La verifica in opera delle caratteristiche acustiche degli edifici

Francesco Ferrari e Valerio Manzoni - ARPA Lombardia - Dipartimento di Mantova

1. Il quadro normativo

La verifica in opera delle caratteristiche acustiche degli edifici sta diventando un'esigenza sempre più importante nell'ottica più generale del miglioramento della qualità della vita umana. Il benessere acustico all'interno di ambienti abitativi, scuole, uffici, alberghi, ospedali, luoghi di lavoro ed, in generale, di tutti gli edifici dove si svolgono le nostre attività di tutti i giorni, è ormai riconosciuto come un fattore determinante per loro corretta fruizione. E' dunque necessario acquisire gli strumenti e le conoscenze opportune al fine di comprendere quali sono i materiali e gli accorgimenti progettuali e costruttivi in grado di garantire tale benessere acustico, nonché le tecniche di misurazione e di calcolo finalizzate alla sua qualificazione e quantificazione.

Nel corso della presente trattazione vengono analizzati degli esempi di come possono essere realizzate alcune prove di isolamento acustico degli edifici, in accordo con le normative attualmente vigenti in Italia. Ci si riferisce, in modo particolare, a:

1) misurazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea di una facciata, adottando il metodo globale con altoparlante;

2) misurazione in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti, in riferimento ad una partizione orizzontale fra due locali adiacenti ed una partizione verticale interposta fra due unità sovrastanti;

3) misurazione in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di una partizione verticale.

Per quanto concerne il quadro normativo, si menzionano le disposizioni più correntemente adottate nella letteratura sull'argomento:

- UNI 10708-1 *"Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti"*, dicembre 1997
- UNI 10708-2 *"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"*, dicembre 1997
- UNI 10708-3 *"Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dal rumore di calpestio di solai"*, dicembre 1997
- UNI EN ISO 717-1 *"Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento acustico per via aerea"*, dicembre 1997
- UNI EN ISO 717-2 *"Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Isolamento del rumore di calpestio"*, dicembre 1996
- D.P.C.M.05/12/97 *"Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"*

A ben vedere, con il recepimento delle norme internazionali, le norme UNI 10708-1, 2, 3, sono state sostituite dalle corrispondenti norme UNI EN ISO della serie 140, per le quali è a compimento la pubblicazione in lingua italiana che, in genere, data la effettiva applicabilità della norma.

Per completezza si forniscono i dati di riferimento delle norme che andranno a costituire il riferimento:

- UNI EN ISO 140-4 – Acustica – Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti (in sostituzione della UNI 10708-1)

- UNI EN ISO 140-5 – 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 (in sostituzione della UNI 10708-2)

- UNI EN ISO 140-7 – Acustica – Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai (in sostituzione della UNI 10708-3)

2. Strumentazione utilizzata

La strumentazione adottata nel corso delle prove di isolamento acustico può essere molto differente a seconda del costruttore o della metodologia di misura, ma si riduce sostanzialmente alle seguenti attrezzature che devono soddisfare i requisiti della classe di precisione 0 o 1 (vedi norme IEC 651, IEC 804, IEC 942, IEC 225, UNI EN 20354 e successivi aggiornamenti):

- Analizzatore di spettro in real-time completo di microfono, preamplificatore ed accessori
- Calibratore acustico
- Sorgente sonora amplificata
- Generatore di rumore rosa (per misure di spettri in bande di 1/3 di ottava)
- Generatore di rumore di calpestio normalizzato
- PC e software di elaborazione dei dati sperimentali

