

Dott. Ing. Renzo Sonzogni

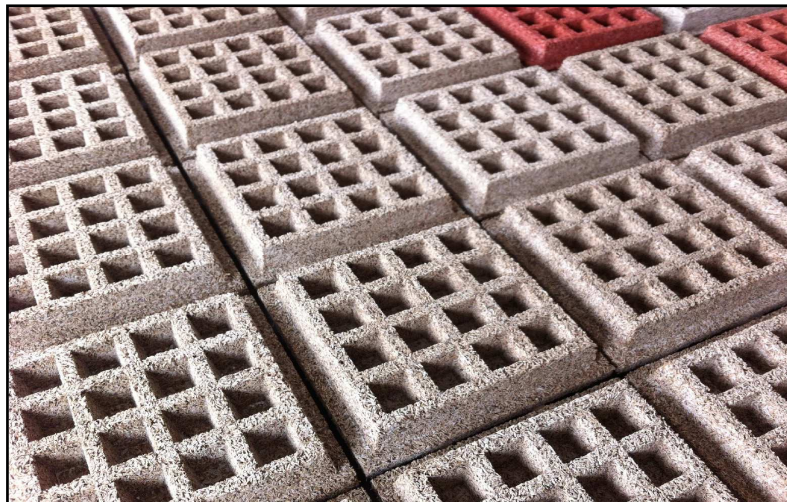
*Via Provinciale, 21/A
24040 LALLIO (BG)*

Spett. le **Esse Solai S.r.l.**

Strada delle fornaci, 13

36031 Vivaro di Dueville (VI)

Misure dell'assorbimento acustico di pannelli in legno magnesite “Road Acoustic” posizionati in differenti conformazioni



RELAZIONE

Lallio, 6 aprile 2013

Dott. Ing. Renzo Sonzogni

Dott. Ing. Renzo Sonzogni

*Via Provinciale, 21/A
24040 LALLIO (BG)*

INDICE

1.INTRODUZIONE	3
2. DESCRIZIONE DELL' APPARATO STRUMENTALE	5
3. DESCRIZIONE DEI CAMPIONI DI PROVA	7
4. METODOLOGIA DI MISURA	8
5. RISULTATI	12

ALLEGATI

- All. 1 – Immagini delle posizioni di misura effettuate
- All. 2 – Report Umidità relativa e Temperatura della camera di prova
- All. 3 – Grafici e tabelle dei tempi di riverbero
- All. 4 – Documentazione fotografica
- All. 5 – Calcoli
- All. 6 – Certificati strumentazione

1. INTRODUZIONE

Nel presente elaborato vengono illustrati i risultati delle misurazioni del coefficiente di assorbimento acustico eseguite sulla tipologie di pannelli realizzati in legno magnesite definiti “Road Acoustic”, di lato 50x50 cm, in differenti conformazioni applicative di seguito descritte:

- applicazione a terra ($H = 0$ mm) e pannelli accostati ($D = 0$ mm);
- applicazione rialzati dalla superficie ($H = 25$ mm) e pannelli distanziati ($D = 10$ mm);
- applicazione rialzati dalla superficie ($H = 25$ mm) e pannelli distanziati ($D = 25$ mm);
- applicazione rialzati dalla superficie ($H = 50$ mm) e pannelli distanziati ($D = 10$ mm);
- applicazione rialzati dalla superficie ($H = 50$ mm) e pannelli distanziati ($D = 25$ mm);
- applicazione rialzati dalla superficie ($H = 100$ mm) e pannelli distanziati ($D = 10$ mm);

I pannelli sono stati distanziati dalla superficie di base mediante due listelli in legno con sezione 25mm x 50mm, applicati in una sola direzione.

Il posizionamento alle diverse altezze è stato effettuato semplicemente ruotando il listello sui due lati di differenti dimensioni.

Per ottenere l'altezza pari a 100 mm sono stati sovrapposti due listelli da 50 mm.

Durante i rilievi con altezza 25 mm e 50 mm, il perimetro esterno del campione in prova è stato rivestito di listelli acusticamente riflettenti.

Nelle misure a terra ($H = 0$ mm) e con altezza 100 mm tale perimetro non è stato installato.

* * *

Le misure sono state effettuate con riferimento alla norma *UNI EN ISO 354:2003 – Misura dell'assorbimento acustico in camera riverberante.*

Si precisa che la prova viene eseguita ai fini di una prima caratterizzazione acustica dei prototipi dei pannelli.

