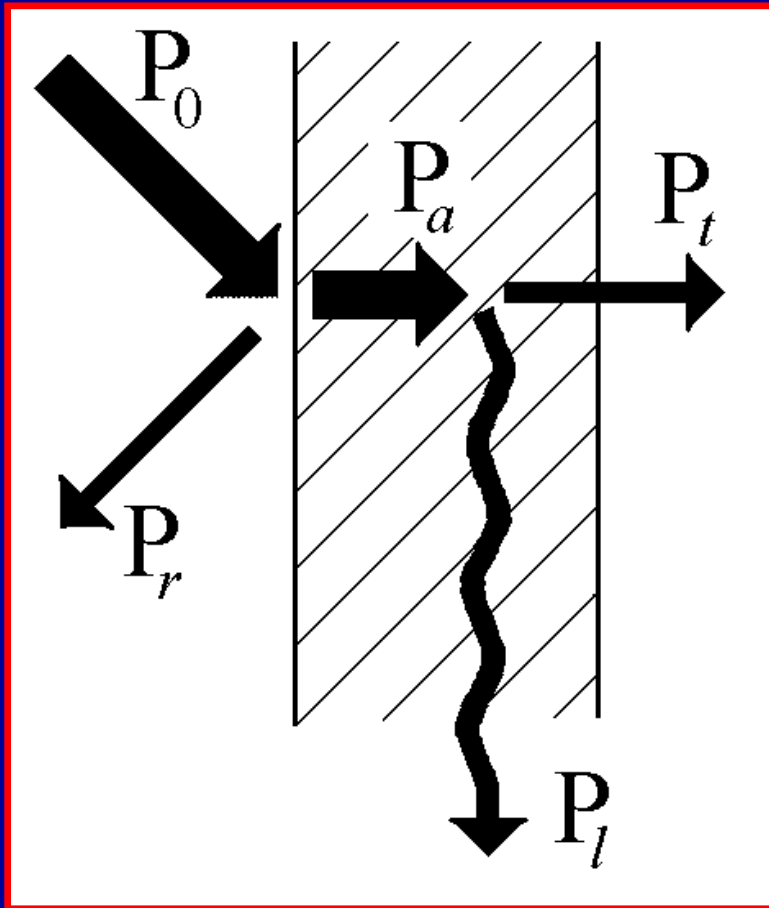


Šíření zvuku v uzavřeném prostoru

Pohlcování zvuku



$$\rho = \frac{P_r}{P_0}$$

REFLEXE

$$\alpha = \frac{P_a}{P_0}$$

ABSORPCE

$$\tau = \frac{P_t}{P_0}$$

TRANSMISE

Celková pohltivost místnosti

$$A = \sum_{i=1}^n S_i \alpha_i = S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots + S_i \alpha_i + \dots + S_n \alpha_n$$

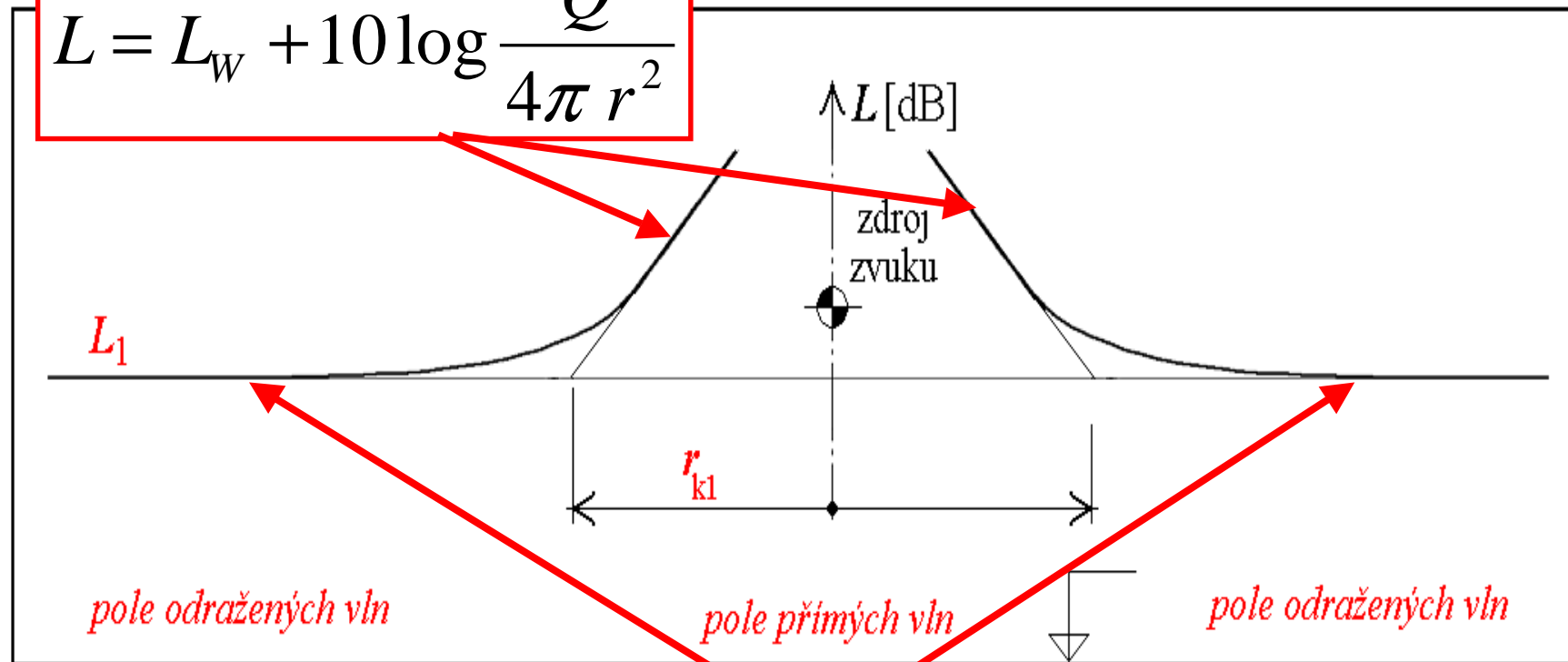
Střední činitel pohltivosti

$$\alpha_m = \frac{A}{\Sigma S}$$

$$\alpha_m = \frac{\sum_{i=1}^n S_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^n S_i} = \frac{S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots + S_i \alpha_i + \dots + S_n \alpha_n}{S_1 + S_2 + \dots + S_i + \dots + S_n}$$

