

Najprej določimo reakcije podpor 3-jke.

1. Gornji del se ne sme vrteti okrog točke D. Od tu določimo vodoravno reakcijo podpore C.
2. Spodnji polkrog se ne sme vrteti okrog točke B. Od tu določimo navpično reakcijo podpore A.
3. Preostale reakcije določimo iz osnovnih ravnotežnih pogojev za 3-jko kot togo telo.

Določimo še reakcije podpor 0-le.

Ker imamo samo tri neznane reakcije podpor te lahko določimo iz treh osnovnih ravnotežnih pogojev za 0-lo.

Določitev notranjih sil pa je zahtevnejša.

Konstrukcija je zaprta. Če je prerežemo na enem mestu, ne razpade na dva ločena dela.

Zato je račun notranjih sil otežen. Opazimo, da je del konstrukcije BC palica.

To odstranimo iz konstrukcije, vpliv odstranjene palice pa nadomestimo s silo N.

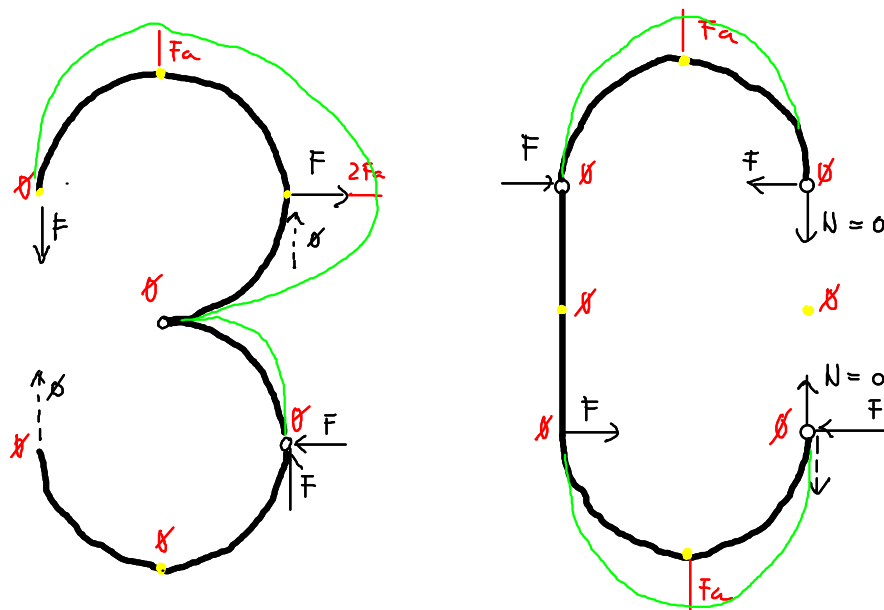
Odstranje palica je po zakonu akcije in reakcije na krajiščih obremenjena z nasprotnima silama N.

Zato je palica v ravnotežju, neodvisno od velikosti sil N.

Zagotoviti moramo še ravnotežje 0-le brez palice, dodatno obremenjeno s silama N.

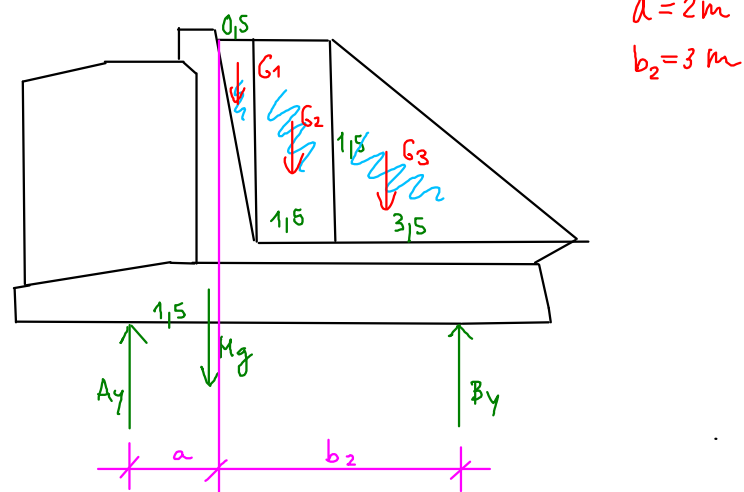
Gornji polkrog se ne sme vrteti okrog točke A.

