

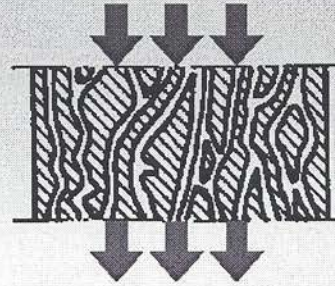
Coefficiente di assorbimento di pannelli con impedenza:

a) $\zeta=3$; b) $\zeta=1,5+j1,323$; c) $\zeta=1/3$.

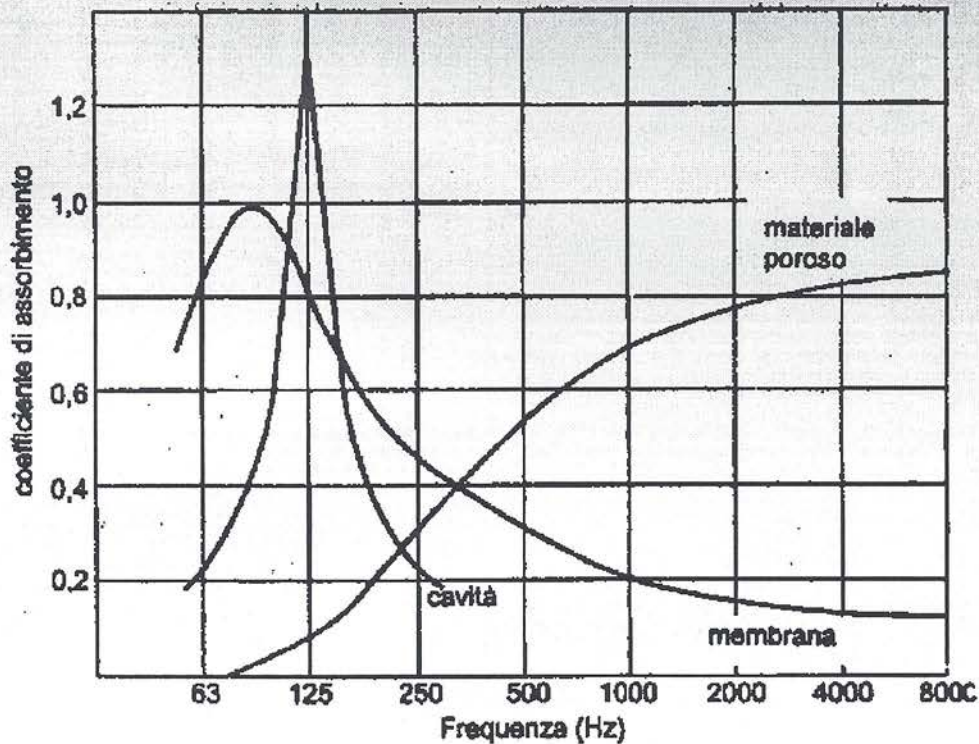
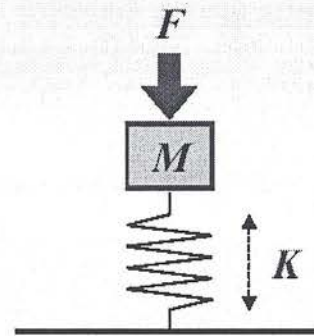
$|Z|=3 \rho_c$ $|Z|=2 \rho_c$

MODALITÀ DI ASSORBIMENTO DEL SUONO

- 1) Assorbimento per porosità:
fenomeno dissipativo legato all'attrito viscoso che accompagna la propagazione dell'energia sonora all'interno di materiali a struttura porosa aperta (porosi-rigidi e porosi-flessibili)



- 2) Assorbimento per risonanza di cavità e di membrana:
dissipazione dell'energia sonora dovuta allo smorzamento dell'oscillazione, rispettivamente, di una massa d'aria parzialmente confinata e di una superficie vibrante sollecitata da onde sonore incidenti su di essa



ASSORBIMENTO PER POROSITÀ

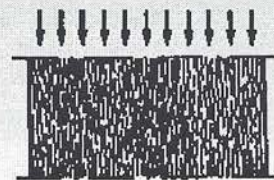
Resistenza specifica al flusso $R_s = \frac{\Delta p}{u}$ [(Pa·s)/m]

Resistività al flusso $r = \frac{R_s}{d}$ [(Pa·s)/m²]

Se la resistenza al flusso è elevata le onde sonore non riescono a penetrare nel materiale, se è bassa, non incontrano attrito sufficiente alla dissipazione dell'energia.



