

Janne Iho

263061 / janne.iho@student.tut.fi

Jenni Myllymäki

Student number 178894 / jenni.myylmaki@destia.fi

Tampere University of Technology

Department of Civil Engineering

RAK-33200 Betonirakenteet

Year 2017

Exercise HT1:

Office building

Given to: Pekka Rauhala

Date

Sisälllys

1. Työnjako harjoitustyössä

2. Piirustusluettelo

3. Laskelmat

3.1. Pilarit

- 3.1.1. Keskipilarin mitoitus
- 3.1.2. Reunapilarin mitoitus
- 3.1.3. Peruspulttien mitoitus

3.2. Leukapalkkien mitoitus

- 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle
- 3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma
- 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle
- 3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

3.3. Pilariantura

- 3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$
- 3.3.2. Pilarianturan halkeamaleveys
- Huom. M_{max} tarkastettiin, ei ollut määräävä

3.4. Seinäelementit

- 3.4.1. Nauhaelementin mitoitus
- 3.4.2. Sokkelielementin mitoitus

3.5. Porrashuone

- 3.5.1. Porrashuonejäykistys
- 3.5.2. Seinäanturan mitoitus
- 3.5.3. Seinäanturan halkeamaleveys
- 3.5.4. Lepotasoelementin mitoitus
- 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma

3.6. Ontelolaatasto

- 3.6.1. Ontelolaataston mitoitus

1. Työnjako harjoitustyössä

Harjoitustyö toteutettiin yhteistyössä samaa esitysasua käyttäen. Työnjako oli karkeasti seuraava:

Janne Iho

- Kuormien laskenta, kuormitustapaukset
- Rakennelaskelmat, palkit, pilarit, porrashuonejäykistys
- Piirustukset ja viimeistely

Jenni Myllymäki:

- Kuormien laskenta
- Rakennelaskelmat, ontelolaatasto, anturat, seinäelementti, sokkelielementti
- Piirustukset

2. Piirustusluettelo

3. Laskelmat

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Pilarin mitat

B) Materiaalien ominaisuudet

Betoni

Raudoitus

Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkausarvoja

C) Pilarin kuormat

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti

Minimimomentti

Toisen kertaluvun mitoitusmomentti

Rajahoikkuuden ehto

Korjauskertoimet normaalivoimalle (K_r) ja virumalle (K_ϕ)

Kaarevuus

Taipuman aiheuttama epäkeskeisyys

Mitoitusrasitukset

D) KT1: Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

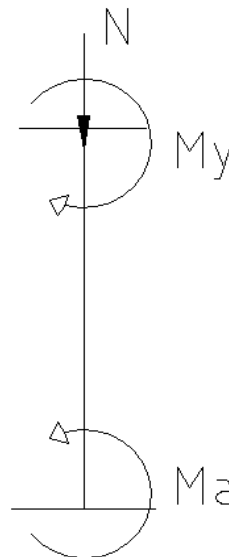
Mitoitusrasitukset

Raudoitus

E) KT2: Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

Mitoitusrasitukset

Raudoitus



Mitoitetaan teräsbetoninen suorakaidepilari nurjahdukselle nimellisen kaarevuuden menetelmällä. Mitoitus EC2:n mukaan. Nurjahduskestävyys on tarkastettava pilarin molemmissa suunnissa, mikäli poikkileikkaus ei ole neliö tai pilarin tuenta-aste muuttuu eri suunnissa.

Laskennan suoritti:	3.1.1. Keskipilarin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Pilarin mitat

$h =$	380 mm	Pilarin poikkileikkauksen pituus heikommassa suunnassa y
$b =$	380 mm	Pilarin poikkileikkauksen leveys, suunta z
$L =$	4000 mm	Pilarin korkeus
$u =$	1520 mm	Pilarin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_o =$	190 mm	
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	2,6	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_o = 28$ vrk

Pilarin yläpää liittyy nivelellisesti rakenteeseen ja on tuettu sekä y- että z-suunnassa.

Alapää liittyy nivelellisesti pilarianturaan, joka pääsee kiertymään jousien päällä.

Nurjahduspituuden laskennassa on turvallista olettaa alapää nivelöidyksi.

$Nurj =$	0,65	Nurjahduspituuskerroin rakennemallin mukaan.
$L_o =$	2600 mm	Pilarin nurjahduspituus

B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:	2	Yläpään vaakasiirtymä estetty mitoitussuunnassa: Kyllä
Betonin lujuusluokka:	C30/37	Huomioi vapausaste myös nurjahduspituudessa!

Betoni

$f_{ck} =$	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{yd} =$	0,00217	Raudoituksen myötövenymä

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkausarvoja

Mitoitettava rakenne kuivissa sisätiloissa sijaitseva kantava rakenne.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	C _{min,dur}	Betoni
Pilari	XC1	10	C30/37

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 16 \text{ mm}$ Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$ Rasitusluokan asettama raudoituksen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 16 \text{ mm}$ Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ Raudoituksen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 30 \text{ mm}$ Raudoituksen nimellinen (pyöristetty) betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$\varphi_{haka} = 6 \text{ mm}$ Hakojen halkaisija

$\varphi_{s1} = 16 \text{ mm}$ Pääterästen (t1) halkaisija

$n_{s1} = 4 \text{ kpl}$ Pääterästen (t1) määrä, vähintään joka nurkassa

$\varphi_{s2} = 0 \text{ mm}$ Pääterästen (t2) halkaisija

$n_{s2} = 0 \text{ kpl}$ Pääterästen (t2) määrä, vähintään joka nurkassa

$A_s = 804 \text{ mm}^2$ Teräsmäärä poikkileikkauksessa

$A_c = 144400 \text{ mm}^2$ Raudoituksen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$$\omega = A_s * f_{yd} / (A_c * F_{cd})$$

$\omega = 0,142$ Mekaaninen raudoitusaste

$$d' = c_{nom} + 1,1 * \varphi_{haka} + 1,1 * \varphi_{s,min} / 2$$

$d'_y = 45,4 \text{ mm}$ Pienimmän pääraudoituksen keskiöetäisyys suunnassa Y

$d_y = 335 \text{ mm}$ Tehollinen korkeus Y-suunnassa

$d'_z = 45,4 \text{ mm}$ Pienimmän pääraudoituksen keskiöetäisyys suunnassa Z

$d_z = 335 \text{ mm}$ Tehollinen korkeus Z-suunnassa

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

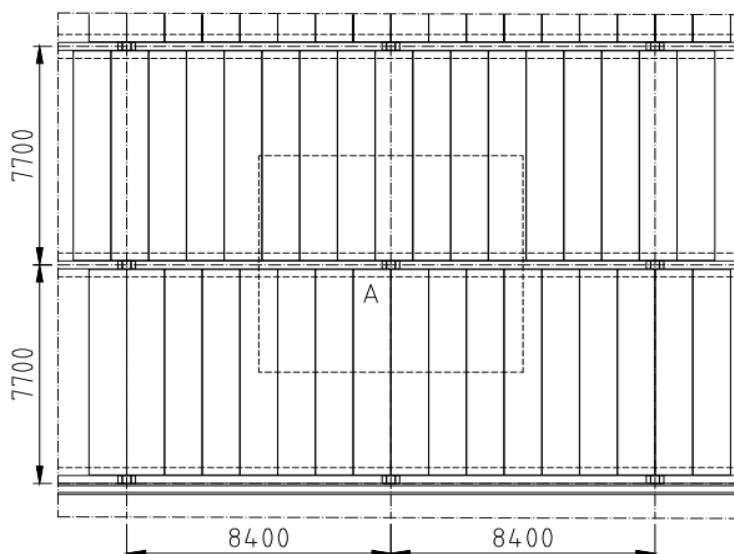
C) Pilarin kuormat

Pystykuormat pilarille X talon keskellä

Määritetään pystykuormien neliökuormat.

Lasketaan kuormituspinta-alan avulla tukivoima pilarille

$KK1 =$	7,70 m	Pilarijako talon poikkisuunnassa
$KKA =$	8,40 m	Pilarijako talon pituussuunnassa
$A =$	64,7 m ²	Pilarin kuormitusala moduuliverkossa



Vesikatto

$g_{k,katto} =$	2,0 kN/m ²	Vesikatteen, eristeiden, puuristikoiden ym. rakenteiden omapaino
$\mu_i =$	0,8	Lumikuorman korjauskerroin katolla, katto viettää sisään päin 2 asteen kulmassa.
$q_{klumi} =$	1,6 kN/m ²	Lumikuorma katolla
$G_{k,katto} =$	129,4 kN	Omapaino pilarille
$Q_{k,lumi} =$	103,5 kN	Lumikuorma pilarille

Yläpohja 3, ontelolaatta

$h_{yp} =$	200 mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1} =$	2,6 kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2} =$	0,5 kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp} =$	3,1 kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$G_{k,yp} =$	200,5 kN	Omapaino pilarille

Yläpohja 2, ontelolaatta

$h_{yp} =$	200 mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1} =$	2,6 kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2} =$	0,5 kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp} =$	3,1 kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$q_{hyöty} =$	2,5 kN/m ²	Hyötykuorma
$G_{k,yp} =$	200,5 kN	Omapaino pilarille
$Q_{k,yp} =$	161,7 kN	Hyötykuorma pilarille

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Yläpohja 1, ontelolaatta

h_{yp}	200	mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1}$	2,6	kN/m^2	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2}$	0,5	kN/m^2	Tasausvalu
$g_{k,yp}$	3,1	kN/m^2	Yläpohjalaatan paino
$q_{hyöty}$	2,5	kN/m^2	Hyötykuorma
$G_{k,yp}$	200,5	kN	Omapaino pilarille
$Q_{k,yp}$	161,7	kN	Hyötykuorma pilarille

Pilari 3

h_{p3}	3800	mm	Pilarin korkeus
A_{pilari}	0,144	m^2	Pilarin poikkileikkauspinta-ala
$g_{k,pilari3}$	3,61	kN/m	Pilarin metrikuorma
$G_{k,pilari3}$	13,7	kN	Pilarin omapaino

Pilari 2

h_{p3}	3800	mm	Pilarin korkeus
A_{pilari}	0,144	m^2	Pilarin poikkileikkauspinta-ala
$g_{k,pilari3}$	3,61	kN/m	Pilarin metrikuorma
$G_{k,pilari3}$	13,7	kN	Pilarin omapaino

Pilari 1

h_{p3}	4000	mm	Pilarin korkeus
A_{pilari}	0,144	m^2	Pilarin poikkileikkauspinta-ala
$g_{k,pilari3}$	3,61	kN/m	Pilarin metrikuorma
$G_{k,pilari3}$	14,4	kN	Pilarin omapaino

Pilarin kuormitus

$G_{k,kok}$	773	kN	Rakenteiden pysyvät kuormat alimmalle pilarille
$Q_{k,hyöty}$	323	kN	Muuttuva hyötykuorma alimmalle pilarille
$Q_{k,lumi}$	103	kN	Muuttuva lumikuorma alimmalle pilarille

Kuormitustapaukset

Tarkastellaan tilanteet, joissa lumi- ja hyötykuorma kuormittavat pilaria molemmin puolin.

KT1) Lumikuorma määräävä, muuttuvat kuormat yhtäsuuret pilarin molemmin puolin

γ_g	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
γ_q	1,50	Muuttuvan kuorman osavarmuus
K_{FI}	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	978	kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,lumi} = \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,lumi}$	179	kN	Lumen mitoituskuorma
$Q_{d,hyöty} = \gamma_q * K_{FI} * \psi_0 (=1) * Q_{k,hyöty}$	534	kN	Hyötykuorman mitoituskuorma
$N_d =$	1690	kN	Pilarin mitoitusnormaalivoima
$M_d =$	0	kNm	Mitoitusmomentti pilarille

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT2) Lumikuorma määräävä, muuttuvat kuormat vain pilarin toisella puolella

$\gamma_g =$	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	1,50	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$K_{FI} =$	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin
$s =$	0,150 m	Leukapalkin tukipisteen etäisyys pilarin keskilinjasta (kuorman epäkeskeisyys)

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	978 kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,lumi} = \frac{1}{2} * \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,lumi}$	89 kN	Lumen mitoituskuorma
$Q_{d,hyöty} = \frac{1}{2} * \gamma_q * K_{FI} * \psi_0 (=1) * Q_{k,hyöty}$	267 kN	Hyötykuorman mitoituskuorma
$N_d = G_{d,kok} + Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty}$	1334 kN	Pilarin mitoitusnormaalivoima
$M_d = s * (Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty})$	53 kNm	Mitoitusmomentti pilarille

KT3) Hyötykuorma määräävä, muuttuvat kuormat yhtäsuuret pilarin molemmiin puoliin

$\gamma_g =$	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	1,50	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$K_{FI} =$	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	978 kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,lumi} = \gamma_q * K_{FI} * \psi_0 (=0,7) * Q_{k,lumi}$	391 kN	Lumen mitoituskuorma
$Q_{d,hyöty} = \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,hyöty}$	171 kN	Hyötykuorman mitoituskuorma
$N_d =$	1539 kN	Pilarin mitoitusnormaalivoima
$M_d =$	0 kNm	Mitoitusmomentti pilarille

KT4) Hyötykuorma määräävä, muuttuvat kuormat vain pilarin toisella puolella

$\gamma_g =$	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	1,50	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$K_{FI} =$	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin
$s =$	0,150 m	Leukapalkin tukipisteen etäisyys pilarin keskilinjasta (kuorman epäkeskeisyys)

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	978 kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,lumi} = \frac{1}{2} * \gamma_q * K_{FI} * \psi_0 (=0,7) * Q_{k,lumi}$	195 kN	Lumen mitoituskuorma
$Q_{d,hyöty} = \frac{1}{2} * \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,hyöty}$	85 kN	Hyötykuorman mitoituskuorma
$N_d = G_{d,kok} + Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty}$	1258 kN	Pilarin mitoitusnormaalivoima
$M_d = s * (Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty})$	42 kNm	Mitoitusmomentti pilarille

KT5) Muuttuvat kuormat 0

$\gamma_g =$	1,35	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	0,00	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$K_{FI} =$	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	1148 kN	Pys. mitoituskuorma
$N_d =$	1148 kN	Pilarin mitoitusnormaalivoima
$M_d =$	0 kNm	Mitoitusmomentti pilarille

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT6) Pitkäaikainen ominaiskuormayhdistelmä

$\psi = 0,30$

Muuttuvan kuorman pitkäaikainen osuus

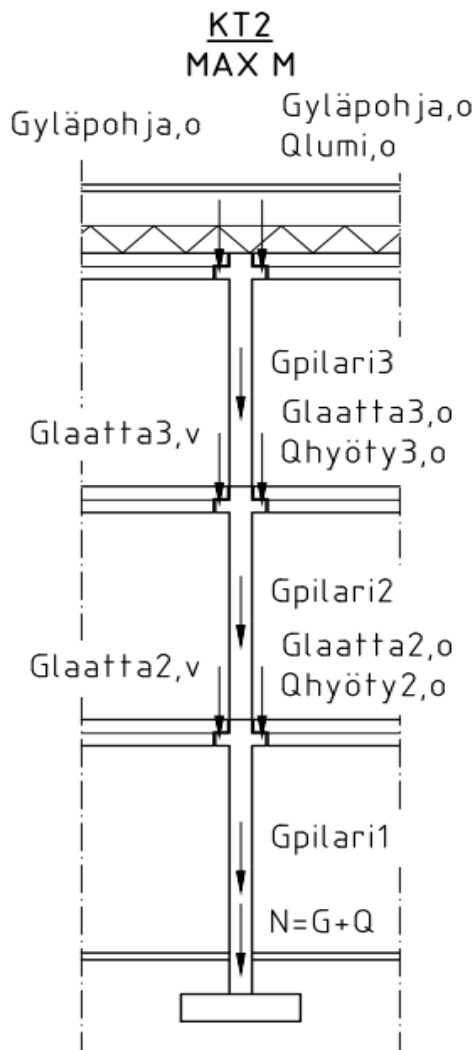
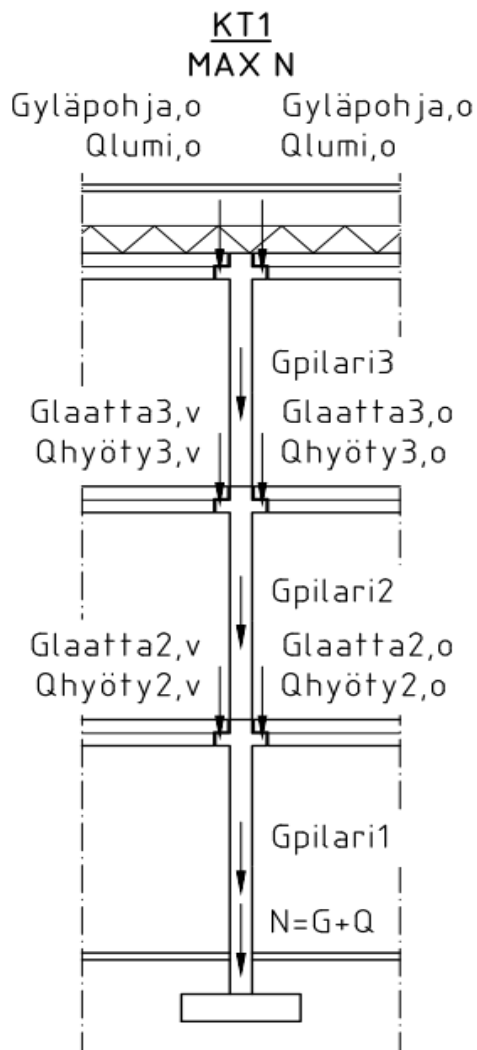
$$N_k = G_{k,kok} + 0,3 \cdot (Q_{k,lumi} + Q_{k,hyöty})$$

901 kN

Pilarin pit aik normaalivoima KRT

Mitoitetaan pilari kuormitustapauksille, jotka tuottavat suurimman normaalivoiman sekä taivutusmomentin.

Mitoitettavat kuormitustapaukset ovat KT1 (max normaalivoima) ja KT2 (max taivutusmomentti).



Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) KT1: Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

$N_{k,YP}$	901 kN	Pilarin normaalivoima, pitkäaikainen käyttörajatila, 30% muuttuvakuorma
$N_{Ed,YP}$	1690 kN	Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu
$H_{d,YP}$	0 kN	Pilarin yläpäätä rasittava vaakakuorma
$M_{d,ylä,y}$	0,0 kNm	Yläpuoliselta rakenteelta välittyvä pilarin yläpään momentti
$M_{d,ala,y}$	0,0 kNm	Pilarin alapään momentti (voi olla eri merkinen kuin yläpäässä)
M_{Eqp}	5,5 kNm	1. Kertaluvun käyttötilan taivutusmomentti pitkäaikaisessa kuormitusyhdistelmässä
M_{0Ed}	7,9 kNm	1. Kertaluvun murtotilan taivutusmomentti tarkasteltavassa kuormitusyhdistelmässä
$\varphi_{eff} = \varphi_{(\infty,t0)} * M_{0Eqp} / M_{0Ed}$		
φ_{eff}	1,8	Tehokas virumaluku
$\alpha_h = 2 / \sqrt{L}$		
α_h	1,00	Pilarin korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]
α_h	0,72	Pilareiden määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 * (1 + 1/\text{pilareiden määrä})}$
$e_i = \alpha_h * \alpha_m / 200 * L_0 / 2$		
e_i	4,7 mm	Rakenteen mittaepätarkkuudesta johtuva epäkeskisyyys
$M_{01} = \text{MIN}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
$M_{02} = \text{MAX}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
M_{01}	7,9 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, pienempi arvoista
M_{02}	7,9 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, suurempi arvoista

28 pilaria

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti

$M_{0Ed} = M_{0e} = \text{MAX}[0,6 * M_{02} + 0,4 * M_{01}; 0,4 * M_{02}]$	Yläpäältä jäykistetyille pilarille
$M_{0Ed} = M_{02}$	Yläpäältä vapaalle pilarille
M_{0Ed}	7,9 kNm
	Pilarin mitoitusmomentti, 1. kertaluku huomioitu.

Minimimomentti

$e_{0,min} = \text{max}[L/30, 20 \text{ mm}]$	
$e_{0,min}$	20 mm
$M_{0,min} = e_{0,min} * N_{Ed}$	Minimiepäkeskisyyys
$M_{0,min}$	33,8 kNm
	Vähimmäismomentti, jolle pilari mitoitetaan, mikäli M_{Ed} jää tätä pienemmäksi.

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

Lasketut kertoimet

(Likimääräisillä kertoimilla laskenta on useimmiten varman puolella)

$$\begin{aligned} i &= h / \sqrt{12} \\ i &= 109,8 \text{ mm} && \text{Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde} \\ \lambda &= L_0 / i \\ \lambda &= 23,68 && \text{Hoikkuusluku} \\ n &= N_{Ed} / (b * h * f_{cd}) \\ n &= 0,69 && \text{Suhteellinen normaalivoima } (=N_{Ed}/R_d) \\ \lambda_{lim} &= 20 * A * B * C / \sqrt{n} \\ A &= [1 / (1 + 0,2 * \varphi_{eff}); 0,7] = 0,73 \\ B &= [\sqrt{1 + 2 * \omega}; 1,1] = 1,01 \\ C &= [1,7 - M_{01} / M_{02}; 0,7] = 0,70 \\ \lambda_{lim} &= 12,5 && \text{Rajahoikkuus} \end{aligned}$$

KA: 189 % Raja-arvo ylittyy.

Korjauskertoimet normaalivoimalle (K_r) ja virumalle (K_φ)

$$\begin{aligned} K_r &= (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \\ \omega &= 0,142 && \text{Mekaaninen raudoitustase} \\ n_u &= 1 + \omega \\ n_u &= 1,14 \\ n_{bal} &= 0,4 \\ K_r &= 1,54 && \text{Korjauskerroin normaalivoiman vaikutukselle} \\ K_\varphi &= \text{MAX}[1 + \theta * \varphi_{eff}; 1] \\ \theta &= 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 \\ f_{ck} &= 30,00 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin ominaispuristuslujuus} \\ \theta &= -0,23 \\ K_\varphi &= 1,00 && \text{Korjauskerroin viruman vaikutukselle} \end{aligned}$$

Kaarevuus

$$\begin{aligned} 1/r_0 &= \varepsilon_{yd} / (0,45 * d) && \text{Tasapainomurtoa vastaava kaarevuus} \\ d &= 335 \text{ mm} && \text{Tehollinen korkeus} \\ 1/r_0 &= 0,01441 \text{ 1/m} \\ 1/r &= K_r * K_\varphi * 1/r_0 \\ 1/r &= 0,02218 \text{ 1/m} && \text{Kaarevuus} \end{aligned}$$

Taipuman aiheuttama epäkeskeisyys

$$\begin{aligned} e_2 &= 1/r * L_0^2 / (\pi^2) \\ L_0 &= 2600 \text{ mm} && \text{Pilarin nurjahduspituus} \\ e_2 &= 15 \text{ mm} && \text{Taipumasta johtuva kuorman epäkeskeisyys} \end{aligned}$$

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Toisen kertaluvun mitoitusmomentti

$$M_2 = e_2 * N_{ed}$$

$$N_{Ed,YP} = 1690 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu

$$M_2 = 25,7 \text{ kNm}$$

Toisen kertaluvun momentti

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{0Ed} + M_2; M_{02}; M_{0,min})$$

Yläpäästä jäykistetyille pilarille

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{02} + M_2; M_{0,min})$$

Yläpäästä vapaalle pilarille

Mitoitusrasitukset

$$M_{Ed} = 33,8 \text{ kNm}$$

Pilarin mitoitusmomentti

$$N_{Ed} = 1690 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

Momentissa on huomioitu 2. kertaluvun vaikutus nimellisen kaarevuuden menetelmällä.

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Raudoitus

$N_{Ed} = 1690 \text{ kN}$ Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

$\mu = M_{Ed} / (b \cdot d^2 \cdot f_{cd})$
 $M_{Ed} = 33,8 \text{ kNm}$ Mitoittava taivutusmomentti
 $b = 380,0 \text{ mm}$ Poikkileikkauksen leveys
 $f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$ Betonin mitoituspuristuslujuus
 $d' = 45 \text{ mm}$ Pääraudoituksen keskiöetäisyys (L)
 $h = 380 \text{ mm}$

Valitaan yhteisvaikutuskäyrästä: $d'/h = 0,15$
 $n = 0,69$ Suhteellinen normaalivoima ($= N_{Ed} / R_d$)
 $\mu = 0,036$ Suhteellinen taivutusmomentti

Valitaan raudoitussuhteen arvo: $\omega_{vaad} = 0$

Pääraudoitus

Vaadittu raudoitus

$A_s = \omega_{vaad} \cdot b \cdot h \cdot f_{cd} / f_{yd}$
 $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $A_s = 0 \text{ mm}^2$ Mitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,1 \cdot N_{Ed} / f_{yd} = 389 \text{ mm}^2$
 $A_{s,min,2} = 0,002 \cdot h \cdot b = 289 \text{ mm}^2$

Maksimiraudoitus

$A_{s,max} = 0,06 \cdot h \cdot b = 8664 \text{ mm}^2$

$\varphi_{s1} = 16 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija, t1
 $n_{s1} = 4 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä, vähintään joka nurkassa t2
 $\varphi_{s2} = 0 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija t2
 $n_{s2} = 0 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä t2
 $A_{s,tod} = 804 \text{ mm}^2$ KA: 48 %

Valitaan pilarin pääraudoitukseksi **4 kpl T16**

Hakaraudoitus

Haan halkaisija on suurempi seuraavista ehdoista:

$\varphi_{min} = \text{Vähintään } 6 \text{ mm}$
 $0,25 \cdot \varphi_{s,min} = 4 \text{ mm}$

Hakojen enimmäisjako pilarin keskellä on pienin seuraavista ehdoista:

$KK_{min} = 15 \cdot \varphi_{s,min} = 240 \text{ mm}$
 $MIN[B; H] = 380 \text{ mm}$
 $\text{Enintään } 400 \text{ mm}$

Valitaan pilarin hakaraudoitukseksi vähintään **$\varphi 6 \text{ K240}$**

Pilarin päissä käytetään tihennettyä hakaväliä **K140**

Laskennan suoritti:	3.1.1. Keskipilarin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) KT2: Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

$N_{k,YP}$	901 kN	Pilarin normaalivoima, pitkäaikainen käyttörajatila, 30% muuttuvakuorma
$N_{Ed,YP}$	1334 kN	Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu
$H_{d,YP}$	0 kN	Pilarin yläpäätä rasittava vaakakuorma
$M_{d,ylä,y}$	53,4 kNm	Yläpuoliselta rakenteelta välittyvä pilarin yläpään momentti
$M_{d,ala,y}$	53,4 kNm	Pilarin alapään momentti (voi olla eri merkinen kuin yläpäässä)
M_{Eqp}	41,8 kNm	1. Kertaluvun käyttötilan taivutusmomentti pitkäaikaisessa kuormitusyhdistelmässä
M_{0Ed}	59,6 kNm	1. Kertaluvun murtotilan taivutusmomentti tarkasteltavassa kuormitusyhdistelmässä
$\varphi_{eff} = \varphi_{(\infty,t0)} * M_{0Eqp} / M_{0Ed}$		
φ_{eff}	1,8	Tehokas virumaluku
$\alpha_h = 2 / \sqrt{L}$		
α_h	1,00	Pilarin korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]
α_h	0,72	Pilareiden määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 * (1 + 1/\text{pilareiden määrä})}$
$e_i = \alpha_h * \alpha_m / 200 * L_0 / 2$		
e_i	4,7 mm	Rakenteen mittaepätarkkuudesta johtuva epäkeskisyyys
$M_{01} = \text{MIN}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
$M_{02} = \text{MAX}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
M_{01}	59,6 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, pienempi arvoista
M_{02}	59,6 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, suurempi arvoista

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti

$M_{0Ed} = M_{0e} = \text{MAX}[0,6 * M_{02} + 0,4 * M_{01}; 0,4 * M_{02}]$	Yläpäältä jäykistetyille pilarille
$M_{0Ed} = M_{02}$	Yläpäältä vapaalle pilarille
$M_{0Ed} = 59,6 \text{ kNm}$	Pilarin mitoitusmomentti, 1. kertaluku huomioitu.

Minimimomentti

$e_{0,min} = \text{max}[L/30, 20 \text{ mm}]$		
$e_{0,min}$	20 mm	Minimiepäkeskisyyys
$M_{0,min} = e_{0,min} * N_{Ed}$		
$M_{0,min}$	26,7 kNm	Vähimmäismomentti, jolle pilari mitoitetaan, mikäli M_{Ed} jää tätä pienemmäksi.

28 pilaria

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rajahoikkuuden ehto

Jos hoikkuus on suurempi kuin rajahoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

Lasketut kertoimet

(Likimääräisillä kertoimilla laskenta on useimmiten varman puolella)

$$\begin{aligned} i &= h / \sqrt{12} \\ i &= 109,8 \text{ mm} && \text{Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde} \\ \lambda &= L_0 / i \\ \lambda &= 23,68 && \text{Hoikkuusluku} \\ n &= N_{Ed} / (b * h * f_{cd}) \\ n &= 0,54 && \text{Suhteellinen normaalivoima } (=N_{Ed}/R_d) \\ \lambda_{lim} &= 20 * A * B * C / \sqrt{n} \\ A &= [1 / (1 + 0,2 * \varphi_{eff}); 0,7] = 0,73 \\ B &= [\sqrt{1 + 2 * \omega}; 1,1] = 1,01 \\ C &= [1,7 - M_{01} / M_{02}; 0,7] = 0,70 \\ \lambda_{lim} &= 14,1 && \text{Rajahoikkuus} \end{aligned}$$

KA: 168 % Raja-arvo ylittyy.

