

Relazione Acustica Progetto Istituto Cavalieri

Nel presente documento vengono raccolte le considerazioni relative all'intervento eseguito nell'aula assegnata alla classe 3E per l'anno scolastico 2014/2015 presso l'istituto Cavalieri (Via Anco Marzio,9 – Via Ariberto,12/14). Il tutto con l'intento di replicare il modello progettuale ed ottenere degli spazi didattici acusticamente corretti e confortevoli per l'insegnamento e apprendimento.

La valutazione è stata effettuata attraverso la raccolta di dati di differente natura:

- dalle Risposte all'Impulso è stato possibile ricavare numerosi parametri fondamentali, tra cui il tempo di riverberazione (TR), il tempo di primo decadimento (EDT), la chiarezza ($C50$) e la definizione (D);
- dalle misure di Pressione Sonora di breve periodo è stato valutato il rinforzo (G) dell'ambiente attraverso l'utilizzo di una sorgente dodecaedrica;
- dalle misure di Pressione Sonora di lungo periodo è stata suggerita una considerazione in termini di benefici soggettivi percepiti dalla classe.

L'ambiente scelto per l'intervento di bonifica è un'aula scolastica di grandi dimensioni (3.7 x 6.5 x 10.4 m) posto all'ultimo piano dell'edificio principale.

In un ambiente come quello in esame, l'intervento principale da effettuarsi per la riduzione delle riverberazione e certamente la posa di un controsoffitto piano.

Nella posa nell'ambiente prescelto, l'intercapedine realizzata rispetto al solaio soprastante è pari a 400 mm.

Al suo interno sono stati inseriti i pannelli per la correzione delle basse frequenze.

Infine, sulla parete di fondo sono stati posizionati sedici pannelli quadrati (lato 60 mm) a creare un quadrato di lato 240 mm.

Per quantificare il cosiddetto rinforzo (G), che verrà presentato nel seguito, è necessario valutare il livello di pressione sonora all'interno dell'ambiente a partire dal segnale emesso da una sorgente dodecaedrica .

Tale segnale è stato un rumore rosa, che ha quindi le caratteristiche di essere egualmente energetico per ogni banda di frequenza considerata.

Per la corretta esecuzione di tali rilievi è di fondamentale importanza che le impostazioni sull'amplificatore rimangano invariate durante le sessioni successive.

Per questo motivo è stata presa nota di tali impostazioni per garantirne la riproducibilità durante le misure che hanno seguito la bonifica.

Il livello di pressione è stato così misurato attraverso l'utilizzo di un fonometro integratore di classe 1 con rilievi della durata di circa una ventina di secondi per ciascuna combinazione sorgente-ricevitore.

Infine, per valutare il cosiddetto effetto Lombard è stata raccolta sempre attraverso il fonometro calibrato, una misura della pressione sonora dei livelli presenti nell'aula nelle normali condizioni di utilizzo, quindi in presenza degli studenti e durante una normale lezione frontale condotta dall'insegnante.

In questo caso, per non influenzare il comportamento soggettivo che si vuole valutare, lo strumento di misura è stato preventivamente nascosto prima dell'inizio del monitoraggio.

Il tempo di riverberazione (di seguito TR) è certamente uno dei principali parametri per la valutazione oggettiva della qualità interna degli ambienti. Esso valuta il tempo di decadimento della cosiddetta coda sonora e viene rilevato a partire da segnali di test differenti.

Per il caso in esame, valutate anche le dimensioni del locale, è stato scelto di utilizzare la tecnica del segnale impulsivo realizzato attraverso lo scoppio di palloncini dal diametro sufficientemente grande (circa 30 cm).

Una caratteristica importante di questo parametro, introdotto nel secolo scorso da C. W. Sabine, è quella di non dipendere dalla reciproca

posizione sorgente-ricevitore. Esso infatti, anche se ricavato dalle risposte all'impulso, viene poi mediato nello spazio e rimanda un insieme di

valori globalmente validi per l'intero ambiente analizzato.

