# L'AMBIENTE SONORO

## Il rumore: un problema antico

Il problema dell'inquinamento acustico affonda le sue radici in un passato lontano. Ne troviamo ad esempio traccia nelle "epistolae" di Marziale, che agogna il suo focolare di campagna perché *"a Roma per un povero non esiste luogo né per pensare né per riposare"* a causa dei rumori incessanti della città, e in quelle di Seneca, che si lamenta della sua casa sopra alle terme sottolineando che *"il silenzio durante lo studio è tanto necessario quanto la vista"*.

Di certo gli antichi romani, che si lamentavano del rumore delle ruote dei carri o di quello dei venditori ambulanti che con i loro schiamazzi disturbavano la quiete pubblica, mai avrebbero potuto immaginare a quale livello sarebbe arrivato l'inquinamento acustico duemila anni dopo.

## Il rumore e la qualità della vita

Il rumore rappresenta senza dubbio un elemento di peggioramento della qualità della vita. Oggi è provato da diversi studi scientifici che un eccessivo inquinamento acustico può provocare danni per la salute, sia allo stato generale dell'individuo che all'apparato uditivo in particolare.

Quando si parla degli effetti negativi che un eccessivo inquinamento acustico può procurare alla vita di un individuo, si distinguono tre livelli di gravità: ad un primo livello il rumore provoca un fastidio generico, che non sempre viene percepito consciamente. Il fastidio può trasformarsi in disturbo (secondo livello), fino a procurare un danno fisico (terzo livello).

Per un ambiente acustico, ciò che determina il rientrare in una o in un'altra categoria, dipende da diversi fattori: dalle caratteristiche fisiche del rumore a cui si è esposti (intensità, durata del rumore, qualità del rumore, tipologia di sorgente etc), dalle condizioni ambientali nelle quali si è esposti al rumore stesso (durata dell'esposizione, tipologia di ambiente, distanza dalla sorgente etc) e infine dalle condizioni psicofisiche del soggetto esposto.

Anche rimanendo al solo primo livello, ovvero quello del fastidio generico, il rumore all'interno dell'ambiente impatta in maniera decisamente negativa sulle attività che l'individuo sta svolgendo.
Il fastidio viene percepito a livello conscio quando rende difficoltosa la concentrazione, se l'attività che si sta compiendo è particolarmente impegnativa a livello mentale (come ad esempio lo studio), oppure quando all'interno di una stanza rende difficoltosa la comunicazione verbale. Il rumore però è in grado di creare fastidio anche quando l'individuo non se ne accorge, ad esempio diminuendo in maniera notevole la qualità e la quantità del sonno (se, ad esempio, la stanza in cui si dorme è esposta su una strada trafficata).