Od tu ugotovimo, da je osna sila N v palici enaka nič.



$$\rho = 2100 \text{ kg/m}^3, \quad b = 2 \text{ m}, \quad M = 5200 \text{ kg}, \quad g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\rightarrow M_g = 52 \text{ kN}$$



$$G_1 = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 9,8 / 2 = 15,750 \text{ kN}$$

$$X_1 = a + \frac{e}{3} 0,5$$

$$G_2 = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 9 = 94,500 \text{ kg}$$

$$X_2 = a + 0,5 + \frac{4,5}{2}$$

$$G_3 = 3,5 \cdot 1,5 \cdot 2 \cdot 9 \cdot 9 = 110,250 \text{ kWh}$$

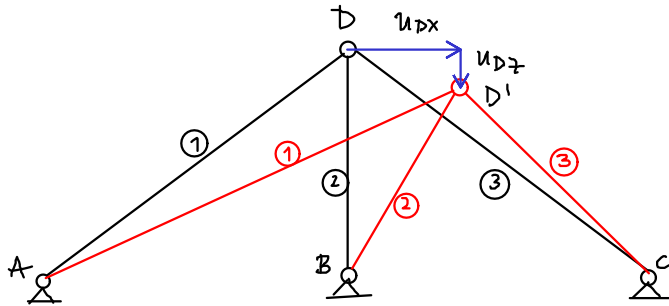
$$x_3 = a + 2 + \frac{3\sqrt{5}}{3}$$

$$\sum H^A = 0 \quad \sum G_i \cdot x_i + M_g \cdot 1,5 - B_y (a+b_2) = 0 \rightarrow B_y = 198,3 \text{ kN}$$

$$\Sigma y = 0 \Rightarrow Ay = 74,200 \text{ lb}$$

3)

$$u_{Dx} = -u_{Dy}$$



$$N = \frac{EA}{L} \Delta L$$

$$E = 15 \text{ GPa}$$

$$L_1 = L_3 = 5 \text{ m}$$

$$A = 6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$L_2 = 3 \text{ m}$$

$$L_1' = \sqrt{(a + u_{Dx})^2 + (b - u_{Dy})^2} = 5,00415 \text{ m}$$

$$\Delta L_1 = L_1' - L_1 = 0,00416 \text{ m}$$

$$L_2' = \sqrt{u_{Dx}^2 + (b - u_{Dy})^2} = 2,99535 \text{ m}$$

$$\Delta L_2 = L_2' - L_2 = -0,00465 \text{ m}$$

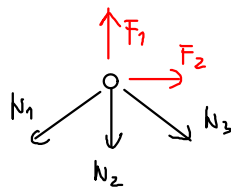
$$L_3' = \sqrt{(a - u_{Dx})^2 + (b - u_{Dy})^2} = 4,99526 \text{ m}$$

$$\Delta L_3 = L_3' - L_3 = -0,00574 \text{ m}$$

$$N_1 = EA \Delta L_1 / L_1 = 74,81 \text{ kN}$$

$$N_2 = EA \Delta L_2 / L_2 = -135,42 \text{ kN}$$

$$N_3 = EA \Delta L_3 / L_3 = -175,39 \text{ kN}$$



$$\sum X = 0 \quad F_2 = N_1 \frac{4}{5} - N_3 \frac{4}{5} = 200,05 \text{ kN}$$

$$\sum Y = 0 \quad F_1 = N_1 \frac{3}{5} + N_2 + N_3 \frac{3}{5} = -199,72 \text{ kN}$$

