

A.R.P.A. CREMONA

CONFERENZA DEL 22 MAGGIO 2003

REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

ESTENSORE DELLA NOTA: ING. GIANPIERO MAJANDI

TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA AMBIENTALE

D.P.G.R. 1464 DEL 25/01/2000 - REGIONE LOMBARDIA

DATA DEL DOCUMENTO: 19 MAGGIO 2003

## **PREMESSA**

L'argomento in oggetto, "Requisiti acustici passivi degli edifici", è normato dal punto di vista legislativo dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997 (attuativo della legge-quadro 26 ottobre 1995, n.447 e in stato di diretta applicabilità) e dalla normativa UNI 140-1, 140-3, 140-6, 140-7 e 140-8.

In questa sede, presumendo nei presenti la conoscenza della norma legislativa, si tratterà della esecuzione tecnica dei test di controllo e verifica dei parametri stabiliti dalla normativa, oltre che delle implicazioni tecniche e amministrative generate dall'applicazione della normativa medesima.

## **INTRODUZIONE**

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997, “Requisiti acustici passivi degli edifici”, è uno dei decreti attuativi della legge-quadro datata 26 ottobre 1995, n. 447. Pertanto, come anche recentemente confermato da funzionari del Ministero preposto, la norma è in **stato di diretta applicabilità**, non dipendendo la sua applicazione dall’emanazione di ulteriori norme o specifici regolamenti comunali.

Tutti i comuni, pertanto, dovrebbero adeguarsi alla norma e richiedere le valutazioni preventive ad ogni richiesta di licenza edilizia. Ciò presuppone da parte dell’ufficio tecnico una conoscenza sufficiente dell’argomento, quantomeno tale da poter valutare (prima dell’invio all’A.R.P.A. di competenza) la completezza dei dati preventivi.

Si riporteranno pertanto alcuni estratti della normativa UNI specifica (in particolare per quanto riguarda la modulistica di prova) e si osserveranno alcune metodologie tipiche di indagine e valutazione, al fine di rendere immediatamente comprensibile l’argomento.

Saranno inoltre accennati alcuni metodi pratici per rendere immediatamente comprensibile la rispondenza delle valutazioni alla normativa.

## **Adempimenti da parte dell'amministrazione**

Le Amministrazioni comunali, dato l'attuale stato legislativo dell'argomento, sono obbligate a richiedere e valutare le relazioni tecniche all'atto di ogni domanda di autorizzazione per ristrutturazione e/o nuova costruzione.

Per quanto riguarda la valutazione in senso strettamente tecnico, essa è certamente demandata all'A.R.P.A. competente per territorio, che è dotata delle conoscenze adatte all'esame della documentazione. In ogni caso, per una prima "scrematura" delle relazioni tecniche consegnate, è opportuno che gli Uffici Tecnici comunali siano dotati di una conoscenza quantomeno schematica del problema.

Le Amministrazioni, dunque, dovranno richiedere documentazione tecnica previsionale a chiunque (privati, ditte, enti) presenti domanda di nuova costruzione e/o ristrutturazione di stabili ad uso abitativo e non, ove sia previsto uno stazionamento di persone. Sono quindi incluse praticamente tutte le tipologie di costruzioni edili.

Ovviamente i valori risultanti dalla valutazione preventiva di rispondenza a quanto dettato dal DPCM 5-12-1997 dovranno essere integrati alla valutazione preventiva di impatto acustico ambientale, al fine di verificare la rispondenza del complesso alla specifica classe di azionamento acustico territoriale.

Inoltre le Amministrazioni saranno tenute a controllare (mediante rilascio di relazione tecnica stilata da un tecnico competente in acustica) la rispondenza a quanto previsto del manufatto costruito, in fase di rilascio dell'agibilità. E' anche auspicabile la verifica strumentale diretta (ad esempio su scuole, ospedali e edifici ove in particolare sia necessario assicurare un clima acustico confortevole).

## **Normativa e metodologie di misura**

La normativa UNI-En ISO (ai documenti 140-1, 140-3, 140-6, 140-7 e 140-8) descrive in modo particolareggiato le metodologie di misura e valutazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.

### **PARETI DIVISORIE**

Di seguito si riporta un estratto relativo alla parte (UNI 140-3) riguardante la verifica del potere fonoisolante delle pareti divisorie. La normativa specifica riguarda i test di laboratorio, ma ci si raccomanda che tale metodologia di indagine, con le dovute correzioni, sia seguita anche nelle misure "on field".

