

Il 42° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica è stato organizzato a Firenze, 16 e 17 Luglio 2015, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Firenze (DIEF).

I temi congressuali riguardano l'acustica fisica, ambientale, edilizia, architettonica, musicale, psicologica e fisiologica, i problemi del rumore e delle vibrazioni negli ambienti di vita e di lavoro, la fonetica ed il trattamento del segnale vocale.

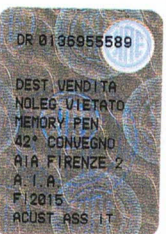
#### COMITATO ORGANIZZATORE

Carlo Baistrocchi, Stefano Baldini, Francesco Borchì, Lucia Busa, Monica Carfagni, Gianfranco Cellai, Dorianò Giannelli, Lapò Governi, Gaetano Licitra, Sergio Luzzi, Arnaldo Melloni, Fabio Miniati, Elisa Nannipieri, Carlotta Passerini, Luciano Rocco, Simone Secchi

#### COMITATO SCIENTIFICO

Arianna Astolfi, Luca Barbaresi, Francesco Borchì, Giovanni Brambilla, Monica Carfagni, Eleonora Carletti, Gianfranco Cellai, Mario Cognini, Antonino Di Bella, Patrizio Fausti, Jacopo Fogola, Massimo Garai, Gaetano Licitra, Sergio Luzzi, Luigi Maffei, Massimiliano Masullo, Pietro Nataletti, Francesca Pedrielli, Alessandro Peretti, Andrea Poggi, Roberto Pompoli, Luciano Rocco, Simone Secchi, Renato Spagnolo, Andrea Tombolato

ISBN: 978-88-88942-50-6



42° CONVEGNO NAZIONALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI ACUSTICA



42° CONVEGNO NAZIONALE  
DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI  
**ACUSTICA**  
FIRENZE 2015

16&17  
LUGLIO  
2015

# 42° CONVEGNO NAZIONALE DELL'ASSOCIAZIONE ITALIANA DI ACUSTICA

16 – 17 LUGLIO 2015






FIRENZE

IL 42° CONVEGNO NAZIONALE AIA È STATO ORGANIZZATO A FIRENZE, 16-17 LUGLIO 2015, IN COLLABORAZIONE CON IL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE (DIEF). I TEMI CONGRESSUALI RIGUARDANO L'ACUSTICA FISICA, AMBIENTALE, EDILIZIA, ARCHITETTONICA, MUSICALE, PSICOLOGICA E FISILOGICA, I PROBLEMI DEL RUMORE E DELLE VIBRAZIONI NEGLI AMBIENTI DI VITA E DI LAVORO, LA FONETICA ED IL TRATTAMENTO DEL SEGNALE VOCALE.







## ATTI

### ACUSTICA AMBIENTALE







F. SACCHETTI, L. ARDOINO, E. BARBIERI	<u>CONFRONTO TRA METODOLOGIE DI VALUTAZIONE DEL RUMORE GENERATO DA IMPIANTI EOLICI</u>	
C. BERNARDINI, M. MARINI, R. BACCOLI, A. DI BELLA, C. C. MASTINO	<u>LA VALUTAZIONE PREVISIONALE DI IMPATTO ACUSTICO DEL RUMORE PRODOTTO DALLE TURBINE EOLICHE IN SARDEGNA: ANALISI DELLE PROCEDURE E PRESCRIZIONI LEGISLATIVE REGIONALI APPLICATE IN UN CASO STUDIO</u>	
V. LORI, F. SERPILLI, G. CESINI, R. RICCI	<u>PARCHI EOLICI OFFSHORE: IMPATTO ACUSTICO SULLA VITA MARINA</u>	
R. POLLINI, E. GALBUSERA	<u>VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI RUMORE IN PRESENZA ED ASSENZA DELLA SORGENTE AEROPORTUALE</u>	
L. ROCCO, S. SAURO	<u>RUMORE AEROPORTUALE: COSTI E BENEFICI DEGLI INTERVENTI AL RICEVITORE</u>	
A. RUGGIERO, D. RUSSO	<u>MODELLI PREDITTIVI DEL RUMORE FERROVIARIO DI TRENI AV: CONFRONTO CON DATI SPERIMENTALI</u>	
R. BELLOMINI, F. BACCHIOCCHI, R. BRONZETTI, A. FALCHI, V. GERVASI, M. PAGANELLI	<u>ASSEGNAZIONE DEI FLUSSI DI TRAFFICO NELLE MAPPATURE ACUSTICHE STRATEGICHE DEGLI AGGLOMERATI: PROCEDURE, PROBLEMATICHE E CONSEGUENZE</u>	
C. BARTALUCCI, R. BELLOMINI, F. BORCHI, M. CARFAGNI, L. GOVERNI, S. LUZZI, R. NATALE	<u>SELEZIONE, ANALISI E GESTIONE DELLE "ZONE SILENZIOSE" INDICATE DALLA DIRETTIVA EUROPEA 2002/49/CE – IL CONTRIBUTO DEL PROGETTO QUADMAP A CONFRONTO CON LE PROCEDURE ATTUALMENTE PREVISTE A LIVELLO NAZIONALE</u>	
G. BRERO, C. OLTEAN - DUMBRAVA, M. GARAI, C. RICCIARDI	<u>INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO SOSTENIBILI: IL CASO DELLE BARRIERE ANTIRUMORE</u>	
S. LUZZI, F. BORCHI, M. GORETTI, G. NOCENTINI, A. ALI, M. AMORETTI, G. RICCI	<u>SOLUZIONI TIPO PER LA RIDUZIONE DEL RUMORE EMESSO DALLE MACCHINE ELETTRICHE DELLE SOTTOSTAZIONI DI TRASFORMAZIONE IN ALTA TENSIONE</u>	
F. BORCHI, M. CARFAGNI, L. MARTELLI, A. TURCHI	<u>SISTEMI DI CONTROLLO ATTIVO SU BARRIERA: SIMULAZIONI NUMERICHE NEL DOMINIO DEL TEMPO E DELLA FREQUENZA</u>	
G. CALISTRI, D. CASINI, G. CELLAI, L. MAZZIERI, S. SECCHI	<u>LA PROTEZIONE ACUSTICA DA EVENTI RUMOROSI ATIPICI NEI CENTRI ABITATI</u>	