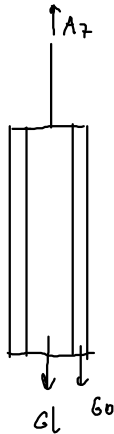
$$l = 100 \text{ cm}$$

$$h = 22 \text{ cm} \quad , \quad b = 18 \text{ cm}$$

$$\rho_e = 420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad , \quad \rho_o = \frac{1}{10} \rho_e$$

$$\rho = 0,8 \text{ mm/min} \quad , \quad g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\bullet \quad t = 30 \text{ min} \quad \rho \cdot t = \frac{0,8 \text{ mm}}{\text{min}} \cdot 30 \text{ min} = 24 \text{ mm} = 2,4 \text{ cm} = d$$



$$G_o = \rho_o \cdot V_o \cdot g = \rho_o \cdot l \cdot (b \cdot h - (b-2d)(h-2d)) \cdot g$$

$$G_l = \rho_l \cdot V_l \cdot g = \rho_l \cdot l \cdot (b-2d)(h-2d) \cdot g$$

$$A_T = G_o + G_l$$

$$A_T = 102,45 \text{ N} \quad G_o = 7,09 \text{ N} \quad G_l = 95,36 \text{ N}$$

$$\bullet \quad f_t = 0,9 \text{ MPa}$$

$$f_d = \frac{G_o + G_l}{A_l} = f_t \quad (1)$$

$$A_l = (b-2d)(h-2d)$$

$$(1) \quad \rho_o \cdot l \cdot (bh - (b-2d)(h-2d))g + \rho_l \cdot l \cdot (b-2d)(h-2d)g = f_t \cdot (b-2d)(h-2d)$$

$$(b-2d)(h-2d) = x \quad (2)$$

$$(1) \Rightarrow \rho_o \cdot l \cdot (bh - x)g + \rho_l \cdot l \cdot xg = f_t \cdot x$$

$$((\rho_l - \rho_o)lg + f_t)x = + \rho_o \cdot l \cdot b \cdot h g \rightarrow x = \frac{\rho_o \cdot l \cdot b \cdot h g}{f_t - (\rho_l - \rho_o)lg} = 1,848 \cdot 10^{-6}$$

$$(2) \quad 4d^2 - 2d(h+b) + bh - x = 0 \quad \Rightarrow d = \rho \cdot t \quad \Rightarrow t = 112,47 \text{ min}$$

Najprej določimo reakcije podpor 3-jke.

1. Gornji del se ne sme vrteti okrog točke D. Od tu določimo vodoravno reakcijo podpore C.
2. Spodnji polkrog se ne sme vrteti okrog točke B. Od tu določimo navpično reakcijo podpore A.
3. Preostale reakcije določimo iz osnovnih ravnotežnih pogojev za 3-jko kot togo telo.

Določimo še reakcije podpor 0-le.

Ker imamo samo tri neznane reakcije podpor te lahko določimo iz treh osnovnih ravnotežnih pogojev za 0-lo.

Določitev notranjih sil pa je zahtevnejša.

Konstrukcija je zaprta. Če je prerežemo na enem mestu, ne razpade na dva ločena dela.

Zato je račun notranjih sil otežen. Opazimo, da je del konstrukcije BC palica.

To odstranimo iz konstrukcije, vpliv odstranjene palice pa nadomestimo s silo N.

