



I requisiti acustici degli elementi edilizi: la determinazione in opera dei livelli prestazionali

Antonino Di Bella (*)

(*) Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Padova

L'insieme delle norme UNI EN ISO 140-4:2000 [1], UNI EN ISO 140-5:2000 [2], UNI EN ISO 140-7:2000 [3], costituisce il punto di partenza per la valutazione in opera dei livelli prestazionali acustici degli elementi edilizi.

Queste norme trattano, rispettivamente, dei metodi per la valutazione dell'isolamento dai rumori trasmessi per via aerea tra ambienti separati da partizioni interne verticali o orizzontali, dell'isolamento per via aerea degli elementi di facciata e dell'isolamento dal rumore di calpestio dei solai.

Esse sostituiscono le precedenti norme nazionali UNI 10708-1 [4], UNI 10708-2 [5] e 10708-3 [6], a loro volta derivanti dalle relative norme UNI della serie UNI 8270 [7, 8].

Non è superfluo ricordare l'importanza della conoscenza del quadro normativo aggiornato per il corretto svolgimento di valutazioni prestazionali complesse e delicate, come quelle che riguardano il collaudo o la verifica dei requisiti acustici degli edifici. Infatti, molti dei fraintendimenti e dei dubbi che tuttora rendono di difficile applicazione il D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici degli edifici" [9] riguardano proprio l'applicazione dei metodi di valutazione.

I metodi di indagine delle norme precedentemente elencate contengono molte parti comuni ed analogie con i metodi di laboratorio [10, 11]. In questa sede verranno descritte le principali prescrizioni, i metodi generali e le indicazioni per il corretto svolgimento delle prove in opera.

L'isolamento acustico per via aerea di partizioni interne

La norma UNI EN ISO 140-4 descrive i metodi per la misurazione in opera delle proprietà di isolamento al rumore aereo di pareti interne, pavimenti e porte, tra due ambienti adiacenti e distinti in condizioni di campo acustico diffuso e per la determinazione della protezione dal rumore fornita agli occupanti dell'edificio.

I metodi forniscono valori di isolamento al rumore aereo in funzione della frequenza. Essi possono essere trasformati in un unico valore caratterizzante le proprietà acustiche di ciascun elemento analizzato applicando la UNI EN ISO 717-1 [12].

I risultati ottenuti possono essere utilizzati per confrontare l'isolamento acustico tra ambienti e per verificare l'isolamento acustico in opera rispetto a specifiche prescrizioni contrattuali o ai valori minimi di legge.

Per le misure in opera si applicano le stesse definizioni presenti nella norma UNI EN ISO 140-3 per le misure in laboratorio [13].

Viene inoltre definito l'isolamento acustico (D) come la differenza, in decibel, tra le medie spazio-temporali dei livelli di pressione sonora prodotti in due ambienti da una o più sorgenti poste in uno di essi:

$$D = L_1 - L_2 \dots [dB]$$

dove L_1 è il livello medio di pressione sonora [dB] nella camera trasmittente; L_2 è il livello medio di pressione sonora [dB] nella camera ricevente. A differenza del *potere fonoisolante* (R) e del *potere fonoisolante apparente* (R'), in cui la potenza sonora trasmessa nell'ambiente ricevente è correlata alla potenza sonora incidente sull'elemento considerato e quindi alla sua superficie, l'isolamento acustico è un parametro sostanzialmente "svincolato" dalla geometria dell'ambiente ricevente e dalle dimensioni della partizione.

Per tenere conto delle caratteristiche fonoassorbenti dei materiali che costituiscono l'ambiente ricevente è possibile correggere il valore dell'isolamento acustico introducendo una normalizzazione rispetto all'assorbimento acustico (D_n), secondo la relazione:

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{A}{A_0} \dots [dB]$$

dove A è l'area di assorbimento acustico equivalente [m²] nella camera ricevente e A_0 è l'area di assorbimento acustico di riferimento che, per ambienti abitativi, è pari a 10 m².

Analogamente è possibile operare una normalizzazione rispetto al tempo di riverberazione (D_{nT}), secondo la relazione:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0} \dots [dB]$$

dove T è il tempo di riverberazione [s] nella camera ricevente e T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento che, per ambienti abitativi, è pari a 0,5 s.