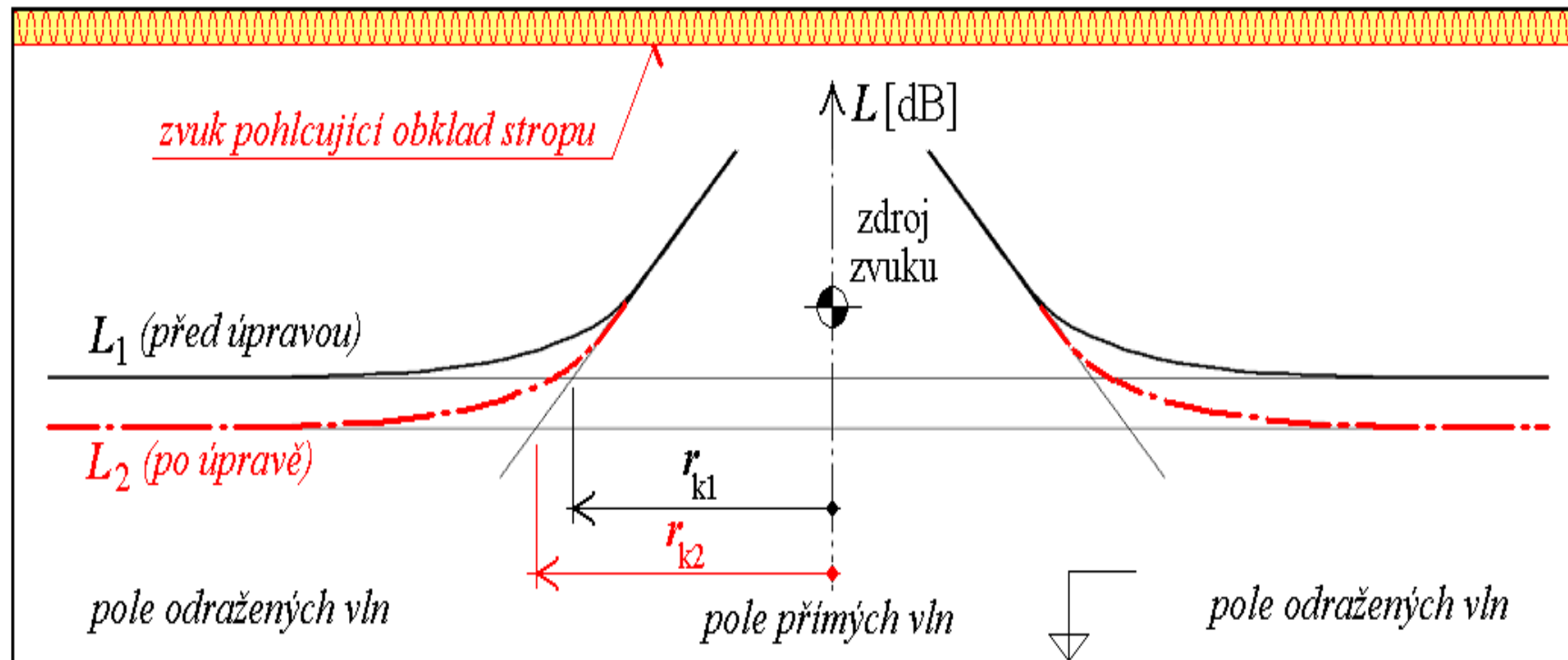
Pole přímých a pole odražených vln difúzní zvukové pole

$$L = L_w + 10 \log \frac{Q}{4\pi r^2}$$



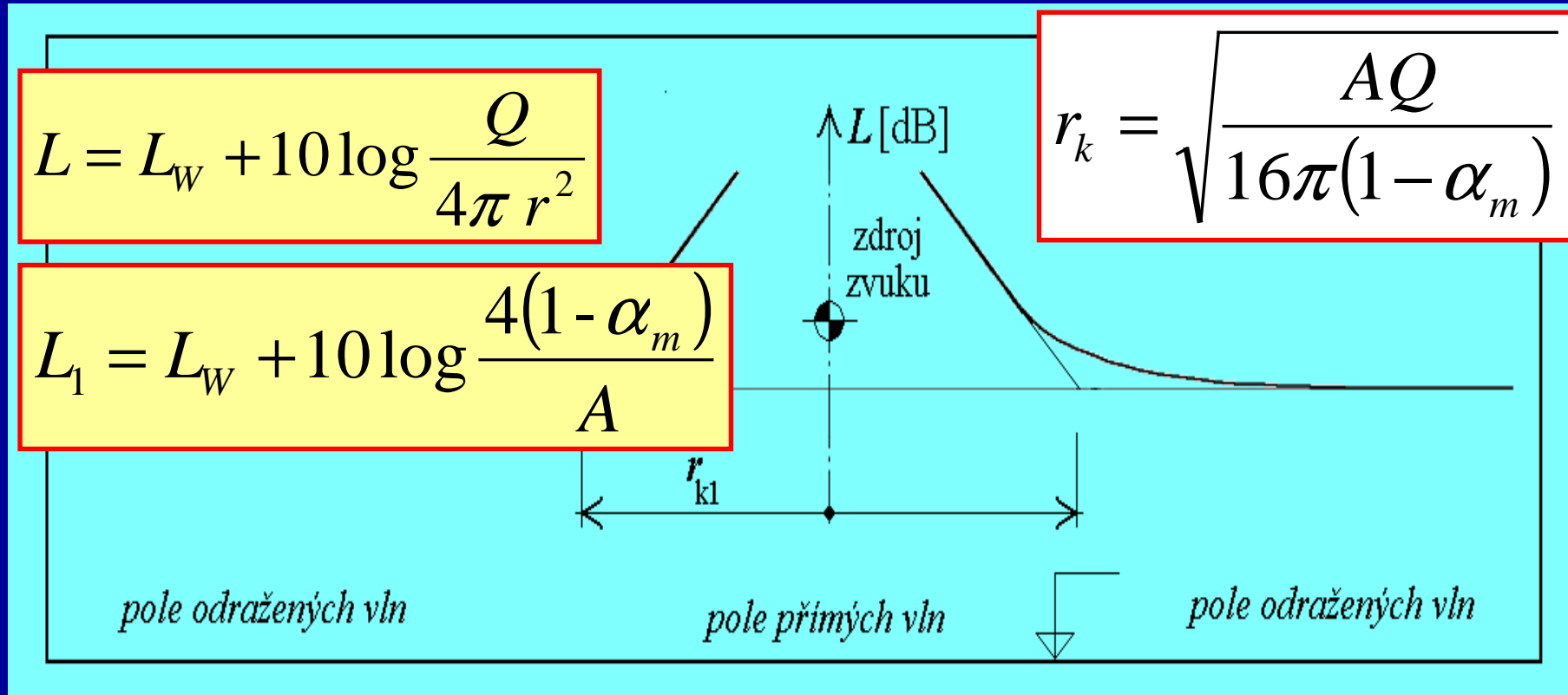
$$L_1 = L_w + 10 \log \frac{4(1 - \alpha_m)}{A}$$