Bassa resistenza

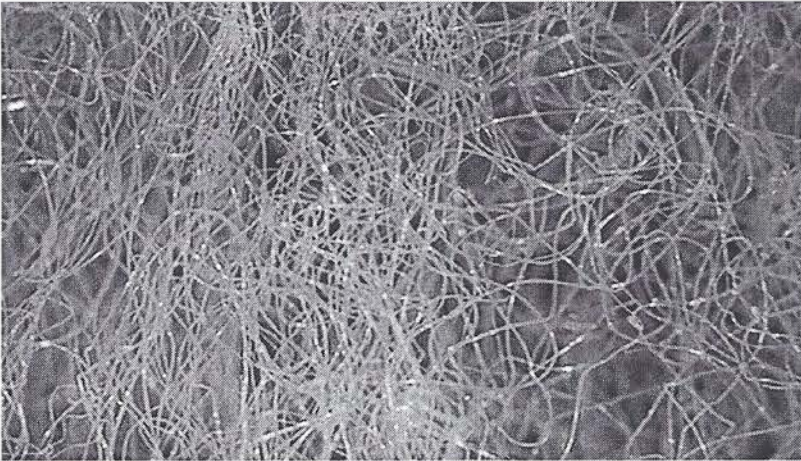


Alta resistenza

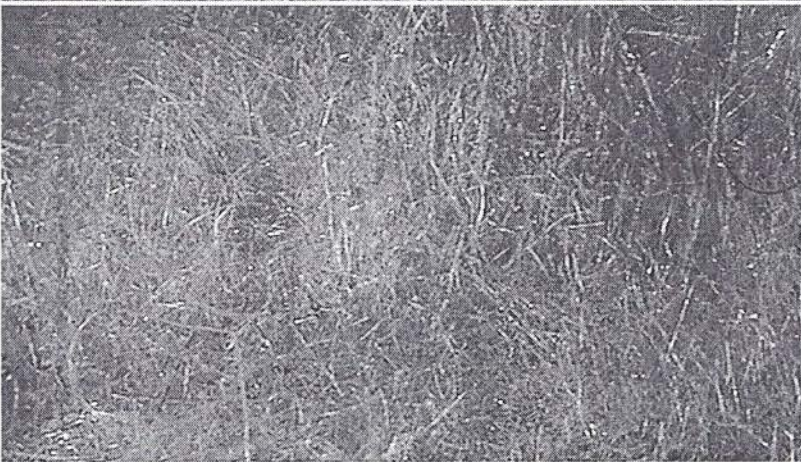
Materiali porosi con coefficienti di assorbimento elevati presentano valori di resistenza specifica al flusso compresi tra una e due volte l'impedenza caratteristica dell'aria $\rho_0 c$.

$$1 \leq \left(\frac{R_s}{\rho_0 c} \right) \leq 2 \quad [(\text{Pa s})/\text{m}] \quad \text{in aria a } 20 \text{ }^\circ\text{C } \rho_0 c = 415 \text{ (Pa}\cdot\text{s)/m}$$

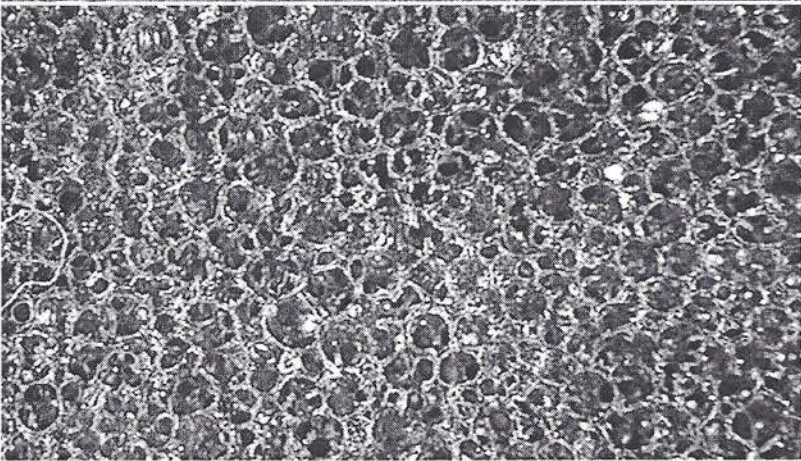
INGRANDIMENTO 10X



Fiberform
(Fibra di Poliestere)