Il parametro richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97 per la valutazione delle prestazioni di isolamento nei confronti del rumore trasmesso per via aerea è il potere fonoisolante apparente (R'), che si ricava mediante la relazione:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \dots [dB]$$

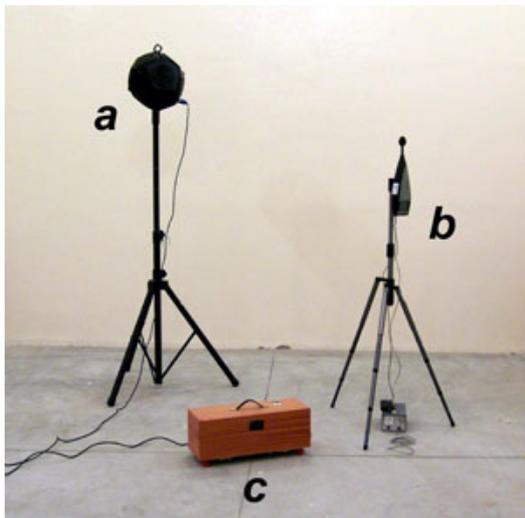
dove L_1 è il livello medio di pressione sonora [dB] nella camera trasmittente; L_2 è il livello medio di pressione sonora [dB] nella camera ricevente; S è l'area dell'elemento in prova [m^2]; A è l'area di assorbimento acustico equivalente [m^2] nella camera ricevente.

È importante notare che l'equivalenza fra questi parametri si verifica solo in particolari condizioni, cioè in presenza di un ambiente ricevente di circa 32 m^3 separato dall'ambiente trasmittente da una parete (o un solaio) di 10 m^2 , che, ipotizzando un'altezza di 2,7 m, corrisponde ad una stanza di circa 3,2 m di larghezza per 3,7 m di profondità.

Per la determinazione del potere fonoisolante apparente è necessario conoscere:

- il livello di pressione sonora generato all'interno dell'ambiente trasmittente;
- il livello di pressione sonora indotto in un adiacente ambiente ricevente;
- il livello di rumore di fondo (in assenza del segnale sonoro generato nell'ambiente trasmittente);
- il tempo di riverberazione (misurato con i metodi prescritti dalla norma UNI EN ISO 354 [14]) ed il volume dell'ambiente ricevente (per il calcolo della superficie di assorbimento acustico equivalente);
- la superficie dell'elemento di separazione fra i due ambienti (misurata dalla parte dell'ambiente ricevente).

La procedura di misura è del tutto analoga a quella utilizzata per le valutazioni in laboratorio. In particolare, la potenza sonora generata nell'ambiente trasmittente deve essere sufficientemente elevata da indurre, nell'ambiente ricevente, un livello di pressione sonora maggiore di almeno 10 dB rispetto al rumore di fondo, altrimenti è necessario apportare delle correzioni ai risultati ottenuti.



È necessario effettuare almeno sei misure del tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente con almeno una posizione della sorgente sonora e tre posizioni microfoniche con due rilevazioni per ciascuna posizione.

Anche gli strumenti di misura sono gli stessi, per caratteristiche e precisione, di quelli impiegati in laboratorio. In genere si utilizza una sorgente omnidirezionale [fig. 1a] ed un fonometro in grado di eseguire l'analisi in frequenza del livello di pressione sonora in bande di terzi d'ottava e la rilevazione del tempo di riverberazione [fig. 1b]. Particolare attenzione deve essere rivolta alla sorgente sonora, in quanto deve garantire particolari condizioni di uniformità dell'emissione sonora sia in frequenza che nello spazio. In genere viene utilizzata una sorgente di forma poliedrica, tipicamente un dodecaedro, sulle cui facce sono installati altoparlanti che irradiano in fase.

Fig. 1 - Strumentazione di misura per la valutazione delle capacità isolanti di elementi di edificio (potere fonoisolante apparente e livello di rumore di calpestio): sorgente sonora omnidirezionale (a); fonometro-analizzatore (b); generatore di rumore di calpestio normalizzato (c).

