

PREMIKI V TEMELJNIH TLEH

Premike, ki jih v polprostoru povzročijo gibke obtežbe na površju tal, izračunamo tako, da uporabimo rešitev Boussinesqa (enačbe za izračun premikov v polprostoru za primer, da je površje tal obremenjeno s točkovno silo) in izvedemo ustrezne integracije.

Če smo pri izračunu napetosti v polprostoru vedno računali napetosti zaradi lastne teže tal in dodatne napetosti zaradi obtežbe tal, pri izračunu premikov v polprostoru predpostavimo, da so se premiki tal zaradi njihove lastne teže že izvršili in računamo samo premike zaradi obtežb. Deformacijski parametri (n.pr. : elastični modul E in Poissonovo število ν) pa so odvisni od prvotnih in novih napetostnih stanj.

I. Premiki v polprostoru zaradi točkovne sile na površju temeljnih tal

Boussinesq (1885):

Zapis v cilindričnem koordinatnem sistemu:

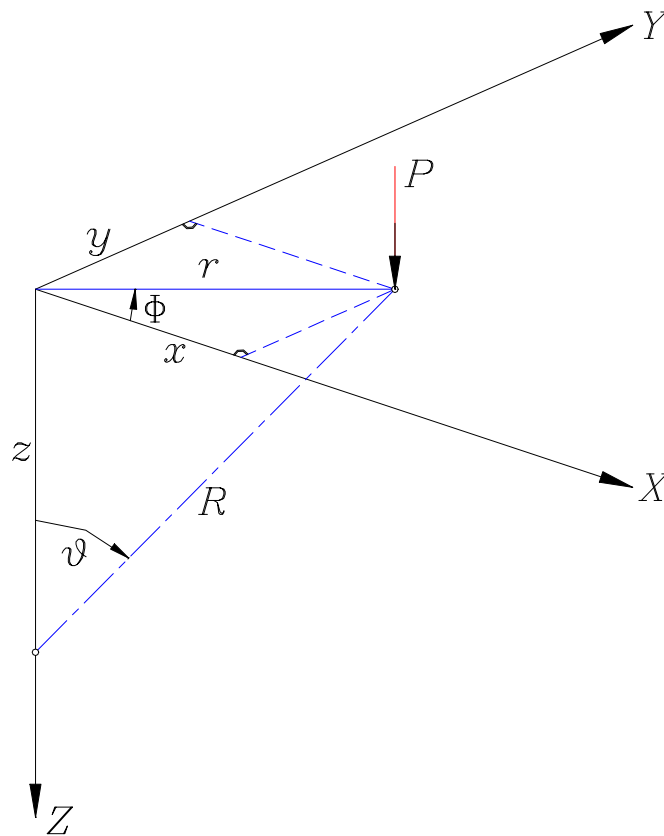
$$\rho = u_r = \frac{P(1+\nu)}{2\pi RE} \left[\sin \vartheta \cos \vartheta - (1-2\nu) \frac{\sin \vartheta}{1+\cos \vartheta} \right]$$
$$w = u_z = \frac{P(1+\nu)}{2\pi RE} \left[2(1-\nu) + \cos^2 \vartheta \right]$$

Geometrijske količine:

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad , \quad R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\sin \vartheta = \frac{r}{R} \quad , \quad \cos \vartheta = \frac{z}{R}$$

$$\sin \phi = \frac{y}{r} \quad , \quad \cos \phi = \frac{x}{r}$$



Slika 1: Obremenitev temeljnih tal s točkovno silo

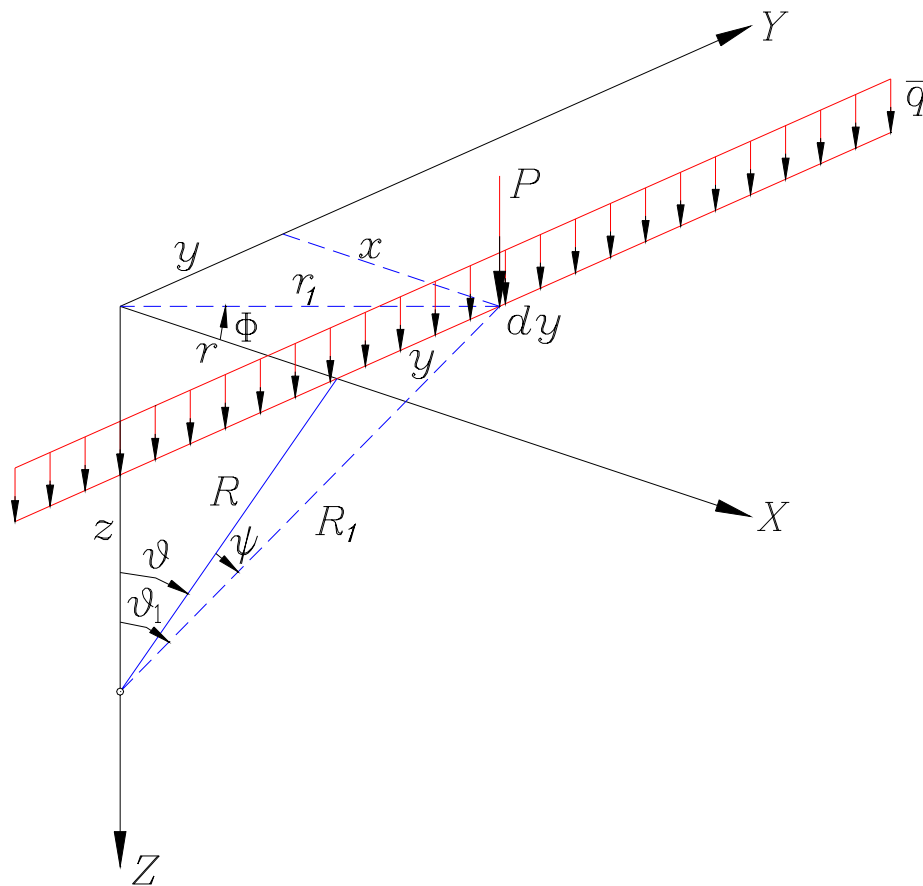
Zapis v Kartezijevem koordinatnem sistemu:

$$u_x = \frac{P(1+\nu)}{2\pi E} \left[\frac{xz}{R^3} - (1-2\nu) \frac{x}{R(R+z)} \right]$$

$$u_y = \frac{P(1+\nu)}{2\pi E} \left[\frac{yz}{R^3} - (1-2\nu) \frac{y}{R(R+z)} \right]$$

$$u_z = \frac{P(1+\nu)}{2\pi E} \left[\frac{z^2}{R^3} + 2(1-\nu) \frac{1}{R} \right]$$

II. Premiki v polprostoru zaradi brezkrajne linijske (črtne) obtežbe na površju temeljnih tal



Slika 2: Obremenitev temeljnih tal z linijsko obtežbo

Horizontalni premiki:

$$P \Rightarrow u_r = \frac{P(1+\nu)}{2\pi R_1 E} \left[\sin \mathcal{G}_1 \cos \mathcal{G}_1 - (1-2\nu) \frac{\sin \mathcal{G}_1}{1 + \cos \mathcal{G}_1} \right]$$

$$u_x = u_r \cos \phi \quad , \quad u_y = u_r \sin \phi$$

$$P = \bar{q} dy$$

$$y = R \tan \psi \quad \Rightarrow \quad dy = \frac{R d\psi}{\cos^2 \psi}$$

$$R_1 = \frac{R}{\cos \psi}$$

$$\cos \vartheta_1 = \cos \vartheta \cos \psi \quad , \quad \sin \vartheta_1 = \frac{\sin \vartheta \cos \psi}{\cos \phi}$$

$$u_x = \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\bar{q} \left(\frac{R d\psi}{\cos^2 \psi} \right) (1+\nu)}{2 \pi \left(\frac{R}{\cos \psi} \right) E} \left(\frac{\sin \vartheta \cos \psi}{\cos \phi} \right) (\cos \vartheta \cos \psi) \cos \phi -$$

$$- \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\bar{q} \left(\frac{R d\psi}{\cos^2 \psi} \right) (1+\nu)}{2 \pi \left(\frac{R}{\cos \psi} \right) E} (1-2\nu) \frac{\left(\frac{\sin \vartheta \cos \psi}{\cos \phi} \right)}{1 + (\cos \vartheta \cos \psi)} \cos \phi$$

$$u_x = \frac{\bar{q} (1+\nu)}{2 \pi E} \sin \vartheta \cos \vartheta \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \cos \psi d\psi -$$

$$- \frac{\bar{q} (1+\nu) (1-2\nu)}{2 \pi E} \sin \vartheta \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{d\psi}{1 + (\cos \vartheta \cos \psi)}$$

$$u_x = \frac{\bar{q}}{\pi E} \left[(1+\nu) \sin \vartheta \cos \vartheta - (1+\nu) (1-2\nu) \vartheta \right]$$

$$u_y = \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\bar{q} \left(\frac{R d\psi}{\cos^2 \psi} \right) (1+\nu)}{2 \pi \left(\frac{R}{\cos \psi} \right) E} \left(\frac{\sin \mathcal{G} \cos \psi}{\cos \phi} \right) (\cos \mathcal{G} \cos \psi) \sin \phi -$$

$$- \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\bar{q} \left(\frac{R d\psi}{\cos^2 \psi} \right) (1+\nu)}{2 \pi \left(\frac{R}{\cos \psi} \right) E} (1-2\nu) \frac{\left(\frac{\sin \mathcal{G} \cos \psi}{\cos \phi} \right)}{1 + (\cos \mathcal{G} \cos \psi)} \sin \phi$$

$$u_y = \frac{\bar{q} (1+\nu)}{2 \pi E} \sin \mathcal{G} \cos \mathcal{G} \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \tan \phi \cos \psi d\psi -$$

$$- \frac{\bar{q} (1+\nu) (1-2\nu)}{2 \pi E} \sin \mathcal{G} \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\tan \phi d\psi}{1 + (\cos \mathcal{G} \cos \psi)}$$

$$\tan \phi = \frac{y}{r} = \frac{R \tan \psi}{r} = \frac{\tan \psi}{\sin \mathcal{G}}$$

$$u_y = \frac{\bar{q} (1+\nu)}{2 \pi E} \cos \mathcal{G} \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \tan \psi \cos \psi d\psi -$$

$$- \frac{\bar{q} (1+\nu) (1-2\nu)}{2 \pi E} \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\tan \psi d\psi}{1 + (\cos \mathcal{G} \cos \psi)}$$

$$\underline{\underline{u_y = 0}}$$

Vertikalni premiki:

$$P = \bar{q} dy \Rightarrow u_z = \int_{y=-\infty}^{\infty} \frac{\bar{q} dy (1+\nu)}{2\pi ER_1} [2(1-\nu) + \cos^2 \vartheta_1]$$

$$u_z = \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{\bar{q} \left(\frac{R d\psi}{\cos^2 \psi} \right) (1+\nu)}{2\pi E \left(\frac{R}{\cos \psi} \right)} [2(1-\nu) + (\cos \vartheta \cos \psi)^2]$$

$$u_z = \frac{\bar{q} (1+\nu)}{2\pi E} \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \left[\frac{2(1-\nu)}{\cos \psi} + \cos^2 \vartheta \cos \psi \right] d\psi$$

$$I_1 = \int_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} \frac{d\psi}{\cos \psi} = \ln \left[\tan \left(\frac{\psi}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right]_{\psi=-\pi/2}^{\pi/2} = \ln \infty - \ln 0$$

$$\underline{\underline{u_z = \infty}}$$

Pri linijski obtežbi dobimo neskončno velike vertikalne premike! V nadaljevanju bomo poiskali vertikalne premike v polprostoru za končno dolgo linijsko obtežbo $2a$.

$$-a < y < a \Rightarrow -\alpha < \psi < \alpha$$

$$u_z^* = \frac{\bar{q} (1+\nu)}{2\pi E} \int_{\psi=-\alpha}^{\alpha} \left[\frac{2(1-\nu)}{\cos \psi} + \cos^2 \vartheta \cos \psi \right] d\psi$$

$$I_1 = \int_{\psi=-\alpha}^{\alpha} \frac{d\psi}{\cos\psi} = \ln \left[\tan\left(\frac{\psi}{2} + \frac{\pi}{4}\right) \right]_{\psi=-\alpha}^{\alpha} = \ln \frac{\tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\alpha}{2}\right)}{\tan\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2}\right)}$$

$$\tan \alpha = \frac{a}{R} \Rightarrow \alpha = \arctan \frac{a}{R}$$

$$\sin \alpha = \frac{a}{\sqrt{a^2 + R^2}}, \quad \cos \alpha = \frac{R}{\sqrt{a^2 + R^2}}$$

$$I_1 = 2 \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + R^2}}{R}$$

$$I_2 = \int_{\psi=-\alpha}^{\alpha} \cos\psi \, d\psi = \sin\psi \Big|_{\psi=-\alpha}^{\alpha} = 2 \sin \alpha = \frac{2a}{\sqrt{a^2 + R^2}}$$

$$u_z^\bullet = \frac{\bar{q} 2(1-\nu^2)}{\pi E} \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + R^2}}{R} + \frac{\bar{q}(1+\nu)}{\pi E} \frac{a \cos^2 \vartheta}{\sqrt{a^2 + R^2}}$$

Skrček sloja:

$$s^\bullet = u_z^\bullet(z=0) - u_z^\bullet(z) = u_{z_0}^\bullet - u_z^\bullet$$

$$s^\bullet = \frac{2\bar{q}(1-\nu^2)}{\pi E} \ln \frac{(a + \sqrt{a^2 + r^2})R}{(a + \sqrt{a^2 + R^2})r} - \frac{\bar{q}(1+\nu)}{\pi E} \frac{a \cos^2 \vartheta}{\sqrt{a^2 + R^2}}$$

Če gre $a \Rightarrow \infty$ (brezkrajna linijska obtežba):

$$s = \frac{2\bar{q}(1-\nu^2)}{\pi E} \ln \frac{R}{r} - \frac{\bar{q}(1+\nu)}{\pi E} \cos^2 \vartheta$$

Tik pod brezkraino dolgo linijsko obtežbo ($r = 0$) je skrček sloja neskončno velik.

Celoten vektor premikov pod neskončno dolgo linijsko obtežbo:

$$u_x = \frac{\bar{q}}{\pi E} \left[(1 + \nu) \sin \vartheta \cos \vartheta - (1 + \nu) (1 - 2\nu) \vartheta \right]$$

$$u_y = 0$$

$$u_z \Rightarrow \infty$$

Skrček sloja debeline $z = h$ pod neskončno dolgo linijsko obtežbo:

$$s = u_{z0} - u_z$$

$$s = \frac{\bar{q}}{\pi E} \left[2(1 - \nu^2) \ln \frac{R}{r} - (1 + \nu) \cos^2 \vartheta \right]$$

Geometrijske količine:

$$R = \sqrt{x^2 + z^2}, \quad \sin \vartheta = \frac{x}{R}, \quad \cos \vartheta = \frac{z}{R}$$

Vertikalni premiki pod linijsko obtežbo dolžine $2a$:

$$u_z^\bullet = \frac{\bar{q}}{\pi E} \left[2(1 - \nu^2) \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + R^2}}{R} + (1 + \nu) \frac{a \cos^2 \vartheta}{\sqrt{a^2 + R^2}} \right]$$

Skrček sloja debeline $z = h$ pod linijsko obtežbo dolžine $2a$:

$$s^{\bullet} = u_{z_0}^{\bullet} - u_z^{\bullet}$$

$$s^{\bullet} = \frac{\bar{q}}{\pi E} \left[2(1-\nu^2) \ln \frac{(a + \sqrt{a^2 + r^2})R}{(a + \sqrt{a^2 + R^2})r} - (1+\nu) \frac{a \cos^2 \vartheta}{\sqrt{a^2 + R^2}} \right]$$

III. Premiki v polprostoru zaradi brezkrajne pasovne (trakaste) obtežbe na površju temeljnih tal

Horizontalni premiki:

$$\bar{q} \Rightarrow u_x = \frac{\bar{q}}{\pi E} \left[(1+\nu) \sin \vartheta \cos \vartheta - (1+\nu)(1-2\nu) \vartheta \right]$$

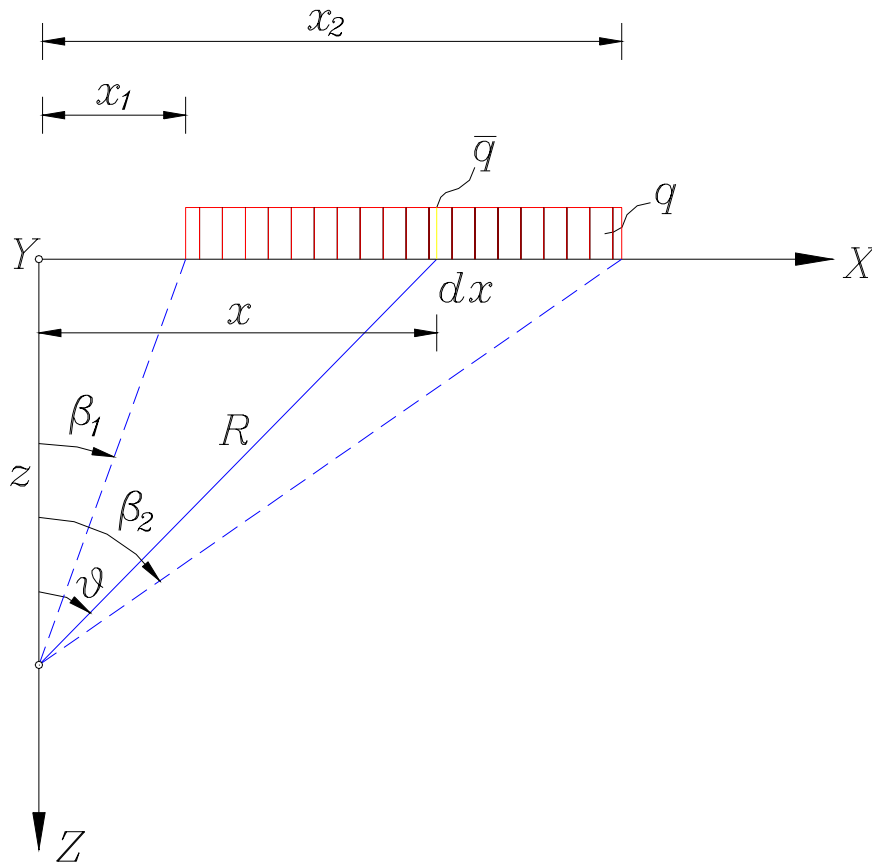
$$\bar{q} = q dx$$

$$x = z \tan \vartheta \Rightarrow dx = \frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta}$$

$$\cos \vartheta = \frac{z}{R} \Rightarrow R = \frac{z}{\cos \vartheta}$$

$$u_x = \int_{\vartheta=\beta_1}^{\beta_2} \frac{q \left(\frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right)}{\pi E} \left[(1+\nu) \sin \vartheta \cos \vartheta - (1+\nu)(1-2\nu) \vartheta \right]$$

$$u_x = \frac{q z}{\pi E} \left[(1+\nu) \int_{\vartheta=\beta_1}^{\beta_2} \tan \vartheta d\vartheta - (1+\nu)(1-2\nu) \int_{\vartheta=\beta_1}^{\beta_2} \frac{\vartheta d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right]$$