Infatti rispetto la norma anzidetta prevede specifiche della camera di prova, della superficie minima dei pannelli e altri dettagli, non tutti rispettati nella presente valutazione.

Nello specifico i principali scostamenti risultano essere:

- diagonale della camera di prova leggermente superiore rispetto al valore massimo di norma (12,16 m anziché 11,77 m);
- presenza di due lati della camera di prova pressoché identici;
- assorbimento acustico superiore ad alcune medio-basse frequenze rispetto al limite di norma;
- superficie dei campioni in test inferiore al valore di norma (previsto da 10 a 13,46 mq, impiegato 6,5 mq con pannelli a contatto e di poco superiori per pannelli distanziati);
- La temperatura nella camera di prova risultava poco superiore a 16 °C, conforme alla norma richiede una temperatura di almeno 15 °C. L'umidità relativa risultava intorno al 65%, la norma prevede un valore compreso tra 30% e 90%.

I campioni sottoposti a prova risultavano costituiti da 26 moduli da 50 x 50 cm. Per le specifiche del materiale si rimanda alle fotografie allegate alla presente.

Per la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico si procede in due fasi:

- 1) Si rileva il tempo di riverberazione della camera di prova in assenza del campione da testare;
- 2) Si rileva il tempo di riverberazione della camera di prova in presenza del campione da testare.

La variazione del tempo di riverbero è proporzionalmente correlata all'assorbimento acustico del materiale.

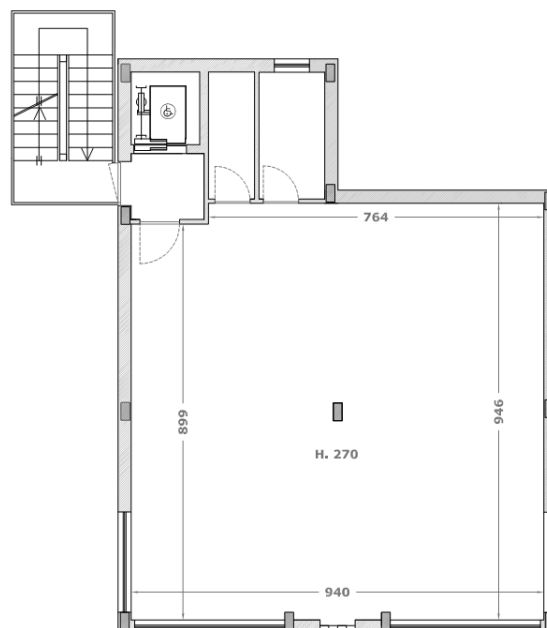
Dalla variazione del tempo di riverberazione, attraverso formule matematiche indicate dalla norma tecnica UNI EN ISO 354:2003, è possibile calcolare il coefficiente di assorbimento del campione in oggetto per bande di frequenza di un terzo d'ottava tra 100 Hz e 5000 Hz. La norma UNI ISO 354 del 2003 tiene anche conto dell'assorbimento del suono in aria, in funzione della variazione della temperatura e dell'umidità relativa durante l'esecuzione della prova.

2. DESCRIZIONE DELL'APPARATO STRUMENTALE

La camera utilizzata per la prova in esame approssima sufficientemente il modello di camera riverberante, salvo le variazioni indicate al capitolo 1. Essa è costituita da una struttura verticale in blocchi di laterizio intonacati con inseriti diversi serramenti e solaio in laterocemento, di cui il soffitto intonacato e il pavimento piastrellato, le cui caratteristiche geometriche sono le seguenti:

- superficie interna netta: $S = 88 \text{ m}^2$
- volume interno netto: $V = 237,6 \text{ m}^3$
- altezza interna netta: $H = 2,70 \text{ m}$

Di seguito si riporta la pianta dei locali di prova.



Geometria della camera di prova

Per lo svolgimento di prove acustiche si è utilizzata la seguente strumentazione fonometrica:

- Sistema di misura computerizzato: è costituito da un fonometro analizzatore multicanale per l'elaborazione e l'analisi di misure acustiche marca Sinus modello Soundbook, collegato ad amplificatore e microfono;
- Sorgente di rumore impulsiva: denominata "clappatore", è costituita da due tavole in legno incernierate, scavate e riempite di materiali fonoassorbenti specifici e rivestite di gomma ad alta densità per garantire una adeguata distribuzione spettrale delle frequenze;
- Calibratore: Marca Larson Davis modello CAL 200. È usato per la calibrazione dei microfoni;
- Rilevatore di temperatura e umidità, marca Almemo modello 2590 Ahlborn, usato per la misura dell'umidità relativa e della temperatura dell'aria all'interno della camera riverberante mediante sonda capacitiva.

