UNIVERSITÀ DEGLI STUDI FIRENZE

FLORE
Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

L’isolamento acustico tra aule e corridoi nelle scuole

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

L’isolamento acustico tra aule
e corridoi nelle scuole
Risultati sperimentali e ipotesi migliorative / S. Secchi. - In: COSTRUIRE IN LATERIZIO. - ISSN 0394-1590. - STAMPA. - 54:(1996), pp. 288-294.

Availability:

This version is available at: 2158/771227 since:

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

27 April 2024

NORMATIVA E RICERCA

Simone Secchi

L'isolamento acustico tra aule e corridoi nelle scuole

Risultati sperimentali e ipotesi migliorative

Mentre è in fase di revisione la normativa tecnica per l'edilizia scolastica che proporrà nuovi standard anche sugli aspetti del comfort acustico, una ricerca sottolinea la necessità di migliorare l'isolamento acustico delle aule in rapporto agli spazi comuni

Il comfort acustico è certamente una delle esigenze di primaria importanza in ambienti, come le scuole, dove la comunicazione avviene prevalentemente attraverso la voce. Questo doveva essere un problema ben avvertito dai legislatori se già alla metà degli anni '70 si sono emanate, caso piuttosto singolare per il nostro paese, delle norme tecniche contenenti specifiche in termini di potere fonoisolante delle strutture interne ed esterne, isolamento acustico tra ambienti e assorbimento acustico delle superfici interne.

Il comfort acustico di un ambiente scolastico può infatti essere posto in relazione a due principali aspetti: la qualità acustica dell'ambiente interno, legata prevalentemente alle caratteristiche di assorbimento sonoro delle superfici presenti nell'ambiente, e la protezione contro i rumori provenienti da altri spazi interni o esterni, legata alle caratteristiche strutturali dei divisori (infissi, pareti e solai). Il primo di questi aspetti viene comunemente controllato attraverso il calcolo o la misura del tempo di riverberazione dell'ambiente, il secondo attraverso il potere fonoisolante delle strutture interessate ([1]).

All'avanguardia al momento della loro pubblicazione, le citate norme tecniche, contenute nel D.M. del 18/12/75, mostrano oggi diversi problemi per quello che concerne le condizioni acustiche ([2]). A fronte della necessità di adeguare le specifiche sul potere fonoisolante delle partizioni alle mutate esigenze di comfort acustico ed alla maggiore rumorosità degli spazi esterni, la ricerca oggetto della presente nota evidenzia come il problema si ponga oggi, oltre che sulla caratterizzazione delle strutture divisorie fisse (pareti e solai), anche su quella delle porte e degli infissi di vario genere.

Già sulla base dei risultati di prove sulle murature pubblicati in passato su questa stessa rivista ([3]), si può affermare che non vi sono problemi ad assicurare un potere fonoisolante superiore a quello delle specifiche tecniche (R_w>40 dB) con una parete in laterizio a doppio strato o a singolo strato di mattoni semipieni o pieni. I risultati presentati in questo articolo mostrano invece come tale specifica sia talvolta ben lontana dall'essere raggiunta nelle situazioni reali. Questo è senza dubbio dovuto alla presenza delle porte, in grado di creare anche "ponti acustici" del tipo aula-corridoio-aula che riducono il potere fonoisolante della parete a valori al di sotto del limite stabilito.

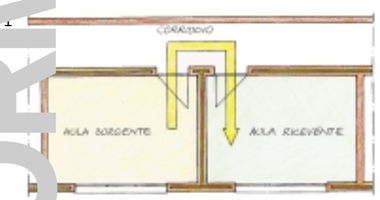
Pertanto, se sul piano normativo è auspicabile una maggiore attenzione nel momento della revisione delle norme tecniche per l'edilizia scolastica, verso la caratterizzazione degli infissi, in termini di specifiche tecniche prestazionali o di soluzioni conformi, sul piano progettuale si sottolinea come possa rivelarsi *inutile* un'attenzione rivolta esclusivamente a migliorare la prestazione della parete (soluzioni multistrato o incremento della massa) quando la presenza degli infissi può vanificare gli sforzi, anche quando questi infissi non sono inseriti direttamente tra i due ambienti, ma sono in grado di creare un "ponte acustico" con il corridoio.

La scelta del campione e i risultati delle misure

I contenuti del presente articolo si avvalgono di una serie di misure effettuate dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana (ex SMPA USL 10). Tali misure hanno avuto come oggetto tutte le scuole elementari e materne del territorio della ex USL 10/D di Firenze in alcune delle quali sono stati misurati i principali parametri per la valutazione del comfort acustico: tempo di riverberazione, livello di rumore di fondo e livello sonoro in facciata, in bande di ottave di frequenza. Sulla base di questi parametri di controllo sono state individuate le scuole più critiche dal punto di vista acustico e per queste è stata quindi condotta una analisi più dettagliata mediante misura dell'isolamento acustico tra aule e corridoi e tra aule ed esterno ([4]). In particolare è stato preliminarmente individuato per ogni scuola un campione di aule sufficientemente rappresentativo dell'intero contesto e quindi sono state effettuate le misure dell'isolamento in quelle aule per le quali risultava superato il livello critico di Houtgast. Questo parametro mette infatti in relazione, per le aule scolastiche, il volume dell'ambiente ed il tempo di riverberazione con un livello sonoro critico per il rumore di fondo oltre il quale si riduce la comprensibilità del parlato.