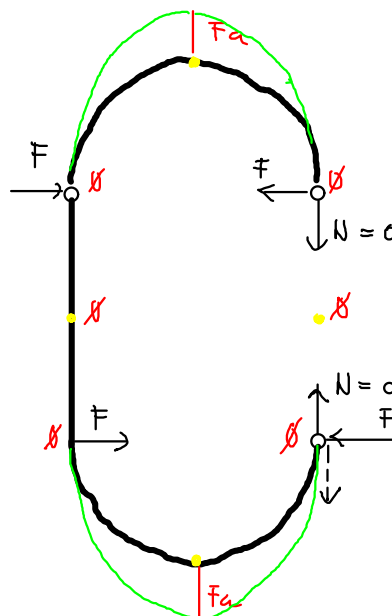
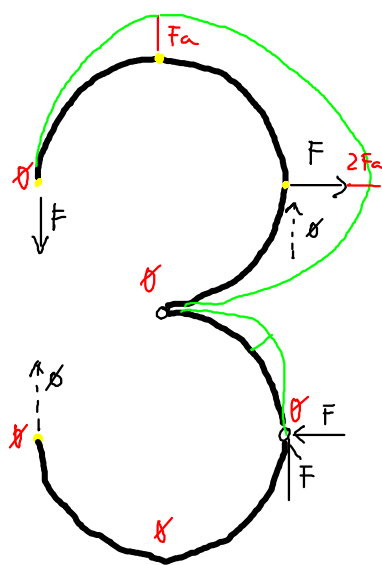
Odstranje palice je po zakonu akcije in reakcije na krajiščih obremenjena z nasprotnima silama N.

Zato je palica v ravnotežju, neodvisno od velikosti sil N.

Zagotoviti moramo še ravnotežje 0-le brez palice, dodatno obremenjeno s silama N.

Gornji polkrog se ne sme vrteti okrog točke A.

Od tu ugotovimo, da je osna sila N v palici enaka nič.

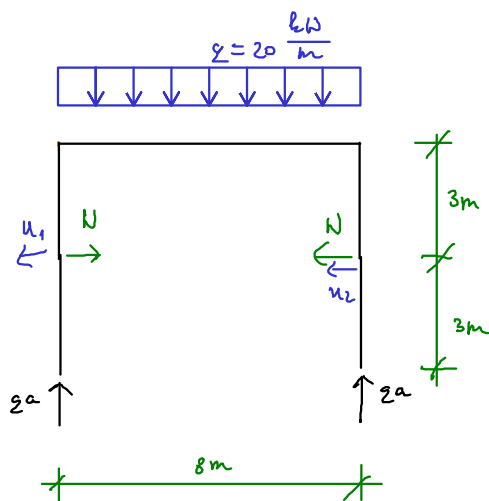


$$u_1 = 6,33 \text{ cm} \quad \Delta l = u_1 - u_2 = 0,11 \text{ cm}$$

$$u_2 = 6,22 \text{ cm}$$

$$E = 20000 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = 200 \text{ GPa} = 2 \cdot 10^8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A = 10^{-3} \text{ m}^2$$



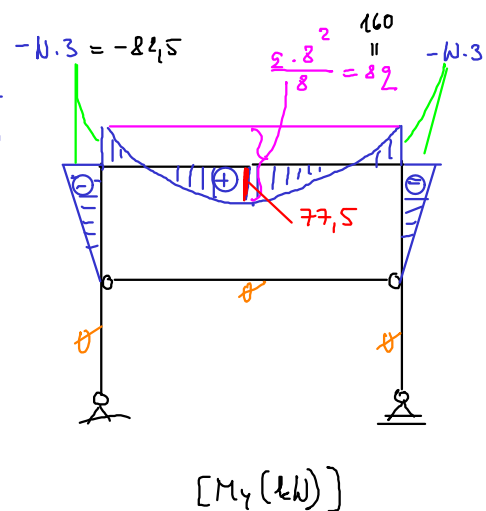
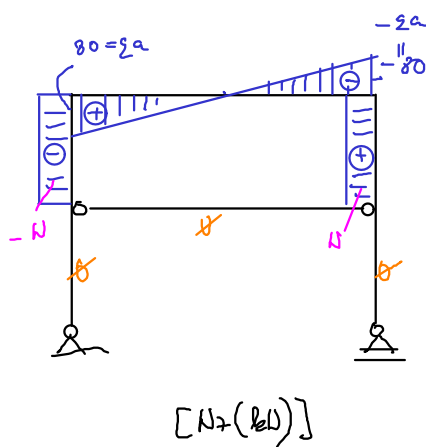
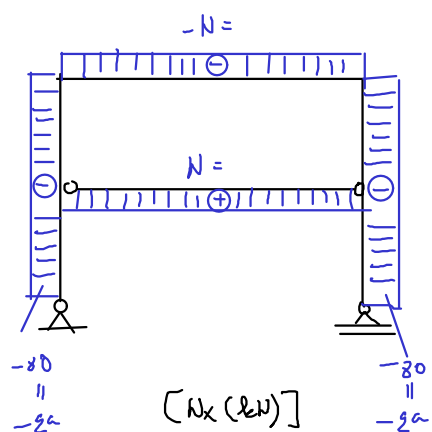
$$N = \frac{EA}{l} \Delta l = \frac{EA}{800} \cdot 0,11 \text{ kN}$$