G. CALISTRI, L. MAZZIERI, G. PECORI, S. BANCHI	<u>INDAGINE PSICOACUSTICA SUL FENOMENO DELLA MOVIDA PISTOIESE</u>	
P. GALAVERNA, M. GIABBANI, S. PADOVANI, G. TRUFFELLI, B. ZILIOITTO	<u>SOFTWARE DI PREVISIONE ACUSTICA IN AMBIENTE AUTOCAD</u>	
C. BAISTROCCHI, L. ROCCO	<u>VALUTAZIONE PREVISIONALE DELLE VIBRAZIONI DAL SOTTO-ATTRAVERSAMENTO DELLA LINEA AV NELLA CITTÀ DI FIRENZE</u>	
J. ALBERTAZZI, D. CARINI, F. MAZZA	<u>MONUMENTI DEL XII SECOLO A RISCHIO DANNEGGIAMENTO PER RIFACIMENTO STRADALE – MONITORAGGIO DELLE VIBRAZIONI SU STRADA MAGGIORE A BOLOGNA</u>	
S. LUZZI, R. SILVAGGIO, S. CURCURUTO	<u>LA COMPONENTE RUMORE E VIBRAZIONI, NELLA VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE E NELLA PROGETTAZIONE DI INFRASTRUTTURE DEI TRASPORTI, ALLA LUCE DELLA NUOVA DIRETTIVA 2014/52/UE</u>	

## ACUSTICA ARCHITETTONICA







G. BERTINI, L. TARABELLA, M. MAGRINI	<u>ESPERIENZE DI SONIFICAZIONE NELLA COMPUTER MUSIC E NELLA RIABILITAZIONE ALL'ISTI -CNR</u>	
G. IANNACE, C. SCANDURRA, E. SCARANO, A. TREMATERRA	<u>L'ACUSTICA DELLE CATAcombe DI VIGNA CASSIA IN SIRACUSA</u>	
A. QUAlIA, F. BETTARELLO, M. CANIATO	<u>QUALIFICAZIONE ACUSTICA DEL TEATRO SOCIALE DI ROVIGO E DEL POLITEAMA DI COMO</u>	
R. BIANUCCI, G. CUSUMANO, G. MAJANDI, B. MANGANO, F. MANGANO	<u>MISURE DI RIVERBERO ALL'INTERNO DI UNA CHIESA; STUDIO PER UNA POSSIBILE BONIFICA</u>	
A. QUAlIA, F. BETTARELLO, M. CANIATO	<u>L'ACUSTICA NEI TEATRI IN CALCESTRUZZO ARMATO DI INIZIO NOVECENTO</u>	
A. RUGGIERO, D. RUSSO	<u>OTTIMIZZAZIONE ACUSTICA DI SALE DA CONCERTO: IL CASO STUDIO DI UNA SCUOLA STATALE</u>	

## ACUSTICA DEI MATERIALI E DEI SISTEMI EDILIZI E DI BONIFICA



R. RICCI	<u>CRITICHE E OSSERVAZIONI NON PERTINENTI AL DPCM 05/12/1997</u>	
A. PLACCI, B. LONGANESI	<u>ANALISI DEL DEPREZZAMENTO DI UN IMMOBILE AFFETTO DA VIZI ACUSTICI</u>	
C. LOLLI, P. GÀBICI	<u>PRESTAZIONI ACUSTICHE DEGLI EDIFICI: VIAGGIO ATTRAVERSO 9 ANNI DI COLLAUDI IN OPERA FRA DATI STATISTICI E CONSIDERAZIONI PRATICHE</u>	
F. SERPILLI, V. LORI, G. CESINI	<u>UTILIZZO DELLA NORMA UNI EN 12354 PARTE 5: PROBLEMI E LIMITI APPLICATIVI</u>	
L. BUSA, D. FORNAI, S. LUZZI, M. RANDAZZO, S. SECCHI	<u>ANALISI DELLE PROPRIETÀ ACUSTICHE DI MATERASSINI IN GOMMA RICICLATA DA PNEUMATICI FUORI USO</u>	
L. BUSA, G. CELLAI, S. SECCHI	<u>L'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA DELLE SCUOLE. RISULTATI SPERIMENTALI E PROPOSTA DI CRITERI DI INTERVENTO</u>	
R. RICCI, P. CAROLI	<u>ACUSTICA EDILIZIA SCOLASTICA: QUADRO NORMATIVO DAGLI ANNI '60 AD OGGI E COERENZA CON LE MISURE IN OPERA</u>	
A. CERNIGLIA, C. ARATARI, I. QUARANTELLI	<u>MATERIALI ASSORBENTI: CONFRONTO TRA LE MISURE ACQUISITE CON IL TUBO DI IMPEDENZA E LE MISURE ESEGUITE CON UNA SONDA MICROFONICA</u>	