Il livello di rumore di fondo è stato misurato ad aula vuota ma in presenza di attività nel resto della scuola per tenere conto del disturbo proveniente dagli altri spazi interni.

I risultati della campagna di misure hanno mostrato in generale una situazione piuttosto critica le cui ragioni possono essere ricondotte a differenti fattori. Si intrecciano, infatti, cause di cattivo inserimento urbanistico dell'edificio, a motivi di mutato uso degli spazi di connettivo della scuola, non più impiegati solo per gli spostamenti ma anche per varie attività didattiche, ad altri di cattiva realizzazione, scelta o inserimento delle strutture, degli arredi e degli infissi. L'insieme di queste cause porta spesso a valori del tempo di riverberazione e del livello di isolamento acustico tra gli ambienti ben al di fuori dei limiti stabiliti dal decreto ministeriale del 1975.



1. Ponte acustico del tipo aula-corridoio-aula.

L'articolo si avvale di una serie di misure effettuate dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale di Firenze.
Si ringraziano in particolare il dott. Andrea Poggi ed i suoi collaboratori per la esecuzione delle misure e la fornitura dei risultati.

Per quanto riguarda il tempo di riverberazione, il 40% delle aule dell'intero campione supera il limite a tutte le frequenze ed oltre il 60% alle alte frequenze di analisi (1000, 2000 e 4000 Hz). La causa di questo problema, particolarmente grave per la comprensibilità del parlato e per il comfort acustico, soprattutto in presenza di attività a gruppi, è da ricondursi all'arredo dei locali, troppo poco assorbente, ed alla carenza di altre superfici trattate acusticamente.

L'isolamento acustico è stato valutato solo nelle aule nelle quali il livello di rumore di fondo superava il livello critico di Houtgast, cioè in circa un quarto del campione; in alcune aule è stato valutato l'isolamento dai rumori esterni, in altre quello dai rumori interni ed in altre ancora l'isolamento da entrambe le provenienze. Il campione non corrisponde quindi alle aule che mostrano problemi di minor isolametno acustico ma a quelle per le quali l'insieme delle cause sopra indicate crea problemi di comprensibilità.

Si deve sottolineare come la zona nella quale si trovano le scuole esaminate sia in gran parte di recente urbanizzazione, con alcune strade ad elevato livello di traffico che producono spesso problemi di insufficiente isolamento acustico delle facciate. Una analoga indagine condotta nelle scuole del centro storico produrrebbe probabilmente risultati complessivamente differenti.

L'isolamento acustico ai rumori interni è stato valutato solo tra aule e corridoio e non tra aula ed aula in quanto è apparso chiaro come il problema fosse rappresentato dal passaggio del suono attraverso le porte e le aperture vetrare sui corridoi o sugli atri. Inoltre, essendo aumentato il numero delle attività che vengono svolte dai bambini fuori dall'aula, negli spazi comuni si trovano spesso livelli sonori maggiori che nelle aule. Questi alti livelli, uniti agli elevati tempi di riverberazione di tali spazi, spesso carenti di arredamento e di superfici assorbenti, ed alla presenza di una o più porte e di superfici vetrate di comunicazione con le aule, rendono maggiormente problematico l'isolamento acustico delle partizioni tra aula e corridoio.

Nel seguito si analizzano i risultati relativi alle misure di isolamento acustico tra aule e corridoi in un campione di 14 aule, cercando di trarre delle conclusioni sulle possibilità di miglioramento di una situazione fuori dai limiti della accettabilità.

I dati sperimentali

Come si vede dalla tabella 1, le aule del campione presentano tipologie di strutture di partizione molto diversificate: a muratura portante in laterizio, con struttura intelaiata e divisori in laterizio o in blocchi di gesso, a pannelli prefabbricati in calcestruzzo, eccetera. In quasi tutte le aule esaminate la porta è realizzata in legno tamburato a una o due ante senza guarnizioni nelle battute e sulla soglia. Le aperture presenti spesso sopra la porta, che servono ad illuminare naturalmente gli spazi comuni tramite le finestre delle aule, sono sempre a vetro singolo, non apribili.

Nella tabella è mostrato sia il livello di isolamento acustico D, in bande di ottave di frequenza, ottenuto dalla differenza tra i livelli sonori medi nell'ambiente sorgente (corridoio o atrio) e ricevente (aula), sia il potere fonoisolante apparente R', ottenuto da D e dal tempo di riverbero, dal volume dell'ambiente e dalla superficie della parete di separazione ([5]), sia l'indice di valutazione del potere fonoisolante R'_w, ottenuto secondo la procedura descritta dalla norma ISO 717-1.

In tutti i casi l'isolamento acustico risulta decisamente inferiore al limite stabilito dalla normativa. È pur vero che il decreto citato fa riferimento all'isolamento acustico tra ambienti adibiti ad uso didattico e quindi tra aule, presumibilmente senza porte di comunicazione, tuttavia, in conseguenza del mutato uso degli spazi collettivi, appare lecito estendere la specifica anche all'interfaccia aula-corridoio o aula-atrio.

Da un primo esame dei dati si possono fare già due considerazioni interessanti:

– lo scarso isolamento acustico è da riferirsi in gran parte alla presenza della porta e delle vetrate per l'illuminazione dei corridoi;
– la tipologia e la consistenza delle pareti hanno scarsa influenza sul risultato finale, avendosi valori dell'isolamento molto bassi ed analoghi sia per pareti in laterizio a due teste portanti che per pareti ad una testa in laterizio o a blocchi di gesso (si confrontino a questo proposito le aule n. 5, 8 e 13).