Slika 3: Obremenitev temeljnih tal s pasovno obtežbo

$$u_x = \frac{q z}{\pi E} \left[(1 + \nu) \int_{\beta_1}^{\beta_2} \tan \vartheta d\vartheta - (1 + \nu)(1 - 2\nu) \int_{\beta_1}^{\beta_2} \frac{\vartheta d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right]$$

$$\int_{\beta_1}^{\beta_2} \tan \vartheta d\vartheta = -\ln \cos \vartheta \Big|_{\beta_1}^{\beta_2} = -\ln \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1}$$

$$\begin{aligned} \int_{\beta_1}^{\beta_2} \frac{\vartheta d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} &= (\vartheta \tan \vartheta + \ln \cos \vartheta) \Big|_{\beta_1}^{\beta_2} = \\ &= \beta_2 \tan \beta_2 - \beta_1 \tan \beta_1 + \ln \frac{\cos \beta_2}{\cos \beta_1} \end{aligned}$$

$$u_x = \frac{2 q z (1 - \nu^2)}{\pi E} \ln \frac{\cos \beta_1}{\cos \beta_2} +$$

$$+ \frac{q z (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{\pi E} (\beta_1 \tan \beta_1 - \beta_2 \tan \beta_2)$$

$$\underline{\underline{u_y = 0}}$$

Vertikalni premiki:

Pod neskončno dolgo pasovno obtežbo je vertikalni premik neskončno velik. Končno velik vertikalni premik za pasovno obtežbo dolžine $2a$:

$$\bar{q} \Rightarrow u_z^\bullet = \frac{\bar{q}}{\pi E} \left[2(1 - \nu^2) \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + R^2}}{R} + (1 + \nu) \frac{a \cos^2 \vartheta}{\sqrt{a^2 + R^2}} \right]$$

$$u_z^\bullet = \int_{\vartheta=\beta_1}^{\beta_2} \frac{q \left(\frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right)}{\pi E} \left[2(1 - \nu^2) \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + \left(\frac{z}{\cos \vartheta} \right)^2}}{\left(\frac{z}{\cos \vartheta} \right)} + (1 + \nu) \frac{a \cos^2 \vartheta}{\sqrt{a^2 + \left(\frac{z}{\cos \vartheta} \right)^2}} \right]$$

$$u_z^\bullet = \frac{2 q z (1 - \nu^2)}{\pi E} \int_{\vartheta=\beta_1}^{\beta_2} \ln \left(\frac{a \cos \vartheta + \sqrt{a^2 \cos^2 \vartheta + z^2}}{z} \right) \frac{d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} +$$

$$+ \frac{q z (1 + \nu)}{\pi E} \int_{\vartheta=\beta_1}^{\beta_2} \frac{a \cos \vartheta d\vartheta}{\sqrt{a^2 \cos^2 \vartheta + z^2}}$$

$$\begin{aligned}
u_z^\bullet = & \frac{2qz(1-\nu^2)}{\pi E} \left[\tan \beta_2 \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + R_2^2}}{R_2} - \tan \beta_1 \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + R_1^2}}{R_1} - \right. \\
& - \frac{a}{z} \ln \frac{x_1 + \sqrt{a^2 + R_1^2}}{x_2 + \sqrt{a^2 + R_2^2}} - (\beta_2 - \beta_1) + \\
& \left. + \arcsin \frac{a^2 + z^2 + a\sqrt{a^2 + R_1^2}}{(a + \sqrt{a^2 + R_1^2})(a + z)} - \arcsin \frac{a^2 + z^2 + a\sqrt{a^2 + R_2^2}}{(a + \sqrt{a^2 + R_2^2})(a + z)} \right] + \\
& + \frac{qz(1+\nu)}{\pi E} \left[\arcsin \frac{a \sin \beta_2}{\sqrt{a^2 + z^2}} - \arcsin \frac{a \sin \beta_1}{\sqrt{a^2 + z^2}} \right]
\end{aligned}$$

Skrček sloja debeline $z = h$ pod pasovno obtežbo dolžine $2a$:

$$\begin{aligned}
s^\bullet = & u_{z_0}^\bullet - u_z^\bullet \\
s^\bullet = & \frac{2q(1-\nu^2)}{\pi E} \left[x_2 \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + x_2^2}}{x_2} - x_2 \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + x_2^2 + z^2}}{\sqrt{x_2^2 + z^2}} - \right. \\
& - x_1 \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + x_1^2}}{x_1} + x_1 \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + x_1^2 + z^2}}{\sqrt{x_1^2 + z^2}} - \\
& - a \ln \frac{x_1 + \sqrt{a^2 + x_1^2}}{x_2 + \sqrt{a^2 + x_2^2}} + a \ln \frac{x_1 + \sqrt{a^2 + x_1^2 + z^2}}{x_2 + \sqrt{a^2 + x_2^2 + z^2}} + z(\beta_2 - \beta_1) + \\
& + z \arcsin \frac{a^2 + z^2 + a\sqrt{a^2 + x_2^2 + z^2}}{(a + \sqrt{a^2 + x_2^2 + z^2})(a + z)} - \\
& \left. - z \arcsin \frac{a^2 + z^2 + a\sqrt{a^2 + x_1^2 + z^2}}{(a + \sqrt{a^2 + x_1^2 + z^2})(a + z)} \right] + \\
& + \frac{qz(1+\nu)}{\pi E} \left[\arcsin \frac{a \sin \beta_1}{\sqrt{a^2 + z^2}} - \arcsin \frac{a \sin \beta_2}{\sqrt{a^2 + z^2}} \right]
\end{aligned}$$

Če gre $a \Rightarrow \infty$ (brezkrajna pasovna obtežba):

$$s = \frac{q}{\pi E} \left[2(1-\nu^2) \left(x_2 \ln \frac{\sqrt{x_2^2 + z^2}}{x_2} - x_1 \ln \frac{\sqrt{x_1^2 + z^2}}{x_1} \right) + (1+\nu)(1-2\nu)z(\beta_2 - \beta_1) \right]$$

Celoten vektor premikov pod pasovno obtežbo:

$$u_x = \frac{qz}{\pi E} \left[2(1-\nu^2) \ln \frac{\cos \beta_1}{\cos \beta_2} + (1+\nu)(1-2\nu)(\beta_1 \tan \beta_1 - \beta_2 \tan \beta_2) \right]$$

$$u_y = 0$$

$$u_z \Rightarrow \infty$$

Skrček sloja debeline $z = h$ pod pasovno obtežbo:

$$s = u_{z0} - u_z$$

$$s = \frac{q}{\pi E} \left[2(1-\nu^2) \left(x_2 \ln \frac{\sqrt{x_2^2 + z^2}}{x_2} - x_1 \ln \frac{\sqrt{x_1^2 + z^2}}{x_1} \right) + (1+\nu)(1-2\nu)z(\beta_2 - \beta_1) \right]$$

Geometrijske količine:

$$\tan \beta_1 = \frac{x_1}{z}, \quad \tan \beta_2 = \frac{x_2}{z}$$

IV. Premiki v polprostoru zaradi obtežbe pravokotne tlorisne oblike na površju temeljnih tal (v navpičnici skozi vogal obtežbe)

Analitično rešitev za izračun premikov v polprostoru, ki jih povzroči na površju obtežba pravokotne tlorisne oblike, dobimo samo v navpičnici, ki poteka skozi oglišče obtežbe pravokotne tlorisne oblike.

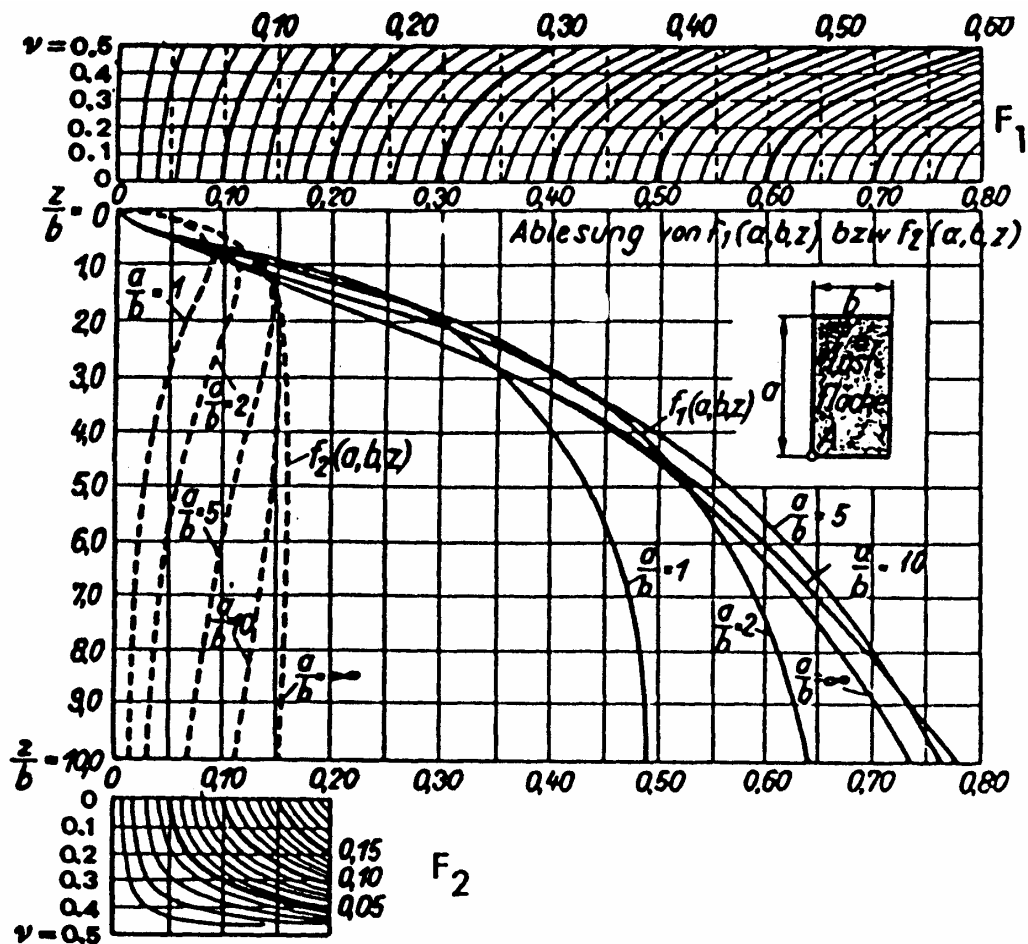
Rešitve, ki jih dobimo za premike v navpičnici skozi oglišče obtežbe pravokotne tlorisne oblike, lahko smiselno uporabimo za izračun premikov v različnih navpičnicah pod poljubnimi oglatimi obtežbami. Ker velja načelo superpozicije, lahko poljubno oglato obtežbo razdelimo na ustrezno število obtežb pravokotne tlorisne oblike. Če iščemo premike v navpičnici skozi izbrano točko (i), potem mora biti ta točka (v tlorisu) vedno oglišče vseh obtežb pravokotnih tlorisnih oblik na katere smo razdelili obtežbo oglate tlorisne oblike. S seštevanjem vplivov posameznih obtežbenih likov (+ če je obremenitev pozitivna in – za negativno obremenitev) dobimo v izbrani globini vrednost ustreznega premika, ki ga povzroči na površju temeljnih tal delujoča obtežba oglate tlorisne oblike.

Rešitev za izračun vertikalnih premikov v navpičnici pod ogliščem obtežbe pravokotne tlorisne oblike je prvi podal Steinbrenner. Steinbrenner ni podal enačbe za izračun vertikalnih premikov ($u_z = w$), temveč enačbo za izračun skrčkov ($s = u_{z0} - u_z$).

Za praktično uporabo je pripravil diagrame, iz katerih za količnika a/b (razmerje daljše in krajše stranice obtežbe pravokotne tlorisne oblike) in z/b (razmerje med globino v kateri iščemo premik in krajšo stranico oglate obtežbe) odčitamo koeficienta f_1 in f_2 oziroma F_1 in F_2 , skrček sloja med površjem temeljnih tal in dnom sloja (globina z) pa izračunamo po enačbi:

$$s = \frac{q b}{E} \left[(1 - \nu^2) f_1 + (1 - \nu - 2\nu^2) f_2 \right]$$

$$s = \frac{q b}{E} (F_1 + F_2)$$



Slika 4: Diagrami za izračun skrčkov sloja debeline $h = z$ pod vogalno točko obtežbe pravokotne tlorisne oblike (Steinbrenner)

Skrček sloja lahko izračunamo tudi po enačbi:

$$s = \frac{q}{\pi E} \left\{ (1-\nu^2) \left[a \ln \frac{(b + \sqrt{a^2 + b^2}) \sqrt{a^2 + z^2}}{a (b + \sqrt{a^2 + b^2 + z^2})} + \right. \right. \\ \left. \left. + b \ln \frac{(a + \sqrt{a^2 + b^2}) \sqrt{b^2 + z^2}}{b (a + \sqrt{a^2 + b^2 + z^2})} \right] + \right. \\ \left. + \frac{z}{2} (1-\nu - 2\nu^2) \arctan \left(\frac{ab}{z \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}} \right) \right\}$$

Skrček sloja je tem večji, čim večja je debelina sloja ($h = z$). Če bi izračunali skrček sloja neskončne debeline ($z = \infty$), takšen skrček pomeni premik površja polprostora, ki ga pod ogliščem povzroči obtežba pravokotne tlorisne oblike:

$$u_{z_0} = S_{\infty}$$

$$s_{\infty} = \frac{q}{\pi E} (1 - \nu^2) \left(a \ln \frac{b + \sqrt{a^2 + b^2}}{a} + b \ln \frac{a + \sqrt{a^2 + b^2}}{b} \right)$$

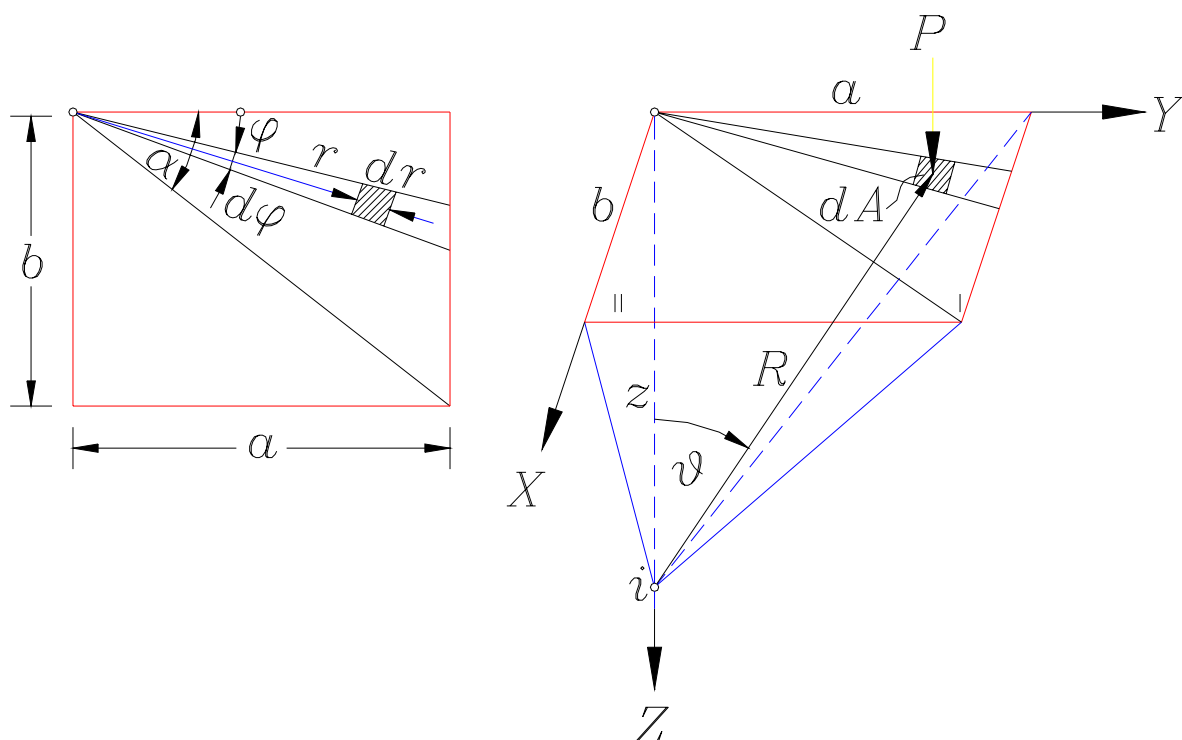
Rešitve za izračun skrčkov pod vogalno točko obtežbe pravokotne tlorisne oblike, lahko uporabimo tudi za izračun skrčkov pod vogalno točko pasovne (trakaste) obtežbe. V tem primeru gre količnik med daljšo in krajšo stranico obtežbe proti brezkraini vrednosti ($a/b \Rightarrow \infty$). Skrček sloja debeline $h = z$ pod vogalno točko pasovne obtežbe širine b in dolžine $a = \infty$ izračunamo po enačbi:

$$s = \frac{q b (1 - \nu^2)}{\pi E} \ln \frac{\sqrt{b^2 + z^2}}{b} + \frac{q z (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{2 \pi E} \arcsin \frac{b}{\sqrt{b^2 + z^2}}$$

Skrček neskončno debelega sloja, oziroma premik površja polprostora, pod vogalno točko pasovne obtežbe limitira k brezkraino veliki vrednosti:

$$u_{z_0} = S_{\infty} = \infty$$

Do enačb za izračun premikov v navpičnici skozi oglišče obtežbe pravokotne tlorisne obtežbe pridemo tako, da izraze za premike, ki jih v polprostoru povzroči točkovna sila, integriramo po ploskvi pravokotne obtežbe ($A = a b$):



Slika 5: Obremenitev temeljnih tal z enakomerno obtežbo pravokotne tlorisne oblike

$$P \Rightarrow u_z = \frac{P(1+\nu)}{2\pi RE} [2(1-\nu) + \cos^2 \vartheta]$$

$$P = q dA \Rightarrow$$

$$u_z = \int_A \frac{q dA(1+\nu)}{2\pi ER} [2(1-\nu) + \cos^2 \vartheta]$$

$$P \Rightarrow u_r = \frac{P(1+\nu)}{2\pi ER} \left(\sin \vartheta \cos \vartheta - (1-2\nu) \frac{\sin \vartheta}{1+\cos \vartheta} \right)$$

$$u_x = u_r \cos \phi \quad , \quad u_y = u_r \sin \phi$$

$$P = q dA \Rightarrow$$

$$u_x = \int_A \frac{q dA (1 + \nu)}{2 \pi E R} \left(\sin \vartheta \cos \vartheta - (1 - 2\nu) \frac{\sin \vartheta}{1 + \cos \vartheta} \right) \cos \phi$$

$$P = q dA \Rightarrow$$

$$u_y = \int_A \frac{q dA (1 + \nu)}{2 \pi E R} \left(\sin \vartheta \cos \vartheta - (1 - 2\nu) \frac{\sin \vartheta}{1 + \cos \vartheta} \right) \sin \phi$$

Do končnih rešitev pridemo na lažji način, če obtežbo pravokotne tlorisne oblike razdelimo na dve obtežbi, ki imata v tlorisu obliko pravokotnih trikotnikov. Oglišča obeh trikotnikov so oglišča pravokotnika. Integracije izvedemo za vsako obtežbo trikotne tlorisne oblike posebej z uvedbo novih spremenljivk, na koncu pa rešitvi za trikotni tlorisni obtežbi seštejemo.

$$dA = r dr d\phi$$

$$R^2 = r^2 + z^2, \quad \cos \vartheta = \frac{z}{R} = \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}}, \quad \sin \vartheta = \frac{r}{R} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + z^2}}$$

Za prvo obtežbo trikotne tlorisne oblike (I) velja:

$$\alpha = \arctan \frac{b}{a}$$

$$\int_{A_I} \dots dA = \int_{\phi=0}^{\alpha} \int_{r=0}^{a/\cos \phi} \dots dr d\phi$$

