

# Progettare il comfort acustico

Uno degli aspetti fondamentali da tenere in primaria considerazione nella progettazione dei "luoghi della cultura", è senza dubbio il comfort acustico degli spazi interni spesso affollati da un gran numero di visitatori, i quali devono vivere il fabbricato per un periodo più o meno lungo.

Ing. Michele Valotto - Direttore Tecnico Divisione Acustica Eterno S.p.A.

Progettare il comfort acustico si traduce nel concepire in via previsionale tutti gli aspetti costruttivi che dovranno garantire il benessere acustico delle persone che fruiranno gli ambienti del fabbricato: gli spazi comuni di collegamento e di attesa, le sale espositive, le sale convegni, il teatro, ma anche i servizi igienici e i locali tecnici. Ognuno di questi ambienti deve essere trattato in modo che sia godibile il permanere al suo interno, ma si deve considerare il fatto che esso stesso possa essere fonte di disturbo per gli spazi adiacenti. Pertanto, progettare il benessere acustico dei visitatori significa proteggerli dal rumore proveniente dall'esterno del fabbricato o proveniente dagli altri ambienti, ma significa anche gestire correttamente il rumore generato dagli avventori all'interno dello spazio che essi stessi stanno in quel momento fruendo.

Vi è poi un terzo aspetto da considerare, ovvero la gestione del rumore prodotto dall'intero "luogo della cultura" che andrà a modificare la

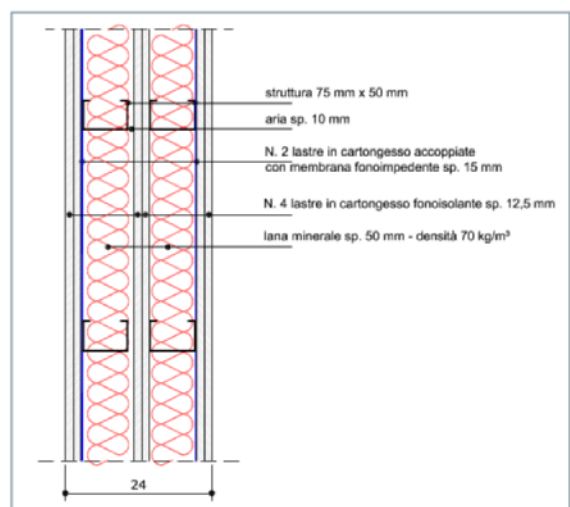
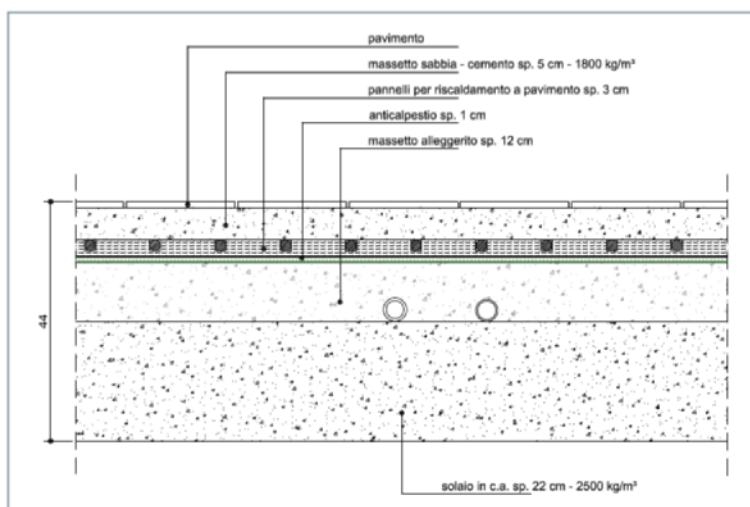
situazione acustica esterna dell'area in cui il fabbricato sorgerà: la modifica del "clima acustico" preesistente è generalmente imputabile all'incremento di traffico veicolare dei visitatori e all'inserimento di nuovi impianti tecnologici posti a servizio dell'edificio. Vediamo nel dettaglio i singoli aspetti precedentemente introdotti.