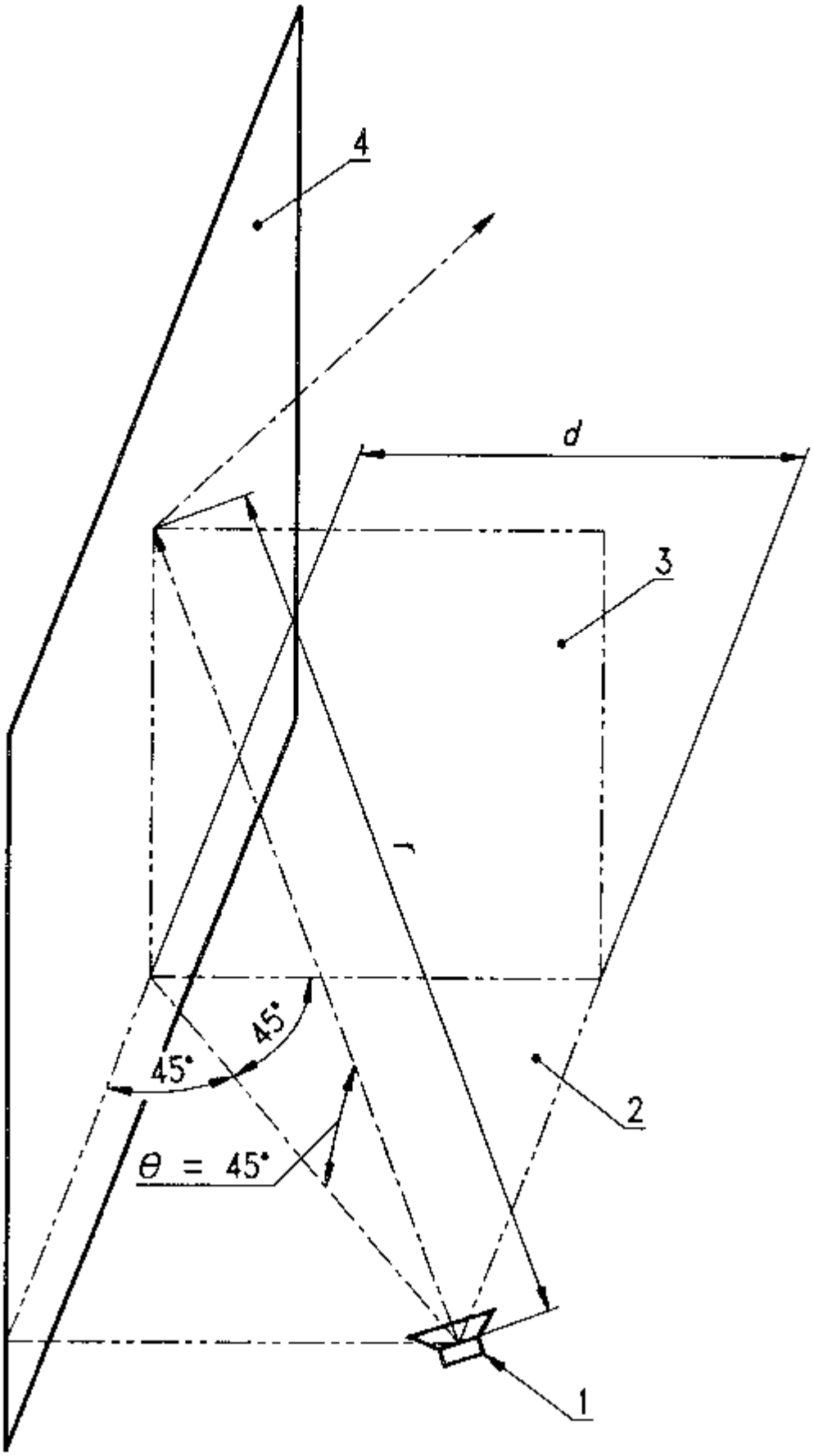
3. Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea di una facciata

I metodi di misurazione dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate, previsti dalla norma UNI 10708-2, sono piuttosto numerosi. Si differenziano in base alla porzione della facciata da esaminare (i metodi degli elementi analizzano solo una parte costruttiva dell'edificio, come ad esempio una finestra, mentre quelli globali prendono in esame la facciata nella sua interezza) e in riferimento alla metodologia di misura ed alla sorgente adottate (metodo con altoparlante, intensità, traffico stradale, traffico ferroviario, traffico aereo). Nel prosieguo del presente contributo si prende in considerazione esclusivamente il metodo globale con altoparlante, ovverosia quello più diffuso ed, al contempo, di semplice realizzazione, ma anche in grado di fornire risultati piuttosto accurati.

Una volta prescelto l'elemento di facciata da esaminare, la sorgente di rumore viene posizionata seguendo le indicazioni della norma UNI 10708-2, in modo da formare un angolo di 45° fra il punto di incidenza e gli assi perpendicolari ed ortogonali al piano della facciata. La figura 3.1, tratta dalla norma sopra citata, illustra schematicamente la corretta ubicazione della cassa acustica, dove la distanza "d" dal muro dev'essere, per il metodo globale con altoparlante, pari ad almeno 5 m. Se l'elemento di facciata è particolarmente lungo, è sicuramente opportuno prevedere diverse ubicazioni della sorgente, in funzione delle sue caratteristiche di direzionalità e della superficie della costruzione. Le misure dello spettro $L_{1,2m}$ vengono effettuate posizionando il microfono a distanza di 2 metri dal piano della facciata, nei pressi del punto di incidenza della sorgente di rumore rosa. Se la cassa acustica è stata ubicata in diverse posizioni, è necessario effettuare più misure dello spettro incidente e calcolare il valore di $L_{1,2m}$ come la media logaritmica dei singoli spettri rilevati sull'intero elemento di facciata (vedi formula).

$$L_{1,2\,m} = 10 * \log\left(\frac{1}{n} * \sum_{j=1}^{n} 10^{Lj\,/10}\right)[dB]$$

Figura 3.1 – Posizionamento della sorgente acustica durante le prove dell’isolamento di facciata



I risultati dei rilievi eseguiti a 2 m. dalla facciata vanno poi confrontati con gli spettri misurati all'interno del locale, al di la della partizione in esame, sempre con la sorgente di rumore rosa in funzione e posizionata all'esterno dell'edificio. Il livello medio di pressione sonora L_2 può essere ottenuto utilizzando, in alternativa:

- un singolo microfono spostato da una ubicazione alla successiva;