Riscontro teorico dei dati sperimentali

Il basso livello di isolamento acustico riscontrato tra le aule ed i corridoi è quindi da riferirsi alla presenza delle porte e delle vetrate piuttosto che alla consistenza della struttura di separazione.

Per capire meglio questa prima conclusione si può fare un calcolo teorico del potere fonoisolante delle strutture in esame e confrontare quindi i risultati con i dati misurati.

Il calcolo può essere fatto a partire dai dati sperimentali dei poteri fonoisolanti ottenuti in laboratorio per i diversi elementi presenti (pareti, porte e vetrate), ponderando il contributo delle diverse parti secondo la loro dimensione. A tale scopo si può utilizzare la seguente formula:

$$\tau_{tot} = \frac{\tau_{par}S_{par}+\tau_{por}S_{por}+\tau_{vet}S_{vet}+\tau_{fess}S_{fess}}{S_{tot}}$$

in cui τ ed S sono rispettivamente il coefficiente di trasmissione sonora e la superficie di ogni singolo elemento ed i pedici servono per specificare l'elemento (parete, porta, vetro, fessura in corrispondenza della porta).

Il potere fonoisolante ed il coefficiente di trasmissione sonora sono legati dalla seguente relazione:

$$R=10 \log_{10} \frac{1}{\tau} = -10 \log_{10}\tau$$

Si devono quindi calcolare i coefficienti di trasmissione sonora dei singoli elementi a partire dai valori ottenuti in laboratorio dei poteri fonoisolanti, il coefficiente globale di trasmissione sonora e da questo il potere fonoisolante complessivo della partizione. Il potere fonoisolante così ottenuto è quello della semplice frontiera tra aula e corridoio e non include il contributo della trasmissione sonora dovuta alle strutture laterali, risultando pertanto generalmente superiore di alcuni decibel rispetto alla situazione reale. Per calcolare anche questo contributo ed ottenere il potere fonoisolante apparente R' si deve impiegare un metodo di calcolo più complesso che tiene conto del tipo di giunto tra le pareti, della loro massa e del loro potere fonoisolante (questo è l'oggetto di un progetto di norma europea). Trascurando questo contributo, si deve comunque tenere conto di tale semplificazione in fase di valutazione dei risultati, considerando una riduzione di alcuni dB nel passaggio dai dati teorico-sperimentali a quelli misurati.

Per il riscontro sono stati scelti cinque casi che presentano soluzioni differenti per la struttura di separazione: una parete portante a due teste di elementi semipieni in laterizio, due pareti ad una testa di elementi semipieni e forati in laterizio, una parete in blocchi pieni di gesso ed una in pietra.

I valori del potere fonoisolante dei diversi elementi sono stati ripresi da varie fonti, come meglio specificato nel seguito.

Il confronto, per maggiore semplicità, viene fatto tra gli indici di valutazione del potere fonoisolante R_w e non tra i valori del potere fonoisolante in bande di frequenza.

Tabella 1 - Risultati sperimentali ottenuti dal Presidio Multizonale di Protezione Ambientale per il campione di 14 aule (prima parte).