#### ***“Generazione del campo sonoro nell'ambiente emittente***

*Il suono generato nell'ambiente emittente deve essere stazionario e avere uno spettro continuo nella gamma di frequenza considerata. Se vengono impiegati filtri, utilizzare quelli con ampiezza di banda di almeno un terzo di ottava. Se viene impiegato rumore a larga banda, lo spettro può essere modificato per assicurare un adeguato rapporto segnale/disturbo alle alte frequenze nell'ambiente ricevente (viene consigliato l'impiego di rumore bianco). In entrambi i casi, lo spettro del suono nell'ambiente emittente non deve presentare differenze di livello maggiore di 6 dB tra bande adiacenti di terzo di ottava.”*

La norma, come si può notare, definisce la funzione di trasferimento della sorgente. Inoltre vengono definite le caratteristiche relative alla potenza acustica emessa:

*“La potenza sonora dovrebbe essere sufficientemente alta da ottenere, nell'ambiente ricevente, un livello di pressione sonora maggiore di almeno 15 dB rispetto al rumore di fondo in qualsiasi banda di frequenza. Se ciò non è possibile, devono essere applicate correzioni come descritto in 6.5.*

*Se la sorgente sonora contiene più altoparlanti simultaneamente in funzione, gli altoparlanti devono essere in fase oppure devono essere impiegati altri mezzi per assicurare che la radiazione sia uniforme e omnidirezionale come specificato in C.1.3.”*

La specifica riguardante il pattern di radiazione della sorgente è quella che, nella pratica, definisce l'impiego della sorgente a forma di dodecaedro, dotata pertanto di dodici trasduttori. Utilizzando una simile tipologia di sorgente si ottengono due risultati immediati, relativi a:

- tenuta in potenza e livello emesso (il livello emesso da dodici trasduttori è di circa 10 dB più elevato rispetto a quello emesso da un singolo trasduttore, per la somma degli effetti della moltiplicazione delle sorgenti e della maggiore potenza di pilotaggio applicabile);
- coerenza del pattern di radiazione (un dodecaedro, tipicamente realizzato con altoparlanti da 130 mm di diametro nominale, utilizzando trasduttori di opportune caratteristiche è il grado di fornire una notevole linearità nei confronti dell'angolo di emissione, con scostamenti massimi di 2-3 dB.

E' chiaro, dunque, il vantaggio che si ricava dall'uso di una sorgente come il dodecaedro, che risulta essere di dimensioni relativamente ridotte (quindi facilmente trasportabile), dotato di risposta in frequenza intrinsecamente lineare e capace di emettere livelli di pressione acustica sufficienti nella maggior parte dei casi pratici.

Nel caso non sia possibile utilizzare una sorgente singola, la norma specifica:

*“È consentito l'uso simultaneo di sorgenti sonore multiple, a condizione che esse siano dello stesso tipo e che siano alimentate allo stesso livello da segnali simili ma non correlati tra loro.”*

Come si nota, la norma vieta espressamente l'utilizzo di sorgenti multiple emittenti il medesimo segnale in fase: tale metodo serve ad evitare che i differenti tempi di arrivo del segnale (in caso di impiego di

segnale correlato sulle singole sorgenti) creino esaltazioni o attenuazioni di determinate bande di frequenza, a causa della correlazione di fase relativa alle sorgenti multiple.

*Possono essere impiegati altoparlanti a movimento continuo. Quando viene impiegata una sola sorgente di rumore, essa deve essere utilizzata in almeno due posizioni. Queste devono essere nello stesso ambiente, oppure le misurazioni vanno ripetute nella direzione opposta scambiando tra loro l'ambiente emittente e quello ricevente, con una o più posizioni emittenti in ciascun ambiente”.*

*Collocare la sorgente in modo tale da generare un campo sonoro più diffuso possibile e a una distanza tale da evitare che la radiazione diretta sia dominante. I campi sonori nell'ambiente dipendono in gran parte dal tipo e dalla posizione della sorgente sonora.”*

Come si nota, la norma pone molta attenzione alla tipologia di campo acustico che si viene a formare nell'ambiente trasmittente (l'ambiente ove si è posta la sorgente sonora), poiché tale campo acustico, se dovesse risultare preponderante la radiazione diretta, sarebbe fortemente falsato nella linearità della funzione di trasferimento.