Korjauskertoimet normaalivoimalle (K_r) ja virumalle (K_ϕ)

$$\begin{aligned} K_r &= (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \\ \omega &= 7,904 && \text{Mekaaninen raudoitustase} \\ n_u &= 1 + \omega \\ n_u &= 8,90 \\ n_{bal} &= 0,4 \\ K_r &= 1,05 && \text{Korjauskerroin normaalivoiman vaikutukselle} \\ K_\phi &= \text{MAX}[1 + 6 * \varphi_{eff}; 1] \\ \theta &= 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 \\ f_{ck} &= 30,00 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin ominaispuristuslujuus} \\ \theta &= -0,23 \\ K_\phi &= 1,00 && \text{Korjauskerroin viruman vaikutukselle} \end{aligned}$$

Kaarevuus

$$\begin{aligned} 1/r_0 &= \varepsilon_{yd} / (0,45 * d) && \text{Tasapainomurtoa vastaava kaarevuus} \\ d &= 335 \text{ mm} && \text{Tehollinen korkeus} \\ 1/r_0 &= 0,01441 \text{ 1/m} \\ 1/r &= K_r * K_\phi * 1/r_0 \\ 1/r &= 0,01509 \text{ 1/m} && \text{Kaarevuus} \end{aligned}$$

Taipuman aiheuttama epäkeskeisyys

$$\begin{aligned} e_2 &= 1/r * L_0^2 / (\pi^2) \\ L_0 &= 2600 \text{ mm} && \text{Pilarin nurjahduspituus} \\ e_2 &= 10 \text{ mm} && \text{Taipumasta johtuva kuorman epäkeskeisyys} \end{aligned}$$

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Toisen kertaluvun mitoitusmomentti

$$M_2 = e_2 * N_{ed}$$

$$N_{Ed,YP} = 1334 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu

$$M_2 = 13,8 \text{ kNm}$$

Toisen kertaluvun momentti

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{0Ed} + M_2; M_{02}; M_{0,min})$$

Yläpäädästä jäykistetyille pilarille

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{02} + M_2; M_{0,min})$$

Yläpäädästä vapaalle pilarille

Mitoitusrasitukset

$$M_{Ed} = 73,4 \text{ kNm}$$

Pilarin mitoitusmomentti

$$N_{Ed} = 1334 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

Momentissa on huomioitu 2. kertaluvun vaikutus nimellisen kaarevuuden menetelmällä.

Laskennan suoritti:

3.1.1. Keskipilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Raudoitus

$N_{Ed} = 1334 \text{ kN}$ Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

$\mu = M_{Ed} / (b * d^2 * f_{cd})$
 $M_{Ed} = 73,4 \text{ kNm}$ Mitoittava taivutusmomentti
 $b = 380,0 \text{ mm}$ Poikkileikkauksen leveys
 $f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$ Betonin mitoituspuristuslujuus
 $d' = 45 \text{ mm}$ Pääraudoituksen keskiöetäisyys (L)
 $h = 380 \text{ mm}$

Valitaan yhteisvaikutuskäyrästä: $d'/h = 0,15$
 $n = 0,54$ Suhteellinen normaalivoima ($= N_{Ed} / R_d$)
 $\mu = 0,079$ Suhteellinen taivutusmomentti

Valitaan raudoitussuhteen arvo: $\omega_{vaad} = 0$

Pääraudoitus

Vaadittu raudoitus

$A_s = \omega_{vaad} * b * h * f_{cd} / f_{yd}$
 $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $A_s = 0 \text{ mm}^2$ Mitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,1 * N_{Ed} / f_{yd}$ 307 mm²
 $A_{s,min,2} = 0,002 * h * b$ 289 mm²

Maksimiraudoitus

$A_{s,max} = 0,06 * h * b$ 8664 mm²

$\varphi_{s1} = 16 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija, t1
 $n_{s1} = 4 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä, vähintään joka nurkassa t2
 $\varphi_{s2} = 0 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija t2
 $n_{s2} = 0 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä t2
 $A_{s,tod} = 804 \text{ mm}^2$ KA: 38 %

Valitaan pilarin pääraudoitukseksi **4 kpl T16**

Hakaraudoitus

Haan halkaisija on suurempi seuraavista ehdoista:

$\varphi_{min} = \text{Vähintään}$ 6 mm = 6 mm
 $0,25 * \varphi_{s,min}$ 4 mm

Hakojen enimmäisjako pilarin keskellä on pienin seuraavista ehdoista:

$KK_{min} = 15 * \varphi_{s,min}$ 240 mm = 240 mm
 $MIN[B; H]$ 380 mm
 Enintään 400 mm

Valitaan pilarin hakaraudoitukseksi vähintään **$\varphi 6 \text{ K240}$**

Pilarin päissä käytetään tihennettyä hakaväliä **K140**

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Pilarin mitat

B) Materiaalien ominaisuudet

Betoni

Raudoitus

Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkausarvoja

C) Pilarin kuormat

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti

Minimimomentti

Toisen kertaluvun mitoitusmomentti

Rajahoikkuuden ehto

Korjauskertoimet normaalivoimalle (K_r) ja virumalle (K_ϕ)

Kaarevuus

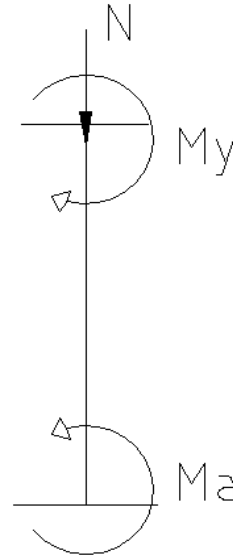
Taipuman aiheuttama epäkeskeisyys

Mitoitusrasitukset

D) KT1: Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

Mitoitusrasitukset

Raudoitus



Mitoitetaan teräsbetoninen suorakaidepilari nurjahdukselle nimellisen kaarevuuden menetelmällä. Mitoitus EC2:n mukaan. Nurjahduskestävyys on tarkastettava pilarin molemmissa suunnissa, mikäli poikkileikkaus ei ole neliö tai pilarin tuenta-aste muuttuu eri suunnissa.

Laskennan suoritti:	3.1.2. Reunapilarin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Pilarin mitat

$h =$	380 mm	Pilarin poikkileikkauksen pituus heikommassa suunnassa y
$b =$	380 mm	Pilarin poikkileikkauksen leveys, suunta z
$L =$	4000 mm	Pilarin korkeus
$u =$	1520 mm	Pilarin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_o =$	190 mm	
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	2,6	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_o = 28$ vrk

Pilarin yläpää liittyy nivelellisesti rakenteeseen ja on tuettu sekä y- että z-suunnassa.

Alapää liittyy nivelellisesti pilarianturaan, joka pääsee kiertymään jousien päällä.

Nurjahduspituuden laskennassa on turvallista olettaa alapää nivelöidyksi.

$N_{urj} =$	0,65	Nurjahduspituuskerroin rakennemallin mukaan.
$L_o =$	2600 mm	Pilarin nurjahduspituus

B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:	2	Yläpään vaakasiirtymä estetty mitoitus suunnassa: Kyllä
Betonin lujuusluokka:	C25/30	Huomioi vapausaste myös nurjahduspituudessa!

Betoni

$f_{ck} =$	25,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	14,17 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,20 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{yd} =$	0,00217	Raudoituksen myötövenymä

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite, poikkileikkausarvoja

Mitoitettava rakenne kuivissa sisätiloissa sijaitseva kantava rakenne.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Pilari	XC1	10	C25/30

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$$c_{min,b} = 20 \text{ mm} \quad \text{Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo}$$

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm} \quad \text{Rasitusluokan asettama raudoituksen pienin sallittu betonipeite}$$

$$c_{min} = 20 \text{ mm} \quad \text{Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm} \quad \text{Raudoituksen sijaintitoleranssi}$$

$$c_{nom} = 30 \text{ mm} \quad \text{Raudoituksen nimellinen (pyöristetty) betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa}$$

$$\varphi_{haka} = 6 \text{ mm} \quad \text{Hakojen halkaisija}$$

$$\varphi_{s1} = 20 \text{ mm} \quad \text{Pääterästen (t1) halkaisija}$$

$$n_{s1} = 4 \text{ kpl} \quad \text{Pääterästen (t1) määrä, vähintään joka nurkassa}$$

$$\varphi_{s2} = 0 \text{ mm} \quad \text{Pääterästen (t2) halkaisija}$$

$$n_{s2} = 0 \text{ kpl} \quad \text{Pääterästen (t2) määrä, vähintään joka nurkassa}$$

$$A_s = 1257 \text{ mm}^2 \quad \text{Teräsmäärä poikkileikkauksessa}$$

$$A_c = 144400 \text{ mm}^2 \quad \text{Raudoituksen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa}$$

$$\omega = A_s * f_{yd} / (A_c * F_{cd})$$

$$\omega = 0,267 \quad \text{Mekaaninen raudoitusaste}$$

$$d' = c_{nom} + 1,1 * \varphi_{haka} + 1,1 * \varphi_{s,min} / 2$$

$$d'_y = 47,6 \text{ mm} \quad \text{Pienimmän pääraudoituksen keskiöetäisyys suunnassa Y}$$

$$d_y = 332 \text{ mm} \quad \text{Tehollinen korkeus Y-suunnassa}$$

$$d'_z = 47,6 \text{ mm} \quad \text{Pienimmän pääraudoituksen keskiöetäisyys suunnassa Z}$$

$$d_z = 332 \text{ mm} \quad \text{Tehollinen korkeus Z-suunnassa}$$

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Pilarin kuormat

Pystykuormat pilarille X talon keskellä

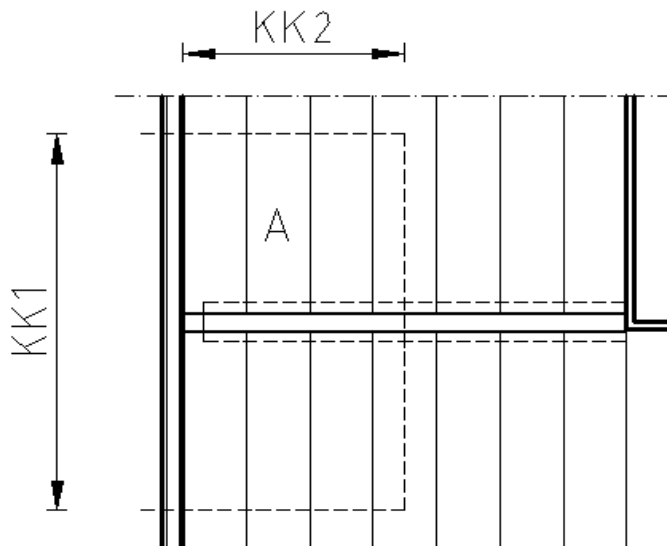
Määritetään pystykuormien neliökuormat.

Lasketaan kuormituspinta-alan avulla tukivoima pilarille

$KK1 =$	7,70 m	Kuormitusleveys talon poikkisuunnassa
$KK2 =$	4,20 m	Kuormitusleveys talon pituussuunnassa
$A =$	32,3 m ²	Pilarin kuormitusala moduuliverkossa

Vesikatto

$g_{k,katto} =$	2,0 kN/m ²	Vesikatteen, eristeiden, puuristikoiden ym. rakenteiden omapaino
$\mu_i =$	0,8	Lumikuorman korjauskerroin katolla, katto viettää sisään päin 2 asteen kulmassa.
$q_{klumi} =$	1,6 kN/m ²	Lumikuorma katolla
$G_{k,katto} =$	64,7 kN	Omapaino pilarille
$Q_{k,lumi} =$	51,7 kN	Lumikuorma pilarille



Yläpohja 3, ontelolaatta

$h_{yp} =$	200 mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1} =$	2,6 kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2} =$	0,5 kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp} =$	3,1 kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$G_{k,yp} =$	100,3 kN	Omapaino pilarille

Yläpohja 2, ontelolaatta

$h_{yp} =$	200 mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1} =$	2,6 kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2} =$	0,5 kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp} =$	3,1 kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$q_{hyöty} =$	2,5 kN/m ²	Hyötykuorma
$G_{k,yp} =$	100,3 kN	Omapaino pilarille

Laskennan suoritti:
Pvm:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

$Q_{k,yp} =$

80,9 kN

Hyötykuorma pilarille

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Yläpohja 1, ontelolaatta

h_{yp}	200	mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1}$	2,6	kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2}$	0,5	kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp}$	3,1	kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$q_{hyöty}$	2,5	kN/m ²	Hyötykuorma
$G_{k,yp}$	100,3	kN	Omapaino pilarille
$Q_{k,yp}$	80,9	kN	Hyötykuorma pilarille

Pilari 3

h_{p3}	3800	mm	Pilarin korkeus
A_{pilari}	0,144	m ²	Pilarin poikkileikkauspinta-ala
$g_{k,pilari3}$	3,61	kN/m	Pilarin metrikuorma
$G_{k,pilari3}$	13,7	kN	Pilarin omapaino

Pilari 2

h_{p3}	3800	mm	Pilarin korkeus
A_{pilari}	0,144	m ²	Pilarin poikkileikkauspinta-ala
$g_{k,pilari3}$	3,61	kN/m	Pilarin metrikuorma
$G_{k,pilari3}$	13,7	kN	Pilarin omapaino

Pilari 1

h_{p3}	4000	mm	Pilarin korkeus
A_{pilari}	0,144	m ²	Pilarin poikkileikkauspinta-ala
$g_{k,pilari3}$	3,61	kN/m	Pilarin metrikuorma
$G_{k,pilari3}$	14,4	kN	Pilarin omapaino

Pilarin kuormitus

$G_{k,kok}$	407	kN	Rakenteiden pysyvät kuormat alimmalle pilarille
$Q_{k,hyöty}$	162	kN	Muuttuva hyötykuorma alimmalle pilarille
$Q_{k,lumi}$	52	kN	Muuttuva lumikuorma alimmalle pilarille

Kuormitustapaukset

Tarkastellaan tilanteet, joissa lumi- ja hyötykuorma kuormittavat pilaria molemmin puolin.

KT1) Lumikuorma määrittävä

γ_g	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
γ_q	1,50	Muuttuvan kuorman osavarmuus
K_{FI}	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin
s	0,150	m Leukapalkin tukipisteen etäisyys pilarin keskilinjasta (kuorman epäkeskeisyys)

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	515	kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,lumi} = \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,lumi}$	89	kN	Lumen mitoituskuorma
$Q_{d,hyöty} = \gamma_q * K_{FI} * \psi_0 (=1) * Q_{k,hyöty}$	267	kN	Hyötykuorman mitoituskuorma
$N_d = G_{d,kok} + Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty}$	871	kN	Pilarin mitoitusnormaalivoima
$M_d = s * (G_{d,kok} + Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty})$	130,7	kNm	Mitoitusmomentti pilarille

Laskennan suoritti:
Pvm:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT2) Hyötykuorma määräävä

$$\gamma_g = 1,15$$

Pysyvän kuorman osavarmuus

$$\gamma_q = 1,50$$

Muuttuvan kuorman osavarmuus

$$K_{FI} = 1,1$$

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$$s = 0,150 \text{ m}$$

Leukapalkin tukipisteen etäisyys pilarin keskilinjasta (kuorman epäkeskeisyys)

$$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$$

515 kN

Pys. mitoituskuorma

$$Q_{d,lumi} = \gamma_q * K_{FI} * \psi_0 (=0,7) * Q_{k,lumi}$$

195 kN

Lumen mitoituskuorma

$$Q_{d,hyöty} = \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,hyöty}$$

85 kN

Hyötykuorman mitoituskuorma

$$N_d = G_{d,kok} + Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty}$$

796 kN

Pilarin mitoitusnormaalivoima

$$M_d = s * (G_{d,kok} + Q_{d,lumi} + Q_{d,hyöty})$$

119,4 kNm

Mitoitusmomentti pilarille

KT3) Muuttuvat kuormat 0

$$\gamma_g = 1,35$$

Pysyvän kuorman osavarmuus

$$\gamma_q = 0,00$$

Muuttuvan kuorman osavarmuus

$$K_{FI} = 1,1$$

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$$s = 0,150 \text{ m}$$

Leukapalkin tukipisteen etäisyys pilarin keskilinjasta (kuorman epäkeskeisyys)

$$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$$

605 kN

Pys. mitoituskuorma

$$N_d = G_{d,kok}$$

$$N_d =$$

605 kN

Pilarin mitoitusnormaalivoima

$$M_d = s * G_{d,kok}$$

$$M_d =$$

91 kNm

Mitoitusmomentti pilarille

KT4) Pitkäaikainen ominaiskuormayhdistelmä

$$\psi = 0,30$$

Muuttuvan kuorman pitkäaikainen osuus

$$N_k = G_{k,kok} + 0,3 * (Q_{k,lumi} + Q_{k,hyöty})$$

471 kN

Pilarin pit aik normaalivoima KRT

Mitoitetaan pilari kuormitustapauksille, jotka tuottavat suurimman normaalivoiman sekä taivutusmomentin.

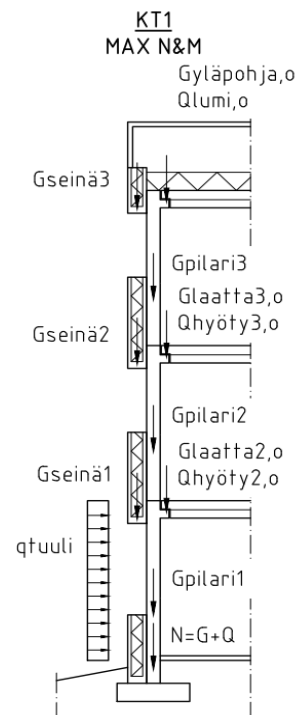
Mitoitettava kuormitustapaus on KT1.

Tuulikuorman aiheuttama momentti kulmapilarille on niin pieni, että se jätetään huomioimatta.

Pilarin käyttöaste on hyvin pieni.

HUOM. Rakenteiden omapainon resultantti on sijoitettu karkeasti pilarin reunan kohdalle.

Laskenta on varmalla puolella, koska pilareiden painopiste on myös poikkeutettu leukapalkin konsolille.



Laskennan suoritti:
Pvm:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laskennan suoritti:	3.1.2. Reunapilarin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) KT1: Poikkileikkauksen mitoitus Y-suuntaiselle taivutukselle

$N_{k,YP}$	471 kN	Pilarin normaalivoima, pitkäaikainen käyttörajatila, 30% muuttuvakuorma
$N_{Ed,YP}$	871 kN	Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu
$H_{d,YP}$	0 kN	Pilarin yläpäätä rasittava vaakakuorma
$M_{d,ylä,y}$	130,7 kNm	Yläpuoliselta rakenteelta välittyvä pilarin yläpään momentti
$M_{d,ala,y}$	130,7 kNm	Pilarin alapään momentti (voi olla eri merkinen kuin yläpäässä)
M_{Eqp}	94,3 kNm	1. Kertaluvun käyttötilan taivutusmomentti pitkäaikaisessa kuormitusyhdistelmässä
M_{0Ed}	134,8 kNm	1. Kertaluvun murtotilan taivutusmomentti tarkasteltavassa kuormitusyhdistelmässä
$\varphi_{eff} = \varphi_{(\infty,t0)} * M_{0Eqp} / M_{0Ed}$		
φ_{eff}	1,8	Tehokas virumaluku
$\alpha_h = 2 / \sqrt{L}$		
α_h	1,00	Pilarin korkeudesta riippuva pienennyskerroin, [0,66...1]
α_h	0,72	Pilareiden määrästä riippuva kerroin. $\sqrt{0,5 * (1 + 1/\text{pilareiden määrä})}$
$e_i = \alpha_h * \alpha_m / 200 * L_0 / 2$		
e_i	4,7 mm	Rakenteen mittaepätarkkuudesta johtuva epäkeskisyyks
$M_{01} = \text{MIN}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
$M_{02} = \text{MAX}(M_{ylä}; M_{ala}) + e_i * N_{Ed}$		
M_{01}	134,8 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, pienempi arvoista
M_{02}	134,8 kNm	Sauvan päiden korjattu momentti, suurempi arvoista

Ensimmäisen kertaluvun mitoitusmomentti

$M_{0Ed} = M_{0e} = \text{MAX}[0,6 * M_{02} + 0,4 * M_{01}; 0,4 * M_{02}]$	Yläpäästä jäykistetyille pilarille
$M_{0Ed} = M_{02}$	Yläpäästä vapaalle pilarille
$M_{0Ed} =$ 134,8 kNm	Pilarin mitoitusmomentti, 1. kertaluku huomioitu.

Minimimomentti

$e_{0,min} = \text{max}[L/30, 20 \text{ mm}]$		
$e_{0,min}$	20 mm	Minimiepäkeskisyyks
$M_{0,min} = e_{0,min} * N_{Ed}$		
$M_{0,min}$	17,4 kNm	Vähimmäismomentti, jolle pilari mitoitetaan, mikäli M_{Ed} jää tätä pienemmäksi.

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rajajoikkuuden ehto

Jos joikkuus on suurempi kuin rajajoikkuus, pitää 2. kertaluvun vaikutukset ottaa huomioon.

Lasketut kertoimet

(Likimääräisillä kertoimilla laskenta on useimmiten varman puolella)

$$\begin{aligned} i &= h / \sqrt{12} \\ i &= 109,8 \text{ mm} && \text{Suorakaiteen muotoisen pilarin hitaussäde} \\ \lambda &= L_0 / i \\ \lambda &= 23,68 && \text{Hoikkuusluku} \\ n &= N_{Ed} / (b * h * f_{cd}) \\ n &= 0,43 && \text{Suhteellinen normaalivoima } (=N_{Ed}/R_d) \\ \lambda_{lim} &= 20 * A * B * C / \sqrt{n} \\ A &= [1 / (1 + 0,2 * \varphi_{eff}); 0,7] = 0,73 \\ B &= [\sqrt{1 + 2 * \omega}; 1,1] = 1,03 \\ C &= [1,7 - M_{01} / M_{02}; 0,7] = 0,70 \\ \lambda_{lim} &= 16,1 && \text{Rajajoikkuus} \end{aligned}$$

KA: 147 % Raja-arvo ylittyy.

Korjauskertoimet normaalivoimalle (K_r) ja virumalle (K_φ)

$$\begin{aligned} K_r &= (n_u - n) / (n_u - n_{bal}) \\ \omega &= 0,267 && \text{Mekaaninen raudoitustaste} \\ n_u &= 1 + \omega \\ n_u &= 1,27 \\ n_{bal} &= 0,4 \\ K_r &= 1,46 && \text{Korjauskerroin normaalivoiman vaikutukselle} \\ K_\varphi &= \text{MAX}[1 + \theta * \varphi_{eff}; 1] \\ \theta &= 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda / 150 \\ f_{ck} &= 25,00 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin ominaispuristuslujuus} \\ \theta &= -0,26 \\ K_\varphi &= 1,00 && \text{Korjauskerroin viruman vaikutukselle} \end{aligned}$$

Kaarevuus

$$\begin{aligned} 1/r_0 &= \varepsilon_{yd} / (0,45 * d) && \text{Tasapainomurtoa vastaava kaarevuus} \\ d &= 332 \text{ mm} && \text{Tehollinen korkeus} \\ 1/r_0 &= 0,01451 \text{ 1/m} \\ 1/r &= K_r * K_\varphi * 1/r_0 \\ 1/r &= 0,02120 \text{ 1/m} && \text{Kaarevuus} \end{aligned}$$

Taipuman aiheuttama epäkeskeisyys

$$\begin{aligned} e_2 &= 1/r * L_0^2 / (\pi^2) \\ L_0 &= 2600 \text{ mm} && \text{Pilarin nurjahduspituus} \\ e_2 &= 15 \text{ mm} && \text{Taipumasta johtuva kuorman epäkeskeisyys} \end{aligned}$$

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Toisen kertaluvun mitoitusmomentti

$$M_2 = e_2 * N_{ed}$$

$$N_{Ed,YP} = 871 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoima, pilarin omaapainoa ei ole huomioitu

$$M_2 = 12,7 \text{ kNm}$$

Toisen kertaluvun momentti

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{0Ed} + M_2; M_{02}; M_{0,min})$$

Yläpäästä jäykistetyille pilarille

$$M_{Ed} = \text{MAX}(M_{02} + M_2; M_{0,min})$$

Yläpäästä vapaalle pilarille

Mitoitusrasitukset

$$M_{Ed} = 147,4 \text{ kNm}$$

Pilarin mitoitusmomentti

$$N_{Ed} = 871 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

Momentissa on huomioitu 2. kertaluvun vaikutus nimellisen kaarevuuden menetelmällä.

Laskennan suoritti:

3.1.2. Reunapilarin mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Raudoitus

$N_{Ed} = 871 \text{ kN}$ Pilarin normaalivoiman mitoitusarvo

$\mu = M_{Ed} / (b * d^2 * f_{cd})$
 $M_{Ed} = 147,4 \text{ kNm}$ Mitoittava taivutusmomentti
 $b = 380,0 \text{ mm}$ Poikkileikkauksen leveys
 $f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$ Betonin mitoituspuristuslujuus
 $d' = 48 \text{ mm}$ Pääraudoituksen keskiöetäisyys (L)
 $h = 380 \text{ mm}$

Valitaan yhteisvaikutuskäyrästä:
 $d'/h = 0,15$
 $n = 0,43$ Suhteellinen normaalivoima ($= N_{Ed} / R_d$)
 $\mu = 0,190$ Suhteellinen taivutusmomentti

Valitaan raudoitussuhteen arvo: $\omega_{raad} = 0,2$

Pääraudoitus

Vaadittu raudoitus

$A_s = \omega_{raad} * b * h * f_{cd} / f_{yd}$
 $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen mitoitusvetolujuus
 $A_s = 941 \text{ mm}^2$ Mitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,1 * N_{Ed} / f_{yd}$ 200 mm²
 $A_{s,min,2} = 0,002 * h * b$ 289 mm²

Maksimiraudoitus

$A_{s,max} = 0,06 * h * b$ 8664 mm²

$\varphi_{s1} = 20 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija, t1
 $n_{s1} = 4 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä, vähintään joka nurkassa t2
 $\varphi_{s2} = 0 \text{ mm}$ Pilarin pääterästen halkaisija t2
 $n_{s2} = 0 \text{ kpl}$ Pääterästen määrä t2
 $A_{s,tod} = 1257 \text{ mm}^2$ KA: 75 %

Valitaan pilarin pääraudoitukseksi **4 kpl T20**

Hakaraudoitus

Haan halkaisija on suurempi seuraavista ehdoista:

$\varphi_{min} = \text{Vähintään}$ 6 mm = 6 mm
 $0,25 * \varphi_{s,min}$ 5 mm

Hakojen enimmäisjako pilarin keskellä on pienin seuraavista ehdoista:

$KK_{min} = 15 * \varphi_{s,min}$ 300 mm = 300 mm
 $MIN[B; H]$ 380 mm
 Enintään 400 mm

Valitaan pilarin hakaraudoitukseksi vähintään **$\varphi 6 \text{ K300}$**

Pilarin päissä käytetään tihennettyä hakaväliä **K180**

Laskennan suoritti:

3.1.3. Peruspulttien mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja yleistiedot

Leukapalkki

Mitoitetaan pilari-pilarin sekä pilari-anturan peruspultit taivutukselle.

Käytetään reunapilarin määräävää kuormitustapausta

$$B = 0,38 \text{ m}$$

Pilarin leveys

$$d = 0,33 \text{ m}$$

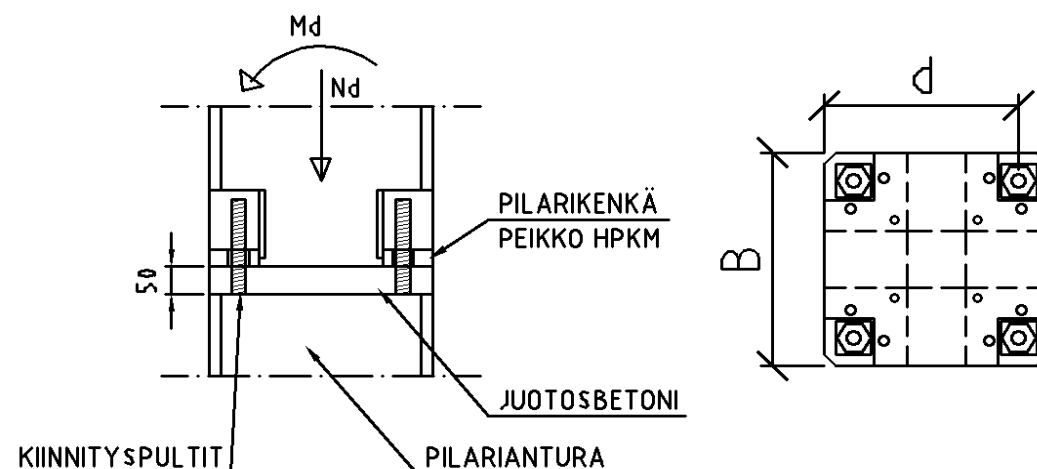
Pilarin poikkileikkauksen tehokas korkeus

$$M_d = 147 \text{ kNm}$$

Liitoksessa vaikuttava taivutusmomentti

$$N_d = 871 \text{ kN}$$

Pilarin normaalivoima



B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

$$f_{ck} = 30,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin ominaispuristuslujuus

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2$$

Betonin ominaisvetolujuus

$$f_{ctk,0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2$$

Betonin vetolujuus, 5% fraktiili

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2$$

Betonin kimmokerroin

$$\gamma_c = 1,50$$

Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan

$$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

$$f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoitusvetolujuus

$$\rho_{betoni} = 25,00 \text{ kN/m}^3$$

Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen ominaislujuus

$$\gamma_k = 1,15$$

Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan

$$f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen mitoitusvetolujuus

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$$

Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

3.1.3. Peruspulttien mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Peruspulttien normaalivoimat

Vaadittu teräsmäärä

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 147000000 \text{ Nm}$	Taivutusmomentti pilarin juuressa
$B = 380 \text{ mm}$	Pilarin leveys
$d = 330 \text{ mm}$	Vetopuolen peruspultin etäisyys pilarin vastakkaisesta reunasta
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,209$	

$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,209$	
$\theta = 0,237 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristunpinnan korkeus

$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 330,0 \text{ mm}$	Vetopuolen peruspultin etäisyys pilarin vastakkaisesta reunasta
$\theta = 0,237$	Betonin suhteellisen puristunpinnan korkeus
$z = 291 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

Lasketaan sisäisen momenttivarren avulla vetojännitys peruspulteissa.

$$N_{d/4} = 218 \text{ kN} \quad \text{Peruspultin normaalivoima}$$

$$N_{d,\Delta} = \frac{1}{2} * M_d / z = 253 \text{ kN} \quad \text{Taivutusmomentin aiheuttama normaalivoima peruspultissa}$$

$$N_{d,veto} = N_{d/4} - N_{d,\Delta} = -35 \text{ kN} \quad \text{Vetopuolen pultin normaalivoima}$$

Todetaan, että vetopuolen pultteissa esiintyy pieni vetorasitus, jolle peruspultti tulee mitoittaa.

