modo è stata completamente eliminata ogni possibilità di errore manuale. Poiché la procedura di prova prevede una doppia calibrazione della strumentazione di misura mediante pistonofono di riferimento, si può ritenere che i risultati delle misure siano affetti da un errore inferiore a $\pm 0,5$ dB.

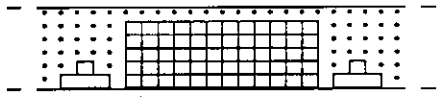
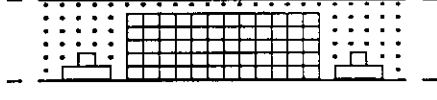
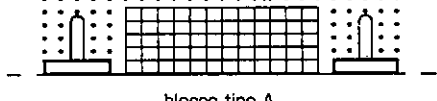
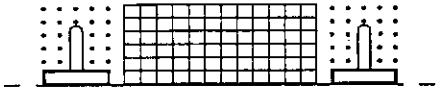
Il Laboratorio di Acustica dell'Università di Parma provvede a rilasciare un regolare certificato di prova, redatto secondo le specifiche grafiche contenute nelle norme UNI ed

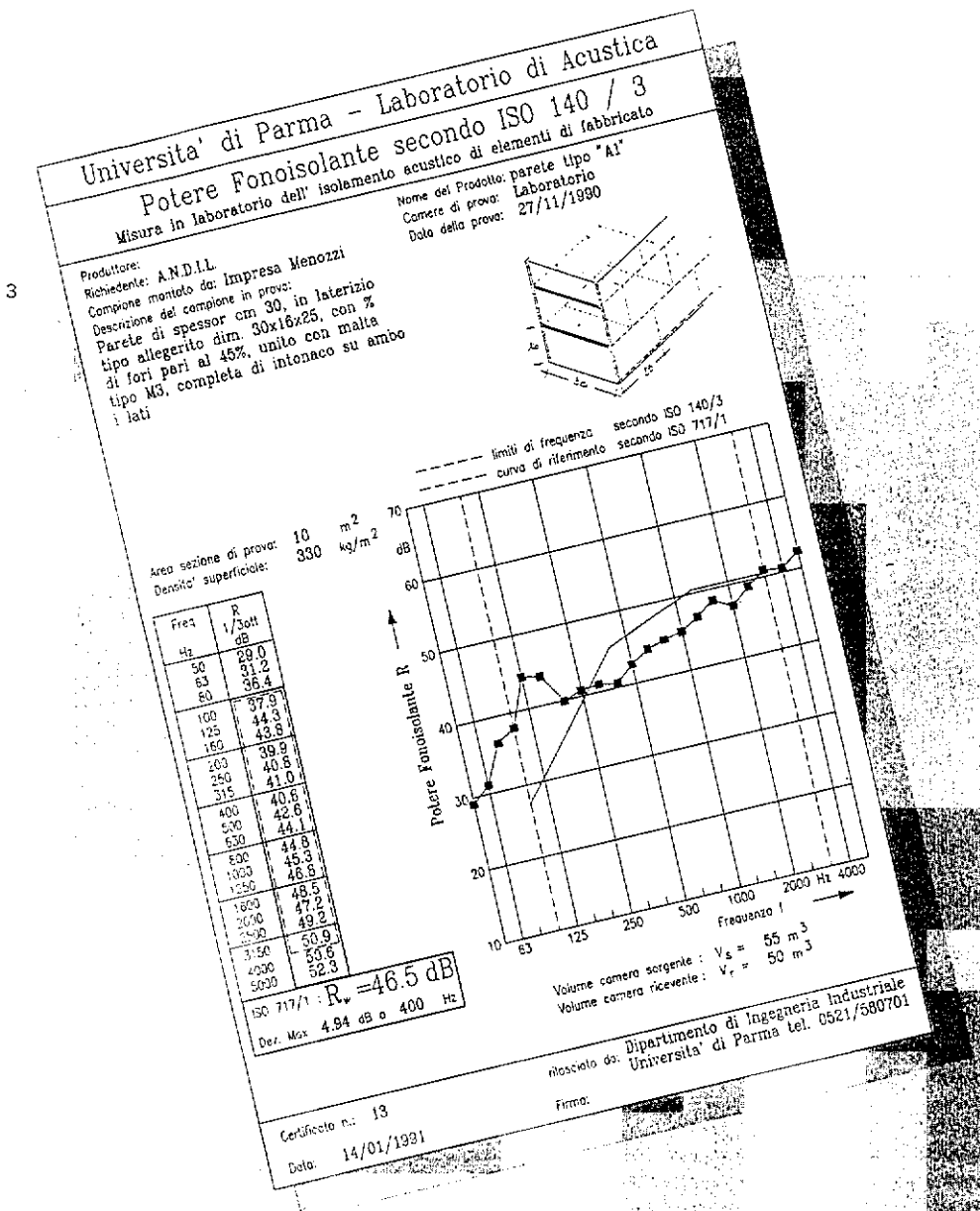
Tabella II - Pareti doppie (*)