Fibra di roccia

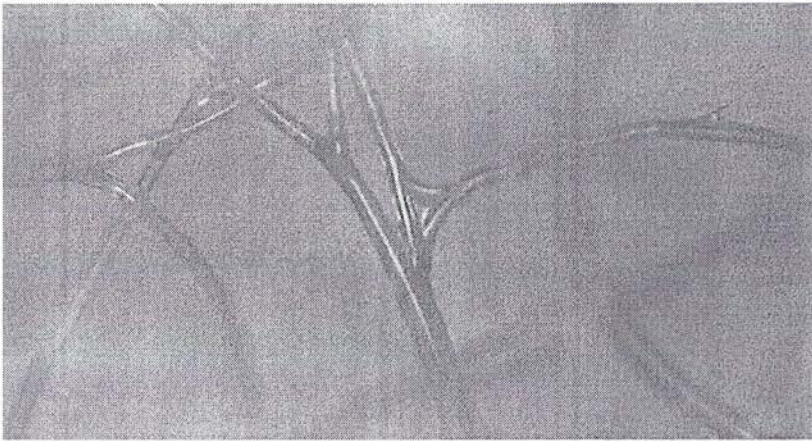


Poliuretano

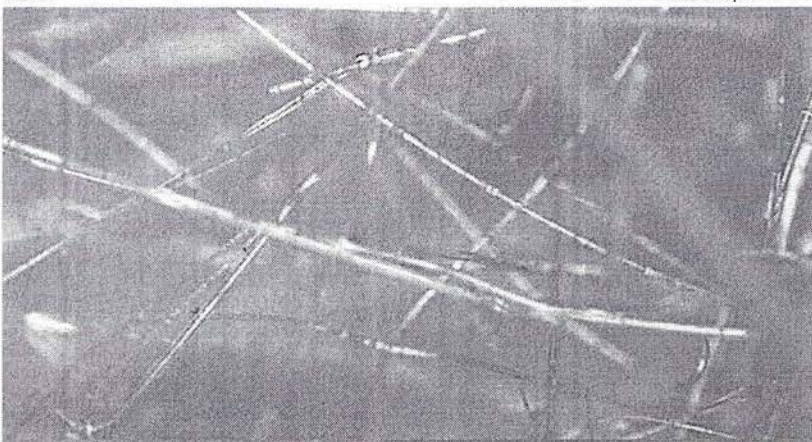


Melamina

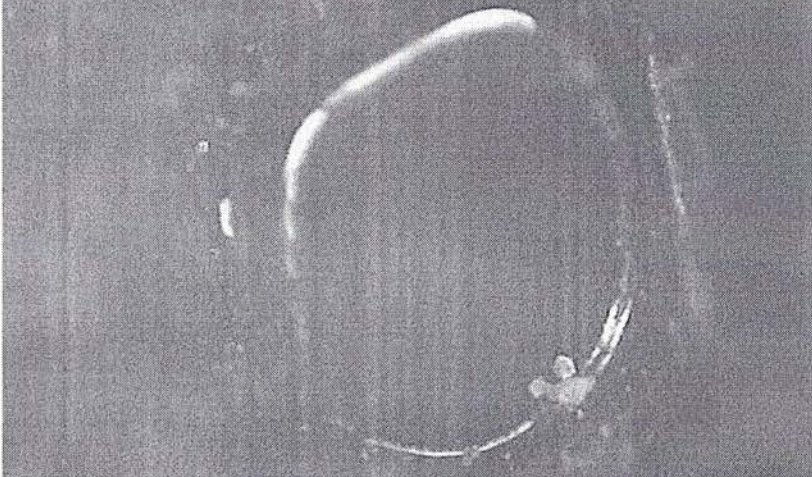
INGRANDIMENTO 100X



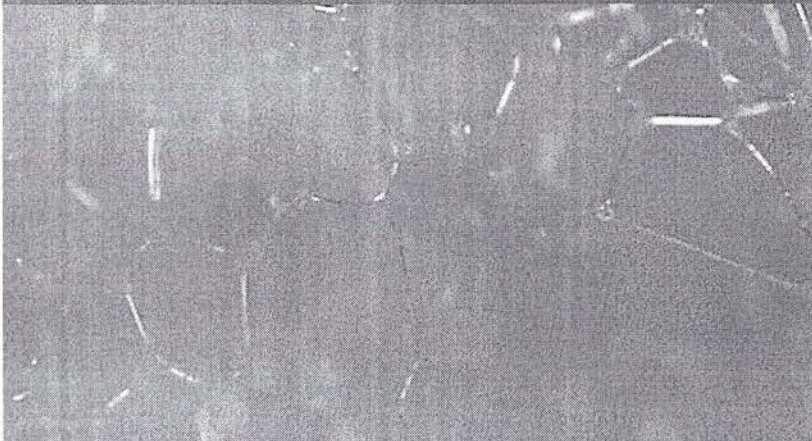
Fiberform
(Fibra di Poliestere)