F. POMPOLI, J. GRIGUOLO, P. BONFIGLIO	<u>PROGETTAZIONE NUMERICA DI SISTEMI DI INCAPSULAGGIO PER MACCHINE AUTOMATICHE INDUSTRIALI</u>	
M. CANIATO	<u>NUOVO METODO PER LA VALUTAZIONE DEL DISTURBO DA RUMORE IN AMBIENTE ABITATIVO</u>	
A. L. MARROCCHIELLA, C. BALOCCO, C. PASSERINI	<u>METODOLOGIA PER LA RIQUALIFICAZIONE ACUSTICA DEGLI EDIFICI ESISTENTI: DAL CASO DI STUDIO ALLA PROCEDURA DI CALCOLO</u>	
S. CASINI, M. LUNARDI, D. MASCI, C. TORRACCHI, R. ROMANO, S. SECCHI	<u>L'USO DELLA FIBRA DI POLIESTERE RICICLATO PER LA CORREZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI INTERNI</u>	

## METROLOGIA, MISURE ACUSTICHE E STRUMENTAZIONE

A. SCHIAVI, C. GUGLIELMONE, A. PAVONI BELLI, A. PRATO	<u>ACUSTICA APPLICATA: I LABORATORI DELL'INRIM NEL XXI SECOLO</u>	
C. GUGLIELMONE, M. CORALLO	<u>IL CAMPIONE PRIMARIO DI POTENZA SONORA DELL'INRIM</u>	
F. BERTELLINO, E. NATALINI, A. FALCONE	<u>MAPPATURA ACUSTICA DI AREE URBANE TRAMITE RETI DI SENSORI WI-FI LOW-COST</u>	
B. ZILLOTTO, S. CAMPANINI, P. GALAVERNA, M. GIABBANI, S. PADOVANI	<u>SISTEMA PER LA MISURA DI STATISTICAL PASS-BY SECONDO NORMA ISO 11819-1</u>	
D. STANZIAL, F. FIMIANI	<u>CALIBRAZIONE PER CONFRONTO DI UN PROTOTIPO LOW-COST DI SONDA PRESSIONE-VELOCITÀ</u>	
E. TAVAZZI, S. SPAGNOL, F. AVANZINI	<u>DISCRIMINAZIONE DELLA DISTANZA RELATIVA TRA SORGENTI SONORE VIRTUALI</u>	
F. POMPOLI, A. FARNETANI, P. BONFIGLIO, M. AIMO BOOT	<u>SVILUPPO DI UN SISTEMA AVAST (ACOUSTIC VEHICLE ALERTING SYSTEM) PER VEICOLO ELETTRICO COMMERCIALE</u>	
A. FARNETANI, F. POMPOLI, P. BONFIGLIO, M. AIMO BOOT	<u>UTILIZZO DEI TEST PSICOACUSTICI NELLO SVILUPPO DI UN SEGNALE ACUSTICO PER AVAST (ACOUSTIC VEHICLE ALERTING SYSTEM) DI UN VEICOLO ELETTRICO</u>	
G. CAMPOLONGO	<u>LA TOLLERABILITÀ GIUDIZIARIA DELLE IMMISSIONI DI RUMORE: PROPOSTA DEL CRITERIO DELLA TOLLERANZA</u>	
G. CAMPOLONGO	<u>LA FONOMETRIA DINAMICA PER LA VALUTAZIONE DELLE IMMISSIONI ANALOGA ALL'OLFATTOMETRIA DINAMICA</u>	
A. RUATTA, A. SCHIAVI, A. PRATO, F. MAZZOLENI	<u>VALUTAZIONE ATTRAVERSO MISURE SPERIMENTALI DEGLI EFFETTI COMBINATI DI RUMORE E VIBRAZIONE SULL'UOMO</u>	
A. PRATO, A. SCHIAVI, A. PAVONI BELLI	<u>L'EFFETTO «DUST SPRING» SULL' ACCURATEZZA DELLA MISURA IN LABORATORIO DI ISOLAMENTO AL CALPESTIO SU PICCOLI RIVESTIMENTI</u>	
F. CASASSA, A. CASTELLANA, G. E. PUGLISI	<u>CONFRONTO TRA SENSORI A CONTATTO PER IL MONITORAGGIO VOCALE</u>	

## RUMORE E VIBRAZIONI NEI LUOGHI DI LAVORO

P. LENZUNI, L. BERTUZZI	<u>NUOVE METRICHE DI ESPOSIZIONE PROFESSIONALE A RUMORE IMPULSIVO</u>	
A. PERETTI, F. BONOMINI, D. PESSINA, D. GIORDANO, M. GIBIN, C. COLOSIO, N. M. MUCCI, M. NUCCIO, A. PASQUA DI BISCEGLIE	<u>VIBRAZIONI E RUMORE SU TRATTORI AGRICOLI IN CONDIZIONI CONTROLLATE</u>	

C. BAISTROCCHI, R. FERRARA, M. NOCENTINI, R. OCELLO

RUMORE A BORDO DI AUTOBUS SU LINEE URBANE: ESPOSIZIONE E PERCEZIONE DEI CONDUCENTI



A. CASTELLANA, F. CASASSA, G. E. PUGLISI

NUOVI PARAMETRI ACUSTICI UTILI NELLA DIAGNOSTICA E NELLA PREVENZIONE DI PATOLOGIE VOCALI



## SPONSOR

**AESSE AMBIENTE**



 [MATERIALE INFORMATIVO](#)

**AETOLIA VZ**



 [MATERIALE INFORMATIVO](#)

**BSW BERLEBURG - EDILTECO**



 [MATERIALE INFORMATIVO](#)