Parete tipo	Descrizione (disegno)	Massa sup. (kg/m ²)	R _w (dB)	Commento
F	  <p>Mattone forato 8x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Mattone forato 12x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Intonaco</p>	214	47,5	Parete doppia con intercapedine d'aria (4 cm)
G	  <p>Mattone forato 8x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Lana di vetro 4 cm Mattone forato 12x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Intonaco</p>	219	51,5	Parete doppia con intercapedine (4 cm) riempita con lana di vetro ($\rho = 100 \text{ kg/m}^3$)
Q	  <p>Mattone forato 12x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Intonaco</p>	268	47,5	Parete doppia simmetrica con intercapedine d'aria (2 cm)
S	  <p>Mattone forato 8x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Mattone doppio UNI 12x12x25 cm foratura = 40% Intonaco</p>	268	48,0	Parete doppia con intercapedine d'aria (4 cm)
H	  <p>Mattone forato 8x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Lana di vetro 4 cm Blocco alveolato 25x30x19 cm foratura = 45% Intonaco</p>	302	49,0	Parete doppia con intercapedine (4 cm) riempita con lana di vetro ($\rho = 100 \text{ kg/m}^3$)
I	  <p>Mattone forato 8x25x25 cm a fori orizzontali, foratura = 60% Lana di vetro 4 cm Blocco tipo svizzero 25x18x16 cm foratura = 55% Intonaco</p>	360	52,0	Parete doppia con intercapedine (4 cm) riempita con lana di vetro ($\rho = 100 \text{ kg/m}^3$)

(*) Tutti gli elementi sono uniti con malta tipo M3

Tabella III - Solai

Solaio tipo	Descrizione (disegno)	Massa sup. (kg/m ²)	R _w (dB)	Commento
1A/16	 <p>blocco tipo A</p>	269	48,5	Solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio alti 16 cm
2B/16	 <p>blocco tipo B</p>	273	47,5	Solaio con travetti precompressi e blocchi di laterizio alti 16 cm
3A/16	 <p>blocco tipo A</p>	270	49,0	Solaio con travetti a traliccio e blocchi di laterizio alti 16 cm
4A/20	 <p>blocco tipo A</p>	340	50,0	Solaio con travetti a traliccio e blocchi di laterizio alti 20 cm



ISO citate, per ciascuna parete o solaio provato, in base ai risultati delle misure in 1/3 di ottava. In figura 3 è visibile uno dei certificati rilasciati nel corso della presente ricerca.

La raccolta dei certificati di prova, corredati delle specifiche costruttive di ciascuna struttura provata, costituirà una sorta di guida per la progettazione acustica di murature e solai in laterizio, che verrà divulgata a cura dell'ANDIL.

Prove eseguite

Vengono qui commentate alcune fra le più significative prove sin qui eseguite, relative sia a tramezzi verticali monostrato, a pareti doppie con intercapedine, ed anche a solai in laterocemento.

Le tabelle I, II e III riportano una sintetica illustrazione delle caratteristiche delle strutture prese in esame, con l'indicazione della massa superficiale σ e dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w .

Le figure 4, 5 e 6 riportano sovrapposte le curve del potere fonoisolante R per i tre gruppi di strutture studiate in funzione della

frequenza.