Dal punto di vista legislativo esistono due riferimenti principali per quanto riguarda la riverberazione nelle aule scolastiche: la Circolare Ministeriale n. 3150 del 22/05/1967 ($TR \leq 1.2$ s) e il Decreto Ministeriale 18/12/1975. In quest'ultimo in particolare, si determina il TR massimo ammissibile in funzione del volume dell'ambiente e della banda d'ottava nel campo delle frequenze.

Esistono poi altri riferimenti tra cui la norma UNI 11367/2010 e la norma UNI 11532/2014 nelle quali è possibile ritrovare alcuni valori limite in funzione del volume o dell'utilizzo dell'aula.

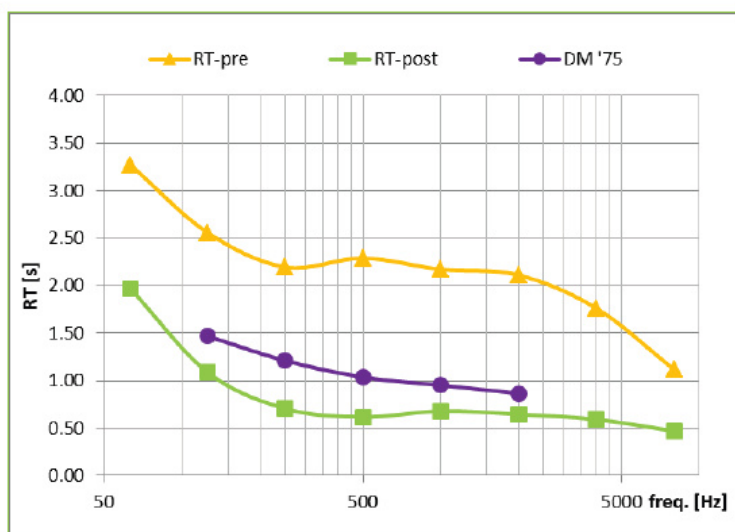


Figura 8 - Confronto tra il TR medio pre- e post-bonifica

Sempre in riferimento alla riverberazione, un altro parametro di rilievo è il cosiddetto *tempo di primo decadimento* (nel seguito EDT), perché a livello sperimentale è stato dimostrato che a livello percettivo esso è molto più affine alla sensazione umana rispetto al TR.

I valori di riferimento possono essere ritenuti i medesimi già introdotti per il TR, o comunque al di sotto del secondo per ambienti destinati alla comprensione della parola.

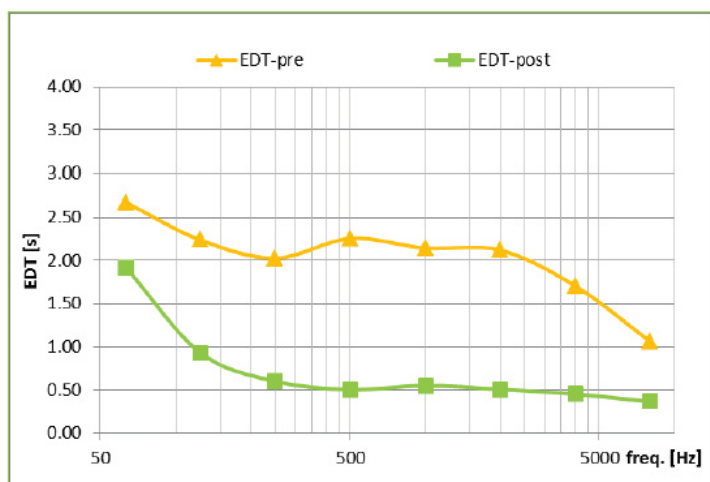


Figura 9 - Confronto tra EDT pre/post

La chiarezza (nel seguito C50) esprime il rapporto tra l'energia sonora nei primi istanti (50 ms) e quella contenuta in tutti gli istanti successivi.