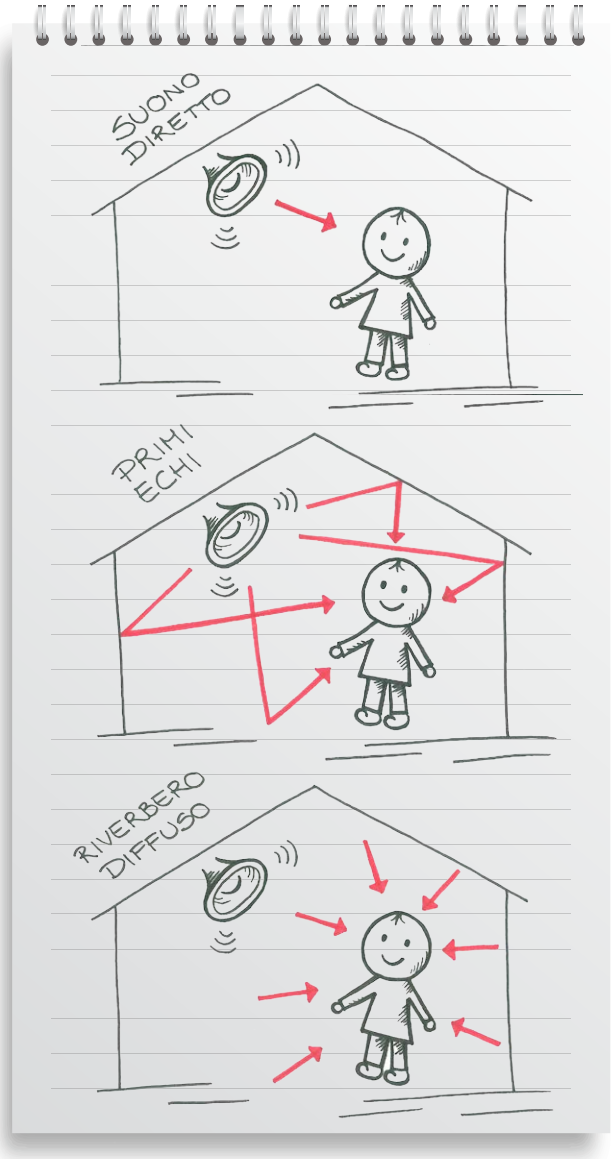
# IL FENOMENO DELLA RIVERBERAZIONE

## L'ambiente acustico

L'acustica di un ambiente viene sperimentata quotidianamente, poiché ogni persona trascorre buona parte del proprio tempo in locali chiusi, siano essi l'ufficio, la casa, la scuola, il ristorante o la mensa, la palestra, e così via. E' possibile che il fenomeno non venga direttamente collegato all'effetto ma sicuramente, se l'ambiente non è acusticamente adatto all'uso, chi ci permane ne subisce le conseguenze a livello di diminuzione del comfort o addirittura di disturbo.

## La riverberazione

Il fenomeno della riverberazione descrive l'aumento del livello sonoro di una sorgente attiva in un ambiente chiuso, dovuto alla riflessione delle onde sonore generate dalla sorgente sulle superfici che delimitano il volume dell'ambiente stesso. In una scuola la sorgente sono le voci dell'insegnante e degli alunni, in un ristorante sono le voci dei commensali e del personale, in un teatro è l'orchestra di musica, e così via.
A chi si trova nell'ambiente giungono sia il raggio diretto, emesso dalla sorgente, indispensabile per definirne il tipo e la localizzazione spaziale, sia in istanti successivi i primi echi che, seppur di minore energia, aiutano l'ascoltatore a creare una immagine spaziale del volume e del tipo di ambiente. Quando però le riflessioni continuano, dato che l'energia sonora non muore sull'ascoltatore, creano un insieme di raggi riflessi che non sono più distinguibili singolarmente, ma sono percepiti come un




"riverbero diffuso", un suono continuo o "rumore di fondo" dell'ambiente.

# IL FENOMENO DELLA RIVERBERAZIONE

Questo fenomeno, detto "riverberazione", è generalmente percepito come disturbante o fastidioso in molti ambienti: si pensi appunto alle mense scolastiche, ai ristoranti, agli uffici open space, e in generale a tutti quegli ambienti nei quali il suono riverberato, che non si attenua con la distanza ma solo con le riflessioni multiple, genera un fondo assai rumoroso che copre le nuove sorgenti sonore: succede così che chi sta parlando deve alzare il tono di voce per coprire il livello sonoro diffuso e farsi sentire dall'interlocutore, e così il problema si moltiplica in maniera esponenziale.

## Il tempo di riverberazione

L'entità di questa coda sonora data dalle riflessioni successive è misurata da un descrittore fisico: il "tempo di riverberazione", ossia il tempo in cui il suono diretto permane riflettendosi nell'ambiente, e via via attenuandosi, dopo che la sorgente è stata spenta.

Un tempo di riverberazione elevato non è sempre un fenomeno totalmente negativo: nelle sale per concerti, ad esempio, è desiderabile un prolungamento della coda sonora, così da rendere il suono meno secco. Al contrario, in aule scolastiche, nelle sale conferenze o negli uffici, il permanere della coda sonora può mascherare le parole dell'oratore, generando inintelleggibilità del parlato, e di conseguenza confusione e disturbo alla comprensione.
Una corretta progettazione acustica va quindi applicata ad ogni tipo di ambiente con modalità specifiche, in modo da permettere la miglior fruizione di esso e delle attività che vi si svolgono. Condizioni ottimali di riverberazione sono definite in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente stesso.