Poiché normalmente si stima in maniera approssimativa l'indice di valutazione del potere fonoisolante di una parete semplicemente in base alla sua massa superficiale σ , si è ritenuto utile raffrontare i dati sperimentali ottenuti con la relazione empirica proposta da Brosio [8]

$$R = 20 \cdot \lg \left(\sigma \right)$$

Nella figura 7 è visibile sia la curva continua relativa alla relazione citata, sia i punti corrispondenti alle misure sperimentali, che sono risultate in alcuni casi parecchio discoste dalla legge empirica sopra riportata.

Sono stati, infine, analizzati alcuni parametri dei quali si è ritenuto utile saggiare l'importanza sulla misura del potere fonoisolante; si tratta di:

- presenza dell'intonaco
- tempo di stagionatura della parete
- effetto di tracce per l'impianto elettrico o altro.

Nella figura 8 sono illustrati i risultati ottenuti su due pareti con e senza intonaco: la prima parete, con l'applicazione dell'intonaco, ha ricevuto un incremento di R_w pari a 8 dB, mentre la seconda ha aumentato il suo potere fonoisolante di ben 13,5 dB; a frequenze molto basse si osserva che la presenza dell'intonaco non ha alcuna influenza.

La figura 9 riporta l'effetto del tempo di stagionatura su una parete: dopo un mese dalla sua ultimazione il valore di R_w è cresciuto di soli 0,5 dB; ritenuto trascurabile tale effetto, si è potuto procedere più speditamente nello svolgimento delle prove, riuscendo a mantenere una media superiore alle due prove mensili.