$$= 27,5 \text{ kN}$$

$$EA \frac{\Delta l}{l} = 2 \cdot 10^5 / 8 \cdot 10^{-2} \cdot 0,11$$

$$= \frac{1}{4} 10^3 \cdot 0,11 = 1,1 \cdot 25 \cdot 10$$

$$= 27,5 \text{ kN}$$

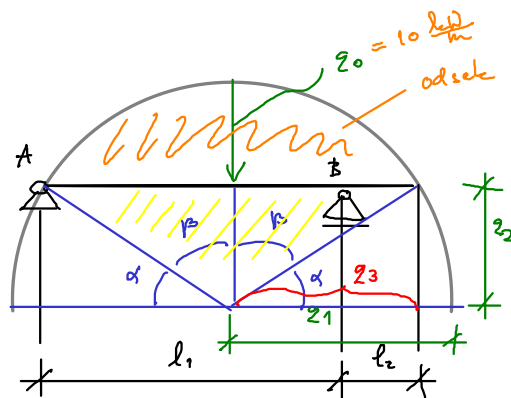


$$l_1 = 6 \text{ m}, \quad l_2 = 2 \text{ m}, \quad \frac{l_1 + l_2}{2} = 4 \text{ m}$$

$$q_1 = 30 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_2 = 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_0 = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



$$\sin \alpha = \frac{q_2}{q_1} = \frac{2}{3}, \quad \cos \alpha = \frac{\sqrt{5}}{3}$$

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{2}{3}\right) = 0,7297 \text{ rad}$$

$$\rho = \frac{\pi}{2} - \alpha = 0,8411 \text{ rad}$$

$$\alpha = 41,81^\circ$$

$$\rho = 48,19^\circ$$

$$q_3 = q_1 \cdot \cos \alpha = 30 \frac{\sqrt{5}}{3} = 10\sqrt{5} \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Krog polmera } q_1 \quad \text{ploščina lasek} \quad \text{ploščina rumenih trikotnikov}$$

$$\text{pl odseka} = \left(\pi q_1^2 \cdot \frac{l_1}{2} - q_3 \cdot q_2 \right) \cdot \frac{l_1 + l_2}{2 \cdot q_3} = R_2 = 55,41 \text{ kN}$$

$$\sum F = 0$$

$$A_z + B_z + R_z = 0$$

$$\sum M^A = 0$$

$$B_z \cdot l_1 + R_z \cdot \frac{l_1 + l_2}{2} = 0$$

$$B_z \cdot 6 + R_z \cdot 4 = 0$$

$$B_z = -\frac{2}{3} R_z = -36,94 \text{ kN}$$

$$A_z = -\frac{1}{3} R_z = -18,47 \text{ kN}$$

Če krog v eni smeri raztegnemo z λ se z λ raztegne tudi površina.

$$\text{pl (kroga)} = \pi r^2$$

$$\text{pl (elipse)} = \pi ab$$

Opomba: za primerjavo rezultatov lahko obtežbo q nadomestiš s trikotno ali enakomerno obtežbo. Tako lahko dobiš velikostni del reakcij podpor.