La strumentazione di cui si dispone consente l'effettuazione di diverse tipologie di misurazioni acustiche, nel rispetto dei vigenti regolamenti tecnici.

Per la determinazione del coefficiente di assorbimento acustico dei campioni di prova, l'analizzatore fornisce:

- Misura del tempo di riverberazione;
- Spettro in tempo reale per bande di frequenza di 1/3 di ottava.

3. DESCRIZIONE CAMPIONI DI PROVA

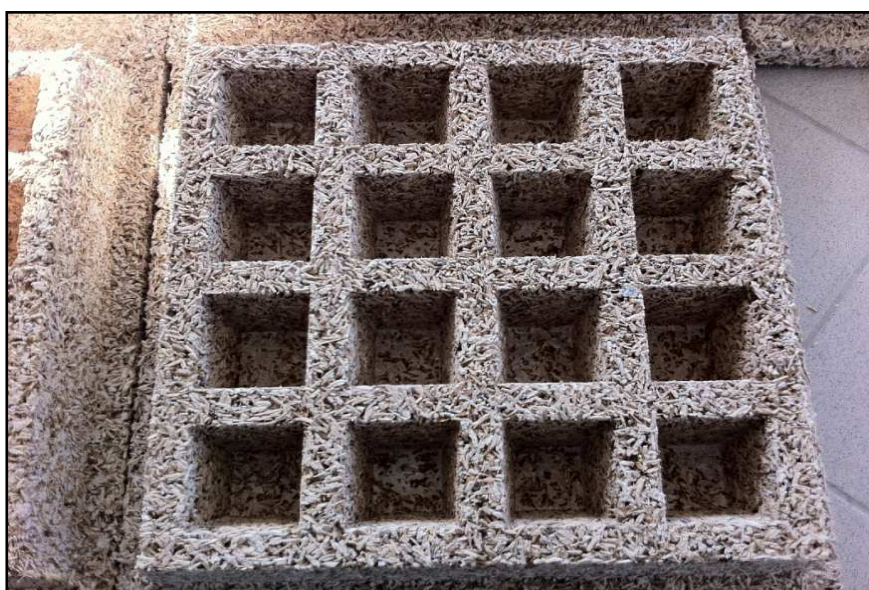
Si tratta di pannelli preformati in fibre di legno di dimensioni selezionate legate tra loro con magnesite.

I pannelli sono prodotti in dimensioni 50x50 cm.

Sono stati sottoposti a prova i pannelli sagomati, denominati dalla Committenza “Road Acoustic”, lato 50x50 cm.

Di seguito si riportano le fotografie dei pannelli oggetto di test.

I pannelli sono stati semplicemente poggiati sulla pavimentazione della camera (per l'altezza $H = 0$ mm) o semplicemente appoggiati ai listelli distanziatori in legno per altezze superiori ($H = 25, 50, 100$ mm).



Pannello di magnesite tipo “Road Acoustic”

4. METODOLOGIA DI MISURA

Viene effettuata la misurazione della temperatura e dell'umidità relativa all'interno della camera, impiegato per la correzione dell'area di assorbimento acustico dovuto all'assorbimento del suono da parte dell'aria.

Nel caso in esame le misure acustiche sono state eseguite con condizioni dell'ambiente pressoché identiche tra “camera vuota” e “con pannelli”, pertanto i coefficienti correttivi risultano identici e si auto-eliminano risultando ininfluenti.

La procedura da seguire per la determinazione delle caratteristiche fonoassorbenti di un campione di prova prevede, come prima fase, l'effettuazione della misura del tempo di riverberazione a camera vuota.

Per le misure sono state impiegate:

- 12 posizioni sorgente impulsiva;
- 6 posizioni microfono;
- 2 misurazioni per ogni posizione microfono;

In totale risultano $6 \times 2 = 12$ misurazioni di tempo di riverbero.

I valori dei tempi di riverbero rilevati, previo controllo della corretta approssimazione dei decadimenti da parte della strumentazione ed eventuale correzione manuale, sono riportati in Allegato n. 3.

In essi è riportato lo spettro medio di ogni posizione microfonica (media di due misure) e lo spettro medio globale di tutte le 12 misurazioni effettuate.

Le posizioni di misura sono visionabili nell'Allegato 1.