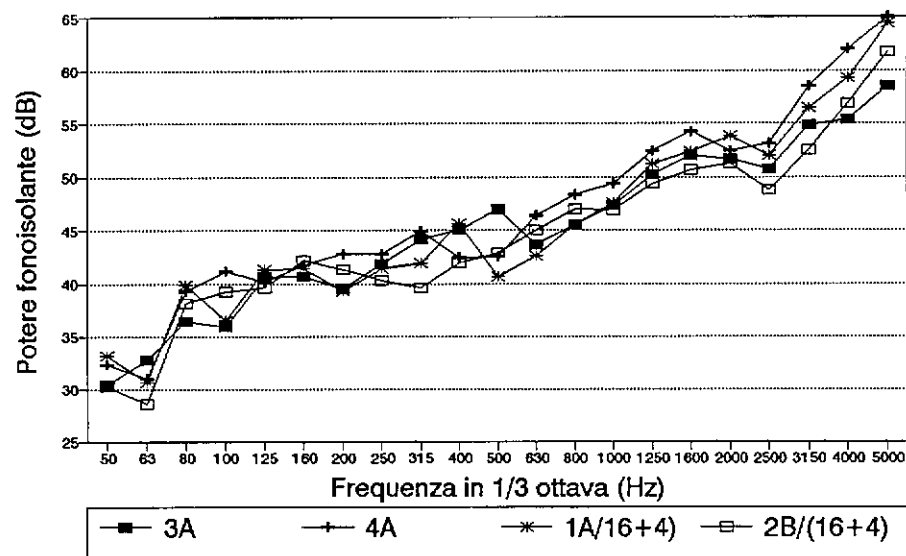
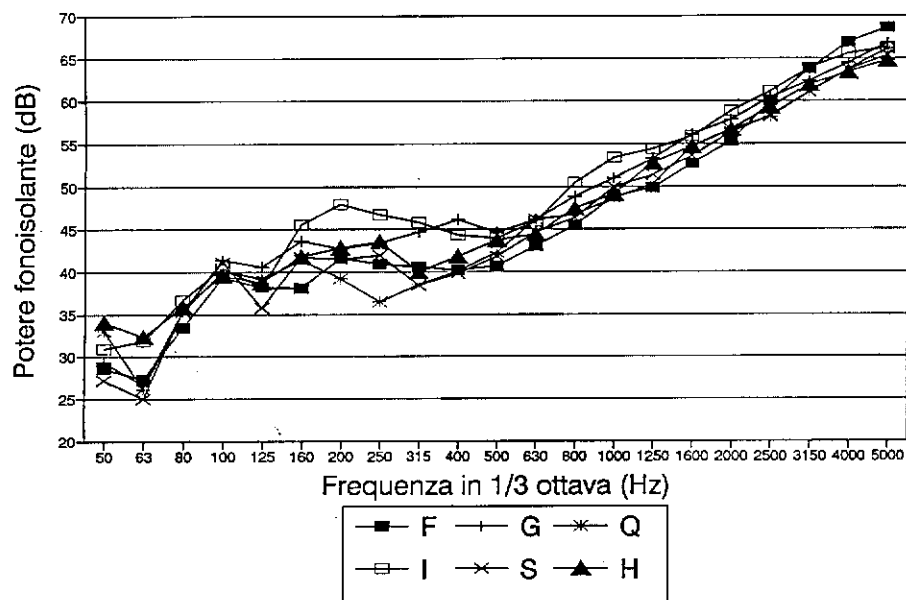
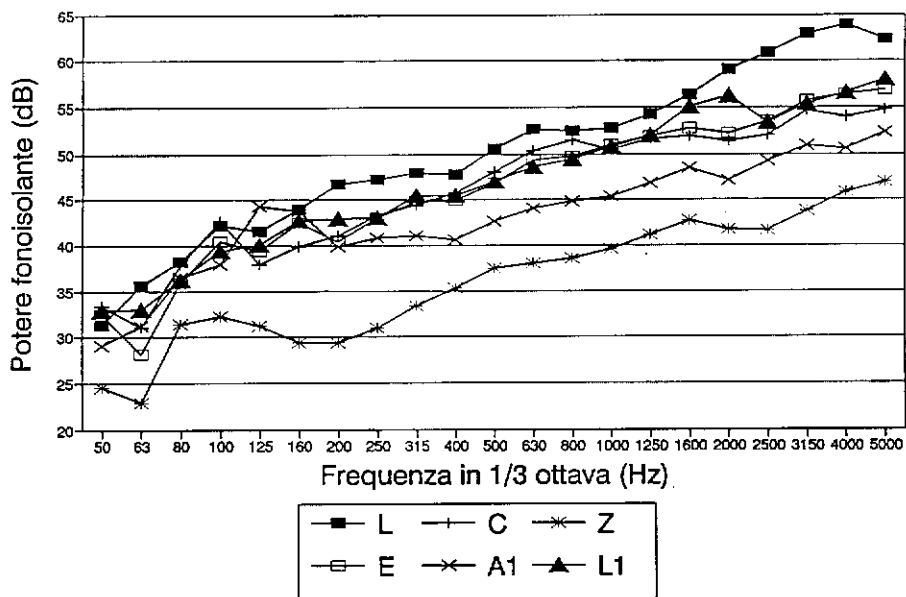
Infine, la figura 10 evidenzia l'effetto della presenza di una traccia per impianto elettrico o idraulico, ottenuta sezionando per una lunghezza di circa 5 m lineari sia l'intonaco che la cartella esterna del laterizio. Di fatto si è manifestata qualche differenza alle basse frequenze (fino a 400 Hz) ed alle alte (> 1500 Hz). Molto probabilmente i risultati sarebbero stati più divergenti se fosse stata tagliata una seconda cartella, come spesso capita nella realtà.

Commento dei risultati

Dall'osservazione dei diagrammi ottenuti si possono trarre alcune conclusioni abbastanza evidenti. Innanzi tutto il comportamento delle pareti monostrato, che pure presentano valori di potere fonoisolante estremamente variabili, è viceversa piuttosto omogeneo dal punto di vista dello spettro in frequenza: infatti il potere fonoisolante cresce progressivamente con la frequenza, senza mostrare particolari cedimenti o cambi di pendenza a frequenze ben definite. Questo tipo di pareti presenta gli spettri di isolamento più livellati e, pertanto, è in grado, a parità di indice di valutazione R_w , di fornire maggior isolamento alle basse frequenze; è dunque indicato per la protezione da rumori con notevole contenuto in basse frequenze, come ad esempio il traffico stradale.

