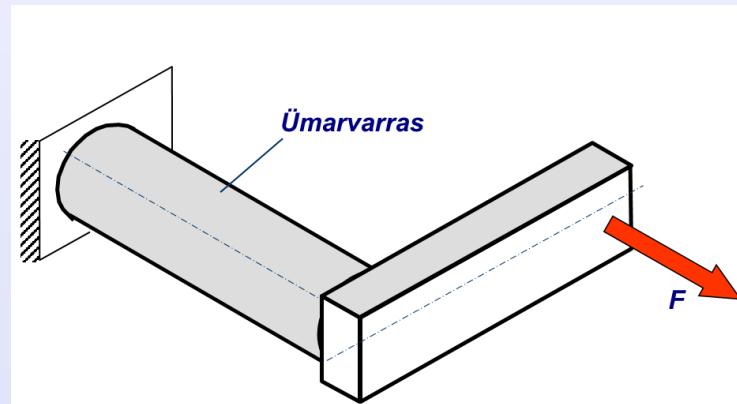


TUGEVUSÕPETUS

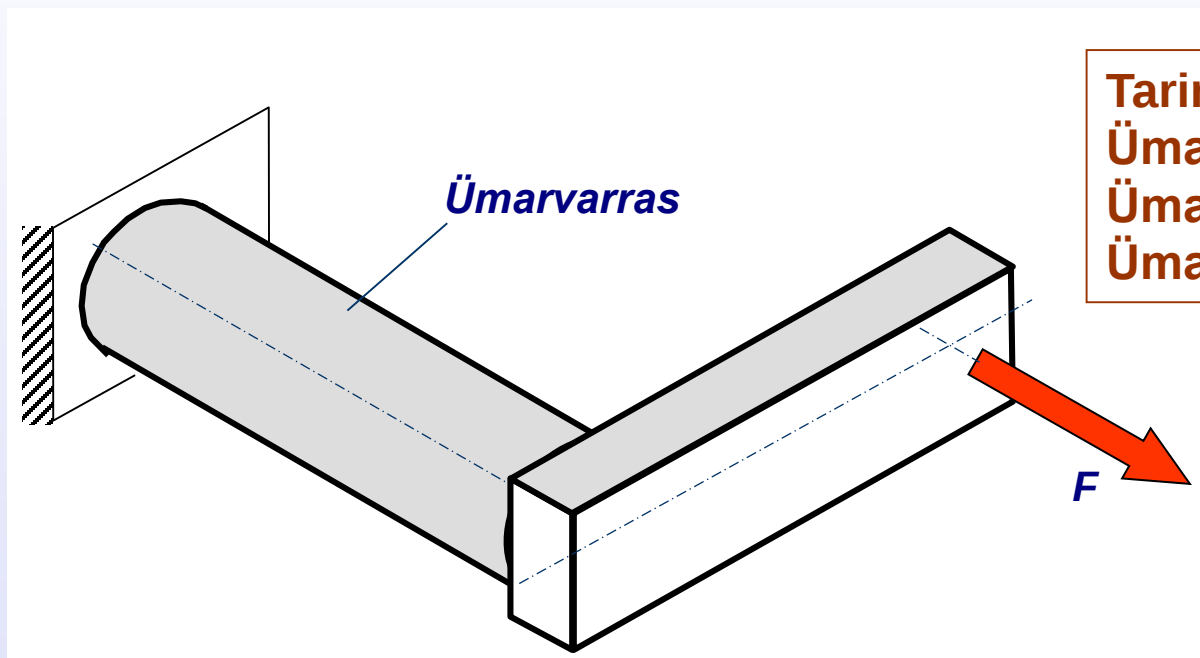
EKSTSENTRILINE TÕMME: Varda tugevuskontroll



1. Ülesande püstitus ja algandmed

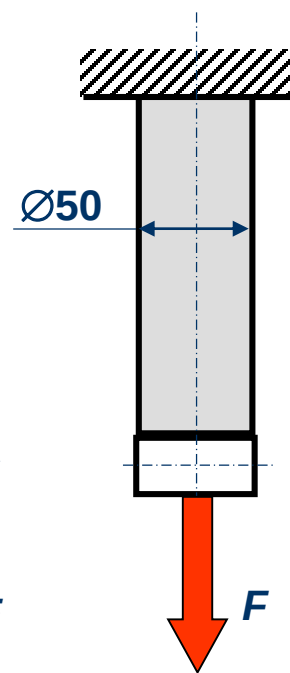
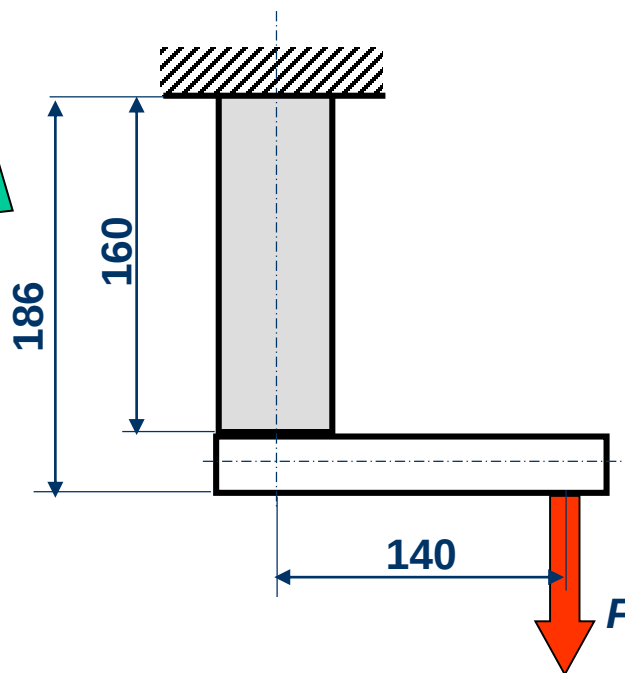
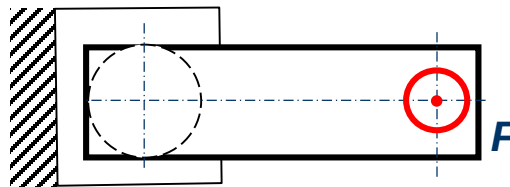
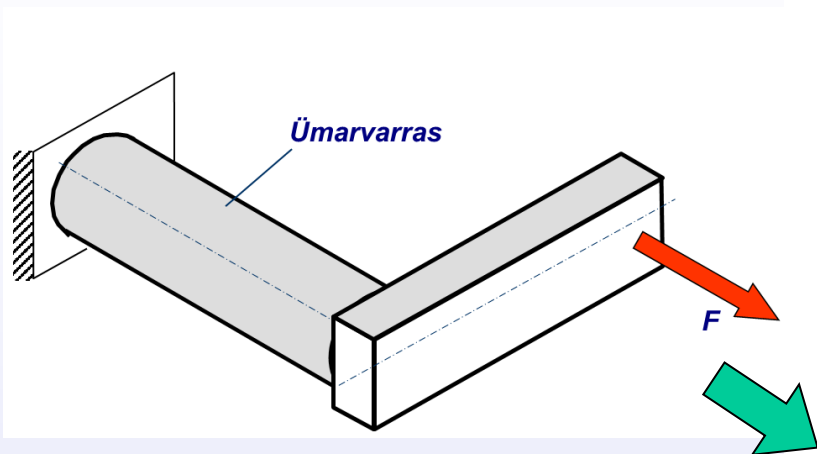
Kahe vardaga tarind

Kontrollida ümarvarda tugevust!



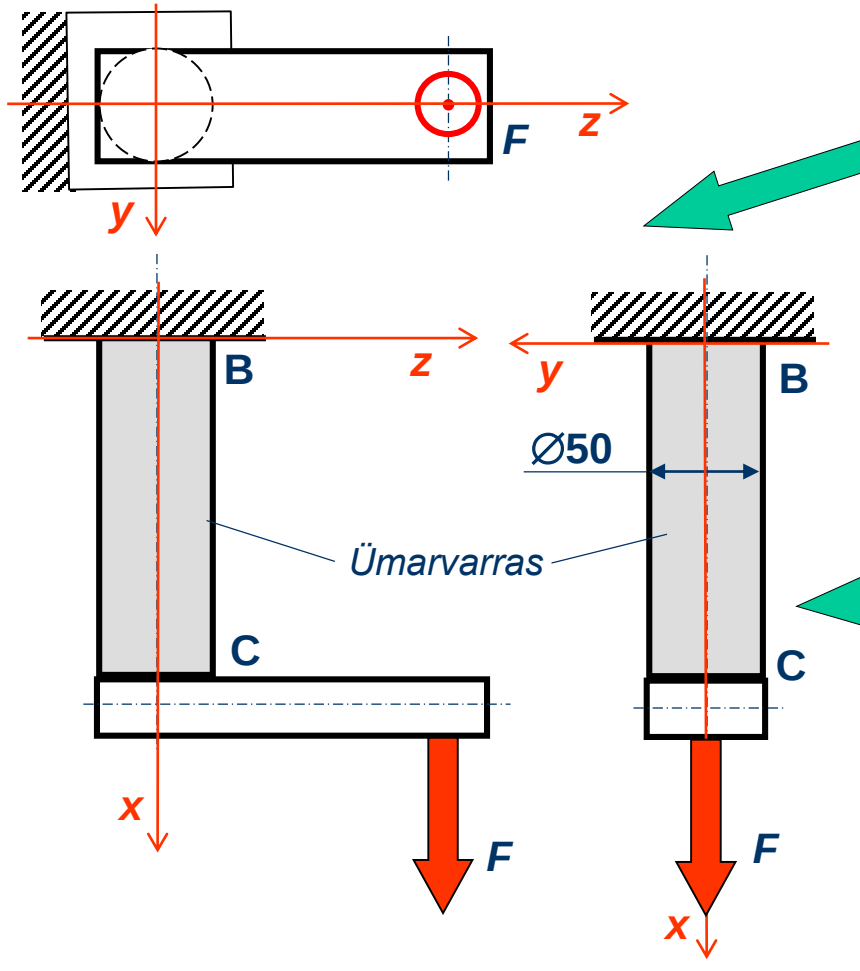
Tarindi koormus: $F = 10 \text{ kN}$
Ümarvarda läbimõõt: $\varnothing 50$
Ümarvarda materjal: teras S355
Ümarvarda nõutav varutegur: $[S] = 3$

Tarindi kolmvaade



2. Ümarvarda sisejõudude analüüs

2.1. Ümarvarda tööseisund



Ümarvarras on painutatud ümber telje y

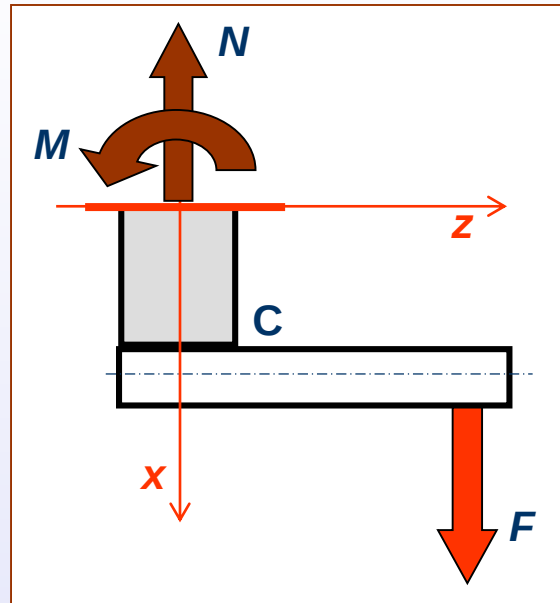
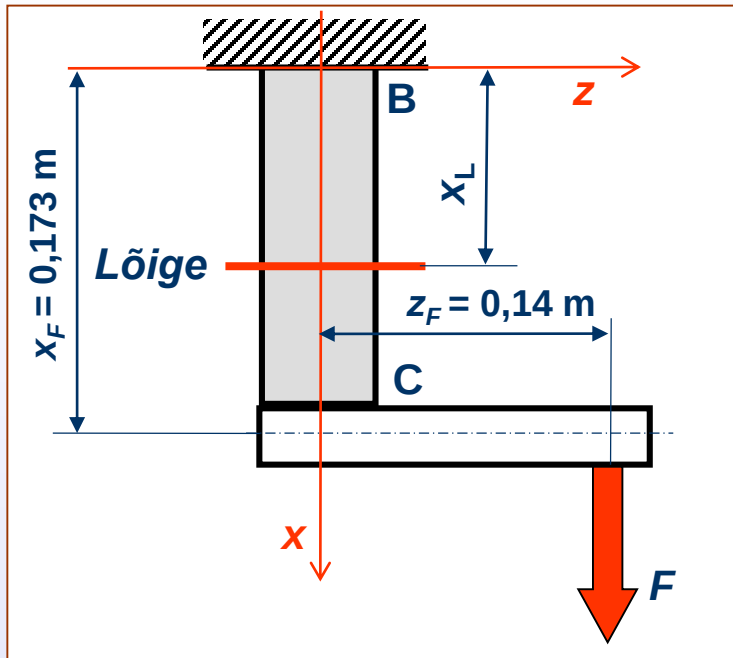
Ümarvarras on koormuse F toimet
tasandiliselt painutatud

Ümarvarras on tõmmatud telje x sihis

Ümarvarda tööseisund on
paine ja pikke koosmõju

2.2. Ümarvarda sisejõud

Sisejõud arvutatakse lõikemeetodiga



Jõudude tasakaalutingimus telje x suhtes

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N - F = 0$$

$$N = F = \underline{10 \text{ kN (+)}}$$

Tõmbejõud

Ümarvarras on ühtlaselt tõmmatud

Ümarvarras on ühtlaselt painutatud

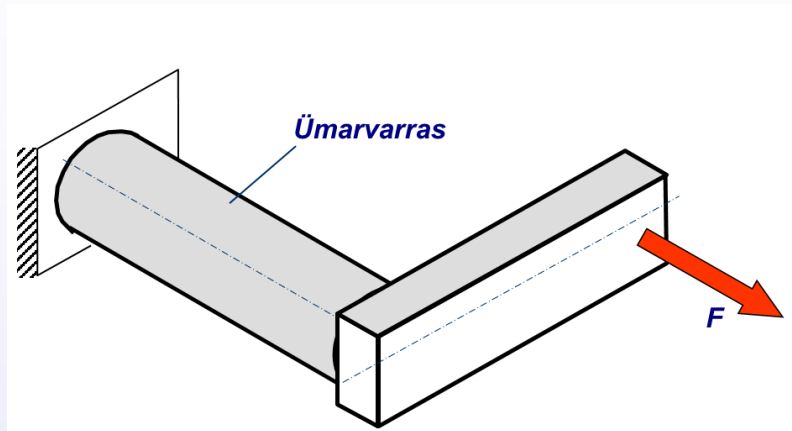
Pöördemomentide tasakaalutingimus telje y suhtes

$$\sum \mathcal{M}_y = 0 \Rightarrow M - Fz_F = 0 \quad \Rightarrow \quad M = Fz_F$$

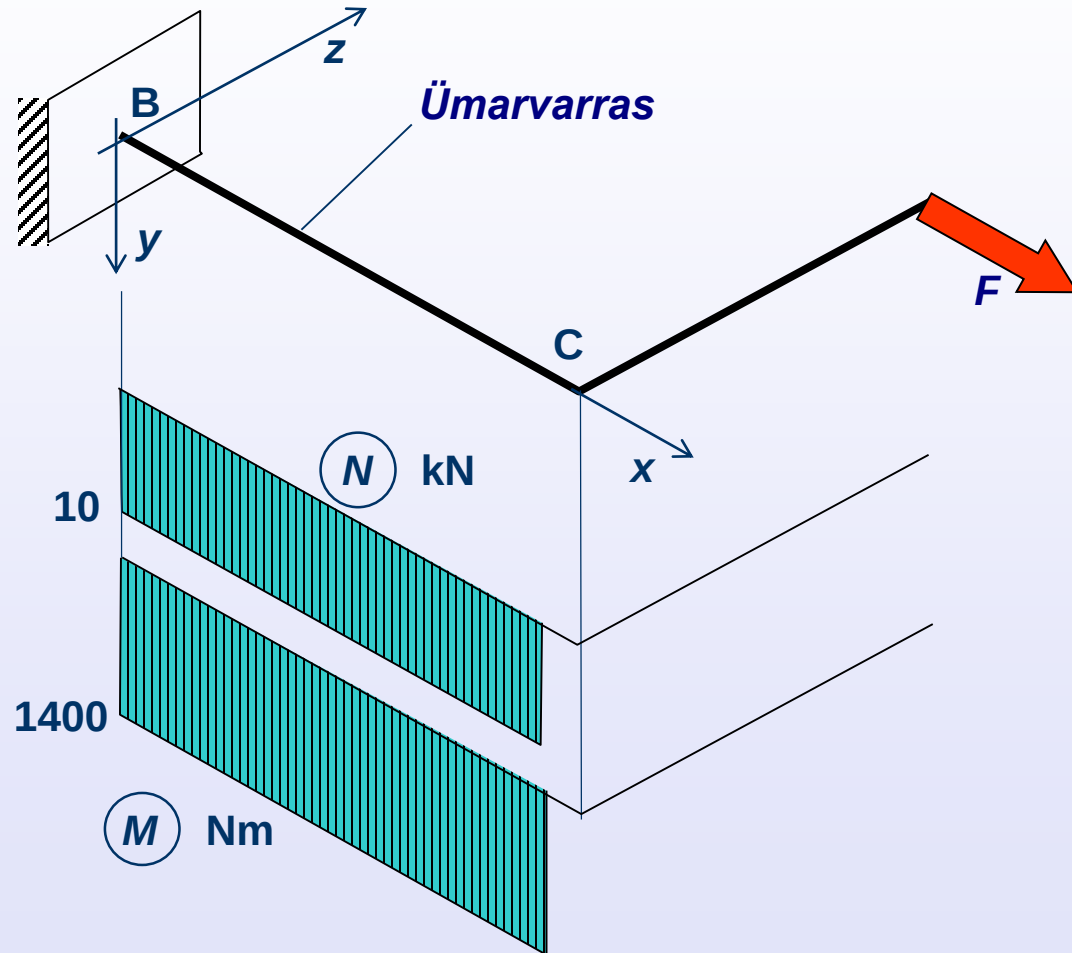
$$M = M_C = M_B = 10^4 \cdot 0,14 = \underline{1400 \text{ Nm (+)}}$$

Positiivsed kiud on tõmmatud

2.3. Ümarvarda sisejõudude epüürid

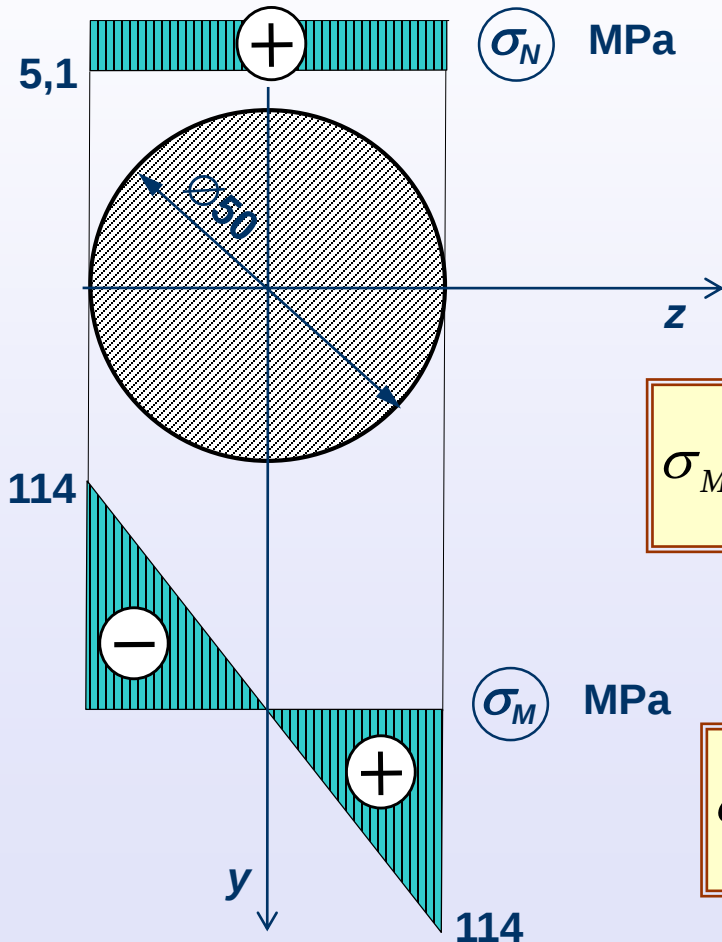


Ühtlase ÜMARvarda kõik
ristlõiked on võrdohklikud



3. Ümarvarda pingete analüüs

3.1. Ümarvarda ristlõike pinged



Ristlõike pikkepinge laotus

$$\sigma_N = \frac{N}{A} = \frac{4F}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 10^4}{\pi \cdot 0,05^2} = 5,09 \cdot 10^6 \text{ Pa} \approx \underline{5,1 \text{ MPa}}$$

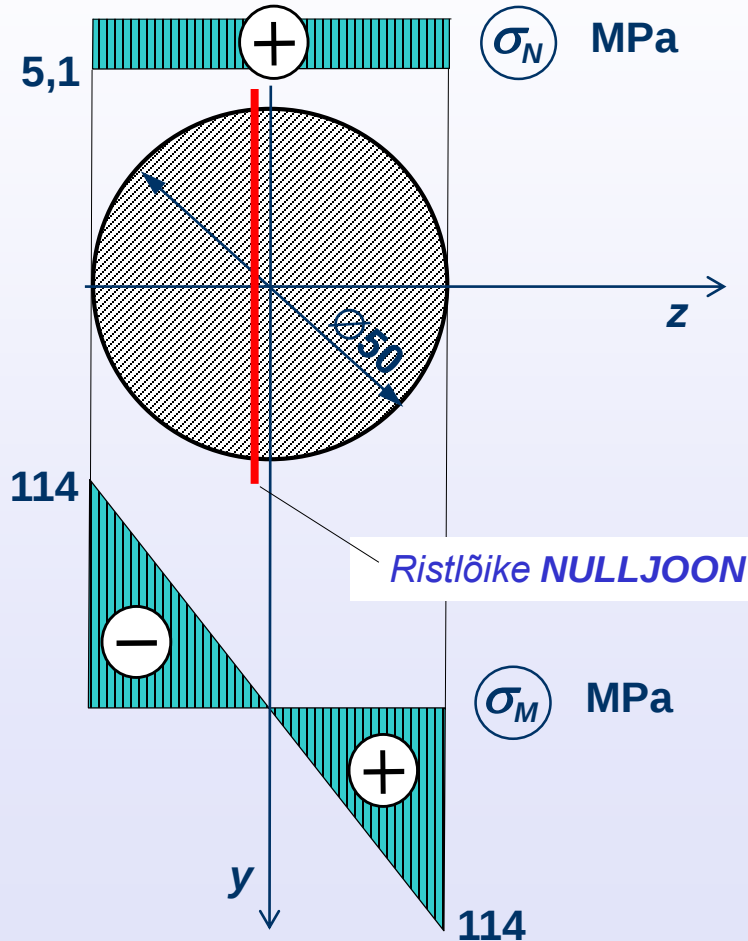
Ristlõike paindepinge laotus

$$\sigma_M = \frac{M}{I} z = \frac{64M}{\pi D^4} z = \frac{64 \cdot 1400}{\pi \cdot 0,05^4} z = 4563 \cdot 10^6 z \approx 4560 \cdot 10^6 z$$

Ristlõike suurim paindepinge

$$\sigma_M^{\max} = \frac{M}{W} = \frac{32M}{\pi D^3} = \frac{32 \cdot 1400}{\pi \cdot 0,05^3} = 114,0 \cdot 10^6 \text{ Pa} \approx \underline{114 \text{ MPa}}$$

3.2. Ümarvarda ristlõike pingete koosmõju ja nulljoon



Ristlõike kõikide punktide deformatsioonid on telje x sihilised ja liituvad/lahutuvad



Ristlõike kõikide punktide pinged on telje x sihilised (normaalpinged) ja liituvad/lahutuvad

Ristlõike punkti $(y;z)$ summaarne normaalpinge

$$\sigma = \sigma_N + \sigma_M = 5,1 \cdot 10^6 + 4560 \cdot 10^6 z$$

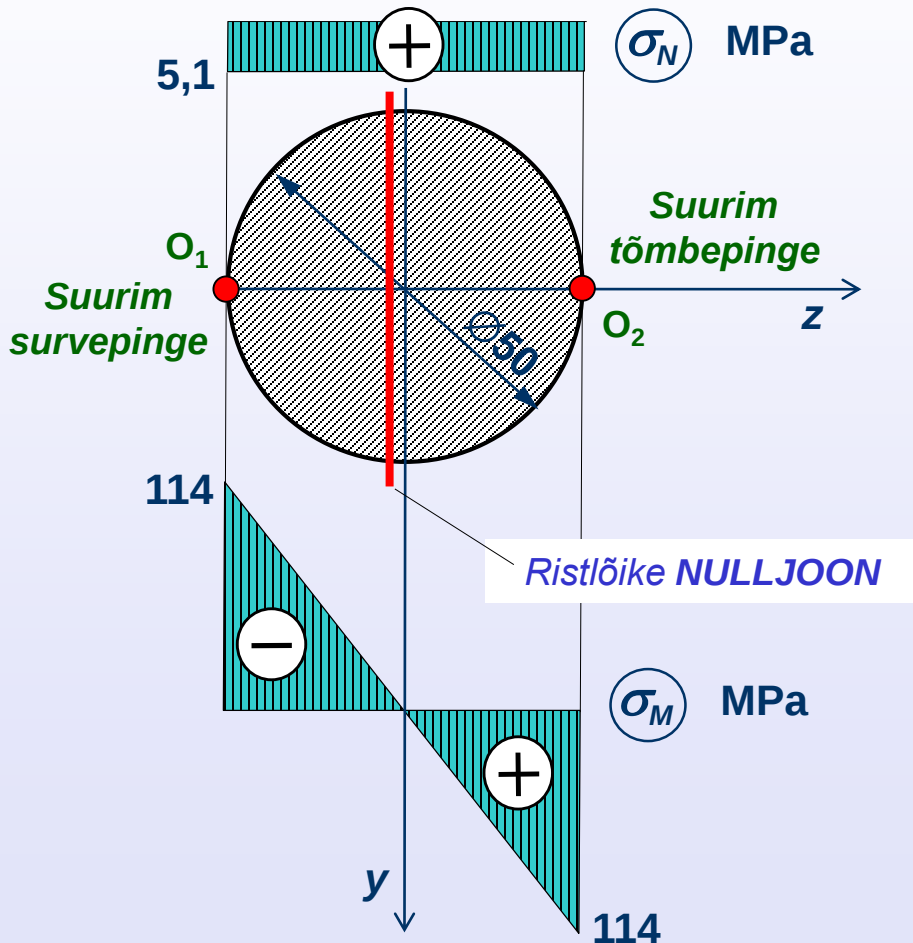
Nulljoone võrrand

$$\sigma = 4560 \cdot 10^6 z + 5,1 \cdot 10^6 = 0$$



$$z = -\frac{5,1 \cdot 10^6}{4560 \cdot 10^6} = -1,11 \cdot 10^{-3} \approx -1,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

3.3. Ümarvarda ristlõike suurimad pinged



$$\sigma = \sigma_N + \sigma_M$$

Ristlõike suurim survepinge

$$\sigma_{O1} = \sigma_{NO1} + \sigma_{MO1} = 5,1 - 114 = -108,9 \approx \underline{-109 \text{ MPa}}$$

Ristlõike suurim tõmbepinge

$$\sigma_{O2} = \sigma_{NO2} + \sigma_{MO2} = 5,1 + 114 = 119,1 \approx \underline{120 \text{ MPa}}$$

4. Ümarvada tugevusarvutus

4.1. Ümarvarda tugevusvarutegur

Ümarvarda ohtlikeim pinge

$$\sigma_{\max} = \max(|\sigma_{O1}|; \sigma_{O2}) = \max(|-109|; 120) = 120 \text{ MPa}$$

Ümarvarda vähim tugevusvarutegur

$$S = \frac{\sigma_y}{\sigma_{\max}} = \frac{355}{120} = 2,95 \approx \underline{\underline{2,9}} < [S] = 3$$

Ümarvarda Ø50 tugevus EI OLE piisav