In una chiesa un tempo di riverberazione elevato può contribuire alla suggestione dell'ambiente

In un'aula scolastica il tempo di riverberazione deve necessariamente essere molto basso per garantire un corretto apprendimento

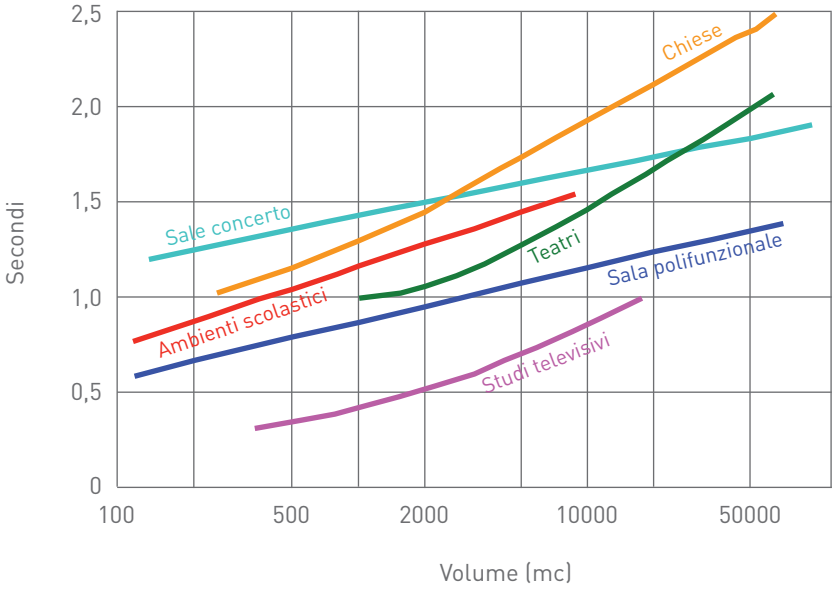
Il tempo di riverberazione T60, in accordo alla norma UNI EN ISO 3382-2, è misurato in secondi come il tempo necessario affinché il segnale sonoro decada di 60 dB una volta spenta la sorgente.

Il tempo di riverberazione dipende dalla modalità di riflessione delle onde sonore, e dalla capacità delle superfici di assorbire l'energia acustica. Materiali riflettenti quali superfici vetrate o specchiate, e geometrie irregolari quali le volte a soffitto, possono rendere l'acustica interna particolarmente sfavorevole per certe destinazioni d'uso.

Come detto, un tempo di riverberazione elevato non è sempre percepito come fastidioso. In alcuni casi può risultare gradevole, come ad esempio all'interno di una chiesa antica dove il permanere della coda sonora è una componente essenziale della suggestione creata dal luogo.
Nella maggior parte dei casi, viceversa, deve essere ridotto, come nelle mense, nelle palestre e nelle aule: in questo caso una buona progettazione acustica deve prevedere un T60 adeguato, per evitare la generazione di fastidiosi effetti di riverbero e rimbombo.

Il tempo di riverberazione ottimale quindi non è un valore assoluto ma dipende dalla destinazione d'uso dell'ambiente.

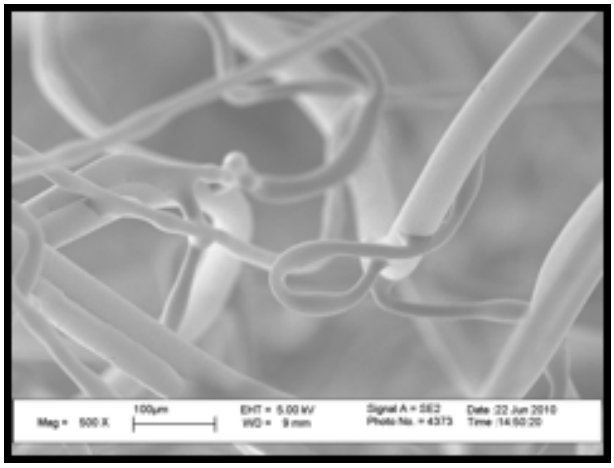
**Tempo ottimale di riverberazione a 500 Hz in funzione del volume e dell'utilizzo dell'ambiente**