I migliori risultati in termini di prestazione acustica vengono forniti dai laterizi semipieni, aventi più elevata massa. Nel caso delle pareti L ed E si sono infatti ottenuti valori addirittura superiori a quelli prevedibili teoricamente con la già citata relazione empirica basata sulla massa superficiale: tale risultato non era assolutamente prevedibile per pareti monostrato, e costituisce una sicura indicazione di carattere progettuale, che giustifica la mancanza di problemi acustici nell'edilizia del passato, basata su spesse murature portanti in laterizi pieni.

La situazione è sostanzialmente diversa per quanto riguarda le pareti doppie. Esse presentano valori del potere fonoisolante molto meno variabili e danno luogo a spettri



4. Potere fonoisolante R delle pareti semplici.
5. Potere fonoisolante R delle pareti doppie.
6. Potere fonoisolante R dei solai in laterocemento.

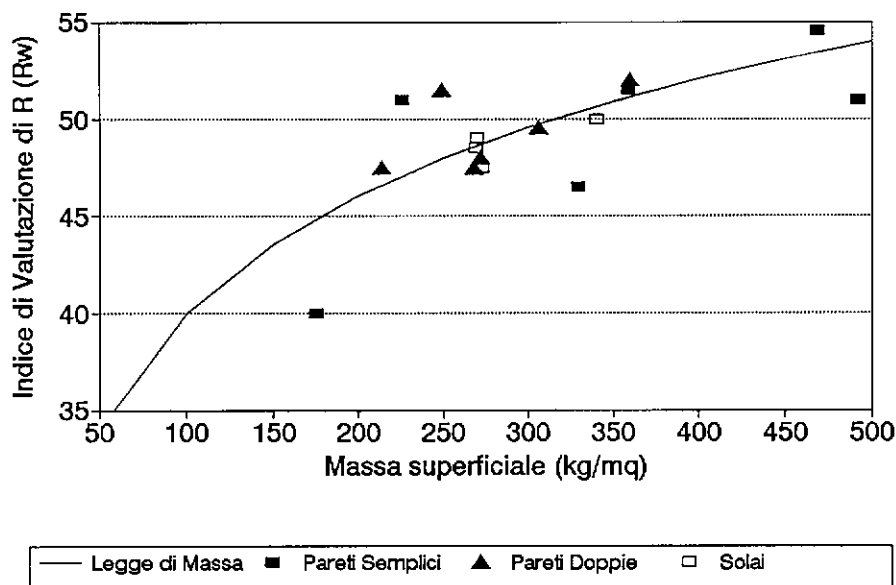
di isolamento caratterizzati tutti da un ben visibile cambio di pendenza: al di sopra, infatti, della frequenza di risonanza del sistema massa-molla-massa, costituito dalla parete doppia con intercapedine, il potere fonoisolante cresce molto più rapidamente con la frequenza, giungendo a valori anche molto alti verso le frequenze più acute. Viceversa, al di sotto della frequenza di risonanza, il comportamento equivale a quello di una parete monostrato di pari costituzione, ma priva di intercapedine. Pertanto le pareti doppie si presentano come ottimali per isolare i rumori a frequenze medie ed alte, consentendo per tale scopo l'utilizzo di murature più leggere di quanto sarebbe possibile con le pareti monostrato. Va inoltre osservato che l'impiego per le facciate perimetrali di pareti doppie con intercapedine riempita in lana minerale, pur se consente indubbi benefici dal punto di vista termico, non fornisce contributi sensibili dal punto di vista acustico, poiché la rumorosità esterna è solitamente dominata dal rumore da traffico, caratterizzato in gran parte da basse frequenze.

L'inserimento della lana minerale nell'intercapedine produce solo un modestissimo incremento di potere fonoisolante, che arriva a 4 dB solo per le pareti più sottili. Tuttavia la presenza del riempitivo fonoassorbente può essere importante, poiché evita la propagazione longitudinale dei suoni entro l'intercapedine: questa è infatti una delle principali cause dei percorsi di fiancheggiamento del disturbo acustico, che riducono in alcuni casi drasticamente il valore dell'isolamento acustico D , misurato in opera, rispetto al potere fonoisolante R ottenuto dalle prove in laboratorio. Pertanto l'intercapedine dovrebbe essere sempre riempita di materiale fonoassorbente a porosità aperta, anche quando la parete (se doppia) è interna all'edificio e non è sottoposta a gradienti termici.