Puristuspuolen pulttia ei tarvitse mitoittaa, koska jälkivalu kantaa puristusrasituksen. Pilaripoikkileikkaus on jo aiemmin mitoitettu taivutukselle ja normaalivoimalle, joten jälkivalun puristuskapasiteettia ei tutkita.

Vetorasitus on pieni. Valitaan käytännön työn takia peruspultiksi

-> HPM24

Laskennan suoritti: 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja yleistiedot

Leukapalkki
Laatasto

B) Materiaalien lähtötiedot

Betoni
Raudoitus
Rasitusluokat ja betonipeite

C) Leukapalkin kuormat

KRT metrikuormat
MRT metrikuormat

D) Pääpalkin rasitukset

Vääntö
Taivutus
Leikkaus

E) Leukaulokkeiden rasitukset 1 m kaistalle

Taivutus
Leikkaus
Ripustusvoima pääpalkkiin

F) Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti ilman vääntöhakojia

Vääntömitoituksen mittoja
Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti

G) Vääntöraudoituksen mitoitus

Pituussuuntaisten terästen mitoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala
Vääntöhakojen mitoitus

H) Pääpalkin taivutusmitoitus

Pääraudoituksen laskenta aukossa
Pääraudoituksen laskenta tuella
Mimiraudoitus

I) Leukapalkin pääraudoituksen mitoitus

J) Pääpalkin leikkausmitoitus

Raudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti
Leikkausraudoitettu rakenne
Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

K) Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

L) Pääpalkin hakojen mitoitus

M) Vasemman leukaulokkeen 1m kaistalla

Taivutusmitoitus
Hakojen mitoitus
Leikkausmitoitus

N) Oikean leukaulokkeen taivutusmitoitus 1m kaistalla

Taivutusmitoitus
Hakojen mitoitus
Leikkausmitoitus

O) Pilari-palkki liitos

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja yleistiedot

Leukapalkki

Täytä leukapalkin mitat ja kuormat alapuoliseen taulukkoon.

B_v [mm]	B [mm]	B_o [mm]
200	380	200

G_v [kN/m]	Q_v [kN/m]	H [mm]	H_i [mm]
11,9	9,6	580	380

G_o [kN/m]	Q_o [kN/m]	A [mm ²]	A_v [mm ²]	A_o [mm ²]	ΣA [mm ²]
11,9	9,6	220400	76000	76000	372400

Liitos tuella:	a_v [mm]	a_o [mm]
Nivel	340	340

$L=JM=$ 7,98 m
 $L_{tuki} =$ 0,00 m

Leukapalkin pituus (tukiväli)
Leukapalkin tukipinnan pituus, käytetään redusoidun leikkausvoiman laskennassa
0, jos käytetään piilokonsolia.

B) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

$f_{ck} =$	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,35 N/mm ²	Betonin laskentasetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen laskentalujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti: 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne sijaitsee kuivissa sisätiloissa.
Ilmankosteus vastaa normaalia sisäilmankosteutta.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Leukapalkki	XC1	10	C30/37

Lasketaan nimellinen betonipeite SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}, 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$ Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$ Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 10 \text{ mm}$ Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 20 \text{ mm}$ Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

Pääpalkki

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$h = 580 \text{ mm}$ Rakenteen korkeus

$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$ Työteräksen halkaisija

$\varphi_{haka} = 10 \text{ mm}$ Haan halkaisija, määritetty laskennan lopussa

$\varphi_{pääteräs} = 16 \text{ mm}$ Pääteräksen halkaisija, määritetty laskennan lopussa

$d = 532 \text{ mm}$ Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Vasen leukauloke

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$h = 380 \text{ mm}$ Rakenteen korkeus

$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$ Työteräksen halkaisija

$\varphi_{haka} = 10 \text{ mm}$ Haan halkaisija

$\varphi_{pääteräs} = 10 \text{ mm}$ Pääteräksen halkaisija (arvaus)

$d = 335 \text{ mm}$ Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Oikea leukauloke

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$h = 380 \text{ mm}$ Rakenteen korkeus

$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$ Työteräksen halkaisija

$\varphi_{haka} = 10 \text{ mm}$ Haan halkaisija

$\varphi_{pääteräs} = 10 \text{ mm}$ Pääteräksen halkaisija (arvaus)

$d = 335 \text{ mm}$ Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Leukapalkin kuormat

KRT metrikuormat

$g_v =$	11,9 kN/m	Vasenta leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_o =$	11,9 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_{v,leuka} =$	1,90 kN/m	Vasemman leuan omapaino
$g_{o,leuka} =$	1,9 kN/m	Oikean leuan omapaino
$g_{palkki} =$	5,5 kN/m	Pääpalkin omapaino
$q_v =$	10 kN/m	Vasenta leukaa rasittava muuttuva kuorma
$q_o =$	10 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava muuttuva kuorma

MRT metrikuormat

$\gamma_g =$	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	1,5	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$g_{v,d} =$	13,7 kN/m	Vasenta leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_{o,d} =$	13,7 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_{v,leuka,d} =$	2,2 kN/m	Vasemman leuan omapaino
$g_{o,leuka,d} =$	2,2 kN/m	Oikean leuan omapaino
$g_{palkki,d} =$	6,3 kN/m	Pääpalkin omapaino
$q_{v,d} =$	14 kN/m	Vasenta leukaa rasittava muuttuva kuorma
$q_{o,d} =$	14 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava muuttuva kuorma
$p_d =$	67 kN/m	Leukapalkin kokonaismitoituskuorma

D) Pääpalkin rasitukset

Lasketaan palkin molempia leukoja rasittavat vääntömomentit ja lasketaan näistä palkin kokonaisvääntömomentti.

$L =$	7,98 m	Leukapalkin pituus (tukiväli)
$a_v =$	340 mm	Vasempaa leukaa vääntävän kuorman etäisyys pääpalkin painopisteeseen
$a_o =$	340 mm	Oikeaa leukaa vääntävän kuorman etäisyys pääpalkin painopisteeseen
$s_v =$	290 mm	Vasemman leuan ja pääpalkin painopisteiden välinen etäisyys
$s_o =$	290 mm	Oikean leuan ja pääpalkin painopisteiden välinen etäisyys

Vääntö

$mt_{g,v,d} =$	4,7 kNm/m	Vasemman leuan pysyvän kuorman aiheuttama vääntö
$mt_{g,o,d} =$	-4,7 kNm/m	Oikean leuan pysyvän kuorman aiheuttama vääntö
$mt_{v,leuka,d} =$	0,6 kNm/m	Vasemman leuan omapainon aiheuttama vääntö
$mt_{o,leuka,d} =$	-0,6 kNm/m	Oikean leuan omapainon aiheuttama vääntö
$mt_{q,v,d} =$	5 kNm/m	Vasemman leuan muuttuvan kuorman aiheuttama vääntö
$mt_{q,o,d} =$	-5 kNm/m	Oikean leuan muuttuvan kuorman aiheuttama vääntö
$\Sigma mt_d =$	0,0 kNm/m	Vääntömomentti leukapalkkimeträ kohti
$T_d = m_{td} * L / 2$		
$T_d =$	0,0 kNm	Vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Taivutus

$$M_{d,max} = pL^2/8$$

$$M_{d,aukko} = 532 \text{ kNm}$$

Taivutusmomentin mitoitusarvo aukossa, palkin alapinta vedolla

$$M_{d,tuki} = 0 \text{ kNm}$$

Taivutusmomentin mitoitusarvo tuella, palkin yläpinta vedolla

Leikkaus

$$T_d = V_d = p * L/2$$

$$T_d = V_d = 267 \text{ kN}$$

Palkin tukivoima, redusoimaton leikkausrasitus

$$L_{tuki} = 0,00 \text{ m}$$

Tuen pituus palkin suunnassa (=0, jos palkki tukeutuu jäykästi seinään)

$$d = 532 \text{ mm}$$

Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

$$V_{Ed} = V_d - (L_{tuki}/2 + d) * \Sigma_{palkki,d}$$

$$V_{Ed} = 267 \text{ kN}$$

Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu

Palkin leikkaus-, taivutus- ja vääntörasitukset 1/10-pisteissä

x/L	$x \text{ [m]}$	V_{xd}	M_{xd} jäykkä	M_{xd} nivel	$laskennassa$	T_{xd}
0,00	0,0	266,8	-354,9	0,0	0,0	0,0
0,10	0,8	213,5	-163,3	191,6	191,6	0,0
0,20	1,6	160,1	-14,2	340,7	340,7	0,0
0,25	2,0	133,4	44,4	399,3	399,3	0,0
0,30	2,4	106,7	92,3	447,2	447,2	0,0
0,40	3,2	53,4	156,2	511,0	511,0	0,0
0,50	4,0	0,0	177,4	532,3	532,3	0,0
0,60	4,8	-53,4	156,2	511,0	511,0	0,0
0,70	5,6	-106,7	92,3	447,2	447,2	0,0
0,75	6,0	-133,4	44,4	399,3	399,3	0,0
0,80	6,4	-160,1	-14,2	340,7	340,7	0,0
0,90	7,2	-213,5	-163,3	191,6	191,6	0,0
1,00	8,0	-266,8	-354,9	0,0	0,0	0,0

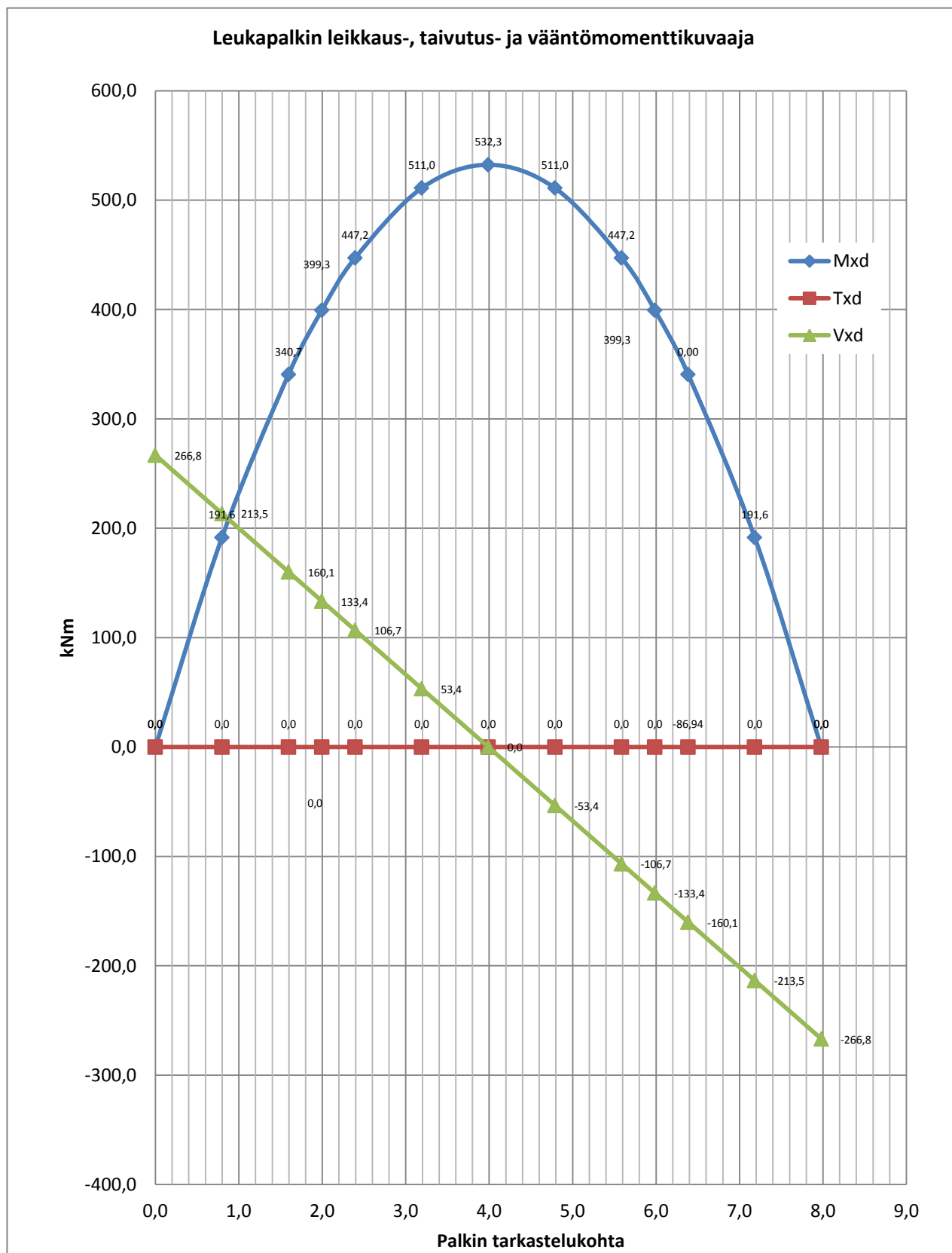
Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!



Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Leukaulokkeiden rasitukset 1 m kaistalle

Vasen leuka

Taivutus

Lasketaan leukaulokkeen kuormien aiheuttama taivutusmomentti pääpalkin reunan suhteen.

$$M_{d,ulake} = ((g_d + q_d) * (a - 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_v))$$

$$M_{d,ulake} = 4,4 \text{ kNm/m} \quad \text{Taivutusmomentti leuan juurella, leuan yläpinta vedolla}$$

Leikkaus

$$V_d = G_d + Q_d + G_{leuka,d}$$

$$V_d = 30,3 \text{ kN} \quad \text{Redusoimaton leikkausrasitus, laskenta varman puolella}$$

Ripustusvoima pääpalkkiin

Lasketaan leukaulokkeen aiheuttama ripustusvoima pääpalkin haoille.

Leuan kuormista lasketaan momentti pääpalkin vastakkaisen pystysivun suhteen ja jaetaan palkin tehokkaalla leveydellä.

$$F_d = ((g_d + q_d) * (a + 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_v + B)) / d_{pääp,vaaka}$$

$$F_d = 44,9 \text{ kN} \quad \text{Ripustusvoima pääpalkin haoille}$$

Oikea leuka

Taivutus

$$M_{d,ulake} = ((g_d + q_d) * (a - 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_o))$$

$$M_{d,ulake} = 4,4 \text{ kNm/m} \quad \text{Taivutusmomentti leuan juurella, leuan yläpinta vedolla}$$

Leikkaus

$$V_d = G_d + Q_d + G_{leuka,d}$$

$$V_d = 30,3 \text{ kN} \quad \text{Redusoimaton leikkausrasitus, laskenta varman puolella}$$

Ripustusvoima pääpalkkiin

$$F_d = ((g_d + q_d) * (a + 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_o + B)) / d_{pääp,vaaka}$$

$$F_d = 44,9 \text{ kN} \quad \text{Ripustusvoima pääpalkin haoille}$$

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti ilman vääntöhakojia

Vääntömitoituksen mittoja

$u =$	3480 mm	Koko palkin poikkileikkauksen piiri
$A_{\text{kok}} =$	372400 mm ²	Koko palkin poikkileikkauspinta-ala
$a = c_{\text{nom}} + \varphi_{\text{työteräs}} + \varphi_{\text{haka}} + \varphi_{\text{pääteräs}} / 2$		
$a =$	48 mm	Pääteräksen painopisteen etäisyys rakenteen pintaan
$t_{\text{ef,min}} = 2 * a$		
$t_{\text{ef,min}} =$	96 mm	Vääntöterästen mitoituksessa käytettävä minimi kotelon seinämäpaksuus
$t_{\text{ef}} = A/u$		
$t_{\text{ef}} =$	107 mm	Seinämän tehollinen paksuus
$t_{\text{kesk}} =$	102 mm	Vääntömitoituksessa käytettävä seinämäpaksuus, valitaan keskiarvo

Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti

Lasketaan leukapalkin kokonaisvääntöjäyhyysmomentti C_e ja tätä vastaava vääntövastus W_{te} .

Lasketaan vääntöraudoittamattoman betonipoikkileikkauksen vääntökapasiteetti $T_{Rd,c}$.

$C_{e,\text{palkki}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$	580 mm Pääpalkin korkeus
$b =$	380 mm Pääpalkin leveys
$h/b =$	1,5 Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$	0,21 Taulukosta
$C_{e,\text{palkki}} =$	6 683 409 600 mm ⁴ , pääpalkin vääntöjäyhyysmomentti

$C_{e,v,\text{leuka}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$	380 mm Leuan korkeus
$b =$	200 mm Leuan leveys
$h/b =$	1,9 Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$	0,19 Taulukosta, 0, jos $h/b < 1$
$C_{e,\text{leuka}} =$	577 600 000 mm ⁴ , leuan vääntöjäyhyysmomentti

$C_{e,o,\text{leuka}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$	380 mm Leuan korkeus
$b =$	200 mm Leuan leveys
$h/b =$	1,9 Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$	0,19 Taulukosta, 0, jos $h/b < 1$
$C_{e,\text{leuka}} =$	577 600 000 mm ⁴ , leuan vääntöjäyhyysmomentti

$C_e = C_{e,\text{palkki}} + C_{e,v,\text{leuka}} + C_{e,o,\text{leuka}}$	
$C_e =$	7838609600 mm ⁴ , leukapalkin vääntöjäyhyysmomentti

$b_{\text{max}} =$	380 mm	Suurin osapoikkileikkausten leveyksistä
--------------------	--------	---

$W_{te} = C_e / b_{max}$	
$W_{te} =$	20627920 mm ³ Vääntövuus

$f_{\text{ctd}} =$	1,4 N/mm ²	Betonin laskentasetolujuus
--------------------	-----------------------	----------------------------

$$T_{Rd,c} = 0,3 * f_{\text{ctd}} * W_{te}$$

$T_{Rd,c} =$	8,4 kNm	Vääntöraudoittamattoman leukapalkin vääntökestävyys
--------------	---------	---

$KA =$	0 %	$EHTO: T_{Ed} / T_{Rd,c} * 100\%$	$\leq 100\%$
--------	-----	-----------------------------------	--------------

Vääntöraudoitusta ei tarvita.

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Vääntöraudoituksen mitoitus

Pituussuuntaisten terästen mitoitus

Lasketaan palkin pituussuuntaisen vääntöraudoituksen vaadittu poikkileikkauspinta-ala suurimman vääntömomentin kohdalla.

$$A_{sl} = T_{ed} * u_k * \cot(\vartheta) / (2 * A_k * f_{yd})$$

$T_{ed} = 0,0 \text{ kNm}$ Poikkileikkausta rasittavan vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

$f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$ Raudoitteen laskentalujuus

$\vartheta = 33,5^\circ$ Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

$$u_k = 2 * (B_{kok} - t_{kesk}) + 2 * (H - t_{kesk})$$

$B_{kok} = 780 \text{ mm}$ Palkin kokonaisleveys

$t_{kesk} = 102 \text{ mm}$ Vääntömitoituksessa käytettävä seinämäpaksuus, valitaan keskiarvo

$u_k = 3074 \text{ mm}$ Tehollisen kotelon piiri = seinämäpaksuuden t_{kesk} keskiviiva

$A_k = 186808 \text{ mm}^2$ Kotelon keskiviivan rajaaman alueen pinta-ala

$A_{sl} = 0 \text{ mm}^2$ Vaadittu vääntöraudoituksen poikkileikkauspinta-ala pääpalkissa

Vääntöhakojen mitoitus

Lasketaan vääntöhakojen vaadittu poikkileikkauspinta-ala suurimman vääntömomentin kohdalla.

$$A_{sw}/s = T_{ed} / (2 * A_k * f_{ywd}) * \cot(\vartheta)$$

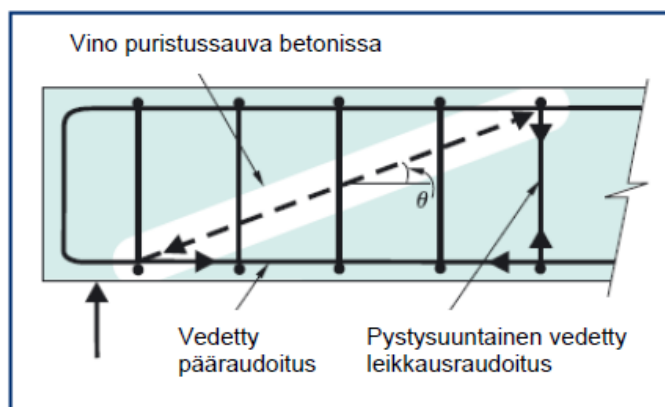
$T_{ed} = 0,0 \text{ kNm}$ Poikkileikkausta rasittavan vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

$f_{ywd} = 347,8 \text{ N/mm}^2$ Hakaraidoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

$\vartheta = 33,5^\circ$ Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

$A_k = 186808 \text{ mm}^2$ Kotelon keskiviivan rajaaman alueen pinta-ala

$A_{sw}/s = 0 \text{ mm}^2$ Vaadittu vääntöhakojen poikkileikkauspinta-ala yhtä palkkimetriä kohti
Huom. Vääntöhaat ovat yksileikkeisiä!



Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

H) Pääpalkin taivutusmitoitus

Pääraudoituksen laskenta aukossa

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 532340284 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 380 \text{ mm}$	Pääpalkin leveys
$d = 532 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,291$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,354 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 532 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 438 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 2796 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Pääraudoituksen laskenta tuella

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 0 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 380 \text{ mm}$	Pääpalkin leveys
$d = 532 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,000$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,000 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 532 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 532 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 0 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto palkeilla
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoituksen ominaisvetolujuus
$A_{s,min} = 304 \text{ mm}^2$	Minimiraudoituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala
$A_{s,vaad} = 2796 \text{ mm}^2$	Vaadittu raudoituspoikkipinta-ala

Laskennan suoritti: 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

I) Leukapalkin pääraudoituksen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntömitoituksen vaatimat terästen poikkileikkauspinta-alat palkin eri osissa.

Vääntöraudoituksen teräsmäärä jakautuu tasaisesti ylä- ja alapintaan.

Taivutusmitoituksen vaatima rauditus tulee kaikki yhteen pintaan.

Aukon pääteräukset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min};A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	0	304	304	16	2	402	T 16, 2 kpl	76 %
AP	2796	0	304	2796	25	8	3927	T 25, 8 kpl	71 %

1/4 ja 3/4 pisteiden pääteräukset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min};A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	0	304	304	16	2	402	T 16, 2 kpl	76 %
AP	2097	0	304	2097	25	6	2945	T 25, 6 kpl	71 %

Tuen pääteräukset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min};A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	0	304	304	16	2	402	T 16, 2 kpl	76 %
AP	0	0	304	304	25	4	1963	T 25, 4 kpl	16 %

Palkin keskellä esiintyy vain taivutusrasitusta.

Palkin 1/4- ja 3/4 -pisteissä esiintyy sekä taivutus- että vääntörasitusta.

Teräsmäärät on arvioitu karkeasti momenttien suhteella.

Palkin päissä esiintyy suurin vääntörasitus.

Palkin päissä vaikuttaa myös taivutusjännitystä, mikäli palkki liittyy tuelle jäykästi.

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

J) Pääpalkin leikkausmitoitus

Raudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetti.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 380 \text{ mm} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida}$$

$$d = 532 \text{ mm} \quad \text{Palkin tehollinen korkeus}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,61 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 2366 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääterästen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$\rho = 0,01170 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 128 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo koko poikkileikkaukselle}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 79 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo koko poikkileikkaukselle}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,c0}$$

$$V_{Rd,c} = 128 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 267 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu}$$

$$KA = 208 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$$

Palkki ei kestä leikkausrasitusta. Mitoitetaan leikkaushaati.

Laskennan suoritti: 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausraudoitettu rakenne

Lasketaan kuinka suuri hakojen teräspoikkileikkauspinta-ala vastaa leikkausvoimaa.

$A_{sw}/s = V_{Ed} / (z * f_{ywd} * \cot \theta)$	
$V_{Ed} =$	266,8 kN
$z =$	532 mm
$f_{ywd} =$	400,0 N/mm ²
$\theta =$	33,5 °
$A_{sw}/s =$	830 mm ² /m

Sisäinen momenttivarsi tuella

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8 °)

Lasketaan palkin leikkauskestävyys, kun käytetään hakahalkaisijaa φ_{haka} ja jakoa s .

Leikkausraudoitetun rakenteen leikkauskestävyys

$V_{Rd,s} = f_{ywd} * A_{sw} / s * z * (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) * \sin(\alpha)$	
$\alpha =$	90 °
$\varphi_{haka} =$	10 mm
$A_{haka} =$	78,5
$A_{sw} =$	157,1 mm
$s =$	100 mm
$V_{Rd,s} =$	505 kN

Hakojen kaltevuus, 90 ° = pystysuora

Palkin haan halkaisija, yhdistetty vääntö- ja leikkaushaka

Huom! Leikkaushaarat mitoitetaan kaksileikkisinä!

Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala, kaksi leikettä

Vääntöhakojen vaadittu jako suurimman leikkausvoiman kohdalla

Leikkaushakojen antama leikkauskestävyys (jos kaikki haarat varataan leikkaukselle)

Lasketaan valitun hakakoon minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli sekä suurin hakaväli millä tahansa hakakoolle.

Minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli

$s_{vaad} = A_{sw} / (\rho_{w,min} * b_w)$	
$\rho_{w,min} = 0,08 * \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$	
$f_{ck} =$	30 N/mm ²
$f_{yk} =$	500 N/mm ²
$\rho_{w,min} =$	0,00088
$A_{sw} =$	157 mm ²
$b_w =$	380 mm
$s_{vaad} =$	472 mm

Betonin ominaispuristuslujuus

Teräksen ominaisvetolujuus

Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Käytettävien leikkaushakojen minimijako

Suurin sallittu hakaväli

$s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$	
$s_{max} =$	399 mm

Suurin sallittu hakaväli, $s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$

Tarkastetaan rajoittaako puristusmurtokestävyys leikkausraudoitetun palkin leikkaukskapasiteettia.

Leikkauskestävyyden yläraja (puristusmurtokestävyys)

$V_{Rd,max} = v * f_{cd} * b_w * z / (\tan(\theta) + \cot(\theta))$	
$v =$	0,6
$f_{cd} =$	17,0 N/mm ²
$b_w =$	380 mm
$\theta =$	33,5 °
$z =$	532 mm
$V_{Rd,max} =$	949 kN

Halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin

Betonin laskennallinen puristuslujuus

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8 °)

Sisäinen momenttivarsi

Puristumurrin rajoittama leikkauskestävyyden yläraja

EHTO: $V_{Ed} / (\text{MIN: } V_{Rd,s}; V_{Rd,t})$ KA= 53 %

EHTO: $s < \text{MIN: } (s_{max}; s_{vaad})$ KA= 25 %

Laskennan suoritti: 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

K) Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetti.

$$A_{sw}/s = F_d / f_{ywd}$$

$$f_{ywd} = 400,0 \text{ N/mm}^2$$

$$F_d = 44,88 \text{ kN}$$

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 \cdot f_{yk}$

Lisäkuorma pääpalkin haaille

$$A_{sw}/s = 112 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ripustusraudoituksen vaatima hakojen poikkileikkauspinta-ala

L) Pääpalkin hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
207	0	112	10	200	5,00	393	T 10, K200
			Jakovaatimus:	50 %	KA:	81 %	

Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
207	0	112	10	200	5,00	393	T 10, K200
			Jakovaatimus:	50 %	KA:	81 %	

Haat tuella

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
415	0	112	10	100	10,00	785	T 10, K100
			Jakovaatimus:	25 %	KA:	67 %	

Palkin keskellä esiintyy vain ripustusrasitusta.

Palkin 1/4- ja 3/4 -pisteissä esiintyy leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasituksia.
Teräsmäärät on arvioitu karkeasti rasitusten suhteella.

Palkin päissä esiintyy leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasituksia.

Laskennan suoritti: 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

M) Vasemman leukaulokkeen 1m kaistalla

Taivutusmitoitus

Mitoitetaan määrävän leukaulokkeen taivutusraudoitus. Ulokkeen yläpinta on vedolla. Pääraudoituksena toimivat haat.

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 4431250 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaista
$d = 335 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,002$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,002 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 335 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 335 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 30 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto palkeilla
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoituksen ominaisvetolujuus
$A_{s,min} = 505 \text{ mm}^2$	Minimiraudoituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala
$A_{s,vaad} = 505 \text{ mm}^2$	Vaadittu raudoituspohkipinta-ala

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntörasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	150	6,67	524	T 10, K150
		Jakovaatimus:	38 %	KA:	96 %	

Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	150	6,67	524	T 10, K150
		Jakovaatimus:	38 %	KA:	96 %	

Haat tuella

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	100	10,00	785	T 10, K100
		Jakovaatimus:	25 %	KA:	64 %	

Leukaulokkeen juuressavaikuttaa suurin taivutus- ja leikkausrasitus.

Mitoitetaan leikkauskestävyys betonin kapasiteetille.

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausmitoitus

Tarkastetaan leukaosloksen ja pääpalkin välinen leikkauskestävyys.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida}$$

$$d = 335 \text{ mm} \quad \text{Palkin tehollinen korkeus}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,77 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 1009 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääterästen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$\rho = 0,00301 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 148 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 152 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 152 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 30 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu}$$

$$KA = 20 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$$

Leikkausraudoitusta ei tarvita.

Laskennan suoritti: 3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

N) Oikean leukaulokkeen taivutusmitoitus 1m kaistalla

Taivutusmitoitus

Mitoitetaan määrävän leukaulokkeen taivutusraudoitus. Ulokkeen yläpinta on vedolla. Pääraudoituksena toimivat haat.

