

## ANALISI SPERIMENTALE E MODELLAZIONE ANALITICA DELL'ASSORBIMENTO ACUSTICO DI PANNELLI FORATI IN SERIE

Francesco Pompoli (1), Paolo Bonfiglio (2), Cristina Marescotti (3)

1) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, francesco.pompoli@unife.it

2) Materiacustica srl, Ferrara, paolo.bonfiglio@materiacustica.it

3) Dipartimento di Ingegneria – Università di Ferrara, Ferrara, cristina.marescotti@unife.it

### SOMMARIO

Nel presente articolo saranno esaminate le prestazioni acustiche di due tipologie di pannelli forati in serie di tipo commerciale e presentato un modello acustico basato sul metodo della matrice di trasferimento per dimensionare il sistema. L'analisi sperimentale ed analitica è stata al momento limitata ad un campo acustico ad incidenza normale alla superficie dei pannelli.

### 1. Introduzione

I sistemi fonoassorbenti realizzati con pannelli forati sono molto diffusi per la correzione acustica di ambienti chiusi; l'obiettivo che spesso si pongono tali sistemi è quello di ottenere un fonoassorbimento quasi costante in un intervallo in frequenza molto esteso, in modo da sfruttare i vantaggi dei sistemi risonanti a bassa frequenza e dei materiali dissipativi ad alta frequenza. I pannelli utilizzati per questo studio sono di tipo commerciale, ma presentano una geometria piuttosto particolare che non è immediato studiare con le classiche formule analitiche; essi sono infatti costituiti da due spessori adiacenti, a foratura differente e da un sottile strato poroso che riveste la parte posteriore del pannello. Solitamente tali pannelli vengono montati con una intercapedine d'aria, nella quale viene inserito materiale fonoassorbente dissipativo.

### 2. Materiali e metodi sperimentali

Sono stati prese in esame due tipologie di pannelli: uno a doppia foratura (piccola sul lato esposto al campo acustico e grande sul lato posteriore), ed uno caratterizzato da fessure sul lato esposto al campo acustico e foratura grande sul lato posteriore (Figura 1). Entrambi i pannelli presentano posteriormente uno strato poroso nero con funzioni estetiche ed acustiche. Dai pannelli commerciali sono stati ricavati campioni circolari con diametro pari a 45 mm per effettuare le misure di assorbimento acustico ad incidenza normale in un tubo ad impedenza. I campioni sono stati montati nel porta-provino con una intercapedine variabile, in alcuni casi riempita di materiale fonoassorbente costituito da lana di vetro. In tabella 1 sono riepilogati i parametri geometrici più importanti dei materiali testati.

Le misure acustiche sono state effettuate con il metodo della funzione di trasferimento utilizzando un segnale *sine-sweep* in un campo di frequenza compreso tra 100 Hz e 4100 Hz.

Sullo strato poroso nero sono state condotte misure di resistenza specifica al flusso d'aria [1] misurando per differenza il campione con e senza strato poroso.

Tabella 1 – Parametri geometrici dei pannelli testati.

	Holes		Slits	
	Fori sup	Fori inf	Fessure sup	Fori inf
s [mm]	4	12	5,5	11
a [mm]	2,2	5,8	2	4,8
$\Phi$ [-]	0,067	0,366	0,113	0,109

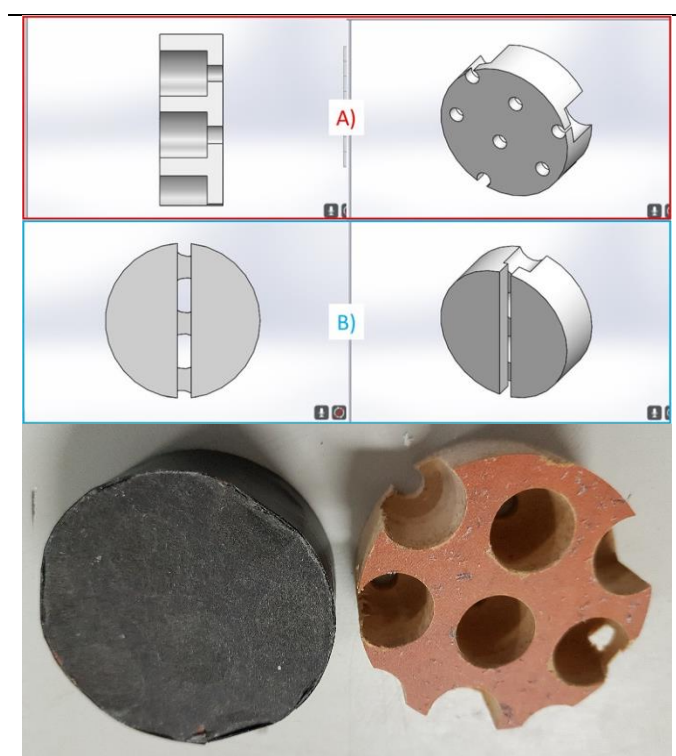


Figura 1 – Geometria dei campioni in prova: A) Holes B) Slits

### 3. Modellazione analitica con metodo delle matrici di trasferimento

Per la modellazione analitica dei sistemi è stato utilizzato il software commerciale *AlphaCell* [2], che adotta il metodo delle matrici di trasferimento e consente l'implementazione di tutti gli strati oggetto dello studio, ed in particolare:

- modello di fluido equivalente con il modello JCA [3][4] per la lana di vetro;
- modello di pannello a fori circolari [5];
- modello di pannello con fessure [5];
- modello di strato resistivo per lo strato nero poroso [5];
- aria o aria dissipativa per l'intercapedine d'aria.

Per la modellazione degli strati forati sono stati utilizzati esclusivamente i parametri geometrici di tabella 1 (rilevati sui campioni da 45 mm), nel caso della lana di vetro sono stati considerati i parametri fisici del modello di JCA ottenuti per inversione numerica a partire dalle misure di assorbimento acustico con la tecnica descritta in [6], per lo strato poroso nero sono state

condotte misure sperimentali di resistenza specifica al flusso d'aria, ma il valore rilevato è stato successivamente incrementato per migliorare la corrispondenza tra simulazioni e misure acustiche sperimentali.

#### 4. Risultati sperimentali e analitici

Nei grafici successivi si riportano a titolo di esempio alcuni confronti tra misure sperimentali e simulazioni analitiche, relativi ai due pannelli montati con due modalità diverse: in un caso (figura 2) una intercapedine di 70 mm riempita di lana di vetro, nell'altro (figura 3) una intercapedine di aria di 100 mm; per ciascun pannello viene evidenziato l'effetto del tessuto poroso nero posteriore, molto influente sulla risposta acustica del sistema.

Come si può notare si trova un'ottima corrispondenza tra le misure sperimentali ed i risultati della modellazione acustica; in entrambi i sistemi la presenza dello strato poroso resistivo cambia completamente la risposta acustica, con una riduzione dell'effetto risonante del pannello forato ed un assorbimento minore ma più omogeneo in frequenza. Risulta pertanto evidente l'importanza della corretta modellazione dello strato poroso, ed in particolare della sua resistenza specifica al flusso d'aria: a fronte di un valore sperimentale misurato pari a 1164 e 3434 Ns/m<sup>3</sup> (Holes e Slits) per la modellazione sono stati utilizzati valori più alti pari a 1600 e 7000 Ns/m<sup>3</sup> (Holes e Slits).

Per quanto riguarda il montaggio con intercapedine riempita con lana di vetro (figura 2) il sistema con fessure (Slits) presenta un fonoassorbimento più ridotto (0,2 fino a 1000 Hz) che cresce poi fino ad una risonanza a circa 3500 Hz; in questa zona il modello tende a sottostimare il picco di risonanza. Il sistema forato (Holes) presenta un assorbimento maggiore (crescente tra 0,2 e 0,6 tra 100 Hz e 1000 Hz) con un picco di risonanza a circa 2000 Hz.

#### 5. Conclusioni

I sistemi forati a doppio strato possono essere efficacemente simulati attraverso il metodo delle matrici di trasferimento, assegnando a ciascun strato forato le caratteristiche geometriche relative alla sua foratura ed utilizzando il relativo modello numerico. Nelle simulazioni non si è evidenziato uno scostamento significativo dovuto a possibili fenomeni non lineari per l'accoppiamento dei due strati a diversa foratura. L'effetto non lineare sembra invece comparire nel sistema a causa della presenza dello strato poroso posteriore, posto a contatto con il secondo pannello forato; in questo caso, come già documentato da alcuni studi [7], si verifica una amplificazione dell'effetto dissipativo dovuto all'incremento di velocità di particella determinato dal restringimento del flusso acustico all'interno dei fori. Per considerare questo effetto, il risultato sperimentale di resistenza specifica al flusso d'aria è stato incrementato notevolmente rispetto ai risultati sperimentali. Lo studio verrà esteso ad un modello agli elementi finiti ed alle prestazioni acustiche di questi pannelli in un campo acustico ad incidenza diffusa.