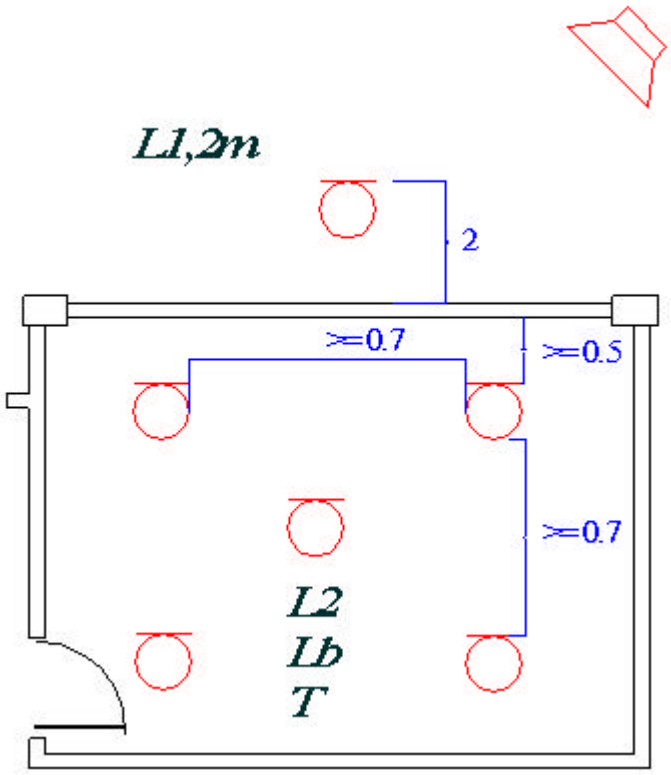
- una serie di microfoni in postazioni fisse;

- un microfono a movimento continuo;

- un microfono fatto oscillare da un operatore.

Nel corso della prova vengono individuate quantomeno 5 postazioni fisse dove posizionare il microfono, alla distanza di almeno 0,7 m. fra di loro e distribuite uniformemente entro il massimo spazio ammissibile del locale. La distanza fra microfono ed operatore non deve essere inferiore a 3 metri, mentre quella fra microfono ed altre superfici interferenti deve essere almeno pari a 0,5 metri. La figura 3.2 illustra schematicamente quanto detto sopra.

Figura 3.2 – Schema della misurazione in opera dell'isolamento acustico di facciata



Terminata la rilevazione dello spettro L_2, la sorgente esterna viene disattivata per permettere la misura del livello del rumore di fondo L_b, necessaria allo scopo di depurare lo spettro ottenuto in precedenza dalle componenti imputabili esclusivamente al rumore ambientale. Le correzioni da apportare allo spettro L_2, da calcolarsi per ogni singola frequenza componente, sono pari a:

- se $L_2 - L_b \leq 6$ dB allora $L_2 = L_2 - 1{,}3$ [dB] ;

- se 10 dB > $L_2 - L_b > 6$ dB allora $L_2 = 10 * \log (10 \wedge ^{L2 / 10} - 10 \wedge ^{Lb / 10})$ [dB] .

La sorgente di rumore, infine, dev'essere trasportata all'interno del locale ricevente, dove tutta la strumentazione viene attrezzata per effettuare la misurazione del tempo di riverbero T, espresso in secondi e definito come il tempo di decadimento del segnale sonoro ad un livello di –60 dB. Microfono e sorgente sonora non possono essere ubicati a meno di 1 m. di distanza fra di loro. Questa prova è necessaria per il computo dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT}$ secondo la seguente formula:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 * \log (T / T_0) \quad [\text{dB}]$$

dove T_0 è il tempo di riverbero di riferimento, pari a 0,5 s.

Dai valori di $D_{2m,nT}$, calcolati per ogni frequenza caratteristica dello spettro, si ricostruisce la curva sperimentale da confrontare con quella di riferimento che viene riportata nella norma UNI EN ISO 717-1. Seguendo il metodo di confronto ivi descritto, si avvicina la curva di riferimento appropriata, procedendo a passi di 1 dB per volta, alla curva misurata, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli è la più grande possibile e, comunque, non maggiore di 32 dB (nel caso di misurazioni in bande di 1/3 di ottava). Lo scarto sfavorevole, ad una frequenza data, si produce quando il risultato della misurazione è minore del corrispondente valore di riferimento. A spostamento avvenuto, il valore che la curva di riferimento assume in corrispondenza della frequenza di 500 Hz diventa l'indice di valutazione $D_{2m,nT,w}$,da confrontare con i limiti previsti in tabella B dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997. La figura 3.3 riporta un esempio di calcolo, con relativo grafico delle curve teorica e sperimentale, basato sull'utilizzo del metodo sopra descritto. I risultati sono stati ottenuti mediante l'utilizzo del foglio di calcolo "UNI 10708-2 D facciate.xls", in formato Microsoft Excel®, contenuto nella sezione *utility* del CD-ROM degli atti del convegno.

Figura 3.3 – Esempio di calcolo dell'indice di valutazione $D_{2m,nT,w}$

	trasmittente	locale ricevente					isolamento acustico		
F (Hz)	spettro L1,2m (dB)	spettro L2 (dB)	fondo Lb (dB)	correz. L2 (dB)	riverb. T (s)	10 * log(T/T$_0$)	curva di rif. teorica (dB)	curva sperim. D2m,nT (dB)	scarti rif.-D2m,nT
100	74,2	50,0	43,5	48,9	3,5	8,5	25	33,8	-8,8
125	83,5	64,2	33,2	64,2	3,4	8,4	28	27,7	0,3
160	84,2	57,4	32,0	57,4	3,3	8,1	31	34,9	-3,9
200	84,3	55,0	32,1	55,0	3,0	7,8	34	37,1	-3,1
250	85,5	54,0	56,0	52,7	2,9	7,7	37	40,5	-3,5
315	87,2	55,9	24,7	55,9	2,9	7,6	40	38,9	1,1
400	88,1	54,7	20,1	54,7	2,7	7,4	43	40,8	2,2
500	89,9	56,6	19,5	56,6	2,0	6,1	44	39,4	4,6
630	90,4	53,4	15,2	53,4	1,9	5,8	45	42,8	2,2
800	87,2	48,4	12,0	48,4	1,8	5,6	46	44,4	1,6
1000	84,9	46,6	10,3	46,6	1,7	5,4	47	43,7	3,3
1250	81,9	42,5	9,9	42,5	1,7	5,2	48	44,6	3,4
1600	84,6	46,2	9,9	46,2	1,3	4,3	48	42,7	5,3
2000	85,2	44,6	10,0	44,6	1,4	4,4	48	45,0	3,0
2500	84,5	41,4	14,0	41,4	1,4	4,3	48	47,4	0,6
3150	80,4	35,6	11,6	35,6	1,2	3,9	48	48,7	-0,7
somma scarti sfavorevoli (rif.-D2m,nT) =									27,6
indice di valutazione D2m,nT,w a 500 Hz =									44,0

