

## 7.5 Ümar- ja rõngasplaatide käitumine erinevate koormusskeemide ja toetusviiside korral.

### 7.5.1 Täiendusi alajaotusele 7.4

Alajaotuses 7.4 toodud valemitele lisaks esitatakse siin veel mõned praktilised valemid ja graafikud<sup>1</sup>.

**Ühtlaselt jaotatud koormusega jäigalt kinnitatud ümarplaat.**

Vastavalt valemitele (7.49) ja (7.48) *paindepinged<sup>2</sup> plaadi keskel*

$$\sigma_r|_{r=0} = \sigma_\theta|_{r=0} = \frac{3}{8}(1 + \nu)p_0 \left(\frac{b}{2c}\right)^2 \quad (7.67)$$

*ja plaadi servas*

$$\sigma_r|_{r=b} = -\frac{3}{4}p_0 \left(\frac{b}{2c}\right)^2, \quad \sigma_\theta|_{r=b} = \nu \sigma_r|_{r=b}. \quad (7.68)$$

<sup>1</sup>Vt. ka A.C. Ugural. Stresses in Plates and Shells. McGraw-Hill, 1999.

<sup>2</sup>Pingete-momentide vaheline seos:  $\sigma = 12Mz/(2c)^3$ ,  $\sigma_{\max} = 6M/(2c)^2$

*Pingete suhe servas ja keskel* Poisson'i teguri  $\nu = 1/3$  korral

$$\left| \frac{\sigma_r|_{r=b}}{\sigma_r|_{r=0}} \right| = 1,5. \quad (7.69)$$

**Ühtlaselt jaotatud koormusega vabalt toetatud ümarplaat.**

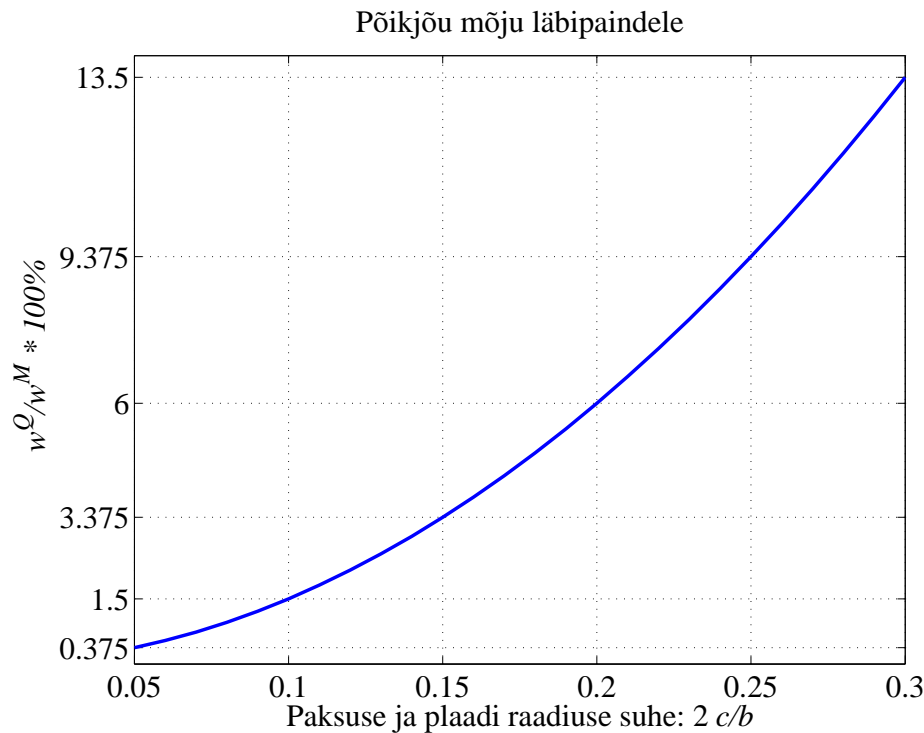
- *Maksimaalne pingeline plaadi keskel*

$$\sigma_r|_{r=0} = \sigma_\theta|_{r=0} = \frac{3}{8}(3 + \nu)p_0 \left(\frac{b}{2c}\right)^2. \quad (7.70)$$

- *Põikjõu mõju läbipaindele.* Põikjõust põhjustatud läbipainde  $w^Q$  ja paindemomendist põhjustatud läbipainde  $w^M$  suhe

$$\frac{w^Q}{w^M} = 1,5 \left(\frac{2c}{b}\right)^2. \quad (7.71)$$

Seega, mida suurem on plaadi paksuse suhe raadiusse, seda suuremat osatähtsust omab põikjõust põhjustatud läbipaine. Näiteks  $2c/b = 0,1$  korral  $w^Q/w^M = 0,015 = 1,5\%$ , kuid  $2c/b = 0,2$  korral juba  $w^Q/w^M = 0,06 = 6\%$  (vt. joon. 7.6).



Joonis 7.6: Põikjõust põhjustatud läbipainde  $w^Q$  ja paindemomendist põhjustatud läbipainde  $w^M$  suhe (protsentides) sõltuvana plaadi paksuse ja raadiuse suhtest.

**Kahe toetusviisi pingete võrdlus.** Poissoni tegur  $\nu = 1/3$ , ülemine indeks «j» tähistab jäika kinnitust ja «vt» vaba toetust.

$$\frac{\sigma_r^j|_{r=0}}{\sigma_r^{vt}|_{r=0}} = 0,4; \quad \left| \frac{\sigma_r^j|_{r=b}}{\sigma_r^{vt}|_{r=0}} \right| = 0,6. \quad (7.72)$$

## 7.5.2 Ümarplaadi paindeülesande lahendeid

Järgnevasse tabelisse<sup>3</sup> on koondatud mitmed praktilist tähtsust omavad ümarplaadi paindeülesande lahendid. Vaatluse all on järgmised juhud:

1. Koormus: ühtlaselt mööda serva jaotunud moment  $M$ ; serv vabalt toetatud (või vaba).
2. Koormus: ühtlaselt mööda ringjoont raadiusega  $c$  jaotunud joonkoormus  $P_1$ ; serv vabalt toetatud.
3. Koormus: tentrast kaugusel  $c$  mõjuv koondatud jõud  $P$ . Läbipaine  $w$  on vabalt toetatud serva korral ligikaudselt sama, mis juhul 2 ja jäigalt kinnitatud serva korral ligikaudu sama, mis juhul 6.

