

LA QUALITÀ ACUSTICA IN AMBIENTI SCOLASTICI SECONDO LA UNI 11532-2:2020

PARTE III MISURE POST-OPERAM

di

* Dario D'Orazio, Giulia Fratoni, Domenico De Salvo

1. INTRODUZIONE

Il presente contributo è la terza parte della serie che riguarda la qualità acustica in ambienti scolastici secondo la UNI 11532-2:2020 e segue i precedenti “criteri generali e controllo della riverberazione in condizione di ambiente occupato” e “la distribuzione spaziale dell’energia sonora”. Se nei precedenti la trattazione ha riguardato le ragioni della norma e le modalità di validazione previsionali della norma in oggetto, questa parte descrive un esempio di realizzazione esecutiva, incluse le misure di collaudo post-operam.

2. APPROCCIO PROGETTUALE E REALIZZAZIONE ESECUTIVA

Il caso studio è rappresentato da un’aula universitaria oggetto di una ristrutturazione completa. Con un volume di circa 1200 m³ è da considerarsi, come indicato dalla UNI 11532-2:2020, un’aula di grandi dimensioni (> 250 m³). Può ospitare N=260 studenti ed ha sedute in legno disposte a gradoni

Come già analizzato nel primo articolo di questa serie, la progettazione dell’acustica di un’aula scolastica parte dal controllo della riverberazione in condizioni occupate, valutando un’occupazione dell’80% della capienza massima. Si è quindi ricavato il tempo ottimale in base al volume dell’ambiente e alla destinazione d’uso (categoria A3 della norma UNI 11532-2:2020). In funzione di tale valore ottimale di tempo di è stato individuato un intervallo di valori di riverberazione all’interno di cui far cadere sia la valu-

tazione previsionale che la verifica post-operam. Considerando che l’assorbimento delle persone è significativo alle frequenze medio-alte, nel caso in oggetto il controsoffitto diventa la superficie più importante per concentrare l’assorbimento alle frequenze più basse. Per questo motivo sono stati alternati all’interno del controsoffitto elementi in cartongesso forato, alternati a isole di moduli di cartongesso non forato (vedi figure seguenti).

Questa soluzione, o meglio la presenza di discontinuità di impedenza acustica data dall’alternarsi dei materiali, ha l’effetto di incrementare la diffusività del campo sonoro. L’aumento della diffusività del campo ha influenza su una corretta intelligibilità del parlato, e inoltre permette di realizzare le condizioni teoriche per le quali i valori di tempo di riverberazione calcolati con i modelli previsionali possono convergere sulle misure in opera

Il trattamento del controsoffitto con materiale fonoassorbente è di circa il 60% della sua superficie totale. Questa percentuale è distribuita in maniera diffusa e non concentrata in alcune zone seguendo le linee guida della UNI già citate nel precedente contributo. Il corretto posizionamento e l’alternanza di parti assorbenti e riflettenti aiutano infine a limitare le riflessioni cosiddette dannose per l’intelligibilità del parlato e a enfatizzare quelle utili.

In un’aula di queste dimensioni, inoltre, è necessaria la presenza di un impianto di amplificazione, il cui progetto e verifica saranno eventualmente oggetto di una trattazione futura.



Fig. 1: Vista interna dell'aula universitaria oggetto di studio del presente contributo.



Fig. 2: Pianta del controsoffitto modulare. Le fasce grigie indicano i moduli trattati con materiale fonoassorbente mentre le restanti zone bianche indicano i moduli riflettenti non trattati.

3. CARATTERIZZAZIONE ACUSTICA DELL'AULA

La caratterizzazione acustica post-operam delle aule scolastiche, come descritto dalla UNI 11532-2:2020, è rimandata alle norme della serie UNI EN ISO 3382. Le misure sono state eseguite in condizioni di aula arredata e non occupata secondo il metodo "precision", più in dettaglio sono state disposte 2 posizioni sorgenti e 12 posizioni microfoniche. Le sorgenti sono state posizionate in corrispondenza

della cattedra, una al centro come indicato dalla UNI 11532-2, l'altra al suo fianco per prendere in considerazione un ulteriore uso comune dell'aula, cioè l'insegnante in piedi di fianco la cattedra. Le posizioni riceventi sono state disposte omogeneamente in tutta l'area predisposta per gli studenti. La sorgente utilizzata per condurre le misure è rappresentata da un dodecaedro calibrato mediante ISO 3741 (caratterizzazione del livello di potenza sonora in camera riverberante).