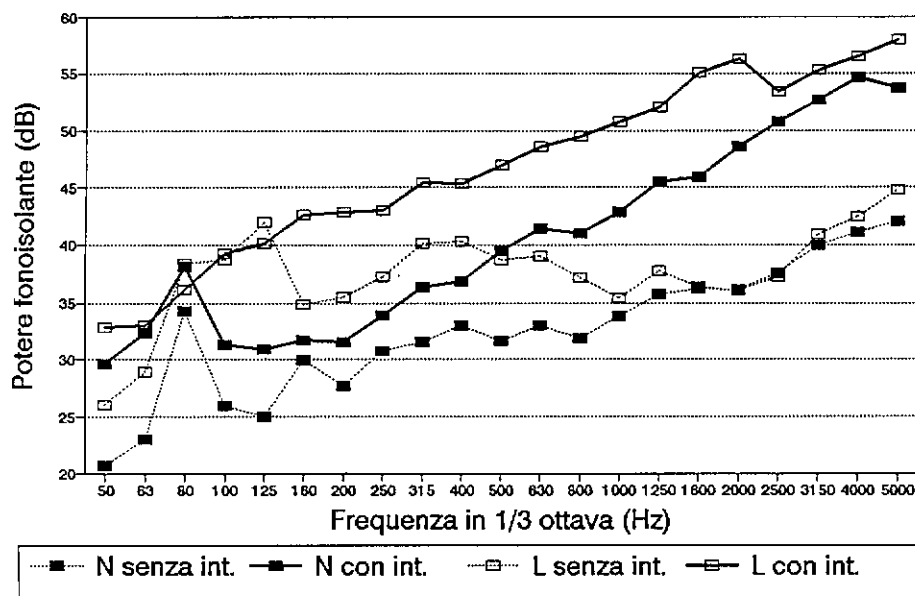
L'osservazione dei dati relativi ai solai mostra un comportamento molto simile a quello delle pareti monostrato, ma si può osservare un leggero effetto di coincidenza alla frequenza di 2500 Hz. Tale effetto deriva dalla maggiore rigidità flessionale di queste strutture rispetto alle pareti verticali, rigidità causata dall'armatura metallica dei travetti. Avviene così che, ad una certa frequenza, la lunghezza d'onda delle onde flessionali coincide con quella del suono nell'aria, e sia facilitato il trasferimento di energia fra i due sistemi di onde elastiche. Fortunatamente i materiali sono dotati di uno smorzamento molto elevato, per cui le onde flessionali si estinguono dopo breve tratto, e la conseguente riduzione di potere fonoisolante è contenuta.

È anche interessante osservare come tipologie costruttive simili diano luogo a risultati non altrettanto simili, sebbene sia inevitabile