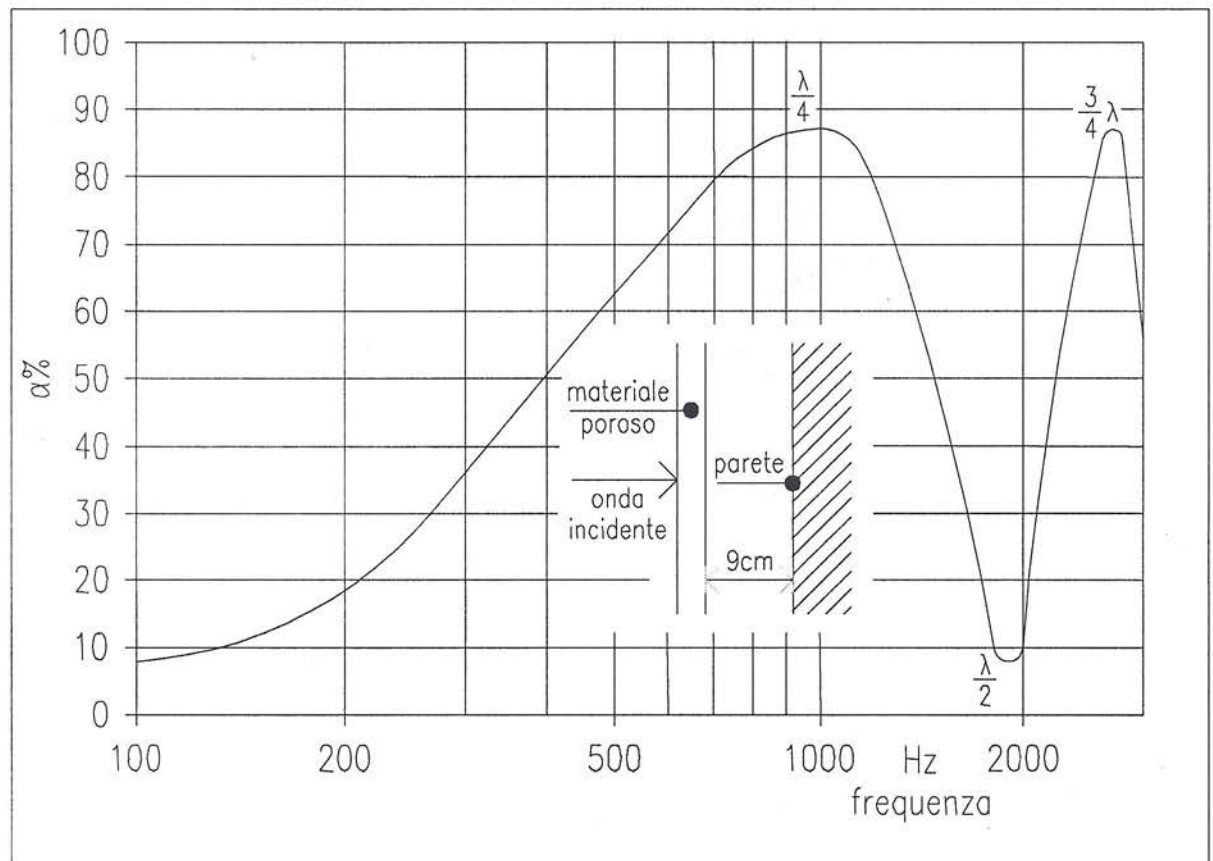
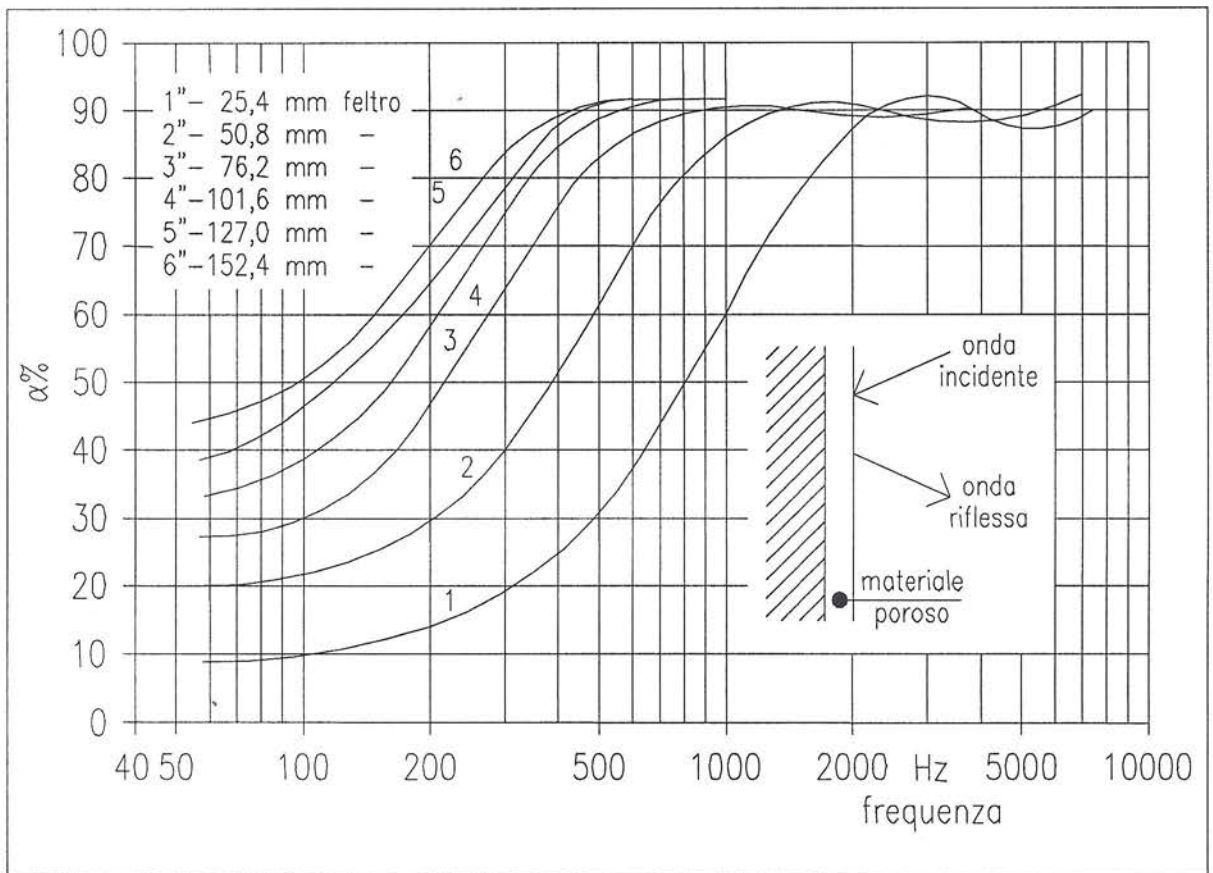
Fibra di roccia