Tale valore è espresso sotto forma di logaritmo e quindi si misura in decibel.

Nella già citata UNI 11367/2010 all'interno dell'Appendice C, vengono proposti i valori di riferimento per tale indice (C50 ≥ 0 dB per ambienti adibiti al parlato).

La definizione (D) è molto simile al precedente parametro, ma valuta il rapporto tra l'energia sonora tra i primi 50 ms e l'intero intervallo di tempo, anziché solo i successivi istanti, oltre ad essere espressa in forma di percentuale, anziché come logaritmo.

Per tale parametro si assume da letteratura un valore minimo pari al 50% per ambienti adibiti alla parola.

Considerando una media spaziale, i valori ricavati dalle diciotto risposte all'impulso forniscono degli andamenti di C50 e D mai soddisfacenti.

In modo del tutto analogo sono stati ricavati i valori di chiarezza e definizione al termine dell'intervento di bonifica. I valori mediati nello spazio sulle diciotto risposte all'impulso.

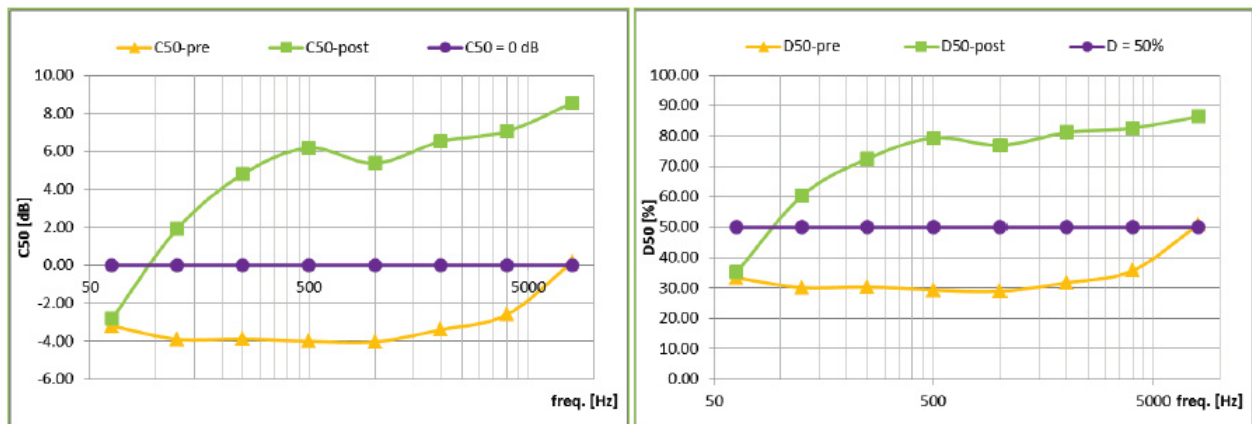


Figura 10 - Valori medi misurati pre/post bonifica: C50 a sinistra e D a destra

La medesima sorgente sonora può produrre effetti estremamente differenti se collocata all'aperto o in uno spazio confinato. Molti studi sulla qualità del suono nelle sale da concerto hanno sottolineato l'importanza dell'intensità con cui si percepisce l'evento sonoro e questo è posto in stretta correlazione con l'indice di robustezza del suono o rinforzo. Dalla definizione fornita anche nella UNI EN ISO 3382 esso esprime un rapporto logaritmico tra la pressione sonora misurata all'interno dell'ambiente in esame, rispetto alla pressione sonora misurata a 10 m in campo libero. Questo parametro rappresenta un effetto di amplificazione della sala.

La valutazione assume importanza nel momento in cui si introduca una quantità rilevante di materiale fonoassorbente, tale per cui potrebbero presentarsi notevoli squilibri tra posizioni lontane e vicine alla sorgente sonora.