4/4a

$$l = 100 \text{ cm}$$

$$h = 22 \text{ cm}, \quad b = 18 \text{ cm}$$

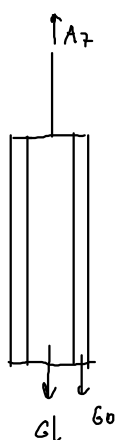
$$\rho_{\text{les}} = 420 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_{\text{ogljje}} = \frac{1}{10} \rho_{\text{les}}$$

$$\beta = 0,8 \text{ mm/min}, \quad g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$t = 30 \text{ min} \quad \beta \cdot t = \frac{0,8 \text{ mm}}{\text{min}} \cdot 30 \text{ min} = 24 \text{ mm} = 2,4 \text{ cm} = d$$

G_o = teža zогlenenega dela

G_l = teža lesenega (še nezогlenenega) dela



$$G_o = \rho_o \cdot V_o \cdot g = \rho_o \cdot l \cdot (b \cdot h - (b-d)(h-2d)) \cdot g$$

$$G_l = \rho_l \cdot V_l \cdot g = \rho_l \cdot l \cdot (b-d)(h-2d) \cdot g$$

$$A_z = G_o + G_l$$

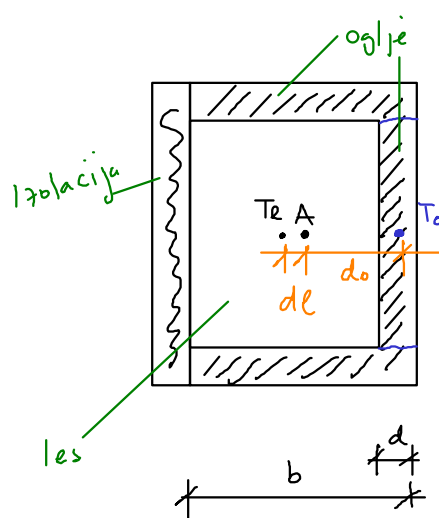
$$G_o \doteq 5,4 \text{ N}$$

$$A_z \doteq 118,1 \text{ N}$$

$$G_l \doteq 112,7 \text{ N}$$

Določitev momenta M_A

Prečni prerez stebra (spodaj)



T_L = težišče lesenega dela

T_O = težišče zогlenenega dela, ki doprinese k momentu M_A

$$d_L = \frac{d}{2}$$

$$d_O = \frac{b}{2} - \frac{d}{2}$$

$$M^A = \underbrace{(b-d)(h-2d) \cdot l \cdot \rho_l \cdot g \cdot d_L}_{V_L} - \underbrace{d \cdot (h-2d) \cdot l \cdot \rho_o \cdot g \cdot d_O}_{V_O \text{ ki doprinese k momentu}} = 1,217 \text{ Nm}$$

4/4b

Nalogo bomo rešili na dva načina.

1. Način: uporabimo približek. Steber se utrga, ko zogljeni skoraj celoten prerez ↓

• $p_{st} \doteq 11 \text{ cm}$ $t \doteq \frac{11}{0,08} = 137,5 \text{ min}$

2. Način: Natančen. Steber se utrga, ko se napetosti v lesenem delu izenačijo z f_t

• $f_t = 0,9 \text{ MPa}$

$$f_d = \frac{G_0 + G_L}{A_L} = f_t \quad (1)$$

$$A_L = (b-d) \cdot (h-2d) = \text{trenutna ploščina lesenega dela}$$

$$(1) \quad s_0 \cdot l \cdot (bh - (b-d)(h-2d))g + s_L \cdot l \cdot (b-d)(h-2d)g = f_t \cdot (b-d)(h-2d)$$

$$(b-d)(h-2d) = x \quad (2)$$

$$(1) \Rightarrow s_0 \cdot l \cdot (bh - x)g + s_L \cdot l \cdot xg = f_t \cdot x$$

$$(-(s_L - s_0)lg + f_t)x = s_0 \cdot l \cdot b \cdot h g \rightarrow x = \frac{s_0 \cdot l \cdot b \cdot h g}{f_t - (s_L - s_0)lg} = 1,848 \cdot 10^{-6}$$

$$(2) \quad 2d^2 - d(h+2b) + bh - x = 0$$

$$d = p_{st} \Rightarrow t = 137,48 \text{ min}$$