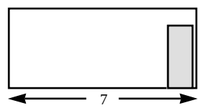
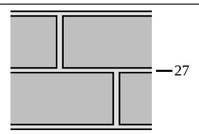
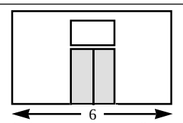
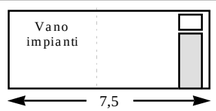
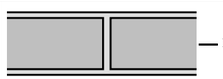
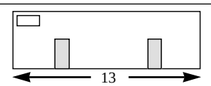
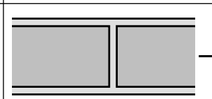
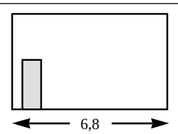
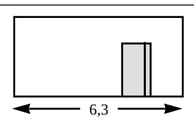
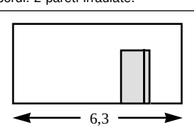
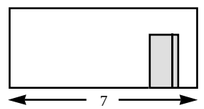
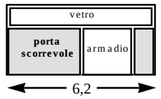
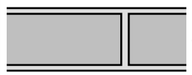
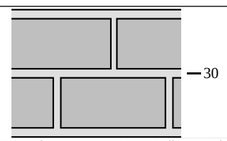
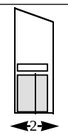
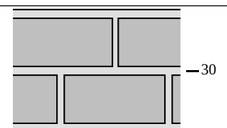
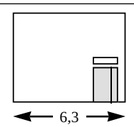
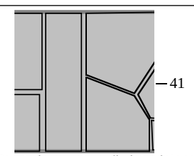
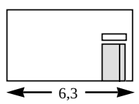
Rif.	Scuola / Contesto	Tipologia parete Disegno, descrizione e spessore (cm)	Tipologia porta Disegno parete, descrizione porta e larghezza parete (m)	Vol. aula Dim. parete Dim. porta Rapp. porta / par.	Isolamento acustico e potere fonoisolante (dB) Freq	D	R'	R'_w
1	Scuola materna comunale "Allori". Aula su corridoio.	 Pannello di legno tamburato comprendente la porta con ampie fessure ai bordi.	 Porta di legno tamburato di 4 cm di spessore senza guarnizioni, con fessure ai bordi.	138 m³ 20,7m² 2,4 m² 12% (100% se si considera l'intero pannello)	125 250 500 1000 2000 4000	10,5 13,1 13,8 14,5 17,1 19,3	11,6 12,8 12,7 14,6 16,8 18,8	**15**
2	Scuola comunale materna "Amendola". Aula su corridoio.	 Parete in muratura portante di mattoni in laterizio intonacati.	 Porta in legno tamburato di 5 cm di spessore con vetro singolo soprastante, senza guarnizioni.	138 m³ 20,5 m² 3,5 + 1,7 m² 25%	125 250 500 1000 2000 4000	15,9 22,9 26,2 26,9 26 24,4	16,5 20,7 23,1 23,5 22,2 20,3	**21**
3	Scuola elementare e materna statale "Bargellini". Aula su corridoio.	 Parete in pannelli di cartongesso con isolante interposto.	 Porta in legno tamburato senza guarnizioni con soprastante infisso a vetro singolo. Fessura sopra la porta.	135 m³ 22,4 m² 1,7+0,4 m² 10%	125 250 500 1000 2000 4000	19,2 20,9 20,2 23,2 26,2 24,8	18,1 20,1 20,0 23,6 26,9 25,4	**24**
4	Scuola elementare e materna statale "Battisti". Aula doppia materna su corridoio.	 Parete in muratura di mattoni pieni in laterizio intonacati.	 Due porte a due ante in legno massello.	322 m³ 48,6 m² 2,1+2,1+0,8 m² 10%	125 250 500 1000 2000 4000	18,6 20,7 23,5 25,8 24,3 23,5	21,8 23,8 26,9 29 26,9 25,4	**26**
5	Scuola elementare e materna statale "Battisti". Aula singola materna su corridoio.	 Parete in muratura di mattoni semipieni intonacati.	 Porta in legno tamburato senza guarnizioni.	207 m³ 27 m² 1,8 m² 6,7%	125 250 500 1000 2000 4000	19,8 23,3 26,1 25,2 24,9 25,7	22,5 25,6 29 28,2 27,5 27,9	**28**
6	Scuola elementare e materna comunale "Cadorna". Aula su atrio e corridoio.	 Parete in blocchi di gesso con intonaco a gesso.	 Due pareti su spazio comune. Porta in tamburato a due ante con guarnizioni ai bordi. 2 pareti irradiate.	152 m³ 44 m² 2,2 m² 5%	125 250 500 1000 2000 4000	22,5 23 24 28,1 27,6 33,1	23,1 24 24,7 28,6 26,9 32,6	**27**
7	Scuola elementare e materna comunale "Cadorna". Aula su corridoio.	 Parete in blocchi di gesso con intonaco a gesso.	 Due pareti su spazio comune. Porta in tamburato a due ante con guarnizioni ai bordi. Solo una parete irradiata.	152 m³ 22 m² 2,2 m² 10%	125 250 500 1000 2000 4000	22,5 23 24 28,1 27,6 33,1	20,1 21 21,7 25,6 23,9 29,6	**24**

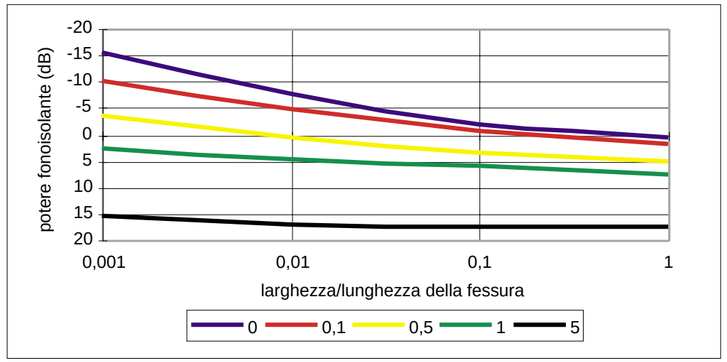
Tabella 1 - Risultati sperimentali ottenuti per il campione di 14 aule (seconda parte).