Pole přímých a pole odražených vln difúzní zvukové pole



$$L_1 = L_w + 10 \log \frac{4(1 - \alpha_m)}{A}$$

Pole přímých a pole odražených vln difúzní zvukové pole



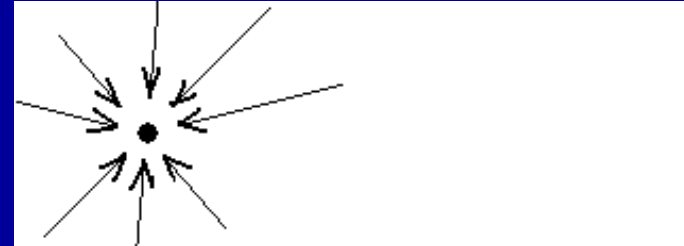
Berankův vztah

$$L = L_w + 10 \log \left[\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1 - \alpha_m)}{A} \right]$$

Difúzní zvukové pole

Hustota akustické energie

$$w = \frac{I}{c} \left[\frac{W}{m^2} \frac{s}{m} = \frac{Ws}{m^3} = \frac{J}{m^3} \right]$$



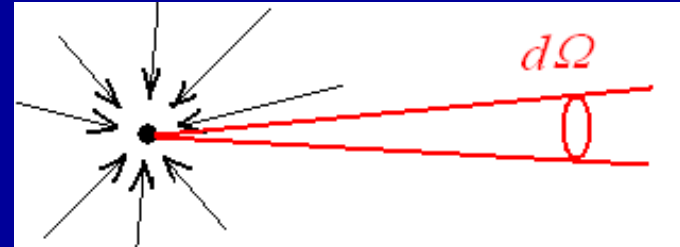
- Hustota akustické energie je ve všech místech pole stejná
- Každý směr dopadu zvuku je stejně pravděpodobný
- Hustota energie je součtem hustoty energie ze všech směrů

$$w = konst.$$

Difúzní zvukové pole

Hustota akustické energie

$$w = \frac{I}{c} \left[\frac{W}{m^2} \frac{s}{m} = \frac{Ws}{m^3} = \frac{J}{m^3} \right]$$



- Hustota akustické energie je ve všech místech pole stejná
- Každý směr dopadu zvuku je stejně pravděpodobný
- Hustota energie je součtem hustoty energie ze všech směrů

$$w = konst.$$

$$\frac{dw}{d\Omega} = konst.$$

$$w = 4\pi \frac{dw}{d\Omega}$$

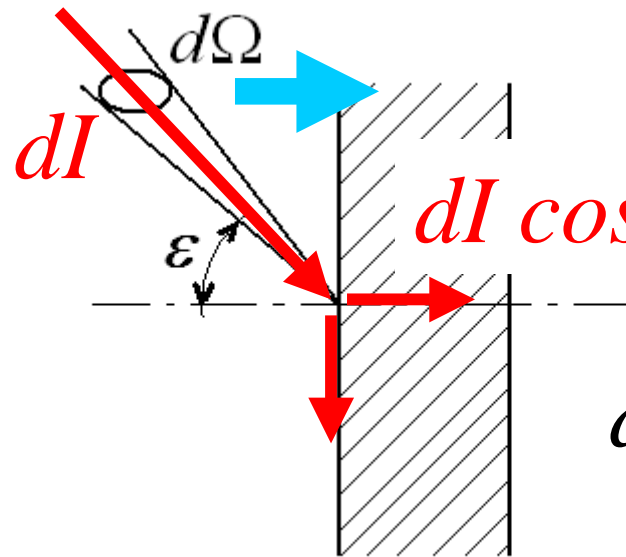
$$w = 4\pi \frac{dw}{d\Omega} / c$$

$$I = 4\pi \frac{dI}{d\Omega}$$

dI [W.m⁻²] je elementární intenzita ze směru, který je určen prostorovým úhlem $d\Omega$