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 4431250 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaista
$d = 335 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,002$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,002 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 335 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 335 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 267 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 50 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto palkeilla
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoituksen ominaisvetolujuus
$A_{s,min} = 505 \text{ mm}^2$	Minimiraudoituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala
$A_{s,vaad} = 505 \text{ mm}^2$	Vaadittu raudoituspohkipinta-ala

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntörasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	150	6,67	524	T 10, K150
		Jakovaatimus:	38 %	KA:	96 %	

Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	150	6,67	524	T 10, K150
		Jakovaatimus:	38 %	KA:	96 %	

Haat tuella

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	100	10,00	785	T 10, K100
		Jakovaatimus:	25 %	KA:	64 %	

Leukaulokkeen juuressavaikuttaa suurin taivutus- ja leikkausrasitus.

Mitoitetaan leikkauskestävyys betonin kapasiteetille.

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausmitoitus

Tarkastetaan leukaosloksen ja pääpalkin välinen leikkauskestävyys.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida}$$

$$d = 335 \text{ mm} \quad \text{Palkin tehollinen korkeus}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,77 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 1009 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääterästen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$\rho = 0,00301 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 148 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 152 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 152 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 30 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu}$$

$$KA = 20 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$$

Leikkausraudoitusta ei tarvita.

Laskennan suoritti:

3.2.1. Keskipalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

O) Pilari-palkki liitos

Liitetään leukapalkki pilariin tai kantavaan seinään AEP-piilokonsolilla.

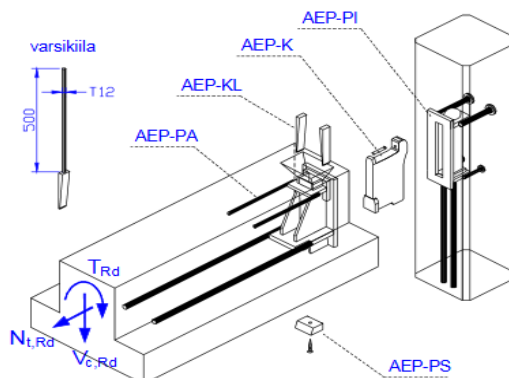
Valitaan konsoli Anstarin mitoitusaulukon mukaan.

AEP PILOKONSOLI

sivu 1 / 2

AEP piilokonsolia käytetään betonipalkin tai A-palkin liittämiseen betonipilarin tai -seinän kylkeen. Liitos toimii nivelenä palkin taivutukselle, mutta jäykkänä väännölle. AEP mahdollistaa ontelolaattojen asentamisen ilman asennusaikaista tuentaa.

AEP	KESTÄVYYKSARVOT betoni K50-1, C40/50			vakio- konsoli	kaksois- konsoli
	V_{Rd} [kN]	T_{Rd} [kNm]	N_{Rd} [kN]		
AEP 400	400	10	50		
AEP 600	600	20	60		
AEP 800	800	30	80		
AEP 1100	1100	50	100		
AEP 1600	1600	60	160		
AEP 2200	2200	100	200		



$$T_d = 0,0 \text{ kN}$$

$$V_d = 267 \text{ kN}$$

Valitaan piilokonsoliksi AEP 600.

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalliljuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaaliljuudet

Rauditus
Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys
Palkin taipuma

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan
Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys
Palkin taipuma

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	165 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 55 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,135 mm		KA= 34 %
Halkeamakestävyys	$M_{cr} =$	62,9 kNm		KA= Palkki halkeilee.
Taipuma	$f =$	5,7 mm	1/300	KA= 22 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	174 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 58 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,133 mm		KA= 33 %
Taipuma	$f =$	7,9 mm	1/300	KA= 30 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	224 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 75 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,134 mm		KA= 33 %
Taipuma	$f =$	10,1 mm		KA= 39 %

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallujuudet

Palkin poikkileikkaus

$B =$	380 mm	Palkin leveys
$H =$	580 mm	Palkin korkeus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta
$B_{kuorma} =$	7,7 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$u =$	2670 mm	Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_0 =$	165 mm	Palkin kuivattuva piiri
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk
$C_1 =$	40 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	25 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s1} =$	8 kpl	Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s1} =$	3927 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_2 =$	40 mm	Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s2} =$	16 mm	Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s2} =$	2 kpl	Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s2} =$	402 mm ²	Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	528 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$d_2 =$	48 mm	Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$g_{oma} =$	5,5 kN/m	Palkin omapaino
$g_{muu} =$	0,5 kN/m ²	Lisäpaino, esim. laatasta tai pintavalusta
$q =$	2,0 kN/m ²	Laatasta hyötykuorma
$\psi =$	0,3	Muuttuvan kuorman kerroin pitkäaikaikuormituksessa
$B_{kuorma} =$	7,7 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$p_{E, \infty, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + \psi * q)$		
$p_{E, \infty, k} =$	14,0 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	298 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$p_{E, lyhyt, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + q)$		
$p_{E, lyhyt, k} =$	24,8 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	405 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetoalikoista:

Betoni:	C30/37	Sallittu taipuma	1/300
Rauditus:	Harjateräs	Sallittu halkeamaleveys:	0,4
Palkin tuenta:	Nivel-nivel	Huomioi tuenta myös momentissa!	

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Rauditus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoitteen ominaislujuus}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

Betoni

$$f_{ck} = 30,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaispuristuslujuus}$$

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin vetolujuus, 5% fraktiili}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\rho_{betoni} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \quad \text{Raudoitettun betonin tilavuuspaino}$$

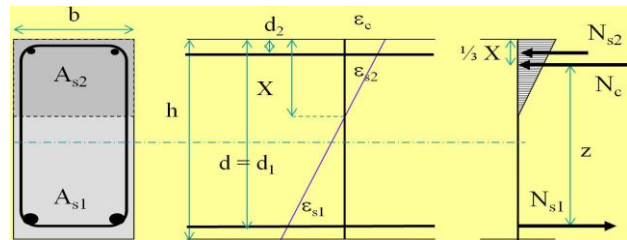
C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betoni-poikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuoleisen rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$$A_{s1} = 3927 \text{ mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 528 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$B = 380 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_1 = 0,01959 \quad \text{Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$$A_{s2} = 402 \text{ mm}^2 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 528 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$d_2 = 48 \text{ mm} \quad \text{Yläpinnan pääteräksen sijainti}$$

$$B = 380 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_2 = 0,00201 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\alpha_e = 6,09 \quad \text{Kimmokerrointen suhde}$$

$$M_k = 298 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad || \text{ kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d + \rho_2 * \alpha_e * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)) * d \quad || \text{ yleismuoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$$X = 199 \text{ mm} \quad \text{Puristuspuoleisen pinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa}$$

$$z = 461 \text{ mm} \quad \text{Sisäinen momenttivarsi}$$

$$\sigma_s = 165 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa}$$

$$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad KA = 55 \%$$

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	580 mm	Palkin korkeus
$B =$	380 mm	Palkin leveys
$d =$	528 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	3927 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	40 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\phi_{s1} =$	25 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	199 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	131 mm	
$H_{c,eff} = \text{MIN } (H - X) / 3 =$	127 mm	
$H / 2 =$	290 mm	
$H_{c,eff} =$	127 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	48306 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetoraudoituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,08129 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \phi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	165 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : 0,000716$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000494$	
$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	188 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000716	
$w_k =$	0,135 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{sall} =$	0,40 mm	KA= 34 %

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin halkeamamomentti M_{cr} . Mikäli halkeamamomentti ylitetään, tippuu palkin taiputusjäykkyys ja taipumat kasvavat. Tällöin lasketaan palkin halkeiluasteesta riippuva taiputusjäykkyys I_B .

$H =$	580 mm	Palkin korkeus
$B =$	380 mm	Palkin leveys
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$f_{ctm,fl} = (1,6 - H/1000) * f_{ctm}$		
$f_{ctm,fl} =$	2,95 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus taiputuksessa
$M_{cr} = W_{ce} * f_{ctm,fl} = (H^2 * B / 6) * f_{ctm,fl}$		

$M_{cr} =$	63 kNm	Taivutusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	298 kNm	Halkeamatarkastelun taivutusmomentti

Palkki halkeilee.

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_c , I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c = H^3 * B / 12$		
$I_c =$	6,179E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$A_{s1} =$	3927 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	528 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	199 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$I_R =$	3,628E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$\zeta = 1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$		
$\theta =$	0,5	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	0,978	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c$		
	3,685E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$f = 0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	14,0 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta

$f =$	5,7 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	26 mm	Sallittu taipuma
		KA= 22 %

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	528 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	3927 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,01959	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00201	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} = 1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$		
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	298 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		// kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)} * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)) * d$		// yleismuoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	275 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$z =$	436 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	174 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 58 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	188 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,08129 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	174 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s : 0,000705$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000522$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000705	
$W_k =$	0,133 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 33 %

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

Lasketaan palkin taivutusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_C =$	6,179E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$I_R = \alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) \cdot (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	3927 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	528 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	275 mm	Puristuspuoleisen korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	7,030E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$\zeta =$	0,978	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta \cdot I_R + (1 - \zeta) \cdot I_C$	7,011E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taivutusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 \cdot p_k \cdot L^4 / (E_{cm} \cdot I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_C$
$p_k =$	14,0 kN/m	Palkin pitkäaikaiskuormitus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta
$f =$	7,9 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	26 mm	Sallittu taipuma
		KA= 30 %

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaikuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$$\begin{aligned} d &= 528 \text{ mm} && \text{Rakenteen tehokas korkeus} \\ A_{s1} &= 3927 \text{ mm}^2 && \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala} \\ \rho_1 &= 0,01959 && \text{Alapinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala} \\ \rho_2 &= 0,00201 && \text{Yläpinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala} \\ E_{cm} &= 32837 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin kimmokerroin} \\ \alpha_e &= E_s / E_{c,eff} \\ E_s &= 200000 \text{ N/mm}^2 && \text{Raudoituksen kimmokerroin} \\ \alpha_e &= 6,09 && \text{Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu} \\ M_k &= 405 \text{ kNm} && \text{Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa} \\ X &= \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d && \text{|| kun } A_2 = 0 \\ X &= \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)) * d && \text{|| yleismuoto} \\ z &= d - X / 3 \\ \sigma_s &= M_k / (z * A_{s1}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= 202 \text{ mm} && \text{Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa} \\ z &= 460 \text{ mm} && \text{Sisäinen momenttivarsi} \\ \sigma_s &= 224 \text{ N/mm}^2 && \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa} \\ \sigma_{raja} &= 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 && \text{KA= 75 \%} \end{aligned}$$

Halkeamaleveys

$$\begin{aligned} S_{r,max} &= 188 \text{ mm} && \text{Suurin halkeamien välimatka} \\ \rho_{p,eff} &= 0,08129 \text{ mm}^2 && \text{Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä} \\ \sigma_s &= 174 \text{ N/mm}^2 && \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa} \\ K_t &= 0,6 && \text{Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6} \\ \alpha_e &= 6,09 && \text{Kimmokerrointen suhde} \\ f_{ctm} &= 2,9 \text{ N/mm}^2 && \text{Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen} \\ E_s &= 200000 \text{ N/mm}^2 && \text{Raudoituksen kimmokerroin} \\ \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} &= \text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s : 0,000711 \\ & \quad 0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000522 \\ W_k &= S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} &= 0,000711 \\ W_k &= 0,134 \text{ mm} && \text{Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa} \\ W_{sall} &= 0,40 \text{ mm} && \text{KA= 33 \%} \end{aligned}$$

Laskennan suoritti:

3.2.2. Keskipalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c =$	6,179E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	3927 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	528 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	202 mm	Puristuspuolelman korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	3,587E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$M_{cr} =$	63 kNm	Taiputusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	405 kNm	Lyhytaikainen taiputusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$\zeta = 1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$		
$\theta =$	1,0	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	0,976	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c$		
	3,650E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	32837 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	24,8 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta
$f =$	10,1 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	26 mm	Sallittu taipuma
		KA= 39 %

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja yleistiedot

Leukapalkki
Laatasto

B) Materiaalien lähtötiedot

Betoni
Raudoitus
Rasitusluokat ja betonipeite

C) Leukapalkin kuormat

KRT metrikuormat
MRT metrikuormat

D) Pääpalkin rasitukset

Vääntö
Taivutus
Leikkaus

E) Leukaulokkeiden rasitukset 1 m kaistalle

Taivutus
Leikkaus
Ripustusvoima pääpalkkiin

F) Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti ilman vääntöhakoa

Vääntömitoituksen mittoja
Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti

G) Vääntöraudoituksen mitoitus

Pituussuuntaisten terästen mitoitus
Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala
Vääntöhakojen mitoitus

H) Pääpalkin taivutusmitoitus

Pääraudoituksen laskenta aukossa
Pääraudoituksen laskenta tuella
Mimiraudoitus

I) Leukapalkin pääraudoituksen mitoitus

J) Pääpalkin leikkausmitoitus

Raudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti
Leikkausraudoitettu rakenne
Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

K) Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

L) Pääpalkin hakojen mitoitus

M) Vasemman leukaulokkeen 1m kaistalla

Taivutusmitoitus
Hakojen mitoitus
Leikkausmitoitus

N) Oikean leukaulokkeen taivutusmitoitus 1m kaistalla

Taivutusmitoitus
Hakojen mitoitus
Leikkausmitoitus

O) Pilari-palkki liitos

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

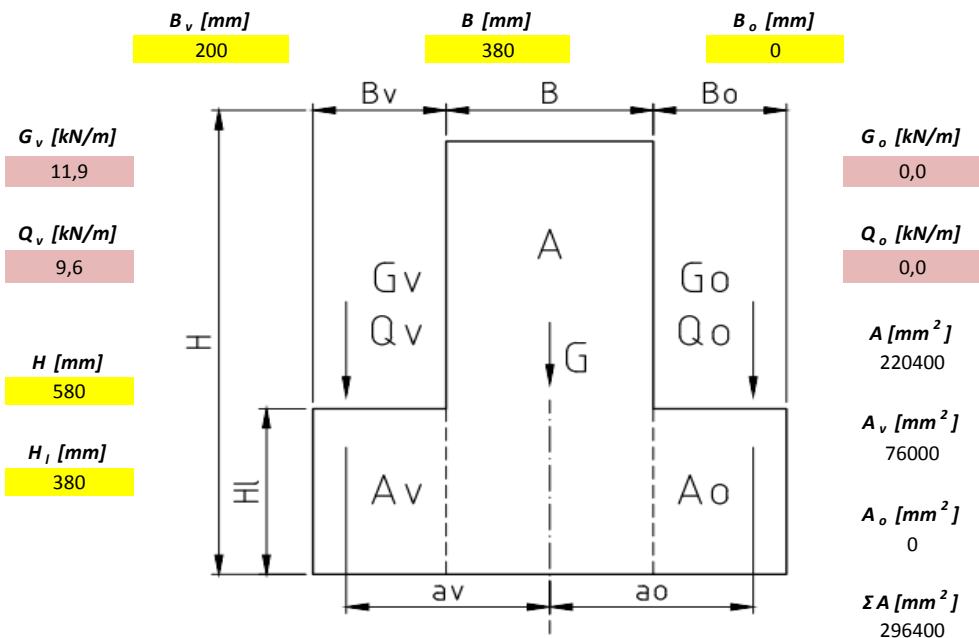
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja yleistiedot

Leukapalkki

Täytä leukapalkin mitat ja kuormat alapuoliseen taulukkoon.



Liitos tuella:

Nivel

a_v [mm]

340

a_o [mm]

0

$L=JM=$ 7,98 m

$L_{tuki} =$ 0,10 m

Leukapalkin pituus (tukiväli)

Leukapalkin tukipinnan pituus, käytetään redusoidun leikkausvoiman laskennassa

B) Materiaalien lähtötiedot

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

$f_{ck} =$	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,35 N/mm ²	Betonin laskentasetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen laskentalujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne sijaitsee kuivissa sisätiloissa.
Ilmankosteus vastaa normaalia sisäilmankosteutta.
Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Leukapalkki	XC1	10	C30/37

Lasketaan nimellinen betonipeite SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 10 \text{ mm}$ Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$ Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 10 \text{ mm}$ Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 20 \text{ mm}$ Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

Pääpalkki

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$h = 580 \text{ mm}$ Rakenteen korkeus

$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$ Työteräksen halkaisija

$\varphi_{haka} = 10 \text{ mm}$ Haan halkaisija, määritetty laskennan lopussa

$\varphi_{pääteräs} = 20 \text{ mm}$ Pääteräksen halkaisija, määritetty laskennan lopussa

$d = 530 \text{ mm}$ Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Vasen leukauloke

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$h = 380 \text{ mm}$ Rakenteen korkeus

$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$ Työteräksen halkaisija

$\varphi_{haka} = 10 \text{ mm}$ Haan halkaisija

$\varphi_{pääteräs} = 10 \text{ mm}$ Pääteräksen halkaisija (arvaus)

$d = 335 \text{ mm}$ Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Oikea leukauloke

$$d = h - c_{nom} - \varphi_{työteräs} - \varphi_{pääteräs} / 2$$

$h = 380 \text{ mm}$ Rakenteen korkeus

$\varphi_{työteräs} = 10 \text{ mm}$ Työteräksen halkaisija

$\varphi_{haka} = 10 \text{ mm}$ Haan halkaisija

$\varphi_{pääteräs} = 10 \text{ mm}$ Pääteräksen halkaisija (arvaus)

$d = 335 \text{ mm}$ Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Leukapalkin kuormat

KRT metrikuormat

$g_v =$	11,9 kN/m	Vasenta leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_o =$	0,0 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_{v,leuka} =$	1,90 kN/m	Vasemman leuan omapaino
$g_{o,leuka} =$	0,0 kN/m	Oikean leuan omapaino
$g_{palkki} =$	5,5 kN/m	Pääpalkin omapaino
$q_v =$	10 kN/m	Vasenta leukaa rasittava muuttuva kuorma
$q_o =$	0 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava muuttuva kuorma

MRT metrikuormat

$\gamma_g =$	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	1,5	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$g_{v,d} =$	13,7 kN/m	Vasenta leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_{o,d} =$	0,0 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava pysyvä kuorma
$g_{v,leuka,d} =$	2,2 kN/m	Vasemman leuan omapaino
$g_{o,leuka,d} =$	0,0 kN/m	Oikean leuan omapaino
$g_{palkki,d} =$	6,3 kN/m	Pääpalkin omapaino
$q_{v,d} =$	14 kN/m	Vasenta leukaa rasittava muuttuva kuorma
$q_{o,d} =$	0 kN/m	Oikeaa leukaa rasittava muuttuva kuorma
$p_d =$	37 kN/m	Leukapalkin kokonaismoitituskuorma

D) Pääpalkin rasitukset

Lasketaan palkin molempia leukoja rasittavat vääntömomentit ja lasketaan näistä palkin kokonaisvääntömomentti.

$L =$	7,98 m	Leukapalkin pituus (tukiväli)
$a_v =$	340 mm	Vasempaa leukaa vääntävän kuorman etäisyys pääpalkin painopisteeseen
$a_o =$	0 mm	Oikeaa leukaa vääntävän kuorman etäisyys pääpalkin painopisteeseen
$s_v =$	290 mm	Vasemman leuan ja pääpalkin painopisteiden välinen etäisyys
$s_o =$	190 mm	Oikean leuan ja pääpalkin painopisteiden välinen etäisyys

Vääntö

$mt_{g,v,d} =$	4,7 kNm/m	Vasemman leuan pysyvän kuorman aiheuttama vääntö
$mt_{g,o,d} =$	0,0 kNm/m	Oikean leuan pysyvän kuorman aiheuttama vääntö
$mt_{v,leuka,d} =$	0,6 kNm/m	Vasemman leuan omapainon aiheuttama vääntö
$mt_{o,leuka,d} =$	0,0 kNm/m	Oikean leuan omapainon aiheuttama vääntö
$mt_{q,v,d} =$	5 kNm/m	Vasemman leuan muuttuvan kuorman aiheuttama vääntö
$mt_{q,o,d} =$	0 kNm/m	Oikean leuan muuttuvan kuorman aiheuttama vääntö
$\Sigma mt_d =$	10,2 kNm/m	Vääntömomentti leukapalkkimeträ kohti
$T_d = m_{td} * L / 2$		
$T_d =$	40,6 kNm	Vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Taivutus

$$M_{d,max} = pL^2/8$$

$$M_{d,aukko} = 291 \text{ kNm}$$

Taivutusmomentin mitoitusarvo aukossa, palkin alapinta vedolla

$$M_{d,tuki} = 0 \text{ kNm}$$

Taivutusmomentin mitoitusarvo tuella, palkin yläpinta vedolla

Leikkaus

$$T_d = V_d = p * L/2$$

$$T_d = V_d = 146 \text{ kN}$$

Palkin tukivoima, redusoimaton leikkausrasitus

$$L_{tuki} = 0,10 \text{ m}$$

Tuen pituus palkin suunnassa (=0, jos palkki tukeutuu jäykästi seinään)

$$d = 530 \text{ mm}$$

Betonipoikkileikkauksen tehollinen korkeus rakenteellisessa tarkastelukohdassa

$$V_{Ed} = V_d - (L_{tuki}/2 + d) * \Sigma p_{alkki,d}$$

$$V_{Ed} = 146 \text{ kN}$$

Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu

Palkin leikkaus-, taivutus- ja vääntörasitukset 1/10-pisteissä

x/L	$x [m]$	V_{xd}	M_{xd} jäykkä	M_{xd} nivel	$laskennassa$	T_{xd}
0,00	0,0	146,1	-194,3	0,0	0,0	40,6
0,10	0,8	116,8	-89,4	104,9	104,9	32,5
0,20	1,6	87,6	-7,8	186,5	186,5	24,4
0,25	2,0	73,0	24,3	218,5	218,5	20,3
0,30	2,4	58,4	50,5	244,8	244,8	16,3
0,40	3,2	29,2	85,5	279,7	279,7	8,1
0,50	4,0	0,0	97,1	291,4	291,4	0,0
0,60	4,8	-29,2	85,5	279,7	279,7	-8,1
0,70	5,6	-58,4	50,5	244,8	244,8	-16,3
0,75	6,0	-73,0	24,3	218,5	218,5	-20,3
0,80	6,4	-87,6	-7,8	186,5	186,5	-24,4
0,90	7,2	-116,8	-89,4	104,9	104,9	-32,5
1,00	8,0	-146,1	-194,3	0,0	0,0	-40,6

Laskennan suoritti:

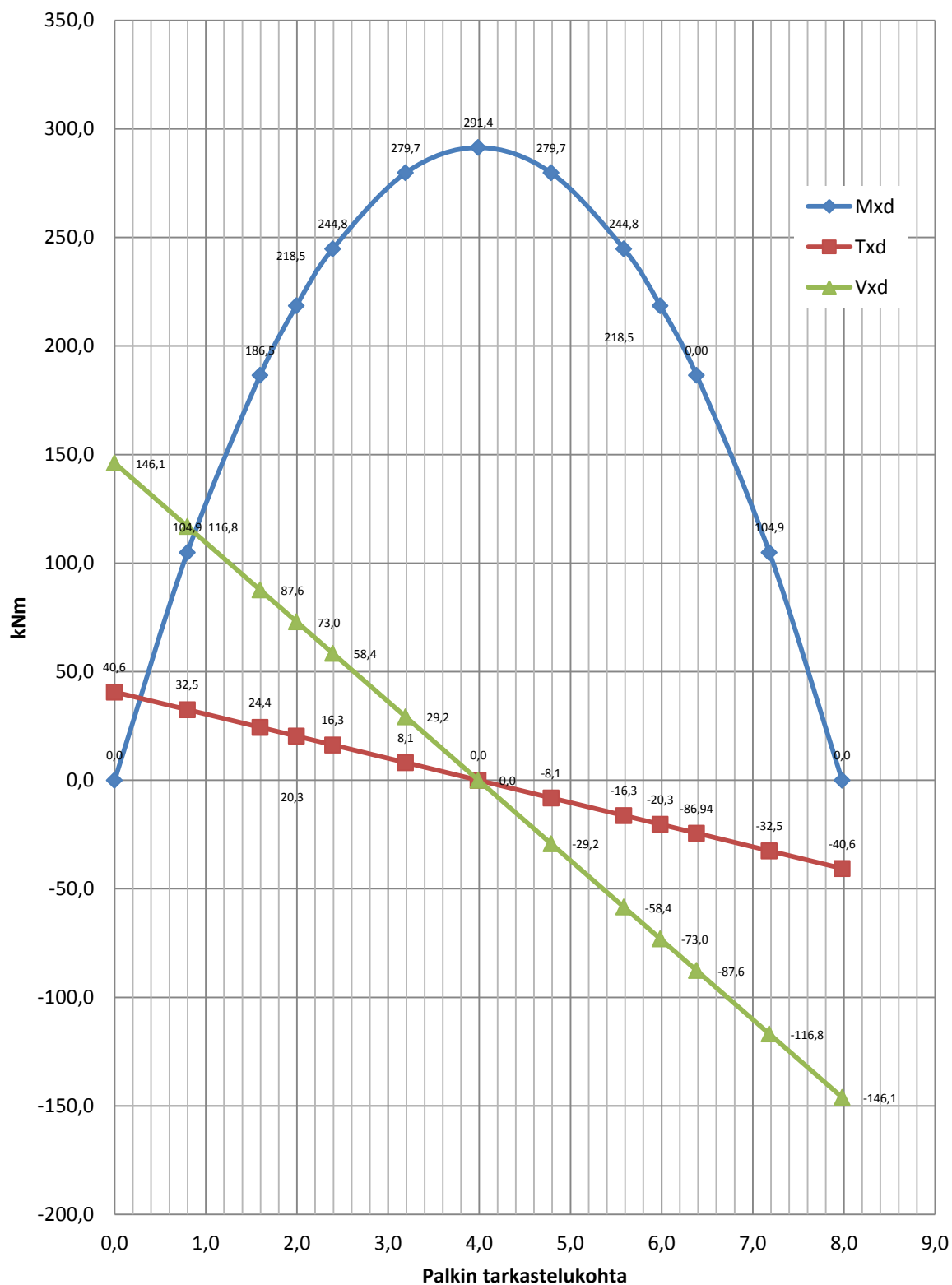
3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leukapalkin leikkaus-, taivutus- ja vääntömomenttikuvaja



Laskennan suoritti:

3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Leukaulokkeiden rasitukset 1 m kaistalle

Vasen leuka

Taivutus

Lasketaan leukaulokkeen kuormien aiheuttama taivutusmomentti pääpalkin reunan suhteen.

$$M_{d,uloke} = ((g_d + q_d) * (a - 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_v))$$

$$M_{d,uloke} = 4,4 \text{ kNm/m} \quad \text{Taivutusmomentti leuan juurella, leuan yläpinta vedolla}$$

Leikkaus

$$V_d = G_d + Q_d + G_{leuka,d}$$

$$V_d = 30,3 \text{ kN} \quad \text{Redusoimaton leikkausrasitus, laskenta varman puolella}$$

Ripustusvoima pääpalkkiin

Lasketaan leukaulokkeen aiheuttama ripustusvoima pääpalkin haoille.

Leuan kuormista lasketaan momentti pääpalkin vastakkaisen pystysivun suhteen ja jaetaan palkin tehokkaalla leveydellä.

$$F_d = ((g_d + q_d) * (a + 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_v + B)) / d_{pääp,vaaka}$$

$$F_d = 44,9 \text{ kN} \quad \text{Ripustusvoima pääpalkin haoille}$$

Oikea leuka

Taivutus

$$M_{d,uloke} = ((g_d + q_d) * (a - 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_o))$$

$$M_{d,uloke} = 0,0 \text{ kNm/m} \quad \text{Taivutusmomentti leuan juurella, leuan yläpinta vedolla}$$

Leikkaus

$$V_d = G_d + Q_d + G_{leuka,d}$$

$$V_d = 0,0 \text{ kN} \quad \text{Redusoimaton leikkausrasitus, laskenta varman puolella}$$

Ripustusvoima pääpalkkiin

$$F_d = ((g_d + q_d) * (a + 0,5 * B) + g_{d,leuka} * (0,5 * B_o + B)) / d_{pääp,vaaka}$$

$$F_d = 0,0 \text{ kN} \quad \text{Ripustusvoima pääpalkin haoille}$$

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti ilman vääntöhakoa

Vääntömitoituksen mittoja

$u =$	3080 mm	Koko palkin poikkileikkauksen piiri
$A_{\text{kok}} =$	296400 mm ²	Koko palkin poikkileikkauspinta-ala
$a = c_{\text{nom}} + \varphi_{\text{työteräs}} + \varphi_{\text{haka}} + \varphi_{\text{pääteräs}} / 2$		
$a =$	50 mm	Pääteräksen painopisteen etäisyys rakenteen pintaan
$t_{\text{ef,min}} = 2 * a$		
$t_{\text{ef,min}} =$	100 mm	Vääntöterästen mitoituksessa käytettävä minimi kotelon seinämäpaksuus
$t_{\text{ef}} = A/u$		
$t_{\text{ef}} =$	96 mm	Seinämän tehollinen paksuus
$t_{\text{kesk}} =$	98 mm	Vääntömitoituksessa käytettävä seinämäpaksuus, valitaan keskiarvo

Leukapalkin betonin vääntökapasiteetti

Lasketaan leukapalkin kokonaisvääntöjäyhyysmomentti C_e ja tätä vastaava vääntövastus W_{te} .

Lasketaan vääntöraudoittamattoman betonipoikkileikkauksen vääntökapasiteetti $T_{Rd,c}$.