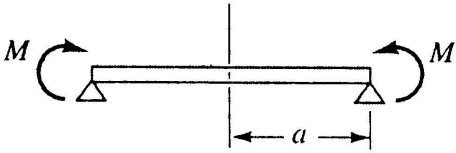
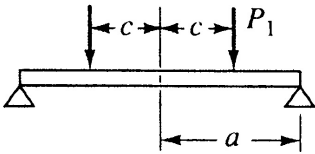
<sup>3</sup>Tabel on pärit õpikust A.C. Ugural. Stresses in Plates and Shells. McGraw-Hill, 1999.

4. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; serv vabalt toetatud.
5. Koormus: ühtlaselt üle plaadiga kontsentrilise ringi (raadiusega  $c$ ) jaotunud koormus  $p_0$ ; serv vabalt toetatud.
6. Koormus: ühtlaselt mööda ringjoont raadiusega  $c$  jaotunud joonkoormus  $P_1$ ; serv jäigalt kinnitatud.
7. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; serv jäigalt kinnitatud.
8. Koormus: ühtlaselt üle plaadiga kontsentrilise ringi (raadiusega  $c$ ) jaotunud koormus  $p_0$ ; serv jäigalt kinnitatud.

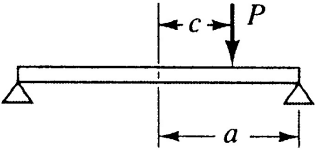
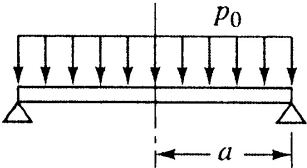
*Kasutatud tähistused:*

- $a$  — plaadi raadius,
- $t$  — plaadi paksus,
- $p_0$  — ühtlaselt jaotunud koormus ( $\dim p_0 = \text{N/m}^2$ ),
- $P_1$  — joonkoormus ( $\dim P_1 = \text{N/m}$ ), mis on ühtlaselt jaotunud mööda ringjoont raadiusega  $c$ ,
- $P$  — koondatud jõud ( $\dim P = \text{N}$ ),
- $M$  — ühtlaselt mööda plaadi välisserva jaotunud momentkoormus ( $\dim M = \text{N}$ ),
- $\sigma$  — maksimaalne paindepinge,
- $w$  — läbipaine plaadi keskel,
- $\theta$  — plaadi keskpinna kaldenurk plaadi servas,
- $\nu$  — Poisson'i tegur,
- $E$  — Youngi moodul (elastsusmoodul).

Tabel 7.1: Valemid ümarplaadi paindel ilmnevate maksimaalsete pingete, läbipainete ja kaldenurkade arvutamiseks.

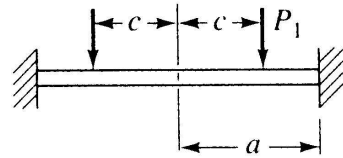
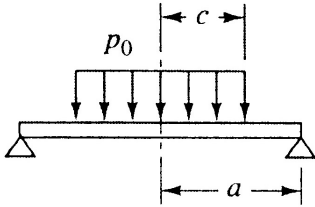
Nr.	Toetusviis ja koormuse skeem	$\sigma_{\max}, w_{\max}, \theta_{\max}$
1.	Edge simply supported (or no support); load uniform along edge 	$\sigma = 6 \frac{M}{t^2} \quad (\text{uniform})$ $w = 6(1 - \nu) \frac{Ma^2}{Et^3}$ $\theta = 12(1 - \nu) \frac{Ma}{Et^3}$
2.	Edge simply supported; load uniform along a circle of radius $c$ 	$\sigma = \frac{3}{2} \frac{P_1 c}{t^2} \left[ (1 - \nu) \left( 1 - \frac{c^2}{a^2} \right) + 2(1 + \nu) \ln \frac{a}{c} \right]$ (at center) $w = \frac{3(1 - \nu)}{2} \frac{P_1 c}{Et^3}$ $\times \left[ (3 + \nu)(a^2 - c^2) - 2(1 + \nu)c^2 \ln \frac{a}{c} \right]$ $\theta = 6(1 - \nu) \frac{P_1 a c}{Et^3} \left( 1 - \frac{c^2}{a^2} \right)$

Tabel 7.1: jätkub

Nr.	Toetusviis ja koormuse skeem	$\sigma_{\max}, w_{\max}, \theta_{\max}$
3.	Concentrated load at a distance $c$ from the center 	Deflection $w$ at center approximately same as Case 2 for edge simply supported, and same as Case 6 for edge fixed.
4.	Edge simply supported; load uniform 	$\sigma = \frac{3(3 + \nu)}{8} \frac{p_0 a^2}{t^2} \quad (\text{at center})$ $w = \frac{3(1 - \nu)(5 + \nu)}{16} \frac{p_0 a^4}{Et^3}$ $\theta = \frac{3(1 - \nu^2)}{2} \frac{p_0 a^3}{Et^3}$

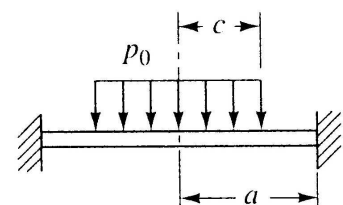
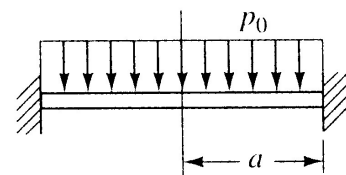
Tabel 7.1: jätkub