**BRÜEL & KJÆR ITALIA S.R.L.**



**CELENIT**



 [MATERIALE INFORMATIVO](#)

**KNAUF**



 [MATERIALE INFORMATIVO](#)

**MANIFATTURA MAIANO**



**MARVINACUSTICA**



**PCB PIEZOTRONICS SRL**



 [MATERIALE INFORMATIVO](#)

**SPECTRA SRL**



**SVANTEK**



 [MATERIALE INFORMATIVO](#)

**TOPPETTI**



## **L'USO DELLA FIBRA DI POLIESTERE RICICLATO PER LA CORREZIONE ACUSTICA DEGLI AMBIENTI INTERNI**

Sara Casini (1), Massimiliano Lunardi (1), Donato Masci (2), Cecilia Torracchi (2),  
Rosa Romano (3), Simone Secchi (4)

- 1) Manifattura Maiano S.p.A., Firenze
- 2) Studio Sound Service, Firenze
- 3) Dipartimento DIDA, Università degli Studi di Firenze
- 4) Dipartimento DIEF, Università degli Studi di Firenze

### **1. Introduzione**

Il poliestere è un polimero che viene impiegato per produrre molti degli oggetti usati nella nostra quotidianità, come nell'arredamento e nel vestiario.

Grazie al riciclo di contenitori di plastica post consumo è possibile ottenere, in alternativa al polimero vergine, fibre in PET da utilizzare in mista - in percentuale variabile tra il 70% e l'85% - con una restante parte di fibra bi-componente (poliestere vergine a bassa fusione) per realizzare pannelli dalle ottime qualità acustiche.

Una volta mixate le due materie prime, il processo produttivo in continuo prevede generalmente le fasi di cardatura, termo-coesione in forno a 160°C ~, (a differenza delle lane minerali che hanno un processo di fusione a 1400-1600°C), taglio e confezionamento.

Le fibre di poliestere mantengono inalterate nel tempo le proprie caratteristiche conferendo ai pannelli, se correttamente applicati, una durata assimilabile a quella del ciclo vita di un edificio (~50 anni). Inoltre i pannelli non subiscono variazioni cromatiche, non risentono dell'umidità degli ambienti e sono inattaccabili da microrganismi, muffe e insetti.

La fibra poliestere è un prodotto anallergico che non contiene sostanze nocive per la salute dell'uomo (in special modo particelle volatili dannose per le vie respiratorie).

Per quanto riguarda la classe di reazione al fuoco i pannelli generalmente risultano in Euro-classe B s2, d0 (secondo UNI EN 13501-1).

La facilità di posa, data soprattutto dalla leggerezza dei pannelli e dalla semplicità con cui questi possono essere tagliati in cantiere (non è necessario per gli installatori dotarsi di dispositivi di protezione individuale come mascherine o guanti) hanno contribuito negli ultimi anni ad accrescere la diffusione di questi materiali nell'uso per la correzione acustica degli ambienti interni

## 2. Analisi del Ciclo di Vita

La “valutazione del ciclo vita” (*LCA – Life Cycle Assessment*) è una metodologia regolata dagli standard ISO 14040 che mira a quantificare il carico energetico ed ambientale del ciclo di vita di un prodotto, o di un'attività, attraverso la quantificazione dell'energia, dei materiali usati, delle emissioni (solide, liquide e gassose) rilasciate nell'ambiente, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento dei rifiuti finali. I risultati ottenuti dall'analisi LCA del pannello fonoassorbente in poliestere riciclato evidenziano diversi vantaggi ambientali sintetizzati in figura 1.



Figura 1 – Schema del ciclo vita di un pannello in fibra di poliestere riciclato

In tabella 1 è riportato il risultato della LCA per un pannello in fibra di poliestere di densità 40 kg/m<sup>3</sup>, spessore 40mm, prodotto da Manifattura Maiano S.p.A., e condotto da ERGO S.r.l. (impresa spin off della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa).

Tabella 1 – Risultati di alcune categorie di impatto per un pannello in poliestere denso 40 kg/m<sup>3</sup> e spesso 40mm

Categoria d'impatto	Unità	Totale per R=1m <sup>2</sup> K/W	Totale per 1 kg
Carbon footprint (GWP 100)	kg CO <sub>2</sub> eq	3,119	2,106
Water footprint	m <sup>3</sup> water eq	21,070	14,227
Consumo energetico CED, non rinnovabile	MJ	17,074	22,525
Acidificazione	molc H <sup>+</sup> eq	6,525E-03	4,406E-03

Il grafico di figura 2 mostra la distribuzione percentuale dei consumi di CO<sub>2</sub> suddivisa nelle diverse fasi del ciclo di vita del pannello in fibra di poliestere.

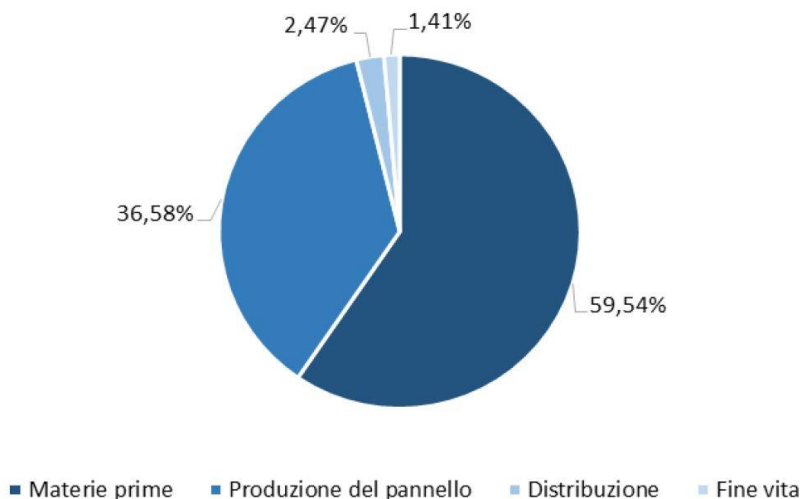


Figura 2 – Incidenza delle diverse fasi LCA di un pannello in poliuretano ottenuto dalla lavorazione di materiale riciclato all’85% per la categoria “cambiamento climatico, GWP 100”

### 3. Studio sperimentale sulla resa acustica di pannelli baffles fonoassorbenti a soffitto

Le prestazioni acustiche dei pannelli in fibra poliuretano sono ampiamente studiate e presentate in numerosi contributi reperibili in letteratura [1, 2, 3].