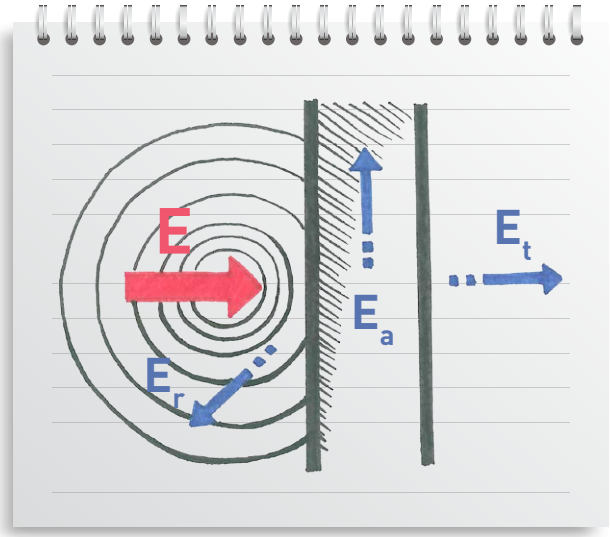
# IL FONOASSORBIMENTO

Le onde sonore che si propagano in un ambiente chiuso, quando raggiungono le superfici che ne delimitano il volume, trovano un ostacolo alla loro propagazione e perdono energia all'interno del materiale sul quale si infrangono.
La quantità di energia che rimane intrappolata nel materiale dipende dalle sue caratteristiche fisiche e morfologiche.

Una superficie è tanto più fonoassorbente quanto più trattiene il suono al suo interno: questo è il comportamento tipico di materiali porosi e fibrosi, che dissipano per attrito l'energia sonora in energia termica, ma anche di pannelli vibranti che dissipano per smorzamento l'energia sonora in energia meccanica, o pannelli con piccole cavità e intercapedine che funzionano come risuonatori.



Quando un'onda sonora incide su una superficie, parte della sua energia viene riflessa, parte viene trasmessa, e parte viene assorbita. La somma delle tre componenti è pari all'energia totale incidente, secondo la formula $E = E_r + E_a + E_t$. L'energia assorbita dipende dal "coefficiente di assorbimento" del materiale, ossia dalla sua capacità di trattenere l'energia sonora al suo interno, dissipandola: quanto maggiore è la componente di energia assorbita, tanto minore è la componente di energia riflessa.