Lo stesso numero di misure è stato eseguito anche in presenza dei campioni da analizzare.

Una volta misurato il tempo di riverberazione, si passa al calcolo dell'area di assorbimento acustico equivalente della camera vuota, denominata A_1 , corrispondente all'area di una superficie totalmente assorbente (con coefficiente di assorbimento pari a 1 per tutte le frequenze) che darebbe lo stesso tempo di riverberazione di quello ottenuto sperimentalmente. Si utilizza la seguente relazione:

$$A_1 = \frac{55.3V}{cT_1} - 4Vm_1$$

dove:

V è il volume della camera riverberante vuota [m^3];

c è la velocità di propagazione del suono in aria [m/s];

per l'intervallo di temperatura $15 \div 30$ °C, la velocità può essere calcolata con la relazione $c = 331 + 0,6 t$ essendo "t" la temperatura dell'aria espressa in gradi Celsius;

T_1 è il tempo di riverberazione della camera vuota [s];

m_1 è il coefficiente di assorbimento dell'aria, in [m^{-1}], calcolato in accordo con la ISO 9613-1, considerando le condizioni climatiche presenti in camera vuota al momento della misurazione e vale $m = \alpha / 10 \lg(e)$, con α il coefficiente di attenuazione, calcolato in accordo con la ISO 9613-1.

Conclusa la serie di misurazioni a camera vuota, si dispone il campione da testare all'interno della camera di prova, ripetendo la stessa procedura appena descritta.

Viene calcolato il valore dell'area di assorbimento acustico equivalente in presenza dei campioni oggetto di valutazione, denominata A_2 , utilizzando la relazione:

$$A_2 = \frac{55.3V}{cT_2} - 4Vm_2$$

dove:

T_2 è il tempo di riverberazione della camera con gli elementi campione da testare [s];

m_2 è il coefficiente di assorbimento dell'aria, in [m-1], calcolato in accordo con la ISO 9613-1, considerando le condizioni climatiche presenti in camera vuota al momento della misurazione e vale $m = \alpha / 10 \lg(e)$, con α il coefficiente di attenuazione, calcolato in accordo con la ISO 9613-1.

Dalla differenza tra l'area di assorbimento acustico equivalente A_2 della camera in presenza del campione e dell'area di assorbimento acustico equivalente a camera vuota (in assenza del campione di prova), si ottiene l'area di assorbimento acustico equivalente del campione A_s

$$A_s = A_2 - A_1$$

A_s divisa per l'area del campione S_{campione} , che nel caso in esame è pari a $6,5 \text{ m}^2$ in presenza di pannelli accostati ($D = 0 \text{ mm}$), pari a $6,63 \text{ m}^2$ per pannelli distanziati di 10 mm ($D = 10 \text{ mm}$) e pari a $6,83 \text{ m}^2$ per distanza di 25 mm ($D = 25 \text{ mm}$), fornisce il coefficiente di fonoassorbimento α_s .

Si precisa che per le altezze 25 mm e 50 mm era presente il bordo perimetrale esterno riflettente sui campioni, mentre per le misure con altezza 0 mm e 100 mm non era presente.

In quest'ultimo caso ($H = 100 \text{ mm}$) si noteranno alle medio-alte frequenze dei coefficienti di assorbimento acustico superiori rispetto alle altre condizioni di prova, ma è verosimile che tali aumenti siano correlati ad una distorsione matematica legata all'aumento stesso di superficie assorbente per l'assenza del bordo perimetrale e il conseguente ingresso di rumore anche alle facce inferiori del perimetro dei campioni.

A tali frequenze (solo per la prova con $H = 100 \text{ mm}$) sarebbe infatti necessario dividere l'area di assorbimento acustico determinata alle frequenze medio alte per una superficie del campione maggiore per tener conto della maggiore area investita dal suono.

Non si esegue tale calcolo poiché l'interesse primario delle presenti prove era valutare la fattibilità di aumentare i coefficienti di assorbimento acustico alle basse frequenze.

Per il caso con $H = 100 \text{ mm}$ si rimanda per la determinazione dei valori di assorbimento acustico alle medio-alte frequenze agli altri casi testati ritenendoli sufficientemente validi anche per il caso con $H = 100 \text{ mm}$.

La valutazione viene eseguita per bande di frequenza da 100 Hz a 5000 Hz.

* * *

La norma di riferimento prevede anche la valutazione della ripetibilità delle misure.