L’intervento basato sull’applicazione di *baffle* a soffitto è spesso visto come la panacea di tutti i mali da molti installatori; in realtà, la questione è piuttosto delicata, perché il coefficiente di assorbimento di un “pacchetto *baffle*” non ha un valore fissato, ma varia a seconda di molti parametri, primo fra tutti la distanza dalla superficie rigida, ma anche la distanza tra i *baffle* e la loro geometria (oltre che, ovviamente, le proprietà del materiale fonoassorbente).

I sistemi di *baffle* sono spesso usati per ridurre il rumore in aree produttive con elevata umidità e particolari requisiti igienici: la fibra di poliuretano risponde meglio degli altri materiali porosi più comuni a tali esigenze. Il miglioramento rispetto ai sistemi a *cloud* orizzontali è che il poliuretano, in questa configurazione, pur perdendo una piccola quantità di assorbimento ad alta frequenza (dove però il materiale poroso è già di per sé estremamente performante), acquista performance sulle basse frequenze.

Per valutare le prestazioni del sistema, è stato verificato sperimentalmente che la semplice somma dell’area di assorbimento equivalente di un singolo *baffle* sovrastima l’assorbimento del sistema e, quindi, non è corretta.

Per calcolare il coefficiente di assorbimento di una superficie equivalente di soffitto trattata con *baffle* verticali, si può ricorrere ad un metodo teorico [4] che si basa su una costruzione di tipo geometrico, valida in situazioni in cui l’altezza dei *baffle* è dello stesso ordine di grandezza della loro spaziatura. A tale scopo è necessario:

- valutare il coefficiente di assorbimento  $\alpha_B$  del pannello di poliuretano;
- calcolare  $a'$  come rapporto tra distanza tra i *baffle* e loro altezza e calcolare l’energia sonora che passa tra i *baffle*;
- esaminare l’energia sonora che viene dissipata in  $n$  passaggi attraverso i *baffle* (che riflettono o trasmettono il suono);
- considerare l’assorbimento del soffitto,  $\alpha_H$ , sul quale si andrà a porre il sistema *baffle*;



- determinare il coefficiente di assorbimento relativo all'unità di superficie del sistema *baffle* mediante una relazione costituita da una serie numerica con i parametri appena descritti:  $a'$ ,  $\alpha_B$  e  $\alpha_H$ .

Nei grafici di figura 3 si nota la variazione del coefficiente d'assorbimento di un sistema di *baffle* in fibra di poliestere al variare di  $a'$  e inserendo un coefficiente di assorbimento del soffitto, ad esempio, in lamiera grecata con intercapedine di lana minerale.