Nr.	Toetusviis ja koormuse skeem	$\sigma_{\max}, w_{\max}, \theta_{\max}$
5.	Edge simply supported; uniform load on circular area of radius $c$	$\sigma = \frac{3}{8} \frac{p_0 c^2}{t^2} \left[ 4 - (1 - \nu) \frac{c^2}{a^2} + 4(1 + \nu) \ln \frac{a}{c} \right]$ <p style="text-align: right;">(at center)</p> $w = \frac{3(1 - \nu)}{16} \frac{p_0 c^2}{Et^3}$ $\times \left[ 4(3 + \nu)a^2 - (7 + 3\nu)c^2 - 4(1 + \nu)c^2 \ln \frac{a}{c} \right]$ $\theta = \frac{3(1 - \nu)}{2} \frac{p_0 a c^2}{Et^3} \left( 2 - \frac{c^2}{a^2} \right)$
6.	Edge fixed; load uniform along a circle of radius $c$	$\sigma = \frac{3(1 + \nu)}{2} \frac{P_1 c}{t^2} \left( \frac{c^2}{a^2} + 2 \ln \frac{a}{c} - 1 \right)$ <p style="text-align: right;">(at center)</p> $\sigma = 3 \frac{P_1 c}{t^2} \left( 1 - \frac{c^2}{a^2} \right)$ <p style="text-align: right;">(at edge)</p> $w = \frac{3(1 - \nu^2)}{2} \frac{P_1 c}{Et^3} \left( b^2 - c^2 - 2c^2 \ln \frac{a}{c} \right)$



Tabel 7.1: jätkub

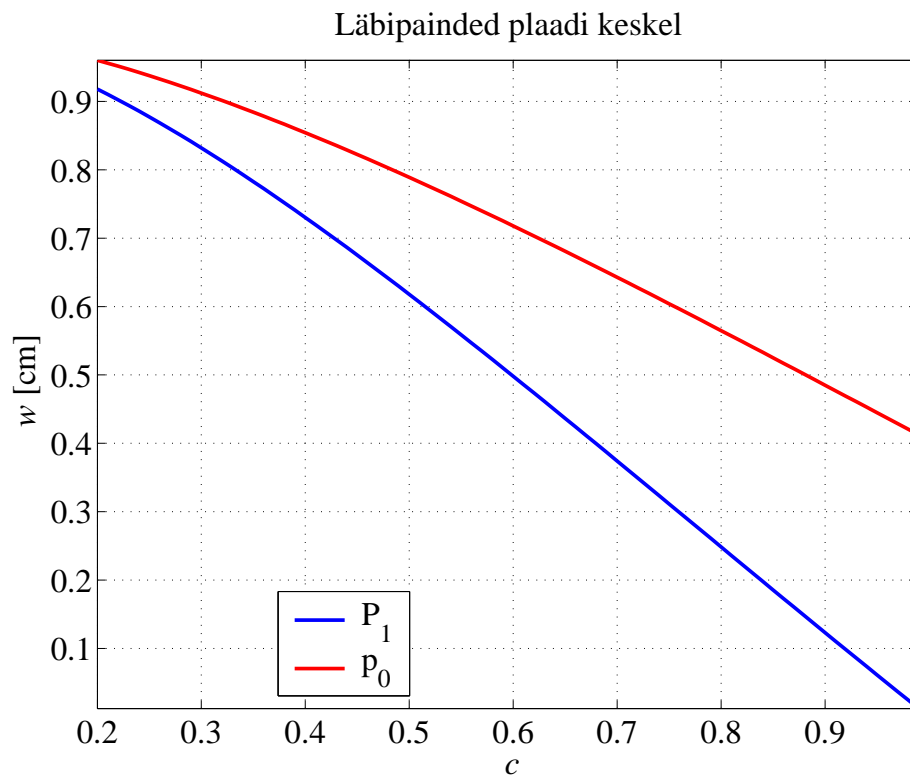
Nr.	Toetusviis ja koormuse skeem	$\sigma_{\max}, w_{\max}, \theta_{\max}$
7.	Edge fixed; load uniform	$\sigma = \frac{3}{4} \frac{p_0 a^2}{t^2}$ <p style="text-align: right;">(at edge)</p> $w = \frac{3(1 - \nu^2)}{16} \frac{p_0 a^4}{Et^3}$
<p>Juhul kui pladi paksus <math>t &gt; 0, 1a</math>, siis annab nn. modifitseeritud paindeteooria läbipaineks</p> $w = \frac{3\alpha(1 - \nu^2)}{16} \frac{p_0 a^4}{Et^3}, \quad \alpha = 1 + 5.72 \left( \frac{t}{a} \right)^2.$		
8.	Edge fixed; load uniform over a circular area of radius $c$	$\sigma = \frac{3(1 + \nu)}{8} \frac{p_0 c^2}{t^2} \left( \frac{c^2}{a^2} + 4 \ln \frac{a}{c} \right)$ <p style="text-align: right;">(at center)</p> $\sigma = \frac{3}{4} \frac{p_0 c^2}{t^2} \left( 2 - \frac{c^2}{a^2} \right)$ <p style="text-align: right;">(at edge)</p> $w = \frac{3(1 - \nu^2)}{4} \frac{p_0 c^2}{Et^3} \left( a^2 - \frac{3}{4} c^2 - c^2 \ln \frac{a}{c} \right)$