4. Misurazioni in opera dell’isolamento acustico per via aerea tra ambienti

Anche la verifica dell’isolamento acustico per via aerea tra ambienti si fonda sul principio della differenza fra lo spettro misurato nel locale dove insiste la sorgente di rumore e quello rilevato all’interno dell’ambiente ricevente. La metodologia di misura è la stessa sia nel caso in cui si scelga di determinare l’isolamento di una partizione orizzontale, sia nell’evenienza in cui si opti per una partizione verticale: basta che i due locali dove vengono effettuate le prove siano separati da una porzione significativa dell’elemento strutturale in questione.

La cassa acustica, ubicata nelle vicinanze di un angolo formato da due pareti adiacenti, viene messa in funzione all’interno del locale trasmittente, mentre il microfono deve essere posizionato in diversi punti della stanza per minimizzare l’errore dovuto alla non sempre ottimale saturazione dell’ambiente. Nel corso della misura dello spettro L_1, livello medio di pressione sonora nell’ambiente emittente, vengono individuate quantomeno 5 postazioni fisse dove posizionare il microfono, alla distanza di almeno 0,7 m. fra di loro e distribuite uniformemente entro il massimo spazio ammissibile del locale. I metodi alternativi allo spostamento dello stesso microfono in almeno 5 ubicazioni sono quelli già visti al punto precedente: l’utilizzo di una serie di microfoni in postazioni fisse; l’uso di un microfono a movimento continuo; l’oscillazione di un microfono da parte dell’operatore. La distanza fra microfono ed operatore non deve essere inferiore a 3 metri, mentre quella fra microfono ed altre superfici interferenti deve essere almeno pari a 0,5 metri. Microfono e sorgente sonora non possono essere ubicati a meno di 1 m. di distanza fra di loro. Il valore dello spettro viene determinato mediante media logaritmica dei singoli spettri misurati nelle diverse ubicazioni del microfono.

Le figure 4.1 e 4.2, a pagina seguente, aiutano a chiarire meglio quanto sopra. La prima si riferisce allo schema della prova di isolamento acustico per via aerea di una partizione verticale (una soletta interposta fra due ambienti sovrastanti); la seconda, invece, riguarda una partizione orizzontale (una parete di separazione fra due locali).

Figura 4.1 – Schema della misurazione dell'isolamento acustico di una partizione verticale

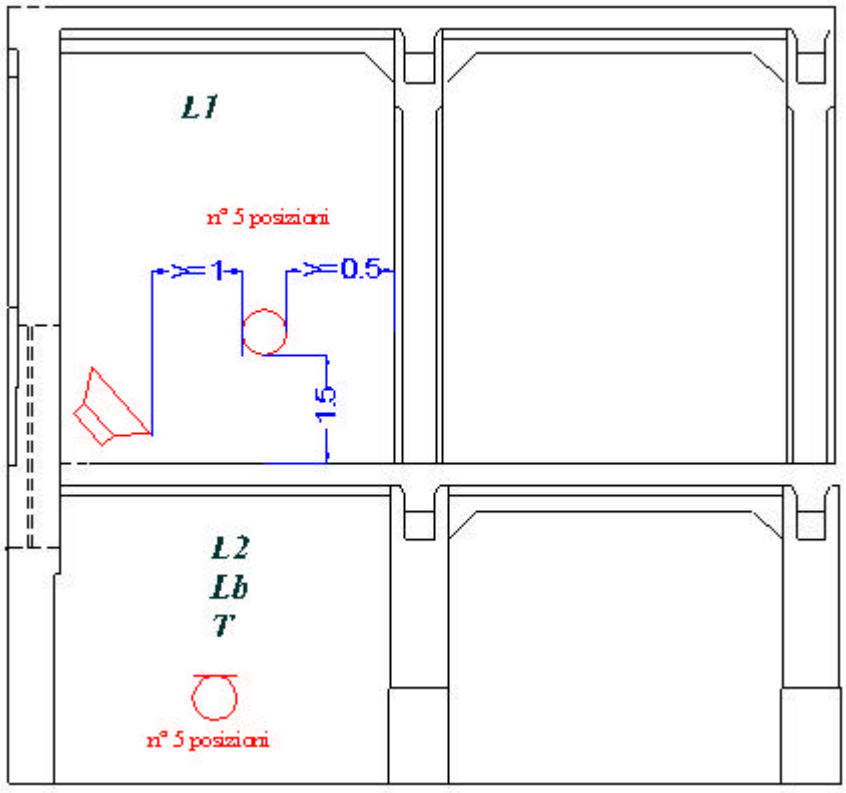
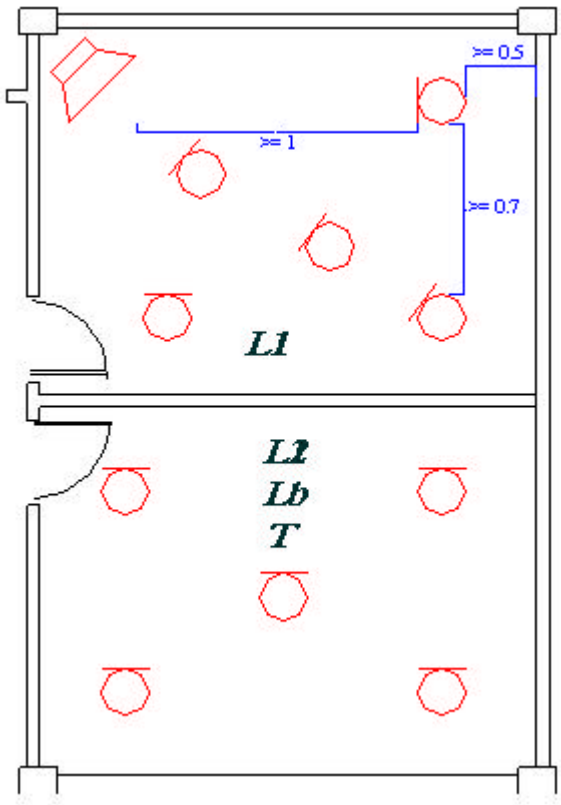