## Isolamento acustico dell'edificio e dei suoi ambienti

Il primo aspetto da considerare in fase di progettazione riguarda la riduzione del rumore che si trasmette dall'ambiente esterno verso l'interno del fabbricato e, con pari grado di importanza, la limitazione del rumore che si propaga da un ambiente all'altro all'interno del fabbricato stesso: si tratta di affrontare compiutamente il problema del fonoisolamento di pareti e solai. La riduzione del rumore che proviene dall'ambiente esterno si ottiene con la corretta progettazione dell'involucro edilizio (pareti di facciata

*Solaio in stratificato c.a. - sezione verticale*

*Parete stratificata in cartongesso - sezione orizzontale*



**Tabella A**  
**Classificazioni, degli ambienti abitativi (art. 2)**  
 - 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 B**  
**Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici**

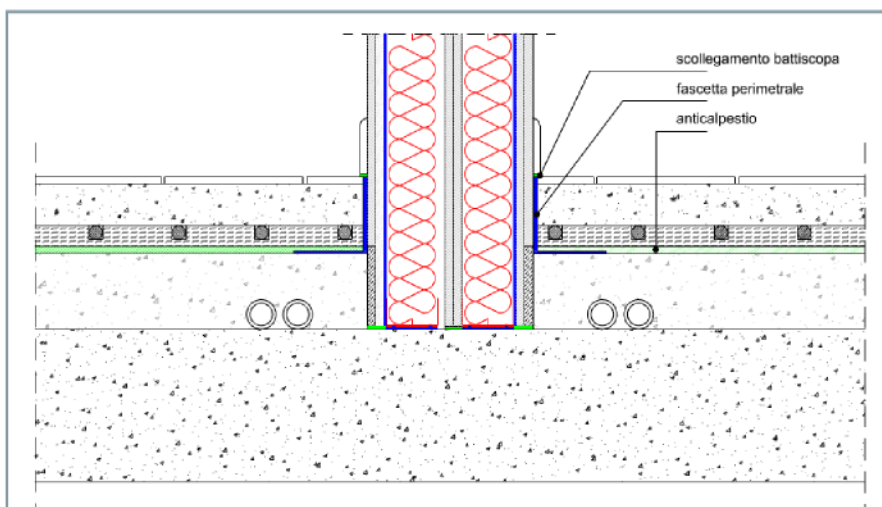
Categoria di cui alla Tab. A	Parametri				
	$R'_{w(f)}$	$D_{2mf,fa}$	$L'_{nw}$	$L_{Amax}$	$L_{Aeq}$
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

(\*) Valori di  $R'_{w(f)}$  riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Fig. 1: limiti normativi vigenti in Italia  
 - D.P.C.M. 5/12/1997

e copertura). Generalmente in ogni Paese esiste una normativa che impone dei limiti minimi di isolamento acustico: in Italia, è vigente il noto D.P.C.M. 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", il quale impone il limite  $D_{2m,1T,w} \geq 42$  dB, valido per edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili (fig. 1). In via semplificativa, tale valore rappresenta la quota parte minima di rumore proveniente dall'esterno che l'involucro edilizio deve bloccare. Il parametro è facilmente misurabile in opera con la strumentazione e le modalità previste dalle norme tecniche e, naturalmente, deve essere preventivamente valutato in via progettuale con le usuali tecniche dell'acustica edilizia. È opportuno evidenziare che, spesso, le situazioni più delicate si configurano nel caso di ampie superfici vetrate o in presenza di pa-

Nodo parete-solaio - sezione verticale



reti leggere (tipicamente in legno e sempre più diffuse). Meno problematiche sono le situazioni con involucri edilizi costituiti da pareti massive, in laterizio o calcestruzzo.

La riduzione del rumore che si propaga da un ambiente chiuso all'altro è, invece, relativa alla necessità di confinare all'interno dei singoli ambienti il rumore prodotto dalle attività dei visitatori o dagli impianti.

Non sempre questo aspetto è governato da limiti imposti dalle normative, ma deve comunque essere gestito almeno con riferimento all'ampia letteratura tecnica esistente. Per esempio, in Italia, il citato D.P.C.M. 5/12/1997 non impone (di fatto) limiti di isolamento acustico per le pareti o per i solai interni ad una singola unità immobiliare, come è il caso di musei o teatri. Una prima valutazione progettuale deve riguardare il distributivo dei locali: l'assenza di adiacenze improprie (locali rumorosi in prossimità di locali silenziosi) rappresenta il più efficace metodo progettuale per ridurre il disturbo derivante da rumore intrusivo proveniente da attività rumorose adiacenti. Pensiamo, ad esempio, all'esistenza di una sala espositiva silenziosa posta a fianco della sala convegni o di un locale tecnico.