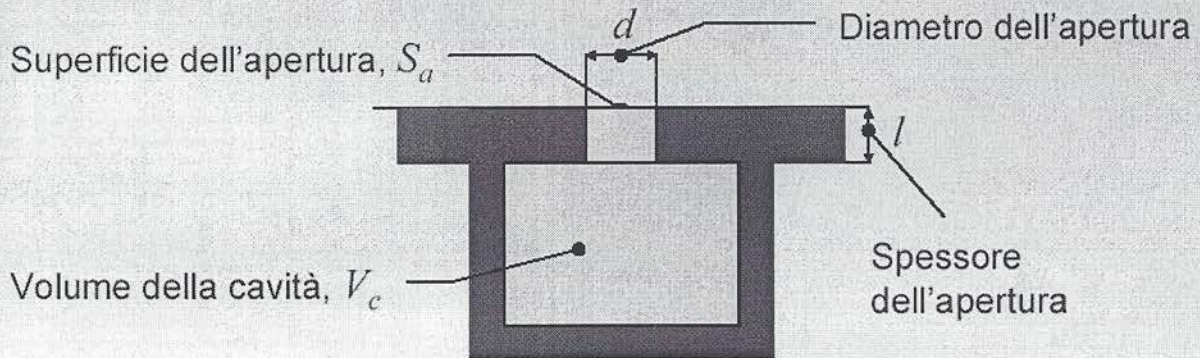
Poliuretano



Melamina



IL "RISONATORE DI HELMHOLTZ"



Frequenza di risonanza

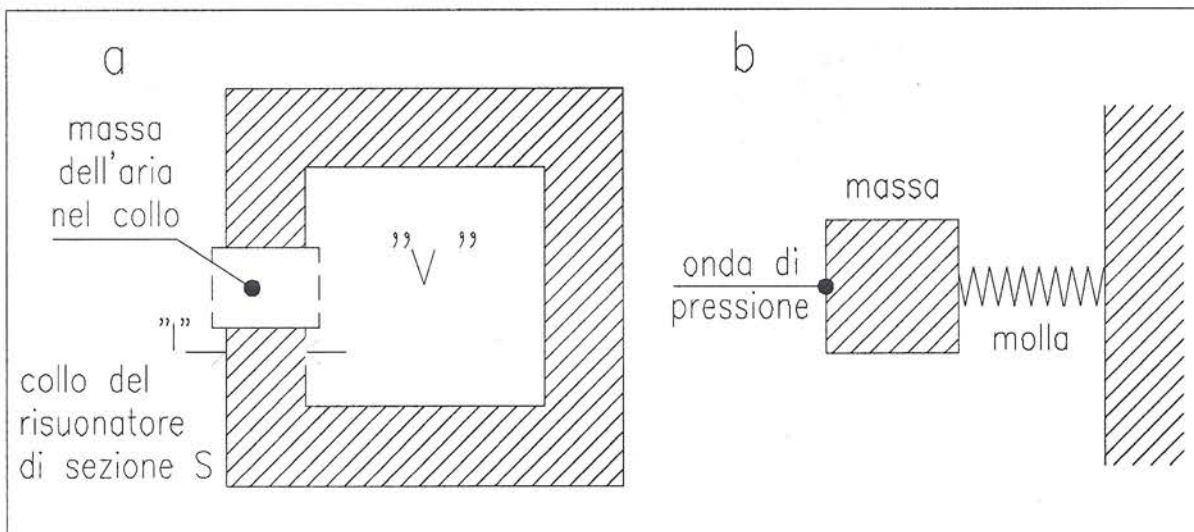
$$f_0 = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{S_a}{V_c \left(l + \frac{16d}{3\pi} \right)}} \quad [\text{Hz}]$$

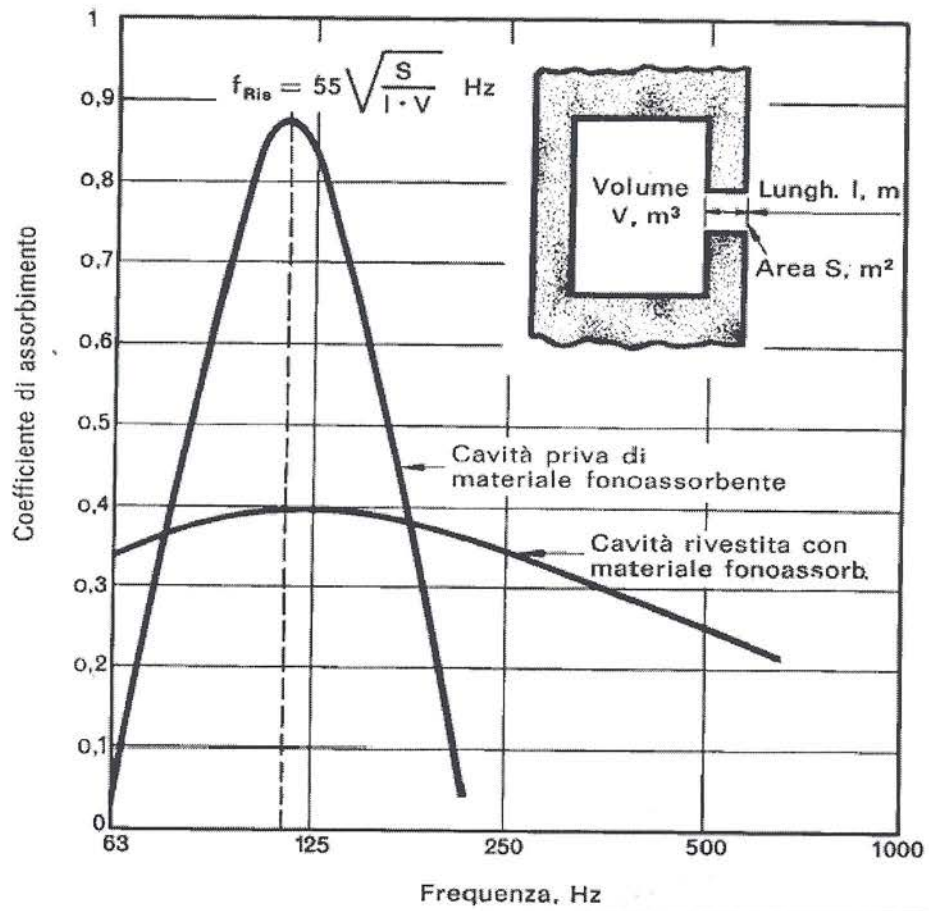
Lunghezza dell'onda sonora della
frequenza di risonanza