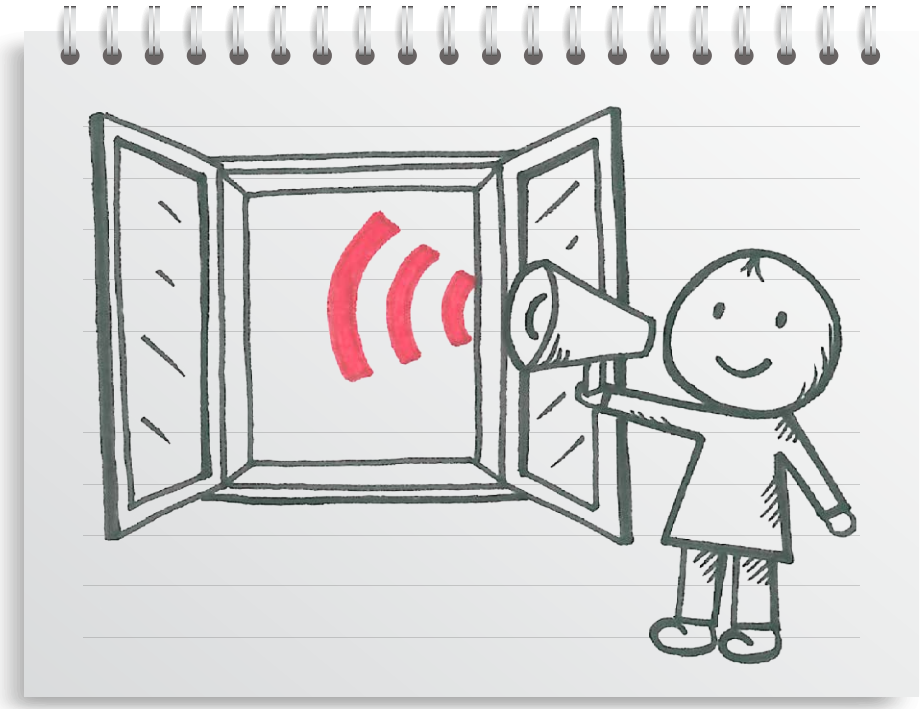



Il coefficiente di assorbimento acustico $\alpha$ è definito come il rapporto tra l'energia assorbita e l'energia incidente: $\alpha = E_a/E$. Per quanto riguarda materiali porosi o fibrosi, il coefficiente di assorbimento dipende dalla morfologia e dalla composizione del materiale stesso: è generalmente maggiore quanto maggiore è la porosità del materiale e quanto minore è la

sua resistenza al flusso d'aria. Inoltre, dipende dallo spessore del pannello, e anche dalla sua collocazione rispetto alla superficie rigida (es. in aderenza o con intercapedine d'aria).

Il massimo assorbimento si ha quando la superficie su cui incide il suono è una finestra aperta: essa non restituisce alcuna energia sonora riflessa ed è il caso limite di assorbimento totale.
I materiali assorbenti attenuano il campo sonoro riflesso, mentre non agiscono sul suono diretto. L'assorbimento di energia sonora da parte di materiali e strutture può essere utilizzato per controllare le riflessioni delle onde acustiche, e contenere il livello sonoro in un ambiente totalmente o parzialmente confinato. Ossia, per raggiungere il tempo di riverberazione ottimale che è, per ogni ambiente, funzione della sua destinazione d'uso e della sua architettura.

Non vanno confusi fonoassorbimento e fonoisolamento: il fonoassorbimento rappresenta il fenomeno di dissipazione dell'energia sonora all'interno del materiale che riveste la superficie, mentre il fonoisolamento rappresenta la capacità di tutta la struttura di separazione di impedire la trasmissione del suono. Materiali fonoassorbenti sono tipicamente leggeri e con aperture o cavità; materiali fonoisolanti sono massivi e smorzanti.



# CHE COSA DICE LA LEGGE

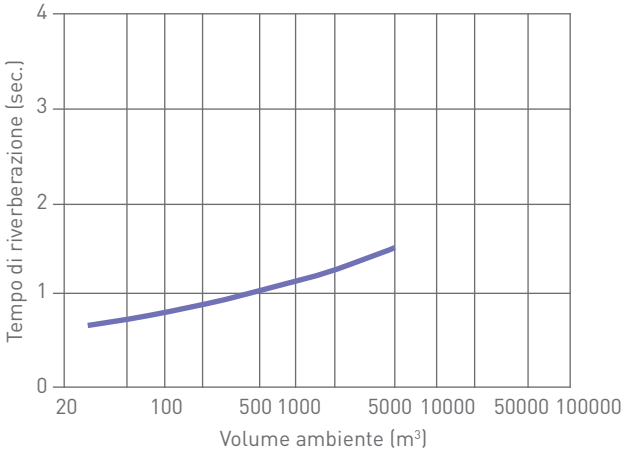
La legislazione italiana non è particolarmente esaustiva in materia di acustica degli interni: non ci sono infatti limiti o indicazioni che indicano il tempo di riverberazione adeguato all'interno dei vari ambienti di vita.
L'unica eccezione riguarda l'edilizia scolastica, ed in particolare le aule e le palestre.

