

**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI NAPOLI FEDERICO II**



Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Corso di Laurea in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE

Tesi di laurea in Fisica Tecnica

**TECNICHE DI AURALIZZAZIONE PER LA VERIFICA
SOGGETTIVA DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO**

Relatore
DOTT.ING.
RAFFAELE DRAGONETTI

Candidato
LUIGI LIBERTINI
MATR. N49/133

Correlatore
Ing. Sabato Di Filippo

Anno accademico 2012/2013

Da una definizione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità "la salute è uno stato fisico, mentale e psichico di completo benessere e non una mera assenza di malattie e infermità". Evidentemente di ampio respiro, la descrizione del concetto di salute abbraccia l'idea di benessere e, dunque, anche il disturbo causato dal rumore, come la difficoltà di comunicazione orale o l'abbassamento della concentrazione, è da considerarsi un "problema di salute". Dai risultati di un studio dell'OMS del 1992 è emerso che, in termini strettamente medici, l'eccessivo rumore ambientale genera i seguenti effetti psico-fisici: irritabilità, disturbi del sonno, stress con ricadute sul sistema cardiovascolare e psico-fisiologico, riduzione della produttività e delle prestazioni fisiche, mutazioni nel comportamento ed infine danni al sistema uditivo.

Ad oggi, molte nazioni si sono occupate di regolamentare il rumore ambientale intervenendo sulle sorgenti principali, escludendo però il rumore prodotto dal vicinato. Non che esso sia trascurabile, anzi, ma la lacuna normativa è molto probabilmente dovuta ad una mancanza di metodi per misurarlo, definirlo e, soprattutto, controllarlo efficacemente e a costi contenuti. La questione non è da sottovalutare, se si considerano i rischi per la salute dei cittadini. Solo in Europa, circa il 40% della popolazione è esposto di giorno ad un livello di rumore generato dal traffico veicolare pari ad almeno 55 dBA di pressione sonora equivalente ($dB LA_{eq}$), valore questo sufficiente ad arrecare danno. Considerando gli attuali livelli di traffico, almeno metà degli abitanti vive in zone ove la suddetta soglia è superata di giorno ed almeno il 30% in aree dove la stessa soglia è superata anche di notte con pesanti ricadute sul riposo.

Una delle necessità fondamentali è rendere l'edificio, in cui si dimora o si lavora, sufficientemente isolato dal rumore sia esterno che da quello interno proveniente da unità abitative contigue.

In Italia la normativa di riferimento, che regola i requisiti minimi di isolamento, è il **D.P.C.M. 5/12/97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"** il quale, in modo sommario e poco dettagliato, definisce i requisiti acustici degli edifici in base alla loro destinazione d'uso. Ad esempio, per l'isolamento acustico essa dispone che l' "indice di valutazione" R'_w deve essere sempre maggiore dei valori riportati nella tabella sottostante in relazione alla destinazione d'uso del locale.

Limiti minimi da rispettare per il potere fonoisolante dei divisori

Destinazione d'uso	R'_w minimo [dB]
Edifici adibiti a residenza, alberghi, pensioni ed attività assimilabili o assimilabili	50
Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili	50
Ospedali, cliniche, case di cura ed assimilabili	55
Edifici adibiti ad uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili	50

Ad oggi, a causa di numerosi contenziosi tra privati e/o costruttori, cessati solo con la **Legge 4 giugno 2010, n.96 (recepimento Legge Comunitaria 2009)**, il **D.P.C.M. 5/12/97**, non è di fatto applicabile tra costruttori-venditori e acquirenti e si è in attesa di un nuovo decreto che tuteli i diritti del cittadino verso un cattivo isolamento acustico.