$$\lambda_0 = \frac{c_0}{f_0} \quad [\text{m}]$$

Area di massimo assorbimento del
risonatore alla frequenza di risonanza

$$A_0 = \frac{\lambda_0^2}{4\pi} \quad [\text{m}^2]$$



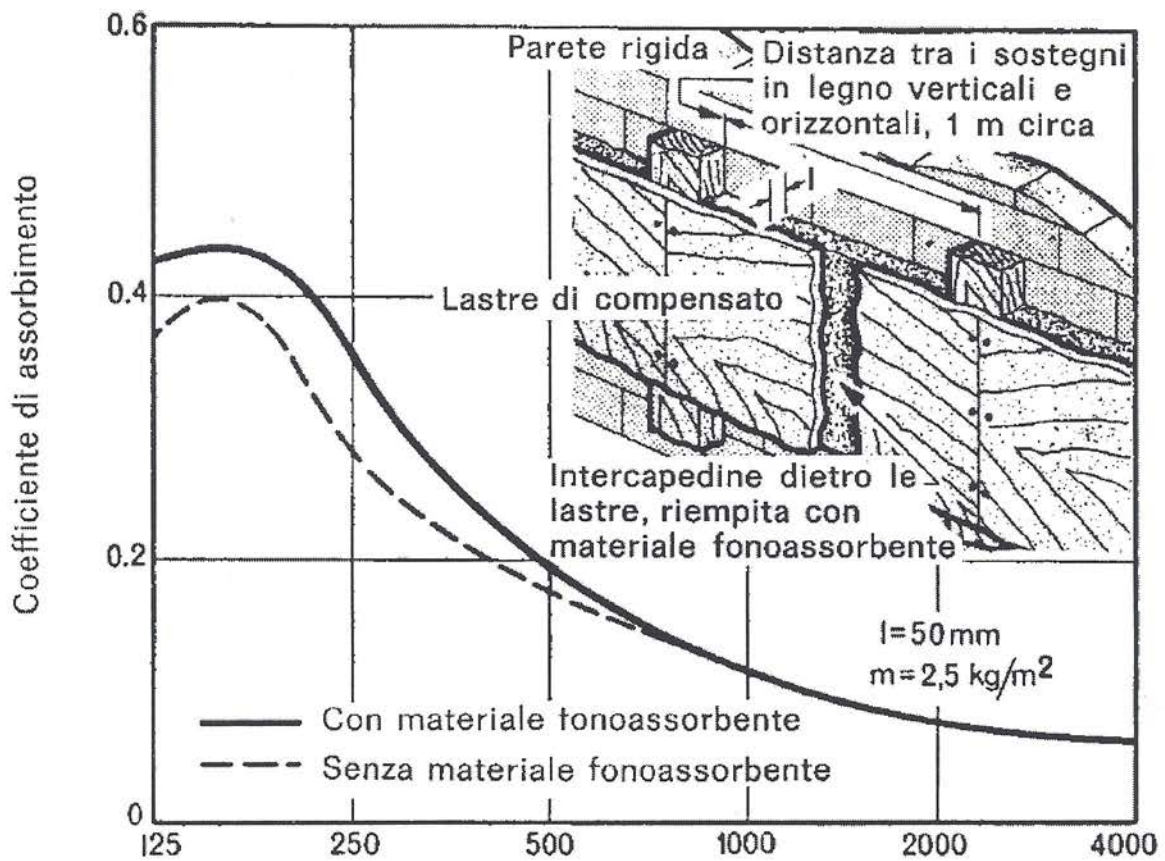
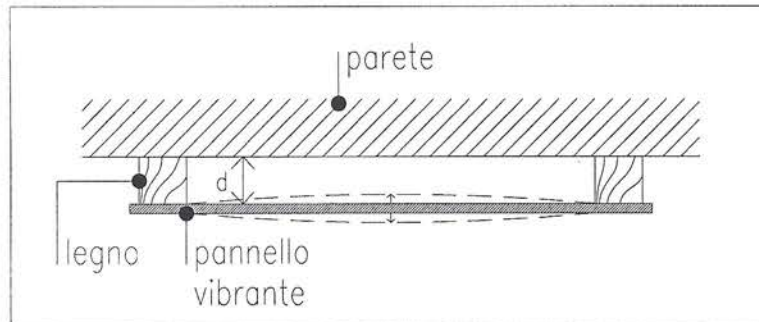


