

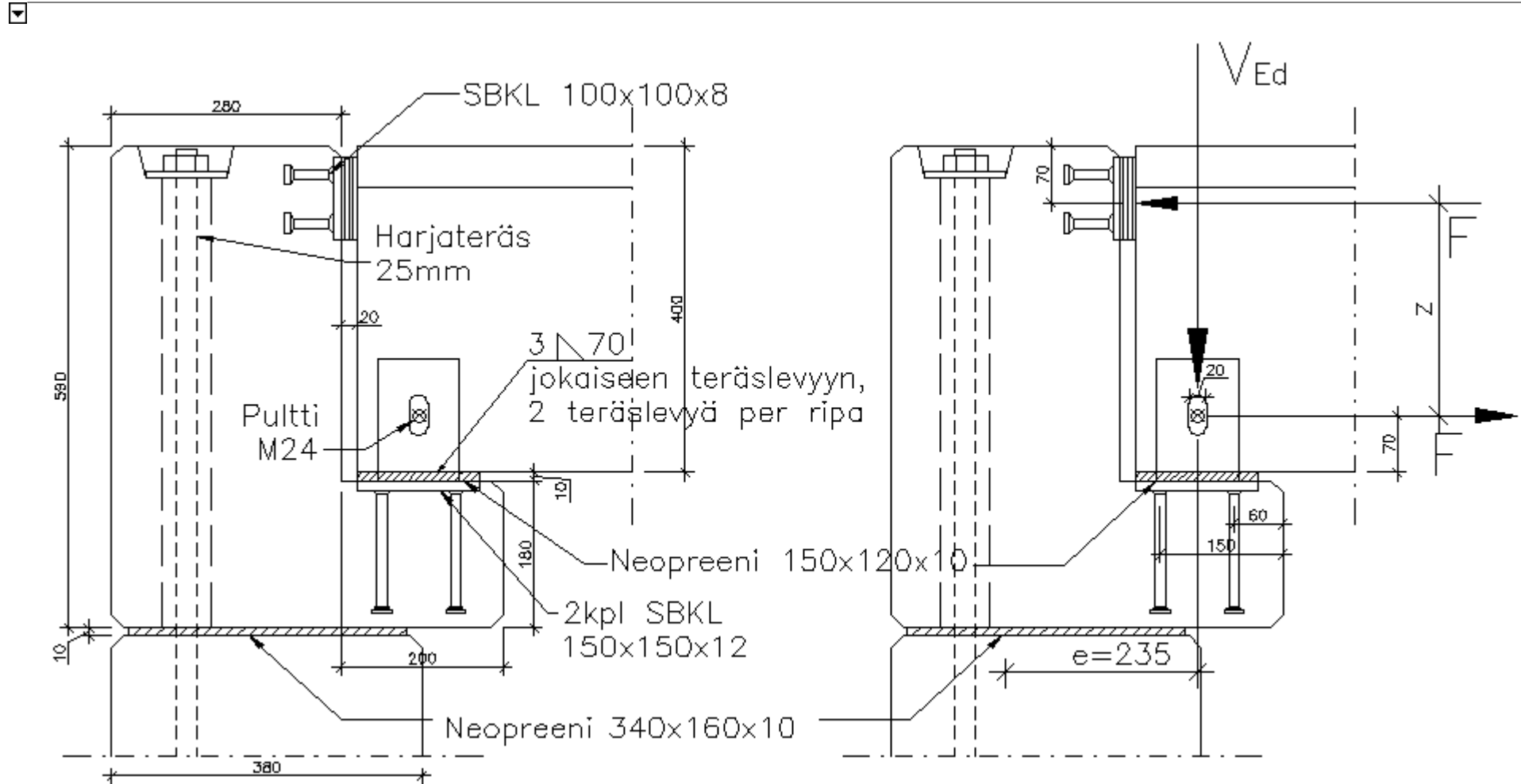
Liitoksen DTT323 laskentaesimerkki

Esimerkissä käsitellään tyypillisten elementtien mittojen mukaista liitosta.

Murtorajatilan mitoitustarkastelut koskevat

- 1) TT-laatasta palkille aiheutuvan vääntömomentin tasapainotarkastelua, onnettomuusrajatilan mitoitustarkastelut koskevat
- 2) TT-laatan putoamisriskiä palkin leualta
- 3) leukapalkin putoamisriskiä pilarilta sekä käyttörajatilan mitoitustarkastelut koskevat neopreenilaakereita
- 4) TT-laatan ja leukapalkin välissä ja
- 5) leukapalkin ja pilarin välissä.