In Figura viene riportato il confronto tra la media dei valori di G in frequenza prima e dopo la bonifica per la situazione con sorgente posta in posizione S. È evidente la riduzione di tale parametro a seguito dell'inserimento del materiale fonoassorbente. Da notare però che i valori anche dopo l'intervento sono sempre decisamente elevati e sufficientemente omogenei per le frequenze centrali (500 – 2000 Hz).

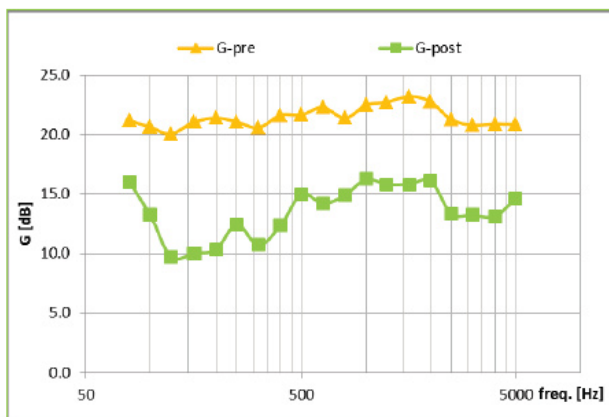


Figura 13 - Andamento medio del rinforzo per le combinazioni con sorgente in S

Dal punto di vista soggettivo è possibile valutare l'influenza dell'intervento di bonifica sul comportamento inconsapevole degli occupanti della classe raccogliendo il livello di pressione sonora per un periodo di tempo sufficiente.

Nel caso in esame sono state valutate le prime due ore di lezione del mercoledì mattina.

Il fonometro è stato posizionato nella medesima posizione durante la sessione pre- e post-bonifica, in particolare è stato nascosto tra le scatole collocate sopra all'armadio in fondo all'aula.

I dati raccolti dal fonometro integratore hanno messo in evidenza una diminuzione di 8.4 dB di LAeq (da 70.2 a 61.8 dB(A)).

Ancora più significativo è poi il confronto tra i percentili L95 che si attesta a 16.8 dB(A) (da 51.3 a 34.5 dB(A)).

Nonostante parte della diminuzione del livello di pressione sia dovuto all'effetto di assorbimento del materiale inserito, dai valori riportati di seguito è possibile quantificare questo contributo passivo.

Per il calcolo unico (non in frequenza) è stato ipotizzato un ambiente di tipo semiriverberante, il valore medio del tempo di riverberazione misurato pre- e post-bonifica e il volume considerando la porzione decurtata dall'inserimento del controsoffitto ad una distanza di 40 cm dal soffitto esistente.

Con queste premesse, a partire dei livelli di pressione misurati prima della bonifica (LAeq = 70.2 dB(A); L95 = 51.3 dB(A)), è stato calcolato il

valore che avrebbe assunto il livello di pressione per il contributo passivo dell'inserimento di materiale fonoassorbente (LAeq = 66.2 dB(A); L95 = 47.3 dB(A)).

Rispetto ai rilievi raccolti durante la sessione post-bonifica quindi ($L_{Aeq} = 61.8 \text{ dB(A)}$; $L_{95} = 34.5 \text{ dB(A)}$), il miglioramento che non può essere attribuito passivamente al materiale è di circa 4 dB nel caso di livello equivalente e di oltre 10 dB considerando il 95-esimo percentile.

E' plausibile dunque assumere che l'inserimento del materiale fonoassorbente e il conseguente miglioramento della qualità acustica interna dell'aula in esame abbia indotto anche un comportamento meno rumoroso degli occupanti dell'aula stessa.

	misura	teorico		
	PRE	POST		
V [m ³]	250.12	223.08	POST	
TR [s]	2.18	0.85		
R [m ²]	19.88	50.99	misura	delta
L_{Aeq} [dB(A)]	70.2	66.2	61.8	4.4
L₉₅ [dB(A)]	51.3	47.3	34.5	12.8