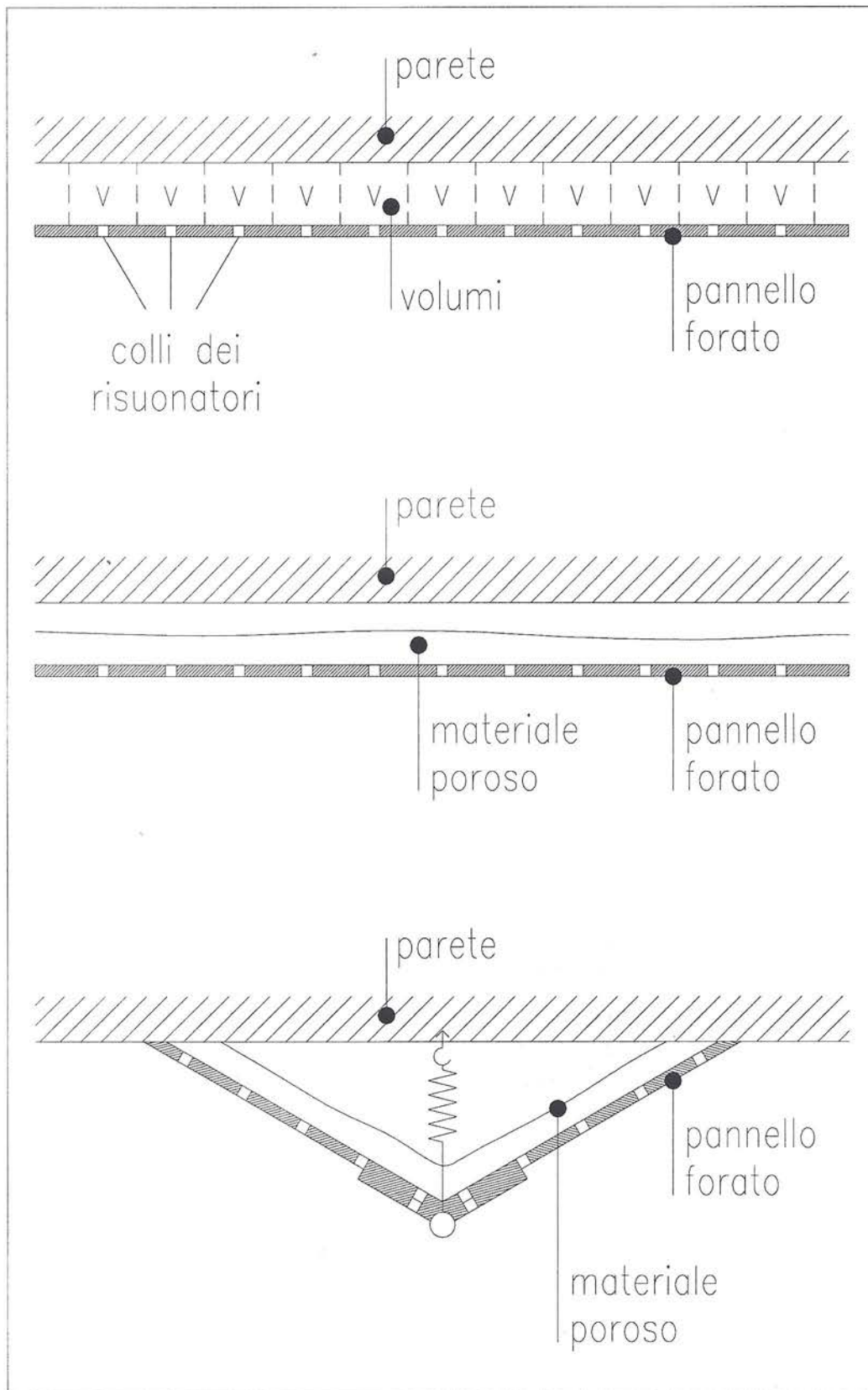
Pannelli vibranti

$$f_0 = \frac{60}{\sqrt{(\sigma d)}} \quad [\text{Hz}]$$

dove:

σ è la densità superficiale del pannello [Kg/m^2];
 d la distanza del pannello dalla parete [m].