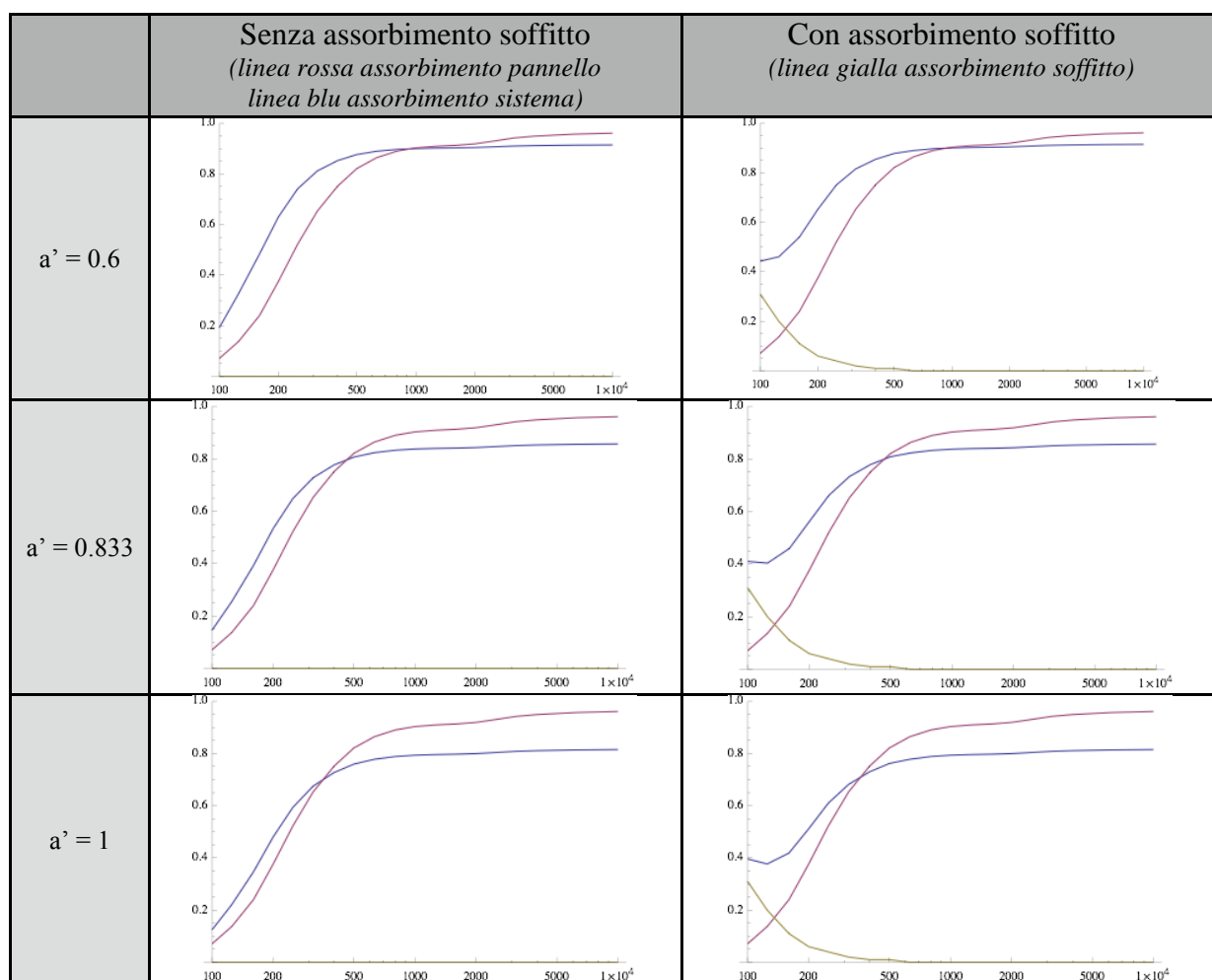


Figura 3 – Variazione del coefficiente di assorbimento di baffles in poliestere

#### 4. L'applicazione di pannelli in fibra poliestere per la correzione acustica di scuole

Spesso intervenire all'interno delle aule di un istituto scolastico significa dover interpretare esigenze primarie come la sicurezza e l'efficienza energetica, prestando particolare attenzione ai parametri di comfort indoor fortemente influenzati dalle caratteristiche di salubrità dei materiali introdotti.

I pannelli in fibra di poliestere offrono una possibile soluzione per intervenire nella riqualificazione acustica ed energetica degli ambienti scolastici poiché, con costi contenuti, offrono ottime prestazioni sia in termini di resistenza termica che di fonoassorbenza.

Dal punto di vista acustico, nelle aule scolastiche non solo è importante garantire il soddisfacimento delle prestazioni che limitano il rumore in eccesso ed il tempo di riverbero, ma anche valutare con attenzione quei parametri che indicano la qualità della trasmissione del suono come la chiarezza e la definizione del parlato; in tal senso, il contenimento delle basse frequenze è fondamentale per migliorare la trasmissione del suono rendendolo neutro e più chiaro possibile.

È da notare, a questo proposito che, pur trattandosi di un trattamento acustico con materiale poroso, e quindi tipicamente più performante a medio-alta frequenza, è possibile ottenere una colorazione tonale del tempo di riverberazione molto neutra; in questo modo, si permette di ottimizzare il comfort acustico di un ambiente in cui si svolgono attività quotidiane che possono influire sulla qualità reale della vita dei bambini e degli insegnanti.

Come noto, ogni tipo di materiale fonoassorbente poroso ha prestazioni particolarmente differenti se montato a distanze diverse dalla superficie rigida (in questo caso le pareti verticali o i soffitti). In particolare, scostando il pannello dal muro o dal soffitto rigido si nota un sostanziale miglioramento alle basse frequenze.

Per valutare questo miglioramento è stato usato il software *SoundFlow* dell'*AFMG*, di cui sono riportati in figura 4 i risultati di assorbimento per 3 tipi di pannelli montati a 200 mm dal soffitto (di densità rispettivamente 40, 50 e 50 kg/m<sup>3</sup> e spessore 100, 60 e 40 mm) al confronto con i risultati per un pannello simile (densità 50 kg/m<sup>3</sup>, spessore 30mm) ma montato a muro.

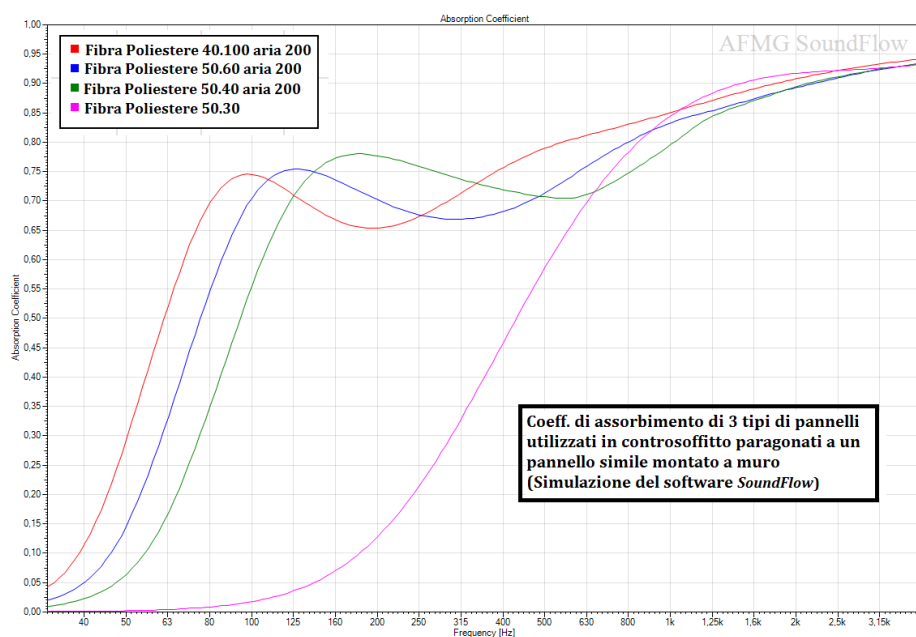


Figura 4 – confronto tra il coefficiente di assorbimento acustico di pannelli montati in aderenza al muro o a distanza di 200 mm da esso