Quando non è possibile o non è sufficiente gestire le adiacenze improprie, si dovrà procedere con la progettazione di partizioni (pareti e solai) caratterizzate da elevati valori di isolamento acustico. I parametri di riferimento per definire il livello di isolamento acustico sono il potere fonoisolante apparente  $R'_{w}$  (che quantifica l'isolamento acustico al rumore aereo, come le voci) e il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato  $L'_{nw}$  che quantifica l'isolamento acustico nei confronti del calpestio sui solai). Anche questi parametri sono verificabili in opera con la strumentazione e le modalità previste dalle norme tecniche, e devono essere determinati per via progettuale.

Una regola aurea che permette di ottenere un buon isolamento acustico è rappresentata dal rispetto del principio generale di "massa-molla-massa": una corretta stratificazione delle partizioni, in modo che sia rispettata l'alternanza di masse differenziate ed elementi smorzanti e/o fibrosi, consente di ottenere elevati isolamenti acustici, nettamente superiori a quelli raggiungibili con pareti e solai monolitici, anche se notevolmente massivi (figg. 2a - 2b - 2c). Nel caso di ristrutturazione di pareti e solai esistenti non stratificati, si possono ottenere notevoli incrementi di isolamento acustico per mezzo di contropareti o controsoffitti fonoisolanti, generalmente costituiti da lastre massive vincolate con sistemi antivibranti alle partizioni esistenti. Tali sistemi sono estremamente efficaci, sia per il miglioramento dell'isolamento acustico al rumore aereo che per la riduzione dei rumori

da calpestio nei solai (figg. 3a – 3b). L'impiego combinato di contropareti e controsoffitti fonoisolanti su pareti e solai esistenti, o anche di nuova realizzazione, permette di raggiungere isolamenti acustici di elevatissimo comfort, addirittura superiori al valore  $R'w = 75$  dB (rumore aereo) o inferiori a  $L'_{nw} = 35$  dB (calpestio): per la comprensione dei numeri, si noti che  $R'w = 50$  dB e  $L'_{nw} = 55$  dB sono i limiti previsti dal D.P.C.M. 5/12/1997 per edifici adibiti ad attività ricreative (si consideri anche la rappresentazione logaritmica dei valori espressi in decibel, per la quale un raddoppio della prestazione corrisponde ad una variazione di 3 dB, come si vede in fig. 4).

**Qualità acustica interna e intelligibilità della parola.**

La riduzione della quantità di rumore immessa all'interno di un ambiente non è garanzia di benessere acustico: infatti, un ambiente con pareti e solai estremamente fonoisolanti può risultare parimenti invivibile causa del rumore generato al suo interno dagli stessi fruitori del locale. Ambienti con poco arredo, di grande volume o di infelice geometria interna possono essere afflitti da una nociva riflessione delle onde sonore sulle superfici a vista, tale da rendere fastidiosa la permanenza nella sala e poco efficace la trasmissione del messaggio verbale.

Un problema di questa natura può rendere poco confortevoli le sale espositive o le zone di passaggio, ma soprattutto può compromettere gravemente la fruibilità di teatri e sale conferenze, indipendentemente dal fatto che sia previsto o meno un sistema acustico di amplificazione. Originariamente studiato a fine Ottocento da W. C. Sabine all'Università di Harvard, il problema del comfort acustico interno di ambienti destinati alla parola è oggi ben noto ed è regolato sia da normative cogenti, che da un'ampia e consolidata letteratura tecnica. In Italia, si segnala il

recente D.M. 11/10/2017 sui Criteri Ambientali Minimi (CAM), il quale impone il rispetto obbligatorio di alcuni parametri riportati dalla norma tecnica UNI 11532 "Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati": il Decreto si occupa, in particolare, di edifici pubblici.

In linea generale, per ottenere un buon comfort acustico all'interno di un ambiente, torna utile fare riferimento almeno ai parametri previsti dalla norma UNI 11367 – Appendice C "Indicazioni per la valutazione delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti".