PROPRIETÀ ED APPLICAZIONI DI MATERIALI FONOASSORBENTI

Tipo di materiale	Modalità di assorbimento	Caratteristiche di assorbimento	Applicazioni	Vantaggi	Svantaggi
<i>Poroso flessibile</i>	Perdite viscosse dovute alla diversa velocità delle particelle d'aria adiacenti alla fibra rispetto a quelle al centro dello spazio tra due fibre	Elevato alle frequenze medie ed alte. Alle basse frequenze è necessario un notevole spessore di materiale	Aumento dell'assorbimento negli ambienti riverberanti, cofanature ed insonorizzazioni	Facile lavorabilità; costi contenuti	Le fibre possono costituire un pericolo per la salute; bassa durabilità; riduzioni delle prestazioni nel tempo
<i>Poroso rigido</i>	Perdite viscosse dovute alla diversa velocità delle particelle d'aria adiacenti alle pareti dei canali interni rispetto a quelle del centro del canale	Elevato alle frequenze medie ed alte. Alle basse frequenze è necessario un notevole spessore di materiale	Aumento dell'assorbimento negli ambienti riverberanti, cofanature ed insonorizzazioni	Facile lavorabilità; basso rischio per la salute causato dalle fibre	Costi elevati; elevata infiammabilità e tossicità dei fumi; bassa durabilità; riduzioni delle prestazioni nel tempo
<i>Risonatore a cavità</i>	Perdite viscosse in prossimità del collo del risonatore	Elevato ma molto selettivo intorno alla frequenza di risonanza	Silenziatori, filtri soppressori di banda	Resistente ed inalterabile nel tempo; non comporta rischi per la salute	L'efficacia dell'assorbimento è molto limitata in frequenza
<i>Risonatore vibrante</i>	Perdite dovute allo smorzamento causato dall'elemento vibrante e dalla cavità retrostante	Elevato ma piuttosto selettivo intorno alla frequenza di risonanza	Controllo della riverberazione ambientale	Resistente ed inalterabile nel tempo; non comporta rischi per la salute	L'efficacia dell'assorbimento è piuttosto limitata in frequenza

Tabella 5: Valori del coefficiente di assorbimento apparente α per le frequenze di centro banda, in bande d'ottava. [1]

Descrizione del materiale	Coefficiente di assorbimento α					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
<i>Materiali da parete:</i>						
Muratura di mattoni, grezza	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
idem, con intonaco verniciato	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Muro di cemento, grezzo	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
idem, verniciato	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Intonaco di gesso, liscio a ferro	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03
idem, a legno	0,04	0,05	0,06	0,08	0,05	0,06
Legno di balsa	0,15		0,19		0,28	
Legno di pino	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,12
Legno compensato	0,11		0,12		0,10	
Vetro	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02
Marmo	0,01		0,01		0,02	
Tenda di velluto pesante, tesa, a contatto con la parete	0,05	0,12	0,35	0,45	0,38	0,36
idem, posta a 20 cm dalla parete	0,08	0,29	0,44	0,50	0,40	0,35
Tenda di velluto pesante ondulata (lunghezza effettiva pari a due volte quella apparente)	0,14	0,35	0,55	0,75	0,70	0,60
<i>Materiali fonoassorbenti:</i>						
Fibra di feltro e amianto	0,09	0,14	0,29	0,50	0,62	0,56
Feltro	0,12	0,32	0,51	0,62	0,60	0,56
lana di roccia, $s=2,5$ cm	0,26	0,45	0,61	0,72	0,75	0,85
Lana di roccia ricoperta con lamiera o intonaco forellati, valore medio	0,31		0,38		0,43	
lana di vetro, $s=2,5$ cm	0,16	0,43	0,87	0,99	0,93	0,85
lana di vetro ricoperta min.	0,22	0,58	0,62	0,74	0,54	0,42
con lamiera forellata max.	0,66	0,79	0,99	0,99	0,89	0,81
due strati di lana di roccia, ciascuno $s=2,5$ cm, separati tra loro da una intercapedine d'aria larga $d=4$ cm	0,50	0,63	0,70	0,81	0,83	

Tabella 5 (continua):

Descrizione del materiale	Coefficiente di assorbimento α					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
<i>Materiali da pavimento:</i>						
stuoia di gomma	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
linoleum o similari	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
lastra di sughero incollata alla struttura	0,08	0,02	0,08	0,19	0,21	0,22
idem, tirata a cera	0,04	0,03	0,05	0,11	0,07	0,02
parquet di legno	0,09		0,08		0,10	
tappeto di tessuto min.	0,05	0,05	0,15	0,20	0,25	0,30
naturale o sintetico max.	0,10	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40
tappeto di lana	0,20	0,25	0,35	0,40	0,50	0,75
acqua (in vasca o piscina)	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03

Tab. 6: Potere fonoassorbente medio per persone o oggetti di comune arredamento interno con riferimento a frequenze di centro banda, per bande d'ottava [1].

Oggetti o persone	Potere fonoassorbente αS (in m ²)						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
sedia di legno, libera	min.	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03
	max.	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	0,04
idem, occupata da una persona	min.	0,19	0,19	0,33	0,22	0,19	0,19
	max.	0,23	0,28	0,42	0,33	0,33	0,33
poltrona imbottita, libera	min.	0,18	0,23	0,23	0,22	0,2	0,19
	max.	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
idem, occupata da una persona	min.	0,23	0,28	0,33	0,28	0,28	0,37
	max.	0,33	0,37	0,42	0,46	0,46	0,46
persona adulta, in piedi		0,23	0,33	0,42	0,42	0,46	0,46
bambino, in piedi		0,19	0,28	0,34	0,42	0,46	0,37