I [W.m⁻²] intenzita rovinné vlny ve volném poli, která způsobí stejný sluchový vjem, jako difúzní pole

$$dI = \frac{Id\Omega}{4\pi}$$



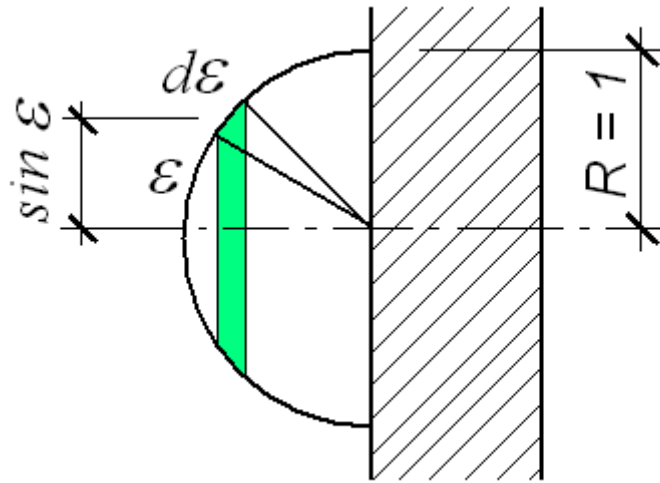
dP [W] pohlcený akustický
výkon způsobený intenzitou dI

$$dP = dI \cos \varepsilon S \alpha$$

$$dP = \frac{I d\Omega}{4\pi} \cos \varepsilon A$$

$$dP = \frac{I A}{4\pi} \cos \varepsilon d\Omega$$

$$dI = \frac{I d\Omega}{4\pi}$$



$$dP = \frac{I A}{4\pi} \cos \varepsilon d\Omega$$

$$d\Omega = 2\pi \sin \varepsilon d\varepsilon$$

$$dP = \frac{I A}{4\pi} \cos \varepsilon 2\pi \sin \varepsilon d\varepsilon$$

$$dP = \frac{I A}{2} \sin \varepsilon \cos \varepsilon d\varepsilon$$

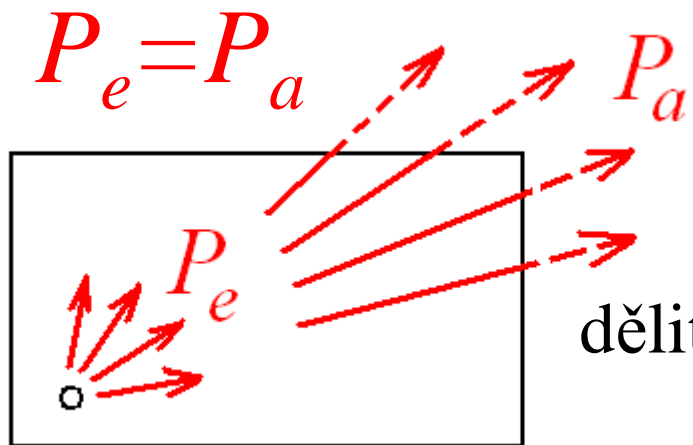
$$P = \frac{I A}{2} \int_0^{\pi/2} \sin \varepsilon \cos \varepsilon d\varepsilon = \frac{I A}{4}$$

$$P_i = \frac{I A_i}{4}$$

Akustický výkon pohlcený i -tou stěnou

Akustický výkon pohlcený celou místností

$$P_a = \frac{I}{4} \sum A_i = \frac{I A}{4}$$



$$P_e = \frac{I A}{4}$$

$$I = P_e \frac{4}{A}$$

dělit 10^{-12} logaritmovat a násobit 10-ti

$$10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{P_e}{P_0} + 10 \log \frac{4}{A}$$

$$L = L_w + 10 \log \frac{4}{A}$$

Se zvyšováním zvukové pohltivosti se postupně ruší difúznost zvukového pole a tedy platnost odvozeného vztahu



Bezdozvuková komora

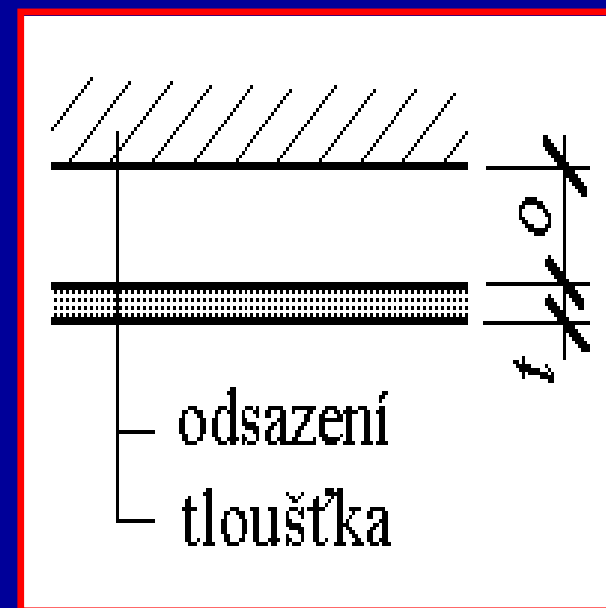
$\alpha_m \Rightarrow 1$ difúzní pole s hladinou L vůbec nevznikne