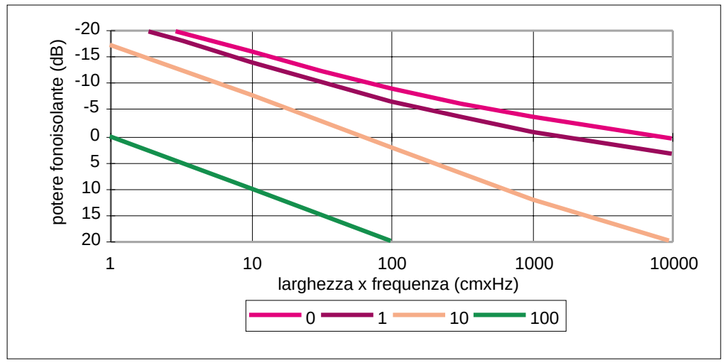
Rif.	Scuola / Contesto	Tipologia parete Disegno, descrizione e spessore (cm)	Tipologia porta Disegno parete, descrizione porta e larghezza parete (m)	Vol. aula Dim. parete Dim. porta Rapp. porta / par.	Isolamento acustico e potere fonoisolante (dB) Freq	D	R'	R'_w
8	Scuola elementare e materna comunale "Cadorna". Aula su corridoio.	 Parete in blocchi di gesso con intonaco a gesso.	 Porta in tamburato a due ante con guarnizioni ai bordi.	178 m³ 21 m² 1,08 m² 5%	125 250 500 1000 2000 4000	27,4 27,8 27,9 29,9 28 31	23,6 25,7 25,5 27,6 26,3 29,2	**27**
9	Scuola materna statale "Calvane". Aula su atrio.	 Parete in pannelli di calcestruzzo intonacati a malta.	 Due pareti su atrio. Porta in legno tamburato di 4 cm senza guarnizioni con vetro singolo soprastante.	98 m³ 17,4 m² 1,8+0,4 m² 13%	125 250 500 1000 2000 4000	19,9 24,8 25,3 26,3 27,9 30,3	18,8 22,6 23,5 24,6 25,5 28	**25**
10	Scuola elementare e materna statale "Colombo". Aula elementare su corridoio.	 Parete attrezzata in pannelli di legno compensato e tamburato comprendente porta scorrevole, armadio e porta incernierata.	 Due porte in legno tamburato di cui una scorrevole, armadio in legno compensato, vetro singolo soprastante. Senza guarnizioni.	136 m³ 18,6 m² 6+1,8+4,6+6,2 m² 100%	125 250 500 1000 2000 4000	9,9 12,1 11,7 13 15,2 17,2	11,2 14 13,5 14,7 16,4 17,8	**15**
11	Scuola elementare e materna statale "Colombo". Aula materna su corridoio.	 Parete in muratura di mattoni forati intonacati.	 Porta in legno tamburato a due ante senza guarnizioni.	113 m³ 9 m² 3,6 m² 40%	125 250 500 1000 2000 4000	16,5 18,8 20,9 24,1 24,4 22,1	16,3 17,8 19,6 22,7 22,8 20	**20**
12	Scuola materna statale "Lorenzini". Aula su atrio.	 Parete in muratura portante di mattoni in laterizio con cordoli.	 Porta in legno tamburato a due ante di 4 cm con vetro singolo soprastante.	177 m³ 9 m² 3,4+0,7 m² 45%	125 250 500 1000 2000 4000	20,1 24,2 28,9 30,8 31,5 29,1	14,2 17 21,1 22,6 23 20,7	**21**
13	Scuola materna statale "Lorenzini". Aula su atrio.	 Parete in muratura portante di mattoni in laterizio con cordoli.	 Porta in legno tamburato a due ante di 4 cm con vetro singolo soprastante.	177 m³ 30 m² 2,8+0,56 m² 11%	125 250 500 1000 2000 4000	20,1 24,2 28,9 30,8 31,5 29,1	19,4 22,2 26,3 27,8 28,3 26	**26**
14	Scuola elementare e materna statale. "Matteotti".	 Parete in muratura di pietra intonacata.	 Porta a due ante in legno compensato (parte centrale spessa circa 1 cm). Vetro singolo soprastante.	225 m³ 28 m² 2,8+0,54 m² 12%	125 250 500 1000 2000 4000	24,5 22,6 24,5 28,1 28,8 30	23,7 21 23,4 27,3 29,2 30,2	**27**

2. Potere fonoisolante delle fessure di piccola dimensione.
Nel grafico in alto, da utilizzarsi quando la lunghezza della fessura (lunghezza della porta) è minore della lunghezza d'onda considerata, le diverse curve corrispondono al rapporto tra la profondità della fessura (spessore della porta) e la radice quadrata della sua superficie.
Nel grafico in basso, valido quando la lunghezza della fessura è maggiore della lunghezza d'onda, le curve corrispondono al rapporto tra profondità e larghezza della fessura.

Il potere fonoisolante della fessura può essere calcolato in funzione dei diagrammi di figura 2 ([6]), validi per frequenze di analisi minori del rapporto c/2d, in cui c è la velocità del suono nell'aria (pari a 341 m/s) e d la profondità della fessura (corrispondente alla larghezza della porta e pari in media per i casi considerati a 0,045 m). I diagrammi sono pertanto validi per frequenze inferiori a circa 3800 Hz, corrispondenti quasi all'estremo superiore dell'analisi effettuata. Il calcolo del potere fonoisolante della fessura dovrebbe essere effettuato in funzione della frequenza al fine di calcolare l'indice di valutazione del potere fonoisolante e quindi il coefficiente di trasmissione sonora. Per semplicità, senza commettere notevoli errori, si può considerare la trasmissione sonora delle fessure costante alle varie frequenze e pari all'unità per tutti i casi esaminati (τ=1).

Per quanto riguarda le porte, data la difficoltà di trovare dati sperimentali specifici, si è considerato un valore costante del potere fonoisolante pari a 17 dB, corrispondente a quello di una porta in legno tamburato di 4,5 cm di spessore. In un solo caso si è incrementato questo valore di 3 dB per tenere conto della maggiore consistenza della porta. I valori si riferiscono a porte provate in laboratorio, correttamente sigillate ai bordi e quindi senza fessure.





2

Calcolo dei poteri fonoisolanti

Nella tabella 2 vengono presentati i valori del potere fonoisolante ottenuti mediante il calcolo per le varie partizioni. Le fonti dei dati sono specificate nelle note solo la prima volta che vengono utilizzati. In alcuni casi, in assenza di dati sperimentali, si è effettuato il calcolo del potere fonoisolante a partire dalla massa superficiale dell'elemento (parete in blocchi di gesso e parete in pietra).

Il riferimento numerico che individua l'aula è nella prima colonna della tabella 1.

Confronto tra dati teorici e dati sperimentali

Come si deduce dalla tabella 3, la differenza tra i valori misurati in opera e quelli calcolati da dati di laboratorio del potere fonoisolante è sempre negativa e variabile tra -0,25 e -2,6 dB (C-B). L'esistenza di una differenza è giustificata dalla non esatta corrispondenza tra le strutture reali e quelle a cui si è fatto riferimento per i dati da laboratorio, nonché dal non aver considerato la trasmissione di fiancheggiamento che porta certamente un contributo negativo di alcuni dB, difficilmente quantificabile, al potere fonoisolante.