#### DIVISIONI ORIZZONTALI

Per quanto riguarda il rumore da calpestio, si riporta un estratto della UNI 140-6.

#### **“PROCEDIMENTO DI PROVA E VALUTAZIONE**

##### **6.1 Generazione del campo sonoro**

*Il rumore di calpestio deve essere prodotto dal generatore di rumore di calpestio.*

*Il generatore di rumore di calpestio deve essere posto in almeno quattro posizioni diverse distribuite a caso sul solaio sottoposto a prova. La distanza minima fra il generatore di rumore di calpestio e i bordi del solaio deve essere almeno di 0,5 m. Nel caso di strutture di*

*solai anisotropi (solai con nervature, travi, ecc.) o in presenza di pavimentazioni ruvide o irregolari, possono rendersi necessarie più posizioni. La linea che congiunge i martelli dovrebbe essere orientata a 45° rispetto all'asse delle travi o delle nervature. 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 fino a quando il livello di rumore si è stabilizzato. Il periodo di misurazione deve essere indicato nel resoconto di prova. Se dopo 5 minuti non sono raggiunte condizioni stazionarie, le misurazioni dovrebbero essere eseguite su un periodo ben definito.”*

Come si può notare sin dalle prime righe della descrizione dei procedimenti di test, la determinazione dei valori normalizzati di calpestio è un'operazione piuttosto complessa e delicata e, come in ogni tipo di rilevamento acustico, l'accuratezza con cui si prepara il test condiziona fortemente il risultato.

## **“6.2 Misura del livello di pressione sonora di calpestio**

### **6.2.1 Generalità**

*Il livello di pressione sonora di calpestio deve essere ottenuto utilizzando un microfono singolo spostato da una posizione alla successiva, oppure impiegando una serie di microfoni in posizioni fisse, o un microfono a movimento continuo od oscillante. Deve essere calcolata la media dei livelli di pressione sonora nelle diverse posizioni del microfono su base energetica per tutte le posizioni del generatore di rumore di calpestio.”*

Come si nota, la norma lascia parecchia libertà nella scelta della tipologia di microfoni da adottare:

- fisso;
- mobile a movimento continuo;
- oscillante.

E' evidente che le tipologie di microfono mobile ed oscillante non sono attuabili sul campo, dal momento che nella quasi totalità dei casi questa tipologia d'indagine si svolge nell'ambito di un cantiere edile, in



orario non lavorativo (per evitare rumori spuri che influirebbero sulla misura) e, di conseguenza, in mancanza di alimentazione di rete a 230 Vac.

Tali condizioni di contorno rendono attuabile la sola tecnica del microfono fisso, con spostamenti attuati direttamente dall'operatore.

#### **“6.2.2 Posizioni del microfono**

*Le distanze di separazione qui riportate sono valori minimi:*

*- 0,7 m tra le posizioni dei microfoni;*

*- 0,7 m tra ciascuna posizione di microfono e le pareti dell'ambiente o i diffusori;*

*- 1,0 m tra ciascuna posizione di microfono e il campione.*

Nota

*Ove possibile si dovrebbero utilizzare distanze di separazione maggiori.*

#### **a) Posizioni del microfono fisso**

*Devono essere impiegate almeno quattro posizioni di microfoni fissi, queste devono essere uniformemente distribuite all'interno dello spazio ammesso per la misurazione nella camera.”*

Questa parte della norma, come si nota, raccomanda le distanze minime del microfono dalle pareti circostanti. Nel caso di misure sul campo, occorre considerare che è opportuno variare anche l'altezza del microfono di misura, al fine di evitare nodi o ventri delle onde stazionarie che, inevitabilmente, vengono ad instaurarsi nell'ambiente ricevente. Anche se la norma, in specifico, non riporta alcunchè a questo riguardo, si raccomanda di variare l'altezza del microfono di misura nel range compreso tra 1 metro e 2 metri dal suolo, evitando se possibile l'altezza standardizzata di 1,5 metri: tale quota di posizionamento, infatti, viene a trovarsi – in linea generale – posta circa alla metà dell'altezza di un ambiente abitativo normale. A tale quota è possibile verificare come si vengano a trovare nodi e ventri di tutte le onde stazionarie dovute alle riflessioni tra pavimento e soffitto, che provocherebbero letture di livello non coerenti.