A questo proposito il DPCM 5/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" richiama la Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, che indica come valori medi per il tempo di riverberazione, misurato alle frequenze 250-500-1000-2000 Hz, il limite di **1,2 sec** per le aule scolastiche (ad aula arredata, con la presenza di due persone al massimo) e **2,2 sec** per le palestre.

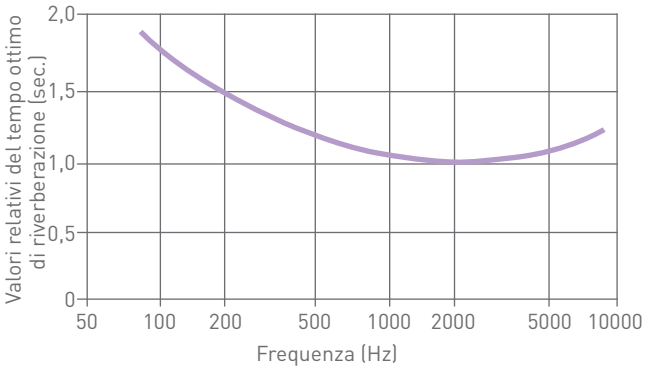
Inoltre, in Italia vige anche il D.M. 18/12/1975, normativa di riferimento per l'edilizia scolastica in generale, che indica il valore del tempo di riverberazione ottimale in funzione dei volumi degli ambienti, e della frequenza, come riportato nei due diagrammi a seguire, che sono elaborati a 500 Hz e per una sala di 1000 mc.

Per soddisfare quanto previsto dal DM è richiesta una particolare cura nella scelta dei materiali, affinché i coefficienti di assorbimento possano rispettare i tempi di riverbero indicati nel secondo grafico.

La doppia normativa, pur essendo a volte contraddittoria, può comunque essere in certi casi soddisfatta in quanto il DPCM parla di valore medio del tempo di riverbero, mentre il DM ne prevede l'andamento per bande di frequenza.




Valori ottimali del tempo di riverberazione in funzione del volume delle aule




Andamento del tempo di riverberazione in funzione della frequenza

**Norma UNI 11532 "Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati"**

Per supplire al vuoto legislativo in materia di acustica di interni, e fornire un supporto per la progettazione del confort acustico degli ambienti, nel 2014 è stata pubblicata la norma UNI 11532 "Acustica in edilizia – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati", che propone valori di riferimento del tempo di riverberazione ottimale per gli ambienti di vita. I valori di T60 suggeriti nella norma sono tratti da leggi e normative internazionali, ove non presenti nella legislazione italiana.

Grazie a tale strumento, è possibile avere un'indicazione dei tempi di riverberazione medi ottimali per gli ambienti del settore sanitario, direzionale, sportivo, produttivo, fieristico e ad uso collettivo. In tali locali è possibile ottenere una correzione acustica adeguata con interventi mirati, seppur non particolarmente specifici come possono essere quelli per teatri, sale concerti e grandi auditorium. Nel settore scolastico la norma non si limita ad aule e palestre, ma fornisce valori di tempo di riverberazione per aule di musica, biblioteche, laboratori scolastici, aule di informatica, e fornisce persino un'indicazione per le aule in cui sono presenti bambini con deficit uditivo.

A fianco: esempi di valori di riferimento per alcune destinazioni d'uso - per la tabella completa cfr norma UNI 11532

| Destinazione d'uso | Valore di riferimento T60 | Riferimento normativo |
|---|---|---|
| Asilo open-space | ≤ 0,4 s | SBI anvisning 218 (DK) |
| Refettorio | ≤ 1,0 s<br>≤ 0,5 s | BB 96 (UK)<br>SS 25268 (SE) |
| Ristorante | ≤ 0,6 s | SS 25268 (SE) |
| Mensa aziendale | ≤ 0,6 s | SS 25268 (SE) |
| Ufficio privato | ≤ 0,6 s | SS 25268 (SE) |
| Ufficio open-space | ≤ 0,5 s | SS 25268 (SE)<br>SFS E249 (FI) |
| Sala riunioni | ≤ 0,7 s | SFS E249 (FI) |
| Piscina | ≤ 2,0 s | BB 96 (UK) |