Figura 4.2 – Schema della misurazione dell'isolamento acustico di una partizione orizzontale



Nell'ambiente ubicato al di la della partizione esaminata, orizzontale (parete) o verticale (soletta) che sia, si rileva la porzione del rumore trasmesso attraverso l'elemento costruttivo, posizionando il microfono nel modo già descritto sopra per il locale emittente e tenendo sempre in funzione la sorgente di rumore rosa. Terminata la rilevazione del livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente, denominato L_2, la sorgente viene disattivata, allo scopo di permettere la misura del livello del rumore di fondo L_b. Le correzioni da apportare allo spettro L_2, da calcolarsi, come nel paragrafo precedente, per ogni singola frequenza componente dello spettro, sono pari a:

- se $L_2 - L_b \leq 6$ dB allora $L_2 = L_2 - 1{,}3$ [dB] ;

- se 10 dB > $L_2 - L_b > 6$ dB allora $L_2 = 10 * \log (10 \wedge L2 / 10 - 10 \wedge Lb / 10)$ [dB] .

Sempre all'interno del locale ricevente viene poi sistemata la sorgente di rumore, nell'intento di eseguire la misurazione del tempo di riverbero T (espresso in secondi). Le distanze da rispettare fra le posizioni dei microfoni da una parte, le superfici interferenti, la cassa acustica e gli operatori dall'altra parte, sono quelle già descritte. La misura del tempo di riverbero è finalizzata al calcolo del potere fonoisolante apparente R', che risulta dall'applicazione della seguente formula:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 * \log (S / A) \quad [\text{dB}]$$

dove S è l'area dell'elemento divisorio, espressa in m^2, ed A l'area equivalente di assorbimento acustico nella camera ricevente, calcolata nel modo seguente utilizzando l'espressione di Sabine:

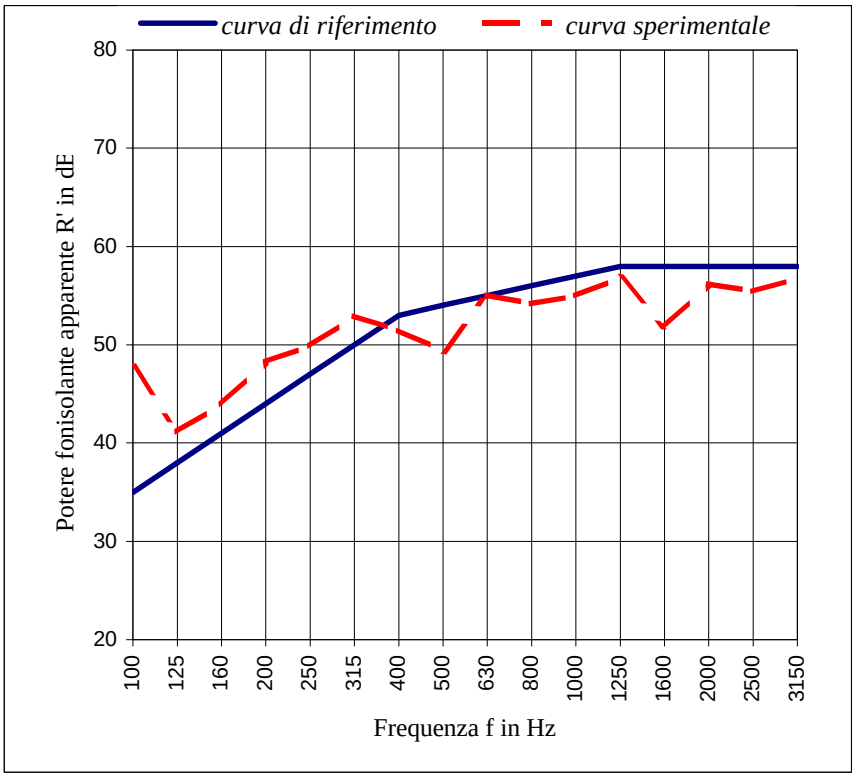
$$A = 0{,}16 * V / T \quad [m^2]$$

dove V è il volume dell'ambiente ricevente in m^3.