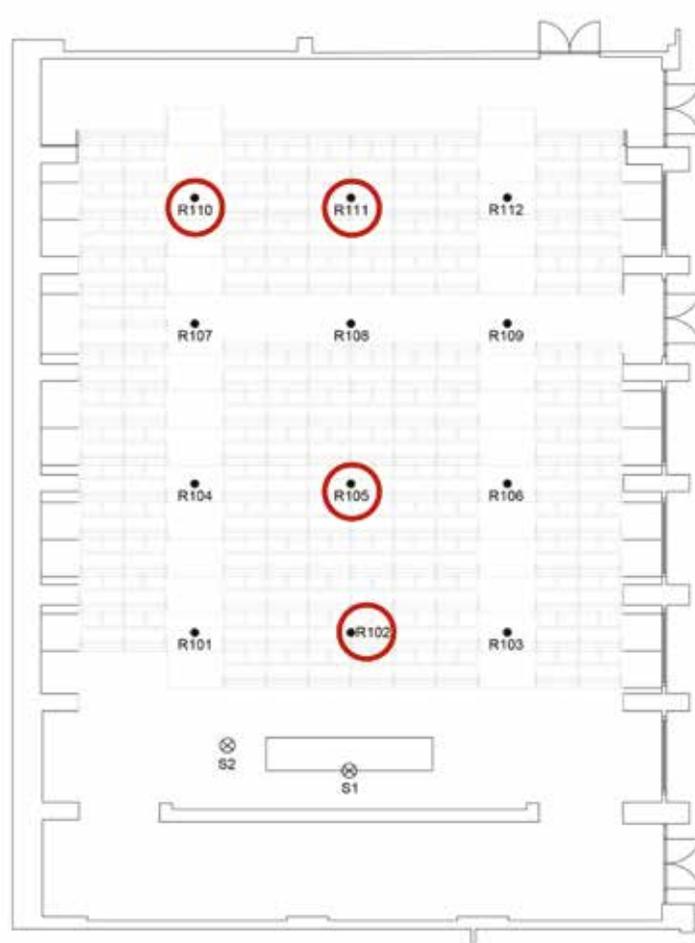


Fig. 3: *Disposizione delle coppie sorgente – ricevitore.*
I 4 ricevitori cerchiati in rosso corrispondono alle posizioni previste dalla UNI 11532-2.

In ogni posizione microfonica è stata acquisita una risposta all’impulso monoaurale utilizzando un segnale di tipo Exponential Sine Sweep. Successivamente sono state elaborate in post-processing con il metodo della “backward integration” per ottenere i

tempi di riverberazione T_{30} . I risultati dei tempi di riverberazione, mediati su tutte le posizioni e su entrambe le sorgenti, sono presentati in funzione della frequenza in bande d’ottava in figura 4.

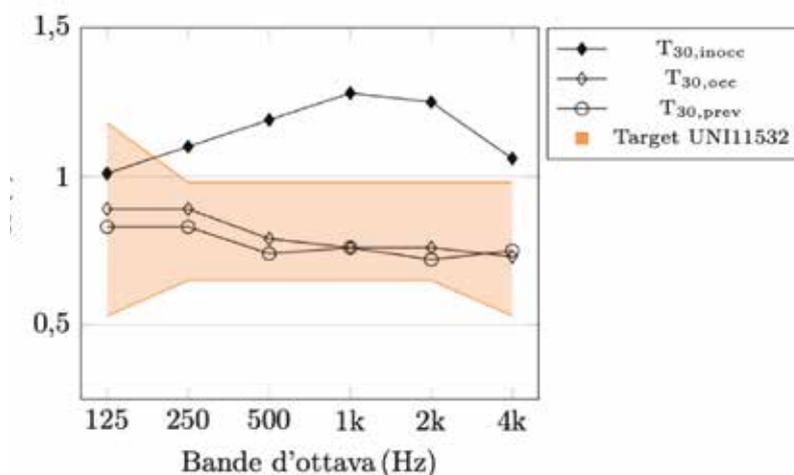


Fig. 4: Tempo di riverberazione T_{30} misurato in funzione della frequenza in bande di ottava.