**“b) Posizioni del microfono mobile**

*Quando è utilizzato un microfono mobile, la traslazione deve avere un raggio di almeno 0,7 m. Il piano della traslazione deve essere inclinato in modo da coprire una vasta area dello spazio disponibile per la misurazione. Inoltre, tale piano non deve creare un angolo minore di 10° con qualsiasi superficie dell'ambiente (parete, pavimento, soffitto). La durata del periodo di traslazione non deve essere minore di 15 s.”*

A conferma di quanto indicato in precedenza, si può notare che la specifica di posizione della misura eseguita con microfono mobile prevede la traslazione su un piano inclinato.

Come detto prima, in ogni caso, l'esecuzione di misure a microfono mobile risulta impraticabile nelle normali condizioni ambientali in cui si devono eseguire i test in campo: la sola attrezzatura di traslazione del microfono mobile, infatti, risulterebbe difficilmente trasportabile, oltre ad essere di messa a punto piuttosto critica.

Occorre anche considerare che, nella norma, l'esecuzione di rilievi in un cantiere edile è possibile in un lasso di tempo piuttosto limitato, in quanto risulta necessario che il cantiere medesimo, per non falsare la misura, sia sgombro e silenzioso.

**“6.2.3 Misurazione**

**a) Posizioni del microfono fisso**

*Quando viene utilizzato un microfono fisso, il numero **minimo** di misurazioni è sei; si deve utilizzare una combinazione di almeno quattro posizioni relative al microfono e almeno quattro posizioni relative al generatore di rumore di calpestio.*

*Esempio:*

*per due posizioni del microfono e due posizioni del generatore, effettuare le misurazioni di tutte le quattro combinazioni possibili. Per le altre due posizioni di microfono e del generatore, effettuare le misurazioni sulla base uno-a-uno.”*

Anche in questo caso è evidente come la norma, indicando le combinazioni di posizione tra sorgente e microfono, si ponga una doppia finalità ai fini della precisione della misura:

- eliminare le incertezze dovute all'eccitazione della struttura in punti di maggiore o minore resistenza (travi e quant'altro);
- evitare la captazione di ventri o nodi di onde stazionarie, particolarmente accentuate a causa del particolare tipo di segnale determinato dall'impatto dei martelli del generatore di calpestio con la soletta.

In questi casi si raccomanda, come specificato in dettaglio nell'appendice A della norma cui si sta facendo riferimento, di eseguire la taratura dell'altezza da terra dei martelli battenti, utilizzando la dima che dovrebbe essere fornita con il generatore di calpestio. Una non uniforme altezza di caduta dei martelli del generatore, infatti, falserebbe la misura in modo inaccettabile, portando al rischio di falsi negativi che indicherebbero come non conforme alla normativa una soletta in realtà correttamente realizzata. Si ricorda, a tal proposito, che la correzione in opera di una soletta (in particolare quando la posa dei pavimenti è già avvenuta) è particolarmente onerosa per il costruttore.

***“b) Posizioni del microfono mobile***

*Quando viene utilizzato un microfono mobile, il numero **minimo** di misurazioni è quattro (cioè una misurazione per ogni posizione del generatore).*

*Quando si utilizzano sei o otto posizioni del generatore, le misurazioni possono essere effettuate utilizzando una o due posizioni di microfono mobile.”*

Anche in questo caso si nota come, nelle misure sul campo, sia improponibile l'uso del microfono mobile, la cui struttura dovrebbe essere spostata in due posizioni per ciascun set di misura. Oltre alla già citata difficoltà di trasporto e taratura del sistema di movimentazione del microfono, diventano inaccettabili i tempi totali di esecuzione del test in campo, mentre – ovviamente – tale metodo risulta perfettamente adeguato nel caso di test in laboratorio di un campione.

#### ***“6.2.4 Media temporale***

*In ciascuna posizione di microfono, la media temporale deve essere pari ad almeno 6 s per ciascuna banda di frequenza con frequenze centrali minori di 400 Hz. Per bande di frequenze centrali più alte, è permesso diminuire il tempo ma non sotto i 4 s. Impiegando un microfono mobile, la media temporale deve coprire un numero intero di traslazioni e non deve essere minore di 30 s.”*