$C_{e,\text{palkki}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$ 580 mm	Pääpalkin korkeus
$b =$ 380 mm	Pääpalkin leveys
$h/b =$ 1,5	Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$ 0,20	Taulukosta
$C_{e,\text{palkki}} =$ 6 365 152 000	mm ⁴ , pääpalkin vääntöjäyhyysmomentti

$C_{e,v,\text{leuka}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$ 380 mm	Leuan korkeus
$b =$ 200 mm	Leuan leveys
$h/b =$ 1,9	Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$ 0,19	Taulukosta, 0, jos $h/b < 1$
$C_{e,\text{leuka}} =$ 577 600 000	mm ⁴ , leuan vääntöjäyhyysmomentti

$C_{e,o,\text{leuka}} = k * b^3 * h$	Vääntöjäyhyysmomentti suorakaiteelle
$h =$ 380 mm	Leuan korkeus
$b =$ 0 mm	Leuan leveys
$h/b =$ #JAKO/0!	Korkeuden suhde k-kertoimen määrittämisessä
$k =$ 0,19	Taulukosta, 0, jos $h/b < 1$
$C_{e,\text{leuka}} =$ 0	mm ⁴ , leuan vääntöjäyhyysmomentti

$$C_e = C_{e,\text{palkki}} + C_{e,v,\text{leuka}} + C_{e,o,\text{leuka}}$$

$$C_e = 6942752000 \quad \text{mm}^4, \text{ leukapalkin vääntöjäyhyysmomentti}$$

$b_{\text{max}} =$	380 mm	Suurin osapoikkileikkausten leveyksistä
--------------------	--------	---

$$W_{te} = C_e / b_{\text{max}}$$

$$W_{te} = 18270400 \text{ mm}^3 \quad \text{Vääntövastus}$$

$$f_{\text{ctd}} = 1,4 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin laskentasetolujuus}$$

$$T_{Rd,c} = 0,3 * f_{\text{ctd}} * W_{te}$$

$$T_{Rd,c} = 7,4 \text{ kNm} \quad \text{Vääntöraudoittamattoman leukapalkin vääntökestävyys}$$

$$KA = 548 \%$$

$$\text{EHTO: } T_{Ed} / T_{Rd,c} * 100\%$$

$$\leq 100\%$$

Leukapalkki ei kestä vääntörasitusta. Mitoitetaan vääntöhaat.

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Vääntöraudoituksen mitoitus

Pituussuuntaisten terästen mitoitus

Lasketaan palkin pituussuuntaisen vääntöraudoituksen vaadittu poikkileikkauspinta-ala suurimman vääntömomentin kohdalla.

$$A_{sl} = T_{ed} * u_k * \cot(\vartheta) / (2 * A_k * f_{yd})$$

$$T_{ed} = 40,6 \text{ kNm}$$

Poikkileikkausta rasittavan vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

$$f_{yd} = 434,8 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen laskentalujuus

$$\vartheta = 33,5^\circ$$

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

$$u_k = 2 * (B_{kok} - t_{kesk}) + 2 * (H - t_{kesk})$$

$$B_{kok} = 580 \text{ mm}$$

Palkin kokonaisleveys

$$t_{kesk} = 98 \text{ mm}$$

Vääntömitoituksessa käytettävä seinämäpaksuus, valitaan keskiarvo

$$u_k = 2688 \text{ mm}$$

Tehollisen kotelon piiri = seinämäpaksuuden t_{kesk} keskiviiva

$$A_k = 159077 \text{ mm}^2$$

Kotelon keskiviivan rajaaman alueen pinta-ala

$$A_{sl} = 1193 \text{ mm}^2$$

Vaadittu vääntöraudoituksen poikkileikkauspinta-ala pääpalkissa

Vääntöhakojen mitoitus

Lasketaan vääntöhakojen vaadittu poikkileikkauspinta-ala suurimman vääntömomentin kohdalla.

$$A_{sw}/s = T_{ed} / (2 * A_k * f_{ywd} * \cot(\vartheta))$$

$$T_{ed} = 40,6 \text{ kNm}$$

Poikkileikkausta rasittavan vääntömomentin mitoitusarvo palkin tuella

$$f_{ywd} = 347,8 \text{ N/mm}^2$$

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

$$\vartheta = 33,5^\circ$$

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8°)

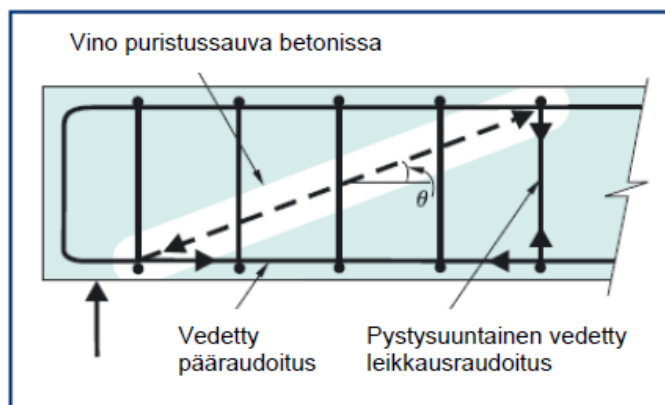
$$A_k = 159077 \text{ mm}^2$$

Kotelon keskiviivan rajaaman alueen pinta-ala

$$A_{sw}/s = 243 \text{ mm}^2$$

Vaadittu vääntöhakojen poikkileikkauspinta-ala yhtä palkkimetriä kohti

Huom. Vääntöhaat ovat yksileikkeisiä!



Laskennan suoritti:

3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

H) Pääpalkin taivutusmitoitus

Pääraudoituksen laskenta aukossa

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 291389570 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 380 \text{ mm}$	Pääpalkin leveys
$d = 530 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,161$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,176 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 530 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 483 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 1387 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Pääraudoituksen laskenta tuella

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 0 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 380 \text{ mm}$	Pääpalkin leveys
$d = 530 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,000$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,000 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 530 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 530 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 0 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto palkeilla
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoituksen ominaisvetolujuus
$A_{s,min} = 303 \text{ mm}^2$	Minimiraudoituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala
$A_{s,vaad} = 1387 \text{ mm}^2$	Vaadittu raudoituspohkipinta-ala

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

I) Leukapalkin pääraudoituksen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntömitoituksen vaatimat terästen poikkileikkauspinta-alat palkin eri osissa.

Vääntöraudoituksen teräsmäärä jakautuu tasaisesti ylä- ja alapintaan.

Taivutusmitoituksen vaatima rauditus tulee kaikki yhteen pintaan.

Aukon pääteräkset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min}; A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	0	303	303	20	2	628	T 20, 2 kpl	48 %
AP	1387	0	303	1387	20	8	2513	T 20, 8 kpl	55 %

1/4 ja 3/4 pisteiden pääteräkset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min}; A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	298	303	303	20	2	628	T 20, 2 kpl	48 %
AP	1040	298	303	1338	20	6	1885	T 20, 6 kpl	71 %

Tuen pääteräkset

	$A_{vaad,M}$ [mm ²]	$A_{vaad,T}/2$ [mm ²]	A_{min} [mm ²]	$A_{min}; A_{vaad}$ [mm ²]	φ_s [mm]	n [kpl]	$A_{s,tod}$ [mm ²]		
YP	0	596	303	596	20	2	628	T 20, 2 kpl	95 %
AP	0	596	303	596	20	4	1257	T 20, 4 kpl	47 %

Palkin keskellä esiintyy vain taivutusrasitusta.

Palkin 1/4- ja 3/4 -pisteissä esiintyy sekä taivutus- että vääntörasitusta.

Teräsmäärät on arvioitu karkeasti momenttien suhteella.

Palkin päissä esiintyy suurin vääntörasitus.

Palkin päissä vaikuttaa myös taivutusjännitystä, mikäli palkki liittyy tuelle jäykästi.

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

J) Pääpalkin leikkausmitoitus

Raudoittamattoman palkin leikkauskapasiteetti

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetti.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$B = 380 \text{ mm}$$

$$d = 530 \text{ mm}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Palkin tehollinen korkeus

Betonin ominaispuristuslujuus

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,61 \leq 2,0$$

Korkeuskerroin

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 1885 \text{ mm}^2$$

$$\rho = 0,00936$$

Pääterästen poikkileikkauspinta-ala

Raudoitussuhde

$$V_{Rd,c0} = 119 \text{ kN}$$

Leikkauskestävyyden perusarvo koko poikkileikkaukselle

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 79 \text{ kN}$$

Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo koko poikkileikkaukselle

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 119 \text{ kN}$$

Laatan leikkauskapasiteetti

$$V_{Ed} = 146 \text{ kN}$$

Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu

$$KA = 123 \%$$

$$\text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$$

$$\leq 100\%$$

Palkki ei kestä leikkausrasitusta. Mitoitetaan leikkaushaati.

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausraudoitettu rakenne

Lasketaan kuinka suuri hakojen teräspoikkileikkauspinta-ala vastaa leikkausvoimaa.

$A_{sw}/s = V_{Ed} / (z * f_{ywd} * \cot \theta)$	
$V_{Ed} =$	146,1 kN
$z =$	530 mm
$f_{ywd} =$	400,0 N/mm ²
$\theta =$	33,5 °
$A_{sw}/s =$	456 mm ² /m

Sisäinen momenttivarsi tuella

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8 °)

Lasketaan palkin leikkauskestävyys, kun käytetään hakahalkaisijaa ϕ_{haka} ja jakoa s .

Leikkausraudoitetun rakenteen leikkauskestävyys

$V_{Rd,s} = f_{ywd} * A_{sw} / s * z * (\cot(\theta) + \cot(\alpha)) * \sin(\alpha)$	
$\alpha =$	90 °
$\phi_{haka} =$	10 mm
$A_{haka} =$	78,5
$A_{sw} =$	157,1 mm ²
$s =$	100 mm
$V_{Rd,s} =$	503 kN

Hakojen kaltevuus, 90 ° = pystysuora

Palkin haan halkaisija, yhdistetty vääntö- ja leikkaushaka

Huom! Leikkaushaarat mitoitetaan kaksileikkeisinä!

Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala, kaksi leikettä

Vääntöhakojen vaadittu jako suurimman leikkausvoiman kohdalla

Leikkaushakojen antama leikkauskestävyys (jos kaikki haat varatan leikkaukselle)

Lasketaan valitun hakakoon minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli sekä suurin hakaväli millä tahansa hakakoolle.

Minimihakavaatimuksen mukainen hakaväli

$s_{vaad} = A_{sw} / (\rho_{w,min} * b_w)$	
$\rho_{w,min} = 0,08 * \sqrt{f_{ck}} / f_{yk}$	
$f_{ck} =$	30 N/mm ²
$f_{yk} =$	500 N/mm ²
$\rho_{w,min} =$	0,00088
$A_{sw} =$	157 mm ²
$b_w =$	380 mm
$s_{vaad} =$	472 mm

Betonin ominaispuristuslujuus

Teräksen ominaisvetolujuus

Leikkaushakojen poikkileikkauspinta-ala

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Käytettävien leikkaushakojen minimijako

Suurin sallittu hakaväli

$s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$	
$s_{max} =$	398 mm

Suurin sallittu hakaväli, $s_{max} = 0,75 * d * (1 + \cot(\alpha))$

Tarkastetaan rajoittaako puristusmurtokestävyys leikkausraudoitetun palkin leikkauskapasiteettia.

Leikkauskestävyyden yläraja (puristusmurtokestävyys)

$V_{Rd,max} = v * f_{cd} * b_w * z / (\tan(\theta) + \cot(\theta))$	
$v =$	0,6
$f_{cd} =$	17,0 N/mm ²
$b_w =$	380 mm
$\theta =$	33,5 °
$z =$	530 mm
$V_{Rd,max} =$	945 kN

Halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin

Betonin laskennallinen puristuslujuus

Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida

Puristussauvojen kaltevuuskulma (45...21,8 °)

Sisäinen momenttivarsi

Puristumuran rajoittama leikkauskestävyyden yläraja

EHTO: $V_{Ed} / (MIN: V_{Rd,s}; V_{Rd,t})$ KA= 29 %

EHTO: $s < MIN: (s_{max}; s_{vaad})$ KA= 25 %

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm: Laskenta vain harrastekäyttöön!

K) Ripustusraudoituksen vaatima hakamäärä

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkaukskapasiteetti.

$$A_{sw}/s = F_d / f_{ywd}$$

$$f_{ywd} = 400,0 \text{ N/mm}^2$$

$$F_d = 44,88 \text{ kN}$$

Hakaraudoituksen laskentalujuus, $0,8 * f_{yk}$

Lisäkuorma pääpalkin haaille

$$A_{sw}/s = 112 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Ripustusraudoituksen vaatima hakojen poikkileikkauksen pinta-ala

L) Pääpalkin hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
114	0	112	10	300	3,33	262	T 10, K300
			Jakovaatimus:		75 %	KA:	86 %

Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
114	122	112	10	200	5,00	393	T 10, K200
			Jakovaatimus:		50 %	KA:	89 %

Haat tuella

A_{sw}/s_{Leik} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	A_{sw}/s_{Riip} [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
228	243	112	10	100	10,00	785	T 10, K100
			Jakovaatimus:		25 %	KA:	74 %

Palkin keskellä esiintyy vain ripustusrasitusta.

Palkin 1/4- ja 3/4 -pisteissä esiintyy leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasituksia.
Teräsmäärät on arvioitu karkeasti rasitusten suhteella.

Palkin päissä esiintyy leikkaus-, vääntö- ja ripustusrasituksia.

Laskennan suoritti:

3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

M) Vasemman leukaulokkeen 1m kaistalla

Taivutusmitoitus

Mitoitetaan määrävän leukaulokkeen taivutusraudoitus. Ulokkeen yläpinta on vedolla. Pääraudoituksena toimivat haat.

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 4431250 \text{ Nmm}$	Taivutusmomentti
$B = 1000 \text{ mm}$	Mitoituskaista
$d = 335 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu = 0,002$	
$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\theta = 0,002 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = d * (1 - \theta / 2)$	
$d = 335 \text{ mm}$	Rakenteen tehokas korkeus
$z = 335 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s = 30 \text{ mm}^2$	Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Mimiraudoitus

$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto palkeilla
$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoituksen ominaisvetolujuus
$A_{s,min} = 505 \text{ mm}^2$	Minimiraudoituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala
$A_{s,vaad} = 505 \text{ mm}^2$	Vaadittu raudoituspohkipinta-ala

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm: Laskenta vain harrastekäyttöön!

Hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntörasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	150	6,67	524	T 10, K150
		Jakovaatimus:	38 %	KA:	96 %	

Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	122	10	100	10,00	785	T 10, K100
		Jakovaatimus:	25 %	KA:	80 %	

Haat tuella

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	243	10	100	10,00	785	T 10, K100
		Jakovaatimus:	25 %	KA:	95 %	

Leukaulokkeen juuressavaikuttaa suurin taivutus- ja leikkausrasitus.

Mitoitetaan leikkauskestävyys betonin kapasiteetille.

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausmitoitus

Tarkastetaan leikaulokkeen ja pääpalkin välinen leikkauskestävyys.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida}$$

$$d = 335 \text{ mm} \quad \text{Palkin tehollinen korkeus}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,77 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 1009 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääterästen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$\rho = 0,00301 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 148 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 152 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,c0}$$

$$V_{Rd,c} = 152 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 30 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu}$$

$$KA = 20 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$$

Leikkausraudoitusta ei tarvita.

Laskennan suoritti:

3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

N) Oikean leukaulokkeen taivutusmitoitus 1m kaistalla

Taivutusmitoitus

Mitoitetaan määrävän leukaulokkeen taivutusraudoitus. Ullokkeen yläpinta on vedolla. Pääraudoituksena toimivat haat.

$$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$$

$$M_{u,d} = 0 \text{ Nmm}$$

Taivutusmomentti

$$B = 1000 \text{ mm}$$

Mitoituskaista

$$d = 335 \text{ mm}$$

Rakenteen tehokas korkeus

$$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin laskennallinen puristuslujuus

$$\mu = 0,000$$

$$\theta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$$

$$\theta = 0,000 < 0,495 \text{ ok}$$

Betonin suhteellisen puristunpinnan korkeus

$$z = d * (1 - \theta / 2)$$

$$d = 335 \text{ mm}$$

Rakenteen tehokas korkeus

$$z = 335 \text{ mm}$$

Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$$

$$f_{yd} = 146 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen laskentalujuus

$$A_s = 0 \text{ mm}^2$$

Taivutusmomentin vaatima raudoituksen poikkipinta-ala

Mimirauditus

$$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$$

Minimirauditusehto palkeilla

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$$

Betonin ominaisvetolujuus

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

Raudoituksen ominaisvetolujuus

$$A_{s,min} = 505 \text{ mm}^2$$

Minimiraudituksen määräämä raudoituksen poikkileikkauspinta-ala

$$A_{s,vaad} = 505 \text{ mm}^2$$

Vaadittu raudoituspohkipinta-ala

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm: Laskenta vain harrastekäyttöön!

Hakojen mitoitus

Lasketaan yhteen taivutus- ja vääntörasitusten vaatimat hakamäärät.

Haat aukossa

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	0	10	150	6,67	524	T 10, K150
		Jakovaatimus:	38 %	KA:	96 %	

Haat 1/4- ja 3/4 pisteessä

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	122	10	100	10,00	785	T 10, K100
		Jakovaatimus:	25 %	KA:	80 %	

Haat tuella

A_{sw}/s_{Taiv} [mm ² /m]	$A_{sw}/s_{Vään}$ [mm ² /m]	φ_s [mm]	s [mm]	n [kpl]	A_{sw}/s_{tod} [mm ² /m]	
505	243	10	100	10,00	785	T 10, K100
		Jakovaatimus:	25 %	KA:	95 %	

Leukaulokkeen juuressavaikuttaa suurin taivutus- ja leikkausrasitus.

Mitoitetaan leikkauskestävyys betonin kapasiteetille.

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Leikkausmitoitus

Tarkastetaan leikaulokkeen ja pääpalkin välinen leikkauskestävyys.

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \text{Poikkileikkauksen leveys, leukaa ei huomioida}$$

$$d = 335 \text{ mm} \quad \text{Palkin tehollinen korkeus}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 1,77 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 1009 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääterästen poikkileikkauspinta-ala}$$

$$\rho = 0,00301 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 148 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 152 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 152 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$V_{Ed} = 0 \text{ kN} \quad \text{Redusoitu leikkausrasitus, leikkausvoiman pienennys tuella huomioitu}$$

$$KA = 0 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\% \leq 100\%$$

Leikkausraudoitusta ei tarvita.

Laskennan suoritti: 3.2.3. Reunapalkin mitoitus taivutukselle ja väännölle

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

O) Pilari-palkki liitos

Liitetään leukapalkki pilariin tai kantavaan seinään AEP-piilokonsolilla.

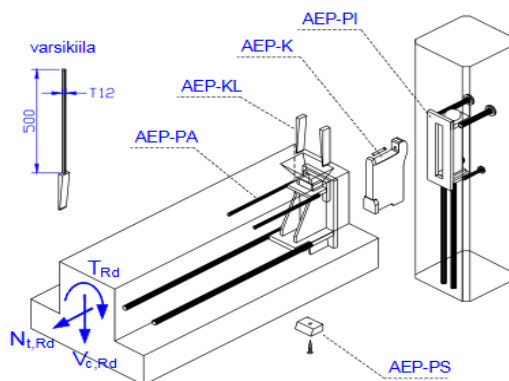
Valitaan konsoli Anstarin mitoitusaulukon mukaan.

AEP PILOKONSOLI

sivu 1 / 2

AEP piilokonsolia käytetään betonipalkin tai A-palkin liittämiseen betonipilarin tai -seinän kylkeen. Liitos toimii nivelenä palkin taivutukselle, mutta jäykkänä väännölle. AEP mahdollistaa ontelolaattojen asentamisen ilman asennusaikaista tuentaa.

AEP	KESTÄVYYKSARVOT betoni K50-1, C40/50			vakio- konsoli	kaksois- konsoli
	V_{Rd} [kN]	T_{Rd} [kNm]	N_{Rd} [kN]		
AEP 400	400	10	50		
AEP 600	600	20	60		
AEP 800	800	30	80		
AEP 1100	1100	50	100		
AEP 1600	1600	60	160		
AEP 2200	2200	100	200		



$$T_d = 40,6 \text{ kN}$$

$$V_d = 146 \text{ kN}$$

Valitaan piilokonsoliksi AEP 600.

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalilujuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaalilujuudet

Rauditus
Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys
Palkin taipuma

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan
Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys
Palkin taipuma

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	223 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 74 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,194 mm		KA= 49 %
Halkeamakestävyys	$M_{cr} =$	62,9 kNm		KA= Palkki halkeilee.
Taipuma	$f =$	5,3 mm	1/300	KA= 20 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	234 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 78 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,194 mm		KA= 48 %
Taipuma	$f =$	7,1 mm	1/300	KA= 27 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	269 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 90 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,191 mm		KA= 48 %
Taipuma	$f =$	8,3 mm		KA= 32 %

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallilijuudet

Palkin poikkileikkaus

$B =$	380 mm	Palkin leveys
$H =$	580 mm	Palkin korkeus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta
$B_{kuorma} =$	3,9 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$u =$	2290 mm	Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_0 =$	192 mm	Palkin kuivattuva piiri
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk
$C_1 =$	40 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	20 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s1} =$	8 kpl	Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s1} =$	2513 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_2 =$	40 mm	Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s2} =$	16 mm	Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s2} =$	2 kpl	Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s2} =$	402 mm ²	Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	530 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$d_2 =$	48 mm	Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$g_{oma} =$	5,5 kN/m	Palkin omapaino
$g_{muu} =$	0,5 kN/m ²	Lisäpaino, esim. laatastosta tai pintavalusta
$q =$	2,0 kN/m ²	Laataston hyötykuorma
$\psi =$	0,3	Muuttuvan kuorman kerroin pitkäaikaikuormituksessa
$B_{kuorma} =$	3,9 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$p_{E, \infty, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + \psi * q)$		
$p_{E, \infty, k} =$	9,7 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	266 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$p_{E, lyhyt, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + q)$		
$p_{E, lyhyt, k} =$	15,1 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	319 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetovalikoista:

Betoni:	C30/37	Sallittu taipuma	1/300
Rauditus:	Harjateräs	Sallittu halkeamaleveys:	0,4
Palkin tuenta:	Nivel-nivel	Huomioi tuenta myös momentissa!	

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Rauditus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen ominaislujuus}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen kimmokerroin}$$

Betoni

$$f_{ck} = 30,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaispuristuslujuus}$$

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin vetolujuus, 5% fraktiili}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin kimmokerroin}$$

$$\rho_{betoni} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \quad \text{Raudoitettun betonin tilavuuspaino}$$

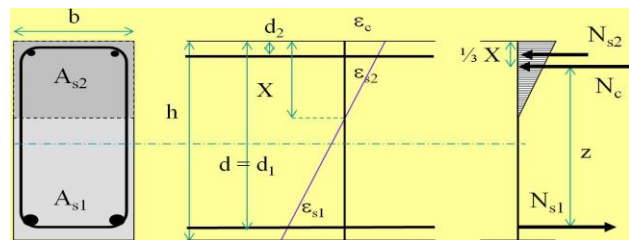
C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuunnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$$A_{s1} = 2513 \text{ mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 530 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$B = 380 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_1 = 0,01248 \quad \text{Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$$A_{s2} = 402 \text{ mm}^2 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 530 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$d_2 = 48 \text{ mm} \quad \text{Yläpinnan pääteräksen sijainti}$$

$$B = 380 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_2 = 0,00200 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen kimmokerroin}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin kimmokerroin}$$

$$\alpha_e = 6,09 \quad \text{Kimmokerrointen suhde}$$

$$M_k = 266 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad \text{|| kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad \text{|| yleisluoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$$X = 167 \text{ mm} \quad \text{Puristuspuunnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa}$$

$$z = 474 \text{ mm} \quad \text{Sisäinen momenttivarsi}$$

$$\sigma_s = 223 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa}$$

$$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KA= 74 \%}$$

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	580 mm	Palkin korkeus
$B =$	380 mm	Palkin leveys
$d =$	530 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	2513 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	40 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\phi_{s1} =$	20 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	167 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	125 mm	
$H_{c,eff} = \text{MIN } (H - X) / 3 =$	138 mm	
$H / 2 =$	290 mm	
$H_{c,eff} =$	125 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	47500 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetoraidoituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,05291 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \phi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	223 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsännitys käyttörajoitilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : 0,000971$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000669$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	200 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000971	
$w_k =$	0,194 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{sall} =$	0,40 mm	KA= 49 %

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin halkeamamomentti M_{cr} . Mikäli halkeamamomentti ylitetään, tippuu palkin taiputusjäykkyys ja taipumat kasvavat. Tällöin lasketaan palkin halkeiluasteesta riippuva taiputusjäykkyys I_B .

$H =$	580 mm	Palkin korkeus
$B =$	380 mm	Palkin leveys
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$f_{ctm,fl} = (1,6 - H/1000) * f_{ctm}$		
$f_{ctm,fl} =$	2,95 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus taiputuksessa
$M_{cr} = W_{ce} * f_{ctm,fl} = (H^2 * B / 6) * f_{ctm,fl}$		

$M_{cr} =$	63 kNm	Taiputusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	266 kNm	Halkeamatarkastelun taiputusmomentti

Palkki halkeilee.

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_c , I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c = H^3 * B / 12$		
$I_c =$	6,179E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$A_{s1} =$	2513 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	530 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	167 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	2,640E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$\zeta = 1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$		
$\theta =$	0,5	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	0,972	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c$		
	2,739E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$f = 0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	9,7 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta

$f =$	5,3 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	26 mm	Sallittu taipuma
		KA= 20 %

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	530 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	2513 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,01248	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00200	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} = 1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$		
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	266 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d$		yleismuoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	235 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$z =$	452 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	234 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 78 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	200 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,05291 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	234 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s : 0,000968$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000703$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000968	
$W_k =$	0,194 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 48 %

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

Lasketaan palkin taivutusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_C =$	6,179E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$I_R = \alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) \cdot (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	2513 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	530 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	235 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	5,437E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$\zeta =$	0,972	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta \cdot I_R + (1 - \zeta) \cdot I_C$	5,457E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taivutusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 \cdot p_k \cdot L^4 / (E_{cm} \cdot I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_C$
$p_k =$	9,7 kN/m	Palkin pitkäaikaiskuormitus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta
$f =$	7,1 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	26 mm	Sallittu taipuma
		KA= 27 %

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	530 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	2513 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,01248	Alapinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00200	Yläpinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	319 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad \text{ kun } A_2 = 0$		
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))}) * d \quad \text{ yleismuoto}$		
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	172 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	473 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	269 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 90 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	200 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,05291 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	234 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : 0,000955$		
$0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000703$		
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000955	
$W_k =$	0,191 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 48 %

Laskennan suoritti:

3.2.4. Reunapalkin halkeamaleveys ja taipuma

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c =$	6,179E+09 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) \cdot (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	2513 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	530 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	172 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	2,589E+09 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$M_{cr} =$	63 kNm	Taiputusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	319 kNm	Lyhytaikainen taiputusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$\zeta = 1 - \theta \cdot (M_{cr} / M_k)^2$		
$\theta =$	1,0	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	0,961	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta \cdot I_R + (1 - \zeta) \cdot I_c$		
	2,729E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	32837 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 \cdot p_k \cdot L^4 / (E_{cm} \cdot I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	15,1 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$L =$	7,8 m	Palkin jännemitta
$f =$	8,3 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	26 mm	Sallittu taipuma
		KA= 32 %

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Anturan mitat

B) Anturan kuormat

C) Materiaalien ominaisuudet

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeiden taivutusrasitus leikkauksessa 1 - 1

Tehokas pohjapinta-ala

Pohjamaan kantavuus

Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti

Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti

E) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 1 - 1

Vaadittu teräsmäärä

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 2 - 2

Vaadittu teräsmäärä

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

G) Laatan lävistyminen

Anturan mitat

Anturan pääraudoitus

Anturan kuormat

Lävistysvoima

Lävistyskapasiteetti (ilman leikkausraudoitusta)

Laatan lävistyskestävyys

- 1) Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen lävistyskapasiteetti.
Mitoitus RakMk B4 mukaan.

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

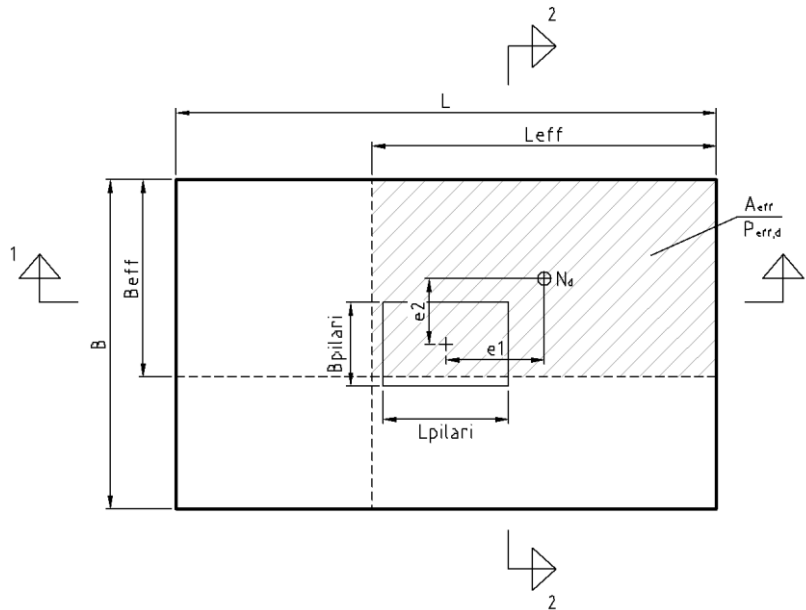
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Anturan mitat

$L =$	2000 mm	Anturan pituus
$B =$	2000 mm	Anturan leveys
$H_a =$	500 mm	Anturan korkeus
$H_p =$	500 mm	Peruspilarin korkeus
$L_{pilar} =$	500 mm	Peruspilarin pituus
$B_{pilar} =$	500 mm	Peruspilarin leveys
$L_{Lu} =$	750 mm	Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 1 - 1
$L_{Bu} =$	750 mm	Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 2 - 2
$H_{maa} =$	500 mm	Maamassan korkeus anturalaatan päällä



B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C25/30

Betoni

$f_{ck} =$	25,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$f_{ctm} =$	2,56 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05} =$	1,80 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\gamma_c =$	1,50	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{cd} =$	14,17 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
$f_{ctd} =$	1,20 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
$\rho_{betoni} =$	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

$f_{yk} =$	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
$\gamma_k =$	1,15	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
$f_{yd} =$	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on pitkään vedenkanssa kosketuksissa oleva perustus.

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Anturalaatta	XC2	20	C25/30

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}, 10 \text{ mm}]$$

$$c_{min,b} = 20 \text{ mm}$$

Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$$c_{min,dur} = 20 \text{ mm}$$

Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$$c_{min} = 20 \text{ mm}$$

Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

Raudoitteen sijaintitoleranssi

$$c_{nom} = 30 \text{ mm}$$

Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$$C_{nom} = 75 \text{ mm}$$

Betonin nimellispeitepaksuus maata vasten valettaessa

$$\varphi_{työ} = 10 \text{ mm}$$

Työteräksen ja ala-/yläpuolisen poikittaisen raudoitteen yhteenlasketut halkaisijat

$$\varphi_{s1} = 20 \text{ mm}$$

Pitkän sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija

$$\varphi_{s2} = 20 \text{ mm}$$

Lyhyen sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija

$$d_1 = 405 \text{ mm}$$

Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1

$$d_2 = 385 \text{ mm}$$

Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2

$$d_k = 395 \text{ mm}$$

Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Anturan kuormat

Anturan paino

$$\gamma_g = 1,15$$

Pysyvien kuormien osavarmuuskerroin, riippuu kuormitustapauksesta

$$K_{FI} = 1,10$$

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$$G_d = \gamma_g * K_{FI} * G_k$$

$$V_a = 2,00 \text{ m}^3$$

Anturan tilavuus

$$V_p = 0,13 \text{ m}^3$$

Pilarin tilavuus

$$G_{k,op} = 53,1 \text{ kN}$$

Anturan ja pilarin omapaino

$$G_{d,op} = 67,2 \text{ kN}$$

Anturan ja pilarin mitoituspaino

$$\gamma_{maa} = 20,0 \text{ kN/m}^3$$

Maan tilavuuspaino anturan päällä

$$G_{k,maa} = 37,5 \text{ kN}$$

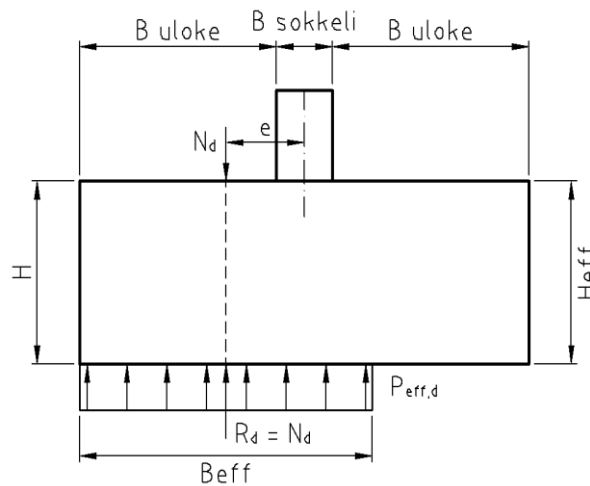
Maan omapaino anturan päällä

$$G_{d,maa} = 47,4 \text{ kN}$$

Maan mitoituspaino anturan päällä, ei aiheuta laattaaan lävistysrasitusta

$$G_{d,VP} = 1690,0 \text{ kN}$$

Yläpuolisen rakenteen mitoituskuorma



Leikkauksessa 1 - 1

$$N_d = 1805 \text{ kN}$$

Anturan kokonaispystykuormitus

$$M_{1,d} = 33,8 \text{ kNm}$$

Anturan pituussuunnassa vaikuttava momentti

$$e_1 = M_d / N_d * 1000 \text{ mm}$$

$$e_1 = 18,7 \text{ mm}$$

Kuorman epäkeskisyyys

Leikkauksessa 2 - 2

$$N_d = 1805 \text{ kN}$$

Anturan kokonaispystykuormitus

$$M_{2,d} = 33,8 \text{ kNm}$$

Anturassa vaikuttava momentti rakenteen poikkisuunnassa

$$e_2 = M_d / N_d * 1000 \text{ mm}$$

$$e_2 = 18,7 \text{ mm}$$

Kuorman epäkeskisyyys

$$e_{kok} = 26 \text{ mm}$$

Kokonaisepäkeskisyyys (epäkeskisyyksien tangentti)

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeiden taivutusrasitus leikkauksessa 1 - 1

Tehokas pohjapinta-ala

$$L_{eff} = (L / 2 - e_1) * 2$$

$L = 2000 \text{ mm}$ Anturan pituus

$e_1 = 19 \text{ mm}$ Kuorman epäkeskisyyden vaikutus

$L_{eff} = 1963 \text{ mm}$ Anturan tehokas pituus

$$B_{eff} = (B / 2 - e_2) * 2$$

$B = 2000 \text{ mm}$ Anturan leveys

$e_2 = 19 \text{ mm}$ Kuorman epäkeskisyyden vaikutus

$B_{eff} = 1963 \text{ mm}$ Anturan tehokas leveys

$$A_{eff} = L_{eff} * B_{eff}$$

$L_{eff} = 1,96 \text{ m}$ Anturan tehokas pituus

$B_{eff} = 1,96 \text{ m}$ Anturan tehokas leveys

$A_{eff} = 3,85 \text{ m}^2$ Anturan tehokas pohjapinta-ala

$$P_{eff,d} = P_d / A_{eff}$$

$N_d = 1805 \text{ kN}$ Anturan kokonaispystykuormitus

$A_{eff} = 3,85 \text{ m}^2$ Anturan tehokas pohjapinta-ala

$P_{eff,d} = 469 \text{ kN/m}^2$ Anturan tehokas pohjapaine

Pohjamaan kantavuus

$P_{eff,d} = 469 \text{ kN/m}^2$

Tehokas pohjapaine

$P_R = 555 \text{ kN/m}^2$

Pohjamaan kantokestävyys, määritettävä erikseen

OK

$P_R > V_d$

Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti

$$M_{u,d} = P_{eff,d} * B * L_{Lu}^2 / 2$$

$P_{eff,d} = 469 \text{ kN/m}^2$ Tehokas pohjapaine

$B = 2,00 \text{ m}$ Poikkileikkauksen leveys

$L_{Lu} = 0,75 \text{ m}$ Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 1 - 1

$M_{u,d} = 264 \text{ kNm}$ Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti

Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti

$$M_{u,d} = P_{eff,d} * B * L_{Bu}^2 / 2$$

$P_{eff,d} = 469 \text{ kN/m}^2$ Tehokas pohjapaine

$B = 2,00 \text{ m}$ Poikkileikkauksen leveys

$L_{Bu} = 0,75 \text{ m}$ Laatan ulokkeen pituus leikkauksessa 2 - 2

$M_{u,d} = 264 \text{ kNm}$ Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 1 - 1

Vaadittu teräsmäärä

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 263557738 \text{ Nm}$	Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti
$B = 2000 \text{ mm}$	Anturan leveys
$d = 405 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1
$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,057$	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,057$	
$\beta = 0,058 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$	
$d = 405,0 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1
$\beta = 0,058$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 393 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 263557738 \text{ Nm}$	Anturan pitkää uloketta rasittava taivutusmomentti
$z = 393 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 1542 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Minimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 2000 \text{ mm}$	
$d = 405 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 1 - 1
$A_{s,min,1} = 1080 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 1053 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 1542 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = B / kk * A_{teräs}$	
$kk = 200 \text{ mm}$	Raudoitejako, kun tangot jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$B = 2000 \text{ mm}$	Rakennepoikkileikkauksen leveys
$\varphi_s = 20 \text{ mm}$	Pitkän sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 314 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 3142 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

KA= 49,1 %

EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$

≤ 100%

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

- ϕ 20

- kk 200

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Anturan alapinnan raudoitus leikkauksessa 2 - 2

Vaadittu teräsmäärä

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 263557738 \text{ Nm}$	Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti
$B = 2000,00 \text{ mm}$	Poikkileikkauksen leveys
$d = 385 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2
$f_{cd} = 14,17 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,063$	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,063$	
$\beta = 0,065 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$	
$d = 385,0 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2
$\beta = 0,065$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 373 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 263557738 \text{ Nm}$	Anturan lyhyttä uloketta rasittava taivutusmomentti
$z = 373 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 1627 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimiraudoitusehto 1
$f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 2000 \text{ mm}$	
$d = 385 \text{ mm}$	Laatan tehollinen korkeus leikkauksessa 2 - 2
$A_{s,min,1} = 1027 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimiraudoitusehto 2
$A_{s,min,2} = 1001 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} = 1627 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = B / kk * A_{teräs}$	
$kk = 200 \text{ mm}$	Raudoitejako, kun tangot jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$B = 2000 \text{ mm}$	Rakennepoikkileikkauksen leveys
$\varphi_s = 20 \text{ mm}$	Lyhyen sivun suuntaisen pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} = 314 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 3142 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

KA= 51,8 % **EHTO:** $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$ ≤ 100%

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

- ϕ 20
- kk 200

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Laatan lävistäminen

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen lävistyskapasiteetti.

Mitoitus RakMk B4 mukaan.

Anturan mitat

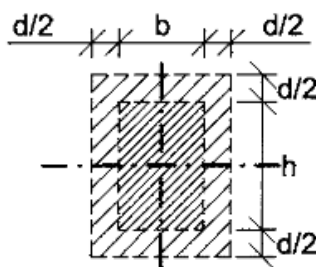
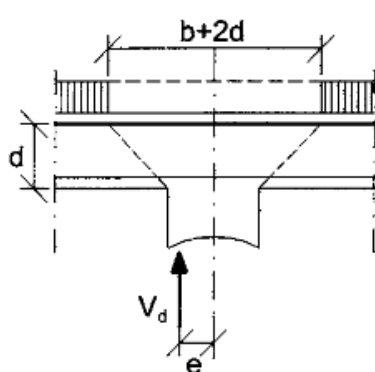
$L =$	2000 mm	Anturan pituus
$B =$	2000 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$H =$	500 mm	Anturan korkeus
$L_{pilar} =$	500 mm	Peruspilarin pituus
$B_{pilar} =$	500 mm	Peruspilarin leveys
$d_k =$	395 mm	Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)

Anturan pääraudoitus

$\varphi_{s1} =$	20 mm	Linjan 1 suuntaisen pääraudan halkaisija (x-akseli)
$\varphi_{s2} =$	20 mm	Linjan 2 suuntaisen pääraudan halkaisija (y-akseli)
$A_{s1} =$	3142 mm	Pääraudoituksen pinta-ala leikkauksessa 2-2 (x-akseli)
$A_{s2} =$	3142 mm	Pääraudoituksen pinta-ala leikkauksessa 1-1 (y-akseli)

Anturan kuormat

$N_{Ed} =$	1805 kN	Pilarin kuorma anturalle
$e_{kok} =$	26 mm	Kokonaisepäkeskisyyys (epäkeskisyyksien tangentti)
$P_{eff,d} =$	469 kN/m ²	Tehokas pohjapaine



Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

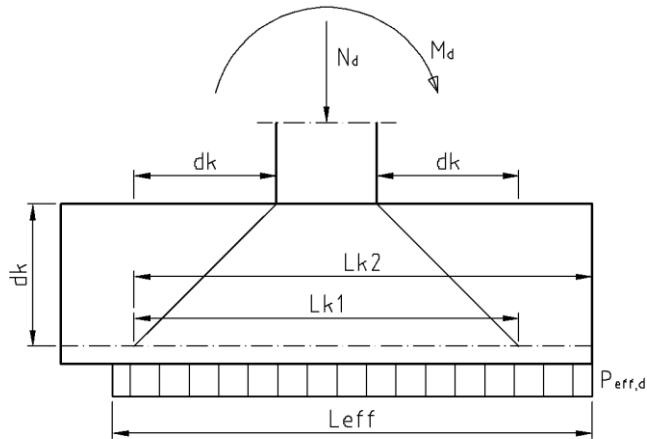
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Tarkistetaan, muodostuuko lävistyskartio tehokkaan pohjapaineen alueelle.

Kuinka suurelta anturan pohjapinta-alalta voidaan tehdä lävistysvoiman vähennys?



Lk1 = Lävistyskartion pituus
Lk2 = Lävistyskartion etäisyys anturan
kuormitustusta reunasta

A) Kyllä

vähennys

Ehdot: $L_{k2} < L_{eff}$

$B_{k2} < B_{eff}$

Ehdon on täytävä anturan molempien linjojen (1 ja 2) suunnassa

Tällöin

$$A_{neg} = (L_{pilari} + 2 * d_k) * (B_{pilari} + 2 * d_k)$$

B) Ei, lävistyskartio sijoittuu vain osittain tehokkaan pohjapaineen alueelle. Lävistysvoiman vähennys voidaan tehdä vain

Tällöin

$$A_{neg} = \text{Määritettävä erikseen}$$

Ehdon tarkistaminen:

Lävistyskartion sijainti lijalla 1 - 1

$$L_{k2} = 1645 \text{ mm}$$

$$L_{eff} = 1963 \text{ mm}$$

$$L_{k2} < L_{eff}$$

Lävistyskartion sijainti lijalla 1 - 1

$$B_{k2} = 1645 \text{ mm}$$

$$B_{eff} = 1963 \text{ mm}$$

$$B_{k2} < B_{eff}$$

Ehto täyttyy -> Lävistysvoiman vähennys kohta A:n mukaan

Laskennan suoritti:

3.3.1. Pilarinanturan mitoitus, $KT=N_{max}$

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Lävistysvoima

$$V_{ed,red} = N_{ed} - \Delta V_{ed} - G_{d,maa}$$

Redusoitu lävistysvoima

$$\Delta V_{ed} = P_{eff,d} * A_{neg}$$

Lävistysvoiman vähennys tuella

$$A_{neg} = (L_{pilari} + 2 * d_k) * (B_{pilari} + 2 * d_k)$$

Peruspilarin pituus

$L_{pilari} = 500 \text{ mm}$

Peruspilarin leveys

$B_{pilari} = 500 \text{ mm}$

Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)

$d_k = 395 \text{ mm}$

Pinta-ala tuella (kuorman vähennys)

$A_{neg} = 1,66 \text{ m}^2$

Tehokas pohjapaine

$P_{eff,d} = 469 \text{ kN/m}^2$

$\Delta V_{ed} = 780 \text{ kN}$

Maan mitoituspaino anturan päällä

$G_{d,maa} = 47,4 \text{ kN}$

Pilarin kuorma anturalle

$N_{ed} = 1805 \text{ kN}$

$$V_{ed,red} = 977 \text{ kN}$$

Redusoitus lävistysvoima

Lävistyskapasiteetti (ilman leikkausraudoitusta)

$$V_{R,cd} = k * \beta * (1 + 50 * \rho) * u * d_k * f_{ctd}$$

$k = 1,205$

$k = 1,6 - d \text{ [m]}$, kun betonin tiheys $\geq 2400 \text{ kg/m}^3$

$k = 1$, kun betonin tiheys $\geq 1800 \text{ kg/m}^3$ ja $< 2400 \text{ kg/m}^3$

$k = 1,6 - d \text{ [m]}$, kun betonin tiheys $< 1800 \text{ kg/m}^3$

$d_k = 395 \text{ mm}$

Laatan keskimääräinen tehollinen korkeus (leikkaus- ja lävistysmitoitus)

$\rho = \sqrt{\rho_{s1} * \rho_{s2}}$

$\rho_{s1} = 0,004 \text{ mm}^2$

Pääraudoituksen suhteellinen pinta-ala leikkauksessa 2-2 (x-akseli)

$\rho_{s2} = 0,004 \text{ mm}^2$

Pääraudoituksen suhteellinen pinta-ala leikkauksessa 1-1 (y-akseli)

$\rho = 0,004 \text{ mm}^2$

$u = (L_{pilari} + B_{pilari} + 2d_k) * 2$

$u = 3580 \text{ mm}$

Tuen reunasta etäisyydellä $\frac{1}{2}d_k$ rajaaman alueen piiri

$\beta = 0,40 / (1 + 1,5 * e / \sqrt{A_u})$

$A_u = (L_{pilari} + d_k) * (B_{pilari} + d_k)$

$A_u = 801025,00 \text{ mm}^2$

Tuen reunasta etäisyydellä $\frac{1}{2}d_k$ rajaaman alueen pinta-ala

$e_{kok} = 26 \text{ mm}$

Kokonaisepäkesisyys (epäkesisyyksien tangentti)

$\beta = 0,383$

$f_{ctd} = 1,20 \text{ N/mm}^2$

Betonin laskentasetolujuus

$$V_{R,cd} = 937 \text{ kN}$$

Laatan lävistyskapasiteetti

EHTO: $V_{ed,red} > V_{R,cd}$

ei käy

KA= 104,4 %

Laskennan suoritti:

3.3.2. Pilarianturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalilujuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaalilujuudet

Rauditus
Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	130 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 43 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,250 mm		KA= 83 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	136 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 45 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,262 mm		KA= 87 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	168 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 56 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,262 mm		KA= 87 %

Laskennan suoritti: 3.3.2. Pilarianturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaalilujuudet

Palkin poikkileikkaus

$B =$ 2000 mm

Palkin leveys

$H =$ 500 mm

Palkin korkeus

$u =$ 3000 mm

Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa

$h_0 =$ 667 mm

Palkin kuivattuva piiri

$\varphi_{(\infty, t_0)} =$ 2,4

Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk

$C_1 =$ 100 mm

Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s1} =$ 20 mm

Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s1} =$ 10,00 kpl

Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s1} =$ 3142 mm²

Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$C_2 =$ 0 mm

Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s2} =$ 0 mm

Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s2} =$ 0 kpl

Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s2} =$ 0 mm²

Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$d =$ 390 mm

Rakenteen tehokas korkeus

$d_2 =$ 0 mm

Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$M_{yp, \infty, k} =$ 148 kNm

Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

$M_{yp, \infty, k} =$ 192 kNm

Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alusvetovalikoista:

Betoni:

C25/30

Sallittu halkeamaleveys:

0,3

Rauditus:

Harjateräs

Laskennan suoritti:

3.3.2. Pilarianturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Raudoitus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoitteen ominaislujuus}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

Betoni

$$f_{ck} = 25,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaispuristuslujuus}$$

$$f_{ctm} = 2,56 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{ctk,0,05} = 1,80 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin vetolujuus, 5% fraktiili}$$

$$E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

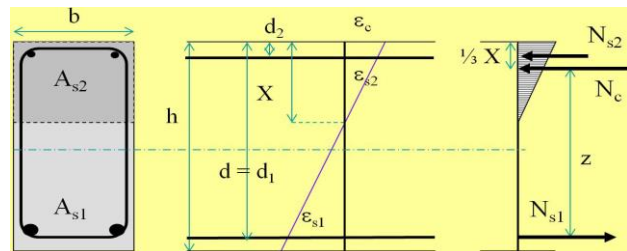
C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspinnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$$A_{s1} = 3142 \text{ mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 390 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$B = 2000 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_1 = 0,00403 \quad \text{Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 390 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm} \quad \text{Yläpinnan pääteräksen sijainti}$$

$$B = 2000 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_2 = 0,00000 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudoituksen kimmokerroin}$$

$$E_{cm} = 31476 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\alpha_e = 6,35 \quad \text{Kimmokerrointen suhde}$$

$$M_k = 148 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad || \text{ kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d \quad || \text{ yleisluoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$$X = 79 \text{ mm} \quad \text{Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa}$$

$$z = 364 \text{ mm} \quad \text{Sisäinen momenttivarsi}$$

$$\sigma_s = 130 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa}$$

$$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KA} = 43 \%$$

Laskennan suoritti:

3.3.2. Pilarianturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	500 mm	Palkin korkeus
$B =$	2000 mm	Palkin leveys
$d =$	390 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	3142 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	100 mm	Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\phi_{s1} =$	20 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	79 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	275 mm	
$H_{c,eff} = \min (H - X) / 3 =$	140 mm	
$H / 2 =$	250 mm	
$H_{c,eff} =$	140 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	280790 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetoraidoituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,01119 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \phi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	130 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raidoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : 0,000156$ $0,6 * \sigma_s / E_s =$	$0,000389$
$w_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	644 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000389	
$w_k =$	0,250 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{sall} =$	0,30 mm	KA= 83 %

Laskennan suoritti:

3.3.2. Pilarianturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspuunnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	390 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	3142 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00403	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	2,4	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} = 1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$		
$E_{c,eff} =$	9720 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	20,58	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	148 kNm	#VIITTAUS!
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		// kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d$		// yleismuoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	130 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$z =$	347 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	136 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 45 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	644 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01119 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	136 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	20,58	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s : 0,000115$ $0,6 * \sigma_s / E_s =$ 0,000408	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000408	
$W_k =$	0,262 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 87 %

Laskennan suoritti:

3.3.2. Pilarianturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaismuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspuunnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	390 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	3142 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00403	Alapinnan raudituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Yläpinnan raudituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	31476 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	192 kNm	#VIITTAUS!
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))}) * d$		yleismuoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	79 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	364 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	168 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 56 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	644 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01119 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	136 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,35	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : -0,000057$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000408$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000408	
$W_k =$	0,262 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 87 %

Laskennan suoritti:	3.4.1. Nauhaelementin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

- A) Nauhaelementin riputus pilariin
- B) Materiaalien ominaisuudet
- C) Nauhaelementin taivutusmitoitus omalle painolle
- D) Nauhaelementin taivutusmitoitus tuulen paineelle
- E) Nostolenkit

Laskennan suoritti:

3.4.1. Nauhaelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Nauhaelementin riputus pilariin

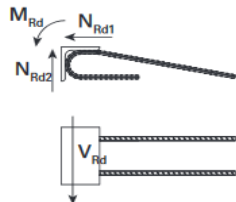
t_1	100 mm	Sisäkuoren paksuus
t_2	240 mm	Eristeen paksuus
t_3	70 mm	ulkokuoren paksuus
H	1,9 m	Elementin korkeus
L	8,35 m	Elementin pituus
G_k	67,4 kN	Elementin ominaispaino
γ_g	1,35	Omanpainon osavarmuuskerroin, $CC2 = K_{FI}=1$
G_d	91,0 kN	Elementin mitoitus omapaino
V_d	45,5 kN	Mitoitusleikkausvoima tuella, ripustuskuorma pilariin

Nauhaelementti kiinnitetään pilareihin hitsaamalla nauhaelementtien reunatartuntalevyt pilareiden tartuntalevyihin.

Valitaan reunatartuntalevyt Peikko TR 24.

Pilareihin hitsataan vastaaville kohdille tartuntalevy Peikko KL 150*150.

Kestävyydet



	EC				RakMk			
	N_{Rd1}	N_{Rd2}	V_{Rd}	M_{Rd}	N_{u1}	N_{u2}	V_u	M_u
TR, TRR, TRRr 23	14,5	3,7	6,2	0,55	13,8	3,6	6,0	0,53
TR, TRR, TRRr 24	25,7	6,6	11,1	1,31	24,8	6,4	10,7	1,26

Pilareihin hitsataan vastaaville kohdille tartuntalevy Peikko KL 300*300. Levy mitoitetaan kahdelle elementille.

V_d	91,0 kN	Kahden nauhaelementin ripustuskuorma pilarille
n	2 kpl	Tartuntalevyjen määrä elementin päässä ja pilarissa
$V_{Rd,1}$	47,5 kN	Pilarin tartuntalevyn kapasiteetti ripustusvoiman suunnassa
V_{Rd}	95,0 kN	Mitoitusleikkausvoima tuella, pultin leikkausrasitus.
KA	96 %	Ripustuksen käyttöaste

KESTÄVYYDET



Resistances according to
Finnish National Building Code
(RakMk)

	N_{Rd}	V_{Rd}	M_{Rd}	M_{RdA}	T_{Rd}
	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	
KL 200x300	90.3	43.5	9.94	7.22	6.28
KL 300x300	98.5	47.5	10.80	10.80	7.38

Laskennan suoritti:
Pvm:

3.4.1. Nauhaelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laskennan suoritti:	3.4.1. Nauhaelementin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka: 2

Betonin lujuusluokka: C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on säälle altis julkisivuelementti.

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Sisäkuori	XC1	10	C30/37
Ulkokuori	XC3,4 - XF1	20	C30/37

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b}$	12 mm	Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo
$c_{min,dur}$	10 mm	Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite
c_{min}	12 mm	Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		
Δc_{dev}	10 mm	Raudoitteen sijaintitoleranssi
c_{nom}	22 mm	Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa
φ_{s1}	12 mm	Pieliteräks
φ_{s2}	5 mm	Vaakaasuuntainen teräs tuulenpaineelle
d_1	1710 mm	Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle
d_2	200 mm	Karkeasti arvioitu tehokas paksuus tuulenpainemitoituksessa, liittovaikutus.

Laskennan suoritti:

3.4.1. Nauhaelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Nauhaelementin taivutusmitoitus omalle painolle

$$q_d = 10,9 \text{ kN/m} \quad \text{Elementin omanpainon mitoitusarvo}$$

Elementti on hitsattu pilariin jäykästi. Huomioidaan vain sisäkuoren paksuus taivutusmitoituksessa.

$$M_d = q_d * L^2 / 12$$

$$M_d = 63,3 \text{ kNm} \quad \text{Mitoitusmomentti}$$

Vaadittu teräsmäärä

$$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$$

$$M_{u,d} = 63338534 \text{ Nm} \quad \text{Mitoitusmomentti}$$

$$B = 100 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen leveys}$$

$$d = 1710 \text{ mm} \quad \text{Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle}$$

$$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin mitoituspuristuslujuus}$$

$$\mu = 0,013$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$$

$$\mu = 0,013$$

$$\beta = 0,013 < 0,495 \text{ ok} \quad \text{Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus}$$

$$z = d * (1 - \beta / 2)$$

$$d = 1710 \text{ mm} \quad \text{Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle}$$

$$\beta = 0,013 \quad \text{Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus}$$

$$z = 1699 \text{ mm} \quad \text{Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi}$$

$$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$$

$$M_{u,d} = 63338534 \text{ Nm} \quad \text{Mitoitusmomentti}$$

$$z = 1699 \text{ mm} \quad \text{Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi}$$

$$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudon mitoitusvetolujuus}$$

$$A_s = 86 \text{ mm}^2 / \text{m} \quad \text{Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa}$$

Mimiraudoitus

$$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$$

Minimiraudoitusehto 1

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betonin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudon ominaislujuus}$$

$$b = 100 \text{ mm}$$

$$d = 1710 \text{ mm} \quad \text{Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle}$$

$$A_{s,min,1} = 258 \text{ mm}^2 / \text{m} \quad \text{Minimiraudoitus}$$

$$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$$

Minimiraudoitusehto 2

$$A_{s,min,2} = 222 \text{ mm}^2 / \text{m} \quad \text{Minimiraudoitus}$$

$$A_{s,vaad} = 258 \text{ mm}^2 / \text{m} \quad \text{Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa}$$

Todellinen raudituksen poikkipinta-ala

$$A_{s,tod} = B / k * A_{teräs}$$

$$n = 1 \text{ kpl} \quad \text{Raudotetankojen määrä}$$

$$\varphi_s = 12 \text{ mm} \quad \text{Pieliteräkset}$$

$$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2 \quad \text{Yksittäisen raudan poikkipinta-ala}$$

$$A_{s,tod} = 113 \text{ mm}^2 \quad \text{Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa}$$

Elementti raudoitetaan molemmilta puolilta lisäksi verkolla ja pieliteräksillä.

Ei huomioida minimiraudoitusehtoja taivutusmitoituksessa.

$$KA = 75,8 \%$$

$$EHTO: A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$$

$$\leq 100\%$$

Valitaan elementin pieliraudoitukseksi

Laskennan suoritti:

3.4.1. Nauhaelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Nauhaelementin taivutusmitoitus tuulen paineelle

$q_d = 1,4 \text{ kN/m}$ Tuulenpaine elementille, mitoitusarvo, laskettu porrashuonejäykistyksessä

Mitoitetaan elementin rauditusverkot tuulenpaineelle

$$M_d = H * q_d * L^2 / 8$$

$M_d = 15,5 \text{ kNm}$ Mitoitusmomentti

Vaadittu teräsmäärä

$$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$$

$M_{u,d} = 15482753 \text{ Nm}$ Mitoitusmomentti

$B = 1900 \text{ mm}$ Rakenteen leveys

$d = 200 \text{ mm}$ Tehokas korkeus

$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$ Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$\mu = 0,012$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$$

$\mu = 0,012$

$\beta = 0,012 < 0,495 \text{ ok}$ Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$$z = d * (1 - \beta / 2)$$

$d = 200 \text{ mm}$ Tehokas korkeus

$\beta = 0,012$ Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = 199 \text{ mm}$ Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$$

$M_{u,d} = 15482753 \text{ Nm}$ Mitoitusmomentti

$z = 199 \text{ mm}$ Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ 0

$A_s = 179 \text{ mm}^2/\text{m}$ Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Mimirauditus

$$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$$

$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$ Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

$b = 1900 \text{ mm}$

$d = 100 \text{ mm}$ Tehokas korkeus

$A_{s,min,1} = 286 \text{ mm}^2/\text{m}$ Minimirauditus

$$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$$

$A_{s,min,2} = 247 \text{ mm}^2/\text{m}$ Minimirauditus

$A_{s,vaad} = 286 \text{ mm}^2/\text{m}$ Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudituksen poikkipinta-ala

$$A_{s,tod} = B / k_k * A_{teräs}$$

$n = 150 \text{ mm}$ Raudoitetankojen jako

$n = 13 \text{ kpl}$ Raudoitetankojen määrä

$\varphi_s = 5 \text{ mm}$ 0,00

$A_{teräs} = 20 \text{ mm}^2$ Yksittäisen raudan poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = 475 \text{ mm}^2$ Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa sis. Pieliteräkset

$KA = 60,26 \%$ EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\% \leq 100\%$

Valitaan elementin molemmin puolin verkko
Taivutuksen käyttöaste on pieni. Ei tutkita halkeamarajatilaa.

$\varphi 5$

$kk 150$

Sisäkuoressa teräsverkko B500K, ulkokuoressa B600KX (rosteri).

Laskennan suoritti:

3.4.1. Nauhaelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Nostolenkit

Valitaan nostolenkiksi Peikko PNL F3 E240.