I rombi neri indicano il tempo di riverberazione in aula non occupata, contrassegnato dal pedice “inocc”, mentre i rombi bianchi in condizioni di aula occupata all’80% della sua capienza massima, contrassegnato dal pedice “occ”. I cerchi invece indicano il tempo di riverberazione previsto in fase progettuale.

I valori sono mediati su tutte le coppie sorgente-ricevitore. L’area colorata rappresenta i valori ottimali secondo UNI 11532-2.

Il grafico riportato mostra come l’aula, a seguito dell’intervento di ristrutturazione e ad una progettazione accurata, riesca ad avere una riverberazione bilanciata.

Questa caratteristica è la condizione base per avere un ambiente che riduce fortemente lo sforzo vocale dell’insegnante e lo sforzo di atten-

zione da parte degli studenti mantenendo un elevato livello di comfort per condurre al meglio la didattica.

4. ULTERIORI CONSIDERAZIONI

Nel precedente contributo è stata introdotta l’importanza della distribuzione spaziale dell’energia sonora.

È fondamentale, infatti, che i livelli di comfort siano ottenuti in tutto lo spazio e non solo in determinate posizioni. A tal proposito, sono stati analizzati i parametri di intelligibilità e di distribuzione dell’energia sonora in funzione della distanza sorgente – ricevitore. Quest’ultima è stata valutata mediante analisi del descrittore Sound Strength G (ISO 3382-1). Di seguito si riportano i grafici.