Si riporta per cultura del lettore una nota di approfondimento sulla modalità di valutazione del valore di ripetibilità, non ricompresa nella presente valutazione poiché, come precisato al capitolo 1, la presente valutazione deve essere intesa come “prima caratterizzazione” e non sono rispettati tutti i criteri previsti dalla normativa stessa, per cui oltre alla ripetibilità occorrerebbe tenere in considerazione anche ulteriori aspetti di incertezza sui risultati finali.

NOTA DI APPROFONDIMENTO:

La determinazione della ripetibilità dei tempi di riverbero misurati, secondo quanto definito dalla norma ISO 354/2003, è il valore al di sotto del quale la differenza assoluta tra due risultati di prove può essere attesa con una specificata probabilità.

I risultati devono essere ottenuti usando lo stesso metodo, su identici campioni e sotto le stesse condizioni (stesso operatore, stesso apparato, stesso laboratorio ed in un breve intervallo di tempo).

La deviazione standard relativa del tempo di riverberazione, ϵ_{20} , valutata in un intervallo 20 dB decadimento, può essere stimata dalla seguente formula

$$\epsilon_{20} (T)T = \sqrt{\frac{2,42 + 3,59/N}{f T}}$$

dove

T è il tempo di riverbero misurato

f è la frequenza in bande di 1/3 di ottave

N è il numero delle curve di decadimento valutate

5. RISULTATI

Dai calcoli effettuati e riportati per esteso in Allegato 5 si evince che il coefficiente di assorbimento acustico per bande di frequenza di un terzo d'ottava è pari a:

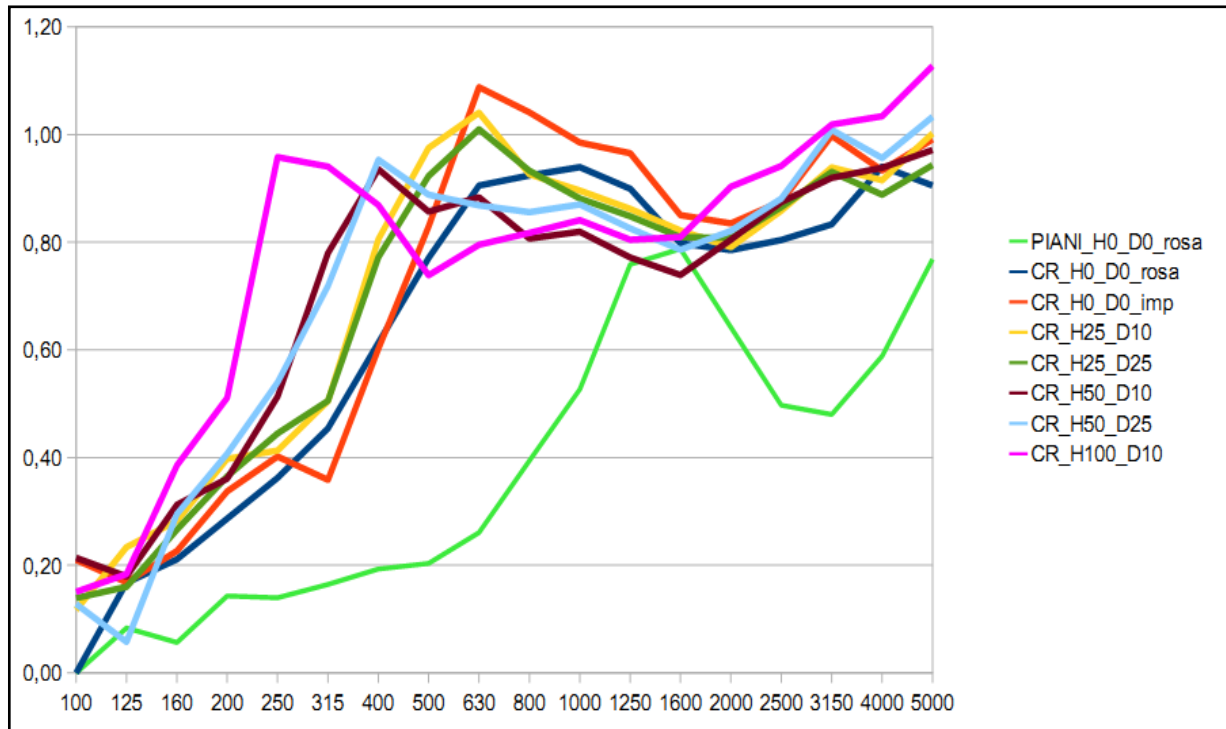
Coefficiente assorbimento acustico – SINTESI RISULTATI DI TUTTE LE PROVE																		
f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
PIANI_H0_D0_rosa	0,00	0,08	0,06	0,14	0,14	0,16	0,19	0,20	0,26	0,39	0,53	0,76	0,79	0,64	0,50	0,48	0,59	0,77
CR_H0_D0_rosa	0,00	0,17	0,21	0,29	0,36	0,45	0,61	0,77	0,91	0,92	0,94	0,90	0,80	0,79	0,80	0,83	0,94	0,90
CR_H0_D0_imp	0,21	0,17	0,23	0,34	0,40	0,36	0,60	0,83	1,09	1,04	0,98	0,97	0,85	0,83	0,88	1,00	0,93	0,99
CR_H25_D10	0,12	0,23	0,28	0,40	0,41	0,50	0,81	0,98	1,04	0,93	0,90	0,86	0,82	0,79	0,86	0,94	0,91	1,00
CR_H25_D25	0,14	0,16	0,27	0,37	0,44	0,51	0,77	0,92	1,01	0,93	0,88	0,85	0,81	0,81	0,86	0,93	0,89	0,94
CR_H50_D10	0,21	0,18	0,31	0,36	0,51	0,78	0,94	0,86	0,88	0,81	0,82	0,77	0,74	0,80	0,87	0,92	0,94	0,97
CR_H50_D25	0,13	0,06	0,29	0,41	0,54	0,72	0,95	0,89	0,87	0,86	0,87	0,83	0,79	0,82	0,88	1,01	0,96	1,03
CR_H100_D10	0,15	0,18	0,39	0,51	0,96	0,94	0,87	0,74	0,80	0,82	0,84	0,80	0,81	0,90	0,94	1,02	1,03	1,13