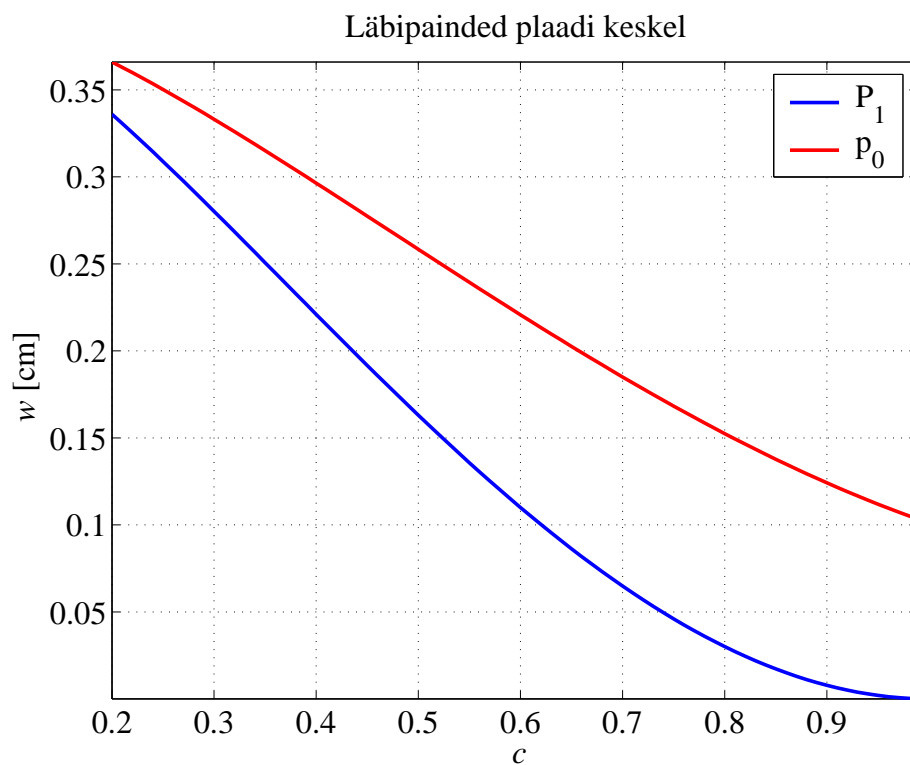
## Järeldused

- Kõigil vaadeldud juhtudel on nii pinge kui läbipaine võrdeline rakendatud koormusega: suurendades (fikseeritud koormusskeemi korral) koormust 2 korda, suurenevad nii pinge kui läbipaine samuti 2 korda.
- Kõigil vaadeldud juhtudel on pinge pöördvõrdeline paksuse ruuduga: vähendades (fikseeritud koormusskeemi korral) plaadi paksust 2 korda, suureneb pinge  $2^2 = 4$  korda ja vastupidi.
- Kõigil vaadeldud juhtudel on läbipaine pöördvõrdeline paksuse kuubiga: vähendades (fikseeritud koormusskeemi korral) plaadi paksust 2 korda, suureneb läbipaine  $2^3 = 8$  korda ja vastupidi.
- Juhtudel 4 ja 7 on pinge võrdeline plaadi raadiuse ruuduga ja läbipaine plaadi raadiuse neljanda astmega.
- Juhtudel 2, 5, 6 ja 8 sõltub nii pinge kui läbipaine raadiusest  $c$ . Kuna vastavad sõltuvused on mittelineaarsed, siis on mõistlik esitada need graafiliselt.

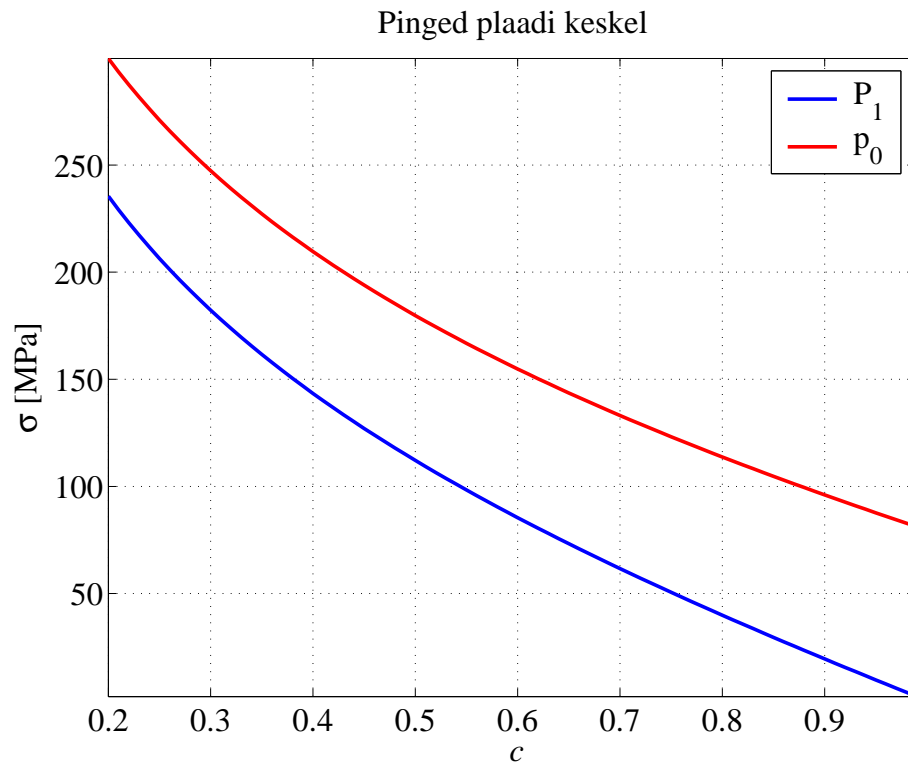
- Joonistel 7.7–?? esitatud graafikute koostamisel kasutati järgmisi andmeid: plaadi raadius  $a = 1$ ; plaadi paksus  $t = 0,05$ ; koormuse mõju määrava ringjoone raadius  $0,2 \leq c \leq 0,99$ ; ühtlaselt jaotunud koormus  $p_0 = F/(\pi c^2)$ ; joonkoormus  $P_1 = F/(\pi c)$ ; summaarne koormus  $F = 500\text{kN}$  oli fikseeritud; Youngi moodul  $E = 210\text{GPa}$ ; Poisson'i tegur  $\nu = 1/3$ .
- Joonisel 7.7 on esitatud vabalt toetatud ja joonisel 7.8 jäigalt kinnitatud ümarplaadi läbipainete graafikud.
- Joonisel 7.9 on esitatud pinged plaadi keskel vabalt toetatud ja joonisel 7.10 jäigalt kinnitatud ümarplaadi jaoks.
- Joonisel 7.11 on esitatud pinged jäigalt kinnitatud plaadi servas.
- Joonisel ?? on esitatud jaotatud koormuste  $P_1$  ja  $p_0$  ja raadiuse  $c$  vahelise sõltuvuse graafikud fikseeritud  $F$  jaoks.