La norma considera tre parametri fondamentali:

- Il tempo di riverberazione (TR): espresso in secondi, quantifica l'entità del riverbero (o rimbombo) presente nell'ambiente; è il tempo necessario affinché un rumore decada di 60 dB rispetto al suo valore massimo; è un parametro medio della sala.

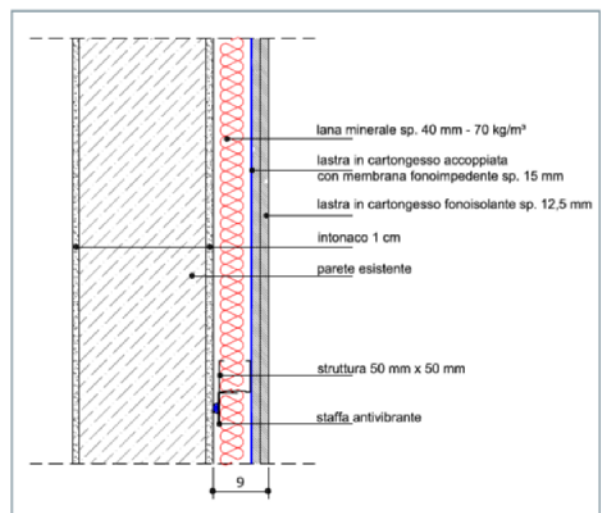
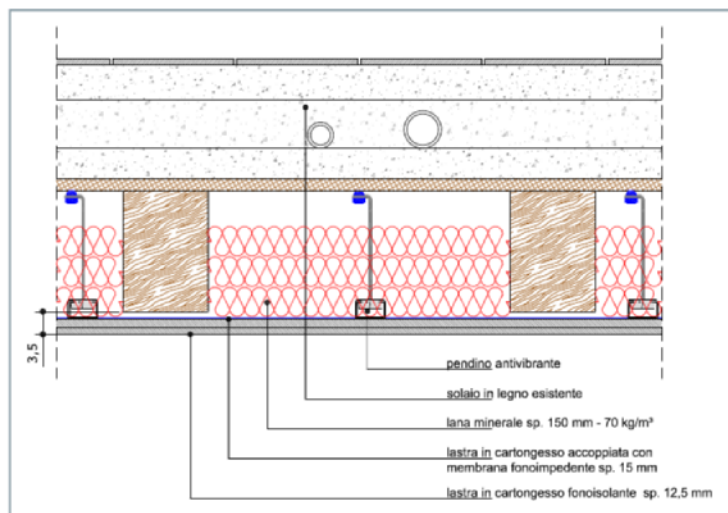
- La chiarezza (C50): rappresenta il rapporto tra l'energia del suono utile alla comprensione del parlato e l'energia del suono disturbante. In via semplificativa, il suono che giunge all'orecchio entro i primi 50 millisecondi dalla sua generazione dà un contributo positivo alla comprensione del parlato; quello che giunge successivamente rende il messaggio meno comprensibile. La chiarezza è un parametro che varia da punto a punto nell'ambiente e dipende dalla reciproca posizione di sorgente e ricevitore.

- Lo Speech Transmission Index (STI): permette di misurare l'entità della distorsione che il messaggio verbale subisce durante il tragitto che va dall'oratore all'uditore. Anch'esso è un parametro che varia da punto a punto nell'ambiente e dipende dalla reciproca posizione di sorgente e ricevitore.

Una volta noti la geometria dell'ambiente, gli arredi e il numero di fruitori, è necessario simulare la distribuzione dei tre parametri citati e, nota la destinazione d'uso della sala, è necessario

Fig. 3a: controsoffitto fonoisolante su solaio in legno esistente – sezione verticale