(Laboratorio di Acustica del Dipartimento di Fisica Tecnica - Università degli Studi di Padova).

Per le prove in opera viene solitamente impiegata una sola sorgente di rumore, in questo caso deve essere utilizzata in almeno due posizioni, con almeno cinque posizioni microfoniche fisse in ciascun ambiente opportunamente distanziate [fig. 2].

La sorgente sonora deve essere collocata in modo tale da generare un suono più diffuso possibile e a una distanza dall'elemento di separazione e dagli elementi laterali che influenzano la trasmissione sonora, tale da evitare che la radiazione diretta sia dominante. Infatti, i campi sonori negli ambienti dipendono in gran parte dal tipo e dalla posizione della sorgente sonora.

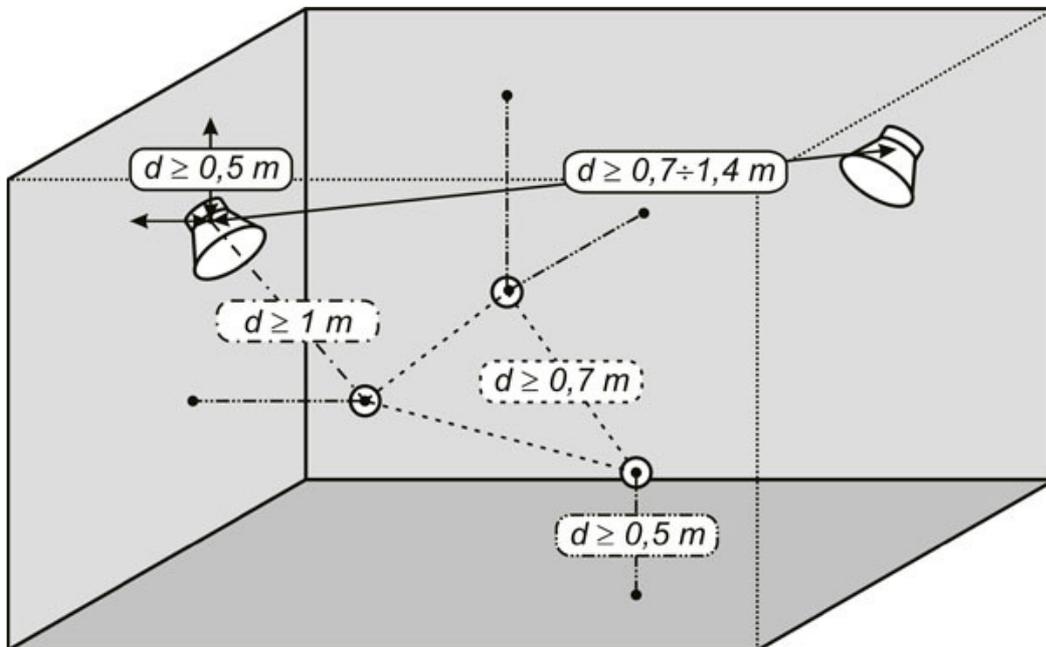


Fig. 2 - Prescrizioni della norma UNI EN ISO 140-4 per la disposizione della sorgente sonora e delle postazioni microfoniche negli ambienti di misura.

Se gli ambienti oggetto di analisi presentano volumi differenti, si dovrebbe scegliere il più grande come ambiente trasmittente quando viene valutato l'isolamento acustico normalizzato rispetto all'assorbimento acustico. Se lo scopo è quello di valutare il potere fonoisolante apparente di una partizione, e quindi di verificare l'entità delle trasmissioni laterali dell'energia sonora, è opportuno ripetere le misurazioni scambiando tra loro l'ambiente trasmittente e quello ricevente, con più posizioni della sorgente sonora in ciascun ambiente.

L'isolamento per via aerea degli elementi di facciata

La quinta parte della ISO 140 specifica due serie di metodi per la misurazione dell'isolamento al rumore aereo rispettivamente di elementi di facciata e di intere facciate.

I metodi per gli elementi di facciata hanno lo scopo di stimare il potere fonoisolante di singole componenti (finestre, porte, ecc.).