Sulla base dei singoli valori di R', calcolati per ogni frequenza da 100 Hz a 3150 Hz dello spettro in bande di 1/3 di ottava, si ricostruisce la curva sperimentale da confrontare con quella di riferimento che viene riportata nella norma UNI EN ISO 717-1, la stessa utilizzata per la valutazione dell'isolamento acustico delle facciate. Applicando il metodo dell'avvicinamento della curva di riferimento a quella misurata, fino al punto in cui la somma degli scarti sfavorevoli diventa appena minore o uguale a 32 dB, si determina il valore in corrispondenza della frequenza di 500 Hz. Tale valore è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w, da confrontare con i limiti previsti nella tabella B dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997. La figura 4.3 riporta l'esempio di una tabella di calcolo e del corrispondente grafico disegnato utilizzando il predetto metodo. I risultati sono stati ottenuti mediante l'utilizzo del foglio di calcolo "UNI 10708-1 R partizioni.xls", in formato Microsoft Excel®, contenuto nella sezione *utility* del CD-ROM degli atti del convegno.

Figura 4.3 – Esempio di calcolo dell'indice di valutazione R'_w

	trasmittente	locale ricevente						potere fonoisolante apparente		
F (Hz)	spettro L1 (dB)	spettro L2 (dB)	fondo Lb (dB)	correz. L2 (dB)	riverb. T (s)	A (m^2) 0,16*V/T	10 * log(S/A)	curva di rif. teorica (dB)	curva sperim. R' (dB)	scarti rif.-R'
100	82,1	43,1	31,5	43,1	3,5	1,6	8,8	35	47,8	-12,8
125	83,7	51,2	29,2	51,2	3,4	1,6	8,7	38	41,2	-3,2
160	84,9	49,4	28,1	49,4	3,3	1,7	8,4	41	43,9	-2,9
200	85,1	45,0	27,1	45,0	3,0	1,8	8,1	44	48,2	-4,2
250	86,2	44,3	29,0	44,3	2,9	1,9	8,0	47	49,9	-2,9
315	87,9	42,9	23,7	42,9	2,9	1,9	7,9	50	52,9	-2,9
400	88,5	44,7	20,1	44,7	2,7	2,0	7,7	53	51,5	1,5
500	89,6	46,6	19,4	46,6	2,0	2,8	6,4	54	49,4	4,6
630	90,3	41,4	16,2	41,4	1,9	2,9	6,1	55	55,0	0,0
800	87,8	39,5	14,8	39,5	1,8	3,1	5,9	56	54,2	1,8
1000	85,5	36,2	10,9	36,2	1,7	3,2	5,7	57	55,0	2,0
1250	83,9	32,6	11,1	32,6	1,7	3,4	5,5	58	56,8	1,2
1600	84,1	36,9	10,3	36,9	1,3	4,2	4,6	58	51,8	6,2
2000	85,3	33,8	10,6	33,8	1,4	4,1	4,7	58	56,2	1,8
2500	84,9	34,1	12,1	34,1	1,4	4,1	4,6	58	55,4	2,6
3150	82,4	29,9	11,6	29,9	1,2	4,6	4,2	58	56,7	1,3
									somma scarti sfavorevoli (rif.-R') =	23,1
									indice di valutazione R'w a 500 Hz =	54,0