Fig. 3b: controparete fonoisolante su parete in laterizio esistente – sezione orizzontale



confrontarli con i limiti previsti dalla normativa o dalla letteratura tecnica. Per ambienti caratterizzati da arredo minimale o da importanti volumi oppure chiusi entro superfici riflettenti (come le vetrate), è spesso necessario intervenire a parete o a soffitto con elementi fonoassorbenti o diffondenti, in modo da regolare la riflessione del rumore, facendo rientrare i parametri nei limiti previsti per la specifica destinazione d'uso dell'ambiente. Tipicamente, la regolazione della riverberazione si può ottenere con controsoffitti e/o pannelli fonoassorbenti; in particolare, si tratta di sistemi fibrosi, forati o scanalati posti a vista, i quali permettono al rumore di dissiparsi al loro interno. A lavori ultimati, è sempre opportuno condurre una misura fonometrica in opera al fine di quantificare i risultati raggiunti. Nel caso di lavori pubblici, come previsto dal citato D.M. 11/10/2017, i rilievi fonometrici sono obbligatori. Per i fabbricati esistenti, è consigliabile eseguire anche un test ante operam, in modo da tarare il modello di calcolo che successivamente verrà utilizzato per la simulazione previsionale.

### Impiantistica

Una notevole fonte di rumore può essere rappresentata dall'impiantistica, se questa non viene adeguatamente progettata. In particolare, sorgenti di rumore sono costituite da ascensori e montacarichi, impianti di scarico e di adduzione dei fluidi e impianti di trattamento aria. Questi ultimi rappresentano anche possibili veicoli di propagazione di rumore da un ambiente all'altro. Gli ambienti silenziosi o le sale convegni sono particolarmente sensibili a questa tipologia di disturbo. I valori massimi di rumore accettabili all'interno di questi ambienti sono ampiamente disponibili in letteratura tecnica e sono indicati anche in alcune norme tecniche. Un'attenta progettazione dovrà prevedere la localizzazione delle macchine in locali techni-

ci acusticamente confinati, il passaggio degli impianti all'interno di cavedi fonoisolanti e la scelta di ascensori certificati. Va sottolineato che molto spesso la propagazione del rumore disturbante è causata da veniali errori di installazione, come l'assenza di economici appoggi sotto le macchine o la mancanza di staffe antivibranti per la sospensione delle tubazioni.

### Impatto acustico del nuovo insediamento

Un aspetto non meno importante dei precedenti, anche se relativo all'ambiente esterno, riguarda l'incremento di rumore che senza dubbio si verifica quando viene realizzato un nuovo fabbricato a destinazione ricreativa. L'incremento di traffico dovuto a visitatori e fornitori, nonché l'installazione di sistemi tecnologici a servizio del fabbricato (tipicamente unità di trattamento aria, UTA) producono un aumento di rumorosità che deve essere contenuta entro limiti fissati dalle normative vigenti: l'analisi richiesta dalla Pubblica Amministrazione in fase progettuale è generalmente la Valutazione Previsionale di Impatto Acustico. Qualora si verifichi un superamento dei limiti, si dovranno progettare opere di mitigazione disposte lungo il tragitto sorgente-ricevitore oppure si dovranno installare sistemi di riduzione del rumore in corrispondenza dei macchinari (spesso vengono impiegati silenziatori).

La fase progettuale, di norma, è preceduta da un'ampia campagna di rilievi fonometrici condotti nella zona del cantiere, finalizzata a determinare il clima acustico nello stato di fatto. Spesso la situazione più gravosa è imputabile alle unità esterne degli impianti, le quali, se necessario, possono essere installate all'interno di locali tecnici confinati con pareti e copertura di adeguate caratteristiche fonoisolanti. In linea generale, sono da evitare installazioni sulla copertura del fabbricato, con sistemi rumorosi posizionati a vista, soprattutto quando il nuovo complesso ricreativo viene edificato in zone urbane con edifici alti preesistenti. Questa breve disamina permette di comprendere come un'adeguata scelta dei materiali in fase progettuale consente di affrontare compiutamente e senza eccessivi aggravii di spesa sia il problema del fonoisolamento, sia il tema del comfort interno degli ambienti.

Tuttavia, come spesso accade in acustica, in particolare modo per ambienti destinati all'ascolto della parola, può essere fortemente controproducente inserire elementi con caratteristiche non corrette o applicati in zone non adeguate. Per questi motivi, si consiglia sempre uno studio approfondito a cura di un Tecnico Competente in Acustica, esperto in particolare negli aspetti dell'acustica edilizia ed architettonica.

Fig. 4: rappresentazione della scala dei decibel [questa figura viene fornita in due versioni, per posizionamento a vostra scelta]