Il metodo per i singoli elementi con il maggior grado di accuratezza utilizza un altoparlante come sorgente sonora. Altri metodi, meno accurati, usano il rumore da traffico veicolare, ferroviario o aereo, disponibile presso il sito di misura.

I metodi per l'intera facciata (insieme di chiusure opache e trasparenti) hanno lo scopo di stimare la differenza di livello sonoro esterno-interno nelle reali condizioni di esposizione al rumore da traffico.

Per i metodi destinati all'analisi dell'intera facciata è preferibile l'utilizzo del traffico reale come sorgente sonora. Anche per questo tipo di valutazione può essere comunque usato un altoparlante come sorgente di rumore artificiale.

Una sintesi dei diversi metodi è riportata in tab. 1.

Tabella 1

	Oggetto e metodo di valutazione	Simbolo	Campo di applicazione
A	Elemento di facciata (con altoparlante)	R'_{45°	Metodo preferibile per stimare il potere fonoisolante apparente di elementi di facciata
B	Elemento di facciata (con traffico stradale)	$R'_{tr,s}$	Alternativa al metodo "A" quando è disponibile il rumore da traffico stradale di livello sufficiente
C	Elemento di facciata (con traffico ferroviario)	$R'_{rt,s}$	Alternativa al metodo "A" quando è disponibile il rumore da traffico ferroviario di livello sufficiente
D	Elemento di facciata (con traffico aereo)	$R'_{at,s}$	Alternativa al metodo "A" quando è disponibile il rumore da traffico aereo di livello sufficiente
E	Intera facciata (con altoparlante)	$D_{is,2m,nT}$ $D_{is,2m,n}$	Alternativa ai metodi "F", "G" e "H" (* <i>Metodo prescritto dal D.P.C.M. 5/12/97</i>)
F	Intera facciata (con traffico stradale)	$D_{tr,2m,nT}$ $D_{tr,2m,n}$	Metodo preferibile per stimare l'isolamento acustico complessivo di una facciata esposta al rumore da traffico stradale
G	Intera facciata (con traffico ferroviario)	$D_{rt,2m,nT}$ $D_{rt,2m,n}$	Metodo preferibile per stimare l'isolamento acustico complessivo di una facciata esposta al rumore da traffico ferroviario
H	Intera facciata (con traffico aereo)	$D_{at,2m,nT}$ $D_{at,2m,n}$	Metodo preferibile per stimare l'isolamento acustico complessivo di una facciata esposta al rumore da traffico aereo

Il metodo per gli elementi di facciata con altoparlante fornisce un potere fonoisolante apparente che, in certe condizioni, può essere confrontato con il potere fonoisolante misurato in laboratorio in accordo con la UNI EN ISO 140-3 o la UNI EN 20140-10 [15]. Questo metodo è da preferire quando lo scopo della misurazione è la valutazione delle prestazioni di uno specifico elemento di facciata in relazione alle sue prestazioni in laboratorio, ad esempio nel caso di verifica delle prescrizioni relative alle condizioni di posa ai fini dell'isolamento acustico.

Nel caso di utilizzo di sorgenti da traffico invece dell'altoparlante per la valutazione di un singolo componente o elemento di facciata si ottengono risultati leggermente diversi, sottostimando, in genere, i valori del potere fonoisolante.

I metodi per l'intera facciata riferiti al rumore da traffico, forniscono la reale attenuazione di una facciata all'interno di un dato ambiente dell'edificio in relazione al livello di pressione sonora rilevabile a 2 m dalla facciata dell'edificio stesso.

Nel caso in cui non si potesse disporre di una sorgente di rumore reale o quando si vuole ottenere un valore di attenuazione dell'intera facciata indipendente dalle caratteristiche peculiari dell'emissione sonora del rumore da traffico è possibile utilizzare un altoparlante di tipo direttivo orientato verso la facciata. Questo è anche il metodo previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per la valutazione dell'isolamento di facciata [tab. 1, lettera E].

I risultati ottenuti con i metodi per la valutazione dell'intera facciata (compreso quello con l'altoparlante) non possono tuttavia essere confrontati con quelli derivanti da misurazioni in laboratorio.