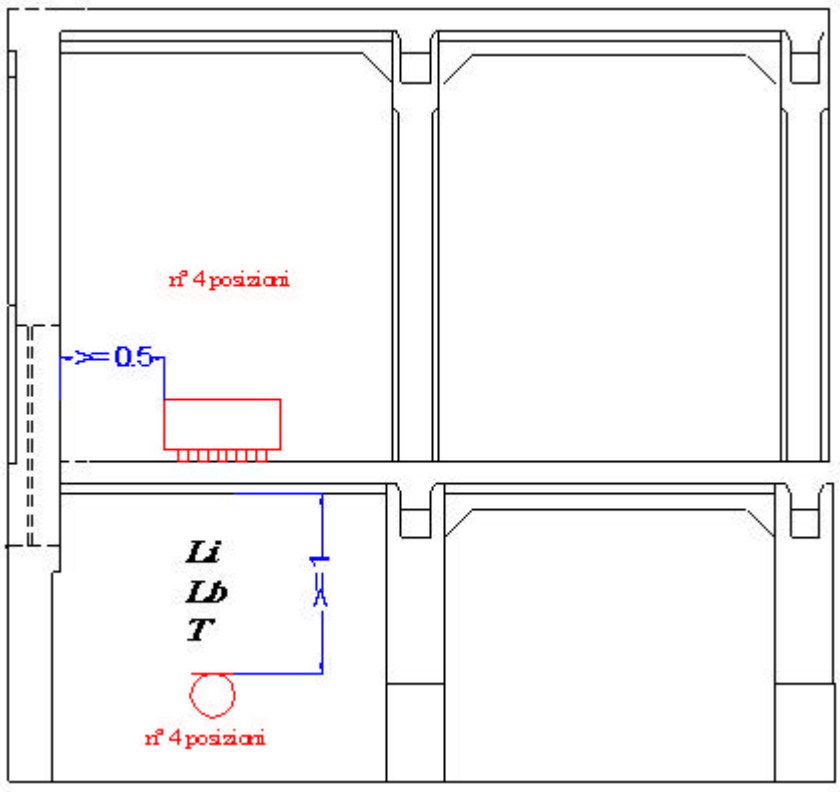


5. Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai

Il metodo utilizzato per la valutazione in opera del rumore da calpestio differisce da quelli visti in precedenza per un dettaglio fondamentale: in questo caso, in effetti, non occorre eseguire misurazioni all'interno del locale trasmittente, poiché lo spettro emesso della sorgente utilizzata è noto. La macchina generatrice di calpestio, infatti, deve rispondere alle specifiche costruttive dettate dalla norma UNI 10708-3. L'apparecchiatura generatrice di rumore da calpestio va collocata in almeno quattro posizioni diverse, scelte a caso, sul pavimento in prova. Nel caso di strutture portanti non omogenee potrebbe rendersi necessaria la scelta di un numero maggiore di ubicazioni. La linea congiungente i martelli del generatore deve essere orientata a 45° rispetto all'asse delle travi. La distanza minima fra la macchina ed il bordo del pavimento è di 0,5 m.

All'interno del locale ricevente vanno eseguite le misurazioni con il generatore di calpestio in funzione. Il calcolo del livello di pressione sonora di calpestio L_i deve essere effettuato mediante media logaritmica degli spettri misurati in corrispondenza delle diverse ubicazioni del microfono e del generatore di calpestio. Occorre individuare quantomeno quattro diverse postazioni microfoniche, uniformemente distribuite entro il massimo spazio ammissibile dell'ambiente. Di queste quattro ubicazioni, almeno due devono corrispondere alle stesse posizioni del generatore di calpestio nel locale emittente. Le distanze di separazione da adottare in questo frangente sono quelle già individuate in precedenza (0,7 m. fra le postazioni microfoniche; 0,5 m. fra ciascuna postazione microfonica e le superfici interferenti; 3 m. fra ciascuna postazione microfonica e l'operatore); è inoltre necessario prevedere almeno 1 m. fra ogni ubicazione del microfono ed il solaio superiore eccitato dal generatore di calpestio. Le misure possono essere effettuate o spostando lo stesso microfono da una posizione all'altra, od usando una serie di microfoni fissi, od utilizzando un microfono a movimento continuo od, infine, oscillando l'asta microfonica. La figura 5.1 si propone l'intento di chiarire graficamente la metodologia di misura sopra illustrata.

Figura 5.1 – Schema della misurazione in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai



Dopo la misura dello spettro L_i, ed una volta disattivata la sorgente normalizzata di rumore da calpestio, è possibile determinare il livello del rumore di fondo L_b, allo scopo di assicurarsi che le rilevazioni nell'ambiente ricevente non siano influenzate da rumori estranei quali suoni esterni o disturbi elettrici nel sistema di misura. Le correzioni da apportare allo spettro L_i, da determinarsi per ogni singola frequenza componente, sono pari a:

- se $L_i - L_b \leq 6$ dB allora $L_i = L_i - 1{,}3$ [dB] ;

- se 10 dB > $L_i - L_b$ > 6 dB allora $L_i = 10 * \log (10 \wedge ^{Li / 10} - 10 \wedge ^{Lb / 10})$ [dB] .

All'interno del locale ricevente deve essere misurato anche il tempo di riverbero *T*, mediante il noto metodo di decadimento del segnale sonoro, prodotto da una sorgente di rumore rosa, ad un livello di –60 dB. Questa prova è finalizzata al calcolo del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L'_n secondo l'espressione seguente:

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

dove A_0 è l'area di assorbimento equivalente di riferimento, pari a 10 m^2, ed A l'area equivalente di assorbimento acustico nell'ambiente ricevente, calcolata nel modo seguente utilizzando l'espressione di Sabine:

$$A = 0{,}16 * V / T \quad [m^2]$$

dove V è il volume dell'ambiente ricevente in m^3.

I valori di L'_n corrispondenti alle frequenze dello spettro in bande di 1/3 di ottava vengono utilizzati per tracciare la curva sperimentale, confrontabile con quella di riferimento che viene riportata nella norma UNI EN ISO 717-2. Il metodo ivi illustrato prevede di spostare la curva di riferimento, procedendo a passi di 1 dB per volta, nella direzione della curva misurata, fino a quando la somma degli scarti sfavorevoli è la più grande possibile e, comunque, non maggiore di 32 dB. E' opportuno precisare che la norma UNI EN ISO 717-2 definisce come scarto sfavorevole, ad una frequenza data, la differenza positiva fra il corrispondente valore della curva sperimentale e quello della curva teorica; viceversa per la norma UNI EN ISO 717-1. Effettuato lo spostamento, il valore che la curva di riferimento assume in corrispondenza della frequenza di 500 Hz è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$. Tale valore si confronta con quello indicato in tabella B dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997.

La figura 5.2 riporta un esempio di calcolo, con relativo grafico delle curve teorica e sperimentale, basato sull'utilizzo del metodo sopra descritto. I risultati sono stati ottenuti mediante l'utilizzo del foglio di calcolo "UNI 10708-3 L calpestio.xls", in formato Microsoft Excel®, contenuto nella sezione *utility* del CD-ROM degli atti del convegno. Le tabelle ai punti 5.3 e 5.4 riportano, nell'ordine, la classificazione degli ambienti abitativi (tabella A) ed i requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici (tabella B) di cui al già citato dal Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997.