Za drugo obtežbo trikotne tlorisne oblike (II) pa:

$$\beta = \arctan \frac{a}{b}$$

$$\int_{A_{II}} \dots dA = \int_{\phi=0}^{\beta} \int_{r=0}^{b/\cos\phi} \dots dr d\phi$$

Celoten vektor premikov v navpičnici skozi vogalno točko obtežbe pravokotne tlorisne oblike:

$$A = \sqrt{a^2 + z^2} \quad , \quad B = \sqrt{b^2 + z^2}$$

$$C = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2} \quad , \quad D = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$u_x = u_b = \frac{qz}{\pi E} \left\{ (1-\nu^2) \left(\ln \frac{a+A}{z} - \frac{1}{2} \ln \frac{C+a}{C-a} \right) + \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{2z} \left[a \ln \frac{z+A}{z+C} + b \arctan \frac{ab(z-C)}{a^2z + b^2C} \right] \right\}$$

$$u_y = u_a = \frac{qz}{\pi E} \left\{ (1-\nu^2) \left(\ln \frac{b+B}{z} - \frac{1}{2} \ln \frac{C+b}{C-b} \right) + \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{2z} \left[b \ln \frac{z+B}{z+C} - a \arctan \frac{ab(C-z)}{a^2C + b^2z} \right] \right\}$$

$$u_z = \frac{q}{\pi E} \left\{ (1-\nu^2) \left(a \ln \frac{b+C}{A} + b \ln \frac{a+C}{B} \right) - z \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{2} \arctan \frac{ab}{zC} \right\}$$

In skrček sloja:

$$s = u_z(z=0) - u_z(z)$$

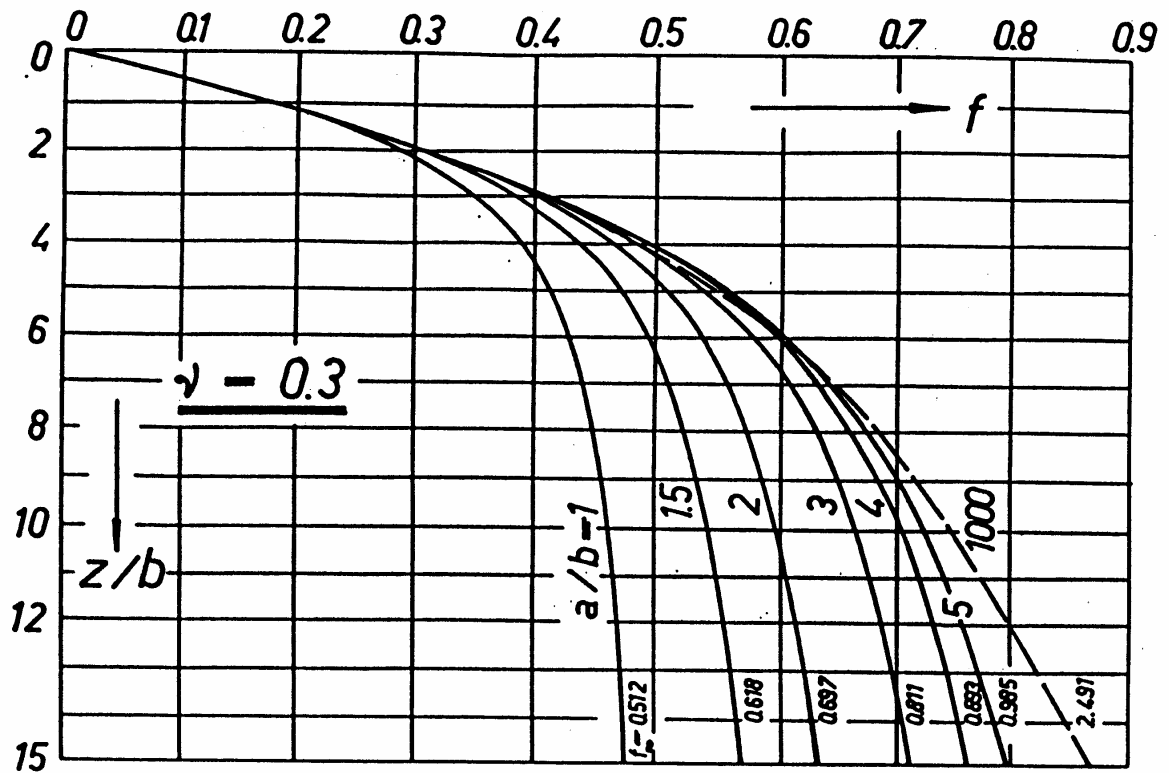
$$s = \frac{q}{\pi E} \left\{ (1-\nu^2) \left(a \ln \frac{A(b+D)}{a(b+C)} + b \ln \frac{B(a+D)}{b(a+C)} \right) + z \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{2} \arcsin \frac{ab}{AB} \right\}$$

Za praktično uporabo lahko za izračun skrčkov sloja debeline $h = z$, pripravimo brezdimenzijske diagrame, s pomočjo katerih izračunamo skrček sloja po enačbi:

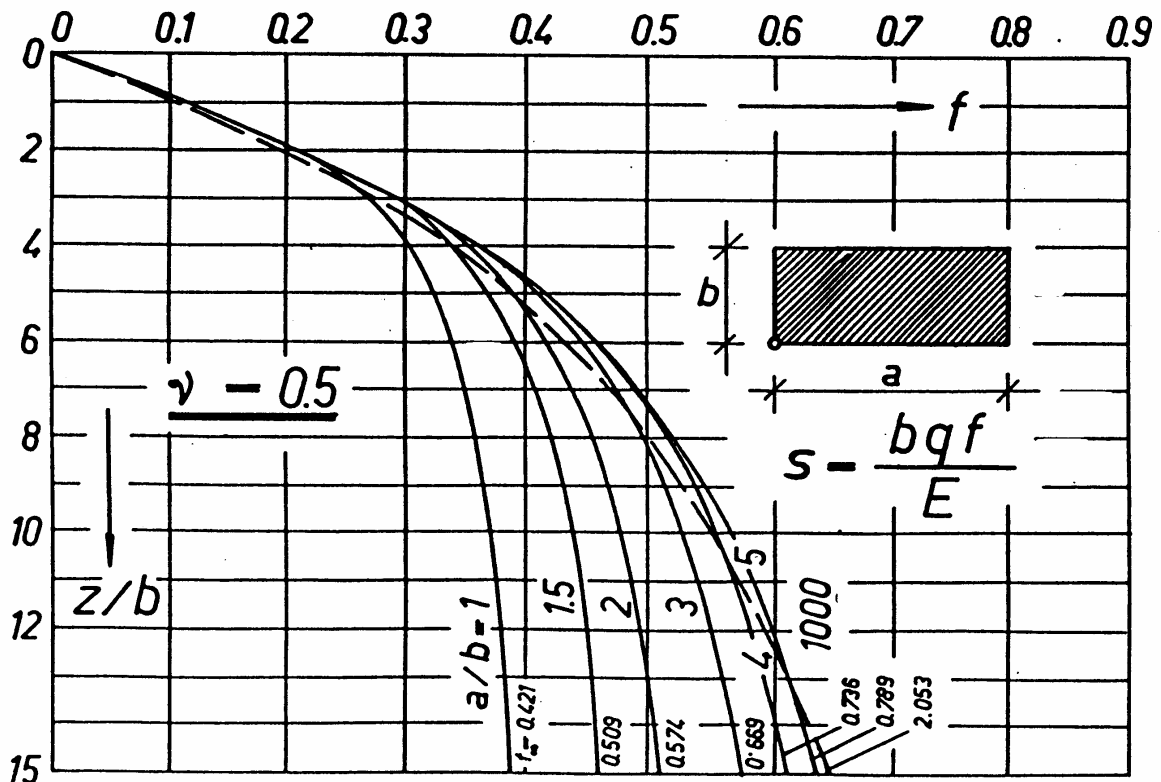
$$s = \frac{q b}{E} f$$

Diagrami, veljajo za konkretno vrednost Poissonovega števila. V nadaljevanju sta prikazana dva takšna diagrama in sicer za vrednost $\nu = 0.3$ in $\nu = 0.5$.

V preglednicah na naslednjih straneh pa so podani koeficienti f v odvisnosti od razmerja a/b in z/b za vrednosti Poissonovega števila $\nu = 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ in 0.5 .



Sliki 6 in 7: Koeficienti f za izračun skrčka sloja debeline $h = z$ pod vogalno točko obtežbe pravokotne tlorisne oblike za vrednost Poissonovega števila $\nu = 0.3$ in $\nu = 0.5$



$\nu = 0.0$		KOEFIČIENTI f ZA IZRAČUN SKRČKOV										
z/b	$a/b = 1$	$a/b = 1.25$	$a/b = 1.5$	$a/b = 1.75$	$a/b = 2$	$a/b = 3$	$a/b = 4$	$a/b = 5$	$a/b = 10$	$a/b = 100$	$a/b = 1000$	$a/b = \infty$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
0,50	0,123	0,123	0,123	0,123	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
0,75	0,178	0,180	0,181	0,181	0,181	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182	0,182
1,00	0,225	0,230	0,232	0,233	0,234	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235	0,235
1,25	0,265	0,273	0,277	0,280	0,281	0,283	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284	0,284
1,50	0,299	0,310	0,316	0,320	0,323	0,327	0,327	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
1,75	0,326	0,341	0,350	0,356	0,359	0,365	0,367	0,367	0,368	0,368	0,368	0,368
2,00	0,349	0,367	0,379	0,386	0,392	0,400	0,402	0,403	0,404	0,404	0,404	0,404
2,25	0,369	0,390	0,404	0,413	0,420	0,431	0,434	0,436	0,437	0,437	0,437	0,437
2,50	0,385	0,409	0,425	0,437	0,444	0,459	0,464	0,465	0,467	0,467	0,467	0,467
2,75	0,399	0,426	0,444	0,457	0,466	0,484	0,490	0,492	0,494	0,494	0,494	0,494
3,00	0,411	0,440	0,460	0,475	0,486	0,507	0,515	0,517	0,520	0,520	0,520	0,520
3,25	0,421	0,452	0,475	0,491	0,503	0,528	0,537	0,540	0,544	0,544	0,544	0,544
3,50	0,430	0,463	0,487	0,505	0,519	0,547	0,557	0,562	0,566	0,566	0,566	0,566
3,75	0,438	0,473	0,499	0,518	0,532	0,564	0,576	0,582	0,587	0,587	0,587	0,587
4,00	0,446	0,482	0,509	0,529	0,545	0,580	0,594	0,600	0,606	0,607	0,607	0,607
4,25	0,452	0,490	0,518	0,540	0,556	0,594	0,610	0,617	0,625	0,625	0,625	0,625
4,50	0,458	0,497	0,526	0,549	0,567	0,608	0,625	0,633	0,642	0,643	0,643	0,643
4,75	0,463	0,503	0,534	0,557	0,576	0,620	0,639	0,648	0,659	0,660	0,660	0,660
5,00	0,468	0,509	0,540	0,565	0,584	0,631	0,652	0,663	0,674	0,676	0,676	0,676
5,25	0,472	0,514	0,547	0,572	0,592	0,642	0,664	0,676	0,689	0,691	0,691	0,691
5,50	0,476	0,519	0,552	0,579	0,600	0,651	0,676	0,688	0,703	0,705	0,705	0,705
5,75	0,479	0,523	0,557	0,585	0,606	0,660	0,686	0,700	0,717	0,719	0,719	0,719
6,00	0,483	0,527	0,562	0,590	0,612	0,669	0,696	0,711	0,730	0,732	0,732	0,732
6,25	0,486	0,531	0,567	0,595	0,618	0,677	0,706	0,722	0,742	0,745	0,745	0,745
6,50	0,489	0,535	0,571	0,600	0,624	0,684	0,715	0,731	0,754	0,757	0,757	0,757
6,75	0,491	0,538	0,575	0,604	0,628	0,691	0,723	0,741	0,765	0,769	0,769	0,769
7,00	0,494	0,541	0,578	0,608	0,633	0,697	0,731	0,750	0,776	0,781	0,781	0,781
7,25	0,496	0,544	0,582	0,612	0,637	0,703	0,738	0,758	0,787	0,792	0,792	0,792
7,50	0,498	0,546	0,585	0,616	0,642	0,709	0,745	0,766	0,797	0,802	0,802	0,802
7,75	0,500	0,549	0,588	0,619	0,645	0,715	0,752	0,774	0,806	0,813	0,813	0,813
8,00	0,502	0,551	0,590	0,623	0,649	0,720	0,758	0,781	0,816	0,823	0,823	0,823
8,25	0,504	0,553	0,593	0,626	0,652	0,724	0,764	0,788	0,825	0,832	0,832	0,832
8,50	0,505	0,555	0,596	0,628	0,656	0,729	0,770	0,795	0,834	0,842	0,842	0,842
8,75	0,507	0,557	0,598	0,631	0,659	0,733	0,776	0,801	0,842	0,851	0,851	0,851
9,00	0,508	0,559	0,600	0,634	0,662	0,737	0,781	0,807	0,850	0,860	0,860	0,860
9,25	0,510	0,561	0,602	0,636	0,664	0,741	0,786	0,813	0,858	0,869	0,869	0,869
9,50	0,511	0,563	0,604	0,638	0,667	0,745	0,790	0,818	0,865	0,877	0,877	0,877
9,75	0,512	0,564	0,606	0,640	0,669	0,749	0,795	0,823	0,873	0,885	0,885	0,885
10,00	0,514	0,566	0,608	0,643	0,672	0,752	0,799	0,829	0,880	0,893	0,893	0,893
10,25	0,515	0,567	0,610	0,645	0,674	0,755	0,803	0,833	0,887	0,901	0,901	0,901
10,50	0,516	0,569	0,611	0,646	0,676	0,758	0,807	0,838	0,893	0,909	0,909	0,909
10,75	0,517	0,570	0,613	0,648	0,678	0,761	0,811	0,842	0,900	0,916	0,916	0,916
11,00	0,518	0,571	0,614	0,650	0,680	0,764	0,814	0,847	0,906	0,923	0,923	0,923
11,25	0,519	0,572	0,616	0,652	0,682	0,767	0,818	0,851	0,912	0,930	0,930	0,930
11,50	0,520	0,573	0,617	0,653	0,684	0,769	0,821	0,855	0,918	0,937	0,937	0,937
11,75	0,521	0,574	0,618	0,655	0,685	0,772	0,824	0,859	0,924	0,944	0,944	0,944
12,00	0,521	0,575	0,619	0,656	0,687	0,774	0,828	0,862	0,929	0,951	0,951	0,951
12,25	0,522	0,576	0,621	0,657	0,689	0,777	0,831	0,866	0,935	0,957	0,957	0,957
12,50	0,523	0,577	0,622	0,659	0,690	0,779	0,833	0,869	0,940	0,964	0,964	0,964
12,75	0,524	0,578	0,623	0,660	0,692	0,781	0,836	0,873	0,945	0,970	0,970	0,970
13,00	0,524	0,579	0,624	0,661	0,693	0,783	0,839	0,876	0,950	0,976	0,976	0,976
13,25	0,525	0,580	0,625	0,663	0,694	0,785	0,841	0,879	0,955	0,982	0,982	0,982
13,50	0,526	0,581	0,626	0,664	0,696	0,787	0,844	0,882	0,960	0,988	0,988	0,988
13,75	0,526	0,582	0,627	0,665	0,697	0,789	0,846	0,885	0,964	0,994	0,994	0,994
14,00	0,527	0,583	0,628	0,666	0,698	0,791	0,849	0,888	0,969	1,000	1,000	1,000
14,25	0,528	0,583	0,629	0,667	0,699	0,792	0,851	0,890	0,973	1,005	1,005	1,005
14,50	0,528	0,584	0,630	0,668	0,700	0,794	0,853	0,893	0,977	1,011	1,011	1,011
14,75	0,529	0,585	0,630	0,669	0,702	0,796	0,855	0,895	0,981	1,016	1,016	1,016
15,00	0,529	0,585	0,631	0,670	0,703	0,797	0,857	0,898	0,985	1,022	1,022	1,022
∞	0,561	0,625	0,679	0,725	0,766	0,892	0,982	1,052	1,272	2,005	2,738	∞

$\nu = 0.1$		KOEFIČIENTI f ZA IZRAČUN SKRČKOV										
z/b	$a/b = 1$	$a/b = 1.25$	$a/b = 1.5$	$a/b = 1.75$	$a/b = 2$	$a/b = 3$	$a/b = 4$	$a/b = 5$	$a/b = 10$	$a/b = 100$	$a/b = 1000$	$a/b = \infty$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
0,50	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113	0,113
0,75	0,167	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168	0,168
1,00	0,214	0,217	0,219	0,219	0,220	0,220	0,220	0,220	0,219	0,219	0,219	0,219
1,25	0,254	0,260	0,264	0,265	0,266	0,267	0,267	0,267	0,267	0,266	0,266	0,266
1,50	0,287	0,297	0,303	0,306	0,308	0,310	0,310	0,310	0,309	0,309	0,309	0,309
1,75	0,315	0,329	0,336	0,341	0,344	0,348	0,349	0,349	0,348	0,348	0,348	0,348
2,00	0,339	0,355	0,366	0,372	0,376	0,383	0,384	0,384	0,384	0,383	0,383	0,383
2,25	0,358	0,378	0,391	0,399	0,405	0,414	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416	0,416
2,50	0,375	0,398	0,413	0,423	0,430	0,442	0,445	0,446	0,446	0,445	0,445	0,445
2,75	0,389	0,414	0,432	0,444	0,452	0,467	0,472	0,473	0,473	0,473	0,473	0,473
3,00	0,401	0,429	0,448	0,462	0,472	0,490	0,496	0,498	0,499	0,498	0,498	0,498
3,25	0,412	0,442	0,463	0,478	0,489	0,511	0,518	0,521	0,522	0,522	0,522	0,522
3,50	0,421	0,453	0,476	0,493	0,505	0,530	0,539	0,542	0,544	0,544	0,544	0,544
3,75	0,430	0,463	0,488	0,506	0,519	0,548	0,558	0,562	0,565	0,564	0,564	0,564
4,00	0,437	0,472	0,498	0,517	0,532	0,564	0,576	0,581	0,584	0,584	0,584	0,584
4,25	0,444	0,480	0,507	0,528	0,543	0,578	0,592	0,598	0,603	0,602	0,602	0,602
4,50	0,449	0,487	0,516	0,537	0,554	0,592	0,608	0,614	0,620	0,619	0,619	0,619
4,75	0,455	0,494	0,523	0,546	0,564	0,604	0,622	0,629	0,636	0,636	0,636	0,636
5,00	0,460	0,500	0,530	0,554	0,572	0,616	0,635	0,644	0,652	0,652	0,652	0,652
5,25	0,464	0,505	0,536	0,561	0,580	0,627	0,647	0,657	0,667	0,667	0,667	0,667
5,50	0,468	0,510	0,542	0,568	0,588	0,637	0,659	0,670	0,681	0,681	0,681	0,681
5,75	0,472	0,514	0,548	0,574	0,595	0,646	0,670	0,682	0,695	0,695	0,695	0,695
6,00	0,475	0,519	0,552	0,579	0,601	0,654	0,680	0,693	0,708	0,708	0,708	0,708
6,25	0,478	0,522	0,557	0,585	0,607	0,662	0,689	0,704	0,720	0,720	0,720	0,720
6,50	0,481	0,526	0,561	0,589	0,612	0,670	0,699	0,714	0,732	0,733	0,733	0,733
6,75	0,484	0,529	0,565	0,594	0,617	0,677	0,707	0,723	0,743	0,744	0,744	0,744
7,00	0,486	0,532	0,569	0,598	0,622	0,683	0,715	0,732	0,754	0,756	0,756	0,756
7,25	0,489	0,535	0,572	0,602	0,626	0,690	0,723	0,741	0,765	0,766	0,766	0,766
7,50	0,491	0,538	0,576	0,606	0,631	0,696	0,730	0,749	0,775	0,777	0,777	0,777
7,75	0,493	0,541	0,579	0,609	0,635	0,701	0,737	0,757	0,785	0,787	0,787	0,787
8,00	0,495	0,543	0,581	0,613	0,638	0,706	0,743	0,764	0,794	0,797	0,797	0,797
8,25	0,497	0,545	0,584	0,616	0,642	0,711	0,749	0,771	0,803	0,807	0,807	0,807
8,50	0,498	0,547	0,587	0,619	0,645	0,716	0,755	0,778	0,812	0,816	0,816	0,816
8,75	0,500	0,549	0,589	0,621	0,648	0,720	0,761	0,784	0,820	0,825	0,825	0,825
9,00	0,501	0,551	0,591	0,624	0,651	0,725	0,766	0,790	0,829	0,834	0,834	0,834
9,25	0,503	0,553	0,593	0,626	0,654	0,729	0,771	0,796	0,837	0,842	0,842	0,842
9,50	0,504	0,555	0,595	0,629	0,657	0,732	0,776	0,802	0,844	0,851	0,851	0,851
9,75	0,506	0,556	0,597	0,631	0,659	0,736	0,780	0,807	0,852	0,859	0,859	0,859
10,00	0,507	0,558	0,599	0,633	0,662	0,740	0,785	0,812	0,859	0,867	0,867	0,867
10,25	0,508	0,559	0,601	0,635	0,664	0,743	0,789	0,817	0,866	0,875	0,874	0,874
10,50	0,509	0,561	0,603	0,637	0,666	0,746	0,793	0,822	0,872	0,882	0,882	0,882
10,75	0,510	0,562	0,604	0,639	0,668	0,749	0,797	0,827	0,879	0,890	0,889	0,889
11,00	0,511	0,563	0,606	0,641	0,670	0,752	0,800	0,831	0,885	0,897	0,897	0,897
11,25	0,512	0,565	0,607	0,642	0,672	0,755	0,804	0,835	0,891	0,904	0,904	0,904
11,50	0,513	0,566	0,609	0,644	0,674	0,757	0,807	0,839	0,897	0,911	0,911	0,911
11,75	0,514	0,567	0,610	0,646	0,676	0,760	0,811	0,843	0,903	0,917	0,917	0,917
12,00	0,515	0,568	0,611	0,647	0,677	0,762	0,814	0,847	0,909	0,924	0,924	0,924
12,25	0,516	0,569	0,612	0,648	0,679	0,765	0,817	0,851	0,914	0,930	0,930	0,930
12,50	0,516	0,570	0,614	0,650	0,680	0,767	0,820	0,854	0,920	0,937	0,937	0,937
12,75	0,517	0,571	0,615	0,651	0,682	0,769	0,823	0,858	0,925	0,943	0,943	0,943
13,00	0,518	0,572	0,616	0,652	0,683	0,771	0,825	0,861	0,930	0,949	0,949	0,949
13,25	0,519	0,573	0,617	0,654	0,685	0,773	0,828	0,864	0,935	0,955	0,955	0,955
13,50	0,519	0,574	0,618	0,655	0,686	0,775	0,830	0,867	0,940	0,961	0,961	0,961
13,75	0,520	0,574	0,619	0,656	0,687	0,777	0,833	0,870	0,944	0,967	0,967	0,967
14,00	0,521	0,575	0,620	0,657	0,689	0,779	0,835	0,873	0,949	0,972	0,972	0,972
14,25	0,521	0,576	0,621	0,658	0,690	0,781	0,838	0,876	0,953	0,978	0,978	0,978
14,50	0,522	0,577	0,622	0,659	0,691	0,783	0,840	0,878	0,957	0,983	0,983	0,983
14,75	0,522	0,577	0,622	0,660	0,692	0,784	0,842	0,881	0,962	0,989	0,989	0,989
15,00	0,523	0,578	0,623	0,661	0,693	0,786	0,844	0,883	0,966	0,994	0,994	0,994
∞	0,555	0,619	0,672	0,718	0,758	0,883	0,972	1,042	1,259	1,985	2,710	∞

$\nu = 0.2$												
KOEFIČIENTI f ZA IZRAČUN SKRČKOV												
z/b	$a/b = 1$	$a/b = 1.25$	$a/b = 1.5$	$a/b = 1.75$	$a/b = 2$	$a/b = 3$	$a/b = 4$	$a/b = 5$	$a/b = 10$	$a/b = 100$	$a/b = 1000$	$a/b = \infty$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,048	0,048	0,048	0,048	0,048	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047
0,50	0,100	0,099	0,099	0,099	0,099	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098
0,75	0,151	0,151	0,150	0,150	0,150	0,149	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148
1,00	0,196	0,198	0,199	0,199	0,199	0,198	0,197	0,197	0,196	0,196	0,196	0,196
1,25	0,236	0,240	0,242	0,243	0,243	0,243	0,242	0,241	0,241	0,240	0,240	0,240
1,50	0,269	0,277	0,281	0,283	0,284	0,284	0,283	0,283	0,282	0,281	0,281	0,281
1,75	0,297	0,308	0,314	0,318	0,319	0,321	0,321	0,320	0,319	0,318	0,318	0,318
2,00	0,320	0,334	0,343	0,348	0,351	0,355	0,355	0,354	0,353	0,352	0,352	0,352
2,25	0,340	0,357	0,368	0,375	0,379	0,385	0,386	0,386	0,384	0,383	0,383	0,383
2,50	0,356	0,377	0,390	0,399	0,404	0,413	0,414	0,414	0,413	0,412	0,412	0,412
2,75	0,371	0,394	0,409	0,419	0,426	0,438	0,441	0,441	0,439	0,438	0,438	0,438
3,00	0,383	0,408	0,426	0,438	0,446	0,461	0,465	0,465	0,464	0,462	0,462	0,462
3,25	0,394	0,421	0,440	0,454	0,464	0,482	0,487	0,488	0,487	0,485	0,485	0,485
3,50	0,403	0,433	0,453	0,469	0,480	0,501	0,507	0,509	0,508	0,506	0,506	0,506
3,75	0,411	0,443	0,465	0,482	0,494	0,518	0,526	0,529	0,528	0,526	0,526	0,526
4,00	0,419	0,452	0,476	0,493	0,507	0,534	0,544	0,547	0,547	0,545	0,545	0,545
4,25	0,425	0,460	0,485	0,504	0,518	0,549	0,560	0,564	0,565	0,563	0,563	0,563
4,50	0,431	0,467	0,493	0,513	0,529	0,563	0,575	0,580	0,582	0,580	0,580	0,580
4,75	0,437	0,473	0,501	0,522	0,538	0,575	0,589	0,595	0,598	0,596	0,596	0,596
5,00	0,442	0,479	0,508	0,530	0,547	0,587	0,603	0,609	0,614	0,611	0,611	0,611
5,25	0,446	0,485	0,514	0,537	0,555	0,597	0,615	0,623	0,628	0,625	0,625	0,625
5,50	0,450	0,490	0,520	0,544	0,563	0,607	0,627	0,635	0,642	0,639	0,639	0,639
5,75	0,454	0,494	0,526	0,550	0,570	0,616	0,637	0,647	0,655	0,653	0,653	0,653
6,00	0,457	0,499	0,531	0,556	0,576	0,625	0,648	0,658	0,668	0,665	0,665	0,665
6,25	0,460	0,503	0,535	0,561	0,582	0,633	0,657	0,669	0,680	0,678	0,677	0,677
6,50	0,463	0,506	0,540	0,566	0,587	0,641	0,666	0,679	0,692	0,689	0,689	0,689
6,75	0,466	0,510	0,544	0,571	0,593	0,648	0,675	0,689	0,703	0,701	0,701	0,701
7,00	0,469	0,513	0,547	0,575	0,597	0,654	0,683	0,698	0,714	0,712	0,712	0,712
7,25	0,471	0,516	0,551	0,579	0,602	0,661	0,691	0,706	0,725	0,722	0,722	0,722
7,50	0,473	0,518	0,554	0,583	0,606	0,667	0,698	0,715	0,735	0,732	0,732	0,732
7,75	0,475	0,521	0,557	0,586	0,610	0,672	0,705	0,722	0,744	0,742	0,742	0,742
8,00	0,477	0,523	0,560	0,590	0,614	0,678	0,711	0,730	0,754	0,752	0,752	0,752
8,25	0,479	0,526	0,563	0,593	0,617	0,682	0,717	0,737	0,763	0,761	0,761	0,761
8,50	0,481	0,528	0,565	0,596	0,621	0,687	0,723	0,744	0,771	0,770	0,770	0,770
8,75	0,482	0,530	0,568	0,598	0,624	0,692	0,729	0,750	0,780	0,779	0,779	0,779
9,00	0,484	0,532	0,570	0,601	0,627	0,696	0,734	0,756	0,788	0,788	0,787	0,787
9,25	0,485	0,533	0,572	0,604	0,630	0,700	0,739	0,762	0,796	0,796	0,796	0,796
9,50	0,487	0,535	0,574	0,606	0,632	0,704	0,744	0,768	0,803	0,804	0,804	0,804
9,75	0,488	0,537	0,576	0,608	0,635	0,708	0,749	0,773	0,811	0,812	0,812	0,812
10,00	0,489	0,538	0,578	0,610	0,637	0,711	0,753	0,778	0,818	0,820	0,819	0,819
10,25	0,490	0,540	0,580	0,612	0,640	0,714	0,757	0,783	0,825	0,827	0,827	0,827
10,50	0,492	0,541	0,581	0,614	0,642	0,718	0,761	0,788	0,831	0,834	0,834	0,834
10,75	0,493	0,543	0,583	0,616	0,644	0,721	0,765	0,793	0,838	0,842	0,841	0,841
11,00	0,494	0,544	0,584	0,618	0,646	0,724	0,769	0,797	0,844	0,849	0,848	0,848
11,25	0,495	0,545	0,586	0,620	0,648	0,726	0,772	0,801	0,850	0,855	0,855	0,855
11,50	0,496	0,546	0,587	0,621	0,650	0,729	0,776	0,805	0,856	0,862	0,862	0,862
11,75	0,497	0,547	0,589	0,623	0,652	0,732	0,779	0,809	0,862	0,869	0,868	0,868
12,00	0,497	0,549	0,590	0,624	0,653	0,734	0,782	0,813	0,868	0,875	0,875	0,875
12,25	0,498	0,550	0,591	0,626	0,655	0,737	0,786	0,817	0,873	0,881	0,881	0,881
12,50	0,499	0,551	0,592	0,627	0,657	0,739	0,788	0,820	0,879	0,887	0,887	0,887
12,75	0,500	0,552	0,594	0,629	0,658	0,741	0,791	0,824	0,884	0,893	0,893	0,893
13,00	0,501	0,552	0,595	0,630	0,659	0,743	0,794	0,827	0,889	0,899	0,899	0,899
13,25	0,501	0,553	0,596	0,631	0,661	0,745	0,797	0,830	0,894	0,905	0,905	0,905
13,50	0,502	0,554	0,597	0,632	0,662	0,747	0,799	0,833	0,898	0,911	0,911	0,911
13,75	0,503	0,555	0,598	0,633	0,664	0,749	0,802	0,836	0,903	0,916	0,916	0,916
14,00	0,503	0,556	0,599	0,634	0,665	0,751	0,804	0,839	0,908	0,922	0,922	0,922
14,25	0,504	0,557	0,600	0,636	0,666	0,753	0,806	0,842	0,912	0,927	0,927	0,927
14,50	0,505	0,557	0,601	0,637	0,667	0,755	0,809	0,845	0,916	0,933	0,932	0,932
14,75	0,505	0,558	0,601	0,638	0,668	0,756	0,811	0,847	0,921	0,938	0,938	0,938
15,00	0,506	0,559	0,602	0,639	0,669	0,758	0,813	0,850	0,925	0,943	0,943	0,943
∞	0,539	0,600	0,652	0,696	0,735	0,856	0,943	1,010	1,221	1,925	2,628	∞

$\nu = 0.3$												
KOEFIČIENTI f ZA IZRAČUN SKRČKOV												
z/b	$a/b = 1$	$a/b = 1.25$	$a/b = 1.5$	$a/b = 1.75$	$a/b = 2$	$a/b = 3$	$a/b = 4$	$a/b = 5$	$a/b = 10$	$a/b = 100$	$a/b = 1000$	$a/b = \infty$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,038	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,036
0,50	0,083	0,082	0,081	0,080	0,080	0,079	0,079	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078
0,75	0,129	0,128	0,127	0,126	0,126	0,124	0,123	0,123	0,122	0,122	0,122	0,122
1,00	0,172	0,173	0,172	0,171	0,170	0,168	0,167	0,167	0,166	0,165	0,165	0,165
1,25	0,210	0,213	0,213	0,213	0,213	0,210	0,209	0,208	0,207	0,206	0,206	0,206
1,50	0,243	0,248	0,250	0,251	0,251	0,249	0,247	0,246	0,244	0,244	0,244	0,244
1,75	0,270	0,279	0,283	0,285	0,285	0,284	0,283	0,281	0,279	0,278	0,278	0,278
2,00	0,293	0,305	0,311	0,315	0,316	0,317	0,315	0,314	0,311	0,310	0,310	0,310
2,25	0,312	0,327	0,336	0,341	0,344	0,346	0,345	0,343	0,340	0,339	0,339	0,339
2,50	0,329	0,346	0,357	0,364	0,368	0,373	0,372	0,371	0,367	0,366	0,366	0,366
2,75	0,343	0,363	0,376	0,384	0,390	0,397	0,397	0,396	0,392	0,390	0,390	0,390
3,00	0,355	0,378	0,393	0,403	0,409	0,420	0,421	0,420	0,416	0,413	0,413	0,413
3,25	0,366	0,390	0,407	0,419	0,427	0,440	0,442	0,442	0,438	0,435	0,435	0,435
3,50	0,375	0,402	0,420	0,433	0,442	0,459	0,462	0,462	0,458	0,455	0,455	0,455
3,75	0,384	0,412	0,432	0,446	0,456	0,476	0,480	0,481	0,477	0,474	0,474	0,474
4,00	0,391	0,421	0,442	0,458	0,469	0,491	0,498	0,499	0,495	0,491	0,491	0,491
4,25	0,398	0,429	0,451	0,468	0,480	0,506	0,514	0,515	0,512	0,508	0,508	0,508
4,50	0,403	0,436	0,460	0,477	0,491	0,519	0,528	0,531	0,529	0,524	0,524	0,524
4,75	0,409	0,442	0,467	0,486	0,500	0,532	0,542	0,546	0,544	0,539	0,539	0,539
5,00	0,414	0,448	0,474	0,494	0,509	0,543	0,555	0,560	0,559	0,554	0,554	0,554
5,25	0,418	0,454	0,481	0,501	0,517	0,554	0,568	0,573	0,573	0,567	0,567	0,567
5,50	0,422	0,459	0,486	0,508	0,525	0,563	0,579	0,585	0,586	0,580	0,580	0,580
5,75	0,426	0,463	0,492	0,514	0,532	0,573	0,590	0,597	0,599	0,593	0,593	0,593
6,00	0,429	0,467	0,497	0,520	0,538	0,581	0,600	0,608	0,611	0,605	0,605	0,605
6,25	0,432	0,471	0,501	0,525	0,544	0,589	0,609	0,618	0,623	0,617	0,617	0,617
6,50	0,435	0,475	0,506	0,530	0,549	0,597	0,618	0,628	0,634	0,628	0,628	0,628
6,75	0,438	0,478	0,510	0,535	0,554	0,604	0,627	0,638	0,645	0,639	0,638	0,638
7,00	0,441	0,481	0,513	0,539	0,559	0,610	0,635	0,647	0,656	0,649	0,649	0,649
7,25	0,443	0,484	0,517	0,543	0,564	0,617	0,642	0,655	0,666	0,659	0,659	0,659
7,50	0,445	0,487	0,520	0,547	0,568	0,622	0,649	0,663	0,676	0,669	0,668	0,668
7,75	0,447	0,490	0,523	0,550	0,572	0,628	0,656	0,671	0,685	0,678	0,678	0,678
8,00	0,449	0,492	0,526	0,553	0,576	0,633	0,663	0,678	0,694	0,687	0,687	0,687
8,25	0,451	0,494	0,529	0,556	0,579	0,638	0,669	0,685	0,703	0,696	0,696	0,696
8,50	0,453	0,496	0,531	0,559	0,582	0,643	0,675	0,692	0,711	0,704	0,704	0,704
8,75	0,454	0,499	0,534	0,562	0,586	0,647	0,680	0,698	0,720	0,713	0,713	0,713
9,00	0,456	0,500	0,536	0,565	0,589	0,652	0,685	0,704	0,728	0,721	0,721	0,721
9,25	0,457	0,502	0,538	0,567	0,591	0,656	0,690	0,710	0,735	0,729	0,729	0,729
9,50	0,459	0,504	0,540	0,570	0,594	0,659	0,695	0,716	0,743	0,736	0,736	0,736
9,75	0,460	0,506	0,542	0,572	0,597	0,663	0,700	0,721	0,750	0,744	0,744	0,744
10,00	0,461	0,507	0,544	0,574	0,599	0,667	0,704	0,726	0,757	0,751	0,751	0,751
10,25	0,462	0,509	0,546	0,576	0,601	0,670	0,708	0,731	0,764	0,758	0,758	0,758
10,50	0,464	0,510	0,547	0,578	0,604	0,673	0,712	0,736	0,770	0,765	0,765	0,765
10,75	0,465	0,511	0,549	0,580	0,606	0,676	0,716	0,741	0,777	0,772	0,772	0,772
11,00	0,466	0,513	0,551	0,582	0,608	0,679	0,720	0,745	0,783	0,779	0,778	0,778
11,25	0,467	0,514	0,552	0,583	0,610	0,682	0,724	0,749	0,789	0,785	0,785	0,785
11,50	0,468	0,515	0,553	0,585	0,612	0,685	0,727	0,753	0,795	0,792	0,791	0,791
11,75	0,469	0,516	0,555	0,587	0,613	0,687	0,730	0,757	0,801	0,798	0,797	0,797
12,00	0,469	0,517	0,556	0,588	0,615	0,690	0,734	0,761	0,806	0,804	0,803	0,803
12,25	0,470	0,518	0,557	0,590	0,617	0,692	0,737	0,765	0,811	0,810	0,809	0,809
12,50	0,471	0,519	0,558	0,591	0,618	0,694	0,740	0,768	0,817	0,816	0,815	0,815
12,75	0,472	0,520	0,560	0,592	0,620	0,697	0,742	0,772	0,822	0,821	0,821	0,821
13,00	0,473	0,521	0,561	0,594	0,621	0,699	0,745	0,775	0,827	0,827	0,826	0,826
13,25	0,473	0,522	0,562	0,595	0,623	0,701	0,748	0,778	0,832	0,832	0,832	0,832
13,50	0,474	0,523	0,563	0,596	0,624	0,703	0,750	0,781	0,836	0,838	0,837	0,837
13,75	0,475	0,524	0,564	0,597	0,625	0,705	0,753	0,784	0,841	0,843	0,843	0,843
14,00	0,475	0,525	0,565	0,598	0,627	0,706	0,755	0,787	0,845	0,848	0,848	0,848
14,25	0,476	0,525	0,566	0,599	0,628	0,708	0,757	0,790	0,850	0,854	0,853	0,853
14,50	0,476	0,526	0,567	0,600	0,629	0,710	0,760	0,792	0,854	0,859	0,858	0,858
14,75	0,477	0,527	0,567	0,601	0,630	0,712	0,762	0,795	0,858	0,864	0,863	0,863
15,00	0,478	0,527	0,568	0,602	0,631	0,713	0,764	0,798	0,862	0,868	0,868	0,868
∞	0,511	0,569	0,618	0,660	0,697	0,811	0,893	0,958	1,158	1,824	2,491	∞