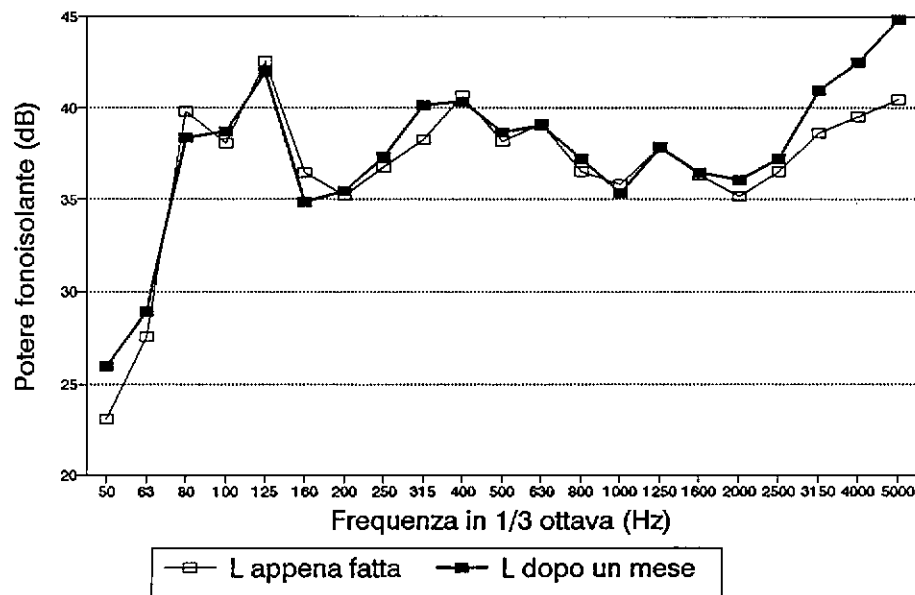
7



8



9



7. Verifica legge di massa per i divisori in laterizio.

8. Effetto dell'intonaco su pareti monostrato.

9. Effetto della stagionatura su pareti monostrato.

che le singole esecuzioni di un manufatto presentino una intrinseca non ripetibilità delle relative prestazioni, cosa che può spiegare almeno in parte le differenze riscontrate.

Il confronto fra tutte le misure presentate e la relazione nota come "legge di massa" già illustrata dimostra come i divisori in laterizio siano in grado, se realizzati con cura, di superare nettamente le prestazioni medie ipotizzabili semplicemente in base al loro peso. Sono viceversa evidenti anche alcuni casi di pareti poco efficaci che dimostra come la scelta progettuale debba orientarsi verso prodotti qualificati, attraverso prestazioni certificate. Non è nemmeno da escludere che alcune pareti siano state eseguite con insufficiente cura, e questo dimostra ancora l'importanza dell'esecuzione dei particolari.

Relativamente alle possibili cause di varianza del potere fonoisolante di una singola parete (effetto dell'intonaco, tempo di stagionatura, tracce per canalizzazioni), se si osserva la figura 8 si deduce immediatamente come l'effetto dell'intonaco sia notevole: su entrambe le pareti esaminate la pendenza del tracciato viene nettamente incrementata dall'intonaco, che fornisce il massimo contributo alle frequenze più alte. Ciò può essere spiegato con l'effetto sigillante dell'intonaco sulle porosità e fessure esistenti nella muratura non intonacata: è infatti noto che attraverso questi piccoli spiragli passano per diffrazione soprattutto le alte frequenze, ed ecco che, chiudendo ogni più piccolo foro, l'intonaco restituisce alla parete quell'isolamento che veniva degradato in misura sensibile proprio alle alte frequenze. Si può pertanto asserire che la presenza di intonaci mal fatti, o peggio di fessure nella muratura, possa penalizzare in maniera notevole le prestazioni fonoisolanti di una parete.

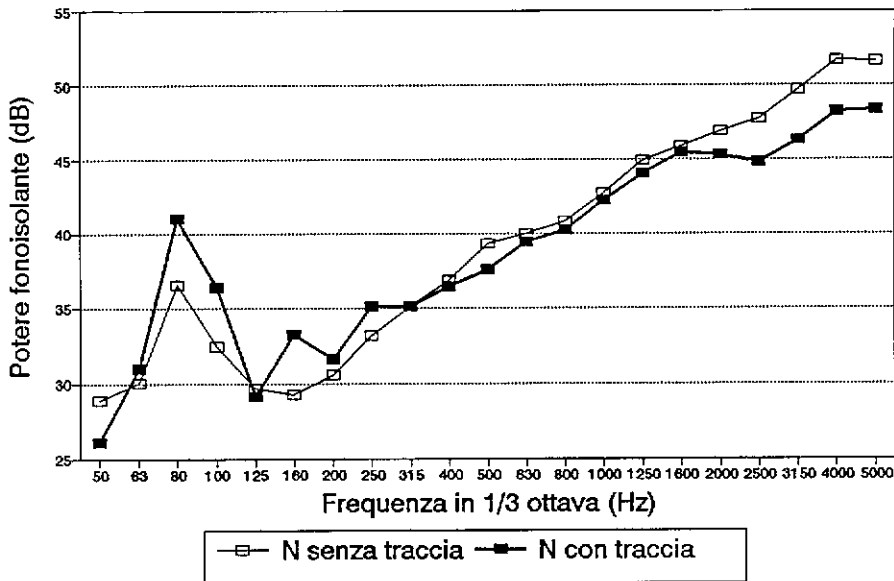
Gli effetti del tempo di stagionatura sono risultati estremamente modesti sul periodo analizzato di un mese, come mostrato dalla figura 9. Si è deciso pertanto di non analizzare ulteriormente questo aspetto, effettuando tutte le altre prove su pareti appena costruite.