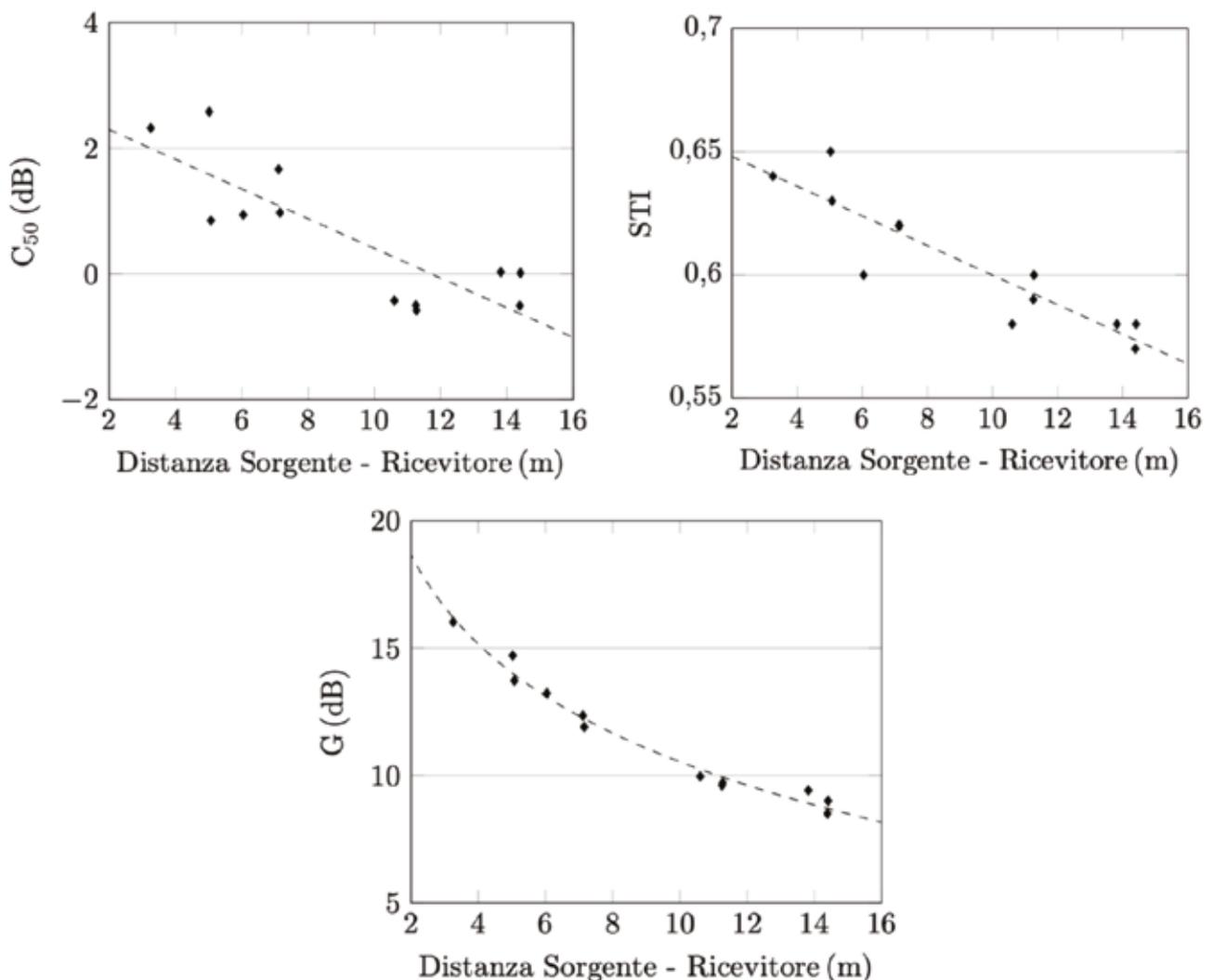


Fig. 5: Chiarezza C_{50} , Speech Transmission Index STI e Sound Strength G in funzione della distanza sorgente – ricevitore. Le linee tratteggiate rappresentano le tendenze dei parametri misurati.

Pur nella condizione ottimale di riverberazione ottenuta in fase progettuale e anche in fase post-operam, l'andamento del parametro G , esprimibile come il contributo di amplificazione dato dalle pareti dell'aula, decresce con la distanza.

Dunque, si deduce che la divergenza geometrica influenza molto l'acustica di aule così grandi. Allo stesso modo, pur mantenendo valori molto alti, i parametri di intelligibilità C50 e STI decrescono con la distanza.

Questo pone in prima linea la necessità di introdurre in fase progettuale la presenza di un impianto di amplificazione nell'aula. La sua progettazione sarà oggetto dei prossimi contributi.

5. CONCLUSIONI

Nel presente contributo sono riassunte le scelte esecutive per la realizzazione di un controsoffitto in un'aula universitaria di grandi dimensioni, già progettata in un precedente contributo apparso nel n. 72 della rivista (parte I dei tre contributi). In ragione dell'assorbimento acustico degli occupanti (il cui peso aumenta al crescere della frequenza), l'intervento acustico nel controsoffitto è stato realizzato con materiali non fibrosi e dalle caratteristiche risonanti, il cui assorbimento è concentrato nella regione

medio-grave dello spettro (intorno alla banda di ottava dei 250 Hz). Sono state previste isole di materiali alternati (cartongesso forato e liscio) in modo da incrementare la diffusione all'interno dell'ambiente.

Sono riportate inoltre le metodologie e i risultati della verifica strumentale dei descrittori acustici previsti dalla UNI 11532-2:2020. La scelta progettuale sul controsoffitto garantisce adeguate condizioni di diffusione. Questo, unito a una scelta dei materiali che si è rivelata efficace, permette di ottenere un'ottima corrispondenza tra i valori previsionali e i valori di collaudo.

È stato infine verificato sperimentalmente il decadimento spaziale dell'energia sonora in un ambiente didattico, come introdotto teoricamente nel n. 74 (parte II dei tre contributi).

Il decadimento spaziale dell'energia corrisponde a un decremento, all'aumentare della distanza sorgente-ricevitore, dei valori di chiarezza e di STI. In ogni caso i valori si mantengono sopra il limite normativo anche nelle situazioni peggiori. ■

** Dario D'Orazio,
Giulia Fratoni,
Domenico De Salvo,
Università di Bologna.*