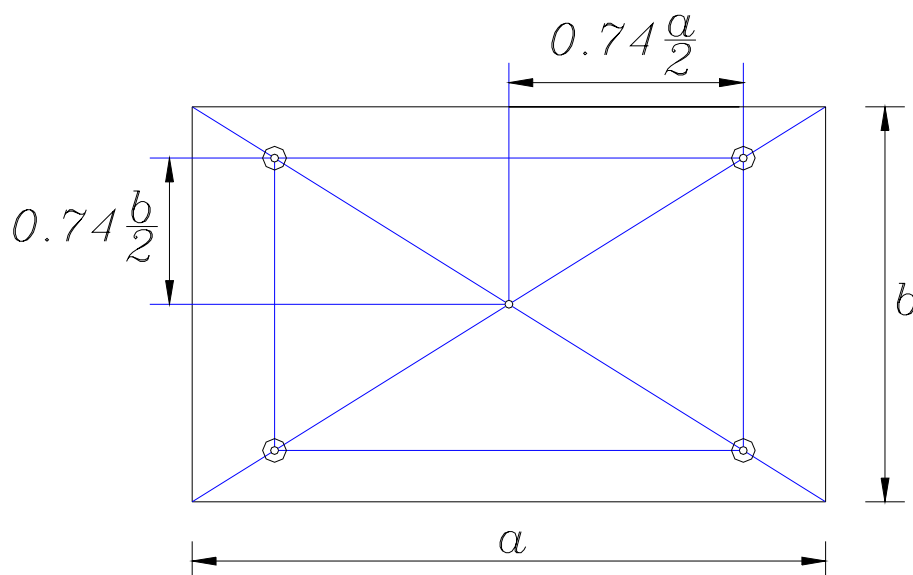
$\nu = 0.4$												
KOEFIČIENTI f ZA IZRAČUN SKRČKOV												
z/b	$a/b = 1$	$a/b = 1.25$	$a/b = 1.5$	$a/b = 1.75$	$a/b = 2$	$a/b = 3$	$a/b = 4$	$a/b = 5$	$a/b = 10$	$a/b = 100$	$a/b = 1000$	$a/b = \infty$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,025	0,024	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023	0,023
0,50	0,062	0,060	0,058	0,058	0,057	0,056	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055
0,75	0,103	0,100	0,098	0,097	0,096	0,093	0,092	0,092	0,091	0,091	0,091	0,091
1,00	0,143	0,141	0,139	0,137	0,136	0,132	0,130	0,129	0,128	0,128	0,128	0,128
1,25	0,178	0,178	0,177	0,176	0,174	0,169	0,167	0,166	0,164	0,163	0,163	0,163
1,50	0,209	0,212	0,212	0,211	0,210	0,205	0,202	0,200	0,198	0,197	0,197	0,197
1,75	0,235	0,241	0,243	0,243	0,242	0,238	0,235	0,233	0,229	0,228	0,228	0,228
2,00	0,257	0,266	0,270	0,271	0,272	0,268	0,265	0,262	0,258	0,257	0,256	0,256
2,25	0,276	0,288	0,294	0,297	0,298	0,296	0,292	0,290	0,285	0,283	0,283	0,283
2,50	0,292	0,306	0,314	0,319	0,321	0,321	0,318	0,315	0,310	0,307	0,307	0,307
2,75	0,306	0,323	0,333	0,339	0,342	0,345	0,342	0,339	0,333	0,330	0,330	0,330
3,00	0,318	0,337	0,349	0,356	0,361	0,366	0,364	0,361	0,354	0,351	0,351	0,351
3,25	0,329	0,349	0,363	0,372	0,378	0,385	0,384	0,382	0,375	0,371	0,370	0,370
3,50	0,338	0,360	0,376	0,386	0,393	0,403	0,403	0,401	0,394	0,389	0,389	0,389
3,75	0,346	0,370	0,387	0,399	0,407	0,420	0,421	0,419	0,411	0,406	0,406	0,406
4,00	0,353	0,379	0,397	0,410	0,419	0,435	0,437	0,436	0,428	0,423	0,422	0,422
4,25	0,360	0,387	0,406	0,420	0,430	0,449	0,453	0,452	0,444	0,438	0,438	0,438
4,50	0,366	0,394	0,414	0,429	0,441	0,462	0,467	0,467	0,459	0,453	0,452	0,452
4,75	0,371	0,400	0,422	0,438	0,450	0,474	0,481	0,481	0,474	0,466	0,466	0,466
5,00	0,376	0,406	0,429	0,446	0,458	0,485	0,493	0,495	0,488	0,480	0,480	0,480
5,25	0,380	0,412	0,435	0,453	0,466	0,495	0,505	0,507	0,501	0,492	0,492	0,492
5,50	0,384	0,416	0,441	0,459	0,474	0,505	0,516	0,519	0,514	0,504	0,504	0,504
5,75	0,388	0,421	0,446	0,465	0,480	0,514	0,526	0,530	0,526	0,516	0,516	0,516
6,00	0,391	0,425	0,451	0,471	0,487	0,522	0,536	0,541	0,537	0,527	0,527	0,527
6,25	0,394	0,429	0,456	0,476	0,492	0,530	0,545	0,551	0,548	0,538	0,538	0,538
6,50	0,397	0,432	0,460	0,481	0,498	0,538	0,554	0,561	0,559	0,548	0,548	0,548
6,75	0,400	0,436	0,464	0,485	0,503	0,544	0,562	0,570	0,570	0,558	0,558	0,558
7,00	0,402	0,439	0,467	0,490	0,508	0,551	0,570	0,578	0,580	0,567	0,567	0,567
7,25	0,405	0,442	0,471	0,494	0,512	0,557	0,578	0,587	0,589	0,577	0,576	0,576
7,50	0,407	0,444	0,474	0,497	0,516	0,563	0,585	0,595	0,598	0,586	0,585	0,585
7,75	0,409	0,447	0,477	0,501	0,520	0,568	0,591	0,602	0,607	0,594	0,594	0,594
8,00	0,411	0,449	0,480	0,504	0,524	0,573	0,597	0,609	0,616	0,603	0,602	0,602
8,25	0,412	0,452	0,482	0,507	0,527	0,578	0,603	0,616	0,625	0,611	0,611	0,611
8,50	0,414	0,454	0,485	0,510	0,530	0,583	0,609	0,623	0,633	0,619	0,618	0,618
8,75	0,416	0,456	0,487	0,513	0,534	0,587	0,615	0,629	0,641	0,626	0,626	0,626
9,00	0,417	0,458	0,490	0,515	0,536	0,591	0,620	0,635	0,648	0,634	0,634	0,634
9,25	0,419	0,459	0,492	0,518	0,539	0,595	0,625	0,641	0,656	0,641	0,641	0,641
9,50	0,420	0,461	0,494	0,520	0,542	0,599	0,629	0,646	0,663	0,648	0,648	0,648
9,75	0,421	0,463	0,496	0,522	0,544	0,603	0,634	0,651	0,670	0,655	0,655	0,655
10,00	0,423	0,464	0,497	0,524	0,547	0,606	0,638	0,656	0,676	0,662	0,661	0,661
10,25	0,424	0,466	0,499	0,526	0,549	0,610	0,642	0,661	0,683	0,668	0,668	0,668
10,50	0,425	0,467	0,501	0,528	0,551	0,613	0,646	0,666	0,689	0,675	0,674	0,674
10,75	0,426	0,468	0,502	0,530	0,553	0,616	0,650	0,670	0,695	0,681	0,681	0,681
11,00	0,427	0,470	0,504	0,532	0,555	0,619	0,654	0,675	0,701	0,687	0,687	0,687
11,25	0,428	0,471	0,505	0,534	0,557	0,621	0,657	0,679	0,707	0,693	0,693	0,693
11,50	0,429	0,472	0,507	0,535	0,559	0,624	0,661	0,683	0,713	0,699	0,699	0,698
11,75	0,430	0,473	0,508	0,537	0,561	0,626	0,664	0,687	0,718	0,705	0,704	0,704
12,00	0,431	0,474	0,509	0,538	0,563	0,629	0,667	0,690	0,724	0,710	0,710	0,710
12,25	0,431	0,475	0,511	0,540	0,564	0,631	0,670	0,694	0,729	0,716	0,715	0,715
12,50	0,432	0,476	0,512	0,541	0,566	0,634	0,673	0,697	0,734	0,721	0,721	0,721
12,75	0,433	0,477	0,513	0,542	0,567	0,636	0,676	0,701	0,739	0,727	0,726	0,726
13,00	0,434	0,478	0,514	0,544	0,569	0,638	0,678	0,704	0,744	0,732	0,731	0,731
13,25	0,434	0,479	0,515	0,545	0,570	0,640	0,681	0,707	0,749	0,737	0,736	0,736
13,50	0,435	0,480	0,516	0,546	0,571	0,642	0,684	0,710	0,753	0,742	0,741	0,741
13,75	0,436	0,481	0,517	0,547	0,573	0,644	0,686	0,713	0,758	0,747	0,746	0,746
14,00	0,436	0,481	0,518	0,548	0,574	0,645	0,688	0,716	0,762	0,752	0,751	0,751
14,25	0,437	0,482	0,519	0,549	0,575	0,647	0,691	0,718	0,766	0,756	0,756	0,756
14,50	0,438	0,483	0,520	0,550	0,576	0,649	0,693	0,721	0,770	0,761	0,760	0,760
14,75	0,438	0,484	0,521	0,551	0,577	0,651	0,695	0,724	0,774	0,766	0,765	0,765
15,00	0,439	0,484	0,521	0,552	0,578	0,652	0,697	0,726	0,778	0,770	0,769	0,769
∞	0,471	0,525	0,570	0,609	0,643	0,749	0,825	0,884	1,069	1,684	2,300	∞

$\nu = 0.5$												
KOEFIČIENTI f ZA IZRAČUN SKRČKOV												
z/b	$a/b = 1$	$a/b = 1.25$	$a/b = 1.5$	$a/b = 1.75$	$a/b = 2$	$a/b = 3$	$a/b = 4$	$a/b = 5$	$a/b = 10$	$a/b = 100$	$a/b = 1000$	$a/b = \infty$
0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,25	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
0,50	0,037	0,034	0,032	0,031	0,030	0,028	0,028	0,027	0,027	0,027	0,027	0,027
0,75	0,071	0,067	0,064	0,062	0,060	0,057	0,055	0,055	0,054	0,053	0,053	0,053
1,00	0,106	0,102	0,099	0,096	0,094	0,088	0,086	0,085	0,083	0,083	0,083	0,083
1,25	0,139	0,137	0,133	0,130	0,128	0,121	0,117	0,116	0,113	0,112	0,112	0,112
1,50	0,168	0,167	0,165	0,162	0,160	0,152	0,148	0,146	0,142	0,141	0,141	0,141
1,75	0,193	0,195	0,194	0,192	0,190	0,181	0,177	0,174	0,169	0,167	0,167	0,167
2,00	0,214	0,218	0,219	0,219	0,217	0,209	0,204	0,200	0,194	0,192	0,192	0,192
2,25	0,232	0,239	0,242	0,242	0,241	0,235	0,229	0,225	0,218	0,215	0,215	0,215
2,50	0,247	0,257	0,262	0,263	0,263	0,258	0,252	0,248	0,240	0,237	0,236	0,236
2,75	0,261	0,273	0,279	0,282	0,283	0,280	0,274	0,269	0,260	0,256	0,256	0,256
3,00	0,272	0,286	0,294	0,299	0,301	0,300	0,294	0,290	0,280	0,275	0,275	0,275
3,25	0,282	0,298	0,308	0,314	0,317	0,318	0,313	0,309	0,298	0,292	0,292	0,292
3,50	0,291	0,309	0,320	0,327	0,332	0,335	0,331	0,327	0,315	0,309	0,308	0,308
3,75	0,299	0,318	0,331	0,340	0,345	0,351	0,348	0,343	0,331	0,324	0,324	0,324
4,00	0,306	0,327	0,341	0,351	0,357	0,365	0,363	0,359	0,346	0,338	0,338	0,338
4,25	0,312	0,334	0,350	0,360	0,368	0,379	0,378	0,374	0,361	0,352	0,352	0,352
4,50	0,318	0,341	0,358	0,369	0,378	0,391	0,391	0,388	0,375	0,365	0,365	0,365
4,75	0,323	0,348	0,365	0,378	0,387	0,402	0,404	0,401	0,388	0,377	0,377	0,377
5,00	0,328	0,353	0,372	0,385	0,395	0,413	0,416	0,414	0,400	0,389	0,389	0,389
5,25	0,332	0,358	0,378	0,392	0,402	0,423	0,427	0,426	0,412	0,400	0,400	0,400
5,50	0,336	0,363	0,383	0,398	0,410	0,432	0,438	0,437	0,424	0,411	0,411	0,411
5,75	0,339	0,368	0,388	0,404	0,416	0,441	0,448	0,448	0,435	0,421	0,421	0,421
6,00	0,343	0,372	0,393	0,410	0,422	0,449	0,457	0,458	0,446	0,431	0,431	0,431
6,25	0,346	0,375	0,398	0,415	0,428	0,456	0,466	0,467	0,456	0,441	0,441	0,441
6,50	0,348	0,379	0,402	0,419	0,433	0,463	0,474	0,477	0,466	0,450	0,450	0,450
6,75	0,351	0,382	0,405	0,424	0,438	0,470	0,482	0,485	0,476	0,459	0,458	0,458
7,00	0,354	0,385	0,409	0,428	0,442	0,476	0,490	0,494	0,485	0,467	0,467	0,467
7,25	0,356	0,388	0,412	0,431	0,447	0,482	0,497	0,501	0,494	0,475	0,475	0,475
7,50	0,358	0,390	0,415	0,435	0,451	0,488	0,503	0,509	0,503	0,483	0,483	0,483
7,75	0,360	0,393	0,418	0,438	0,454	0,493	0,510	0,516	0,511	0,491	0,491	0,491
8,00	0,362	0,395	0,421	0,442	0,458	0,498	0,516	0,523	0,519	0,499	0,498	0,498
8,25	0,364	0,397	0,424	0,445	0,461	0,503	0,522	0,530	0,527	0,506	0,506	0,506
8,50	0,365	0,399	0,426	0,447	0,465	0,507	0,527	0,536	0,535	0,513	0,513	0,513
8,75	0,367	0,401	0,428	0,450	0,468	0,512	0,532	0,542	0,542	0,520	0,519	0,519
9,00	0,368	0,403	0,431	0,453	0,470	0,516	0,537	0,548	0,549	0,526	0,526	0,526
9,25	0,370	0,405	0,433	0,455	0,473	0,519	0,542	0,553	0,556	0,533	0,532	0,532
9,50	0,371	0,406	0,435	0,457	0,476	0,523	0,547	0,558	0,563	0,539	0,539	0,539
9,75	0,372	0,408	0,436	0,459	0,478	0,527	0,551	0,563	0,570	0,545	0,545	0,545
10,00	0,373	0,410	0,438	0,461	0,480	0,530	0,555	0,568	0,576	0,551	0,551	0,551
10,25	0,375	0,411	0,440	0,463	0,483	0,533	0,559	0,573	0,582	0,557	0,557	0,557
10,50	0,376	0,412	0,442	0,465	0,485	0,536	0,563	0,577	0,588	0,563	0,562	0,562
10,75	0,377	0,414	0,443	0,467	0,487	0,539	0,567	0,582	0,594	0,569	0,568	0,568
11,00	0,378	0,415	0,445	0,469	0,489	0,542	0,570	0,586	0,600	0,574	0,573	0,573
11,25	0,379	0,416	0,446	0,470	0,491	0,545	0,574	0,590	0,605	0,580	0,579	0,579
11,50	0,380	0,417	0,447	0,472	0,492	0,547	0,577	0,594	0,610	0,585	0,584	0,584
11,75	0,380	0,418	0,449	0,473	0,494	0,550	0,580	0,597	0,616	0,590	0,589	0,589
12,00	0,381	0,419	0,450	0,475	0,496	0,552	0,583	0,601	0,621	0,595	0,594	0,594
12,25	0,382	0,420	0,451	0,476	0,497	0,554	0,586	0,604	0,626	0,600	0,599	0,599
12,50	0,383	0,421	0,452	0,478	0,499	0,556	0,589	0,608	0,631	0,605	0,604	0,604
12,75	0,384	0,422	0,453	0,479	0,500	0,559	0,591	0,611	0,635	0,609	0,608	0,608
13,00	0,384	0,423	0,454	0,480	0,502	0,561	0,594	0,614	0,640	0,614	0,613	0,613
13,25	0,385	0,424	0,455	0,481	0,503	0,563	0,597	0,617	0,644	0,619	0,618	0,618
13,50	0,386	0,425	0,456	0,482	0,504	0,564	0,599	0,620	0,649	0,623	0,622	0,622
13,75	0,386	0,426	0,457	0,484	0,506	0,566	0,601	0,623	0,653	0,627	0,626	0,626
14,00	0,387	0,426	0,458	0,485	0,507	0,568	0,604	0,626	0,657	0,632	0,631	0,631
14,25	0,387	0,427	0,459	0,486	0,508	0,570	0,606	0,628	0,661	0,636	0,635	0,635
14,50	0,388	0,428	0,460	0,487	0,509	0,571	0,608	0,631	0,665	0,640	0,639	0,639
14,75	0,389	0,428	0,461	0,488	0,510	0,573	0,610	0,633	0,669	0,644	0,643	0,643
15,00	0,389	0,429	0,462	0,489	0,511	0,575	0,612	0,636	0,673	0,648	0,647	0,647
∞	0,421	0,469	0,509	0,544	0,574	0,669	0,736	0,789	0,954	1,504	2,053	∞

Karakteristična točka

Posedki (vertikalni premiki) temeljnih tal so pri gibkih obtežbah največji v središču obtežbe. Pri togi obtežbi so posedki temeljnih tal enakomerni. Za gibke obtežbe pravokotnih tlorisnih obtežb je Grasshof ugotovil, da lahko povprečno vrednost posedka izračunamo v tako imenovani »karakteristični točki«. Takšna povprečna vrednost posedka pod gibko obtežbo je enaka posedku pod togo obtežbo. Mesta karakterističnih točk za obtežbe pravokotnih tlorisnih oblik se z razmerjem med daljšo in krajšo stranico obtežbenega lika spreminjajo.

Za pravokotne obtežbe pri katerih je razmerje daljše in krajše stranice obtežbenega lika v mejah $1 < a/b < 2$, ležijo karakteristične točke na diagonalah pravokotnika na oddaljenosti $0.74 a/2$, oziroma $0.74 b/2$, od težišča pravokotnika s stranicama a in b .



Slika 8: Karakteristična točka za obtežbo pravokotne tlorisne oblike

Za pasovno obtežbo širine $2b$ lahko izračunamo povprečno vrednost posedka tal (vertikalnega premika) v karakterističnih točkah, ki sta od središča obtežbe oddaljeni za razdaljo $x = 0.74 b$.

Za obtežbo kvadratne tlorisne oblike je Schleicher podal enačbo za izračun povprečnega vertikalnega premika površja polprostora v obliki:

$$u_{z_0} = s_{\infty} = \alpha \frac{1-\nu^2}{E} q a = 0.95 \frac{1-\nu^2}{E} q a$$

ki se ob supoziciji vrednosti Poissonovega števila $\nu = 0.3$ in debelini sloja $z = h = 6a$ poenostavi v obliko:

$$s = 0.82 \frac{q a}{E}$$

in se pogosto uporablja za izrednotenje terenskih preiskav deformabilnosti temeljnih tal (glej stran 42):

$$E = 0.82 \frac{\Delta q a}{\Delta s}, \quad E_{oed} = M_\nu = 1.35 E$$

V. Premiki v polprostoru zaradi brezkraino široke in dolge obtežbe na površju temeljnih tal

Premike v polprostoru, ki jih povzroča brezkraino široka in dolga enakomerna obtežba na površju temeljnih tal, lahko izračunamo:

- Iz enačb, ki veljajo za pasovno obtežbo. Upoštevamo, da gre širina obtežbe v brezkrainost: $x_1 \Rightarrow -\infty, x_2 \Rightarrow \infty$.
- Iz enačb, ki veljajo za oglišče pravokotne obtežbe. Upoštevamo 4 obtežbe pravokotne tlorisne oblike z neskončno veliko širino ($b \Rightarrow \infty$) in dolžino ($a \Rightarrow \infty$).
- Iz enačb, ki veljajo za krožno obtežbo. Upoštevamo, da gre polmer krožne obtežbe v brezkrainost: $r \Rightarrow \infty$.

V polprostoru, obremenjenem na površju z brezkraino široko in dolgo enakomerno obtežbo, sta oba vodoravna premika nična, vertikalni premik pa neskončno velik.

$$u_x = 0$$

$$u_y = 0$$

$$u_z = \infty$$

Zaradi brezkrajno široke in dolge enakomerne obtežbe lahko izračunamo samo skrček sloja debeline $z = h$.

$$s = u_{z_0} - u_z$$

$$s = \frac{q z (1 + \nu) (1 - 2\nu)}{E}$$

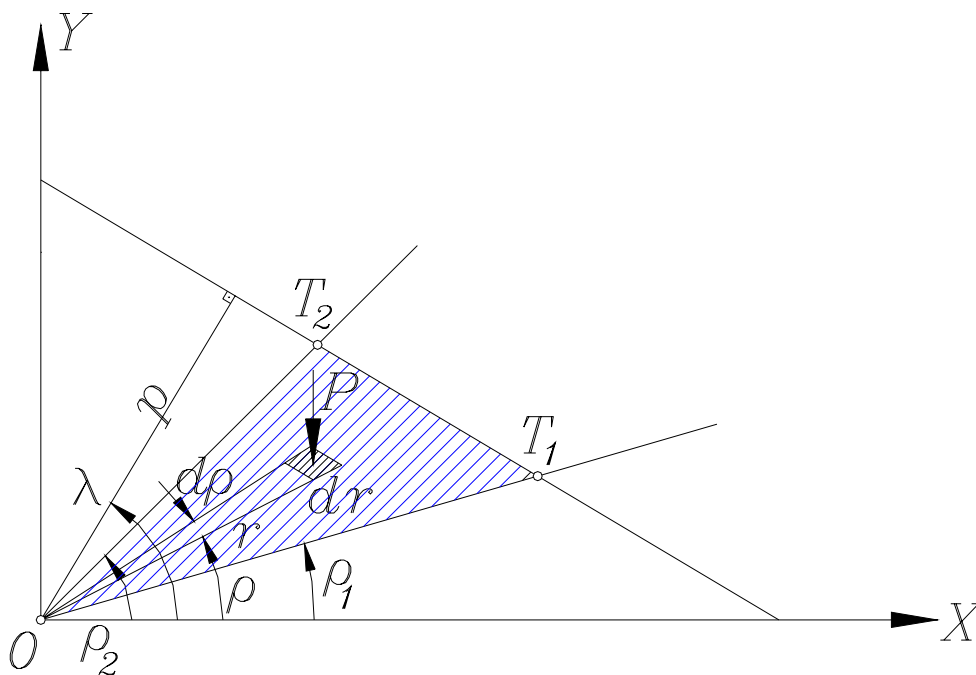
VI. Premiki v polprostoru zaradi obtežbe trikotne tlorisne oblike na površju temeljnih tal (v navpičnici skozi oglišče trikotnika)

Za obtežbeni lik v ravnini $z = 0$, ki ima v tlorisu obliko poljubnega trikotnika, ki ima eno oglišče v koordinatnem izhodišču ($x = 0, y = 0$), drugi dve oglišči trikotnika pa določata točki T_1 in T_2 s koordinatama x_1 in y_1 oziroma x_2 in y_2 , lahko uporabimo naslednje geometrijske zveze:

$$r = \frac{p}{\cos(\phi - \lambda)}$$

$$p = \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

$$\lambda = -\arctan \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$



Slika 9: Oznake za izračun premikov pod ogliščem obtežbe trikotne tlorisne oblike

S parametrom p (pravokotna razdalja od koordinatnega izhodišča do premice, ki poteka skozi oglišči 1 in 2 obtežbe trikotne tlorisne oblike) in kotom λ , ki ga oklepa pravokotnica na premico skozi točki 1 in 2 z x osjo, smo izrazili premico skozi točki 1 in 2 v polarnem zapisu.

Rešitev za premike, ki jo povzroči obtežba trikotne tlorisne oblike v navpičnici skozi oglišče, bomo poiskali tako, da bomo Bousinessqovo rešitev za točkovno silo integrirali po trikotni bremenski ploskvi.

$$P \Rightarrow u_z = \frac{P(1+\nu)}{2\pi E R} (2(1-\nu) + \cos^2 \vartheta)$$

$$dA = r dr d\phi \Rightarrow P = q r dr d\phi$$

$$R = \sqrt{r^2 + z^2}, \quad \cos \vartheta = \frac{z}{R} \Rightarrow \cos \vartheta = \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}}$$

$$u_z = \frac{q(1+\nu)}{2\pi E} \int_{\phi=\phi_1}^{\phi_2} \int_{r=0}^{p/[\cos(\phi-\lambda)]} \frac{r dr d\phi}{\sqrt{r^2+z^2}} \left[2(1-\nu) + \frac{z^2}{r^2+z^2} \right]$$

Pri integraciji uvedemo nove spremenljivke:

$$t = \phi - \lambda \quad , \quad dt = d\phi \quad , \quad t_1 = \phi_1 - \lambda \quad , \quad t_2 = \phi_2 - \lambda$$

$$\phi_1 = \arctan \frac{y_1}{x_1} \quad , \quad \phi_2 = \arctan \frac{y_2}{x_2}$$

$$u_z = \frac{q(1+\nu)}{2\pi E} \int_{t=t_1}^{t_2} \int_{r=0}^{p/\cos t} \frac{r dr dt}{\sqrt{r^2+z^2}} \left[2(1-\nu) + \frac{z^2}{r^2+z^2} \right]$$

$$I_1 = \int \frac{r dr}{\sqrt{r^2+z^2}}$$

$$y = r^2 + z^2 \quad , \quad dy = 2r dr$$

$$I_1 = \int \frac{dy}{2\sqrt{y}} = \sqrt{y} \quad \Rightarrow \quad I_1 = \sqrt{r^2+z^2}$$

$$\sqrt{r^2+z^2} \Big|_{r=0}^{p/\cos t} = \sqrt{\left(\frac{p}{\cos t}\right)^2 + z^2} - z = z \left(\frac{\sqrt{a^2 + \cos^2 t}}{\cos t} - 1 \right)$$

$$a = \frac{p}{z}$$

$$I_2 = \int \frac{z^2 r dr}{(r^2+z^2)^{3/2}}$$

$$y = r^2 + z^2 \quad , \quad dy = 2r dr$$

$$I_2 = \int \frac{z^2 dy}{2y^{3/2}} = -\frac{z^2}{\sqrt{y}} \Rightarrow I_2 = -\frac{z^2}{\sqrt{r^2 + z^2}}$$

$$-\frac{z^2}{\sqrt{r^2 + z^2}} \Big|_{r=0}^{p/\cos t} = -\frac{z^2}{\sqrt{\left(\frac{p}{\cos t}\right)^2 + z^2}} + z = z \left(1 - \frac{\cos t}{\sqrt{a^2 + \cos^2 t}} \right)$$

$$u_z = \frac{q(1+\nu)}{2\pi E} \int_{t=t_1}^{t_2} 2(1-\nu) z \left(\frac{\sqrt{a^2 + \cos^2 t}}{\cos t} - 1 \right) dt +$$

$$+ \frac{q(1+\nu)}{2\pi E} \int_{t=t_1}^{t_2} z \left(1 - \frac{\cos t}{\sqrt{a^2 + \cos^2 t}} \right) dt$$

Z uvedbo substitucij:

$$a = \frac{p}{z}, \quad A = \sqrt{a^2 + \cos^2 t}, \quad B = \frac{\sin t}{A}, \quad E = \text{abs} \left| \frac{a \sin t + A}{a \sin t - A} \right|$$

lahko zapišemo enačbo za izračun vertikalnih premikov v krajši obliki:

$$z = 0$$

$$u_{z=0} = \frac{q}{2\pi E} (1-\nu^2) p \ln \left(\text{abs} \left| \frac{\sin t + 1}{\sin t - 1} \right| \right) \Big|_{t_1}^{t_2}$$

$$z \neq 0$$

$$u_z = \frac{qz}{2\pi E} \left[a(1-\nu^2) \ln E + (1+\nu)(1-2\nu)(\arctan B - t) \right] \Big|_{t_1}^{t_2}$$

Za sloj debeline h , ki leži med površjem tal in globino z , lahko izračunamo skrček sloja, ki ga označimo s » s «, kot razliko med vertikalnim premikom površja in vertikalnim premikom v globini z .

Skrček sloja:

$$s = u_{z_0} - u_z$$

$$s = \frac{q z}{2 \pi E} \left\{ a (1 - \nu^2) \ln \left[\text{abs} \left| \frac{(\sin t + 1) (a \sin t - A)}{(\sin t - 1) (a \sin t + A)} \right| \right] + \right. \\ \left. + (1 + \nu) (1 - 2\nu) (\arctan B - t) \right\} \Big|_{t=t_1}^{t_2}$$

Na podoben način kot smo izvedli enačbo za izračun vertikalnih premikov, lahko izvedemo tudi enačbe za izračun ostalih premikov, ki jih v različnih globinah (skozi navpičnico oglišča) povzroči obtežba trikotne tlorisne oblike.

Ob upoštevanju substitucij:

$$a = \frac{p}{z}, \quad b = \frac{a^2}{1 + a_2}, \quad c = \ln 2 - \frac{1}{2}$$

$$A = \sqrt{a^2 + \cos^2 t}, \quad B = \frac{\sin t}{A}$$

$$C = \frac{\cos t + A}{2 \cos t}, \quad D = \text{abs} \left| \frac{a + A}{\cos t} \right|$$

$$E = \text{abs} \left| \frac{a \sin t + A}{a \sin t - A} \right|, \quad F = \text{abs} \left| \frac{\cos t + A}{\cos t} \right|$$

in geometrijskih količin:

$$p = \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}}$$

$$\lambda = -\arctan \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$

$$\phi_1 = \arctan \frac{y_1}{x_1}, \quad \phi_2 = \arctan \frac{y_2}{x_2}$$

$$t_1 = \phi_1 - \lambda, \quad t_2 = \phi_2 - \lambda$$

lahko zapišemo enačbe za premike, ki jih povzroči obtežba trikotne tlorisne oblike na površju temeljnih tal v različnih globinah polprostora v navpičnici skozi oglišče takšne obtežbe:

$$u_x = \frac{q z}{\pi E} \left\{ (1 - \nu^2) \left[\sin(t + \lambda) \ln D - \frac{1}{2} \cos \lambda \ln E \right] + \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{2} a \left[\cos \lambda (\arctan B - t) + \sin \lambda \ln F \right] \right\} \Bigg|_{t_1}^{t_2}$$

$$u_y = \frac{q z}{\pi E} \left\{ (1 - \nu^2) \left[-\cos(t + \lambda) \ln D - \frac{1}{2} \sin \lambda \ln E \right] + \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{2} a \left[\sin \lambda (\arctan B - t) - \cos \lambda \ln F \right] \right\} \Bigg|_{t_1}^{t_2}$$

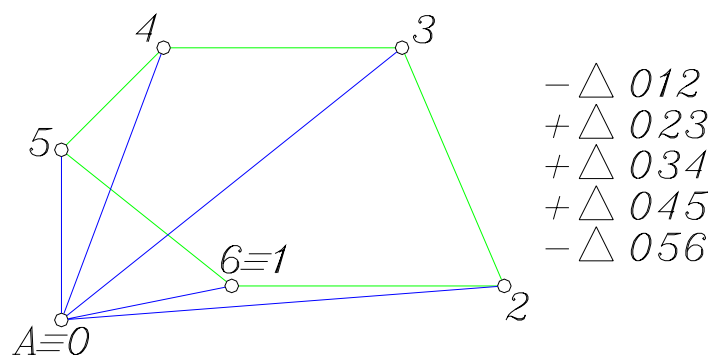
$$u_z = w = \frac{q z}{2 \pi E} \left[a (1 - \nu^2) \ln E + (1 + \nu) (1 - 2\nu) (\arctan B - t) \right] \Bigg|_{t_1}^{t_2}$$

Izrazi za izračun premikov, ki jih povzroči obtežba trikotne tlorisne oblike so dokaj komplicirani. Uporabnost teh rešitev se pokaže takrat, ko imamo na voljo ustrezen računalniški program (n.pr.: POMIK).

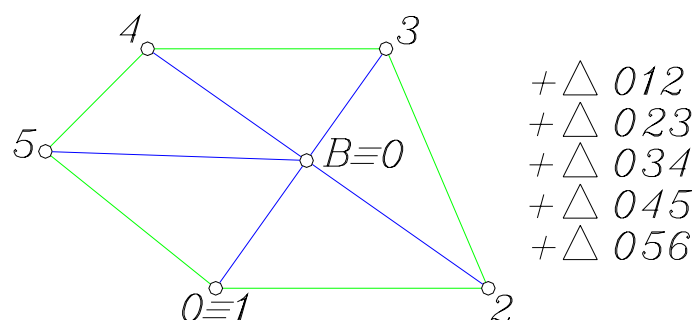
Načeloma lahko za vsako obtežbo (pasovna, oglata, krožna) popišemo njeno tlorisno konturo z ustreznim številom točk (oglišč). Če računamo premike v različnih globinah skozi izbrano točko, ki lahko leži izven tlorisa obtežbe, na konturi ali znotraj konture obtežbe, potem lahko izračunamo premike zaradi takšne obtežbe tako, da obtežbo razdelimo na ustrezno število obtežb trikotne tlorisne oblike.

Vsako takšno obtežbo trikotne tlorisne oblike določajo po tri oglišča. Prvo oglišče (0) je vedno točka v kateri računamo premike, drugi dve oglišči (1, 2) pa sta dve zaporedni točki na konturi dejanske obtežbe. Pri številčenju oglišč tlorisne konture obtežbe pazimo, da so oglišča oštevilčena tako, da cifre naraščajo v proti urni smeri. Na ta način bodo pravilno upoštevani vplivi (seštevanje oziroma odštevanje) obtežb trikotne tlorisne oblike na katere razrežemo poljubno obtežbo.

Točka A:



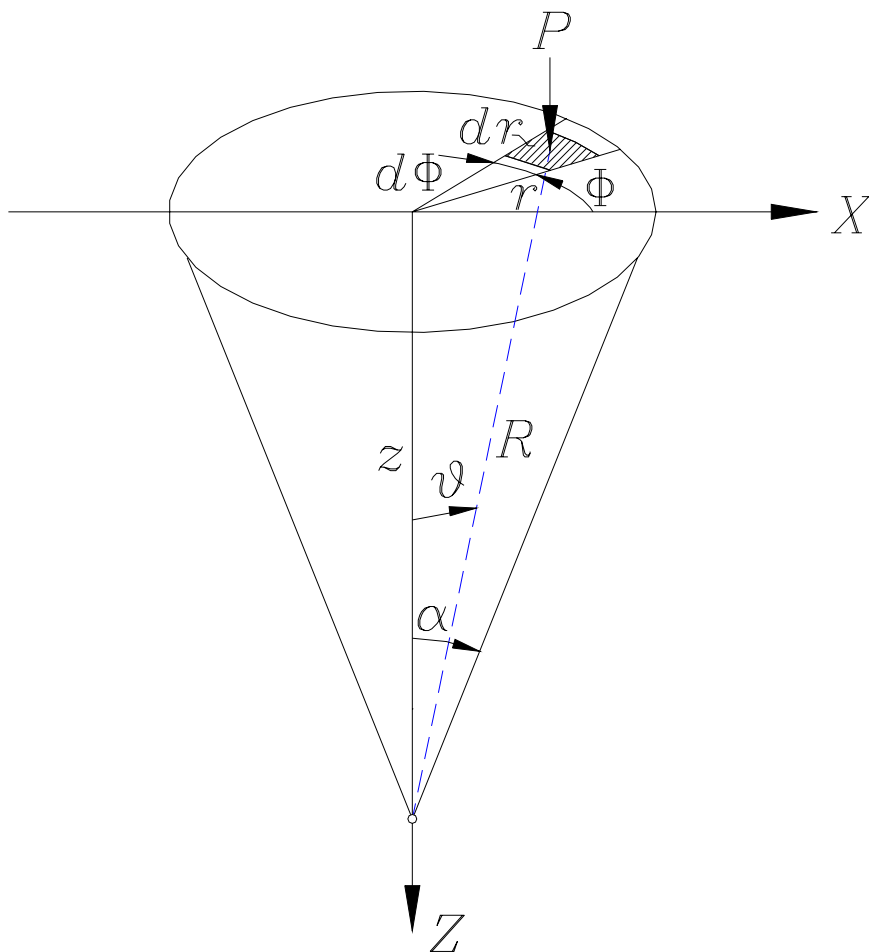
Točka B:



Slika 10: Oštevilčenje obtežbe poljubne tlorisne oblike

VII. Vertikalni premiki v polprostoru zaradi obtežbe krožne tlorisne oblike na površju temeljnih tal (v navpičnici skozi središče obtežbe)

Za poljubno navpičnico, ki bi potekala skozi poljubno točko znotraj obrisa obtežbe krožne tlorisne oblike ne dobimo analitičnega izraza za premike. Integracija nas privede do eliptičnega integrala, ki je rešljiv za konkretne podatke. Analitičen izraz za premike dobimo samo za navpičnice, ki potekajo skozi središče obtežbe krožne tlorisne oblike.



Slika 11: Obremenitev temeljnih tal z obtežbo krožne tlorisne oblike

Vodoravni premiki:

Enakomerna obtežba krožne tlorisne oblike povzroča v temeljnih tleh v navpičnici skozi središče obtežbe osno simetrične dodatne napetosti. Iz tega sledi, da sta vodoravna premika u_x in u_y nična.

$$P \Rightarrow u_r = \frac{P(1+\nu)}{2\pi ER} \left[\sin \vartheta \cos \vartheta - (1-2\nu) \frac{\sin \vartheta}{1+\cos \vartheta} \right]$$

$$u_x = u_r \cos \phi, \quad u_y = u_r \sin \phi$$

$$\tan \vartheta = \frac{r}{z} \Rightarrow r = z \tan \vartheta, \quad dr = \frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta}$$

$$\cos \vartheta = \frac{z}{R} \Rightarrow R = \frac{z}{\cos \vartheta}$$

$$P = q dA = qr dr d\phi = q (z \tan \vartheta) \left(\frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right) d\phi$$

$$u_x = \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \int_{\phi=0}^{2\pi} \frac{q (z \tan \vartheta) \left(\frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right) d\phi}{2\pi E \left(\frac{z}{\cos \vartheta} \right)} (1+\nu) * \\ * \left(\sin \vartheta \cos \vartheta - \frac{(1-2\nu) \sin \vartheta}{1+\cos \vartheta} \right) \cos \phi$$

$$u_x = \frac{qz(1+\nu)}{2\pi E} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \sin \vartheta \tan \vartheta d\vartheta \int_{\phi=0}^{2\pi} \cos \phi d\phi - \\ - \frac{qz(1+\nu)(1-2\nu)}{2\pi E} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \frac{\tan^2 \vartheta d\vartheta}{(1+\cos \vartheta)} \int_{\phi=0}^{2\pi} \cos \phi d\phi$$

$$\int_{\phi=0}^{2\pi} \cos \phi d\phi = \sin \phi \Big|_{\phi=0}^{2\pi} = 0$$

$$u_x = 0$$

$$u_y = \frac{q z (1 + \nu)}{2 \pi E} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \sin \vartheta \tan \vartheta d \vartheta \int_{\phi=0}^{2\pi} \sin \phi d \phi -$$

$$- \frac{q z (1 + \nu) (1 - 2\nu)}{2 \pi E} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \frac{\tan^2 \vartheta d \vartheta}{(1 + \cos \vartheta)} \int_{\phi=0}^{2\pi} \sin \phi d \phi$$

$$\int_{\phi=0}^{2\pi} \sin \phi d \phi = -\cos \phi \Big|_{\phi=0}^{2\pi} = 0$$

$$u_y = 0$$

Vertikalni premiki:

$$P = q dA \Rightarrow u_z = \int_A \frac{q dA(1 + \nu)}{2\pi ER} [2(1 - \nu) + \cos^2 \vartheta]$$

$$dA = r dr d\phi \Rightarrow P = q r dr d\phi \Rightarrow$$

$$u_z = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{r=0}^r \frac{q r dr d\phi}{2\pi ER} (1 + \nu) [2(1 - \nu) + \cos^2 \vartheta]$$

$$\tan \vartheta = \frac{r}{z} \Rightarrow r = z \tan \vartheta, \quad dr = \frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta}$$

$$\cos \vartheta = \frac{z}{R} \Rightarrow R = \frac{z}{\cos \vartheta}$$

$$u_z = \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \frac{q(z \tan \vartheta) \left(\frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right) d\phi}{2\pi E \left(\frac{z}{\cos \vartheta} \right)} (1+\nu) 2(1-\nu) +$$

$$+ \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \frac{q(z \tan \vartheta) \left(\frac{z d\vartheta}{\cos^2 \vartheta} \right) d\phi}{2\pi E \left(\frac{z}{\cos \vartheta} \right)} (1+\nu) \cos^2 \vartheta$$

$$u_z = \frac{q z (1-\nu^2)}{\pi E} \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \frac{\sin \vartheta}{\cos^2 \vartheta} d\vartheta d\phi + \frac{q z (1+\nu)}{2\pi E} \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\vartheta=0}^{\alpha} \sin \vartheta d\vartheta d\phi$$

$$\int_{\vartheta=0}^{\alpha} \frac{\sin \vartheta}{\cos^2 \vartheta} d\vartheta = \left[\frac{1}{\cos \vartheta} \right] \Big|_{\vartheta=0}^{\alpha} = \frac{1}{\cos \alpha} - 1 = \frac{1 - \cos \alpha}{\cos \alpha}$$

$$\int_{\vartheta=0}^{\alpha} \sin \vartheta d\vartheta = [-\cos \vartheta] \Big|_{\vartheta=0}^{\alpha} = -\cos \alpha + 1$$

$$u_z = \frac{q z}{E} \frac{(1+\nu)}{\cos \alpha} \left[2(1-\nu) + (2\nu-1) \cos \alpha - \cos^2 \alpha \right]$$

$$u_z = \frac{q z}{E} \Phi(\nu, \alpha)$$

$$\Phi(\nu, \alpha) = \frac{(1+\nu)}{\cos \alpha} \left[2(1-\nu) + (2\nu-1) \cos \alpha - \cos^2 \alpha \right]$$

Ker velja:

$$\frac{z}{\cos \alpha} = R = \frac{r}{\sin \alpha}$$

lahko enačbo za izračun vertikalnega pomika v navpičnici skozi središče obtežbe krožne tlorisne oblike zapišemo tudi v obliki:

$$u_z = \frac{q r}{E} \frac{(1+\nu)}{\sin \alpha} \left[2(1-\nu) + (2\nu-1) \cos \alpha - \cos^2 \alpha \right]$$

$$u_z = \frac{q r}{E} \Psi(\nu, \alpha)$$

$$\Psi(\nu, \alpha) = \frac{(1+\nu)}{\sin \alpha} \left[2(1-\nu) + (2\nu-1) \cos \alpha - \cos^2 \alpha \right]$$

Premik na površju ($z = 0$) običajno označimo z $w_0 = u_{z0}$. Pod obtežbo krožne tlorisne oblike, dobimo v središču obtežbe, tik pod obtežbo, premik:

$$u_{z0} = w_0 = \frac{q r}{E} 2(1-\nu^2)$$

Za sloj debeline h , ki leži med površjem tal in globino z , lahko izračunamo skrček sloja, ki ga označimo s » s «, kot razliko med vertikalnim premikom površja in vertikalnim premikom v globini z .

Skrček sloja:

$$s = w_0 - w$$

$$s = \frac{q r}{E} 2(1-\nu^2) - \frac{q r}{E} \frac{(1+\nu)}{\sin \alpha} \left[2(1-\nu) + (2\nu-1) \cos \alpha - \cos^2 \alpha \right]$$

$$s = \frac{qr}{E} \left\{ \frac{2(1-\nu^2)(\sin \alpha - 1)}{\sin \alpha} + \frac{(1+\nu)[(1-2\nu) + \cos \alpha]}{\tan \alpha} \right\}$$

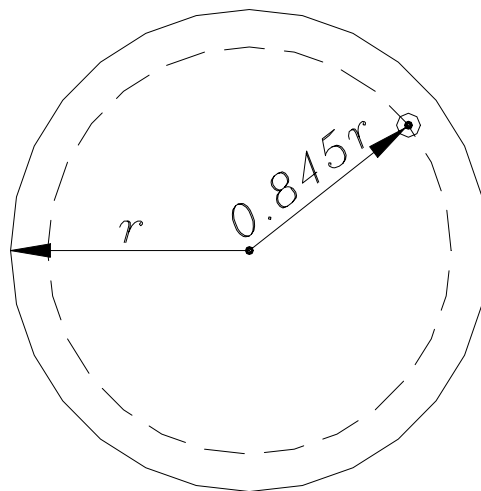
Karakteristična točka:

Povprečno vrednost posedka tal (vertikalnega premika) pod obtežbo krožne tlorisne oblike s premerom $2r$, bi dobili po Grasshofu, če bi izračunali vertikalne premike v točkah, ki ležijo na krožnici s polmerom $0.845 r$.

Povprečno vrednost posedka površja temeljnih tal pod krožno obtežbo je podal Schleicher z enačbo:

$$u_{z_0} = w_0 = s_\infty = \alpha_0 \frac{1-\nu^2}{E} q r$$

$$u_{z_0} = w_0 = s_\infty = 0.89 \sqrt{\pi} \frac{1-\nu^2}{E} q r = 1.58 \frac{1-\nu^2}{E} q r$$



Slika 12: Karakteristična točka za obtežbo krožne tlorisne oblike.

Enačba Schleicherja se ob supoziciji vrednosti Poissonovega števila $\nu = 0.3$ in debelini sloja $z = h = 6r$ poenostavi v obliko:

$$s = 1.4 \frac{q r}{E}$$

in se pogosto uporablja za izrednotenje terenskih preiskav deformabilnosti temeljnih tal:

$$E = 1.4 \frac{\Delta q r}{\Delta s}, \quad E_{oed} = M_v = 1.35 E$$

Poskusna obremenitev tal za določevanje deformacijskih modulov

V cestogradnji sta znana dva takšna postopka: švicarski postopek, pri katerem določimo »modul stisljivosti« M_E in nemški postopek, pri katerem določamo deformacijska modula E_{v1} in E_{v2} .

Po švicarskem postopku se za določevanja modula stisljivosti zemljin uporablja toga jeklena plošča s premerom $d = 2r = 30$ cm. Temeljna tla se obremenjujejo postopno z obremenitvijo $\Delta q = 50$ kPa v 5 stopnjah do končne obremenitve $q = 250$ kPa. Takoj po obremenitvi se izmeri posedek plošče. Posedki plošče se merijo v časovnih intervalih po 3 minute toliko časa, da je razlika dveh zaporednih premikov manjša od 0.05 mm.

Modul stisljivosti M_E se računa po enačbi:

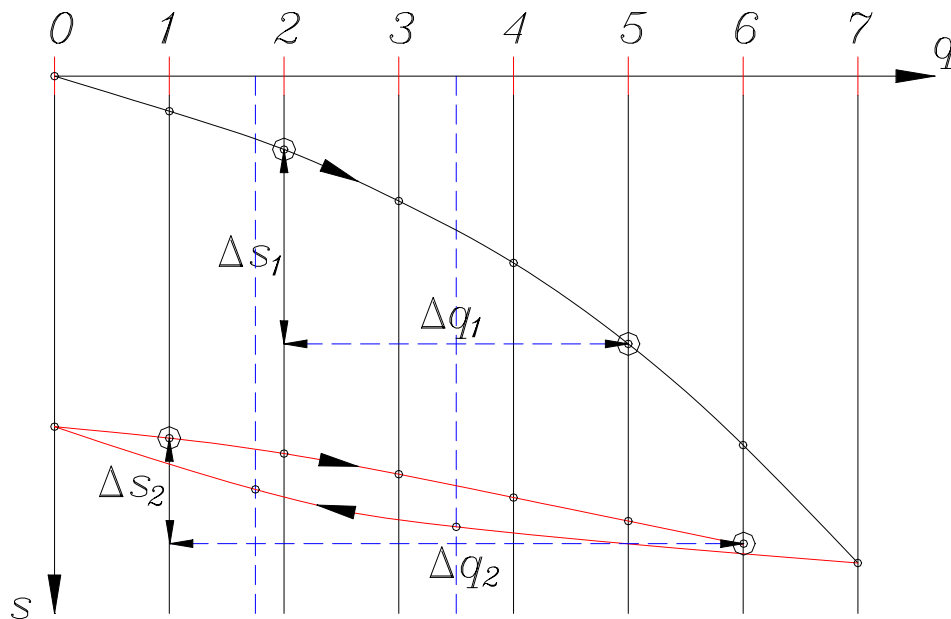
$$M_E = \frac{\Delta q}{\Delta s} d$$

Običajno se modul stisljivosti izrednoti za prirastek obtežbe med 50 in 150 kPa (1. in 3. bremensko stopnjo) in ustrezno spremembo posedka tal.

Po nemškem postopku togo jekleno ploščo s premerom $d = 2r = 30$ cm obremenimo s 7 bremenskimi stopnjami. Velikost posamezne obtežbe Δq mora biti takšna, da je ustrezen posedek tal Δs v mejah med 1 in 1.5 mm, izjemoma 2 mm. Izkustvene vrednosti bremenskih stopenj Δq so za zemljine med 20 in 30 kPa. Pri vsaki bremenski stopnji izmerimo posedek tal takoj po obremenitvi in vsako naslednjo minuto. Posedke

merimo pri vsaki bremenski stopnji toliko časa, dokler ni razlika dveh zaporednih posedkov manjša od 0.02 mm. Deformacijski modul E_{v1} izračunamo po enačbi (glej sliko 13):

$$E_{v1} = 0.75 \frac{\Delta q_1}{\Delta s_1} d$$



Slika 13: Nemški postopek za določevanje deformacijskih modulov E_{v1} in E_{v2}

Običajno se modul E_{v1} iz vrednoti za prirastek obtežbe med 0.3 in 0.7 q_{max} oziroma med 2. in 5. bremensko stopnjo in ustrezno spremembo posedka tal.

Po končanem obremenjevanju do maksimalne obtežbe q_{max} togo jekleno ploščo razbremenimo v treh stopnjah. Najprej do obtežbe 0.5 q_{max} , v drugi fazi do obtežbe 0.25 q_{max} in na koncu popolnoma. Med vsako razbremenitvijo merimo v časovnih intervalih 1 minute dviške toge jeklene plošče.

Po popolni razbremenitvi toge jeklene plošče to ponovno obremenjujemo z obtežbo Δq (enako, kot pri prvem obremenjevanju) v šestih bremenskih stopnjah. Deformacijski modul E_{v2} izračunamo po enačbi (glej sliko 13):

$$E_{v2} = 0.75 \frac{\Delta q_2}{\Delta s_2} d$$

Modul E_{v2} se izvede za prirastek obtežbe med 1. in 6. bremensko stopnjo in ustrezno spremembo posedka tal.

V cestogradnji se za določitev nosilnosti planuma temeljnih tal uporablja deformacijski modul E_{v1} in razmerje deformacijskih modulov E_{v2} / E_{v1} .

Celoten vektor premikov v osi krožne obtežbe:

$$u_x = 0$$

$$u_y = 0$$

$$u_z = w = \frac{q r}{E} \frac{(1+\nu)}{\sin \alpha} \left[2(1-\nu) + (2\nu-1)\cos \alpha - \cos^2 \alpha \right]$$

Skrček sloja:

$$s = w_0 - w$$

$$s = \frac{qr}{E} \left\{ \frac{2(1-\nu^2)(\sin \alpha - 1)}{\sin \alpha} + \frac{(1+\nu)[(1-2\nu) + \cos \alpha]}{\tan \alpha} \right\}$$

Geometrijske količine:

$$\sin \alpha = \frac{r}{R} = \frac{r}{\sqrt{r^2 + z^2}}, \quad \cos \alpha = \frac{z}{R} = \frac{z}{\sqrt{r^2 + z^2}}$$

$$\tan \alpha = \frac{r}{z}$$

Rešitev, ki velja za vertikalne premike v navpičnici skozi središče obtežbe krožne tlorisne oblike, lahko smiselno uporabimo (superpozicija) tudi za izračun vertikalnih premikov v temeljnih tleh:

(i)

Za izračun vertikalnih premikov, ki jih povzroči obtežba, ki ima v tlorisu obliko krožnega izseka z notranjim kotom β , v navpičnici skozi središče izseka v poljubni globini temeljnih tal:

$$u_z(\text{izsek}) = u_z(\text{krog}) \frac{\beta^0}{360^0}$$

(ii)

Za izračun vertikalnih premikov, ki jih povzroči obtežba, ki ima v tlorisu obliko krožnega kolobarja, v navpičnici skozi središče kolobarja v poljubni globini temeljnih tal:

$$u_z(\text{kolobar}) = u_z(\text{vecji krog}) - u_z(\text{manjši krog})$$

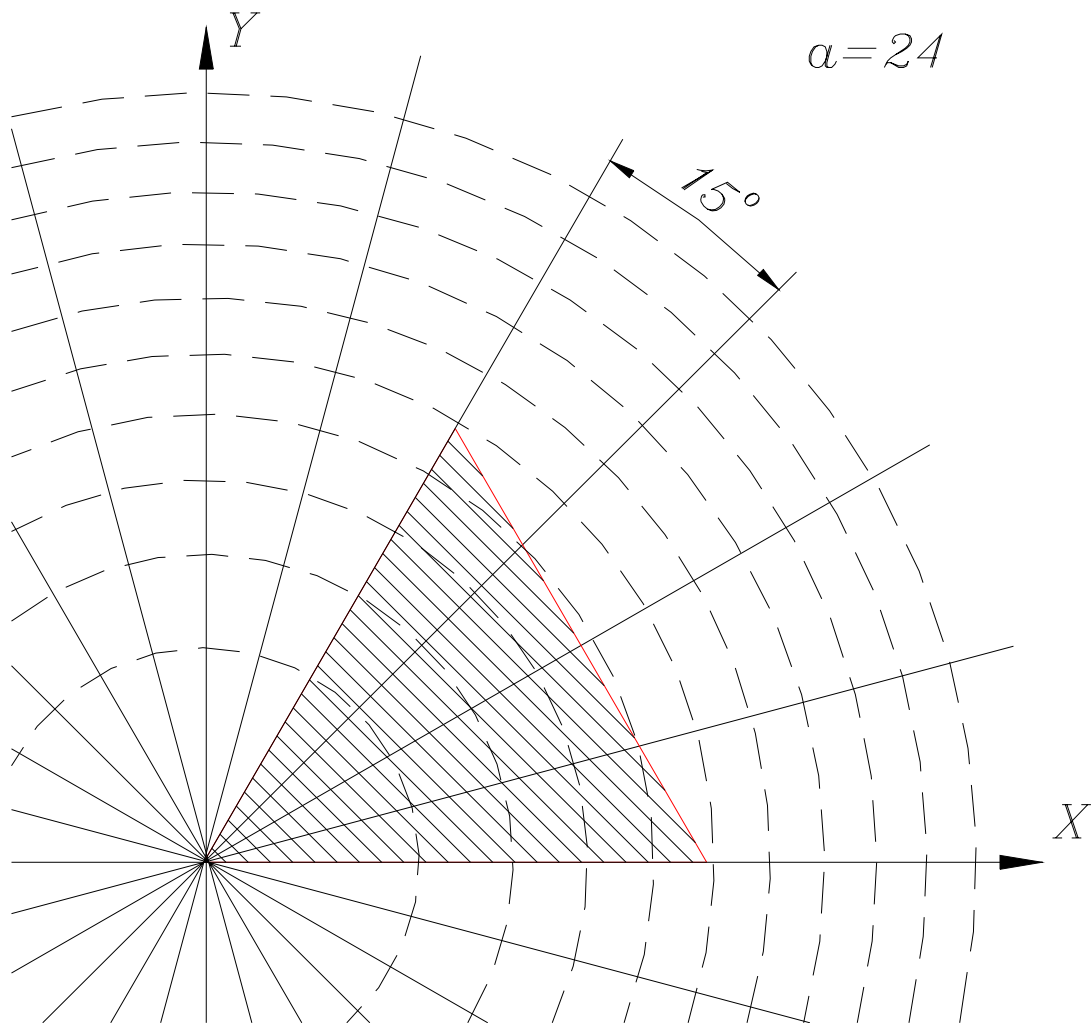
VIII. Vertikalni premiki v polprostoru zaradi obtežbe poljubne tlorisne oblike na površju temeljnih tal

Premik površja polprostora

Rešitev za izračun vertikalnih premikov površja polprostora, ki jih povzroči na površju delujoča obtežba poljubne tlorisne oblike sta podala v grafo-analitični obliki Newmark (1942) in Šuklje (1960). Izhajala sta iz rešitve za vertikalni premik, ki ga v svojem središču povzroči obtežba tlorisne oblike krožnega izseka, oziroma obtežba tlorisne oblike krožnega kolobarja.

Vertikalni premiki v navpičnici skozi središče krožnega izseka so odvisni od velikosti polmera krožnega izseka r in središčnega kota β , nič pa od lege krožnega izseka v ravnini $z = 0$ glede na koordinatni sistem x, y .

Premik površja polprostora ($w_0 = u_{z0}$) v središču krožne obtežbe je linearno odvisen od polmera krožne obtežbe oziroma krožnega izseka. Če ravnino $z = 0$, na kateri deluje obtežba poljubne tlorisne oblike, razdelimo na a enakih krožnih izsekov in na poljubno število kolobarjev, pri katerih je razlika polmerov b konstantna ($b = r_{i+1} - r_i$), dobimo ravnino $z = 0$ razdeljeno na manjše krožne segmente. Vsak tak segment, prekrit z obtežbo, prispeva enako velik delež k vertikalnemu premiku v središču krožnih izsekov in kolobarjev.



Slika 14: Postopek za izračun vertikalnih premikov površja polprostora pod obtežbo poljubne tlorisne oblike

Premik površja polprostora pod obtežbo poljubne tlorisne oblike, ki prekrije N krožnih segmentov, izračunamo po enačbi:

$$w_0 = u_{z_0} = \frac{2 q b (1 - \nu^2)}{E a} N$$

Premik v poljubni globini polprostora

Za večje globine ($z > 0$) lahko izračunamo vertikalni premik tako, da ravnino v globini z razdelimo na a enakih krožnih izsekov in poljubno število krožnih kolobarjev. Tako zopet dobimo ravnino razdeljeno na krožne segmente. Vsak takšen krožni segment prispeva enako velik delež k premiku v središču krožnih izsekov oziroma krožnih kolobarjev. Premik v globini z , zaradi obtežbe poljubne tlorisne oblike na površju temeljnih tal, ki prekrije N krožnih segmentov, izračunamo po enačbi:

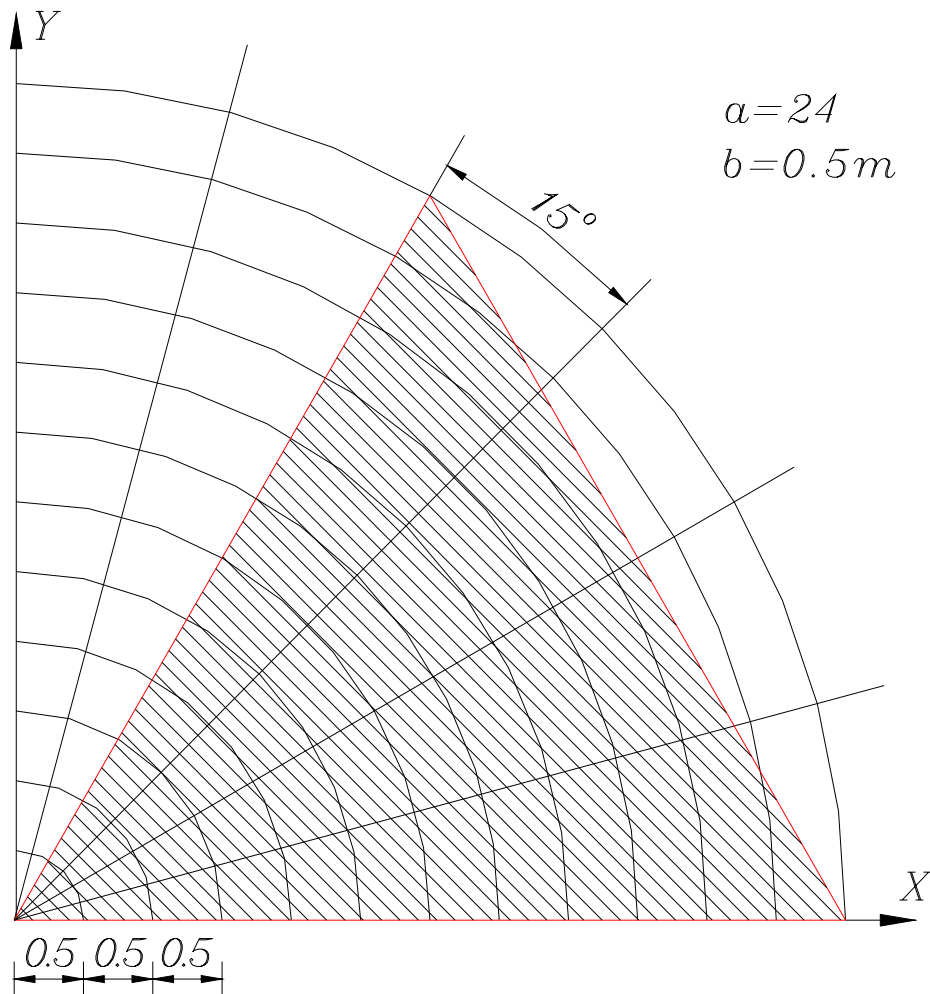
$$w = u_z = \frac{q z \Delta\Phi}{E a} N$$

Z $\Delta\Phi$ smo označili poljubno izbrane prirastke funkcije $\Phi = \Phi(\nu, \alpha)$ (n.pr.: 0,1 ali 1), s pomočjo katere lahko izračunamo vertikalni premik v navpičnici skozi središče krožne obtežbe po enačbi:

$$\Phi(\nu, \alpha) = \frac{(1 + \nu)}{\cos \alpha} \left[2(1 - \nu) + (2\nu - 1) \cos \alpha - \cos^2 \alpha \right]$$

$$w = \frac{q z}{E} \Phi(\nu, \alpha)$$

Enako veliki prirastki $\Delta\Phi$ določajo polmere takšnih koncentričnih kolobarjev, ki v navpičnici skozi središče kolobarjev povzročajo enako velike vertikalne premike. V naslednji preglednici so podani za različne vrednosti Poissonovega števila in za izbrano velikost prirastka $\Delta\Phi$ ($\Delta\Phi = 0.1$ oziroma 1) količniki r/z , ki določajo v različnih globinah z polmere koncentričnih kolobarjev.



Slika 15: Postopek za izračun vertikalnih premikov v polprostoru pod obtežbo poljubne tlorisne oblike

Skrček sloja med globinama z_1 in z_2 , oziroma med vrhom sloja z_{\min} in dnom sloja z_{\max} , izračunamo kot razliko vertikalnih premikov v teh globinah:

$$s = w(z_1) - w(z_2) = w(z_{\min}) - w(z_{\max})$$

Preglednica I: Količniki r/z za izbrane vrednosti ν in $\Delta\Phi$

Φ	$\nu = 0$ r/z	$\nu = 0.1$ r/z	$\nu = 0.2$ r/z	$\nu = 0.3$ r/z	$\nu = 0.4$ r/z	$\nu = 0.5$ r/z
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0,1	0.262	0.258	0.257	0.257	0.259	0.263
0,2	0.375	0.370	0.368	0.369	0.372	0.378
0,3	0.466	0.460	0.457	0.458	0.462	0.470
0,4	0.545	0.538	0.535	0.537	0.542	0.552
0,5	0.618	0.610	0.607	0.609	0.615	0.627
0,6	0.686	0.677	0.674	0.676	0.684	0.699
0,7	0.750	0.741	0.738	0.741	0.750	0.767
0,8	0.812	0.802	0.799	0.803	0.814	0.833
0,9	0,872	0,861	0.859	0.863	0.876	0.898
1	0.931	0.919	0.917	0.922	0.937	0.962
2	1.473	1.459	1.468	1.478	1.516	1.578
3	1.987	1.972	1.981	2.017	2.085	2.197
4	2.493	2.478	2.498	2.555	2.659	2.828
5	2.996	2.983	3.014	3.095	3.238	3.469
6	3.497	3.487	3.531	3.637	3.820	4.116
7	3.998	3.991	4.049	4.180	4.406	4.768
8	4.499	4.496	4.567	4.725	4.993	5.423
9	4.999	5.000	5.086	5.270	5.582	6.081
10	5.500	5.504	5.605	5.816	6.172	6.740

ZAKLJUČKI IN KOMENTAR

Pri reševanju vseh geotehničnih problemov je treba odgovoriti na tri ključna vprašanja:

1. Ali smemo temeljna tla obremeniti s predvideno obtežbo objekta?
2. Kakšni bodo deformacije (posedki) površja temeljnih tal oz. objekta?
3. Kdaj se bodo deformacije (posedki) temeljnih tal izvršili?

ad 1.

Odgovor na 1. vprašanje je **da**, če bodo nova napetostna stanja v temeljnih tleh dovolj majhna v primerjavi z mejnimi napetostnimi stanji.

ad 2.

Posedke površja temeljnih tal lahko izračunamo na dva načina.

(i) Račun posedkov s pomočjo modula stisljivosti:

Vzporedno z edometriško preiskavo deformabilnosti zemljin, smo se naučili, da lahko posedek površja temeljnih tal izračunamo kot vsoto skrčkov posameznih slojev zemljin, ki sestavljajo temeljna tla. Skrčke posameznih slojev izračunamo tako, da ploščino diagrama dodatnih totalnih vertikalnih napetosti v posameznem sloju delimo s povprečno vrednostjo modula stisljivosti.

$$\rho_{\infty i} = \frac{A_{\infty i}}{E_{oed i}}$$

$$\rho_0 = \sum_{i=1}^n \rho_{\infty i}$$

V gornji enačbi pomeni n število slojev.

Pri takšnem načinu računa skrčkov posameznih slojev suponiramo tudi v naravi enake napetostne-deformacijske pogoje, kot veljajo v valjastem vzorcu, ki ga preiskujemo v edometru. To pomeni nične bočne deformacije! V naravi bodo posedki površja temeljnih tal nekoliko drugačni od izračunanih posedkov s pomočjo rezultatov edometriške preiskave (modula stisljivosti). Razlike bodo na račun supozicije ničnih bočnih deformacij ($\nu = 0$) tem večje, čim bolj bodo temeljna tla deformabilna.

(ii) Račun posedkov po teoriji elastičnosti:

Bolj natančno izračunamo skrčke posameznih slojev, če izračunamo skrček sloja kot razliko vertikalnega premika vrha in dna i -tega sloja.

$$\rho_i = u_z(z_{\min}) - u_z(z_{\max})$$

$$\rho_0 = \sum_{i=1}^n \rho_i$$

Premike v polprostoru lahko izračunamo, če poznamo elastični modul (E) in Poissonovo število (ν) zemljine. Tako kot je modul stisljivosti (E_{oed}) odvisen od spremembe efektivnih napetostnih stanj (vertikalnih normalnih napetosti) v temeljnih tleh, tako sta tudi elastični modul in Poissonovo število odvisna od spremembe efektivnih napetostnih stanj v naravi.

Običajno izražamo elastični modul in Poissonovo število v odvisnosti od invariant napetostnega in deformacijskega tenzorja (n.pr. oktaedrske napetosti in deformacije), ugotavljamo pa jih s triosnimi tlačnimi preiskavami prizmatičnih ali valjastih vzorcev zemljin. Direktna rezultata takšnih triosnih preiskav sta kompresijski (K) in strižni modul (G). Med temi deformacijskimi parametri veljajo naslednje zveze:

$$E = \frac{9KG}{3K + G} \quad , \quad \nu = \frac{3K - 2G}{6K + 2G}$$

$$K = \frac{E}{3(1 - 2\nu)} \quad , \quad G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Za določene vrste obtežb (oglate, pasovne in linijska) so rešitve podane za skrčke » s «. Skrčke » s « smo definirali kot razliko vertikalnega premika površja temeljnih tal in vertikalnega premika v poljubni globini z polprostora:

$$s = u_{z_0} - u_z$$

To so skrčki sloja debeline $h = z$, ki leži pod površjem temeljnih tal in je obremenjen s poljubno obtežbo.

Za sloj, ki leži med globinama z_1 (z_{\min}) in z_2 (z_{\max}), lahko dejanski skrček sloja (ρ_i) izračunamo tudi kot razliko dveh skrčkov s_1 in s_2 .

$$\rho_i = s(z_{\max}) - s(z_{\min})$$

Za skrček s_2 bi se deformiral sloj ob površju debeline $h = z_2$ (dno sloja - z_{\max}), za skrček s_1 pa bi se deformiral sloj ob površju debeline $h = z_1$ (vrh sloja - z_{\min}).

Skrček i -tega sloja, ki leži med globinama z_1 (z_{\min}) in z_2 (z_{\max}), torej lahko izračunamo kot razliko vertikalnih premikov na vrhu in dnu sloja, ali pa kot razliko dveh skrčkov - od površja temeljnih tal do dna sloja in od površja do vrha sloja. Dokaz:

$$\begin{aligned} \rho_i &= s(z_{\max}) - s(z_{\min}) = \\ &= u_{z_0} - u_z(z_{\max}) - [u_{z_0} - u_z(z_{\min})] = u_z(z_{\min}) - u_z(z_{\max}) \end{aligned}$$

(iii) Razlike

Posedki površja temeljnih tal (objekta), ki so izračunani iz premikov polprostora, so v primerjavi s posedki, ki jih izračunamo s pomočjo rezultatov edometriških preiskav, bolj natančni. Če računamo premike polprostora, upoštevamo, da se temeljna tla pod obtežbo na površju deformirajo tudi bočno in ne samo vertikalno, kar sponiramo, če računamo posedke tal s pomočjo modula stisljivosti. Razlika je tem večja, čim bolj so temeljna tla deformabilna.

Računi kažejo, da so izračunani posedki s pomočjo rezultatov edometriških preiskav podcenjeni v primeru, če je širina tlorisa obtežbe na površju tal manjša od debeline stisljivih tal in precenjeni, če je širina tlorisa obtežbe večja od debeline stisljivih tal.

ad 3.

Tako kot lahko vsak tenzor razdelimo na sferni in distorzijski del:

$$\sigma_{ij} = \delta_{ij} \sigma^o + \sigma_{ij}^d$$

$$\sigma^o = \frac{1}{3} \sigma_{kk}$$

$$\sigma_{ij}^d = \sigma_{ij} - \delta_{ij} \sigma^o$$

lahko razdelimo tudi vektor na sferni in distorzijski del:

$$\rho_i = \rho_i^o + \rho_i^d$$

Sferno komponento skrčka (posedka), ki se izvrši na račun spremembe (zmanjšanja) prostornine obremenjenih temeljnih tal tretiramo kot konsolidacijski posedek. Distorzijski posedek predstavlja tisti del posedka, ki se izvrši pri nespremenjeni prostornini temeljnih tal ($\varepsilon_v = 0$), to je na začetku konsolidacije temeljnih tal.

Deformacijska parametra K in G , oziroma E in ν določamo s triosnimi preiskavami valjastih (prizmatičnih) vzorcev zemljin. Za raziskavo deformacijskih parametrov izvajamo dve vrsti triosnih preiskav:

1. nekonsolidirano nedrenirano (hitro) triosno preiskavo
2. konsolidirano drenirano (počasno) triosno preiskavo

Če izvajamo triosne preiskave na valjastih vzorcih, raziskujemo odnose med napetostmi in deformacijami v osno-simetričnih pogojih:

$$\sigma_1, \quad \sigma_2 = \sigma_3$$

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h}{h_0}, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_v - \varepsilon_1}{2}, \quad \varepsilon_v = \frac{\Delta V}{V_0}$$

Kompresijski in strižni modul sta definirana z enačbama:

$$K = \frac{\Delta\sigma'_1 + 2\Delta\sigma'_3}{3\Delta\varepsilon_v}, \quad G = \frac{\Delta\sigma'_1 - \Delta\sigma'_3}{3\Delta\varepsilon_1 - \Delta\varepsilon_v}$$

Pri nedrenirani triosni preiskavi preprečimo volumenske deformacije zemljinskega vzorca ($\varepsilon_v = 0$). Pri takšni preiskavi dobimo distorzijske ali nedrenirane deformacijske parametre:

$$K_u = K^d = \infty, \quad G_u = G^d = \frac{\Delta\sigma'_1 - \Delta\sigma'_3}{3\Delta\varepsilon_1}$$

$$E_u = E^d = 3G_u = 3G^d, \quad \nu_u = \nu^d = 0.5$$

Če skrčke posameznih slojev in v končni fazi posedek površja temeljnih tal izračunamo po teoriji elastičnosti (iz vertikalnih premikov) z distorzijskimi (nedreniranimi) parametri, je to začetni ali distorzijski posedek površja tal.

$$\begin{aligned} \rho_i &= s(z_{\max}) - s(z_{\min}) = \\ &= u_{z_0} - u_z(z_{\max}) - [u_{z_0} - u_z(z_{\min})] = u_z(z_{\min}) - u_z(z_{\max}) \end{aligned}$$

$$\rho_0 = \sum_{i=1}^n \rho_i$$

$$E^d, \quad \nu^d = 0.5 \Rightarrow \rho_0^d$$

Če skrčke posameznih slojev in v končni fazi posedek površja temeljnih tal izračunamo po teoriji elastičnosti (iz vertikalnih premikov) z deformacijskimi parametri, ki jih dobimo iz drenirane (konsolidirane) triosne preiskave, je to celotni posedek površja tal:

$$E, \quad \nu \Rightarrow \rho_0$$

Konsolidacijski posedek izračunamo kot razliko med končnim in distorzijskim posedkom površja temeljnih tal:

$$\rho_0^o = \rho_0 - \rho_0^d$$

Distorzijski posedek površja temeljnih tal se izvrši relativno hitro po obremenitvi tal (praviloma med gradnjo). Konsolidacijski posedek površja temeljnih tal narašča od ničnih do končnih vrednosti tako, kot se časovno razvija konsolidacija temeljnih tal:

$$\rho_0^o(t) = \rho_0^o U_v$$

Kadar računamo skrčke slojev in v končni fazi posedek površja temeljnih tal s pomočjo rezultatov edometrične preiskave (E_{oed}), posedka površja temeljnih tal ne moremo ločiti na sferni in distorzijski del. Ker se v edometru na zemljinem vzorcu izvršijo pretežno sferne deformacije (preprečene bočne deformacije ($\varepsilon_2 = \varepsilon_3 = 0$)), tretiramo tako izračunane posedke površja temeljnih tal kot konsolidacijske posedke:

$$\rho_{\infty_i} = \frac{A_{\infty_i}}{E_{oed_i}}$$

$$\rho_0 = \sum_{i=1}^n \rho_{\infty_i}$$

$$\rho_0 \equiv \rho_0^o$$

Če računamo posedke površja temeljnih tal s pomočjo edometričnega modula, se moramo zavedati pomanjkljivosti takšnih izračunov (supozicija ničnih bočnih deformacij temeljnih tal).

Če so tlorisne dimenzije obtežbe (širina) manjše od debeline stisljivih temeljnih tal, bomo na takšen način izračunali premajhne posedke. To računsko pomanjkljivost lahko odpravimo tako, da k posedkom, ki smo jih izračunali z modulom stisljivosti (konsolidacijski posedki) prištejemo še distorzijske posedke, ki jih izračunamo po teoriji elastičnosti. Izračun distorzijskih posedkov v tem primeru ni točen, ker moramo ob eksperimentalno določenemu modulu stisljivosti sponirati (privzeti) Poissonovo število. Med kompresijskim in strižnim modulom ter modulom stisljivosti velja naslednja zveza:

$$E_{oed} = \frac{4}{3}G + K$$

Med elastičnim modulom in Poissonovim številom ter modulom stisljivosti pa:

$$E_{oed} = \frac{(1-\nu) E}{(1+\nu)(1-2\nu)}$$

Če za zemljino privzamemo vrednost Poissonovega števila, lahko iz gornje enačbe izračunamo »ustrezen« elastični modul, oziroma iz zveze med elastičnim modulom in Poissonovim številom ter strižnim modulom še »ustrezen« strižni modul:

$$E = \frac{(1+\nu)(1-2\nu) E_{oed}}{(1-\nu)}$$

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{(1-2\nu) E_{oed}}{2(1-\nu)}$$

Ker je strižni modul za enako spremembo napetostnih stanj neodvisen od tega kakšno triosno preiskavo izvedemo (drenirana ali nedrenirana):

$$G = G_u = G^d$$

izračunamo dodatne distorzijske posedke v primeru uporabe modula stisljivosti in privzetega Poissonovega števila po teoriji elastičnosti z deformacijskima parametroma:

$$E^d = 3G = \frac{3(1-2\nu) E_{oed}}{2(1-\nu)}, \quad \nu^d = 0.5$$

Če posedkom, ki smo jih izračunali s pomočjo modula stisljivosti (in jih tretiramo kot konsolidacijske posedke) prištejemo še tako izračunane distorzijske posedke, bodo takšni računi na varni strani. Običajno bodo izmerjeni posedki v naravi manjši od tako izračunanih posedkov.

Če so tlorisne dimenzije obtežbe (širina) večje od debeline stisljivih temeljnih tal, bomo s pomočjo edometriškega modula izračunali večje posedke površja temeljnih tal, kot se bodo izvršili v naravi.