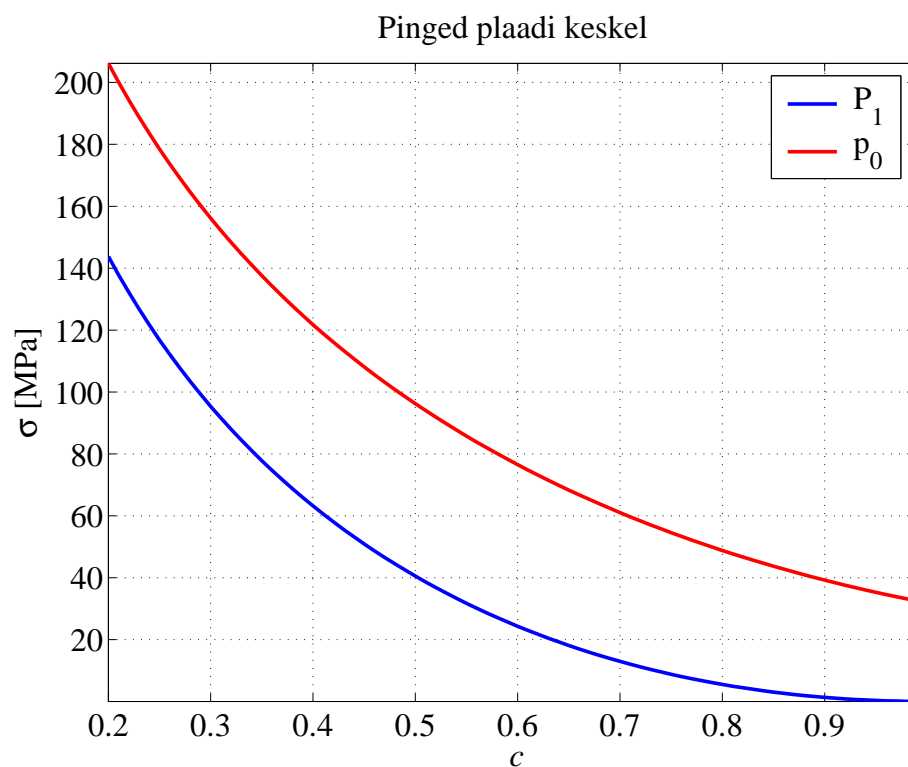
Joonis 7.7: Vabalt toetatud ümarplaadi läbipainete ja raadiuse  $c$  vaheline sõltuvus summaarse koormuse  $F$  fikseeritud väärtuse korral.



Joonis 7.8: Järgalt kinnitatud ümarplaadi läbipainete ja raadiuse  $c$  vaheline sõltuvus summaarse koormuse  $F$  fikseeritud väärtuse korral.

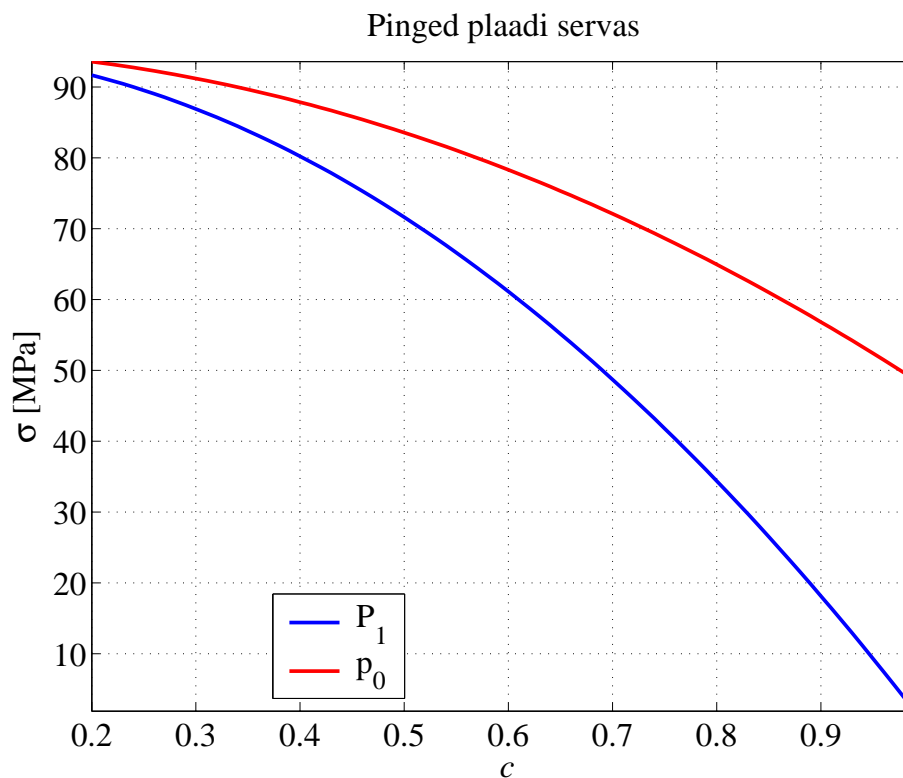


Joonis 7.9: Pinged vabalt toetatud ümarplaadi keskel sõltuvana raadiusest  $c$  summaarse koormuse  $F$  fikseeritud väärtuse korral.

