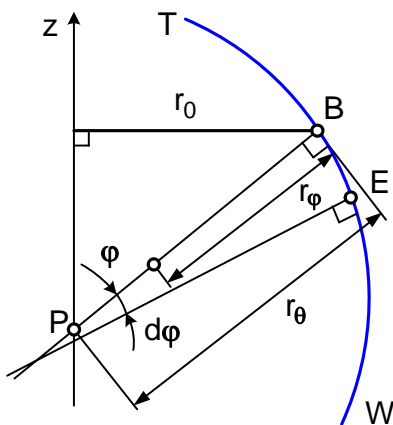
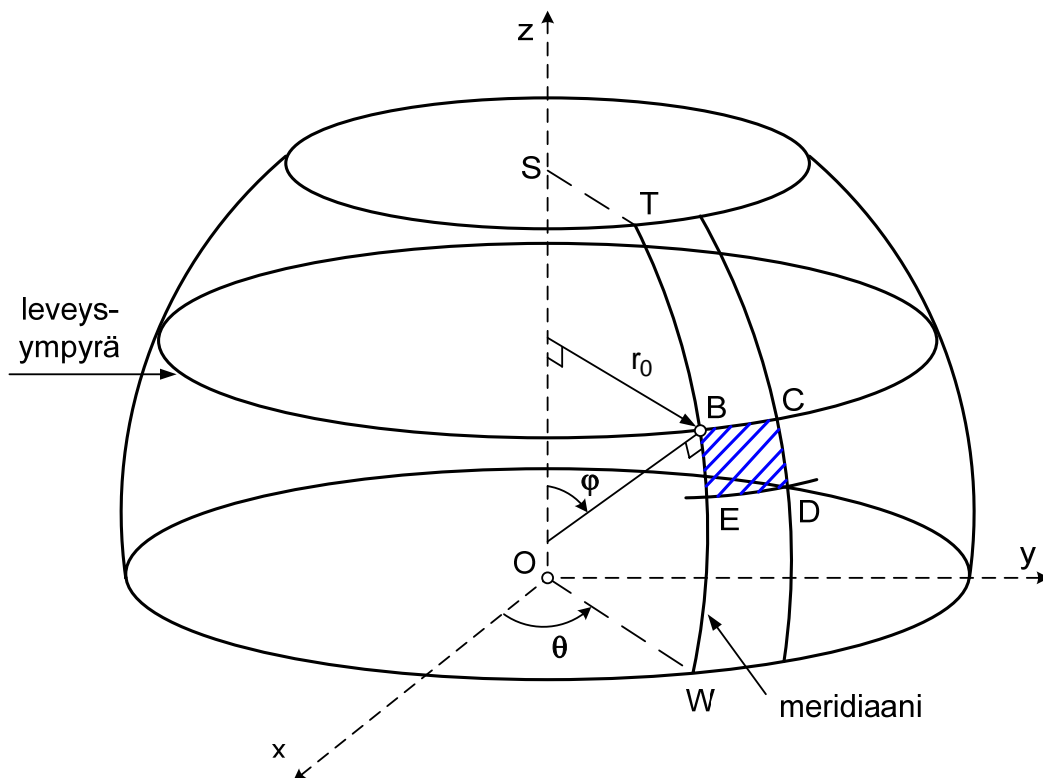


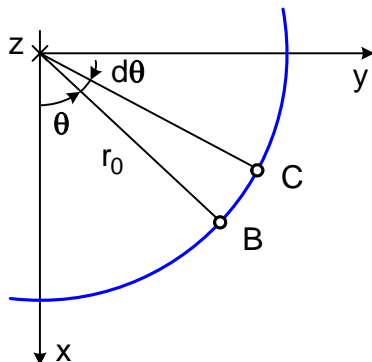
PYÖRÄHDYSKUORI



Pääkaarevuussäteet:

Meridiaanikäyrän kaarevuussäde r_φ

Meridiaanitasossa meridiaanin ja pyörähdysakselin väliin jäävä osa r_θ



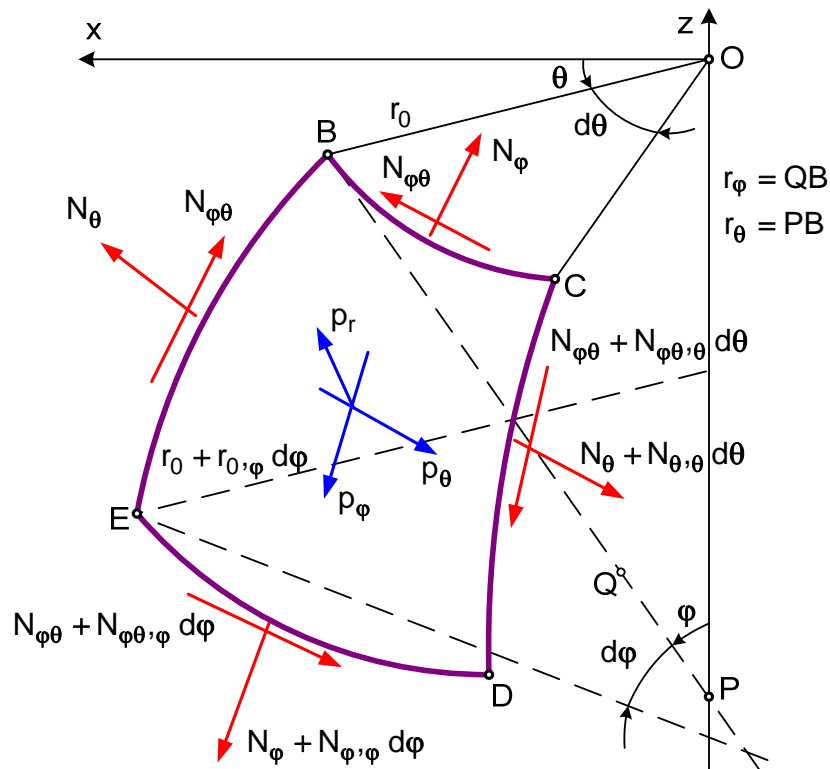
Leveysympyrän säteelle r_0 pätee $r_0 = r_\theta \sin \varphi$.

PYÖRÄHDYSKUOREN KALVOVOIMAT

Kalvovoimat ovat kuoren keskipinnan tangenttitason suuntaiset normaali- ja leikkausvoimatiheydet.

N_φ on **meridiaanivoima**, N_θ **kehävoima** ja $N_{\varphi\theta}$ **kalvoleikkausvoima**.

Pintakuormituksen komponentit ovat p_r , p_φ ja p_θ .



Kalvovoimien tasapainodifferentiaaliyhtälöt

$$\begin{aligned} (r_0 N_\varphi)_{,\varphi} + r_\varphi N_{\varphi\theta,\theta} - r_\varphi N_\theta \cos \varphi + r_0 r_\varphi p_\varphi &= 0 \\ (r_0 N_{\varphi\theta})_{,\varphi} + r_\varphi N_{\theta,\theta} + r_\varphi N_{\varphi\theta} \cos \varphi + r_0 r_\varphi p_\theta &= 0 \\ r_\varphi \sin \varphi N_\theta + r_0 N_\varphi - r_0 r_\varphi p_r &= 0 \end{aligned}$$

PYÖRÄHDYSSYMMETRINEN KUORMITUS JA TUENTA

Kalvovoimien tasapainodifferentiaaliyhtälöt

$$\begin{aligned}\frac{d}{d\varphi}(r_0 N_\varphi) - r_\varphi N_\theta \cos \varphi + r_0 r_\varphi p_\varphi &= 0 \\ r_\varphi \sin \varphi N_\theta + r_0 N_\varphi - r_0 r_\varphi p_r &= 0\end{aligned}$$

Kalvovoimien ratkaisu

$$\begin{aligned}N_\varphi &= \frac{1}{r_\theta \sin^2 \varphi} \left[\int r_\theta r_\varphi (p_r \cos \varphi - p_\varphi \sin \varphi) \sin \varphi d\varphi + C \right] \\ \frac{N_\theta}{r_\theta} + \frac{N_\varphi}{r_\varphi} &= p_r\end{aligned}$$

C on integroimisvakio, joka määräytyy tuennasta.

Kuoren huippu on umpinainen

$$N_\varphi = \frac{1}{r_\theta \sin^2 \varphi} \left[\int_0^\varphi r_\theta r_\varphi (p_r \cos \varphi - p_\varphi \sin \varphi) \sin \varphi d\varphi \right]$$

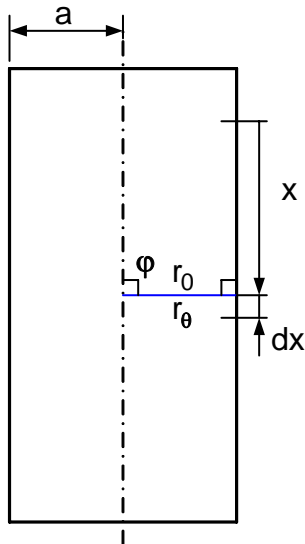
SYLINTERIKUORI

$$r_\varphi = \infty$$

$$r_\theta = a$$

$$r_0 = a$$

$$\varphi = \pi/2$$



Tasapainoyhtälöt

$$aN_{x,x} + N_{x\theta,\theta} + ap_x = 0$$

$$aN_{x\theta,x} + N_{\theta,\theta} + ap_\theta = 0$$

$$N_\theta - ap_r = 0$$

Rotaatiosymmetrinen kuormitus ja tuenta

Tasapainoyhtälöt

$$N_{x,x} + p_x = 0 \quad N_\theta - ap_r = 0$$

Ratkaisu (C reunaehdosta)

$$N_x = -\int p_x dx + C \quad N_\theta = ap_r$$

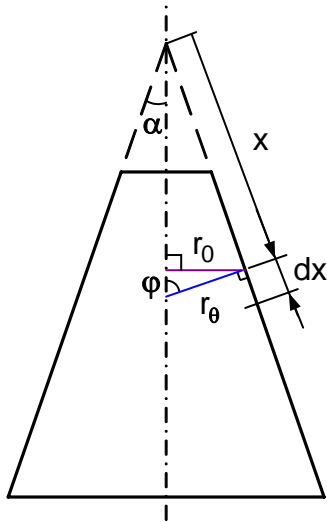
KARTIOKUORI

$$r_\varphi = \infty$$

$$\varphi = \pi/2 - \alpha$$

$$r_0 = x \sin \alpha$$

$$r_\theta = x \tan \alpha$$



x mitataan kartion huipusta

Tasapainoyhtälöt

$$\begin{aligned} (xN_x)_{,x} + \frac{1}{\sin \alpha} N_{x\theta,\theta} - N_\theta + xp_x &= 0 \\ N_\theta - x \tan \alpha p_r &= 0 \\ (xN_{x\theta})_{,x} + \frac{1}{\sin \alpha} N_{\theta,\theta} + N_{x\theta} + xp_\theta &= 0 \end{aligned}$$

Rotaatiosymmetrinen kuormitus ja tuenta

Tasapainoyhtälöt

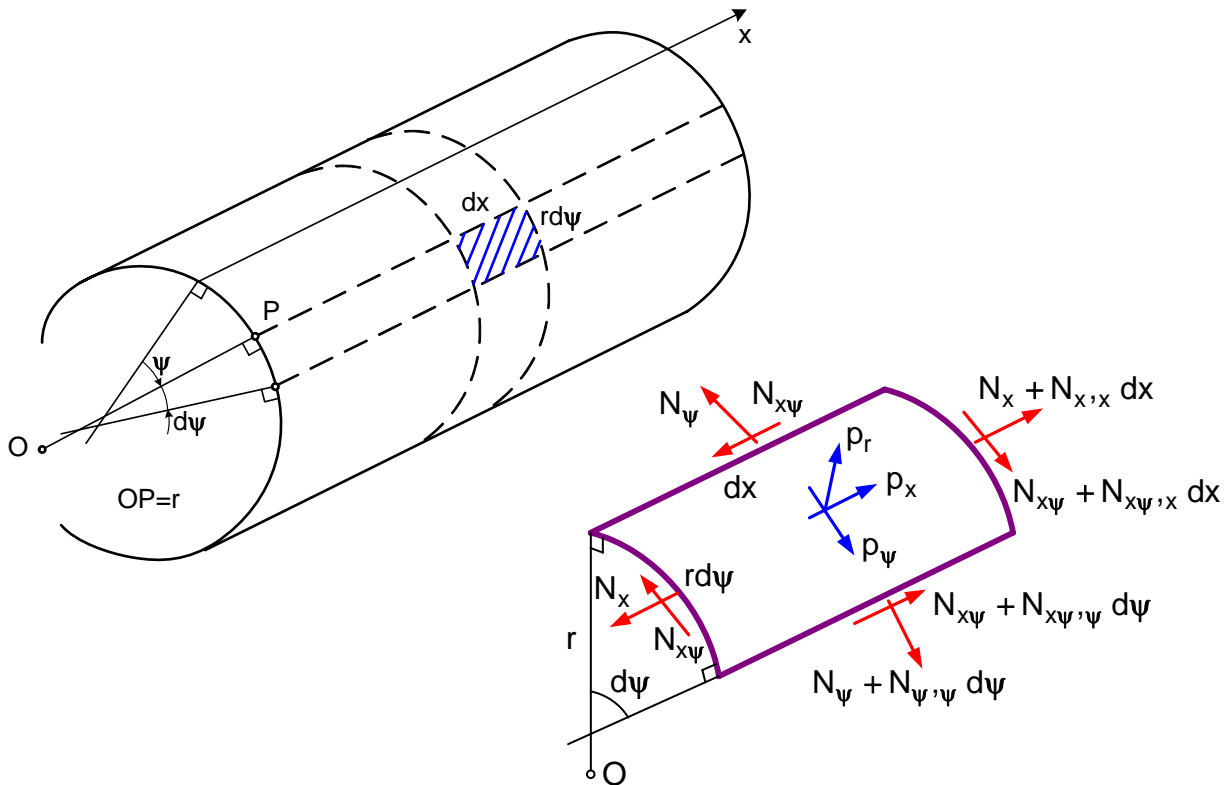
$$\begin{aligned} (xN_x)_{,x} - N_\theta + xp_x &= 0 \\ N_\theta - x \tan \alpha p_r &= 0 \end{aligned}$$

Ratkaisu (C reunaehdosta)

$$\begin{aligned} N_\theta &= x \tan \alpha p_r \\ N_x &= \frac{1}{x} \left[\int (N_\theta - xp_x) dx + C \right] \end{aligned}$$

YLEINEN SYLINTERIKUORI

Keskipinta on **yleinen sylinteripinta** eli translaatiossa olevan suoran ura.



Pääkaarevuussäteet ovat muodostajasuoran kautta kulkevassa kuoren normaalitasossa ja tätä vastaan kohtisuorassa kuoren poikkileikkaustasossa. Edellistä vastaava pääkaarevuussäde on ääretön ja jälkimmäistä vastaava poikkileikkauskäyrän kaarevuussäde.

Tasapainoyhtälöt

$$N_{x,x} + \frac{1}{r} N_{x\psi,\psi} + p_x = 0 \quad N_{x\psi,x} + \frac{1}{r} N_{\psi,\psi} + p_\psi = 0 \quad N_\psi - r p_r = 0$$

Ratkaisu

$$N_\psi - r p_r = 0 \quad N_{x\psi} = - \int \left(p_\psi + \frac{1}{r} N_{\psi,\psi} \right) dx + f_1(\psi)$$

$$N_x = - \int \left(p_x + \frac{1}{r} N_{x\psi,\psi} \right) dx + f_2(\psi)$$

$f_1(\psi)$ ja $f_2(\psi)$ ovat reunaehdoista saatavia funktioita.