$G_{k,nosto} = 3,4 \text{ t}$

Elementin paino yhdelle nostolenkille

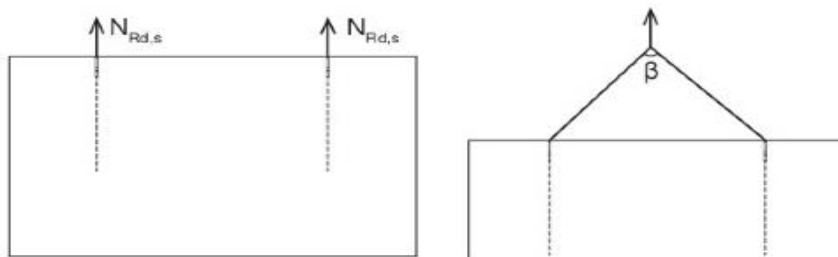
$R_{k,nosto} = 3,7 \text{ t}$

Nostolenkin sallittu kuormitus

KA: 91 %

Nostolenkin käyttöaste

KESTÄVYYDET



	Max. weight [t]	Max. element weight with angle β			
		45°	60°	90°	120°
		[t]			
PNL F1	2,1	2,0	1,9	1,5	1,1
PNL F2	3,5	3,3	3,1	2,5	1,8
PNL F3	5,3	4,9	4,6	3,7	2,6
PNL F4	6,4	5,9	5,5	4,5	3,2
PNL F5	9,5	8,8	8,3	6,7	4,8
PNL F6	13,5	12,5	11,7	9,6	6,8

Laskennan suoritti:	3.4.2. Sokkelielementin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

- A) Sokkelielementin riputus pilariin
- B) Materiaalien ominaisuudet
- C) Sokkelielementin taivutusmitoitus omalle painolle
- D) Sokkelielementin taivutusmitoitus toispuoleiselle maanpaineelle
- E) Nostolenkit

Laskennan suoritti:

3.4.2. Sokkelielementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Sokkelielementin riputus pilariin

t_1	150	mm	Sisäkuoren paksuus	
t_2	150	mm	Eristeen paksuus	400,00
t_3	100	mm	ulkokuoren paksuus	
H	1,5	m	Elementin korkeus	
L	8,35	m	Elementin pituus	
G_k	78,3	kN	Elementin ominaispaino	
γ_g	1,35		Omanpainon osavarmuuskerroin, $CC2 = K_{FI}=1$	
G_d	105,7	kN	Elementin mitoitus omapaino	
V_d	52,8	kN	Mitoituisleikkausvoima tuella, ripustuskuorma pilariin	

Sokkelielementti kiinnitetään pilariin reunatartuntalevyillä kuten nauhaelementtikin.

Tartuntalevyihin ei kohdistu rasituksia sokkelin omapainosta. Valitaan reunatartuntalevyt Peikko TR 24.

Pilareihin hitsataan vastaaville kohdille tartuntalevy Peikko KL 300*300.

Lasketaan sokkelielementtiä kuormittava maanpaine.

Laskennan suoritti:	3.4.2. Sokkelielementin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka: 2

Betonin lujuusluokka: C35/45

Betoni

f_{ck}	35,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	3,21 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,25 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	34077 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	19,83 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,50 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on säälle altis julkisivuelementti.

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Sisäkuori	XC1	10	C35/45
Ulkokuori	XC3,4 - XF1	20	C35/45

$$c_{min} = \text{MAX}[c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b}$	12 mm	Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo
$c_{min,dur}$	10 mm	Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite
c_{min}	12 mm	Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus
$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$		
Δc_{dev}	10 mm	Raudoitteen sijaintitoleranssi
c_{nom}	22 mm	Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa
φ_{s1}	12 mm	Pieliteräks
φ_{s2}	5 mm	Vaakaasuuntainen teräs tuulenpaineelle
d_1	1350 mm	Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle
d_2	200 mm	Karkeasti arvioitu tehokas paksuus maanpainemitoituksessa, liittovaikutus.

Laskennan suoritti:	3.4.2. Sokkelielementin mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Sokkelielementin taivutusmitoitus omalle painolle

$$q_d = 12,7 \text{ kN/m} \quad \text{Elementin omanpainon mitoitusarvo}$$

Elementti tukeutuu nivelellisesti anturoiden reunoille.

$$L_{JM} = 6,4 \text{ m} \quad \text{Sokkelin tukiväli, anturoiden reunojen välinen matka}$$

$$M_d = q_d * L^2 / 8$$

$$M_d = 64,8 \text{ kNm} \quad \text{Mitoitusmomentti}$$

Vaadittu teräsmäärä

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$	
$M_{u,d} = 64800000 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$B = 150 \text{ mm}$	Rakenteen leveys
$d = 1350 \text{ mm}$	Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle
$f_{cd} = 19,83 \text{ N/mm}^2$	Betonin mitoituspuristuslujuus
$\mu = 0,012$	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$	
$\mu = 0,012$	
$\beta = 0,012 < 0,495 \text{ ok}$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$	
$d = 1350 \text{ mm}$	Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle
$\beta = 0,012$	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z = 1342 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$	
$M_{u,d} = 64800000 \text{ Nm}$	Mitoitusmomentti
$z = 1342 \text{ mm}$	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
$A_s = 111 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Mimirauditus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$	Minimirauditusehto 1
$f_{ctm} = 3,2 \text{ N/mm}^2$	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$	Raudoitteen ominaislujuus
$b = 150 \text{ mm}$	
$d = 1350 \text{ mm}$	Arvioitu tehollinen korkeus, kun mitoitetaan seinäpalkki omapainolle
$A_{s,min,1} = 338 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimirauditus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$	Minimirauditusehto 2
$A_{s,min,2} = 263 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Minimirauditus
$A_{s,vaad} = 338 \text{ mm}^2 / \text{m}$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = B / kk * A_{teräs}$	
$n = 2 \text{ kpl}$	Raudoitetankojen määrä
$\varphi_s = 12 \text{ mm}$	Pieliteräkset
$A_{teräs} = 113 \text{ mm}^2$	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} = 226 \text{ mm}^2$	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Elementti raudoitetaan molemmilta puoliilta lisäksi verkolla ja pieliteräksillä.
Ei huomioida minimirauditusehtoja taivutusmitoituksessa.

$$KA = 49,1 \% \quad \text{EHTO: } A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\% \leq 100\%$$

Valitaan elementin pieliraudoitukseksi

Laskennan suoritti:
Pvm:

3.4.2. Sokkelielementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laskennan suoritti:

3.4.2. Sokkelielementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Sokkelielementin taivutusmitoitus toispuoleiselle maanpaineelle

Mitoitetaan sokkelin vaakasuuntainen rauditus toispuoleiselle maanpaineelle tilanteessa, jossa täyttö on rakennettu vain sokkelin toiselle puolelle.

Taustatäytön materiaalin lähtötiedot

$\gamma_{\text{täyttö}}$	=	20,0	kN/m^3	<i>Ympäristäytön kuivairtotilavuuspaino</i>
$\varphi_{\text{täyttö}}$	=	38,0	°	<i>Taustatäytön kitkakulma</i>
H_{maa}	=	1000,0	mm	<i>Taustatäytön korkeus</i>

Maanpainekertoimet

Lasketaan täyttömaan aktiivi- ja lepopainekertoimet.

$$K_1 = (1 - \sin(\varphi_{\text{täyttö}}))$$
$$K_1 = 0,384 \quad \text{Täyttömaan lepopainekerroin}$$

Vaakakuormat

Lasketaan muuria kuormittavan maamassan ja liikennekuorman aiheuttamat vaakakuormat ja niiden aiheuttamat momentit anturan leveyden keskipisteen suhteen. Muurin edessä olevaa tukevaa maamassaa ei huomioida.

$$p_{\text{maa}} = \gamma_{\text{täyttö}} \cdot K$$
$$p_{\text{maa}} = 7,7 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Maanpaine muurin takana (1 m syvyydessä) ilman tiivistyslisää}$$
$$p_{\text{max}} = p_{\text{maa}} \cdot H_{\text{maa}}$$
$$p_{\text{max}} = 7,7 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Maanpaine anturan alapinnan tasossa, suurin muuria kuormittava maanpaine}$$

$$p_d = p_{\text{max}} \cdot H_{\text{ma}} / 2 \cdot 1,35$$
$$p_d = 5,2 \text{ kN/m} \quad \text{Maanpaineen vaakaresultantti muurille}$$
$$s = 666,67 \text{ m} \quad \text{Resultantin sokkelin alareunasta}$$

Mitoitetaan elementin rauditusverkot maanpaineelle. Elementti tukeutuu pilareihin nievelellisesti.

$$L_{JM} = 8,4 \text{ m} \quad \text{Sokkelin tukiväli, anturoiden reunojen välinen matka}$$
$$M_d = p_d \cdot L^2 / 8$$
$$M_d = 30,5 \text{ kNm} \quad \text{Mitoitusmomentti}$$

Laskennan suoritti:

3.4.2. Sokkelielementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Taivutusmitoitus

Vaadittu teräsmäärä

$\mu = M_{u,d} / (B * d * f_{cd})$		
$M_{u,d} =$	30508792 Nm	Mitoitusmomentti
$B =$	1500 mm	Rakenteen leveys
$d =$	200 mm	Tehokas korkeus
$f_{cd} =$	19,83 N/mm ²	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$\mu =$	0,026	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$		
$\mu =$	0,026	
$\beta =$	0,026 < 0,495 ok	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$		
$d =$	200 mm	Tehokas korkeus
$\beta =$	0,026	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z =$	197 mm	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$		
$M_{u,d} =$	30508792 Nm	Mitoitusmomentti
$z =$	197 mm	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} =$	435 N/mm ²	0
$A_s =$	355 mm ² /m	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$		
$f_{ctm} =$	3,2 N/mm ²	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$f_{yk} =$	500 N/mm ²	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa
$b =$	1500 mm	
$d =$	150 mm	Tehokas korkeus
$A_{s,min,1} =$	376 mm ² /m	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$		
$A_{s,min,2} =$	293 mm ² /m	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} =$	376 mm ² /m	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = B / kk * A_{teräs}$		
$n =$	150 mm	Raudoitetankojen jako
$n =$	10 kpl	Raudoitetankojen määrä
$\varphi_s =$	5 mm	0,00
$A_{teräs} =$	20 mm ²	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} =$	649 mm ²	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa sis. Pieliteräkset

KA= 57,89 % EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$ ≤ 100%

Valitaan elementin molemmiin puolin verkko

φ 5

kk 150

Taivutuksen käyttöaste on pieni. Ei tutkita halkeamarajatilaa.

Sisäkuoressa teräsverkko B500K, ulkokuoressa B600KX (rosteri).

Laskennan suoritti:

3.4.2. Sokkelielementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Nostolenkit

Valitaan nostolenkiksi Peikko PNL F3 E240.

$G_{k,nosto} = 3,9 \text{ t}$

Elementin paino yhdelle nostolenkille

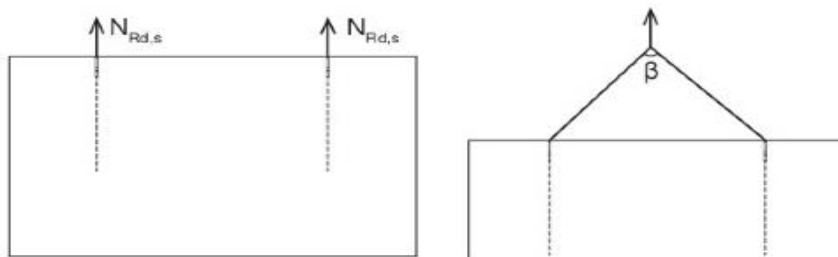
$R_{k,nosto} = 4,6 \text{ t}$

Nostolenkin sallittu kuormitus

KA: 85 %

Nostolenkin käyttöaste

KESTÄVYYDET



	Max. weight [t]	Max. element weight with angle β			
		45°	60°	90°	120°
		[t]			
PNL F1	2,1	2,0	1,9	1,5	1,1
PNL F2	3,5	3,3	3,1	2,5	1,8
PNL F3	5,3	4,9	4,6	3,7	2,6
PNL F4	6,4	5,9	5,5	4,5	3,2
PNL F5	9,5	8,8	8,3	6,7	4,8
PNL F6	13,5	12,5	11,7	9,6	6,8

Laskennan suoritti:	3.5.1. Porrashuonejäykistys	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

- A) Porrashuoneen materiaalit
- B) Porrashuoneen kuormat
- C) Porrashuoneen vakavuus kaatumista vastaan
- D) Porrashuoneen kuormat anturalle
- E) Porrashuone-elementtien saumaraudat

Laskennan suoritti:	3.5.1. Porrashuonejäykistys	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Porrashuoneen materiaalit

Toteutusluokka: 2

Betonin lujuusluokka: C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsoavarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

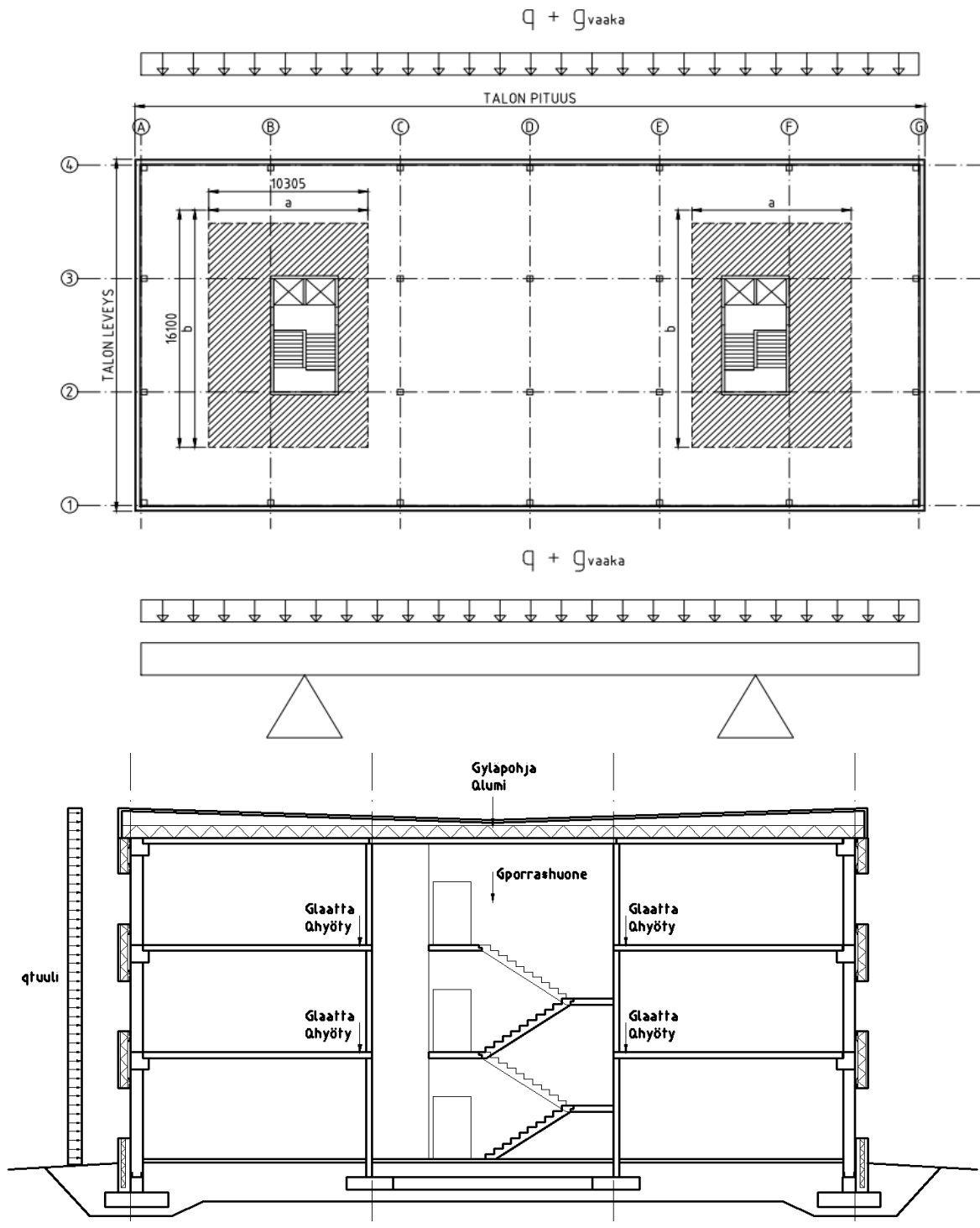
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Porrashuoneen kuormat

Rakennus jäykistetään kahdella porrashuoneella, jotka sijaitsevat symmetrisesti rakennuksen sisällä.
Rungon kiertymätarkasteluja ei tällöin tarvitse tehdä.



Laskennan suoritti:	3.5.1. Porrashuonejäykistys	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

Talon mittoja

H_{kok}	=	11,8	m	Talon korkeus maanpinnasta
L_{kok}	=	51,2	m	Koko talon pituus
B_{talo}	=	23,9	m	Talon leveys
L_{ph}	=	8,1	m	Porrashuoneen pituus
B_{ph}	=	4,0	m	Porrashuoneen leveys
a	=	10,3	m	Pituus, jolta kuormat kerääntyvät porrashuoneelle
b	=	16,1	m	Leveys, jolta kuormat kerääntyvät porrashuoneelle
A_{katto}	=	165,8	m ²	Vesikaton pinta-ala, jolta kuormat kerääntyvät porrashuoneelle
A_{vp}	=	133,4	m ²	Välipohjan pinta-ala, jolta kuormat kerääntyvät porrashuoneelle

Pystykuormat porrashuoneelle

Määritetään porrashuoneelle välittävät pystykuormat

Vesikatto

$g_{k,katto}$	=	2,0	kN/m ²	Vesikatteen, eristeiden, puuristikoiden ym. rakenteiden omapaino
μ_i	=	0,8		Lumikuorman korjauskerroin katolla, katto viettää sisään päin 2 asteen kulmassa.
q_{klumi}	=	1,6	kN/m ²	Lumikuorma katolla
$G_{k,katto}$	=	331,7	kN	Omapaino porrashuoneelle
$Q_{k,lumi}$	=	265,3	kN	Lumikuorma porrashuoneelle

Yläpohja 3, ontelolaatta

h_{yp}	=	200	mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1}$	=	2,6	kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2}$	=	0,5	kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp}$	=	3,1	kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$G_{k,yp}$	=	514,1	kN	Omapaino porrashuoneelle

Välipohja 2, ontelolaatta

h_{vp}	=	200	mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1}$	=	2,6	kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2}$	=	0,5	kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp}$	=	3,1	kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$q_{hyöty}$	=	2,5	kN/m ²	Hyötykuorma
$G_{k,yp}$	=	413,6	kN	Omapaino porrashuoneelle
$Q_{k,yp}$	=	333,6	kN	Hyötykuorma porrashuoneelle

Välipohja 1, ontelolaatta

h_{vp}	=	200	mm	Laatan paksuus
$g_{k,yp1}$	=	2,6	kN/m ²	Ontelolaatan paino saumattuna
$g_{k,yp2}$	=	0,5	kN/m ²	Tasausvalu
$g_{k,yp}$	=	3,1	kN/m ²	Yläpohjalaatan paino
$q_{hyöty}$	=	2,5	kN/m ²	Hyötykuorma
$G_{k,yp}$	=	413,6	kN	Omapaino porrashuoneelle
$Q_{k,yp}$	=	333,6	kN	Hyötykuorma porrashuoneelle

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Porrashuoneen seinät

$L_s =$	23,8	m	Seinien yhteenlaskettu pituus
$H_s =$	11,1	m	Seinän kokonaiskorkeus
$t_s =$	0,2	m	Seinän paksuus
$G_{k,s} =$	1320,9	kN	Porrashuoneen seinien omapaino

Porrashuoneen laatat ja hyötykuorma

$n =$	3	kerrosta	
$t_{laatta} =$	0,2	m	Laatan ja portaiden paksuus
$A_{laatta} =$	161	m ²	Laatan ja portaiden pinta-ala yhtä kerrosta kohden
$q_{ruuhka} =$	4,0	kN/m ²	Ruuhkakuorma porrashuoneessa
$G_{k,laatta} =$	2408,9	kN	Porrashuoneen laattojen ja portaiden omapaino
$Q_{k,ph} =$	1927,1	kN	Porrashuoneen laattojen ja portaiden omapaino

Kuormitustapaukset

Tarkastellaan porrashuoneen pystykuormitusta eri kuormitustapauksissa

KT1) MAX kuormitus, 6.10b

$\gamma_g =$	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	1,50	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$K_{FI} =$	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	6834	kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,kok} = \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,kok}$	4718	kN	Muuttuva mitoituskuorma
$N_d =$	11553	kN	Porrashuoneen mitoitusnormaalivoima

KT2) MAX kuormitus, 6.10a

$\gamma_g =$	1,35	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	0,00	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$K_{FI} =$	1,1	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	8023	kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,kok} = \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,kok}$	0	kN	Muuttuva mitoituskuorma
$N_d =$	8023	kN	Porrashuoneen mitoitusnormaalivoima

KT3) MIN kuormitus, 6.10a

$\gamma_g =$	0,90	Pysyvän kuorman osavarmuus
$\gamma_q =$	0,00	Muuttuvan kuorman osavarmuus
$K_{FI} =$	1,0	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$G_{d,kok} = \gamma_g * K_{FI} * G_{k,kok}$	4862	kN	Pys. mitoituskuorma
$Q_{d,kok} = \gamma_q * K_{FI} * Q_{k,kok}$	0	kN	Muuttuva mitoituskuorma
$N_d =$	4862	kN	Porrashuoneen mitoitusnormaalivoima

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vaakakuormat porrashuoneelle

Määritetään porrashuoneelle välittävät vaakakuormat tuulesta ja talon omanpainon epäkeskeisyydestä

Tuulikuormitus talon pitkälle seinälle

VIITE: RIL 201-1-2008 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat

Osa 1.4: Rakenteiden kuormat - Yleiset kuormat. Tuulikuormat

Määritetään hallin ulko- ja sisäpintoihin vaikuttavat tuulenpainet.

Rakennus sijaitsee tasaisella esikaupunkialueella, maastoluokassa II.

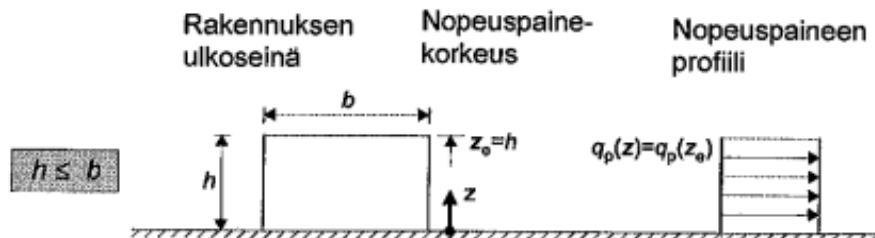
Rakenteen ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine

Rakennuksen leveys on suurempi kuin korkeus. Korkeuden B yläpuolella vaikuttaa suurempi tuulikuorma.

$$w_o = q_p(z_o) * c_{pe} \quad \text{Yksittäiseen pintaan korkeudella } z_o \text{ vaikuttava ulkoinen paine}$$

Rakenteen sisäpintoihin vaikuttava tuulenpaine

$$w_i = q_p(z_o) * c_{pi} \quad \text{Yksittäiseen pintaan korkeudella } z_o \text{ vaikuttava ulkoinen paine}$$



$$H = 11,80 \text{ m}$$

$$B = 23,90 \text{ m}$$

SIVU	H	$q_p(z_o)$	$C_{pe,10}$		C_{pi}	$C_{p,netto}$	w_{netto}
D	11,80	0,65	0,8	Rakennukseen sisäänpäin	-0,05	0,85	0,55
E	11,80	0,65	-0,5	Rakennuksesta ulospäin	-0,05	-0,45	-0,29

Kokonaistuulikuormat, paine tuulen puoleisella sivulla, imu vastakkaisella sivulla

H	s [m]	q [kN/m ²]	Q [kN/m]	H=tuulikuorman vaikutuskorkeus s=tuulikuorman resultantti q=tuulikuorma neliometriä kohti Q=tuulikuorman resultantti yhtä pitkän seinän metriä kohden.
0...B	17,85	0,85	10,0	

$$Q_{k,tuuli,ph} = 255 \text{ kN} \quad \text{Tuulikuorman resultantti yhdelle porrashuoneelle, krt}$$

$$\gamma_q = 1,50$$

$$K_{FI} = 1,1$$

$$Q_{d,tuuli,ph} = 421 \text{ kN}$$

$$s_q = 6,80 \text{ m}$$

Muuttuvan kuorman osavarmuus

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

Tuulikuorman resultantti yhdelle porrashuoneelle, mrt

Vaakakuormien resultantin etäisyys porrashuoneen anturan alapinnasta

Rakennuksen omanpainon epäkeskeisyydestä syntyvä vaakakuorma, 0,5 %

$$N_{d,talo} = 45000 \text{ kN} \quad \text{Koko talon pystykuormitus, mrt. Ks. Kohta ontelolaataston mitoitus.}$$

$$P_{d,vaaka} = 113 \text{ kN} \quad \text{Pystykuormasta aiheutuva vaakakuorma yhdelle porrashuoneelle}$$

$$s_p = 6,20 \text{ m} \quad \text{Vaakakuormien resultantin etäisyys porrashuoneen anturan alapinnasta}$$

$$M_d = s_q * Q_{d,tuuli,ph} + s_p * P_{d,vaaka}$$

$$M_d = 3561 \text{ kNm} \quad \text{Porrashuoneen juuren mitoitusmomentti yhdelle seinälle}$$

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

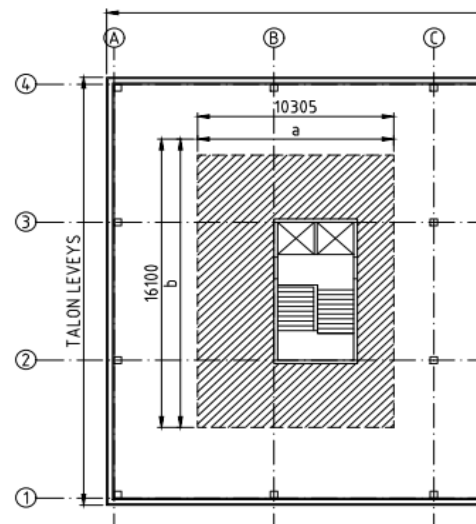
C) Porrashuoneen vakavuus kaatumista vastaan

Tarkastellaan porrashuoneen pystyssä pysymistä tilanteessa, jossa vaikuttaa suurin vaakakuorma ja pienin pystykuorma (KT3). Tutkitaan jännityksiä porrashuoneen seinän ja anturan rajapinnassa.

$L_{ph} =$	8,1 m	Porrashuoneen pituus
$B_{ph} =$	4,0 m	Porrashuoneen leveys
$H_s =$	11,1 m	Seinän kokonaiskorkeus
$t_s =$	0,2 m	Seinän paksuus
$N_{d,min} =$	4862 kN	Porrashuoneen mitoitusnormaalivoima kahdelle seinälle

Nd ei kuitenkaan jakaudu tasaisesti molemmille porrashuoneen seinille. Arvioidaan, että jakauma on noin 30% + 70%. Lasketaan kuormitetumman puristusjännitys seinän alla.

$$\sigma_N = N_d / (L_{ph} * H_s) * 0,7$$
$$\sigma_N = 2101 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Puristusjännitys}$$



Lasketaan taivutusmomentista syntyvä puristus- ja vetojännitys seinän molemmissa päissä.

$$M_{d,max} = 3561 \text{ kNm} \quad \text{Porrashuoneen juuren mitoitusmomentti}$$
$$W = L_{ph}^2 * H_s / 6$$
$$W = 2,187 \text{ m}^3 \quad \text{Porrashuoneen seinän taivutusvastus mitoitusmomentin suunnassa}$$
$$\sigma_M = M_d / W$$
$$\sigma_M = 1628 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Porrashuoneen mitoitusnormaalivoima}$$

Lasketaan taivutusmomentista syntyvä puristus- ja vetojännitys seinän molemmissa päissä.

$$\sigma_{MAX} = \sigma_N + \sigma_M = 3730 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Seinän suurin jännitys puristuspuolella (+ puristusta)}$$
$$= 3,73 \text{ N/mm}^2$$
$$\sigma_{MIN} = \sigma_N + \sigma_M = 473 \text{ kN/m}^2 \quad \text{Seinän pienin jännitys vetopuolellapuolella (+ puristusta)}$$

Huomataan, että kokoseinän pohjapinta-ala on puristuksella.
Lisäksi puristusrasitus on hyvin pieni verrattuna C30/37 -betonin kestävyYTEEN.

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Porrashuoneen kuormat anturalle

KT3, minimi pystykuormat

$$N_{d,min} = 3404 \text{ kN}$$

Porrashuoneen kuorma alapuoliselle anturalle, 70 % koko kuormasta jakautumisen takia

$$M_{d,max} = 3561 \text{ kNm}$$

Porrashuoneen juuren mitoitusmomentti

$$e = M_d / N_{d,min}$$

$$e = 1,05 \text{ m}$$

Kuorman epäkeskeisyys anturan pituussuunnassa

$$L_{eff} = L_{ph} - 2 * e$$

$$L_{eff} = 8,01 \text{ m}$$

Anturan tehokas pituus, huomioidaan, että antura on 4 seinällä

$$p_{d,eff} = N_{d,min} / L_{eff} \text{ kN}$$

$$p_{d,eff} = 425 \text{ kN/m}$$

Porrashuoneen viivakuorma alapuoliselle anturalle

KT1, maksimi pystykuormat

$$N_{d,min} = 8087 \text{ kN}$$

Porrashuoneen kuorma alapuoliselle anturalle, 70 % koko kuormasta jakautumisen takia

$$M_{d,max} = 3561 \text{ kNm}$$

Porrashuoneen juuren mitoitusmomentti

$$e = M_d / N_{d,min}$$

$$e = 0,44 \text{ m}$$

Kuorman epäkeskeisyys anturan pituussuunnassa

$$L_{eff} = L_{ph} - 2 * e$$

$$L_{eff} = 9,22 \text{ m}$$

Anturan tehokas pituus

$$p_{d,eff} = N_{d,min} / L_{eff} \text{ kN}$$

$$p_{d,eff} = 877 \text{ kN/m}$$

Porrashuoneen viivakuorma alapuoliselle anturalle

KT1 mitoittaa porrashuoneen seinäanturan.

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Porrashuone-elementtien saumaraudat

Lasketaan ontelolaatastojen vaakakuormat yhdelle porrashuoneelle tuulesta ja omasta painosta 0,5 %.

$$\begin{aligned} L_1 &= 2,90 \text{ m} \\ L_2 &= 3,60 \text{ m} \\ L_3 &= 3,60 \text{ m} \\ L_4 &= 1,80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_{\text{kok}} &= 51,2 \text{ m} && \text{Koko talon pituus} \\ q_{k,\text{tuuli}} &= 0,85 \text{ kN/m}^2 && \text{Ominaistuulikuorma} \\ \gamma_q &= 1,50 \\ K_{FI} &= 1,1 \end{aligned}$$

$$Q_d = L * q_{k,\text{tuuli}} * \gamma_q * K_{FI} / 2$$

$$Q_{d,1} = 103,5 \text{ kN}$$

$$Q_{d,2} = 128,5 \text{ kN}$$

$$Q_{d,3} = 128,5 \text{ kN}$$

$$Q_{d,4} = 64,2 \text{ kN}$$

Lasketaan omanpainon vaakakuorma välipohjille.