Figura 5.2 – Esempio di calcolo dell'indice di valutazione $L'_{n,w}$

	locale ricevente						rumore di calpestio		
f (Hz)	spettro Li (dB)	fondo Lb (dB)	correz. Li (dB)	riverb. T (s)	A (m2) 0,16*V/T	10 * log (A/A0)	curva di rif. teorica (dB)	curva sperim. L'n (dB)	scarti L'n - rif.
100	60,0	32,2	60,0	3,5	1,6	-8,0	59	52,0	-7,0
125	64,0	33,2	64,0	3,4	1,6	-7,9	59	56,1	-2,9
160	66,0	32,0	66,0	3,3	1,7	-7,7	59	58,3	-0,7
200	67,5	32,1	67,5	3,0	1,8	-7,3	59	60,2	1,2
250	68,0	30,0	68,0	2,9	1,9	-7,2	59	60,8	1,8
315	69,0	24,7	69,0	2,9	1,9	-7,2	59	61,8	2,8
400	67,0	20,1	67,0	2,7	2,0	-6,9	58	60,1	2,1
500	66,5	19,5	66,5	2,0	2,8	-5,6	57	60,9	3,9
630	65,5	15,2	65,5	1,9	2,9	-5,4	56	60,1	4,1
800	64,0	12,0	64,0	1,8	3,1	-5,1	55	58,9	3,9
1000	61,0	10,3	61,0	1,7	3,2	-4,9	54	56,1	2,1
1250	57,5	9,9	57,5	1,7	3,4	-4,7	51	52,8	1,8
1600	54,0	9,9	54,0	1,3	4,2	-3,8	48	50,2	2,2
2000	48,5	10,0	48,5	1,4	4,1	-3,9	45	44,6	-0,4
2500	44,5	14,0	44,5	1,4	4,1	-3,9	42	40,6	-1,4
3150	39,5	11,6	39,5	1,2	4,6	-3,4	39	36,1	-2,9
somma scarti sfavorevoli (L'n-rif.) =									26,0
indice valutazione L'n,w =									57,0

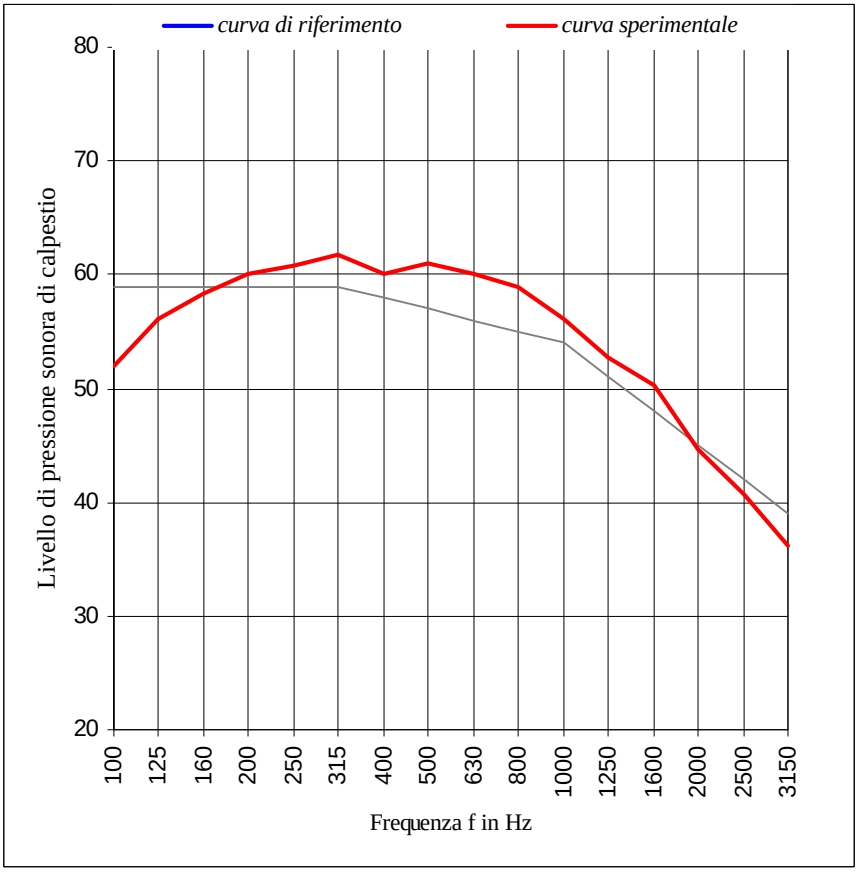


Tabella 5.3 – Tabella A / Classificazione degli ambienti abitativi - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997

- categoria A : edifici adibiti a residenza o assimilabili ;
- categoria B : edifici adibiti ad uffici e assimilabili ;
- categoria C : edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili ;
- categoria D : edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili ;
- categoria E : edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili ;
- categoria F : edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili ;
- categoria G : edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

Tabella 5.4 – Tabella B / Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997

Categorie di cui alla tab. A	Parametri				
	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	L_{ASmax}	L_{Aeq}
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(*) Valori di R'_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari