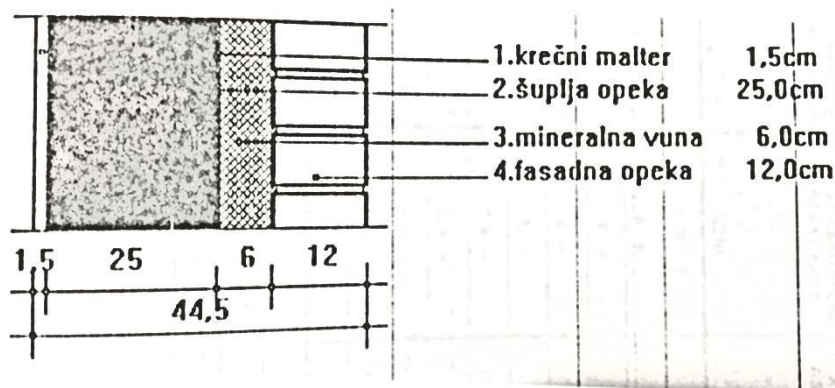


# PRORAČUN DVOSTRUKE PREGRADE SA PRIMEROM

## OPIS PREGRADE



Jungov modul elastičnosti za međuprostor (mineralnu vunu) -  $E_{dyn} = 3.1 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

Brzina zvuka u medijumu međuprostora (mineralna vuna) -  $c_3 = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

### 1. PRORAČUN KARAKTERISTIKA PREGRADE

| SLOJ                                                                                                                                                                       | OPIS           | d [m]                            | $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ] | M [kg/m <sup>2</sup> ]                  | w   | L <sub>p</sub> [dB] |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|-----|---------------------|
| Sloj 1                                                                                                                                                                     | Krečni malter  | 0.015                            | 1800                        | 27.0                                    | -   | -                   |
|                                                                                                                                                                            | Šuplja opeka   | 0.25                             | 1200                        | 300.0                                   | 4.5 | 35                  |
| Međusloj                                                                                                                                                                   | Mineralna vuna | 0.06                             | 80                          | 4.8                                     | -   | -                   |
| Sloj 2                                                                                                                                                                     | Fasadna opeka  | 0.12                             | 1600                        | 192.0                                   | 4.5 | 36                  |
| d – debljina,<br>$\rho$ - gustina materijala (tabela),<br>M – površinska masa, $M = \rho \cdot d$<br>L <sub>p</sub> – visina platoa (tabela)<br>w – širina platoa (tabela) |                | Ukupna površinska masa pregrade: |                             | M=523.80 kg/m <sup>2</sup>              |     |                     |
|                                                                                                                                                                            |                | Površinska masa sloja 1:         |                             | M <sub>1</sub> =327.0 kg/m <sup>2</sup> |     |                     |
|                                                                                                                                                                            |                | Površinska masa sloja 2:         |                             | M <sub>2</sub> =192.0 kg/m <sup>2</sup> |     |                     |
|                                                                                                                                                                            |                | Ukupna debljina pregrade:        |                             | d=0.445 m                               |     |                     |
|                                                                                                                                                                            |                | Debljina sloja 1:                |                             | d <sub>1</sub> =0.265 m                 |     |                     |
|                                                                                                                                                                            |                | Debljina sloja 2:                |                             | d <sub>2</sub> =0.12 m                  |     |                     |
|                                                                                                                                                                            |                | Debljina međusloja:              |                             | d <sub>3</sub> =0.06 m                  |     |                     |

### 2. PRORAČUN DVOSTRUKE PREGRADE

#### 4.1 Određivanje osnovne rezonase za međuprostor

Opšti izraz:  $f_r = \frac{A}{2\pi} \sqrt{\frac{M_1+M_2}{M_1 \cdot M_2} \cdot \frac{E_{dyn}}{d_3}}$   $A = \begin{cases} \sqrt{2} \text{ za } \theta \approx 45^\circ \\ 1 \text{ za } \theta \approx 0^\circ \end{cases}$ , pri proračunu se uzima vrednost  $A = \sqrt{2}$

Za vazduh:  $f_r = 84.21 \sqrt{\frac{M_1+M_2}{M_1 \cdot M_2} \cdot \frac{1}{d_3}}$

**Za konkretnu pregradu:**  $f_r = \frac{\sqrt{2}}{2\pi} \sqrt{\frac{327+192}{327 \cdot 192} \cdot \frac{3.1 \cdot 10^5}{0.06}} = 46.52 \text{ Hz}$

#### 4.2 Određivanje viših rezonansi

$$f_r^{(N)} = \frac{c_3}{2 \cdot d_3} \cdot N \quad N = 1, 2, 3 \dots$$

gde je:  $c_3$  – brzina zvuka u medijumu međuprostora.

$$\text{Za konkretnu pregradu: } f_r' = \frac{30}{2 \cdot 0.06} = 250 \text{ Hz, } f_r'' = \frac{30}{2 \cdot 0.06} \cdot 2 = 500 \text{ Hz}$$

#### 4.3 Određivanje središnje frekvencije $f_m$ korisnog opsega koji se nalazi između $f_r$ i $f_r'$

$$f_m = \sqrt{f_r \cdot f_r'}$$

U korisnom opsegu izolaciona moć raste 18 dB/oct

$$\text{Za konkretnu pregradu: } f_m = \sqrt{46.52 \cdot 250} = 107.84 \text{ Hz}$$

#### 4.4 Izračunavanje najbliže centralne frekvencije tercnog opsega središnjoj frekvenciji $f_s$

$$\text{Za konkretnu pregradu: } f_s = 100 \text{ Hz}$$

#### 4.5 Izračunavanje izolacione moći za normalnu incidenciju na frekvenciji $f_s$

$$\text{Opšti izraz: } R_{(0^\circ)} = 10 \cdot \log \left\{ 1 + \left( \frac{\omega}{2\rho_0 \cdot c_0} \right)^2 + [(A - B)^2 + C^2] \right\}, \quad \omega = 2\pi f_s, \quad A = (M_1 + M_2) \cdot \cos(kd_3)$$

$$B = \frac{\omega}{\rho_3 \cdot c_3} \cdot M_1 \cdot M_2 \cdot \sin(kd_3), \quad C = (M_1 - M_2) \cdot \sin(kd_3), \quad k = \frac{2\pi f_s}{c_3}, \quad \rho_0 \cdot c_0 = 414 \text{ Ns/m}^2$$

**Za konkretnu pregradu:**

$$k = \frac{2\pi \cdot 100}{30} = 20.94, \quad A = (327 + 192) \cdot \cos(20.94 \cdot 0.06) = 160.38$$

$$B = \frac{2\pi \cdot 100}{80 \cdot 30} \cdot 327 \cdot 192 \cdot \sin(20.94 \cdot 0.06) = 15632.34,$$

$$C = (327 - 192) \cdot \sin(20.94 \cdot 0.06) = 128.39$$

$$R_{(0^\circ)} = 10 \cdot \log \left\{ 1 + \left( \frac{2\pi \cdot 100}{2 \cdot 414} \right)^2 + [(160.38 - 15632.34)^2 + 128.39^2] \right\} = 83.79 \text{ dB}$$

#### 4.6 Izračunavanje izolacione moći za kvazidifuzno zvučno polje na 100 Hz

$$\text{Opšti izraz: } R = R_{(0^\circ)} - 28 \text{ dB}$$

$$\text{Za konkretnu pregradu: } R = 83.79 - 28 = 55.79 \text{ dB}$$

#### 4.7 Izračunavanje izolacione moći za kvazidifuzno zvučno polje na frekvenciji $10 \cdot f_r$

$$\text{Opšti izraz: } R_{10 \cdot f_r} = R + 18 \cdot \frac{\log \frac{10 \cdot f_r}{f_s}}{\log(2)}$$

$$\text{Za konkretnu pregradu: } 10 \cdot f_r = 10 \cdot 46.52 = 465.2 \text{ Hz, } R_{10 \cdot f_r} = 55.79 + 18 \cdot \frac{\log \frac{465.2}{100}}{\log(2)} = 95.7 \text{ dB}$$

#### 4.8 Izračunavanje izolacione moći za kvazidifuzno zvučno polje za ostale centralne frekvencije tercnih opsega od 100 do 3150 Hz

Izolaciona moć do frekvencije  $10 \cdot f_r$  raste 18 dB/oct i izračunava se kao:

$$R_f = R_{f_s} + 18 \cdot \frac{\log \frac{f}{f_s}}{\log(2)}$$

a od frekvencije  $10 \cdot f_r$  raste 6 dB/oct i izračunava se kao:

$$R_f = R_{10 \cdot f_r} + 6 \cdot \frac{\log \frac{f}{10 \cdot f_r}}{\log(2)}$$

### Za konkretnu pregradu:

Do frekvencije  $10 \cdot f_r = 465.2$  Hz, odnosno do centralne frekvencije 400 Hz primenjuje se izraz koji definiše nagib od 18 dB/oct, a od centralne frekvencije 500 Hz drugi izraz.

| $f$ [Hz]   | 100  | 125  | 160  | 200  | 250  | 315  | 400  | 500  | 630  | 800   | 1000  | 1250  | 1600  | 2000  | 2500  | 3150  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $R_o$ [dB] | 55.8 | 61.6 | 68.0 | 73.8 | 79.6 | 85.6 | 91.8 | 96.3 | 98.3 | 100.4 | 102.3 | 104.3 | 106.4 | 108.3 | 110.3 | 112.3 |

### 3. PRORAČUN BOČNOG PROVOĐENJA I ZVUČNIH MOSTOVA

Uticaj bočnog provođenja i eventualnih zvučnih mostova procenjuje se prema skali prikazanoj u tabeli:

|                          | 100 Hz | 3150 Hz – 4000 Hz |
|--------------------------|--------|-------------------|
| slabo bočno provođenje   | 0 dB   | -6 dB             |
| srednje bočno provođenje | -3 dB  | -12 dB            |
| jako bočno provođenje    | -6 dB  | -18 dB            |

Korekcija se vrši u odnosu na krivu  $R_o$  a kao rezultat se dobija kriva  $R_b$ . Proračun za konkretnu pregradu biće izvršen za jako bočno provođenje.

#### 4.1 Proračun izolacione moći na frekvenciji 100 Hz, 3150 Hz i $10 \cdot f_r$

100 Hz:  $R_b = R_a - 6$  dB, **za konkretnu pregradu:**  $R_b^{100\text{Hz}} = 55.8 - 6 = 49.8$  dB

$10 \cdot f_r = 465.2$  Hz:  $R_b = R_a - 9$  dB, **za konkretnu pregradu:**  $R_b^{465.2\text{Hz}} = 95.7 - 9 = 86.7$  dB

3150 Hz:  $R_b = R_a - 18$  dB, **za konkretnu pregradu:**  $R_b^{3150\text{Hz}} = 112.3 - 18 = 94.27$  dB

#### 4.2 Nagib krive od 100 Hz do $10 \cdot f_r$

Opšti izraz:  $N_A' = \frac{\Delta R' \cdot \log 2}{\log \frac{10 \cdot f_r}{100}}$  dB/oct,  $\Delta R' = R_b^{10 \cdot f_r} - R_b^{100\text{Hz}}$

**Za konkretnu pregradu:**  $\Delta R' = 86.7 - 49.8 = 36.9$  dB,  $N_A' = \frac{36.9 \cdot \log 2}{\log \frac{465.2}{100}} = 16.6$  dB/oct

#### 4.3 Nagib krive od $10 \cdot f_r$ do 3150 Hz

Opšti izraz:  $N_A'' = \frac{\Delta R'' \cdot \log 2}{\log \frac{3150}{10 \cdot f_r}}$  dB/oct,  $\Delta R'' = R_b^{3150\text{Hz}} - R_b^{10 \cdot f_r}$

**Za konkretnu pregradu:**  $\Delta R'' = 94.27 - 86.71 = 7.56$  dB,  $N_A'' = \frac{7.56 \cdot \log 2}{\log \frac{3150}{465.2}} = 2.74$  dB/oct

#### 4.4 Izračunavanje izolacione moći za kvazidifuzno zvučno polje na ostale centralne frekvencije tercnih opsega od 100 do 3150 Hz – za pregradu sa bočnim provođenjem

Izolaciona moć od frekvencije 100 Hz do frekvencije  $10 \cdot f_r$  raste  $N_A'$  i izračunava se kao:

$$R_f = R_b^{100\text{Hz}} + N_A' \cdot \frac{\log \frac{f}{100\text{Hz}}}{\log(2)}$$

a od frekvencije  $10 \cdot f_r$  raste  $N_A''$  i izračunava se kao:

$$R_f = R_b^{10 \cdot f_r} + N_A'' \cdot \frac{\log \frac{f}{10 \cdot f_r}}{\log(2)}$$

### Za konkretnu pregradu:

Do frekvencije  $10 \cdot f_r = 465.2$  Hz, odnosno do centralne frekvencije 400 Hz primenjuje se izraz koji definiše nagib od  $N_A'$ , a od centralne frekvencije 500 Hz drugi izraz.

| $f$ [Hz]   | 100  | 125  | 160  | 200  | 250  | 315  | 400  | 500  | 630  | 800  | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $R_b$ [dB] | 49.8 | 55.2 | 61.1 | 66.4 | 71.8 | 77.3 | 83.1 | 87.0 | 87.9 | 88.9 | 89.7 | 90.6 | 91.6 | 92.5 | 93.4 | 94.3 |

#### 4. PRORAČUN IZOLACIONE MOĆI ZA OBLOGE POJEDINAČNO

##### 4.1 Izolaciona moć na 100 Hz po zakonu mase pri upadnom uglu 0°

$$R_{(0^\circ)} = 20 \cdot \log(0.773 \cdot M_s)$$

##### 4.2 Izolaciona moć na 100 Hz u difuznom zvučnom polju°

$$R = R_{(0^\circ)} - 5$$

##### 4.3 Određivanje visine platoa krive izolacione moći (tabela)

deo krive sa konstantnom vrednošću izolacione moći

##### 4.4 Određivanje širine platoa krive izolacione moći (tabela)°

širina područja sa konstantnom vrednošću izolacione moći - platoa

##### 4.5 Određivanje frekvencije početka platoa

najniža frekvencija na kojoj izolaciona moć ima konstantnu vrednost jednaku visini platoa

$$f_p \approx 230 \cdot \frac{1}{M_s} \cdot 10^{L_p/20}$$

##### 4.6 Određivanje frekvencije kraja platoa

najviša frekvencija na kojoj izolaciona moć ima konstantnu vrednost jednaku visini platoa

$$f_k = w \cdot f_p$$

##### 4.7 Određivanje frekvencije kraja platoa izrađene rednim brojem terce

Izračunatu vrednost je potrebno zaokružiti na nižu celu vrednost. Terca centralne frekvencije 100 Hz označava se sa 0, sa centralnom frekvencijom 125 Hz sa 1 itd.

$$F_k = 10 + \frac{3(\log f_k - 3)}{\log 2}$$

##### 4.8 Određivanje izolacione moći pregrade za centralne frekvencije terci

Do frekvencije platoa, izražene u tercama, izolaciona moć ima vrednost visine platoa,  $L_p$ .

Iznad frekvencije platoa računa se pomoću izraza:

$$R = \frac{8}{3}[x - (F_k + 4.5)] - \sqrt{\left\{\frac{2}{3}[x - (F_k + 4.5)]\right\}^2 + 1} + L_p + 15.162, \text{ gde je } x - \text{oznaka terce.}$$

#### **Za konkretnu pregradu (sloj 1):**

##### 4.1 Izolaciona moć na 100 Hz po zakonu mase pri upadnom uglu 0°

$$R_{(0^\circ)} = 20 \cdot \log(0.773 \cdot 327) = 48.05 \text{ dB}$$

##### 4.2 Izolaciona moć na 100 Hz u difuznom zvučnom polju°

$$R = 48.05 - 5 = 43.05 \text{ dB}$$

##### 4.3 Određivanje visine platoa krive izolacione moći (tabela)

$$L_p = 35 \text{ dB}$$

##### 4.4 Određivanje širine platoa krive izolacione moći (tabela)°

$$w = 4.5$$

##### 4.5 Određivanje frekvencije početka platoa

$$f_p \approx 230 \cdot \frac{1}{327} \cdot 10^{35/20} = 39.55 \text{ Hz}$$

##### 4.6 Određivanje frekvencije kraja platoa

$$f_k = 4.5 \cdot 39.55 = 177.99 \text{ Hz}$$

#### 4.7 Određivanje frekvencije kraja platoa izrađene rednim brojem terce

$$F_k = 10 + \frac{3(\log 177.99 - 3)}{\log 2} = 2.53 (= 2)$$

#### 4.8 Određivanje izolacione moći pregrade za centralne frekvencije terci

Do terce za oznakom 2 (frekvencija 160 Hz), izolaciona moć ima vrednost visine platoa 35 dB.

Iznad frekvencije platoa računa se pomoću izraza:

$$R = \frac{8}{3} [x - (2.53 + 4.5)] - \sqrt{\left\{ \frac{2}{3} [x - (2.53 + 4.5)] \right\}^2 + 1 + 35 + 15.162}$$

| oznaka     | 0   | 1   | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7          | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $f$ [Hz]   | 100 | 125 | 160 | 200  | 250  | 315  | 400  | <b>500</b> | 630  | 800  | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
| $R_c$ [dB] | 35  | 35  | 35  | 36.5 | 39.8 | 43.1 | 46.2 | 49.1       | 51.6 | 53.8 | 55.9 | 57.9 | 60.0 | 62.0 | 64.0 | 66.0 |

#### **Za konkretnu pregradu (sloj 2):**

##### 4.1 Izolaciona moć na 100 Hz po zakonu mase pri upadnom uglu 0°

$$R_{(0^\circ)} = 20 \cdot \log(0.773 \cdot 192) = 43.43 \text{ dB}$$

##### 4.2 Izolaciona moć na 100 Hz u difuznom zvučnom polju°

$$R = 43.43 - 5 = 38.43 \text{ dB}$$

##### 4.3 Određivanje visine platoa krive izolacione moći (tabela)

$$L_p = 36 \text{ dB}$$

##### 4.4 Određivanje širine platoa krive izolacione moći (tabela)°

$$w = 4.5$$

##### 4.5 Određivanje frekvencije početka platoa

$$f_p \approx 230 \cdot \frac{1}{192} \cdot 10^{36.5/20} = 75.58 \text{ Hz}$$

##### 4.6 Određivanje frekvencije kraja platoa

$$f_k = 4.5 \cdot 75.58 = 340.13 \text{ Hz}$$

##### 4.7 Određivanje frekvencije kraja platoa izrađene rednim brojem terce

$$F_k = 10 + \frac{3(\log 340.13 - 3)}{\log 2} = 5.33 (= 5)$$

##### 4.8 Određivanje izolacione moći pregrade za centralne frekvencije terci

Do terce za oznakom 5 (frekvencija 315 Hz), izolaciona moć ima vrednost visine platoa 35 dB.

Iznad frekvencije platoa računa se pomoću izraza:

$$R = \frac{8}{3} [x - (5.33 + 4.5)] - \sqrt{\left\{ \frac{2}{3} [x - (5.33 + 4.5)] \right\}^2 + 1 + 36 + 15.162}$$

| oznaka     | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7          | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $f$ [Hz]   | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | 315 | 400  | <b>500</b> | 630  | 800  | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
| $R_d$ [dB] | 36  | 36  | 36  | 36  | 36  | 36  | 38.2 | 41.5       | 44.7 | 47.8 | 50.6 | 53.0 | 55.2 | 57.3 | 59.3 | 61.4 |

## 5. ZBIRNA IZOLACIONA MOĆ PREGRADA

### 5.1 Određivanje frekvencije kraja platoa

Uzima se manja vrednost frekvencije kraja platoa za oba sloja

**Za konkretnu pregradu:**  $f_k = 177.99 \text{ Hz}$ ,  $F_k = 2.53 (= 2)$

### 5.2 Izračunavanje zbirne izolacione moći

U području platoa, do frekvencije  $f_k$

opšti izraz:  $R_{z,p} = 20 \cdot \log(10^{L_{p1}/20} + 10^{L_{p2}/20})$

**Za konkretnu pregradu:**  $R_{z,p} = 10 \cdot \log(10^{35/20} + 10^{36/20}) = 41.5 \text{ dB}$

Iznad frekvencije kraja platoa

opšti izraz:  $R_z = 20 \cdot \log(10^{R_c/20} + 10^{R_d/20})$

**Za konkretnu pregradu:**

| oznaka             | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7          | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $f \text{ [Hz]}$   | 100  | 125  | 160  | 200  | 250  | 315  | 400  | <b>500</b> | 630  | 800  | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
| $R_z \text{ [dB]}$ | 41.5 | 41.5 | 41.5 | 42.3 | 44.1 | 46.3 | 49.1 | 52.1       | 54.8 | 57.3 | 59.6 | 61.8 | 63.9 | 66.0 | 68.0 | 70.0 |

## 6. STVARNA IZOLACIONA MOĆ PREGRADA

opšti izraz:  $R = \frac{R_b + R_z}{2}$

**Za konkretnu pregradu:**

| oznaka             | 0    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7          | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $f \text{ [Hz]}$   | 100  | 125  | 160  | 200  | 250  | 315  | 400  | <b>500</b> | 630  | 800  | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3150 |
| $R_z \text{ [dB]}$ | 45.7 | 48.3 | 51.3 | 54.4 | 58.0 | 61.8 | 66.1 | 69.6       | 71.4 | 73.1 | 74.7 | 76.2 | 77.8 | 79.2 | 80.7 | 82.1 |