#### 6. Bibliografia

- [1] UNI EN 29053:1994, *Acustica. Materiali per applicazioni acustiche. Determinazione della resistenza al flusso d'aria.*
- [2] <http://alphacell.matelys.com/>
- [3] Johnson D. L., Koplik J. and Dashen R., *Theory of dynamic permeability and tortuosity in fluid-saturated porous media*, J. Fluid Mech. 176, 1987, pp. 379-402
- [4] Champoux Y. and Allard J.-F., *Dynamic tortuosity and bulk modulus in air-saturated porous media*, J. Appl. Phys. 70, 1991, pp. 1975-1979
- [5] Atalla N., Sgard F., *Modeling of perforated plates and screens using rigid frame porous models*, J.Sound Vib., 303:195-208, 2007

- [6] Bonfiglio P., Pompoli F., *Inversion problems for determining physical parameters of porous materials: Overview and comparison between different methods*, Acta Acustica united with Acustica, Volume 99, Issue 3, May 2013, Pages 341-351
- [7] Pompoli F., Bonfiglio P., Cadorin M., *Analisi sperimentale e numerica di sistemi forati al variare del livello di eccitazione acustica*, Rivista italiana di Acustica, VOL. 35, N. 1, 2011 - pp 26-32

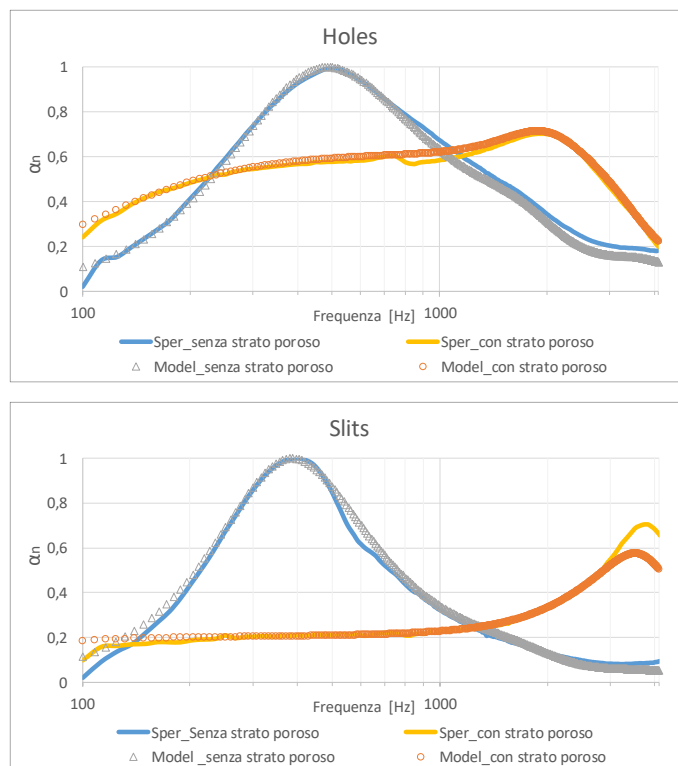


Figura 2 – Confronto tra misure sperimentali e modellazione analitica per due tipologie di pannelli, con e senza strato poroso posteriore, con intercapedine di 70 mm riempita di lana di vetro.

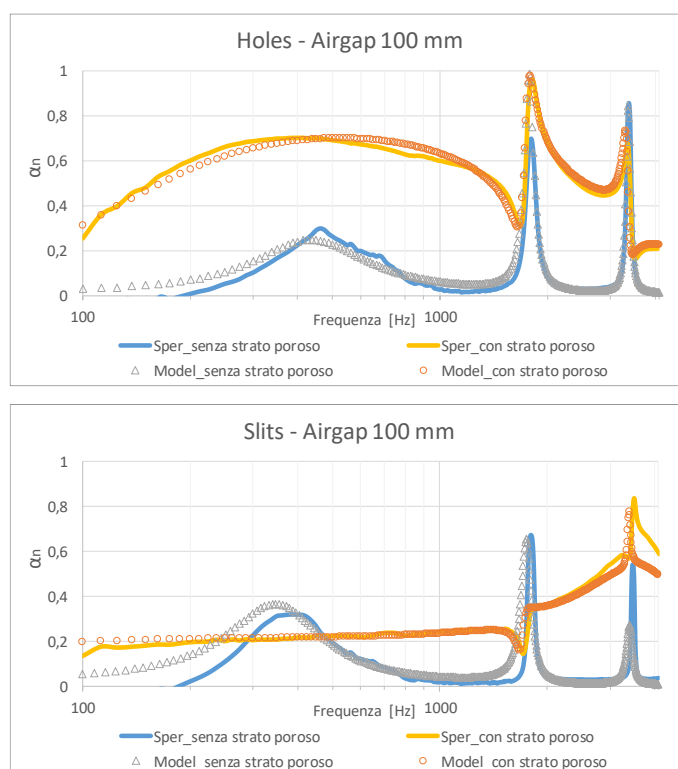


Figura 3 – Confronto tra misure sperimentali e modellazione analitica per due tipologie di pannelli, con e senza strato poroso posteriore, con intercapedine di 100 mm di aria.