$$L = L_w + 10 \log \frac{4(1 - \alpha_m)}{A}$$

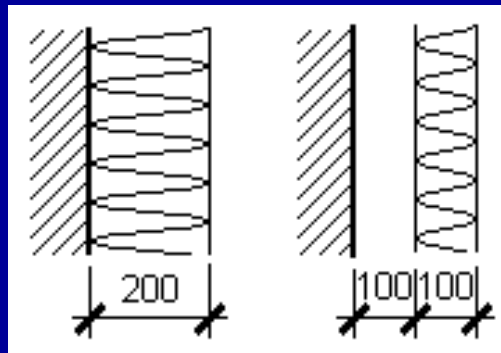
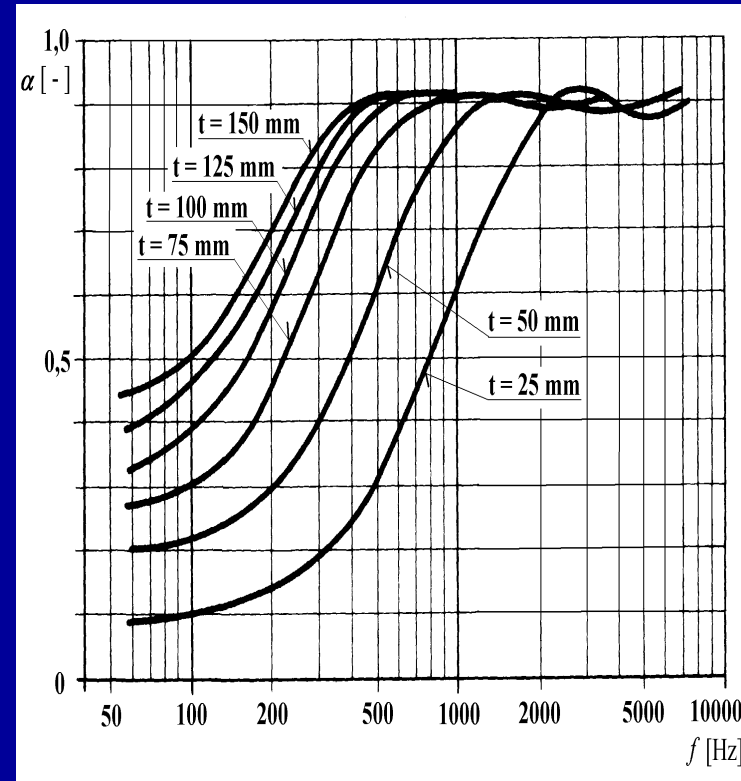
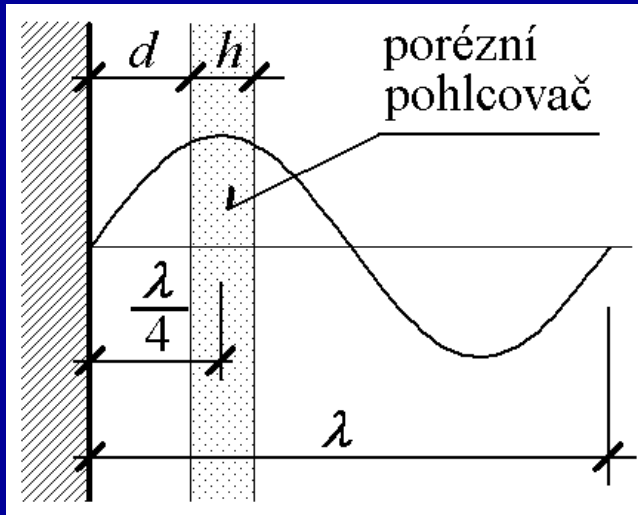
$$L = L_w + 10 \log \frac{4}{A}$$

Konstrukce na pohlcování zvuku

- Porézní pohlcovače
- Kmitající membrány a desky
- Dutinové rezonátory
- Kombinované pohlcovače



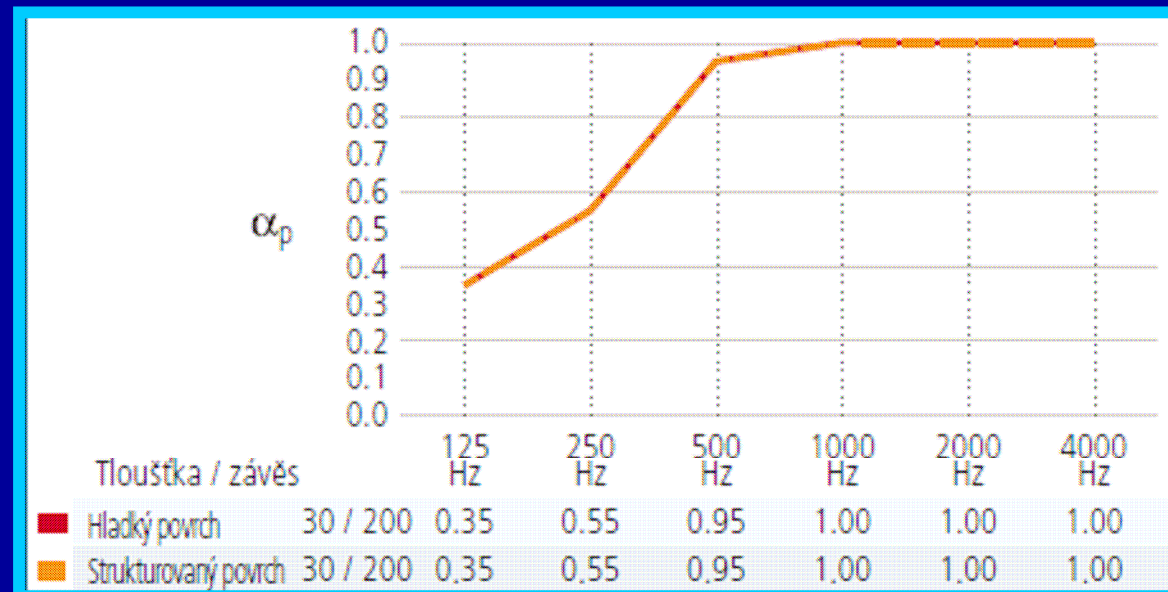
Porézní pohlcovače



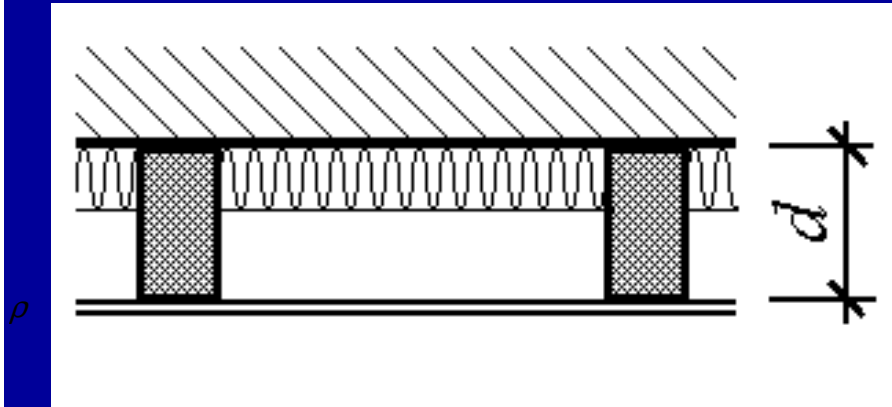
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{c}{4f} = \frac{340}{4 \cdot 1000} = 0,085 \text{ m} = 85 \text{ mm}$$