Nella tabella sono anche riportati il potere fonoisolante della sola parete senza infissi (A), la differenza, in termini assoluti e percentuali, tra questo ed il potere fonoisolante con gli infissi ed il rapporto percentuale tra superficie delle aperture e superficie dell'intera parete.

Dal dato A si può osservare come in tutti i casi si sarebbe al di sopra della specifica della norma (R_w>40dB) se non si considerasse la presenza degli infissi. Dal confronto tra il dato D e la differenza B-A (%) si vede invece come vi sia una correlazione molto scarsa tra di questi, cioè come la percentuale delle aperture sull'intera parete non sia un parametro molto significativo in sé.

Il contributo della fessura nella riduzione del potere fonoisolante globale può essere facilmente valutato togliendo dalla sommatoria per il calcolo del coefficiente di trasmissione globale τ il termine relativo.

Dalla tabella 4 si deduce come eliminando le fessure con opportune guarnizioni il potere fonoisolante della partizione incrementa di meno di 1 dB, quindi di una quantità esigua. Pertanto è da ritenere che il decadimento del potere fonoisolante della parete sia in gran parte dovuto alla cattiva qualità degli infissi impiegati (porte e finestre).

Considerazioni conclusive: possibili interventi migliorativi

In vista della revisione della normativa tecnica sull'edilizia scolastica che proporrà nuovi standard sull'isolamento acustico delle pareti tra aule, la ricerca svolta mostra come non si possa trascurare la caratterizzazione acustica degli infissi che rappresentano il principale percorso di trasmissione dei rumori aerei. Pur analizzando solo l'isolamento acustico tra aule adiacenti, senza porte di comunicazione, come sembra risultare dal testo della normativa, il percorso acustico aula-corridoio-aula (figura 1) può portare a ridurre sensibilmente l'isolamento dovuto alla sola parete. Sembra pertanto prioritario, sia da un punto di vista della maggiore efficacia dell'intervento che da quello della effettiva possibilità di migliorare le prestazioni delle pareti oltre un certo limite, spostare l'attenzione dalle caratteristiche delle pareti a quelle degli infissi ed al rapporto tra aule e spazi comuni.

Infatti, continuando ad impiegare porte e finestre a basso profilo acustico, è necessario e per lo più non ancora sufficiente utilizzare pareti con specifiche di potere fonoisolante non raggiungibili nemmeno con soluzioni multistrato e spessori oltre i 50 cm.

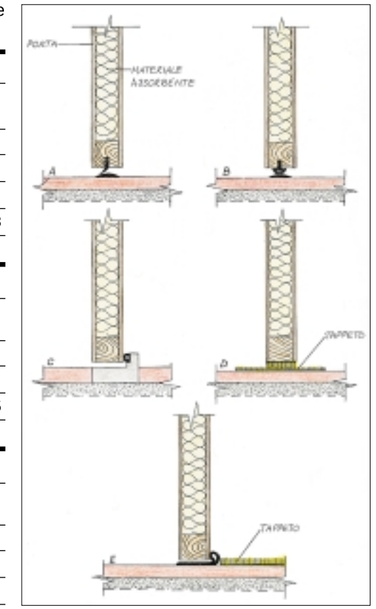
Dalle analisi effettuate emerge che vi possono essere diverse strategie per incrementare il potere fonoisolante di un divisorio comprendente uno o più infissi:
– migliorare il potere fonoisolante dell'infisso (in particolare la porta) mediante opportuni accorgimenti;
– eliminare le fessure presenti sotto la porta e ai bordi;
– eliminare o modificare le aperture non strettamente necessarie (prese d'aria, vetrate);
– ridurre la dimensione della porta;
– aumentare il potere fonoisolante della parte in muratura (spesso già sufficientemente alto).

Nessuna di queste strategie è sufficiente

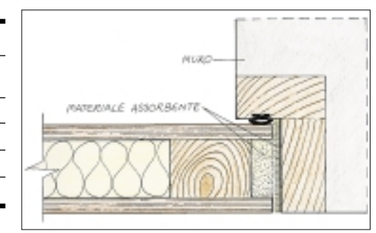
3. Differenti soluzioni per eliminare la fessura sotto la porta (sezioni verticali).
4. "Labirinto acustico" con materiale assorbente per limitare la trasmissione sonora attraverso la fessura senza guarnizioni (sezione orizzontale).
5. Presa d'aria trattata acusticamente all'interno di una porta (sezione verticale).

Tabella 2 - Calcolo del potere fonoisolante delle strutture divisorie di alcune delle aule costituenti il campione preso a riferimento nella ricerca.