#### 4.1 La correzione acustica dell'istituto tecnico G. Salvemini a Firenze

L'Istituto per Geometri Gaetano Salvemini, nel centro di Firenze, è uno dei più importanti ed antichi complessi didattici della città. La scuola è l'erede dell'Istituto Tecnico Toscano fondato nel 1853 da Leopoldo di Lorena e, tranne che per qualche adeguamento

funzionale e normativo, la dimensione e le caratteristiche delle aule non sono mutate nel tempo.

L'intervento di correzione acustica necessario per abbattere il tempo di riverbero è consistito nel posare in opera dei tiranti in acciaio ai quali appendere, tramite semplici sistemi di ancoraggio, i baffles in fibra di poliestere riciclata.

Questa soluzione, oltre al beneficio acustico apportato, ha permesso di realizzare un intervento non invasivo e reversibile su un edificio dal valore storico e di integrarsi bene con il sistema di illuminazione ed impiantistico delle aule (figura 5).

Le misure acustiche sono state effettuate e comparate, per le varie aule, con le seguenti condizioni: ad aule vuote, con abiti e cartelle presenti ma senza studenti e con abiti e cartelle ed un numero limitato di studenti. Il grafico di figura 6 riporta i valori misurati del tempo di riverberazione ante e post operam nelle diverse configurazioni descritte.



Figura 5 – Applicazione di pannelli in fibra di poliestere riciclato nella modalità “baffles”

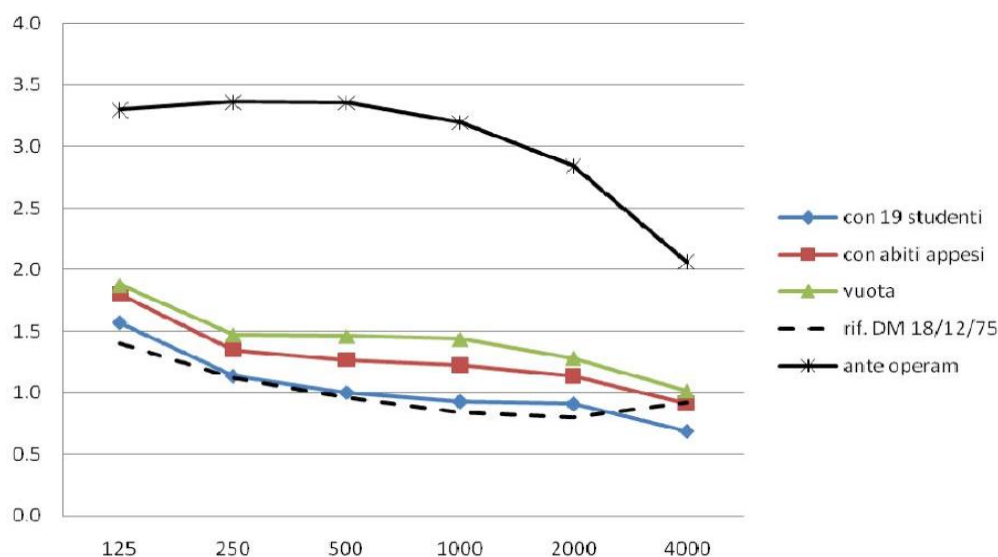


Figura 6 – Grafico del tempo di riverbero di un'aula dell'Istituto Salvemini

#### 4.2 La correzione acustica della scuola media Saltocchio a Lucca

Sviluppato all'interno di un progetto europeo, l'intervento realizzato nel refettorio della Scuola Primaria Pascoli di Saltocchio (LU) utilizzando pannelli in fibra di poliestere riciclato ha garantito un notevole beneficio in termini di miglioramento del clima acustico, consentendo una significativa riduzione dei tempi di riverbero alle varie frequenze. L'edificio può essere considerato rappresentativo di numerose analoghe situazioni di scuole realizzate in Italia intorno agli anni '60. Nello specifico, il progetto è consistito nella posa di pannelli fonoassorbenti in fibra di poliestere di diverso spessore e colore sia a parete che a soffitto (figura 7); sono stati utilizzati pannelli di densità  $50 \text{ kg/m}^3$  con spessore 40 e 60 mm e di densità  $40 \text{ kg/m}^3$  con spessore 100 mm.

Il loro posizionamento e la loro coloritura è stata scelta in funzione della necessità di migliorare anche la percezione cromatica dell'ambiente senza peggiorare l'illuminazione naturale degli interni.