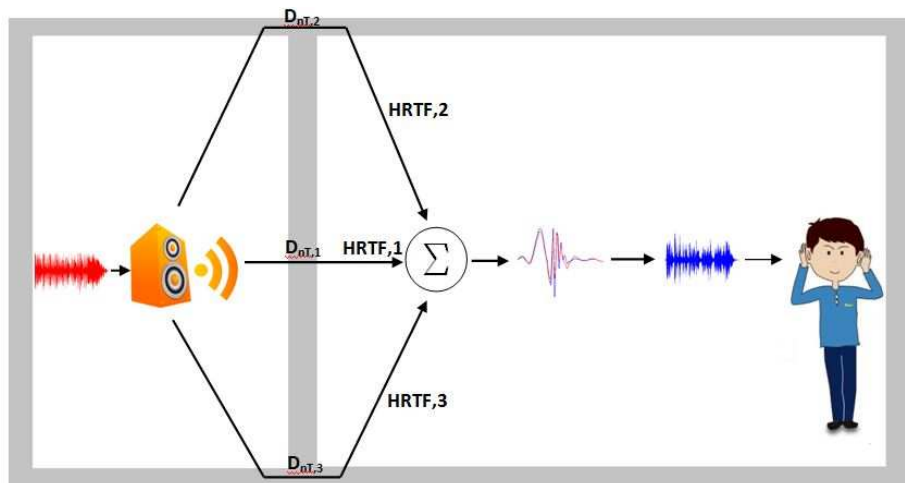
Inoltre, alla base della scelta di questi valori, diversamente da come si potrebbe essere portati a pensare, non vi è alcun criterio che tenga conto del clima acustico in cui è calato l'edificio, ovvero il limite va rispettato sia quando l'edificio è sito in un luogo silenzioso, sia quando esso è ubicato accanto ad una strada molto rumorosa. In un caso o nell'altro il limite imposto dal decreto è inadeguato sia per eccesso che per difetto. Negli anni si è riscontrato che, pur rispettando i limiti, non vi è alcuna garanzia sul benessere acustico riscontrabile nella propria abitazione. In merito, da uno studio sulla risposta soggettiva delle prestazioni acustiche di alcuni divisori, in funzione del segnale sonoro che veniva trasmesso da un ambiente sorgente ad uno ricevente, è emerso che tali valori non sempre soddisfano "un buon isolamento".

Rumore disturbante	Risposta soggettiva al rumore dei vicini		
	$R'_w = 47 \text{ dB}$	$R'_w = 52 \text{ dB}$	$R'_w = 57 \text{ dB}$
voce gridata $L_{1,2} = 78 \text{ dBA}$	molto comprensibile	comprensibile	solitamente incomprensibile
voce alta $L_{1,2} = 78 \text{ dBA}$	solitamente comprensibile	solitamente incomprensibile	incomprensibile
voce alta $L_{1,2} = 66 \text{ dBA}$	solitamente incomprensibile	incomprensibile	non udibile
Musica, radio, tv, feste $L_{1,2} = 78 \text{ dBA}$	chiaramente udibile	chiaramente udibile	appena udibile