- 1) Normale alla facciata
- 2) Piano verticale
- 3) Piano orizzontale
- 4) Altoparlante direttivo

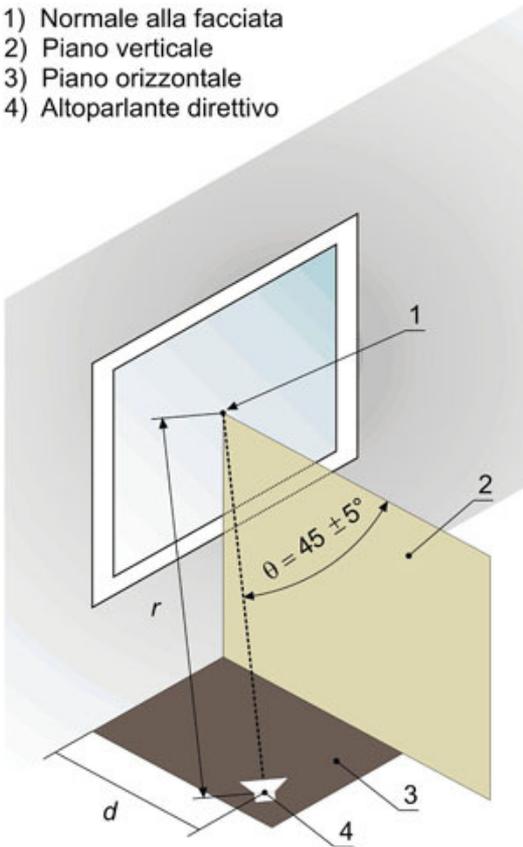


Fig. 3 - Disposizione dell'altoparlante rispetto alla facciata.

Risulta particolarmente importante, per la corretta applicazione dei diversi metodi, la disposizione dell'altoparlante rispetto alla facciata. La sorgente sonora deve essere collocata in una o più posizioni fuori dall'edificio ad una distanza d dalla facciata con un angolo di incidenza del suono uguale a $45^\circ \pm 5^\circ$ secondo lo schema riportato in fig. 3.

Si individuano, quindi, le posizioni dell'altoparlante e la distanza d dalla facciata in modo tale che la variazione del livello di pressione sonora rispetto alla posizione di misura del rumore esterno sia minima. La distanza r tra la sorgente sonora e il centro dell'elemento in prova deve essere di almeno 5 m ($d > 3,5$ m) per il metodo per gli elementi di facciata e di almeno 7 m ($d > 5$ m) per il metodo per l'intera facciata.

Si determina, quindi, il livello medio di pressione sonora sia direttamente sulla superficie dell'elemento in prova (metodo per gli elementi di facciata) o alla distanza di 2 m dalla facciata (metodo per l'intera facciata), sia nell'ambiente ricevente. Se l'ambiente ricevente è molto grande o se ha più di un muro esterno, è necessario effettuare più misurazioni con diverse posizioni della sorgente.

Le prescrizioni per la disposizione dei microfoni nell'ambiente ricevente e le modalità di correzione del livello di pressione sonora per tener conto del rumore di fondo e di valutazione del tempo di riverberazione sono uguali a quelle già viste in precedenza per la determinazione dell'isolamento acustico per via aerea.

L'isolamento dal rumore di calpestio dei solai

La norma UNI EN ISO 140-7 descrive la metodologia di misura in opera per la determinazione dell'isolamento dai rumori di calpestio di solai utilizzando un generatore normalizzato di calpestio. Il metodo è applicabile sia a solai nudi sia a pavimentazioni con rivestimenti.

I risultati ottenuti possono essere utilizzati per confrontare le proprietà di isolamento acustico al calpestio di pavimentazioni e per verificare il livello di rumorosità indotto negli ambienti sottostanti.

I dati così misurati nelle diverse bande di terzi d'ottava, possono essere trasformati in un unico valore caratterizzante le proprietà acustiche della partizione orizzontale applicando la UNI EN ISO 717-2 [16].