Liitos ja mitat



$$b := \frac{3000\text{mm}}{2} = 1.5\text{ m}$$

$$L := 10\text{ m}$$

$$e := 235\text{ mm}$$

laattakaistan leveys TT-laatan yhtä ripaa kohden

laatan jänneväli

vääntömomentin varreksi oletetaan pystytukireaktion epäkeskisyyden palkkipoikkileikkauksen suorakaideosuuden keskeltä

Kuormat ja kuormien vaikutukset

$g_{TT400} := 220 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot g = 2.2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	400mm korkean TT-laatan paino
$g_{kate} := 0.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	muiden kattovarusteiden paino
$s_k := 2 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	katon kaltevuuden mukainen lumikuorma
$A_{Ip} := 200680 \text{mm}^2$	leukapalkin poikkileikkausala
$L_{Ip} := 6 \text{m}$	leukapalkin jänneväli
$N_{Ip} := A_{Ip} \cdot L_{Ip} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 30.1 \cdot \text{kN}$	tukireaktio pilarille leukapalkeilta
$N_{Ek} := (g_{TT400} + g_{kate} + s_k) \cdot L_{Ip} \cdot \frac{L}{2} + N_{Ip} = 171.1 \cdot \text{kN}$	kokonaistukireaktio pilarille
Murtorajatila	
Kuormayhdistelyt tehdään EC:n mukaisesti.	
$p_{d1} := 1.15 \cdot (g_{TT400} + g_{kate}) + 1.5 \cdot s_k = 6.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	kuormitusyhdistelyt kun on oletettu seuraamusluokka 2
$p_{d2} := 1.35 \cdot (g_{TT400} + g_{kate}) = 3.6 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	
$p_d := \max(p_{d1}, p_{d2}) = 6.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	TT-laatan mitoituskuorma murtorajatilassa
$V_{Ed} := \frac{p_d \cdot b \cdot L}{2} = 45.8 \cdot \text{kN}$	TT-laatan tukireaktion mitoitusarvo yhtä ripaa kohden
$T_{Ed} := e \cdot V_{Ed} = 10.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$	pilarin tukireaktion mitoitusarvo onnettomuusrajatilassa vääntömomentin mitoitusarvo
Onnettomuusrajatila	
Kuormayhdistelyt tehdään EC:n mukaisesti.	
$p_{d,acc} := (g_{TT400} + g_{kate}) + s_k = 4.7 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	TT-laatan mitoituskuorma onnettomuusrajatilassa
$V_{Ed,acc} := \frac{p_{d,acc} \cdot b \cdot L}{2} = 35.3 \cdot \text{kN}$	TT-laatan tukireaktion mitoitusarvo yhtä ripaa kohden
$N_{Ed,acc} := (g_{TT400} + g_{kate} + s_k) \cdot L_{Ip} \cdot \frac{L}{2} + N_{Ip} = 171.1 \cdot \text{kN}$	onnettomuusrajatilan mitoitettava kokonaistukireaktio pilarille

Materiaalit ja lujuudet

Oletetaan betonit lujuusluokkaan C40/50.	
$f_{ck} := 40 \text{MPa}$	betonin lieriölujuus
$f_{ck,cube} := 50 \text{MPa}$	betonin kuutiolujuus
Käytetään vaamatappina harjaterästä A500HW	
$f_{ysk} := 500 \text{MPa}$	harjateräksen myötölujuuden ominaisarvo
Käytetään vaamatappina lujuusluokan 8.8 pulttia	
$f_{ybk} := 640 \text{MPa}$	pultin myötölujuuden ominaisarvo
$f_{ubk} := 800 \text{MPa}$	pultin murtolujuuden ominaisarvo
Käytetään teräsosaliitoksissa teräslajia S355 olevia osia	
$f_{yak} := 355 \text{MPa}$	rakenneteräksen myötölujuuden ominaisarvo
$f_{uak} := 510 \text{MPa}$	rakenneteräksen murtolujuuden ominaisarvo

Murtorajatila

Käytetään EC:n ja Suomen NA:n mukaisia murtorajatilan materiaaliosavarmuuskertoimia

$$\gamma_c := 1.5$$

betonin osavarmuuskerroin murtorajatilassa

$$\alpha_{cc} := 0.85$$

puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta riippuvat epäedulliset tekijät huomioon ottava kerroin

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 22.7 \cdot \text{MPa}$$

elementin mitoituspuristuslujuus

**Onnettomuusrajatila**

$$\gamma_{c,acc} := 1.2$$

betonin osavarmuuskerroin onnettomuusrajatilassa

$$\gamma_{s,acc} := 1$$

**Liitoksen mitoitus****Vääntömomentin hallinta palkin ja laattojen välisillä liitoksilla**

$$z := 400 \text{mm} - 70 \text{mm} - 65 \text{mm} = 265 \cdot \text{mm}$$

voimaparin momenttivarsi laatan korkeuden ja kiinnittimien sijaintien perusteella

$$F := \frac{T_{Ed}}{z} = 40.6 \cdot \text{kN}$$

kiinnittimissä vaikuttava voima

Rivan kiinnityslevy

$$V_{Rd, sbkl} := 22.6 \text{kN}$$

kiinnityslevyn SBKL 150x150x12 leikkauskapasiteetti peikon ohjeesta

$$\frac{F}{2V_{Rd, sbkl}} = 89.8 \cdot \%$$

$$h := 70 \text{mm}$$

pulttikiinnityksen etäisyys teräslevyn hitsiliitoksesta leukapalkin kiinnityslevyyn

$$M_{Ed, tl} := h \cdot F = 2.8 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

vaakavoiman aiheuttama momentti hitsiliitoksen tyvessä yhtä teräslevyä kohden

$$M_{Rd, sbkl} := 2.57 \text{kN} \cdot \text{m}$$

kiinnityslevyn SBKL 150x150x12 momenttikapasiteetti peikon ohjeesta

$$\frac{M_{Ed, tl}}{2M_{Rd, sbkl}} = 55.3 \cdot \%$$



Kiinnityslevyn ankkurointi leukapalkin leukaan



Kiinnityslevy raudoitetaan palkin sisälle siten, ettei lohkeamisesta aiheutuvaa murtumista pääse tapahtumaan.



Kiinnityslevyihin hitsattavat teräslevyt ja pultit

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

$$d := 24\text{mm}$$

$$A_s := 0.78 \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 353 \cdot \text{mm}^2$$

$$\alpha_v := 0.6$$

$$F_{v,Rd} := \frac{\alpha_v \cdot f_{ubk} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 135.5 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{F}{F_{v,Rd}} = 30.0\%$$

teräsosien liitosten materiaaliosavarmuus EC3 mukaan
käytetään pulttia M24

lujuusluokan 8.8 pultti

pultin leikkauskapasiteetti

$$t_{tl} := 8\text{mm} \quad b_{tl} := 100\text{mm}$$

$$F_{b,Rd} := 1.5 \cdot \frac{f_{uak} \cdot d \cdot t_{tl}}{\gamma_{M2}} = 117.5 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{F}{F_{b,Rd}} = 34.6\%$$

liitosvoimaa välittävän teräslevyn paksuus ja leveys

pultin ja levyn välinen reunapuristuskestävyys

$$d_0 := d + 2\text{mm}$$

$$A_{nv} := (b_{tl} - d_0) \cdot t_{tl} = 592 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_{M0} := 1$$

$$V_{Rd,tl} := \frac{f_{yak} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0} \cdot \sqrt{3}} = 121.3 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{F}{V_{Rd,tl}} = 33.5\%$$

teräslevyn pulttireiän leveys

teräslevyn pienin leikkauspinta-ala

teräslevyn leikkausmurtuminen

$$\beta_w := 0.9$$

$$a := 4\text{mm}$$

$$I_w := 90\text{mm}$$

$$F_M := \frac{\frac{1}{2} M_{Ed,tl}}{I_w \cdot \left(1 - \frac{2}{6}\right)} = 23.7 \cdot \text{kN}$$

$$F_{w,Rd} := \frac{f_{uak} \cdot a}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{I_w}{2} = 47.1 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{F_M}{F_{w,Rd}} = 50.3\%$$

lujuusluokan S355 teräsosat

hitsin a-mitta ja pituus

kussakin teräslevyssä momenttia vastaavan oletetun jännitysjakautuman mukaiset resultanttivoimat puristus- ja vetopuolella sijaitsevat komannespisteissä jakautuman maksimiarvoista

hitsin pituuden puolikkaan kestävyys

hitsin kestävyden enimmäiskäyttöaste veto- tai puristusvoiman suhteen

$$F_{w,Rd} := \frac{f_{uak} \cdot a}{\gamma_{M2} \cdot \beta_w \cdot \sqrt{3}} \cdot I_w = 94.2 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{F}{F_{w,Rd}} = 43.1\%$$

hitsin kestävyden käyttöaste leikkausvoiman suhteen

Teräslevyjen riittävät hitsit kiinnityslevyihin

$$a = 4 \cdot \text{mm}$$

$$I_w = 90 \cdot \text{mm}$$



Yläreunan kiinnityslevy

Tarkoituksena on välittää puristus betonille kiinnityslevyyn hitsattavien kiilojen avulla. Tarkistetaan betonin puristuskestävyys vääntömomentista aiheutuvan voiman suhteen.

$$A_{\text{sbkl.100.100}} := 100 \cdot 100 \text{ mm}^2$$

kiinnityslevyn SBKL 100x100x8 pinta-ala

$$\sigma_F := \frac{F}{A_{\text{sbkl.100.100}}} = 4.1 \text{ MPa}$$

betoniin välittyvästä voimasta aiheutuva puristusjännitys

$$\frac{\sigma_F}{f_{cd}} = 17.9\%$$

paikallinen puristuskestävyys on riittävä



Onnettomuusrajatila: TT-laatan putoaminen leukapalkilta ja jatkuvan sortumisen estäminen



Laattaelementti on tuettu leukapalkkien väliin, joten putoaminen voidaan katsoa rakenteellisesti estetyksi. Jos kuitenkin jostain syystä toisen pään liitos mahdollistaisi putoamisen leukapalkilta, voidaan putoamisen estäminen varmistaa seuraavasti.

$$k := 0.2$$

tukipintojen kitkavoimien suurin oletettu erotus, kun liitoksessa on kuminen taseuslevy

$$F_{d,acc} := \min\left(\max\left(k \cdot V_{Ed,acc}, 30 \text{ kN}, 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot b\right), 150 \text{ kN}\right) = 30 \text{ kN}$$

laatan putoamisen ja jatkuvan sortuman estämiseksi tarvittava laatan suuntainen liitoksen mitoitusvoima

70kN vähimmäisarvo koskee vain keskitettyjä yli 3,5m sidevälein olevia saumateräksiä (betoninormikortti 23 s. 27)

$$\frac{F_{d,acc}}{F} = 73.9\%$$

aiemmin laskettu kestävyys on riittävä



Onnettomuusrajatila: leukapalkin putoaminen pilarilta ja jatkuvan sortumisen estäminen



$$k := 0.2$$

tukipintojen kitkavoimien suurin oletettu erotus, kun liitoksessa on kuminen taseuslevy

$$F_{d,acc} := \min\left(\max\left(70 \text{ kN}, 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{L}{2}, k \cdot N_{Ed,acc}, 30 \text{ kN}\right), 150 \text{ kN}\right) = 100 \text{ kN}$$

liitoksen putoamisen estävä laatan suuntainen voima

$$\phi := 32 \text{ mm}$$

terästapin halkaisija

$$V_{Rd} := \frac{1.2 \cdot \phi^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot f_{ysk}}}{\gamma_{c,acc}} = 144.8 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{d,acc}}{V_{Rd}} = 69.1\%$$

terästapin vaarnakestävyys putoamisriskin aiheuttavan voiman suhteen



TT-laatan rivan neopreenilaakeri

$a_0 := 150\text{mm}$ $b_0 := 120\text{mm}$ $t := 10\text{mm}$ $S := \frac{a_0 \cdot b_0}{2 \cdot t \cdot (a_0 + b_0)} = 3.3$ $G(h) := 0.07 \cdot 1.045^h$ $h := 60$ $G := G(h) \text{ MPa} = 1 \cdot \text{MPa}$ $A := a_0 \cdot b_0 = 1.8 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$ $\frac{a_0}{t} = 15 \quad \frac{a_0}{t} > 5 \wedge \frac{a_0}{t} < 20 = 1$ $\frac{b_0}{a_0} = 0.8 \quad C_p := 4.505 \quad C_\alpha := 0.468$ $k_{\text{slip}} := 1.9$ $G_r := G \cdot \left(\frac{S}{4.7}\right)^{0.3} = 0.9 \cdot \text{MPa}$ $\Delta_{c,\text{lim}} := 3\text{mm}$ $\alpha := 0.01$ $P_{k1} := \frac{2 \cdot G \cdot A \cdot S}{1 + 0.017 \cdot \alpha \cdot \frac{a_0}{t}} = 117.5 \cdot \text{kN}$ $P_{k2} := \frac{G \cdot A}{C_p} \cdot \frac{a_0}{t} \cdot \left[2.5 - 0.5 \cdot \alpha \cdot C_\alpha \cdot \left(\frac{a_0}{t}\right)^2\right] = 116.1 \cdot \text{kN}$ $P_{k3} := \frac{8 \cdot \Delta_{c,\text{lim}} \cdot G_r \cdot A \cdot S}{(t - 2 \cdot \Delta_{c,\text{lim}}) \cdot k_{\text{slip}}} = 167.8 \cdot \text{kN}$ $P_k := \min(P_{k1}, P_{k2}, P_{k3}) = 116.1 \cdot \text{kN}$ $\frac{V_{\text{Ed}}}{P_k} = 39.4\%$	<p>neopreenin mitta palkin jänteen suunnassa</p> <p>mitta kohtisuorassa suunnassa, sama kuin rivan leveys</p> <p>kumilevyn paksuus</p> <p>kumilevyn muotoluku</p> <p>laskentakaava liukuluville kovuuden funktiona</p> <p>kumin oletettu kovuus [ShoreA]</p> <p>liukuluku</p> <p>laakerin pinta-ala</p> <p>tarkistetaan kuormitettavuuden laskentamenetelmään kelvolliset mittasuhterajat</p> <p>vakiot taulukosta mittasuhteen mukaan</p> <p>kitkan vaikutuksen huomioon ottava kertoimen suositusarvo</p> <p>yleisesti suositeltu arvo</p> <p>oletetaan että ripa kiertyy 0,01 rad</p> <p>painumaehdon huomioon ottava kuormitettavuus</p> <p>leikkausjännitysrajan huomioon ottava kuormitettavuus</p> <p>todennäköisen maksimipainuman huomioon ottava kuormitettavuus</p> <p>kumilevyn kuormitettavuus</p> <p>käyttöaste, mitoitus tapahtuu ominaisarvoilla</p>
---	--

Leukapalkin ja pilarin välinen neopreenilaakeri

<p> $a_0 := 340\text{mm}$ $b_0 := 200\text{mm}$ $a_{02} := 160\text{mm}$ $t := 10\text{mm}$ $S := \frac{a_{02} \cdot b_0}{2 \cdot t \cdot (a_{02} + b_0)} = 4.4$ $G(h) := 0.07 \cdot 1.045^h$ $h := 60$ $G := G(h) \text{ MPa} = 1 \cdot \text{MPa}$ $A := a_{02} \cdot b_0 = 3.2 \times 10^4 \cdot \text{mm}^2$ $\frac{a_{02}}{t} = 16 \quad \frac{a_{02}}{t} > 5 \wedge \frac{a_{02}}{t} < 20 = 1$ $\frac{b_0}{a_{02}} = 1.3 \quad C_p := 4.73 \quad C_\alpha := 0.464$ $k_{\text{slip}} := 1.9$ $G_r := G \cdot \left(\frac{S}{4.7}\right)^{0.3} = 1 \cdot \text{MPa}$ $\Delta_{c,\text{lim}} := 3\text{mm}$ $\alpha := 0.005$ $P_{k1} := \frac{2 \cdot G \cdot A \cdot S}{1 + 1.7 \cdot \alpha \cdot \frac{a_{02}}{t}} = 245.9 \cdot \text{kN}$ $P_{k2} := \frac{G \cdot A}{C_p} \cdot \frac{a_{02}}{t} \cdot \left[2.5 - 0.5 \cdot \alpha \cdot C_\alpha \cdot \left(\frac{a_{02}}{t}\right)^2\right] = 234.2 \cdot \text{kN}$ $P_{k3} := \frac{8 \cdot \Delta_{c,\text{lim}} \cdot G_r \cdot A \cdot S}{(t - 2 \cdot \Delta_{c,\text{lim}}) \cdot k_{\text{slip}}} = 433.7 \cdot \text{kN}$ $P_k := \min(P_{k1}, P_{k2}, P_{k3}) = 234.2 \cdot \text{kN}$ $\frac{N_{\text{Ek}}}{P_k} = 73.1 \cdot \%$ </p>	<p> kumilevyn mitta palkin jänteen suunnassa mitta kohtisuorassa suunnassa kuormitettavuuden arvioinnissa käytettävä sivumitan osuus kumilevyn paksuus kumilevyn muotoluku laskentakaava liukuluvulle kovuuden funktiona kumin oletettu kovuus [ShoreA] liukuluku laakerin pinta-ala tarkistetaan kuormitettavuuden laskentamenetelmään kelvolliset mittasuhterajat vakiot taulukosta mittasuhteen mukaan kitkan vaikutuksen huomioon ottava kertoimen suositusarvo yleisesti suositeltu arvo oletetaan että palkki kiertyy 0,005 rad painumaehdon huomioon ottava kuormitettavuus leikkausjännitysrajan huomioon ottava kuormitettavuus todennäköisen maksimipainuman huomioon ottava kuormitettavuus kumilevyn kuormitettavuus käyttöaste, mitoitus tapahtuu ominaisarvoilla </p>
---	---

Tukipintojen lohkeamisen kannalta on suositeltavaa valita laakeri osoitettuja mittoja suuremmaksi.