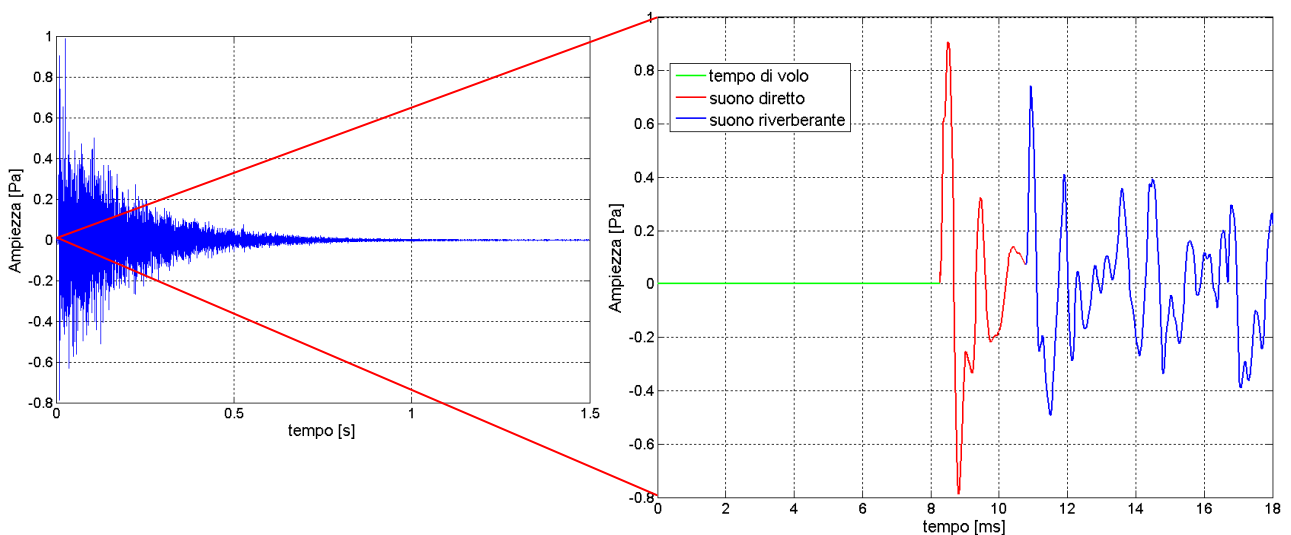
In attesa di ulteriori sviluppi normativi e sulla base delle considerazioni espone nella tabella, ci proponiamo, in questo lavoro, di offrire un algoritmo capace di rendere, attraverso una esperienza uditiva, l'effetto che si ottiene modificando la capacità fonoisolante di una parete divisoria. In tale algoritmo si è fatto uso della tecnica dell'auralizzazione, molto utilizzata nel campo dell'acustica perché permette di prevedere il comportamento di un qualsiasi sistema acustico, come ad esempio un sala da concerto o una barriera acustica, prima che venga costruito.

Recentemente, a seguito di alcuni studi di Vorländer, è stato possibile estendere questa tecnica anche nell'ambito dell'isolamento acustico. Grazie a questi sviluppi, possiamo rispondere alle esigenze di chi, pur non essendo esperto del settore, per ottenere un migliore comfort acustico, si trova a scegliere un materiale fonoisolante. In particolare in questo lavoro è stato preso in considerazione il problema dell'auralizzazione di un divisorio verticale.

I passaggi principali possono essere sostanzialmente divisi in due parti: la prima consiste nella costruzione di un filtro digitale che tenga in conto il solo campo diretto, ossia assimiliamo l'ambiente ricevente ad una camera anecoica. In questa fase vengono presi in considerazione tutti i possibili cammini che il suono deve compiere dall'ambiente sorgente a quello ricevente ($D_{nT,i}$). Inoltre, tramite apposite funzioni di trasferimento chiamate "Head Related Transfer Function" (HRTF), è possibile simulare l'esperienza di ascolto binaurale.



La seconda, invece, riguarda il campo riverberante e tiene conto delle caratteristiche assorbenti dell'ambiente ricevente che possono essere studiate a partire dalla risposta all'impulso misurata o calcolata nel punto di ascolto.



L'algoritmo di auralizzazione, sviluppato in questo lavoro, è stato applicato ad un caso reale, ovvero una stanza in cui abbiamo opportunamente modificato le caratteristiche fonoassorbenti.



Da test di ascolto mediante cuffia audiometrica, somministrati a soggetti già addestrati, l'esperienza uditiva risultante si è dimostrata abbastanza rispondente al vero, ma ulteriori sviluppi sono necessari per il conseguimento di risultati validi per la generalità dei casi. Inoltre, sulla scia di quanto esposto in questa tesi, auspichiamo che, al fine di affrontare il problema del rumore negli ambienti abitativi nella sua interezza, ulteriori approfondimenti siano eseguiti in merito all'isolamento acustico di facciata e all'isolamento dal rumore da calpestio.