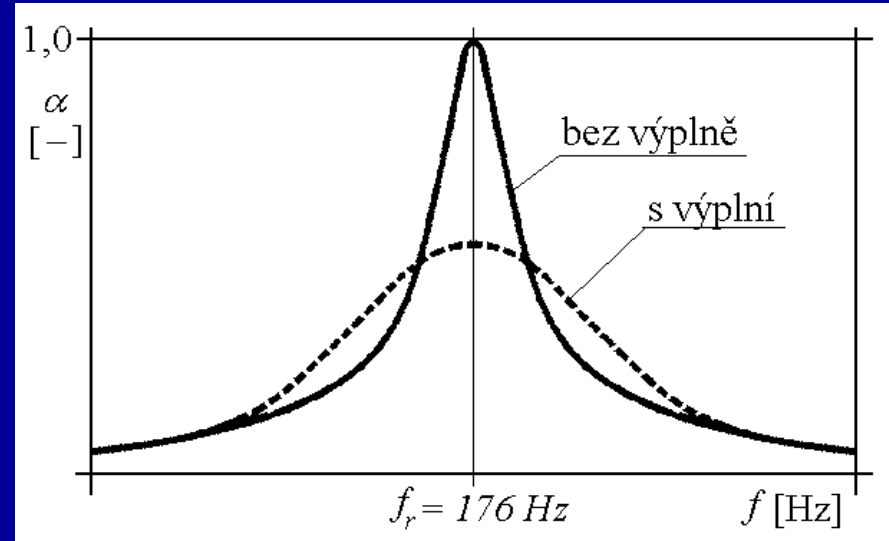
Porézní pohlcovače



Kmitající membrány a desky



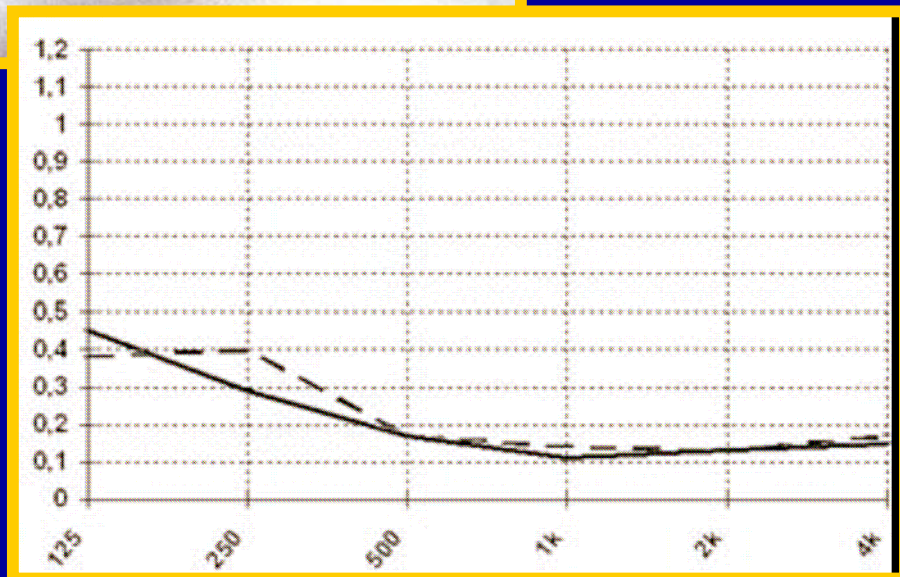
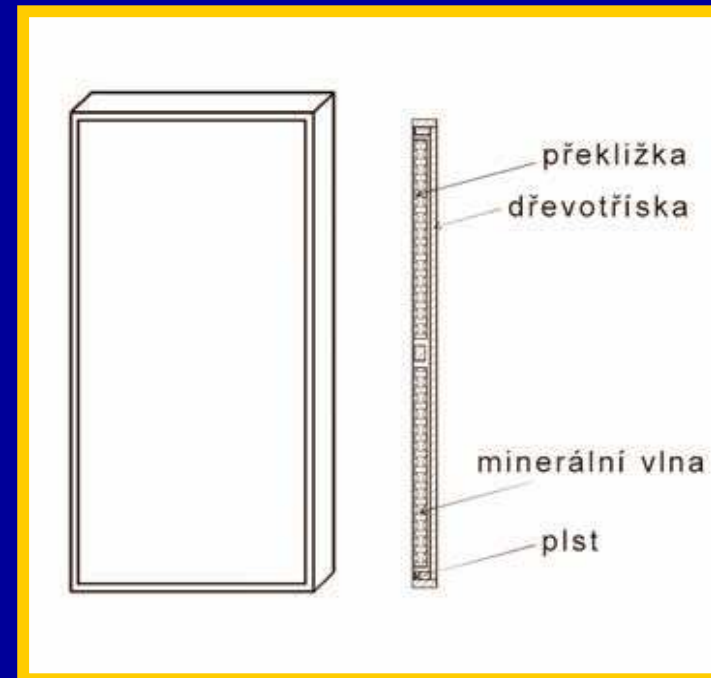
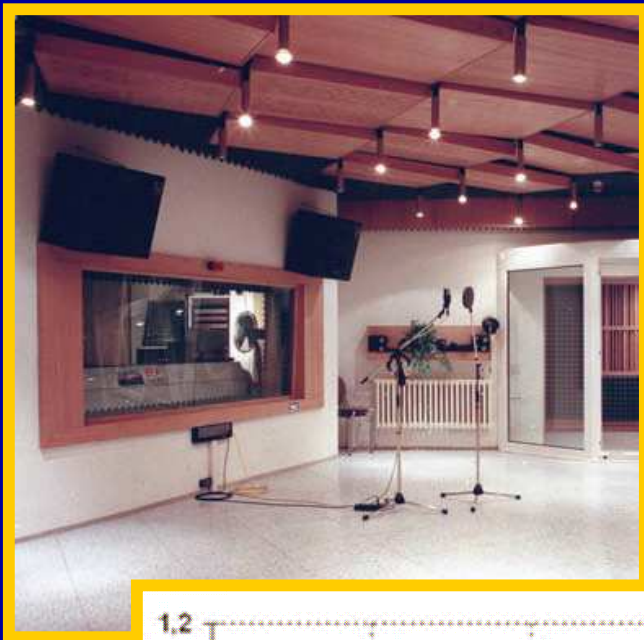
Má se stanovit rezonanční kmitočet novodurové fólie tloušťky $h = 1$ mm napjaté ve vzdálenosti $d = 80$ mm od povrchu stěny. Objemová hmotnost novoduru = 1450 kg.m^{-3} .