La realizzazione di una traccia per impianto elettrico o idraulico è stata oggetto della sperimentazione riportata in figura 10. Si osserva una sensibile riduzione di potere fonoisolante solo alle frequenze più elevate, e ciò corrisponde a quanto già osservato a proposito dell'effetto dell'intonaco e delle fessure.

Conclusioni

Sono stati presentati alcuni risultati sperimentali ottenuti tramite un'estesa campagna di ricerca svolta, nell'ambito di una convenzione, dall'Università di Parma su strutture in laterizio (murature e divisori) e in laterocemento (solai).

L'analisi di tali risultati ha mostrato come la diversa tipologia delle strutture esaminate



10. Effetto della traccia su pareti monostrato.
11. Schema laboratorio di prova.

porti a prestazioni acustiche differenziate piuttosto disperse, che variano dalla sufficienza all'eccellenza, e comunque con ottimi comportamenti soprattutto alle basse frequenze.

L'obiettivo finale della ricerca, consistente nella divulgazione di tutti i certificati di prova ottenuti, corredati delle specifiche costruttive delle strutture testate, si configura come un contributo decisivo per una corretta progettazione edilizia, onde garantire quei requisiti di protezione acustica che il mercato oggi richiede e che la legislazione, attualmente in rapida evoluzione, renderà obbligatori a brevissimo termine.

In particolare, l'analisi comparativa degli spettri di isolamento delle pareti monostrato e doppie ha mostrato una sistematica differenza di comportamento, che il progettista potrà sfruttare per adeguare le prestazioni dell'edificio alle peculiari caratteristiche spettrali del rumore da cui deve essere difeso, mantenendo nel contempo limitati i costi di edificazione.

I risultati presentati relativamente all'effetto dell'intonacatura e dell'apertura di tracce hanno consentito di definire i possibili pericoli che una mal curata esecuzione delle opere può comportare sulla prestazione fonoisolante complessiva.

Affinché i risultati presentati, ottenuti da prove in laboratorio, possano venire applicati senza eccessiva degradazione anche negli edifici reali, è necessario che il progettista eviti quei particolari costruttivi che possono dar luogo a "ponti acustici", o percorsi di fiancheggiamento non voluti. Solo tali carenze progettuali spiegano infatti alcuni clamorosi casi di insufficiente isolamento in edifici realizzati con tipologie murarie, che hanno viceversa la possibilità, come qui dimostrato, di fornire elevati valori di potere fonoisolante e quindi, se correttamente poste in opera, di isolamento acustico.

Bibliografia

- [1] D.M. 18/12/1975 "Norme Tecniche aggiornate relative alla edilizia scolastica..." - Gazzetta Ufficiale n. 26 del 2/2/1976.
- [2] Circolare MLP n. 1769 del 30/4/1966 "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie".
- [3] D.P.C.M. 1/3/1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" - Gazzetta Ufficiale dell'8/3/1991.
- [4] Direttiva CEE 106/89 sugli elementi costruttivi.
- [5] Norma UNI 8270 - UNI, Ente Italiano di Unificazione (1982).
- [6] Norma ISO 140 - International Standards Organization. Noise and vibration standards, 1985.
- [7] A. Farina, P. Mapeli, R. Pompoli, E. Salsi; "Progetto realizzazione e collaudo di un laboratorio per le misure dell'isolamento acustico di elementi di edifici verticali", Atti del XVII Conv. Naz. AIA, p. 53, Parma 12-14 aprile 1989.
- [8] E. Brosio - "Esempi di progettazione e realizzazione - Mezzi di previsione delle prestazioni acustiche di materiali e componenti" - Rivista Italiana di Acustica, vol. X, n. 4, Dicembre 1986.