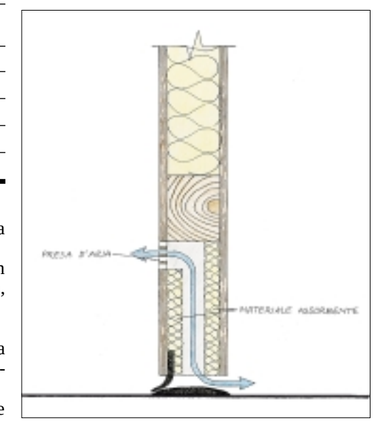
Scuola materna Amendola			*Rif. n° 2*	
Descrizione elemento	**Spess. cm**	**Rw (dB)**	**τ**	**Sup. (m^2)**
Parete a due teste di mattoni semipieni intonacata	27,0	51[7]	0,0000079	15,72
Porta a due ante in legno tamburato	4,5	17[8]	0,01995	3,57
Vetro singolo	0,4	26[9]	0,0025	1,7
Fessura (sotto la porta e lungo la battuta)	0,5	0	1	0,0148
Partizione intera: potere fonoisolante risultante		R_w=23,6 dB		
Scuola elementare e materna Battisti			*Rif. n° 5*	
Descrizione elemento	**Spess. cm**	**Rw (dB)**	**τ**	**Sup. (m^2)**
Parete ad una testa di mattoni semipieni intonacata	14,5	45[10]	0,0000316	25,41
Porta (a due ante) in legno tamburato	4,5	17	0,01995	1,785
Fessura (sotto la porta)	0,5	0	1	0,00425
Partizione intera: potere fonoisolante risultante		R_w=28,25 dB		
Scuola elementare e materna Cadorna			*Rif. n° 8*	
Descrizione elemento	**Spess. cm**	**Rw (dB)**	**τ**	**Sup. (m^2)**
Parete in blocchi di gesso intonacati a malta di gesso	8,0	40,62[11]	0,0000867	19,915
Porta in legno tamburato	4,5	17	0,01995 5	1,08
Fessura (sotto la porta)	0,5	0	1	0,045
Partizione intera: potere fonoisolante risultante		R_w=28,78 dB		
Scuola elementare e materna Colombo			*Rif. n° 11*	
Descrizione elemento	**Spess. cm**	**Rw (dB)**	**τ**	**Sup. (m^2)**
Parete in muratura di mattoni forati intonacata	12,0	42,5[12]	0,0000562	5,371
Porta in legno tamburato	4,5	17	0,01995	3,6
Fessura (sotto la porta)	0,5	0	1	0,009
Partizione intera: potere fonoisolante risultante		R_w=20,45 dB		
Scuola elementare e materna Matteotti			*Rif. n° 14*	
Descrizione elemento	**Spess. cm**	**Rw (dB)**	**τ**	**Sup. (m^2)**
Parete in muratura di pietra intonacata	41,0	68,8[13]	0,00000013	24,58
Porta in legno compensato a spessore variabile	1÷4	20[14]	0,01	2,835
Vetro singolo	0,4	26	0,0025	0,54
Fessura (sotto la porta)	0,5	0	1	0,00675
Partizione intera: potere fonoisolante risultante		R_w=28,8 dB		



3



4



5

Tabella 3 - Confronto tra valori teorici e sperimentali del potere fonoisolante.

Rif. n°	R_w calcolato solo parete (A)	R_w calcolato globale (B)	Diff. (B-A) (ass.)	Diff. (B-A) (%)	R'w misurato (C)	Diff. (C-B) (ass.)	% infissi / parete (D)
2	51	23,6	-27,4	-54%	21	-2,6	25,0%
5	45	28,25	-16,75	-37%	28	-0,25	6,7%
8	40,62	28,78	-11,84	-29%	27	-1,78	5,0%
11	42,5	20,45	-22,05	-52%	20	-0,45	40,0%
14	68,8	28,8	-40	-58%	27	-1,8	12,0%

Tabella 4 - Contributo della fessura nel decadimento del potere fonoisolante della partizione (calcolo teorico).

Rif. n°	R_w calcolato con fessure (A)	R_w calcolato senza fessure (B)	Differenza (B-A) (dB)
2	23,6	24,4	0,8
5	28,25	28,6	0,35
8	28,78	29,55	0,77
11	20,45	20,96	0,51
14	28,8	29,74	0,94

da sola per cui si deve cercare di intervenire contemporaneamente su tutti i fattori.

Per incrementare il potere fonoisolante della porta, non potendone aumentare la massa oltre una certa misura, si devono scegliere soluzioni multistrato. Una porta ben progettata può offrire un potere fonoisolante di 30 dB ed oltre.

Per eliminare o limitare la presenza delle fessure sotto la porta o in corrispondenza delle battute si possono usare guarnizioni doppie o triple ai bordi e giunti speciali al contatto con il pavimento. In figura 3 sono mostrate alcune soluzioni per eliminare la fessura sotto la porta.

Le guarnizioni poste tra porta e telaio possono essere in materiale sintetico schiumoso o in gomma e devono essere sufficientemente soffici. Le guarnizioni, infatti, devono essere compresse per offrire una buona resistenza al passaggio del rumore e se sono troppo rigide possono creare eccessiva resistenza alla chiusura della porta. Per garantire una sufficiente compressione, può essere necessario impiegare guarnizioni doppie o triple. In alternativa, con porte abbastanza spesse (più di cinque centimetri), si possono usare dei "labirinti acustici" che non necessitano compressione ma che riducono la trasmissione acustica per via aerea per assorbimento delle onde sonore (figura 4).

Una soluzione analoga può essere impiegata anche per limitare la trasmissione sonora attraverso le prese d'aria inserite nelle porte o nella parete (figura 5).

La soluzione migliore per incrementare l'isolamento acustico tra i due ambienti sarebbe quella di impiegare porte doppie opportunamente distanziate, con materiale assorbente interposto, ma questo è ovviamente non compatibile con la funzionalità degli ambienti, in particolare nell'edilizia scolastica.

Bibliografia

(1) Circolare n° 1769 del 30.04.1966, "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie".