Il parametro previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per la valutazione dell'isolamento dei solai dai rumori impattivi è il *livello di pressione sonora da calpestio normalizzato* (L'_{n}), che è dato dal livello di pressione sonora indotto nell'ambiente disturbato dal generatore di calpestio normalizzato (L_i) aumentato di un fattore di correzione, espresso in decibel, dato da dieci volte il logaritmo in base dieci del rapporto tra l'area di assorbimento equivalente A , misurata nell'ambiente ricevente, e l'area di assorbimento equivalente di riferimento A_0 , pari a 10 m^2 .

$$R'_{n} = L_i + 10 \lg \frac{A}{A_0} \dots [dB]$$

È inoltre possibile ricavare l'*attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio* ($\Delta L'$) come differenza tra il livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente prima e dopo la posa in opera di un dato rivestimento.

Il rumore di calpestio deve essere prodotto dal generatore di calpestio normalizzato [fig. 1c]. Il generatore di calpestio è un dispositivo costituito da cinque martelli d'acciaio dal peso di 500 g, di forma cilindrica, disposti in linea retta, che cadono da un'altezza di 40 mm con la frequenza di 10 colpi al secondo.

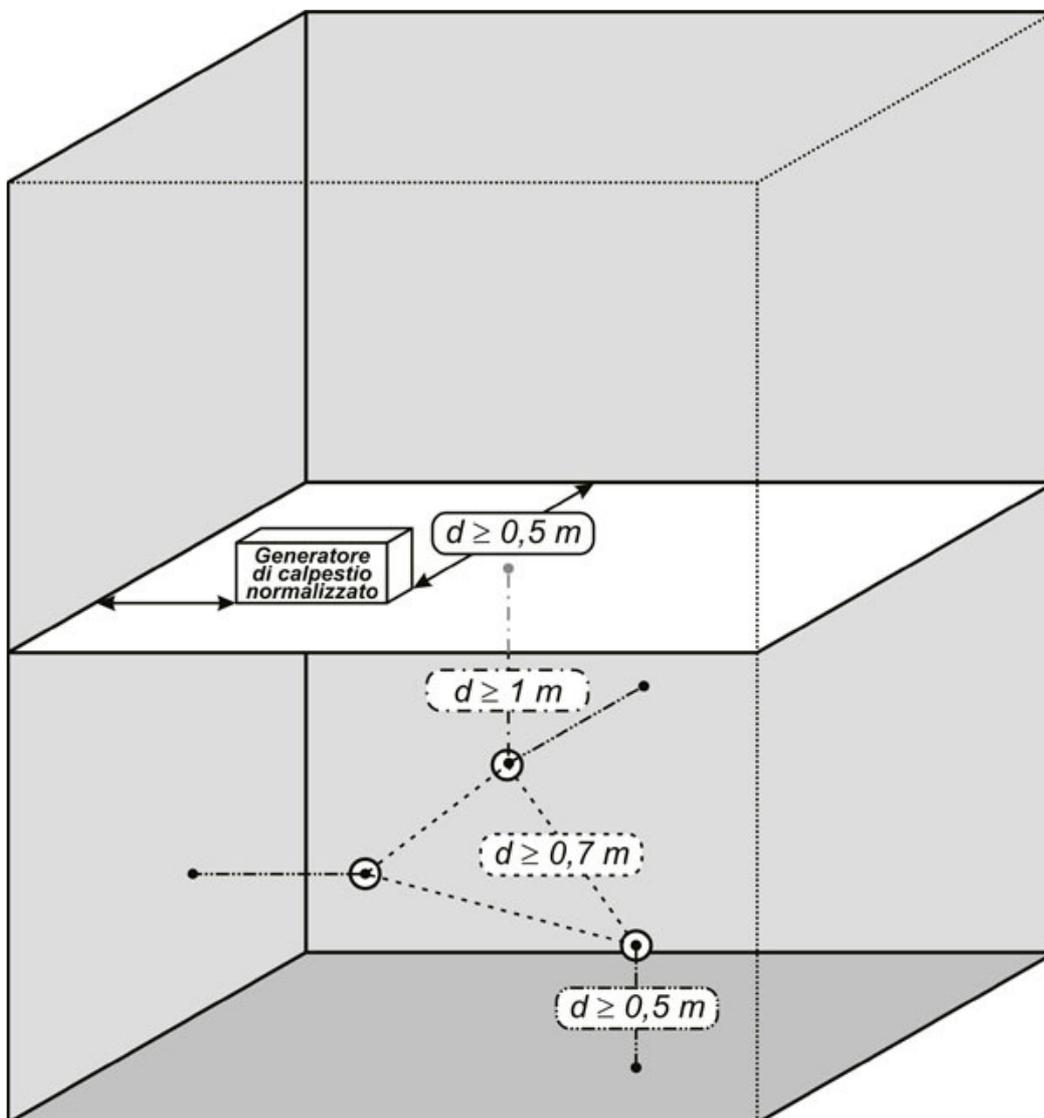


Fig. 4 - Prescrizioni della norma UNI EN ISO 140-7 per la disposizione della sorgente sonora e delle postazioni microfoniche negli ambienti di misura.

Nel caso di pavimentazioni non uniformi o di rivestimenti "soffici", come gomma, linoleum o moquette, occorre assicurarsi che i martelli abbiano la possibilità di cadere almeno 4 mm sotto il piano su cui poggiano i supporti del generatore.

Il generatore di calpestio deve essere posto in almeno quattro posizioni diverse scelte a caso sul solaio sottoposto a prova. La distanza minima fra la macchina e il bordo del solaio deve essere di 0,5 m [fig. 4].

Nel caso di strutture portanti non omogenee (solai nervati, misti, ecc.) possono rendersi necessarie più posizioni. La linea congiungente i martelli dovrebbe essere orientata a 45° rispetto all'asse delle travi o delle nervature.

Il numero minimo di posizioni microfoniche nell'ambiente ricevente è quattro; queste devono essere combinate con le quattro posizioni del generatore di calpestio normalizzato in modo da ottenere un minimo di sei misurazioni.