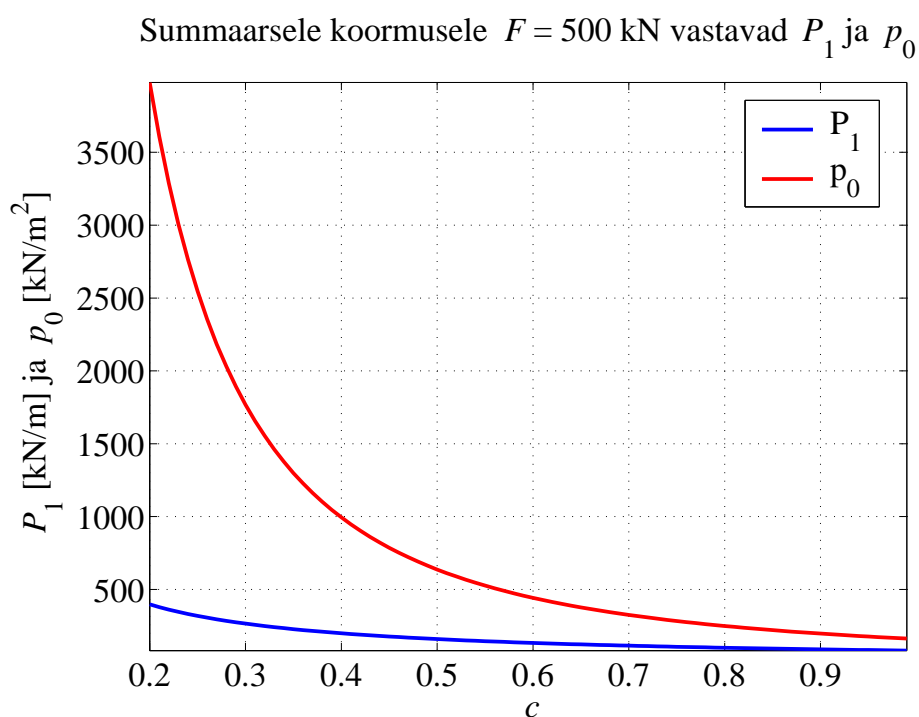


Joonis 7.10: Pinged järgalt kinnitatud ümarplaadi keskel sõltuvana raadiusest  $c$  summaarse koormuse  $F$  fikseeritud väärtuse korral.





Joonis 7.11: Pinged ümarplaadi järgalt kinnitatud servas sõltuvana raadiusest  $c$  summaarse koormuse  $F$  fikseeritud väärtuse korral.



Joonis 7.12: Jaotatud koormused  $P_1$  ja  $p_0$  sõltuvana raadiusest  $c$  summaarse koormuse  $F$  fikseeritud väärtuse korral.

Märkusi koondatud jõu lokaalse mõju kohta<sup>4</sup>

- Plaadi keskel mõjuv koondatud jõud põhjustab määramatust pingete (ja momentide) avaldises.
- Koondatud jõud ei mõju tegelikult mitte kunagi ühes punktis, vaid ta on jaotunud üle mingi väikese pinna, mille raadiuse tähistame  $r_c$ .
- Selleks, et saada lahti koondatud jõu rakenduspunktis tekkivast määramatusest pingete (ja momentide) avaldises tuleb:

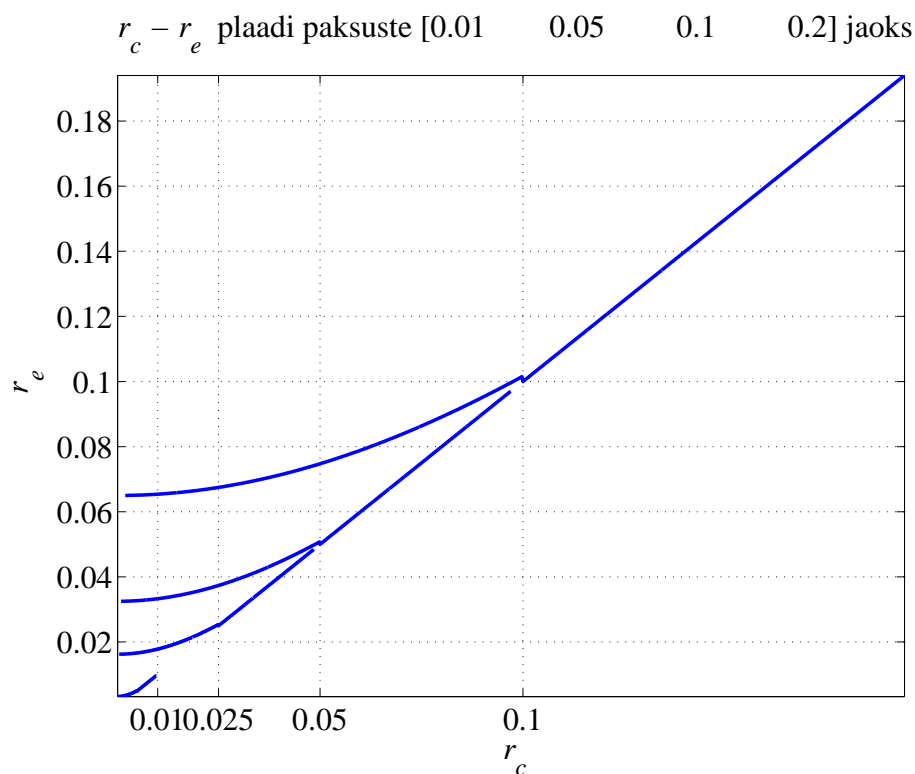
1. raadius  $r_c$  asendada nn. ekvivalentraadiusega (vt. joonis 7.13)

$$r_e = \begin{cases} \sqrt{1.6r_c^2 + t^2} - 0,675t, & r_c < 0,5, \\ r_c, & r_c \geq 0,5, \end{cases} \quad (7.73)$$

kus  $t$  on plaadi paksus (nagu eelnevates tabelites);

2. asendada koondatud jõud  $F$  ringis raadiusega  $c = r_e$  mõjuva ühtlaselt jaotunud koormusega  $p_0 = F/(\pi c^2)$  ning kasutada juhitudele 5 või 8 vastavaid valemeid.