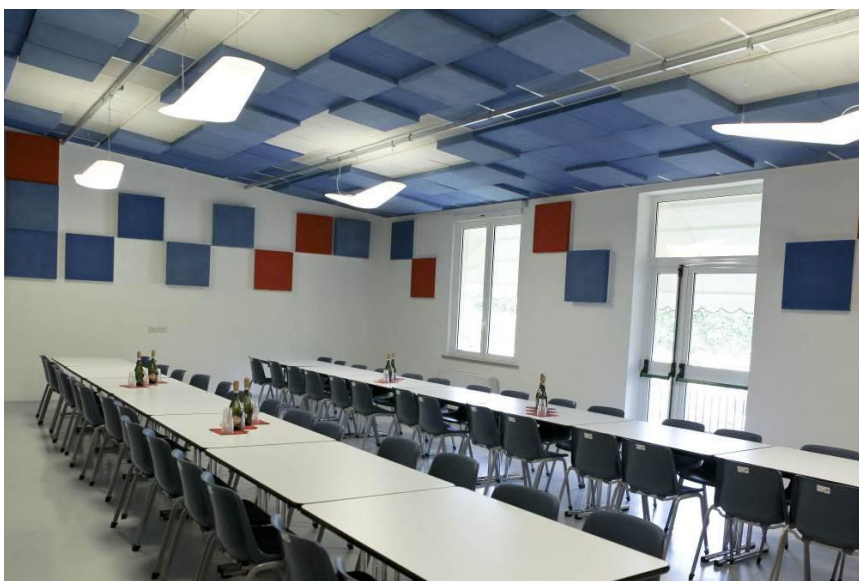


Figura 7 – La mensa della scuola Saltocchio, dopo l'intervento.

Nel grafico di figura 8 sono riportati i valori del tempo di riverberazione in bande di ottava di frequenza misurati prima e dopo l'intervento ed il confronto con i valori limite definiti dal DM 18/12/75.

I pannelli sono montati in questo caso a contatto con un controsoffitto preesistente e quindi a distanza dal solaio di copertura.

Si nota il significativo miglioramento della risposta acustica del locale soprattutto alle basse frequenze del suono.

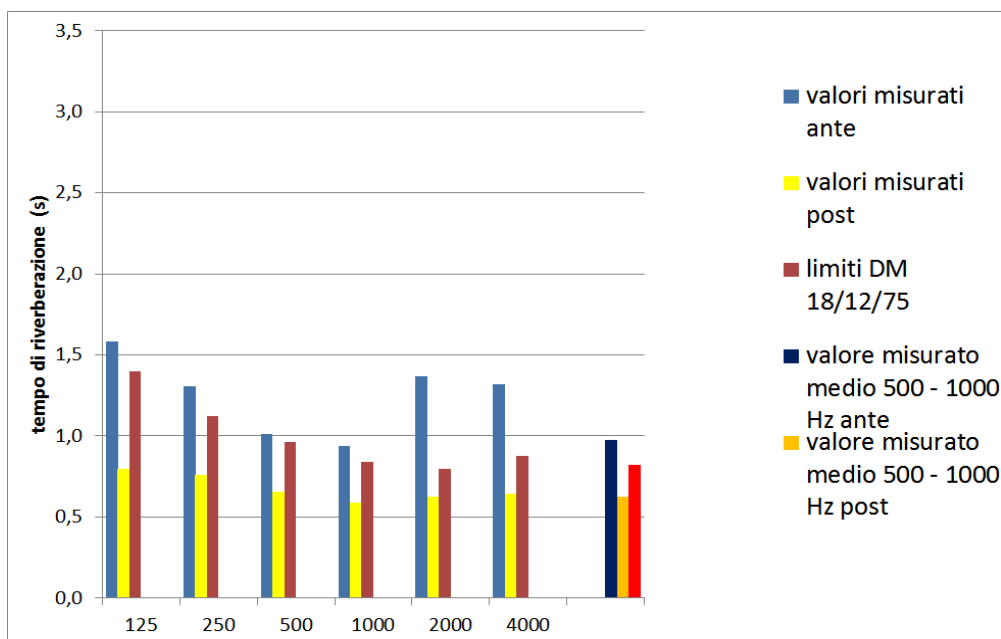


Figura 7 – Grafico comparativo del tempo di riverbero prima e dopo gli interventi di miglioramento acustico nel refettorio della scuola Pascoli di Lucca

## 5. Conclusioni

I risultati delle misurazioni e delle simulazioni effettuate mostrano la possibilità di migliorare significativamente anche alle basse frequenze del suono la qualità acustica di ambienti interni con pannelli in fibra poliestere.

Ciò è possibile adottando particolari criteri di posa dei controsoffitti con configurazione a baffles appesi al soffitto o in orizzontale distanziati dal solaio di copertura.

L'economicità, il basso impatto ambientale, la facilità di posa, la possibilità di essere colorata o rivestita facilmente e le alte prestazioni acustiche fanno della fibra poliestere un materiale particolarmente indicato per la correzione acustica di ambienti interni ed in particolare delle scuole, come mostrano i due casi studio riportati.

## 6. Ringraziamenti

Il progetto di riqualificazione acustica della mensa della scuola Pascoli di Saltocchio (LU) è stato realizzato dal Centro di Ricerca ABITA di Firenze in collaborazione con il Dipartimento DIEF dell'Università di Firenze. Si ringrazia il prof. Gianfranco Cellai per la collaborazione alle misure.

## 7. Bibliografia

- [1] Garai M., Pompoli F., A simple empirical model of polyester fibre materials for acoustical applications, in *Applied Acoustics* 66 (2005) 1383–1398
- [2] Iannace G., Ianniello E., Uno studio sperimentale degli effetti di compressioni concentrate sull'assorbimento acustico di pannelli in fibra poliestere, in *Atti del 36° convegno nazionale AIA, Torino (2009)* 1 - 7
- [3] Barbati C., Lenti M., Ottimizzazione delle caratteristiche acustiche interne degli ambienti mediante pannelli in fibra di poliestere a gradiente di densità calibrato, in *Atti della 2° convention nazionale AIA – GAE, Firenze (2010)* 1 - 10
- [4] Probst W., "Sound Absorption of Baffle Systems", ACCON GmbH (2007) 1 - 11