(2) Decreto Ministeriale 18 dicembre 1975, "Norme tecniche aggiornate per l'edilizia scolastica", in G.U. n° 29 del 2 febbraio 1976.

(3) Bassini A., Degli Innocenti M., Poggi A., USL 10, *Qualità acustica delle scuole: metodologie di indagine e risultati della ricerca su un campione di materne ed elementari*, Firenze, s.d.

(4) Peretti A., Pompoli R., (a cura di), Atti del seminario "Rumore e ambienti scolastici", AIA, Gruppo di Acustica Ambientale, Padova, ottobre 1995.

(5) Vigone M., *Progettare il silenzio*, Milano, Hoepli 1985.

(6) Farina A., Raffellini G., "Potere fonoisolante di strutture in laterizio", in *Costruire in Laterizio*, n. 23, sett.-ott. 1991.

(7) Rocco L., *Fondamenti di acustica ambientale*, Firenze, Alinea, 1984.

(8) Cen/Tc126/WG2 n° 137 "Building acoustic: estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products; part 1: airborne sound insulation between rooms", final draft, december 1994.

(9) Cahiers du CSTB n° 140, *Etudes des caractéristiques acoustiques de divers matériaux*, giugno 1973, Cahier n° 1187.

(10) Sound Research Laboratories Limited, *Practical Building Acoustics*, Sudbury, Suffolk, John Wiley and Sons, 1976.

Note

(1) Il *tempo di riverberazione*, T_{60}, è il tempo necessario affinché il livello di pressione sonora presente nell'ambiente si riduca di 60 dB, ovvero affinché la densità energetica dell'ambiente si riduca ad un milionesimo del valore iniziale. Il tempo di riverberazione viene posto in relazione con il volume dell'ambiente e con l'assorbimento medio delle superfici attraverso la formula di Sabine (T_{60}=0,16.V/S·a_m). Il *potere fonoisolante* è pari a meno dieci volte il logaritmo del coefficiente di trasmissione sonora della struttura esaminata; quest'ultimo, τ, è il rapporto tra la potenza sonora trasmessa dalla partizione e quella incidente su di essa.

(2) Si rimanda a questo proposito all'articolo di Fausti, Peretti e Pompoli "Legislazione e normativa in tema di protezione acustica degli edifici scolastici", contenuto negli atti del seminario "Rumore e ambienti scolastici", pagg. 17-32, che confronta le specifiche delle norme italiane con quelle di normative di alcuni paesi europei.

(3) Vedere A. Farina e G. Raffellini, "Potere fonoisolante di strutture in laterizio", in *Costruire in Laterizio*, n. 23, sett.-ottt. 1991, pagg. 378-385.

(4) Le misure sono state effettuate secondo la procedura prevista dalla Circolare n° 1769 del 30.04.1966, "Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici nelle costruzioni edilizie".

(5) L'isolamento acustico D tra due ambienti ed il potere fonoisolante apparente R' della parete di separazione sono posti in relazione dalla seguente equazione:

$$R' = D + 10\log_{10} \frac{S_s T_{60}}{0{,}16V}$$

in cui:

D è la differenza di livello di pressione sonora tra due ambienti (L_1-L_2);

R' è il potere fonoisolante apparente, dato da meno dieci volte il logaritmo del rapporto tra potenza sonora complessivamente trasmessa nell'ambiente ricevente e potenza sonora incidente sulla struttura di separazione; il potere fonoisolante apparente comprende anche il contributo della trasmissione sonora di fiancheggiamento dovuto alle strutture laterali;

V è il volume dell'ambiente ricevente;

T_{60} è il tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente;

S_s è la superficie complessiva della partizione.

(6) Vedere M. Vigone, *Progettare il silenzio*, Milano, Hoepli, 1985 pag. 162.

(7) Vedere A. Farina e G. Raffellini, *op. cit.*, pag. 380.

(8) Vedere L. Rocco, *Fondamenti di acustica ambientale*, Firenze, Alinea, 1984, pag. 79.

(9) Vedere M. Vigone, *op. cit.*, pag. 159.

(10) Vedere L. Rocco, *op. cit.*, pag. 79. Il valore riportato da Rocco (R_w=43 dB) è stato incrementato di 2 dB per tenere conto del maggior spessore della parete (14,5 cm contro 12,5) e della diversa consistenza dei mattoni.

(11) Il potere fonoisolante della parete in blocchi di gesso è stato calcolato mediante la seguente formula empirica: R_w=21,46 $\log_{10}$m'-2,3=40,62 dB. La formula, ripresa dal progetto di norma CEN/TC126/WG2 n° 137, pag. 28, è valida per valori della massa superficiale della parete m' superiori a 50 kg/m². In questo caso si ha m'=98 kg/m².

(12) Vedere A. Farina, G. Raffellini, *op. cit.*, pag. 380.

(13) Il potere fonoisolante della parete in muratura di pietra è stato calcolato mediante la seguente formula empirica: R_w=37,5 $\log_{10}$m'-42=68,8 dB. La formula, ripresa dal citato progetto di norma CEN, pag. 27, è valida per valori della massa superficiale della parete m' superiori a 150 kg/m². In questo caso si ha m'=902 kg/m².

(14) Non essendosi reperiti dati sperimentali per questa porta, si considera un potere fonoisolante di 20 dB, corrispondente al potere fonoisolante di porte analoghe a spessore costante. Vedere Cahiers du CSTB n° 140, *Etudes des caractéristiques acoustiques de divers matériaux*, giugno1973, Cahier n° 1187, pag. 21 e segg.