In questa specifica ancora una volta la norma si preoccupa di minimizzare le fluttuazioni di livello dovute all'acustica dell'ambiente ricevente: occorre difatti ricordare che, di solito, i test di controllo dei requisiti acustici passivi degli edifici si svolgono quando la costruzione è parzialmente terminata e, in ogni caso, non abitata e/o arredata. Per tale situazione i tempi di riverbero e le stazionarie hanno valori, livelli e distribuzione spettrale radicalmente differenti e, in genere, sfavorevoli. All'atto pratico si può affermare che un edificio in grado di superare i test descritti ad ambienti non arredati sia in grado di fornire un livello di confort acustico più che adeguato nel normale utilizzo (le solette vengono caricate del peso della mobilia, con conseguente riduzione della frequenza di risonanza fondamentale del sistema elastico formato dalla soletta e dai suoi vincoli perimetrali e nodali, mentre il tempo di riverberazione viene drasticamente ridotto – sempre dalla presenza degli arredi - a causa della variazione di volume interno dell'ambiente e a causa della modifica del coefficiente di assorbimento acustico totale. Per di più vengono ad essere radicalmente modificate le frequenze di centro-banda delle stazionarie, che presenteranno a loro volta una diminuzione di livello delle risonanze fondamentali).

#### ***“6.3 Gamma di frequenze delle misurazioni***

*Il livello di pressione sonora deve essere misurato impiegando filtri di banda di terzo di ottava aventi almeno le seguenti frequenze centrali, in Hertz:*

100	125	160	200	250	315
400	500	630	800	1.000	1.250
1.600	2.000	2.500	3.150	4.000	5.000

*Se sono necessarie ulteriori informazioni nella gamma delle basse frequenze, impiegare filtri di terzo di ottava con le seguenti frequenze centrali, in Hertz:*

50

63

80"

Come in precedenza, si può notare come venga richiesta dalla norma una particolare attenzione alla presenza di problemi di misura alle basse frequenze. Tali problemi possono verificarsi essenzialmente per tre cause, talvolta combinate tra di loro, nell'ambiente ricevente:

- insufficiente rapporto segnale/rumore;
- presenza di stazionarie di livello particolarmente elevato;
- elevato tempo di riverberazione (in particolare in ambienti di superficie effettiva superiore ai 50 m<sup>2</sup> circa).

Tali cause di alterazione dei risultati del test, molto comuni, possono essere verificate prima di condurre i test di isolamento delle pareti divisorie e di calpestio, semplicemente disponendo di un analizzatore di spettro in tempo reale e verificando (con la sorgente ed il microfono entrambi posti nell'ambiente ricevente) che nelle posizioni scelte per la misura non vi siano scarti di livello tra bande adiacenti superiori ai 6 dB. In tal modo si ha la possibilità di effettuare una correzione (evidentemente riportando i risultati del test di linearità così compiuto) ai risultati ottenuti durante le definitive misurazioni.

## **Conclusioni**

La verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici, come determinata dal D.P.C.M. 5/12/1997 e come descritta dalle norme UNI 140-1, 140-3, 140-6, 140-7 e 140-8, risulta essere di media difficoltà di attuazione

e, come ogni verifica acustica, necessita di grande cura metodologica per fornire risultati affidabili.

Considerate le sue implicazioni (risultati non allineati a quanto stabilito dal citato decreto obbligano il costruttore alla messa a norma dell'intero stabile, con successiva prova di controllo dell'eseguito), occorre pertanto che sia i tecnici competenti incaricati, sia gli eventuali verificatori, siano in grado di eseguire tali rilevazioni in modo congruo e con ragionevole certezza del risultato.

Allo stesso modo, nei confronti dei futuri abitanti o fruitori di un nuovo stabile, occorre che i rilievi siano eseguiti con assoluto rigore, al fine di evidenziare eventuali manchevolezze in fase progettuale e/o costruttiva.

Per concludere, occorre ricordare che **il D.P.C.M. 5/12/1997 è in stato di diretta applicabilità a far data dal 15 gennaio 1998**, quindi gli uffici tecnici comunali, anche in assenza di un piano di azionamento acustico del territorio comunale e del relativo regolamento d'attuazione, sono in obbligo di richiedere la conformità di ogni nuova costruzione o ristrutturazione a quanto dettato dalla norma.

La sua mancata applicazione può, in casi limite, portare alla presunzione di responsabilità di omissione da parte degli uffici tecnici e, come diretta conseguenza, da parte della giunta, con le conseguenze del caso (il costruttore dell'edificio o gli acquirenti potrebbero tentare di rivalersi sul comune).