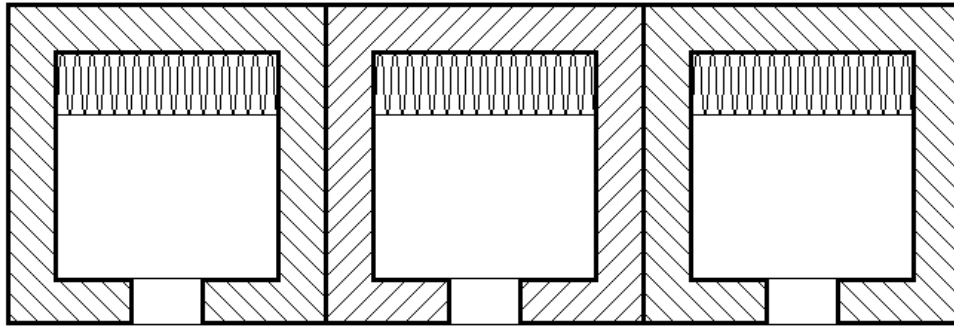
$$m' = \rho \cdot h = 1450 \cdot 0,001 = 1,45 \text{ kg.m}^{-2}$$

$$f_r = \frac{60}{\sqrt{m'd}} = \frac{60}{\sqrt{1,45 \cdot 0,08}} = \underline{\underline{176 \text{ Hz}}}$$

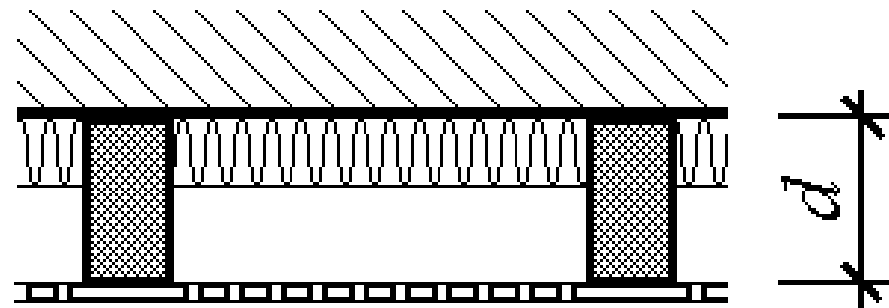
Kmitající membrány a desky



Dutinové rezonátory

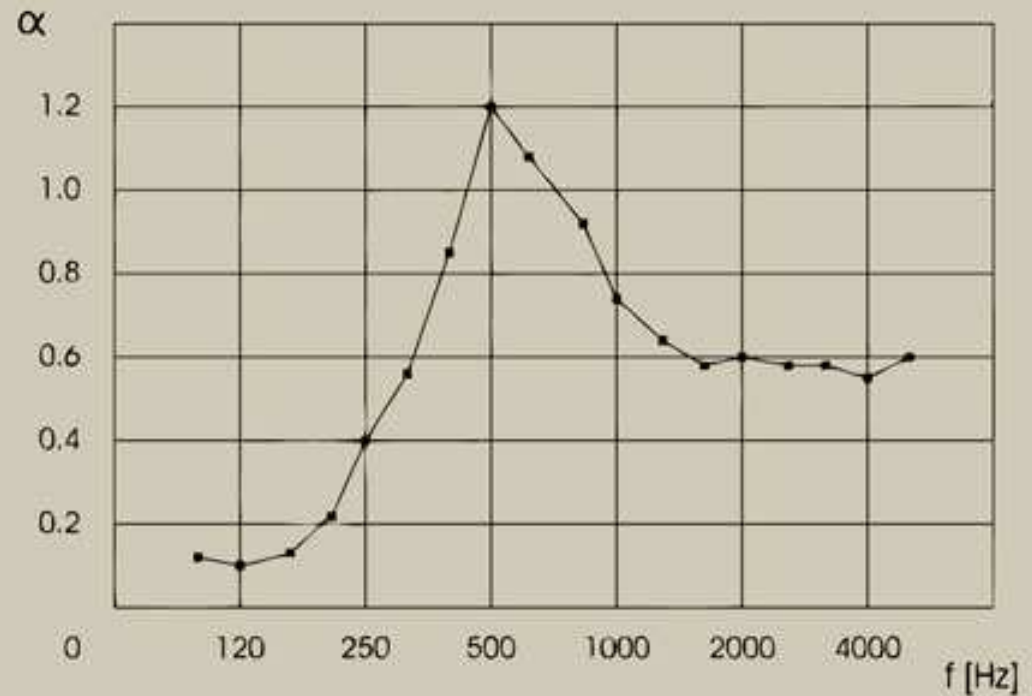


tvárniceové rezonátory

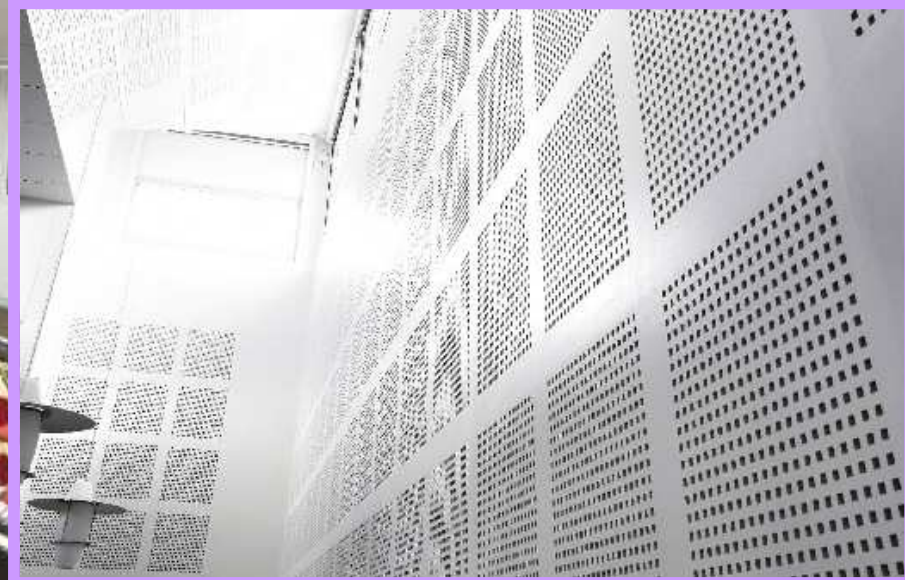


rezonátor typu děrovaná deska

Dutinové rezonátory



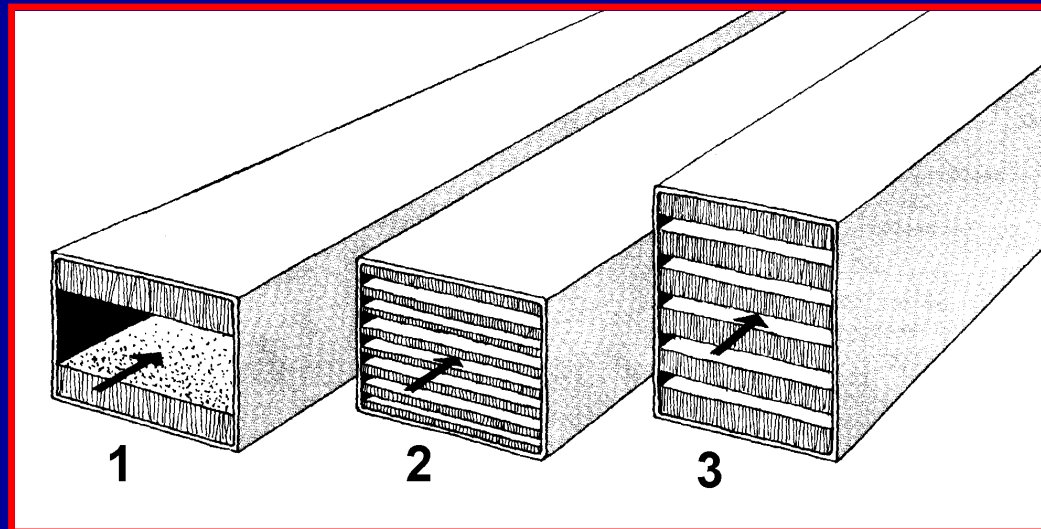
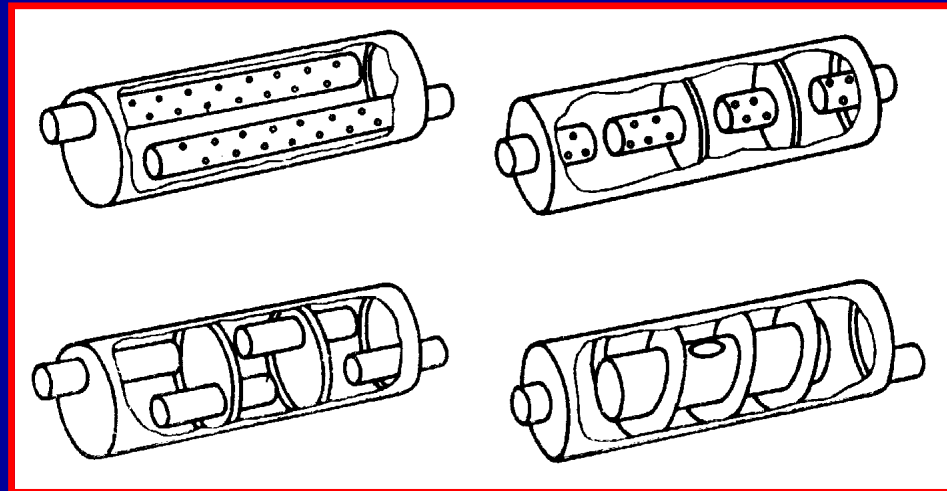
Dutinové rezonátory



Kombinované pohlcovače

- vícenásobné rezonanční soustavy tvořené několika rezonančními prvky řazenými za sebou
- akustická tělesa = prostorové útvary vyrobené většinou z pórovitého materiálu krytého pletivem nebo tkaninou a mající tvar jednoduchých geometrických těles. Tyto předměty se zavěšují pod stropní konstrukci

Šíření zvuku ve zvukovodu



Akustika ve výstavbě

- Urbanistická akustika
- Akustika konstrukcí
- Prostorová akustika