<sup>4</sup>Vt. lisaks A.C. Ugural. Stresses in Plates and Shells. McGraw-Hill, 1999.



Joonis 7.13: Taandatud raadius vastavalt valemile (7.73) nelja erineva plaadi paksuse korral.

### 7.5.3 Rõngasplaadi paindeülesande lahendeid

Järgnevasse tabelisse<sup>5</sup> on koondatud mitmed praktilist tähtsust omavad rõngasplaadi paindeülesande lahendid. Vaatluse all on järgmised juhud:

1. Koormus: ühtlaselt mööda välisserva jaotunud joonkoormus  $P$  ; siseserv: jäigalt kinnitatud; välisserv: vaba.
2. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; siseserv: jäigalt kinnitatud; välisserv: vaba.
3. Koormus: ühtlaselt mööda välisserva jaotunud joonkoormus  $P$  ; siseserv: vabalt toetatud; välisserv: vaba.
4. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; siseserv: vabalt toetatud; välisserv: vaba.
5. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; siseserv: vaba; välisserv: vabalt toetatud.

---

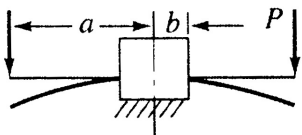
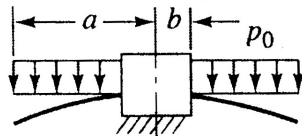
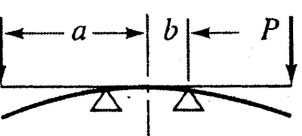
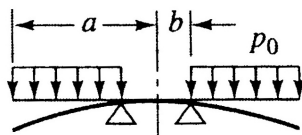
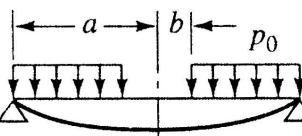
<sup>5</sup>Tabel on pärit õpikust A.C. Ugural. Stresses in Plates and Shells. McGraw-Hill, 1999.

6. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; siseserv: pöörded keelatud; välisserv: vabalt toetatud.
7. Koormus: ühtlaselt mööda välisserva jaotunud joonkoormus  $P$  ; siseserv: jäigalt kinnitatud; välisserv: pöörded keelatud.
8. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; siseserv: jäigalt kinnitatud; välisserv: pöörded keelatud.
9. Koormus: ühtlaselt mööda siseserva jaotunud joonkoormus  $P$  ; siseserv: vaba; välisserv: jäigalt kinnitatud.
10. Koormus: ühtlaselt üle kogu plaadi pinna jaotunud koormus  $p_0$ ; siseserv: vaba; välisserv: jäigalt kinnitatud.

Kasutatud tähistused (NB! joonkoormuse tähistus on siin erinev võrreldes ümarplaadiga):

- $a$  — plaadi välisraadius,
- $b$  — plaadi siseraadius,
- $t$  — plaadi paksus,
- $P$  — joonkoormus (dim  $P = \text{N/m}$ ), mis on ühtlaselt jaotunud mööda sise- või välisserva,
- $p_0$  — ühtlaselt jaotunud koormus (dim  $p_0 = \text{N/m}^2$ ),
- $E$  — Youngi moodul (elastsusmoodul),
- $\sigma_{\max}$  — maksimaalne pingeline,
- $w_{\max}$  — läbipaine sise- või välisservas.

Tabel 7.2: Valemid rõngasplaadi paindel ilmnevate pingete ja läbipainete arvutamiseks. Poisson'i tegur  $\nu = 0,3$ .

Nr.	Toetusviis	Koormuse skeem	$\sigma_{\max}$	$w_{\max}$
1.	Inner edge fixed		$k_1 \frac{P}{t^2}$	$h_1 \frac{Pa^2}{Et^3}$
2.	Inner edge fixed		$k_2 \frac{p_0 a^2}{t^2}$	$h_2 \frac{p_0 a^4}{Et^3}$
3.	Inner edge simply supported		$k_3 \frac{P}{t^2}$	$h_3 \frac{Pa^2}{Et^3}$
4.	Inner edge simply supported		$k_4 \frac{p_0 a^2}{t^2}$	$h_4 \frac{p_0 a^4}{Et^3}$
5.	Outer edge simply supported		$k_5 \frac{p_0 a^2}{t^2}$	$h_5 \frac{p_0 a^4}{Et^3}$

Tabel 7.2: jätkub

Nr.	Toetusviis	Koormuse skeem	$\sigma_{\max}$	$w_{\max}$
6.	Outer edge simply supported, inner-edge rotation prevented		$k_6 \frac{p_0 a^2}{t^2}$	$h_6 \frac{p_0 a^4}{Et^3}$
7.	Inner edge fixed, outer-edge rotation prevented		$k_7 \frac{P}{t^2}$	$h_7 \frac{P a^2}{Et^3}$
8.	Inner edge fixed, outer-edge rotation prevented		$k_8 \frac{p_0 a^2}{t^2}$	$h_8 \frac{p_0 a^4}{Et^3}$
9.	Outer edge fixed		$k_9 \frac{P}{t^2}$	$h_9 \frac{P a^2}{Et^3}$
10.	Outer edge fixed		$k_{10} \frac{p_0 a^2}{t^2}$	$h_{10} \frac{p_0 a^4}{Et^3}$

Tabel 7.3: Konstantide  $k_i$  ja  $h_i$  väärtused sõltuvana välis- ja siseraadiuse suhtest  $a/b$ .