Il livello di pressione sonora indotto dalla macchina di calpestio normalizzata nell'ambiente sottostante deve essere maggiore di almeno 10 dB rispetto al rumore di fondo, altrimenti è necessario apportare delle correzioni ai risultati ottenuti.

Il livello di pressione sonora di calpestio può manifestare una dipendenza temporale dopo l'accensione del generatore. In tal caso le misurazioni non dovrebbero iniziare finché il livello del rumore non si è stabilizzato. Se dopo 5 minuti non sono state raggiunte condizioni stazionarie (livello di pressione sonora costante nel tempo), allora le misurazioni dovrebbero essere eseguite su un periodo ben definito, la cui durata deve essere indicata nel resoconto di prova.

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 *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai.*
- [4] UNI 10708-1:1997 *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti.*
- [5] UNI 10708-2:1997 *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.*
- [6] UNI 10708-3:1997 *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazioni in*

opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai.

[7] UNI 8270-4:1986 *Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici e elementi di edificio. Misura dell'isolamento acustico per via aerea fra ambienti e del livello di rumore di calpestio di solai.*

[8] UNI 8270-5:1982 *Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici e elementi di edifici. Misura in opera dell'isolamento ai rumori aerei di facciate e di elementi di facciata.*

[9] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 297, 22/12/1997.

[10] Di Bella A., *Le prestazioni acustiche degli elementi edilizi: la determinazione in laboratorio del potere fonoisolante*, Murature Oggi, 86, 2005, pp. 34-38.

[11] Di Bella A., *Le prestazioni acustiche degli elementi edilizi: la determinazione in laboratorio ed in opera del livello di rumore di calpestio*, Murature Oggi, 87, 2005, pp. 18-23.

[12] UNI EN ISO 717-1:1997 *Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea.*

[13] UNI EN ISO 140-3:1997 *Acustica. Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio.*

[14] UNI EN ISO 354:2003 *Acustica. Misura dell'assorbimento acustico in camera riverberante.*

[15] UNI EN 20140-10:1993 *Acustica. Misura dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Misura in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di piccoli elementi di edificio.*

[16] UNI EN ISO 717-2:1997 *Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio.*