



BUKA U ZATVORENOM PROSTORU

► Zvučno polje u zatvorenom prostoru velikih dimenzija modelira se primenom:

✗ Geometrijskog modela.

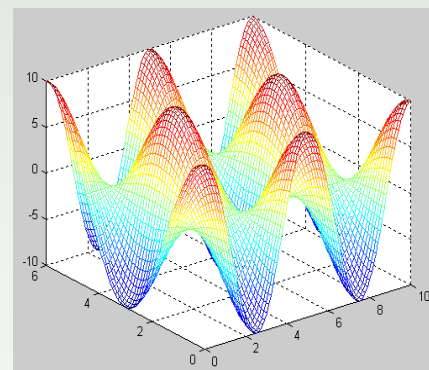
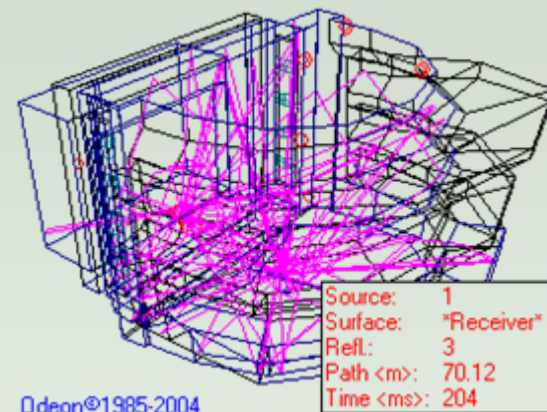
Zvučni fenomeni se opisuju i objašnjavaju osnovnim principima geometrijske optike.

✗ Talasnog modela.

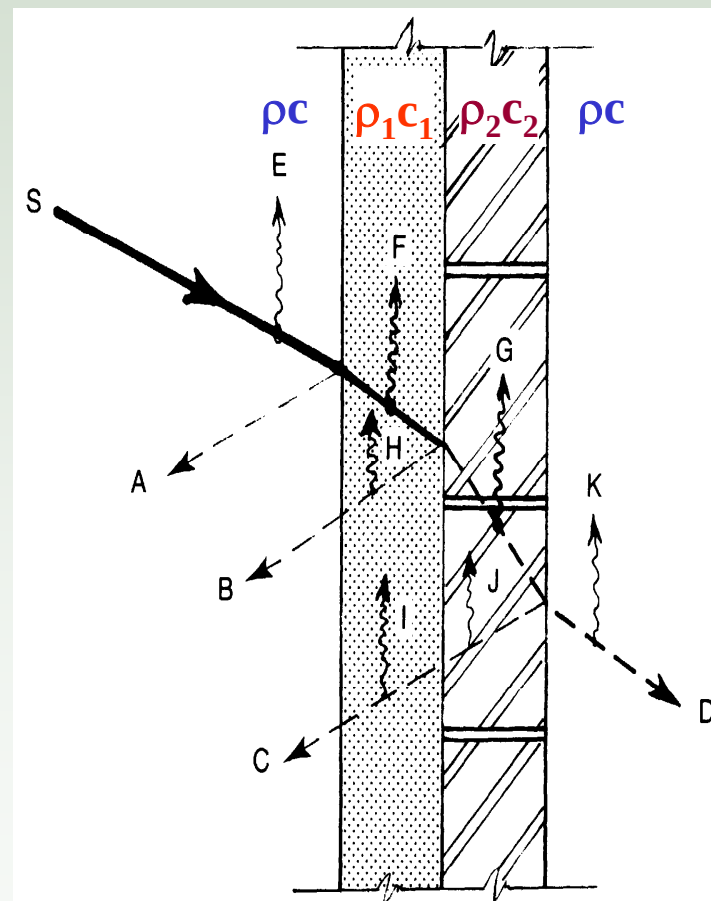
Primenjuje se samo na prostore jednostavnog geometrijskog oblika sa graničnim površinama prostorije od istog materijala.

✗ Statističkog modela.

Primenjuje se na prostore velikih dimenzija, nepravilnog geometrijskog oblika sa graničnim površinama koje mogu biti od različitih materijala.



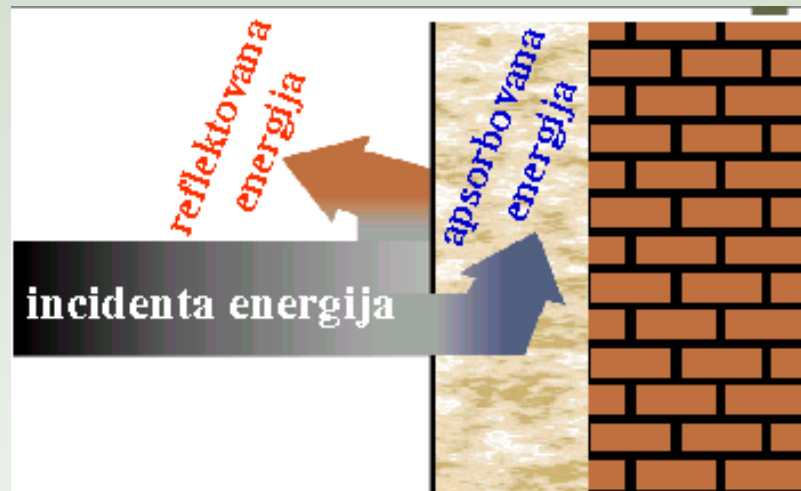
- ▶ Osnova statističke teorije bazira se na pojavi disipacije – gubljenja zvučne energije na graničnim površinama prostorije. Iz tih razloga neophodno je prvo definisati veličinu koja karakteriše gubitke energije pri refleksiji talasa.
- ▶ Pri nailasku zvučnih talasa na diskontinuitet sredine sa različitim specifičnim impedansama deo zvučne energije se reflektuje (A+B+C).
- ▶ Deo energije se nepovratno gubi usled disipacije i pretvaranja u toplotnu energiju pri prostiranju talasa kroz vazdušnu sredinu (E+K) i pri prostiranju talasa kroz slojeve granične površine prostorije (F+G+H+J+I).
- ▶ Deo energije se prenosi na drugu stranu granične površine (D).



▶ Deo energije koji se nepovratno gubi apsorbovanjem slojem graničnih površina prostorije određen je koeficijentom apsorpcije, α , kao osnovnom karakteristikom apsorpcione moći nekog materijala.

▶ Koeficijent apsorpcije se definiše kao odnos apsorbovane energije u jedinici vremena, P_α , i ukupne (incidentne) energije u jedinici vremena, P_u , koju donese progresivni talas na graničnu površinu:

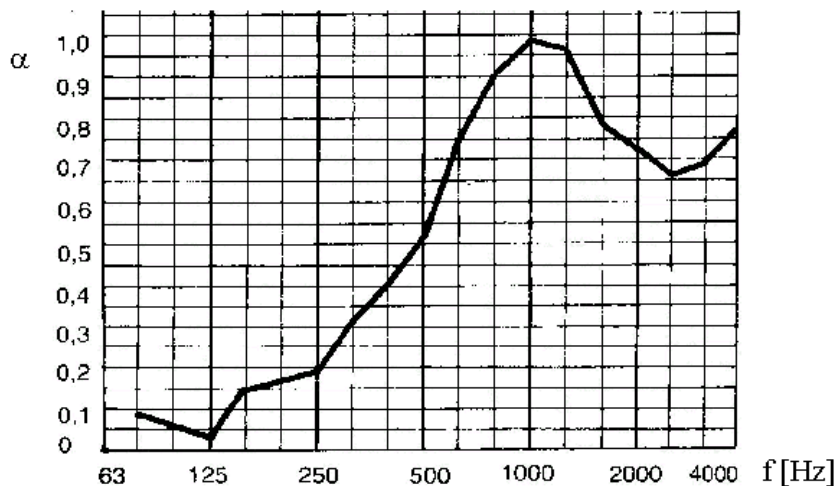
$$\alpha = \frac{P_\alpha}{P_u}$$



▶ Prema zakonu o održanju energije, ukupna energija jednaka je zbiru reflektovane energije, P_r , i apsorbovane energije u jedinici vremena tako da postoji veza između koeficijenta apsorpcije i koeficijenta refleksije, r :

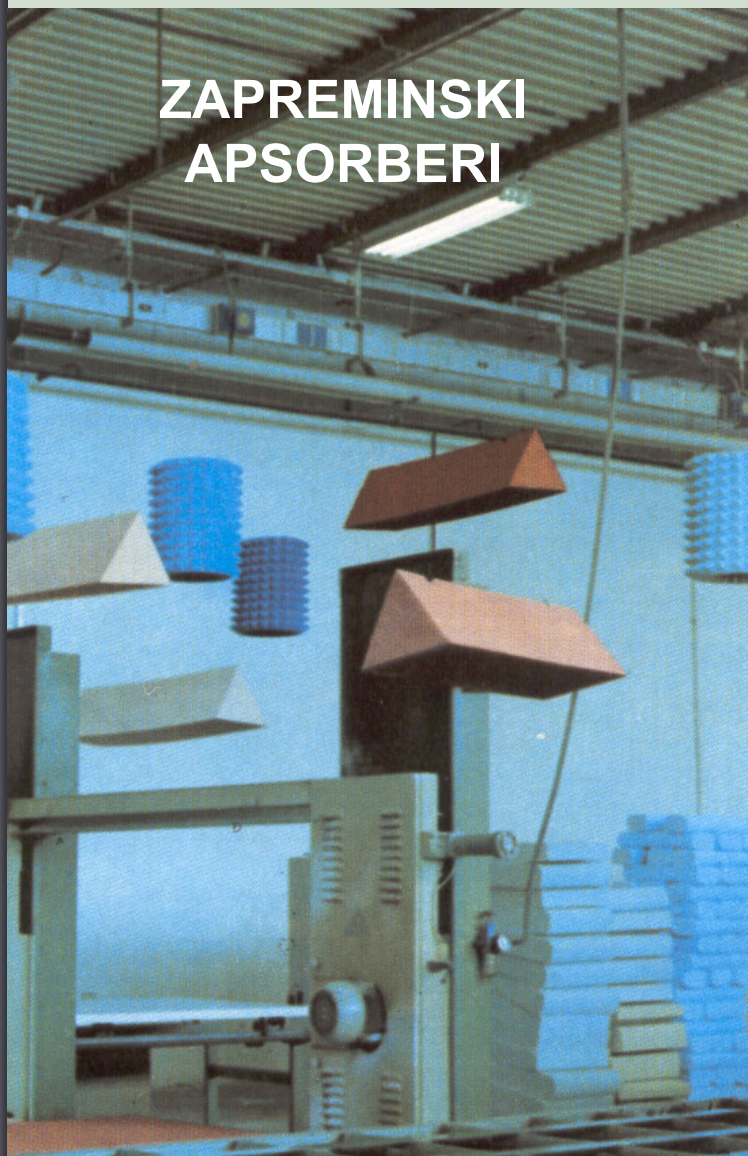
$$r = \frac{P_r}{P_u} = \frac{P_u - P_\alpha}{P_u} = 1 - \alpha$$

- ▶ Vrednost koeficijenta apsorpcije je bezdimezionalna veličina, frekvencijski zavisna i kreće se u opsegu $0 \div 1$.
- ▶ Male vrednosti koeficijenta apsorpcije imaju materijali kod kojih se specifična impedansa znatno razlikuje od specifične impedanse vazduha. Takvi materijali nazivaju se reflektujući materijali (beton, staklo, metal...).
- ▶ Velike vrednosti koeficijenta apsorpcije imaju materijali kod kojih se specifična impedansa bliska specifičnoj impedansi vazduha. Takvi materijali nazivaju se apsorpcioni materijali (mekani, rastresiti porozni materijali, akustički i mehanički apsorberi...).

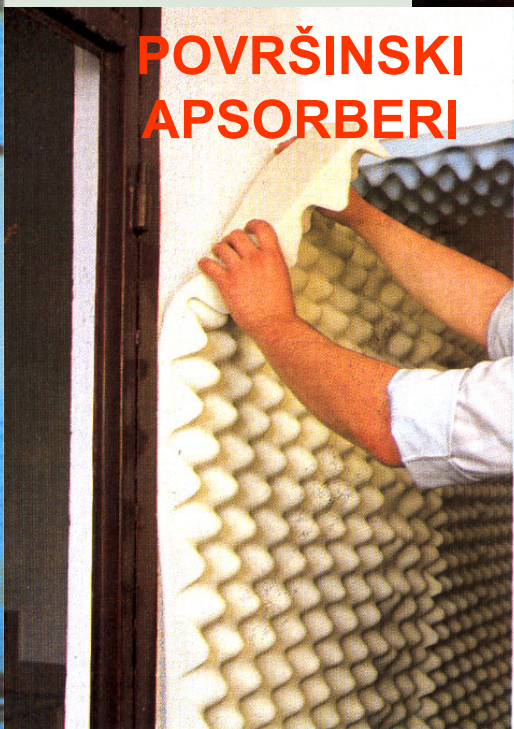


- ▶ Kod apsorpcionih materijala koeficijent apsorpcije je veći ili jednak 0.3.
- ▶ Koeficijent apsorpcije ima vrednost 1 za slučaj otvorenog prozora velikih dimenzija u odnosu na talasnu dužinu.

ZAPREMINSKI
APSORBERI



POVRŠINSKI
APSORBERI



STRELJANA



- Kod realnih prostora granične površine su od materijala različitih apsorpcionih karakteristika. Tada se definiše srednji koeficijent apsorpcije zvuka kao:

$$\alpha = \frac{A}{S}$$

A – apsorpciona površina prostorije, [m²]
 S – ukupna površina prostorije, [m²]

$$S = 2(ab + ac + bc)$$

za slučaj paralelopipedne prostorije
dimenzija: **a x b x c**

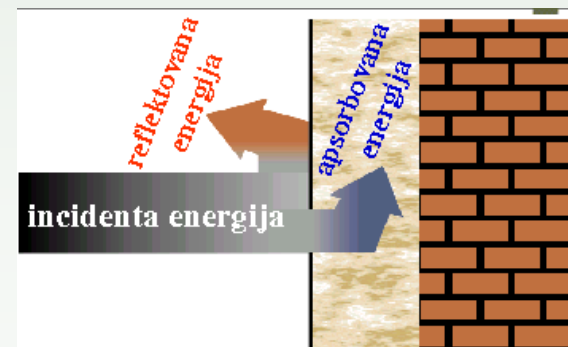
- Apсорpciona površina prostorije (ili kraće apsorpcija prostorije) predstavlja površinu sa koeficijentom apsorpcije 1 (otvoreni prozor) čiji je efekat apsorbovanja energije identičan apsorbovanju energije graničnim površinama prostorije:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i$$

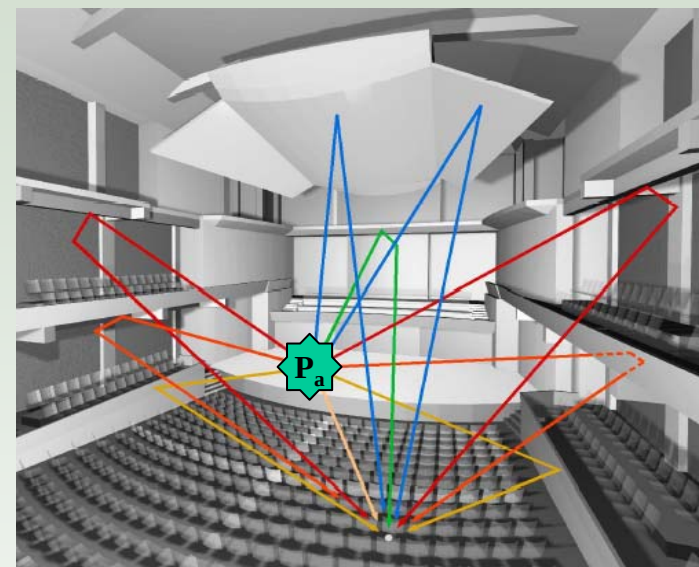
α_i – koeficijent apsorpcije i-tog materijala
 S_i – površina i-tog materijala, [m²]

- ▶ Prostorija sa različitim apsorpcionim materijalima, u pogledu apsorbovanja energije, se ponaša kao prostorija sa idealno krutim zidovima ($\alpha=0$) na kojim postoji “otvoreni prozor” ukupne površine A.
- ▶ Statistička teorija se koristi za opisivanje zvučnog polja:
 - ✗ prostorija velikih dimenzija: $\lambda \leq V^{1/3}$
 - ✗ prostorija nepravilnog oblika sa nehomogenom strukturom graničnih površina u pogledu njihove apsorpcione moći
 - ✗ na višim frekvencjama, $f > 100\text{Hz}$
- ▶ Statistička teorija se zasniva na zakonu o održanju energije.

$$P_u = P_r + P_a$$



- ▶ Prostorija se posmatra kao rezervoar zvučne energije u kome se odigrava proces generisanja i “trošenja” zvučne energije.
- ▶ Posmatra se prostorija sa relativno malim srednjim koeficijentom apsorpcije (manji od 0.3) u koju je smešten izvor zvuka, zvučne snage P_a , koji generiše i definiše ukupnu zvučnu energiju u prostoriji.



- ▶ Kada prostorija ima relativno mali koeficijent apsorpcije, zvučni talasi koje generiše izvor zvuka višestruko se reflektuju (pri svakoj refleksiji gubi se deo zvučne energije), pre nego što oslabe toliko da se njihov doprinos ukupnom zvučnom polju može zanemariti.
- ▶ Dugo zadržavanje zvučnih talasa i energije u prostoriji omogućava uvođenje sledećih hipoteza:

H1

U svaku tačku prostorije dolazi istovremeno mnoštvo talasa koji su prešli različite puteve tako da imaju različite amplitude i fazne stavove.

H2

U svakoj tački prostorije svi pravci nailaska talasa i njihovi fazni stavovi su pojednako zastupljeni i verovatni.

H3

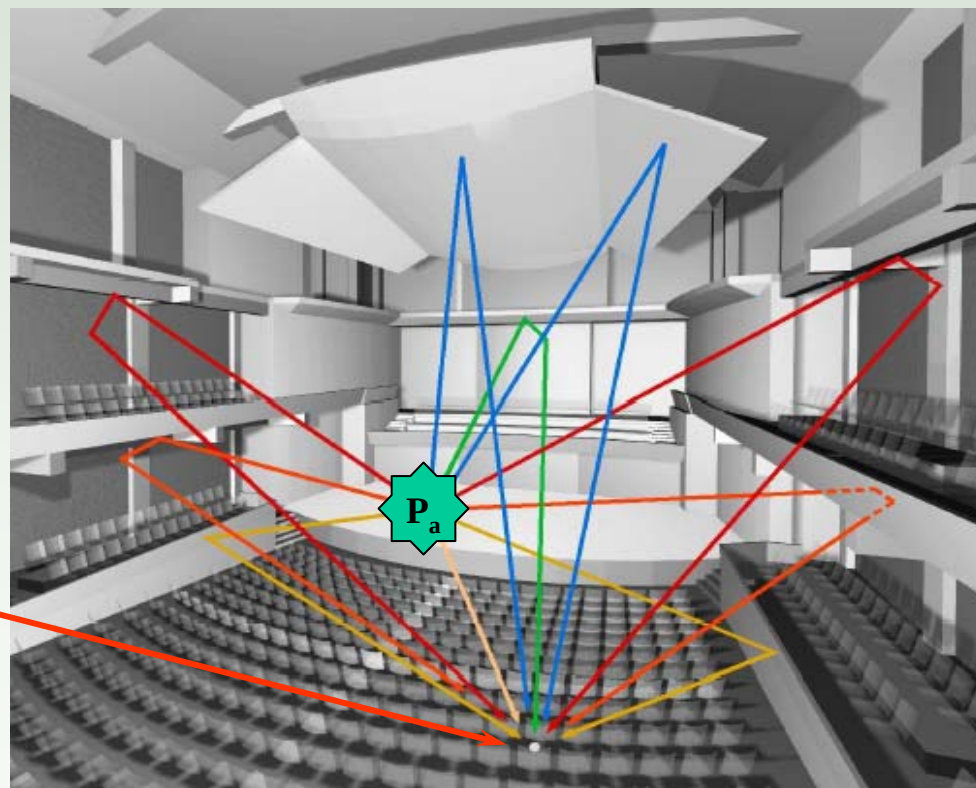
Svaki talas pri svom kretanju kroz prostoriju prođe dovoljno blizu svake tačke prostorije.

- ▶ Ako su ispunjene navedene hipoteze tada u prostoriji postoji **DIFUZNO** i **HOMOGENO** zvučno polje.
- ▶ Difuznost i homogenost zvučnog polja su osnov za primenu statističke teorije.
- ▶ Posledica difuznosti i homogenosti zvučnog polja je: **INTENZITET ZVUKA JE U SVIM TAČKAMA PROSTORIJE ISTI.**
- ▶ Izuzetak od gornjeg pravila postoji samo u neposrednoj blizini zvučnog izvora gde direktan talas može biti dominantan i to uglavnom u slučaju kada prostorija ima srednji koeficijent apsorpcije veći od 0.3.

- Posledica ispunjenosti hipoteza
H1 i H2:

REZULTUJUĆI INTENZITET
ZVUKA U SVIM TAČKAMA
PROSTORIJE JEDNAK JE
ZBIRU INTENZITETA
ZVUKA SVIH TALASA.

$$I = \sum_i I_i$$



► Proces nastajanja zvučnog polja u prostoriji:

1.

PORAST ZVUČNE ENERGIJE

- ✗ Uključivanjem izvora zvuka on stalno emituje zvučnu energiju.
- ✗ Ukupna energija u prostoriji u početku se povećava.
- ✗ Gubici energije na graničnim površinama prostorije su srazmerni ukupnoj raspoloživoj energiji u prostoriji tako da i gubici rastu nakon uključenja izvora.

2.

STACIONARNO STANJE

- ✗ U jednom trenutku gubici zvučne energije postaju jednaki energiji koju emituje izvor. $P_a = P_g$
- ✗ Ukupna energija u prostoriji prestaje da raste i stanje ostaje nepromenjeno sve dok izvor radi.

3.

OPADANJE ZVUČNE ENERGIJE

- ✗ Po prestanku rada izvora ukupna energija u prostoriji počinje da opada usled gubitaka koji nastaju na graničnim površinama prostorije.
- ✗ Proces se završava kada se sva raspoloživa energija u prostoriji apsorbuje na graničnim površinama.

► Rešavanjem diferencijalna jednačina za gustinu energije za početne uslove:

$$\frac{dE}{dt} + \frac{cA}{4V} E = \frac{P_a}{V}$$

zakon promene gustine energije pri porastu energije u prostoriji.

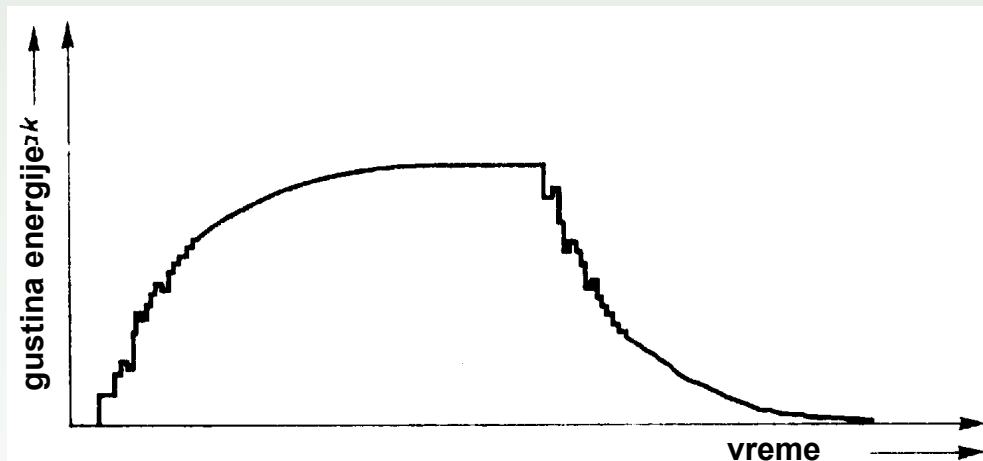
$$E = \frac{4P_a}{cA} \left(1 - e^{-\frac{cA}{4V}t} \right)$$

zakon opadanja gustine energije

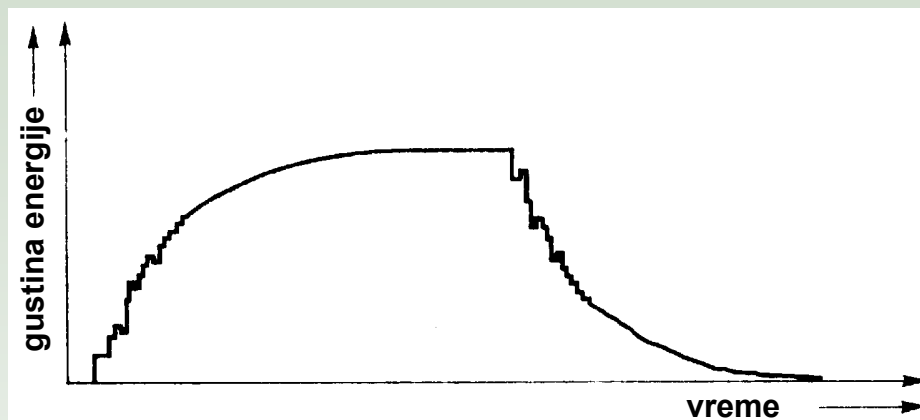
$$E = \frac{4P_a}{cA} e^{-\frac{cA}{4V}t} = E_0 e^{-\frac{cA}{4V}t}$$

- Gustina zvučne energije raste po eksponencijalnom zakonu i asimptotski se približava vrednosti gustine energije u uslovima stacionarnog stanja, E_0 .

$$t \rightarrow \infty, E = E_0 = \frac{4P_a}{cA}$$



- Na osnovu dobijenih rešenja za porast i opadanje gustine zvučne energije u prostoriji mogu se izvesti odgovarajući izrazi za:



- ⊕ porast intenziteta zvuka u prostoriji

$$I = \frac{4P_a}{A} \left(1 - e^{-\frac{cA}{4V}t} \right)$$

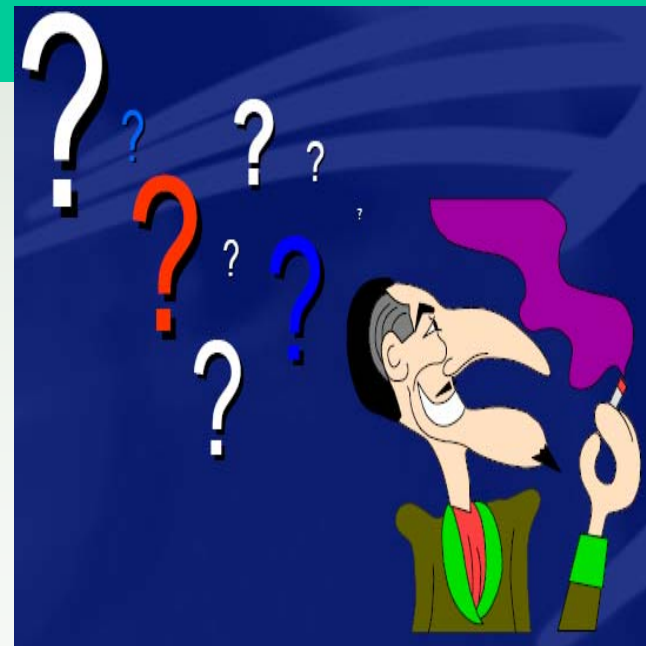
- ⊕ opadanje intenziteta zvuka u prostoriji

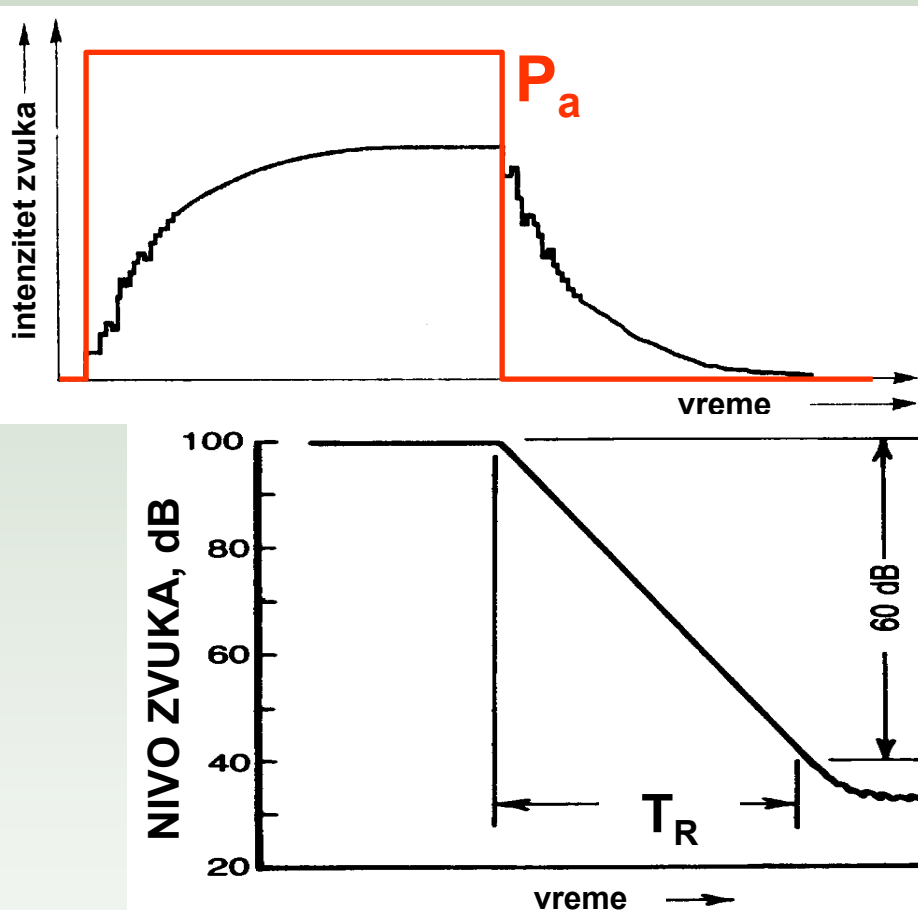
$$I = \frac{4P_a}{A} e^{-\frac{cA}{4V}t} = I_0 e^{-\frac{cA}{4V}t}$$

- ⊕ stacionarno stanje

$$t \rightarrow \infty, I = I_0 = \frac{4P_a}{A}$$

1. Koeficijent apsorpcije.
2. Apsorpcija prostorijske.
3. Hipoteze statističke teorije.
4. Proces generisanje zvučnog polja.
5. Jednačine porasta i opadanja nivoa.
6. Stacionarno stanje





- Proces i brzina opadanja zvučne energije u prostoriji opisuje se vremenom reverberacije.
- **Vreme reverberacije, T_R [s]**, se definiše kao vreme potrebno da zvučna energija u prostoriji opadne nakon isključenja izvora zvuka na milioniti deo vrednosti u odnosu na stacionarno stanje.

VREME REVERBERACIJE

VREME POTREBNO DA NIVO ZVUKA OPADNE ZA 60dB

- Nakon isključenja izvora zvuka, gustina energije (odnosno intenzitet zvuka) u prostoriji opada po eksponencijalnom zakonu, dok nivo zvuka opada po linearnom zakonu!

- ▶ Vreme reverberacije je osnovna akustička karakteristika prostorije koja omogućuje izračunavanje intenziteta zvuka u stacionarnom stanju:

$$I_0 = \frac{4P_a}{A} \quad \rightarrow \quad I_0 = \frac{25P_a T_R}{V}$$
$$T_R = 0.162 \frac{V}{A}$$

- ▶ Pri izvođenju Sabinovog obrasca uzeto je u obzir samo slabljenje energije usled apsorpcije graničnih površina. Na višim frekvencijama treba uzeti u obzir i disipaciju zvuka u vazduhu definisanu koeficijentom disipacije m :

$$T_R = 0.162 \frac{V}{A + 4mV}$$

- ▶ Pored toga što Sabinov obrazac važi samo za prostorije sa $T_R > 0.8s$, on ima još jedan nedostatak:

- ⊕ Pri potpunoj apsorpciji graničnih površina ($\bar{\alpha}=1$) vreme reverberacije nije jednako nuli!

$$T_R = 0.162 \frac{V}{A} = 0.162 \frac{V}{\bar{\alpha} S} = 0.162 \frac{V}{S}$$

- **Eyring** je 1930. izveo novu, precizniju formulu, uzimajući u obzir broj refleksija u prostoriji i dužinu srednjeg slobodnog puta:

Ajringov obrazac

$$T_R = 0.162 \frac{V}{-S \ln(1 - \bar{\alpha})}$$

gde je srednji koeficijent apsorpcije definisan kao:

$$-\ln(1 - \bar{\alpha}) = \bar{\alpha}/1 + \bar{\alpha}^2/2 + \bar{\alpha}^3/3 + \dots$$

Sabinov obrazac

Vreme reverberacije je frekvencijski zavisna veličina!

- ▶ Vreme reverberacije definiše vreme zadržavanja zvučne energije u prostoriji, odnosno brzinu “nestanka” energije nakon isključenja izvora.

Duže vreme reverberacije – duže zadržavanje energije!

- ▶ Duže vreme reverberacije utiče na razumljivost govora u prostorijama.

➤ Dodatna reverberacija povoljno utiče na subjektivni doživljaj muzike, dodajući određene komponente prostora kojih nema pri slušanju muzike na otvorenom prostoru.

➤ Optimalno vreme reverberacije zavisi od namene prostorije i njene zapremine:

⊕ Pozorišta i slušaonice

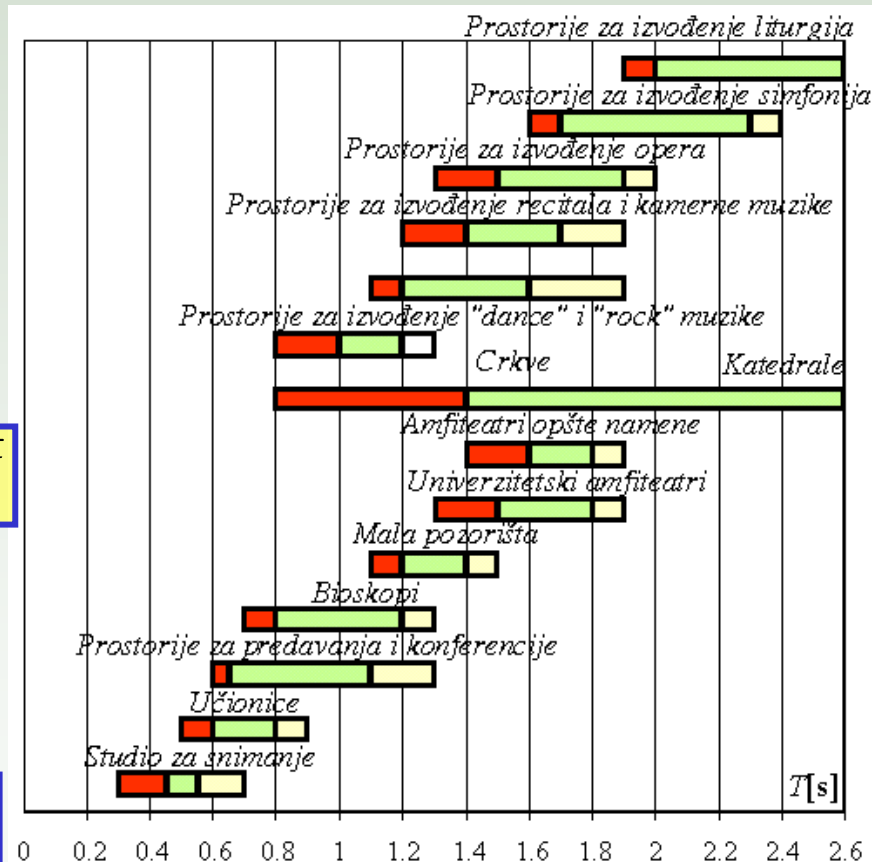
$$T_{\text{Ropt}} = (7.5/100)^3 \sqrt{V}$$

⊕ Koncertne dvorane

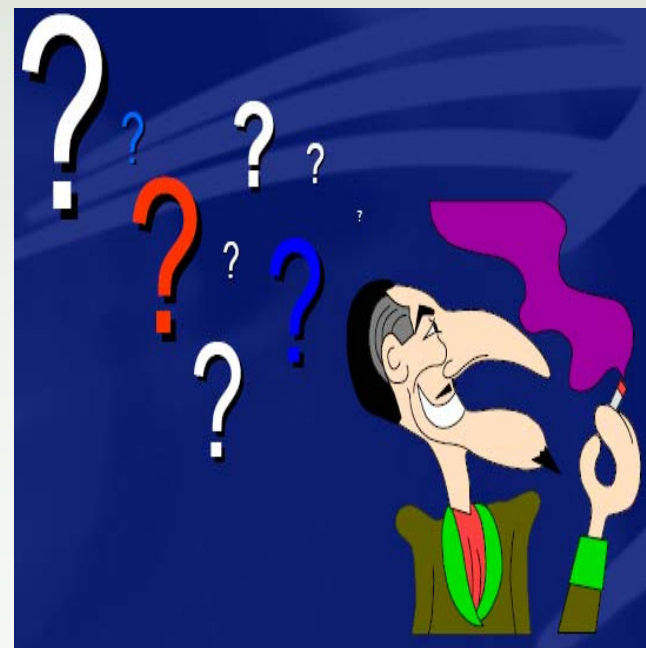
$$T_{\text{Ropt}} = (9/100)^3 \sqrt{V}$$

⊕ Crkvena muzika

$$T_{\text{Ropt}} = (10/100)^3 \sqrt{V}$$



1. Vreme reverberacije.
2. Sabinov obrazac.
3. Ajringov obrazac.
4. Merenje vremena reverberacije.
5. Optimalno vreme reverberacije.



► Akustičkom obradom radnih, poslovnih ili stambenih prostorija, odnosno ugradnjom apsorpcionih materijala:

- ⊕ Povećava se apsorpciona površina prostorije (ukupna apsorpcija prostorije).

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i$$

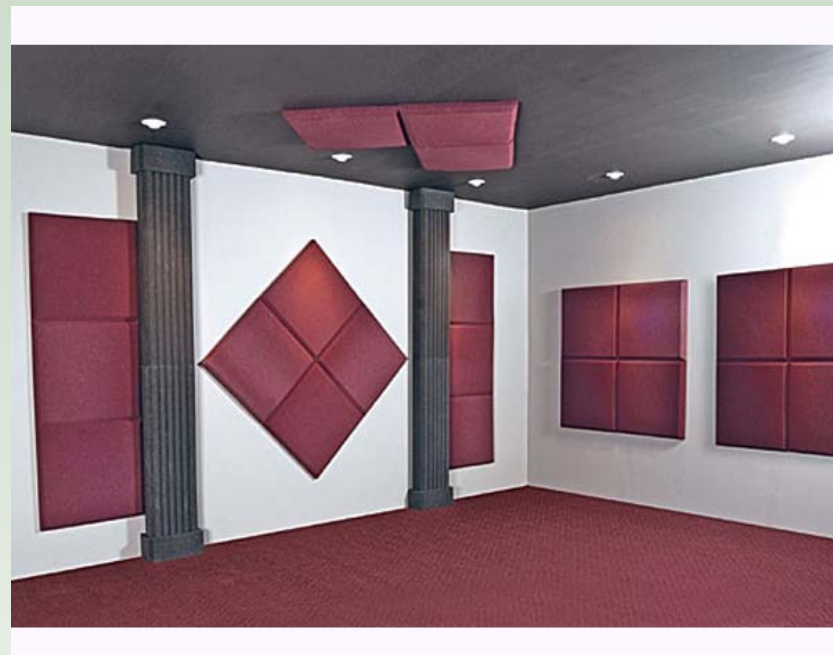
- ⊕ Smanjuje se efekat talasa reflektovanih od graničnih površina prostorije

$$I_r = \frac{4P_a}{A} (1 - \bar{\alpha})$$

- ⊕ Smanjuje se vreme reverberacije

$$T_R = 0.162 \frac{V}{A}$$

- ⊕ **Smanjuje se nivo buke u prostoriji kao krajni efekat akustičke obrade!**



PRE AKUSTIČKE OBRAD

POSLE AKUSTIČKE OBRAD

✚ Apsorpciona površina:

$$A \leftarrow A' > A \rightarrow A'$$

✚ Vreme reverberacije:

$$T_R = 0.162 \frac{V}{A}$$

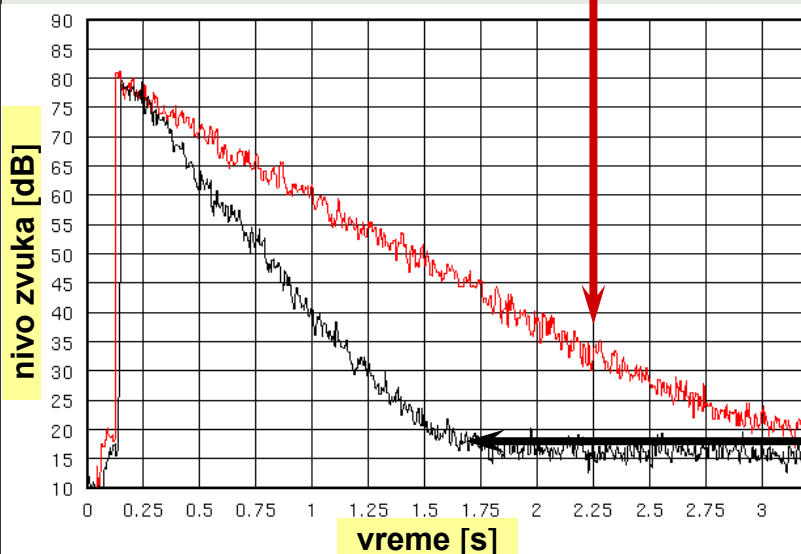
$$T'_R < T_R$$

$$T'_R = 0.162 \frac{V}{A'}$$

✚ Zadržavanje talasa u prostorijs:

**PRAZNA
PROSTORIJA**

**PROSTORIJA SA
TEPIHOM**



Udarac dlana o dlan



Govor



PRE AKUSTIČKE OBRAD

POSLE AKUSTIČKE OBRAD

Intenzitet zvuka:

1.

Smanjenje nivoa buke:

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

$$A' > A \Rightarrow \frac{A}{A'} < 1$$
$$\Delta L < 0$$

$$I' = \frac{4P_a}{A'}$$

$$\Delta L = L' - L = 10 \log \frac{I'}{I_0} - 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I'}{I} = 10 \log \frac{A}{A'}$$

$$L' < L \Rightarrow \Delta L < 0$$

POVEĆANJEM APSORPCIONE POVRŠINE PROSTORIJE
NIVO BUKE U PROSTORIJI SE SMANJUJE !

Intenzitet zvuka:

2.

Smanjenje nivoa buke:

$$I = \frac{25P_a T_R}{V}$$

$$T'_R < T_R \Rightarrow \frac{T'_R}{T_R} < 1$$
$$\Delta L < 0$$

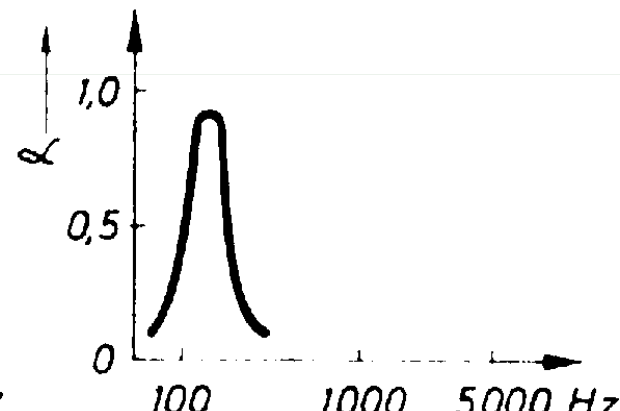
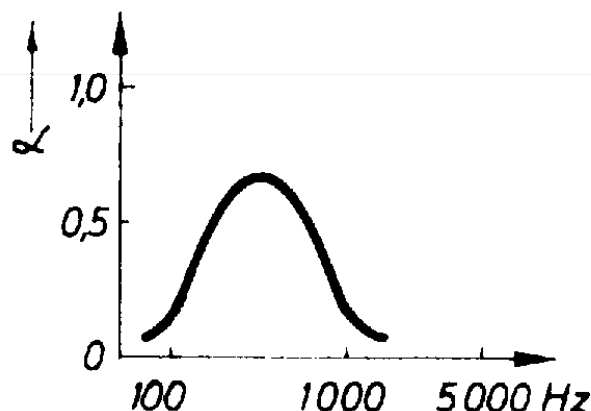
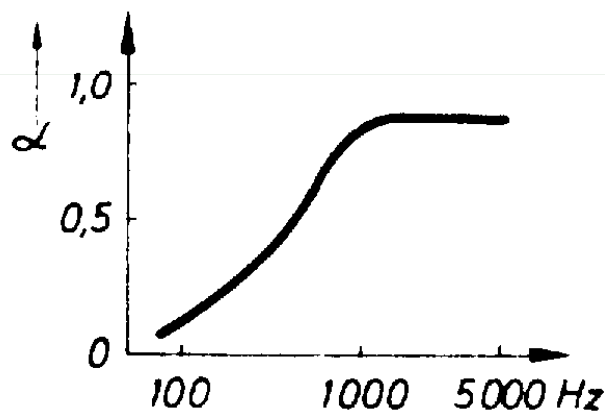
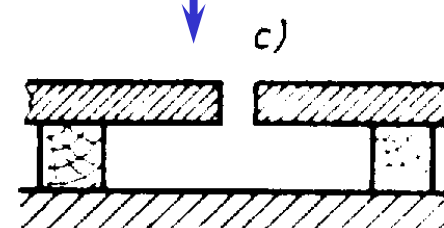
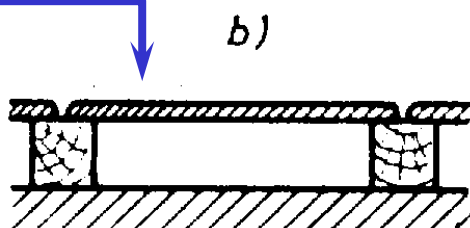
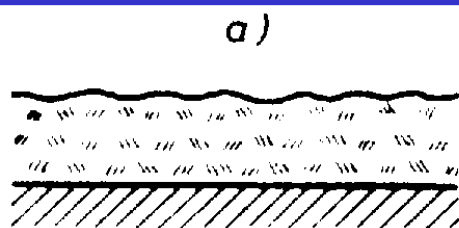
$$I' = \frac{25P_a T'_R}{V}$$

$$\Delta L = L' - L = 10 \log \frac{I'}{I_0} - 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I'}{I} = 10 \log \frac{T'_R}{T_R}$$

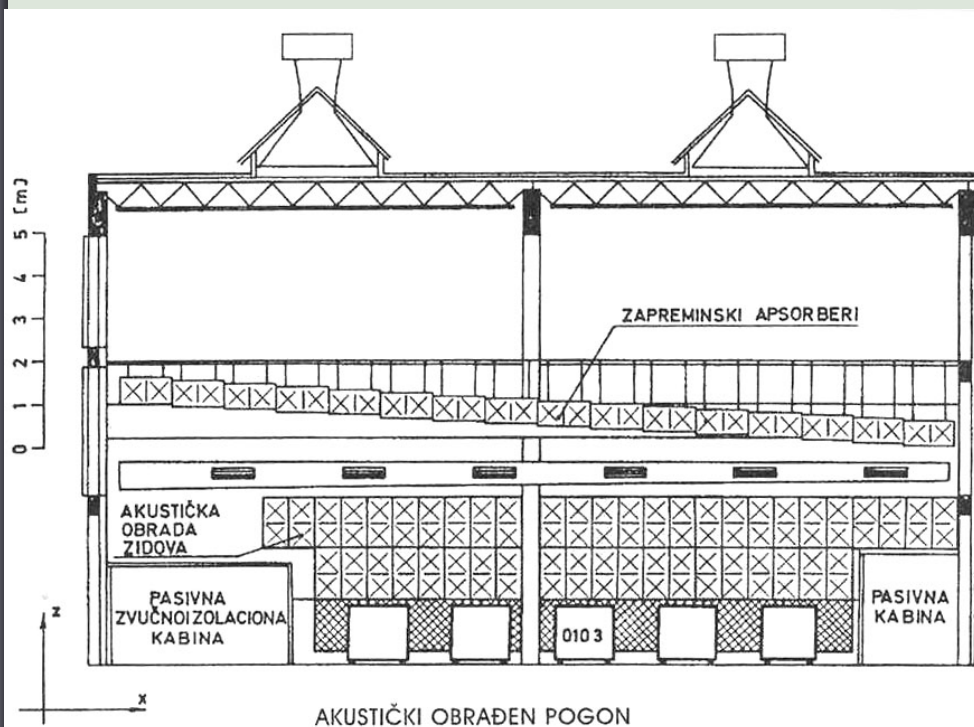
SMANJENJEM VREMENA REVERBERACIJE NIVO BUKE U
PROSTORIJI SE SMANJUJE !

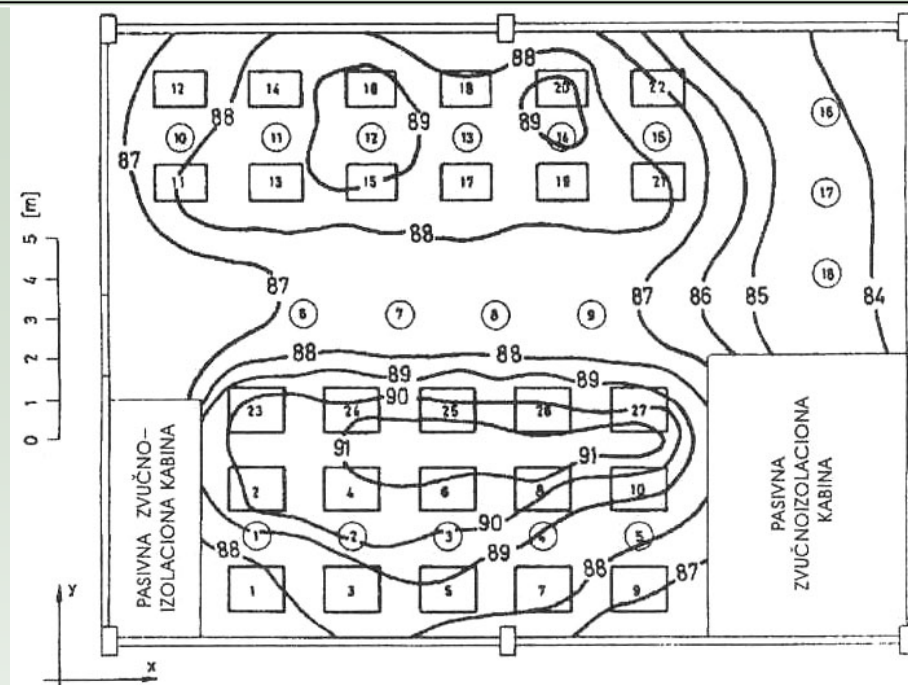
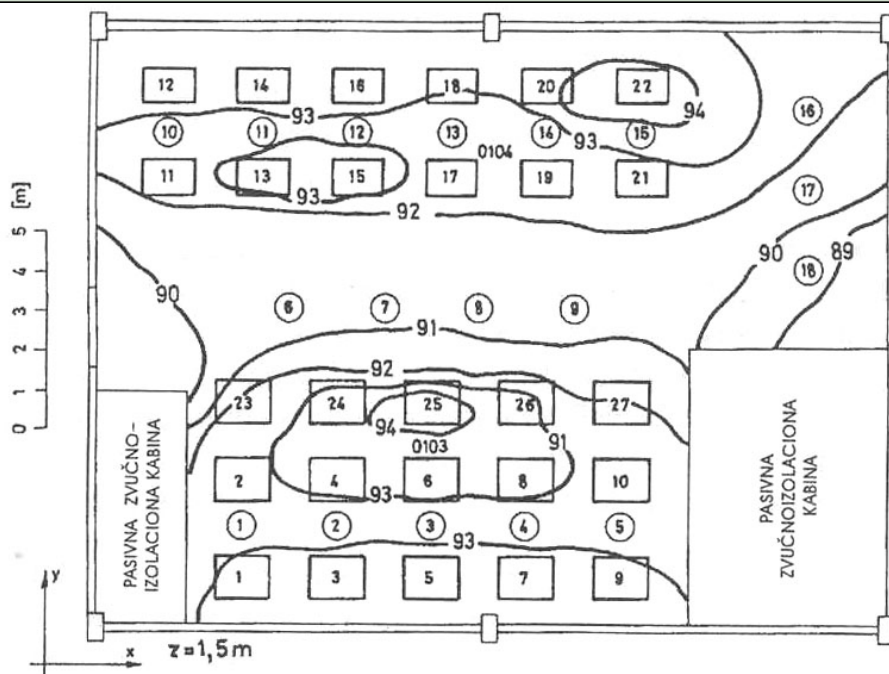
- Akustički materijali koji se koriste za akustičku obradu prostorijsa mogu se podeliti na:

- ⊕ a) porozne materijale – apsorpcija visokih frekvencija;
- ⊕ b) mehaničke rezonatore – apsorpcija srednjih frekvencija;
- ⊕ c) akustičke rezonatore – apsorpcija niskih frekvencija;

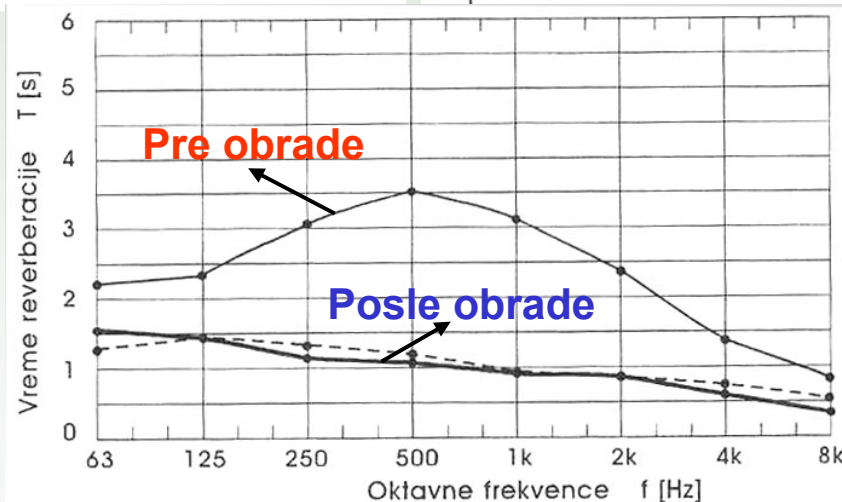


► Industrijski pogon – mašine za fino izvlačenje žice.





Nivoi buke pre
akustičke obrade
prostorije



Nivoi buke posle
akustičke obrade
prostorije

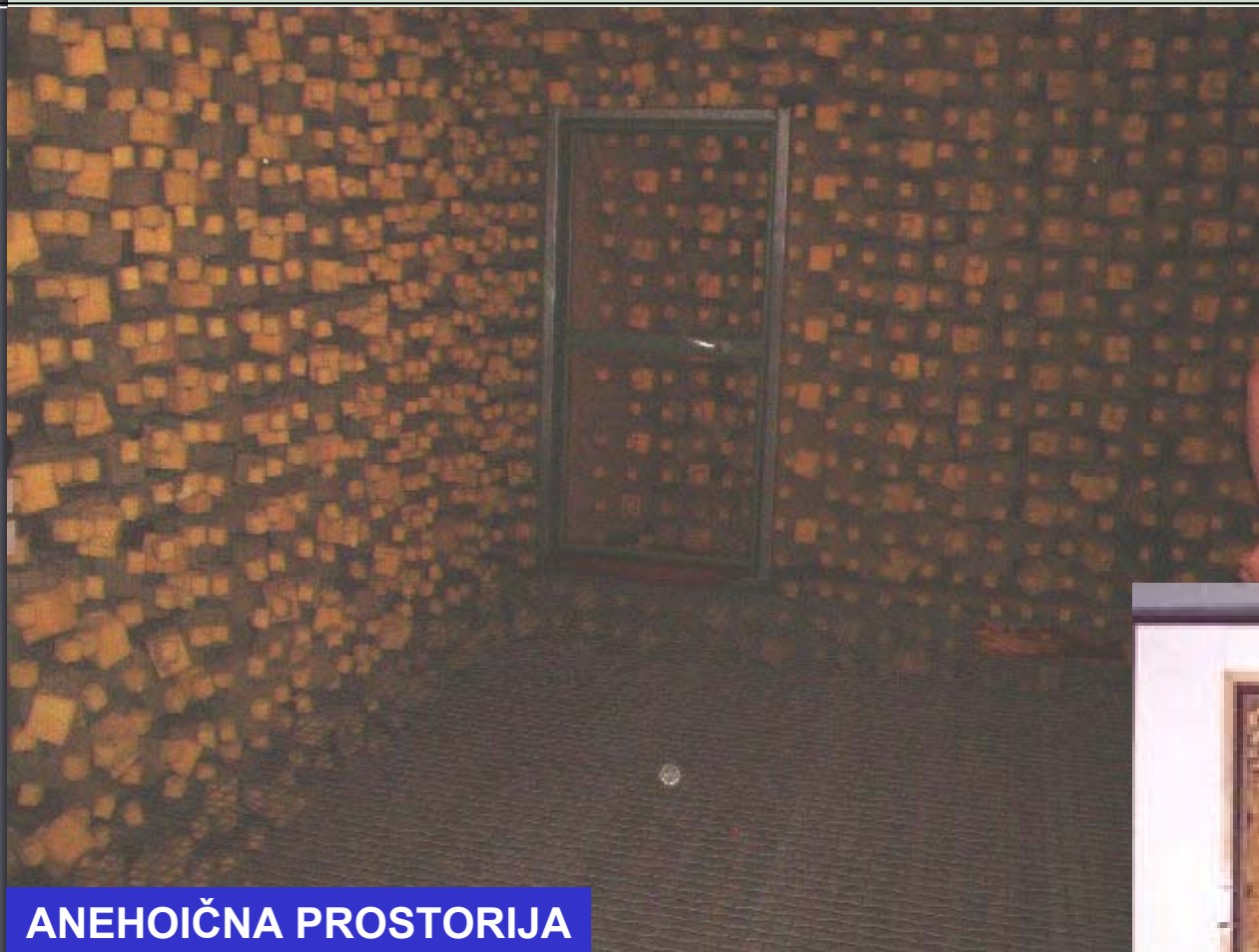


POLUANEHOIČNA PROSTORIJA



Prostorije specijalne namene (+)

Fizički para



ANEHOIČNA PROSTORIJA



Buka u zatvorenom prostoru





Freq (Hz) RT (s)

125 29.9

250 23.3

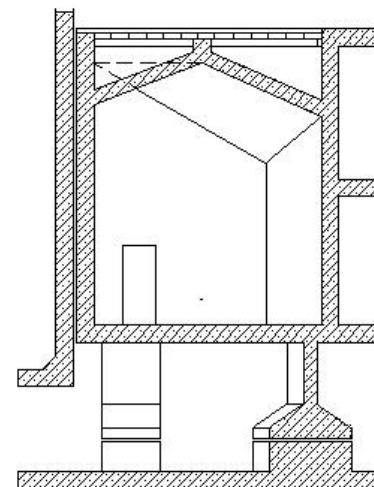
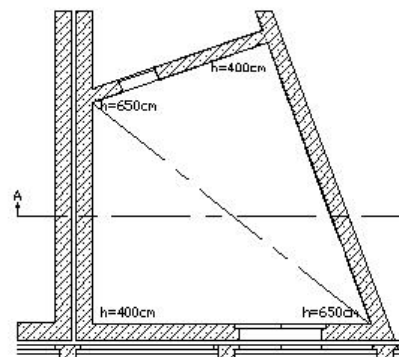
500 17.5

1k 15.6

2k 9.7

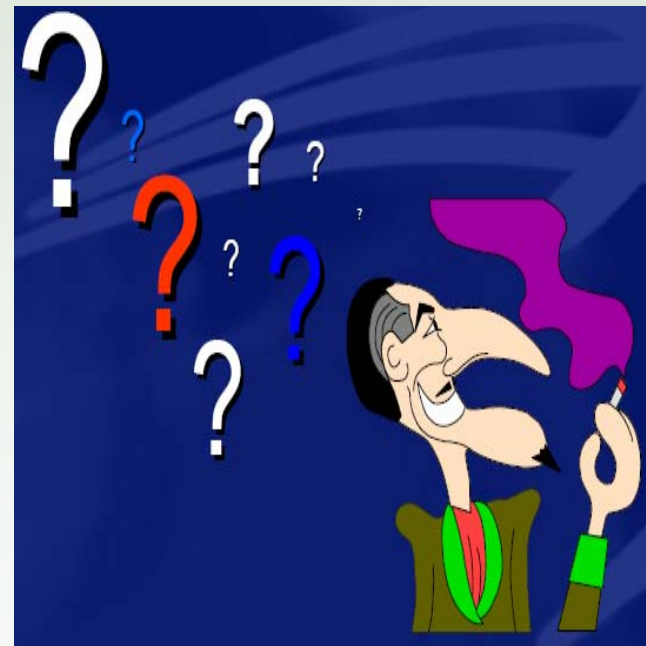
4k 4.5

8k 2.9



REVERBERACIONA PROSTORIJA

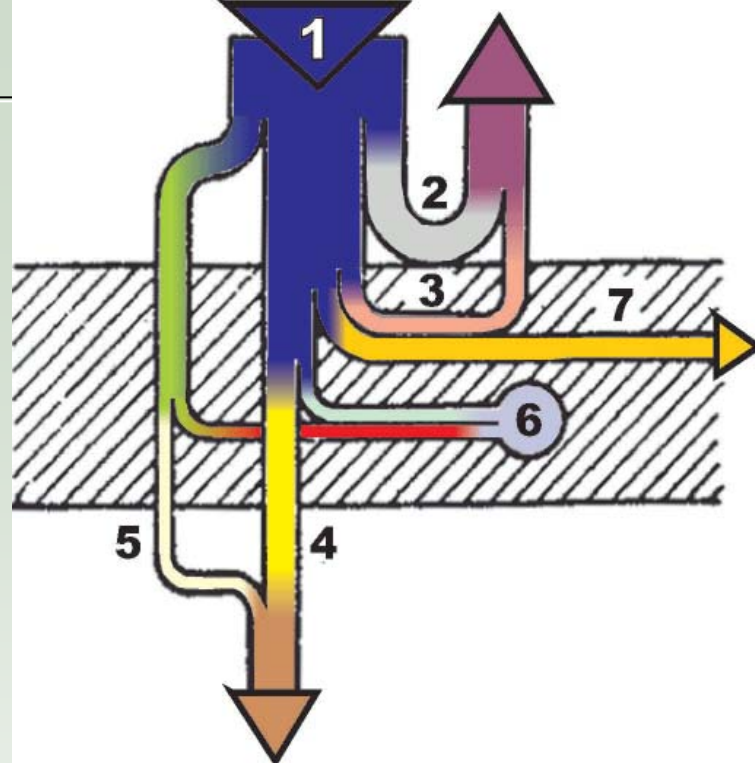
1. Zona direktnog talasa.
2. Zona reflektovanog talasa.
3. Granični radijus.
4. Akustička obrada.
5. Vrste apsorpcionih materijala.



Izolaciona moć pregrade

► Procesi koji nastaju kada zvučni talas naiđe na neku pregradu prikazani su na slici. Oznake na slici:

1. Ukupna zvučna energija koja padne na pregradu.
2. Deo zvučne energije koja se reflektuje usled diskontinuiteta sredine.
3. Deo zvučne energije koja se reflektuje zbog vibriranja pregrade ka strani nailaska zvučnih talasa.
4. Deo zvučne energije koja se prenosi na drugu stranu u obliku longitudinalnih i fleksionih talasa usled vibriranja pregrade.
5. Deo zvučne energije koja se direktno prenosi na drugu stranu zbog porozne strukture pregrade.
6. Deo zvučne energije koja se apsorbuje pregradom usled prostiranja talasa kroz poroznu strukturu pregrade i vibriranja pregrade.
7. Deo zvučne energije koja se vibriranjem prenosi na druge elemente konstrukcije.



- Posledica zakona o održanju energije:

$$1. = 2. + 3. + 4. + 5. + 6. + 7.$$

- Energija koja se reflektuje određena je **koeficijentom refleksije**:

$$r = \frac{P_2 + P_3}{P_1} \quad 0 \leq r \leq 1$$

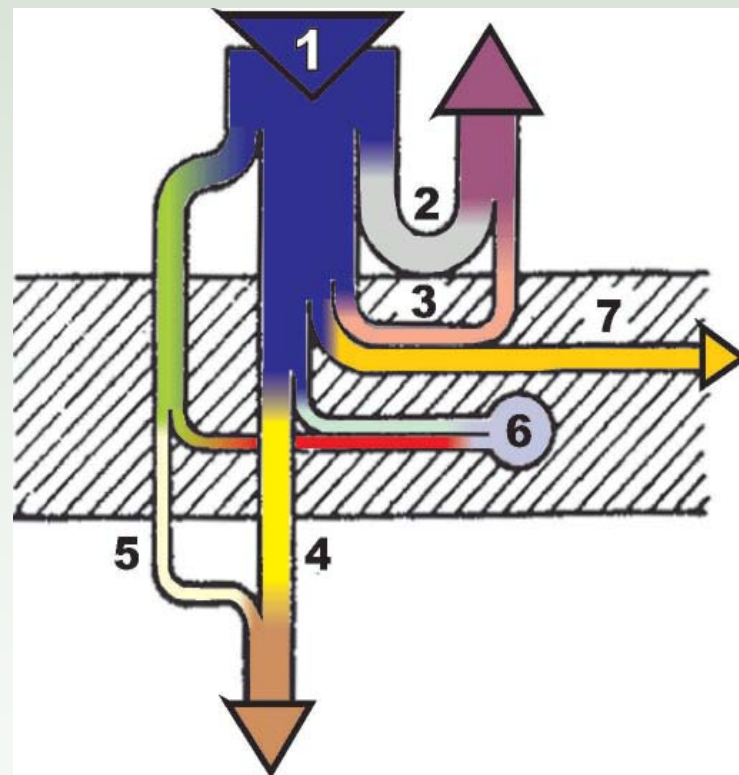
- Energija koja se apsorbuje određena je **koeficijentom apsorpcije**:

$$\alpha = \frac{P_6 + P_7}{P_1} \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

- Energija koja se prenese na drugu stranu pregrade određena je **koeficijentom transmisije**:

$$\tau = \frac{P_4 + P_5}{P_1} \quad 0 \leq \tau \leq 1$$

$$P_1 = P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 \Rightarrow r + \alpha + \tau = 1$$



- ▶ Koeficijent transmisije je bezdimenzionalna frekvencijski zavisna veličina koja definiše propustljivost pregrade u odnosu na zvučnu energiju.
- ▶ Za uobičajne pregrade koeficijent transmisije ima vrednosti znatno manje od jedinice ($10^{-2} \div 10^{-6}$). $\tau = 10^{-5}$
- ▶ Za definisanje izolacije pregrade u odnosu na zvučnu energiju, a ne propustljivosti, koristi se recipročna vrednost koeficijenta transmisije. $1/\tau = 100\ 000$
- ▶ Recipročna vrednost koeficijenta transmisije daje vrednosti mnogo veće od jedinice, tako da bi se sistem velikih brojeva zamenio sistemom malih brojeva (recimo u opsegu od $0 \div 100$) uvodi se logaritamska veličina za izražavanje izolacije pregrade – izolaciona moć pregrade. $10 \log(1/\tau) = 50$
- ▶ Izolaciona moć pregrade, $R[\text{dB}]$, definiše se kao: $R[\text{dB}]$
$$R = 10 \log \frac{1}{\tau} = 10 \log \frac{P_1}{P_4 + P_5}$$
- ▶ Izolaciona moć pregrade je frekvencijski zavisna veličina.

- ▶ U praksi se često umesto homogene, jedinstvene pregrade sreće pregrada sastavljena od delova različitih koeficijenata transmisije, odnosno izolacione moći.
- ▶ **Na primer:** pregrada sa prozorima ili vratima ili i sa prozorima i vratima.
- ▶ U tom slučaju se definiše srednji koeficijent transmisije:

$$\tau = \frac{S_1\tau_1 + S_2\tau_2 + \dots + S_n\tau_n}{S}$$

$$S = \sum_{i=1}^n S_i$$

odnosno izolaciona moć:

$$R = 10\log \frac{1}{\tau} = 10\log \frac{S}{S_1\tau_1 + S_2\tau_2 + \dots + S_n\tau_n}$$

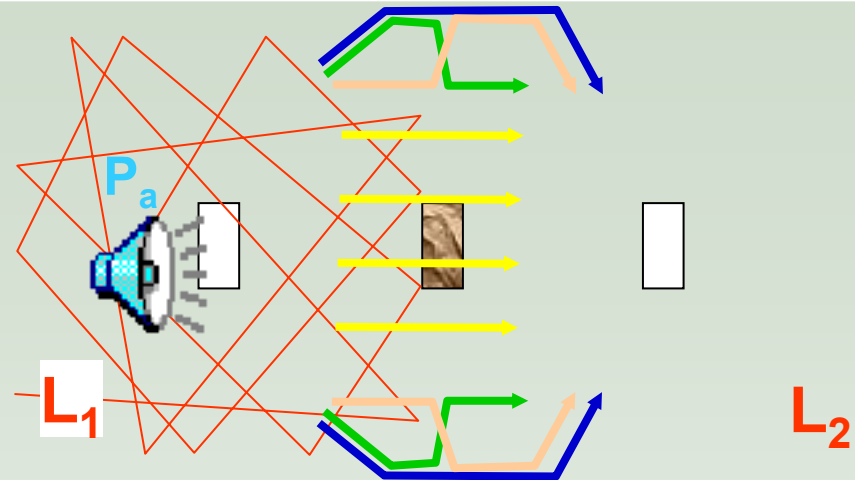
S – ukupna površina pregrade, [m²]

τ_i – koeficijent transmisije i-tog segmenta pregrade

R_i – izolaciona moć i-tog segmenta pregrade, [dB]



- ▶ Za prostorije međusobno odvojene pregradom definiše se pojam zvučne izolacije.
- ▶ Prostorija u kojoj se nalazi izvor zvuka naziva se **predajna prostorija**, dok se prostorija u koju se prenosi zvučna energija naziva **prijemna prostorija**.



- ▶ Zvučna izolacija, $D[\text{dB}]$ predstavlja karakteristiku zvučne izolovanosti između dve prostorije i definiše se kao razlika nivoa zvuka u prostorijama:

$$D = L_1 - L_2$$

L_1 – nivo zvuka u predajnoj prostoriji, [dB]

L_2 – nivo zvuka u prijemnoj prostoriji, [dB]

- ▶ Zvučni izvor, zvučne snage P_a , smešten u predajnoj prostoriji emituje zvučnu energiju koja u prostoriji formira homogeno difuzno zvučno polje.
- ▶ Zvučna energija se iz predajne u prijemnu prostoriju prenosi različitim putevima:

bočno
provođenje

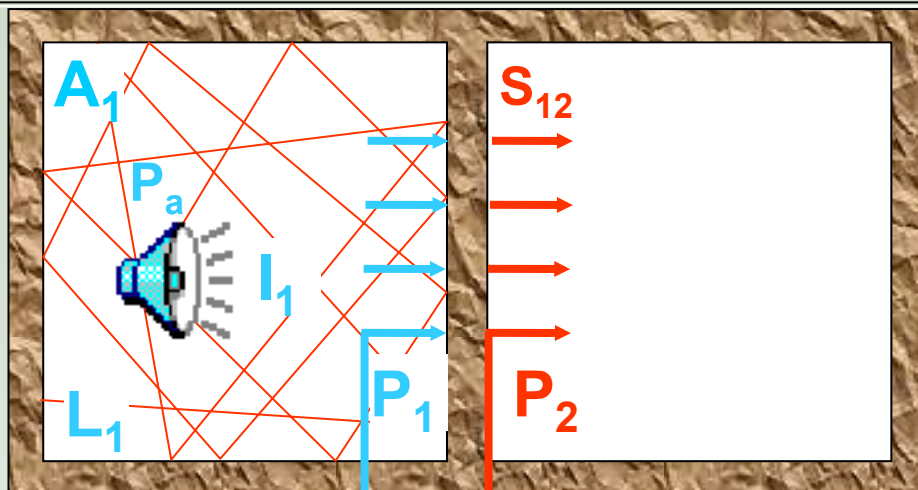
Direktno kroz pregradu

Kroz bočne zidove

Kroz bočne zidove na pregradu

Kroz pregradu na bočne zidove

- ▶ Ako se zanemari efekat bočnog provođenja energije, zvučna energija se iz predajne u prijemnu prostoriju prenosi samo direktnim putem kroz pregradu.
- ▶ Zvučni izvor, zvučne snage P_a , u predajnoj prostoriji, apsorpcione površine A_1 , formira homogeno difuzno zvučno polje sa jednakim intenzitetom u svim takama:
- ▶ Energija koja u jedinici vremena u predajnoj prostoriji padne na pregradu površine S_{12} iznosi:
- ▶ Deo energije koja se direktnim putem prenosi u prijemnu prostoriju određen je koeficijentom transmisije:
- ▶ U prijemnoj prostoriji pregrada preuzima ulogu izvora zvuka, čija je zvučna snaga P_2 .



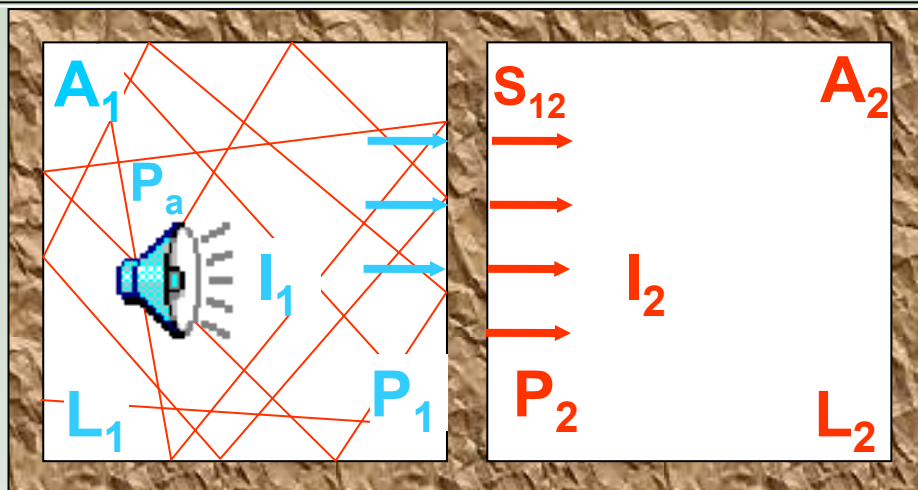
$$I_1 = \frac{4P_a}{A_1}$$

$$P_1 = \frac{I_1 S_{12}}{4}$$

$$P_2 = \tau P_1$$

- Pregrada kao izvor zvuka formira u prijemnoj prostoriji, apsorpcione površine A_2 , homogeno difuzno zvučno polje sa jednakim intenzitetom zvuka u svim tačkama:

$$I_2 = \frac{4P_2}{A_2}$$



- Zvučna energija koja se u jedinici vremena izrači u prijemnoj prostoriji je stoga:

$$P_2 = \frac{I_2 A_2}{4}$$

- Polazeći od definicije izolacione moći pregrade može se izvesti veza sa zvučnom izolacijom:

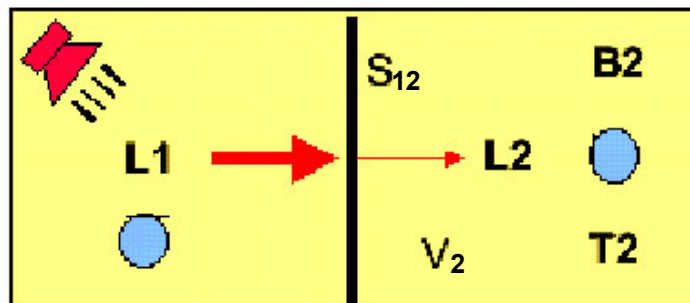
$$R = 10 \log \frac{P_1}{P_2} = 10 \log \frac{I_1 S_{12}}{\frac{I_2 A_2}{4}} = 10 \log \frac{I_1}{I_2} \frac{S_{12}}{A_2} = 10 \log \frac{I_1}{I_2} + 10 \log \frac{S_{12}}{A_2} \Rightarrow R = D + 10 \log \frac{S_{12}}{A_2}$$

$$D = L_1 - L_2$$

- Metod merenja izolacione moći pregrade zasnovan je upravo na vezi zvučne izolacije i izolacione moći.

$$R = D + 10 \log \frac{S_{12}}{A_2}$$

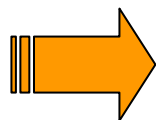
$$A_2 = 0.162 \frac{V_2}{T_2}$$



- Merenje:

- ⊕ L1 – nivo buke u predajnoj prostoriji
- ⊕ L2 – nivo buke u prijemnoj prostoriji
- ⊕ T2 – vreme reverberacije prijemne prostorije

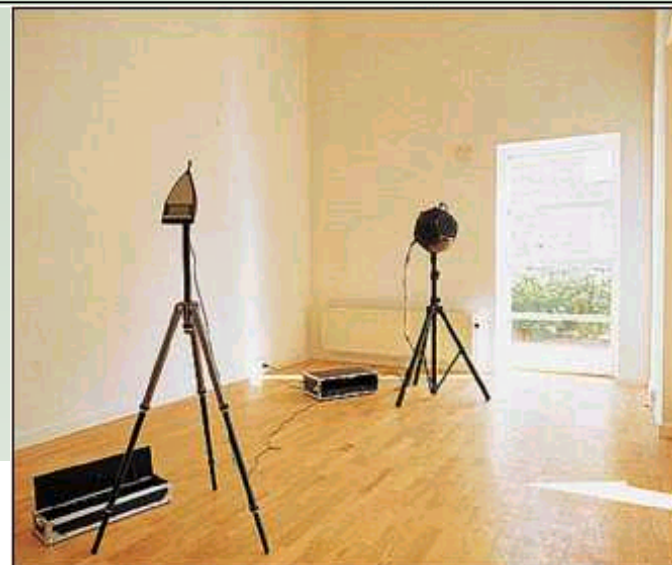
Tercni spektar
izolacione moći



$$R = L_1 - L_2 + 10 \log \frac{S_{12} T_2}{0.162 \cdot V_2}$$



Merenje izolacione moći pregrade vrši se primenom terčnih filtera u opsegu 100÷3150Hz.

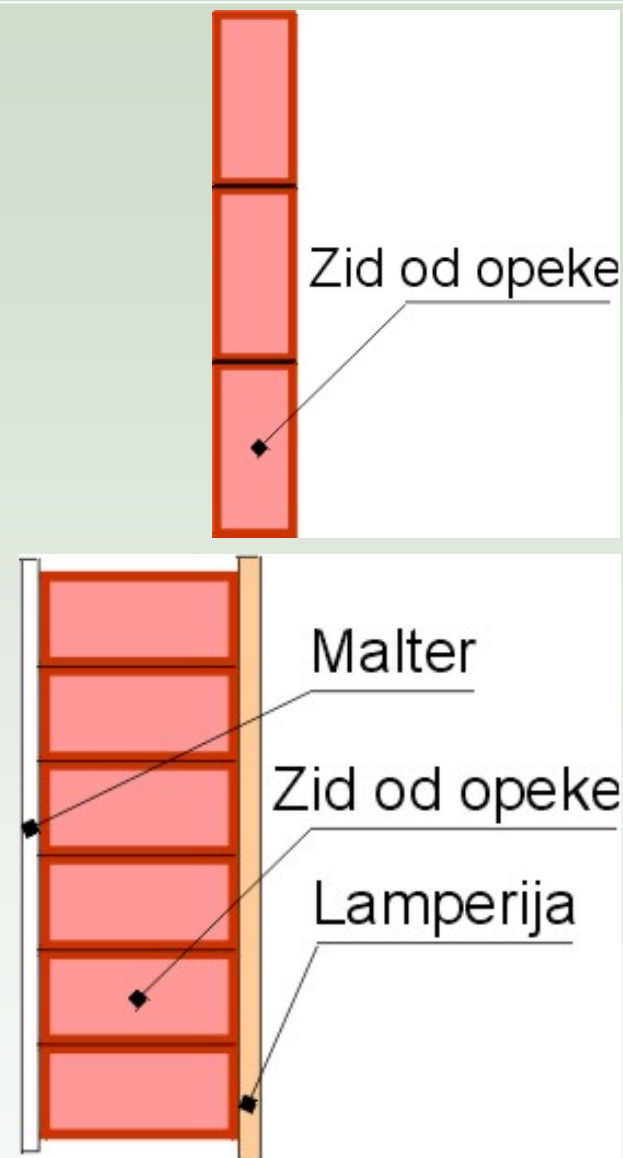


- ▶ Jednostruke pregrade su homogene pregrade sačinjene od jednog materijala u jednom sloju. **Primer: zid od opeke.**
- ▶ Jednostruke pregrade mogu biti sačinjene od više materijala u više slojeva, s tim da su drugi materijali znatno manje zastupljeni u odnosu na osnovni materijal. Drugi materijali nemaju značajniji uticaj na izolacionu moć pregrade. **Primer: zid omalterisan s jedne strane, a s druge obložen lamperijom.**
- ▶ Kako pregrade, uopšte, imaju veoma veliku ukupnu masu koristi se pojam površinske mase pregrade, M_s [kg/m²], koja predstavlja masu pregrade po jedinici površine:

$$M_s = \frac{m}{S}$$

S – ukupna površina pregrade, [m²]

m – ukupna masa pregrade, [kg]



1. Koeficijent transmisije.
2. Izolaciona moć.
3. Zvučna izolacija.
4. Zakon mase.
5. Oblast rezonanse.
6. Oblast koincidencije