$a/b$	1.25	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00
$k_1$	0.227	0.428	0.753	1.205	1.514	1.745
$h_1$	0.0051	0.0249	0.0877	0.209	0.293	0.350
$k_2$	0.135	0.410	1.04	2.15	2.99	3.69
$h_2$	0.0023	0.0183	0.0938	0.2925	0.448	0.564
$k_3$	1.10	1.26	1.48	1.88	2.17	2.34
$h_3$	0.341	0.519	0.672	0.734	0.724	0.704
$k_4$	0.66	1.19	2.04	3.34	4.30	5.10
$h_4$	0.202	0.491	0.902	1.220	1.300	1.310
$k_5$	0.592	0.976	1.440	1.880	2.080	2.19
$h_5$	0.1841	0.4139	0.6640	0.8237	0.8296	0.813
$k_6$	0.122	0.336	0.74	1.21	1.45	1.59
$h_6$	0.0034	0.0313	0.1250	0.291	0.417	0.492
$k_7$	0.115	0.220	0.405	0.703	0.933	1.13
$h_7$	0.0013	0.0064	0.0237	0.0619	0.0923	0.114
$k_8$	0.090	0.273	0.71	1.54	2.23	2.80
$h_8$	0.0008	0.0062	0.0329	0.1096	0.1792	0.2338
$k_9$	0.194	0.320	0.454	0.673	1.021	1.305
$h_9$	0.00504	0.0242	0.0810	0.172	0.217	0.288
$k_{10}$	0.105	0.259	0.480	0.657	0.710	0.730
$h_{10}$	0.00199	0.0139	0.0575	0.130	0.162	0.175

**Järeldused:**

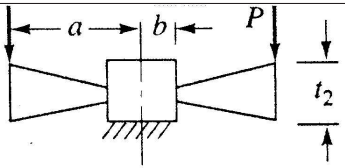
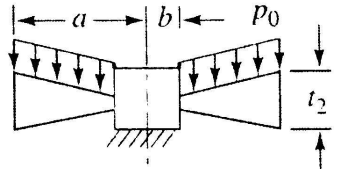
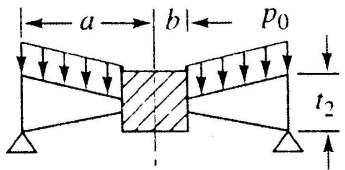
- Joonkoormuse  $P$  korral on kõik avaldised kujul

$$\sigma_{\max} = k \frac{P}{t^2}, \quad w_{\max} = h \frac{Pa^2}{Et^3}. \quad (7.74)$$

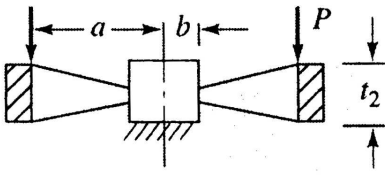
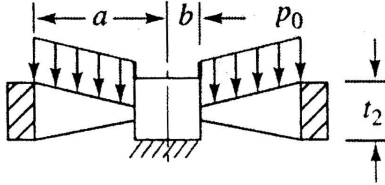
- Pindkoormuse  $p_0$  korral on kõik avaldised kujul

$$\sigma_{\max} = k \frac{p_0}{t^2}, \quad w_{\max} = h \frac{p_0 a^4}{Et^3}. \quad (7.75)$$

Tabel 7.4: Valemid lineaarselt muutuva ristlõikega rõngasplaadi paindel ilmnevate pingete ja läbipainete arvutamiseks. Juhtude numbrid vastavad tabelile 7.2; Poisson'i tegur  $\nu = 0,3$ ; plaadi paksus siseservas  $t_1 = bt_2/a$ .

Nr.	Toetusviis	Koormuse skeem	$\sigma_{\max}$	$w_{\max}$
1.	Inner edge fixed		$k_1 \frac{P}{a^2}$	$h_1 \frac{Pa^2}{Et_2^3}$
2.	Inner edge fixed		$k_2 \frac{p_0 a^2}{t_2^2}$	$h_2 \frac{p_0 a^4}{Et_2^3}$
6.	Outer edge simply supported, inner-edge rotation prevented		$k_6 \frac{p_0 a^2}{t_2^2}$	$h_6 \frac{p_0 a^4}{Et_2^3}$

Tabel 7.4: jätkub

Nr.	Toetusviis	Koormuse skeem	$\sigma_{\max}$	$w_{\max}$
7.	Inner edge fixed, outer-edge rotation prevented		$k_7 \frac{P}{t_2^2}$	$h_7 \frac{Pa^2}{Et_2^3}$
8.	Inner edge fixed, outer-edge rotation prevented		$k_8 \frac{p_0 a^2}{t_2^2}$	$h_8 \frac{p_0 a^4}{Et_2^3}$

Tabel 7.5: Tabelis 7.4 esinevate konstantide  $k_i$  ja  $h_i$  väärtused sõltuvana välis- ja siseradiuse suhtest  $a/b$ .

$a/b$	1.25	1.50	2.00	3.00	4.00	5.00
$k_1$	0.353	0.933	2.63	6.88	11.47	16.51
$h_1$	0.0082	0.0583	0.345	1.358	2.39	3.27
$k_2$	0.249	0.638	3.96	13.64	26.0	40.6
$h_2$	0.0037	0.0453	0.401	2.12	4.25	6.28
$k_6$	0.149	0.991	2.23	5.57	7.78	9.16
$h_6$	0.0055	0.0564	0.412	1.673	2.79	3.57
$k_7$	0.159	0.396	0.091	3.31	6.55	10.78
$h_7$	0.0017	0.0112	0.0606	0.261	0.546	0.876
$k_8$	0.1275	0.515	2.05	7.97	17.35	30.0
$h_8$	0.0011	0.0115	0.0934	0.537	1.261	2.16