Per completezza si riportano anche i valori rilevati nelle prove del Marzo 2013, relativi sia ai pannelli “Piani” e sia ai pannelli “Road Acoustic” semplicemente appoggiati a pavimento e accostati tra loro. Nelle singole schede di calcolo è inoltre possibile individuare:

- tutti i grafici delle misurazioni;
- i dati impiegati nei calcoli;
- il calcolo del valore di assorbimento acustico medio aritmetico (dei valori rilevati in terzi di ottava tra 100 Hz e 5000 Hz);
- il valore dell'indice di assorbimento acustico α_w (dei valori in ottava rilevati tra 250 Hz e 4000 Hz);
- la classe di riferimento in riferimento alla norma per la classificazione acustica delle barriere stradali;

Per una più agevole comprensione si riportano i grafici dei coefficienti di assorbimento acustico rilevati. A seguire si riportano i commenti in riferimento ai risultati ottenuti.

Grafico dei coefficienti di assorbimento acustico rilevati



Dal grafico risulta facilmente evidente una notevole differenza di assorbimento acustico tra i pannelli tipo “piano” (linea verde chiaro) ed i pannelli sagomati tipo “Road Acoustic” (altre linee).

Ciò è certamente legato alla maggiore superficie e alla particolare geometria del pannelli tipo “Road Acoustic” rispetto ai pannelli tipo “piano”.

Valutando invece le curve dei pannelli tipo “Road Acoustic” nelle diverse condizioni di applicazione, ovvero poggiati alla superficie ($H = 0$ mm) o distanziati rispettivamente di 25 mm, 50 mm, 100 mm, si evince un valore di assorbimento acustico sufficientemente costante a frequenze medio-alte.

Particolarmente importante è l'effetto che la distanza dalla superficie (H) genera in relazione alle basse frequenze.

Si denota infatti un progressivo e notevole aumento del coefficiente di assorbimento acustico alle basse frequenze con spostamento della curva di assorbimento acustico verso le basse frequenze pressoché “proporzionale” all'aumento della altezza del pannello dalla superficie di appoggio

Dott. Ing. Renzo Sonzogni

*Via Provinciale, 21/A
24040 LALLIO (BG)*

(ovvero passando rispettivamente dall'altezza 0 mm, 25 mm, 50 mm, 100 mm).

Contemporaneamente si assiste ad una leggera diminuzione dei valori di assorbimento acustico alle frequenze intorno a 400 – 800 Hz.

Non risulta invece altrettanto influente la variazione della distanza tra i pannelli (10 mm o 25 mm).

Lallio, 6 aprile 2013

Dott. Ing. Renzo Sonzogni

Dott. Ing. Michele Locatelli