Jaetaan op:n vaakakuorma tasan ontelolaatastoille.

$$\begin{aligned} N_{d,\text{talo}} &= 45000 \text{ kN} && \text{Koko talon pystykuorma} \\ \gamma_g &= 1,15 && \text{ks. Ontelolaataston laskenta} \end{aligned}$$

$$G_d = (N_{d,\text{talo}} * \gamma_g * K_{FI} * 0,005 / 4) / 2$$

$$G_{d,1} = 35,6 \text{ kN}$$

$$G_{d,2} = 35,6 \text{ kN}$$

$$G_{d,3} = 35,6 \text{ kN}$$

$$G_{d,4} = 35,6 \text{ kN}$$

$$F_d = Q_d + G_d$$

$$F_{d,1} = 139,1 \text{ kN} \quad \text{Vaakakuormat jokaiselle ontelolaatastolle}$$

$$F_{d,2} = 164,1 \text{ kN}$$

$$F_{d,3} = 164,1 \text{ kN}$$

$$F_{d,4} = 99,8 \text{ kN}$$

Lasketaan rasiitukset porrashuoneen alareunassa

$$V_d = \sum F_{d,i}$$

$$V_d = 567 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima porrashuoneen alareunassa}$$

$$M_d = 3225 \text{ kNm} \quad \text{Momentti porrashuoneen alareunassa}$$

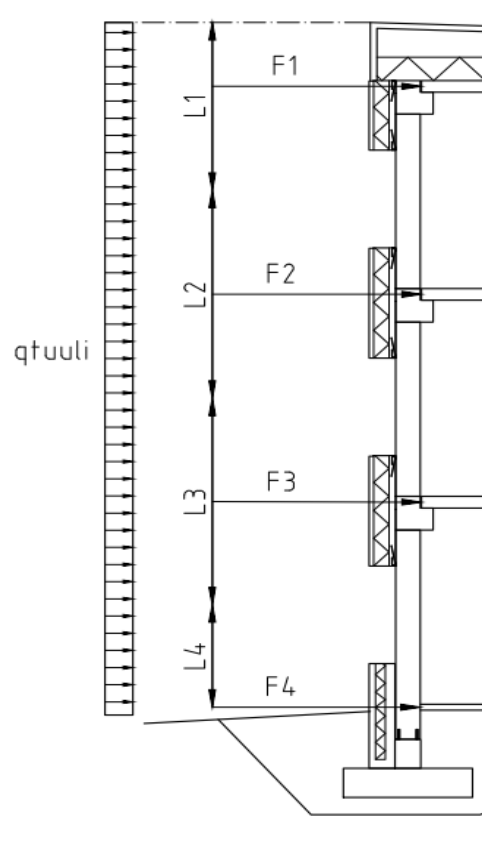
Porrashuone muodostuu kahdesta seinästä. Lasketaan rasiitukset yhden seinän alareunassa.

Porrashuoneen pitkä seinä tehdään kahdesta yhtäpitkästä elementistä.

$$V_{d,\text{seinä}} = 284 \text{ kN} \quad \text{Leikkausvoima porrashuoneen yhden seinän alareunassa}$$

$$M_{d,\text{seinä}} = 1613 \text{ kNm} \quad \text{Momentti porrashuoneen yhden seinän alareunassa}$$

$$B_{\text{seinä}} = 4,05 \text{ m} \quad \text{Porrashuoneen seinäelementin pituus}$$



Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Lasketaan porrashuone-elementtien resultanttien välinen momenttivarsi.

$$z = 2 * (2/3 * B)$$

$$z = 5,4 \text{ m}$$

Resultanttien välimatka

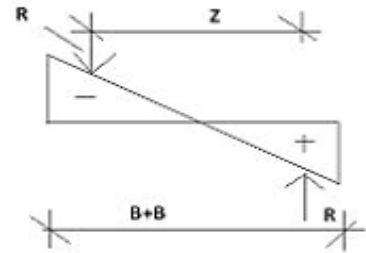
$$R_d = M/z$$

$$R_d = 299 \text{ kN}$$

Puristus-veto resultantti seinäelementeissä

$$H_{\text{porrash}} = 10,8 \text{ m}$$

Porrashuoneen korkeus



Lasketaan porrashuone-elementtien välinen leikkausrasitus pystysaumassa koko talon korkeudella.

$$V_{d,\text{pysty}} = 2 * R_d / L$$

$$V_{d,\text{pysty}} = 55,3 \text{ kN/m}$$

Työntövoima, ts. leikkausrasitus elementtien pystysaumassa

Vaarnatapit vaakasaumassa seinän alareunassa

Mitoitetaan vaarnatapit leikkausvoimalle.

Ei huomioida kitkaa vaakasaumassa olevaa betonipintojen välistä kitkaa.

Lasketaan vaarnatappien jako, kun vaarnatapin halkaisija on tiedossa.

$$\varphi = 12 \text{ mm}$$

Vaarnatapin halkaisija

$$n = 27 \text{ kpl}$$

Vaarnatappien määrä

$$kk = 300 \text{ mm}$$

Vaarnatappien jako

$$A_{\text{vaarna}} = 113 \text{ mm}^2$$

Vaarnan poikkipinta-ala

$$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoituspuristuslujuus

$$f_{yd} = 434,78 \text{ N/mm}^2$$

Raudoitteen mitoitusvetolujuus

$$V_{R,d} = 1,2 * A_{\text{vaarna}} * \sqrt{f_{cd} * f_{yd}} * n$$

$$V_{R,d} = 315,0 \text{ kN}$$

Yhden vaarnatapin leikkauskestävyys

$$V_{d,\text{seinä}} = 284 \text{ kN}$$

Leikkausvoima porrashuoneen yhden seinän alareunassa

$$KA: 90 \% \text{ ok}$$

Valitaan vaarnatapit $\varphi 12 \text{ mm}$, $kk 300$

Laskennan suoritti:

3.5.1. Porrashuonejäykistys

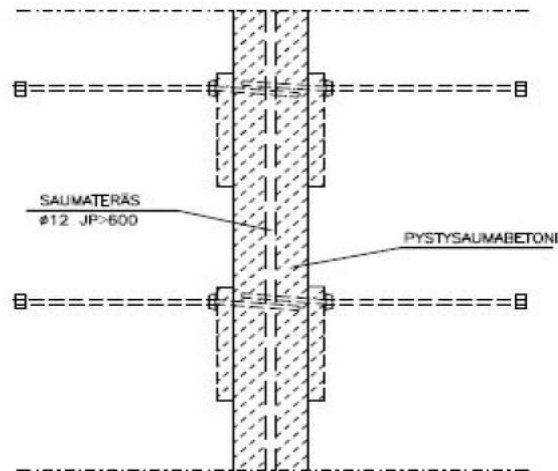
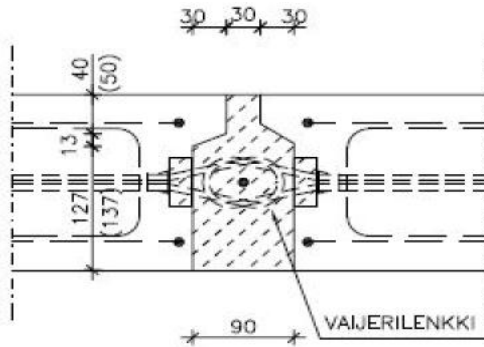
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

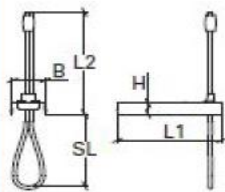
Vaarnalenkit seinäelementtien välisessä pystysaumassa

Mitoitetaan vaarnalenkit taulukon avulla.



Valitaan Peikon PVL 120 vaijerilenkki pystysauman leikkausraudoitukseksi.

PVL vaijerilenkki



	L1	L2	B	H	SL	Ø
	[mm]					
PVL 80	160	212	50	20	80	6
PVL 100	160	212	50	20	100	6
PVL 120	190	212	50	20	120	6

HYVÄKSYNNÄT:
BY 5 B N:o 316 ja BY 5 B-EC 2 N:o 26 Suomi

Leikkausvoiman laskentakapasiteetti [kN/m]

Betoniluokka	Lenkkijako [mm]										
	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
K30	114,9	107,4	92,5	81,3	72,7	65,7	60,0	55,3	51,3	47,8	44,9
K35	124,1	116,0	99,9	87,9	78,5	71,0	64,8	59,7	55,4	51,7	48,5
K40	132,7	124,0	106,8	93,9	83,9	75,9	69,3	63,8	59,2	55,2	51,8
K45	140,8	131,5	113,3	99,6	89,0	80,5	73,5	67,7	62,8	58,6	54,9

$V_{d,pysty} = 55,3 \text{ kN/m}$ Työntövoima, ts. leikkausrasitus elementtien pystysaumassa
 $V_{Rd,pysty} = 59,7 \text{ kN/m}$ Vaijerilenkkien leikkauskestävyys valitulla jaolla
 KA: 93 % ok Valitaan vaarnalenkit Peikko PVL 120 K600

Laskennan suoritti:

3.5.2. Seinäanturan mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Anturan mitat

B) Anturan kuormat

C) Materiaalien ominaisuudet

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeen taivutusrasitus

Tehokas pohjapinta-ala

Pohjamaan kantavuus

Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti

E) Anturan poikkisuuntainen alapinnan taivutusraudoitus

Vaadittu raudoitus

Mimirauditus

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

F) Anturan pituussuuntainen kutistuma- ja jakorauditus

Vaadittu jakorauditus

Todellinen kutistuma- ja jakoraudituksen poikkipinta-ala

G) Laatan leikkausmitoitus

Anturan mitat

Anturan pääraudoitus

Anturan kuormat

Leikkausrasitus

Laatan leikkauskapasiteetti

Laskennan suoritti:

3.5.2. Seinäanturan mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

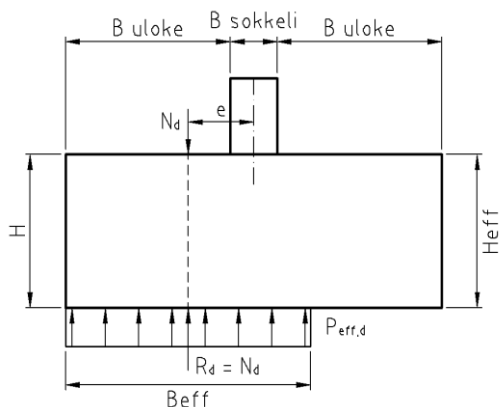
Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Anturan mitat

B_{antura}	=	1700 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
L_{antura}	=	1000 mm	Anturan pituus (tarkastelukaista)
H_{antura}	=	600 mm	Anturan korkeus
$B_{sokkeli}$	=	200 mm	Sokkelin leveys
L_u	=	750 mm	Anturan ulokkeiden pituus

Elementtianturassa ulokepituus on puolet laatan leveydestä



B) Anturan kuormat

N_d	=	877 kN/m	Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)
M_d	=	18 kNm	Anturassa vaikuttava momentti rakenteen poikkisuunnassa

Tässä kuorman epäkeskisyydeksi on määritetty 20 mm.

C) Materiaalien ominaisuudet

f_y	=	500,00 N/mm ²	Raudoitteen A500HW ominaislujuus
γ_k	=	1,15	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan (2)
f_{yd}	=	434,78 N/mm ²	Raudoitteen laskentalujuus
f_{ck}	=	25,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
γ_c	=	1,50	Teräsosavarmuus toteutusluokan mukaan (2)
f_{cd}	=	14,17 N/mm ²	Betonin laskennallinen puristuslujuus
f_{ctm}	=	2,56 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	=	1,80 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
f_{ctd}	=	1,20 N/mm ²	Betonin laskentavetolujuus
C_{nom}	=	75 mm	Betonin nimellispeitepaksuus maata vasten valettaessa
φ_s	=	12 mm	Pääteräksen halkaisija
d	=	519 mm	Etäisyys puristuspinnan yläpinnasta alapinnan vetorautoituksen painopisteeseen (laatan tehollinen korkeus)

Laskennan suoritti:	3.5.2. Seinäanturan mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Tehokas pohjapaine ja anturan ulokkeen taivutusrasitus

Tehokas pohjapinta-ala

$e = M_d / N_d * 1000 \text{ mm}$		
$M_d =$	18 kN/m	Anturassa vaikuttava momentti rakenteen poikkisuunnassa
$N_d =$	877 kNm	Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)
$e =$	20 mm	Kuorman epäkeskisyyys

$B_{eff} = (B_{antura} / 2 - e) * 2$		
$B_{antura} =$	1700 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$e =$	20 mm	Kuorman epäkeskisyyys
$B_{eff} =$	1660 mm	Anturan tehokas leveys

$A_{eff} = B_{eff,antura} * L_{antura}$		
$B_{eff} =$	1,66 m	Anturan tehokas leveys
$L_{antura} =$	1,00 m	Anturan pituus (tarkastelukaista)
$A_{eff} =$	1,66 m ²	Anturan tehokas pohjapinta-ala

$P_{eff,d} = P_d / A_{eff}$		
$N_d =$	877 kN/m	Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)
$A_{eff} =$	1,66 m ²	Anturan tehokas pohjapinta-ala
$P_{eff,d} =$	528 kN/m ²	Anturan tehokas pohjapaine

Pohjamaan kantavuus

$P_{eff,d} =$	528 kN/m ²	Tehokas pohjapaine
$P_R =$	555 kN/m ²	Pohjamaan kantokestävyys, määritettävä erikseen
OK		$P_R > V_d$

Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti

$M_{u,d} = P_{eff,d} * L_u^2 / 2$		
$P_{eff,d} =$	528 kN/m ²	Tehokas pohjapaine
$L_u =$	0,75 m	Anturan ulokkeiden pituus
$M_{u,d} =$	149 kNm	Anturan uloketta rasittava taivutusmomentti

Laskennan suoritti:	3.5.2. Seinäanturan mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Anturan poikkisuuntainen alapinnan taivutusraudoitus

Vaadittu raudoitus

$\mu = M_{u,d} / (L_{antura} * d * f_{cd})$		
$M_{u,d} =$	148588102 Nm	Anturan ulokketta rasittava taivutusmomentti
$L_{antura} =$	1000 mm	Anturan pituus (tarkastelukaista)
$d =$	519 mm	Etäisyys puristuspinnan yläpinnasta alapinnan vetoraudoituksen painopisteeseen
$f_{cd} =$	14 N/mm ²	Betonin laskennallinen puristuslujuus
$\mu =$	0,039	

$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}$		
$\mu =$	0,039	
$\beta =$	0,040	<0,495 ok Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = d * (1 - \beta / 2)$		
$d =$	519,0 mm	Etäisyys puristuspinnan yläpinnasta alapinnan vetoraudoituksen painopisteeseen
$\beta =$	0,040	Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus
$z =$	509 mm	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$		
$M_{u,d} =$	148588102 Nm	Anturan ulokketta rasittava taivutusmomentti
$z =$	509 mm	Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi
$f_{yd} =$	435 N/mm ²	Raudoitteen laskentalujuus
$A_s =$	672 mm ² /m	Taivutusmitoituksen vaatima pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä metriä kohti

Mimiraudoitus

$A_{s,min,1} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b * d$		
$f_{ctm} =$	2,6 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{yk} =$	500 N/mm ²	Raudoitteen A500HW ominaislujuus
$b =$	1000 mm	
$d =$	519 mm	Etäisyys puristuspinnan yläpinnasta alapinnan vetoraudoituksen painopisteeseen
$A_{s,min,1} =$	691 mm ² /m	Minimiraudoitus
$A_{s,min,2} = 0,0013 * b * d$		
$A_{s,min,2} =$	675 mm ² /m	Minimiraudoitus
$A_{s,vaad} =$	690,89 mm ² /m	Raudoituksen poikkipinta-ala anturassa yhtä metriä kohti

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = L_{antura} / kk * A_{teräs}$		
$kk =$	150 mm	Raudoitejako, kun tangot jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$L_{antura} =$	1000 mm	Minimiraudoitusehto 1
$\varphi_s =$	12 mm	Pääteräksen halkaisija
$A_{teräs} =$	113 mm ²	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod} =$	754 mm ²	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti

KA=	91,6 %	EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$
-----	--------	--

Valitaan anturan alapinnan pääraudoitukseksi

Laskennan suoritti:
Pvm:

3.5.2. Seinäanturan mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

- ϕ 12
- kk 150

Laskennan suoritti:	3.5.2. Seinäanturan mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

F) Anturan pituussuuntainen kutistuma- ja jakorautoitus

Vaadittu jakorautoitus

$A_{s,jako,min} = 0,2 * A_{s,tod}$		Minimi jakorautoitus anturan alapinnassa, 20 % pääraudoituksesta
$A_{s,tod} =$	754 mm ²	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti
$A_{s,jako,min} =$	151 mm ²	Jakorautoituksen minimi määrä
$A_{s,jako,max} = B_{antura} * H_{antura} * f_{ctd} / f$		Mitoitetaan betonipoikkileikkauksen vetolujuutta vastaava teräsmäärä
$B_{antura} =$	1700 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$H_{antura} =$	600 mm	Anturan pituus (tarkastelukaista)
$f_{ctd} =$	1,2 N/mm ²	Betonin laskentasvetolujuus
$f_{yd} =$	435 N/mm ²	Raudoitteen laskentalujuus
$A_{s,jako,max} =$	2815 mm ²	Jakorautoituksen maksimimäärä anturapoikkileikkauksessa

Jakorautoituksen määrä määritetään usein näiden maksimi- ja minimimäärän keskiarvona, koska maata vasten valetussa anturassa esiintyy pohjakitkaa

$A_{s,jako,kesk} =$

1483 mm

Käytettävä jakorautoituksen mimimimäärä

Todellinen kutistuma- ja jakorautoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,jako,tod} = kpl * A_{teras}$		
$n =$	13 kpl	Tankojen määrä, kun raudoite jaetaan poikkileikkaukseen tasajaolla
$\varphi_s =$	12 mm	Jakoraudan halkaisija
$A_{teras} =$	113 mm ²	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$B_{antura} =$	1700 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
$kk = (B_{antura} - 100 \text{ mm}) / n$		Jakorautojen jako poikkileikkauksessa
$kk =$	123 mm	
$A_{s,jako,tod} =$	1470 mm ²	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti

$KA =$

100,9 %

$EHTO: A_{s,jako,keks} / A_{s,jako,tod} * 100\%$

Valitaan anturan alapinnan jakorautoitukseksi

- ϕ 12
- kk 123

Laskennan suoritti:

3.5.2. Seinäanturan mitoitus

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Laatan leikkausmitoitus

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkaukskapasiteetti.

Anturan mitat

B_{antura}	=	1700 mm	Anturan poikkileikkauksen leveys
b	=	1000 mm	Anturan pituus (tarkastelukaista)
H_{antura}	=	600 mm	Anturan korkeus
$B_{sokkeli}$	=	200 mm	Sokkelin leveys
d	=	519 mm	Laatan tehollinen korkeus ($=H_{eff}$)
c	=	231 mm	Anturan ulokkeen pituus leikkausmitoituksessa

Anturan pääraudoitus

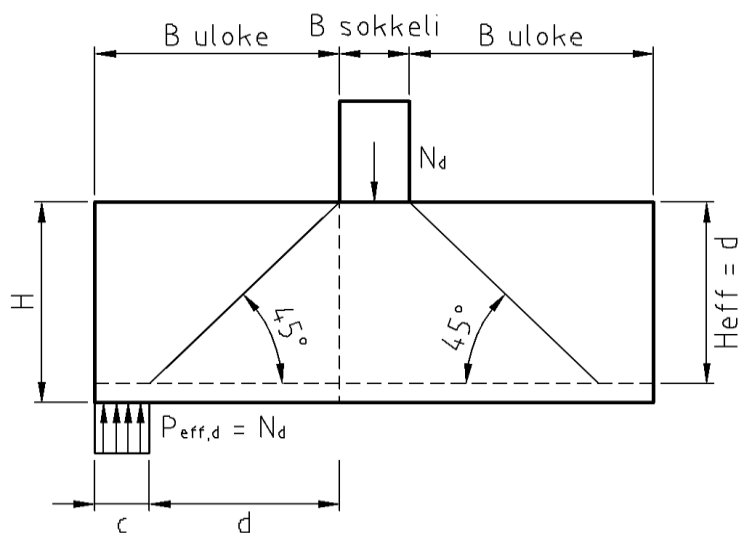
φ_s	=	12 mm	Pääteräksen halkaisija
-------------	---	-------	------------------------

Anturan kuormat

N_d	=	877 kN/m	Sokkelin viivakuorma anturalle (MRT)
$P_{eff,d}$	=	528 kN/m ²	Tehokas pohjapaine

Leikkausrasitus

$V_{ed} = P_{eff,d} * c * L_{antura}$		
$V_{ed} =$	122,0 kN	Leikkausvoima yhtä sokkelimetriä kohti



Leikkausvoiman määrittäminen tehokkaan pohjapaineen avulla

Laskennan suoritti:	3.5.2. Seinäanturan mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

Laatan leikkauskapasiteetti

$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck}) ^ {1/3}$		
$\gamma_c =$	1,50	
$b =$	1000 mm	Mitoituskaistan pituus, anturametri
$d =$	519 mm	Laatan tehollinen korkeus (=Heff)
$f_{ck} =$	25 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$		
$k =$	1,62 ≤ 2,0	Korkeuskerroin
$\rho = A_s / (b * d)$		
$A_s =$	754 mm ²	Pääraudoituksen poikkipinta-ala yhtä anturametriä kohti
$\rho =$	0,00145	Raudoitussuhde

$V_{Rd,c0} =$ 155 kN Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti

$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k ^ {3/2} * \sqrt{f_{ck}}$
 $V_{Rd,cmin} =$ 187 kN Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti

$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$
 $V_{Rd,c} =$ 187 kN Laatan leikkauskapasiteetti

$KA =$ 65,12 % **EHTO:** $V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$

Laatta kestää leikkausrasituksen. Leikkaushakoja ei tarvita.

Laskennan suoritti:

3.5.3. Seinänturan halkeamaleveys

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalilujuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaalilujuudet

Rauditus
Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	179 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 60 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,264 mm		KA= 88 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	186 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 62 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,275 mm		KA= 92 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	128 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 43 %
Halkeamaleveys	$W_k =$	0,275 mm		KA= 92 %

Laskennan suoritti:

3.5.3. Seinäanturan halkeamaleveys

Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallijuudet

Palkin poikkileikkaus

$B = 1000 \text{ mm}$

Palkin leveys

$H = 600 \text{ mm}$

Palkin korkeus

$u = 2200 \text{ mm}$

Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa

$h_0 = 545 \text{ mm}$

Palkin kuivattuva piiri

$\varphi_{(\infty, t_0)} = 2,2$

Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28 \text{ vrk}$

$C_1 = 75 \text{ mm}$

Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s1} = 12 \text{ mm}$

Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s1} = 13,00 \text{ kpl}$

Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s1} = 1470 \text{ mm}^2$

Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$C_2 = 0 \text{ mm}$

Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)

$\varphi_{s2} = 0 \text{ mm}$

Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija

$n_{s2} = 0 \text{ kpl}$

Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä

$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2$

Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala

$d = 519 \text{ mm}$

Rakenteen tehokas korkeus

$d_2 = 0 \text{ mm}$

Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$M_{yp, \infty, k} = 129 \text{ kNm}$

Pitkaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

$M_{yp, \infty, k} = 92 \text{ kNm}$

Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetovalikoista:

Betoni:

C30/37

Sallittu halkeamaleveys:

0,3

Raudoitus:

Harjateräs

Laskennan suoritti:

3.5.3. Seinänturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Rauditus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen ominaislujuus}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen kimmokerroin}$$

Betoni

$$f_{ck} = 30,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaispuristuslujuus}$$

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin vetolujuus, 5% fraktiili}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

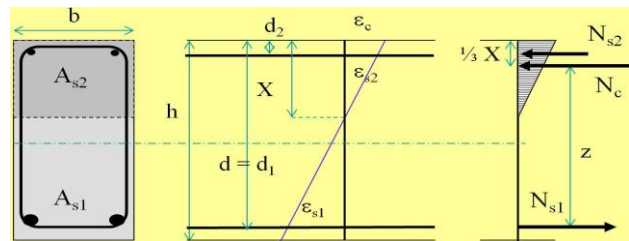
C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuoleinen rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$$A_{s1} = 1470 \text{ mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 519 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$B = 1000 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_1 = 0,00283 \quad \text{Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 519 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm} \quad \text{Yläpinnan pääteräksen sijainti}$$

$$B = 1000 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_2 = 0,00000 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen kimmokerroin}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\alpha_e = 6,09 \quad \text{Kimmokerrointen suhde}$$

$$M_k = 129 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad // \text{ kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d + \rho_2 * \alpha_e * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)) * d \quad // \text{ yleismuoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$$X = 88 \text{ mm} \quad \text{Puristuspuoleisen pinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa}$$

$$z = 490 \text{ mm} \quad \text{Sisäinen momenttivarsi}$$

$$\sigma_s = 179 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa}$$

$$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KA= 60 \%}$$

Laskennan suoritti:

3.5.3. Seinänturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.

Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	600 mm	Palkin korkeus
$B =$	1000 mm	Palkin leveys
$d =$	519 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1470 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	75 mm	Vetorasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	12 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	88 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	203 mm	
$H_{c,eff} = \text{MIN } (H - X) / 3 =$	171 mm	
$H / 2 =$	300 mm	
$H_{c,eff} =$	171 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	170709 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetoraidoituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,00861 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \varphi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	179 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : 0,000188$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000537$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	492 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000537	
$W_k =$	0,264 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 88 %

Laskennan suoritti:

3.5.3. Seinänturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	519 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1470 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00283	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	2,2	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} =$	$1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$	
$E_{c,eff} =$	10774 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e =$	$E_s / E_{c,eff}$	
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	18,56	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	129 kNm	#VIITTAUS!
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$	kun $A_2 = 0$
$X =$	$\rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2 / (\rho_1 * d_1)))} * d$	yleismuoto
$z =$	$d - X / 3$	
$\sigma_s =$	$M_k / (z * A_{s1})$	

$X =$	143 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$z =$	471 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	186 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$\sigma_{raja} =$	$0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ² KA= 62 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	492 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,00861 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	186 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	18,56	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$MAX: (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : 0,000151$ $0,6 * \sigma_s / E_s =$	0,000559
$W_k =$	$S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000559	
$W_k =$	0,275 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 92 %

Laskennan suoritti:
Pvm:

3.5.3. Seinänturan halkeamaleveys

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	519 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	1470 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00283	Alapinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Yläpinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	92 kNm	#VIITTAUS!
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		// kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{((1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))} * d$		// yleismuoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	88 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa
$z =$	490 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	128 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 43 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	492 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,00861 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	186 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : -0,000131$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000559$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000559	
$W_k =$	0,275 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,30 mm	KA= 92 %

Laskennan suoritti:

3.5.4. Lepasoelementin mitoit

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Lepasoelementin mitat ja kuormat

B) Materiaalien ominaisuudet

C) Nauhaelementin taivutusmitoitus omalle painolle ja ruuhkakuormalle

D) Leikkausmitoitus tuella

E) Nostolenkit

Laskennan suoritti:

3.5.4. Lepotasoelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Lepotasoelementin mitat ja kuormat

$H=$	0,200 m	Lepotasoelementin paksuus
$B=$	1,650 m	Lepotasoelementin leveys
$L=JM=$	4,000 m	Elementin pituus
$G_k=$	33,0 kN	Elementin ominaispaino
$\gamma_g=$	1,15	Omanpainon osavarmuuskerroin, $CC2 = K_{FI}=1$
$G_d=$	38,0 kN	Elementin mitoitus omapaino
$q_k=$	4,0 kN/m ²	Hyötykuorma
$Q_k=$	26,4 kN	Elementin ominaispaino
$\gamma_q=$	1,50	Omanpainon osavarmuuskerroin, $CC2 = K_{FI}=1$
$Q_d=$	39,6 kN	Elementin mitoitus omapaino
$V_d=$	19,0 kN	Mitoitusleikkausvoima tuella, leikkausmitoituksessa
$p_d=$	11,8 kN/m ²	Elementin MRT kuormitus 1,0 m leveällä kaistalla

Laskennan suoritti:

3.5.4. Lepotasoelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalien ominaisuudet

Toteutusluokka:

2

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

f_{ck}	30,00 N/mm ²	Betonin ominaispuristuslujuus
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus
$f_{ctk,0,05}$	2,03 N/mm ²	Betonin vetolujuus, 5% fraktiili
E_{cm}	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
γ_c	1,50	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{cd}	17,00 N/mm ²	Betonin mitoituspuristuslujuus
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	Betonin mitoitusvetolujuus
ρ_{betoni}	25,00 kN/m ³	Raudoitetun betonin tilavuuspaino

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

Rasitusluokat ja betonipeite

Mitoitettava rakenne on sisätiloissa oleva lepotasoelementti.

Suunnittelukäyttöikä on 50 vuotta.

SFS EN 206-1 kansallisen liitteen mukaan:

Rakenne	Rasitusluokat	$C_{min,dur}$	Betoni
Laatta	XC1	10	C30/37

$$c_{min} = \max[c_{min,b}; c_{min,dur}, 10 \text{ mm}]$$

$c_{min,b} = 12 \text{ mm}$ Tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo

$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$ Rasitusluokan asettama raudoitteen pienin sallittu betonipeite

$c_{min} = 12 \text{ mm}$ Tartunnan ja säilyvyyden vaatima betonipeitepaksuus

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ Raudoitteen sijaintitoleranssi

$c_{nom} = 22 \text{ mm}$ Raudoitteen nimellinen betonipeite suunnitelmissa ja rakennelaskelmissa

$\varphi_{s1} = 12 \text{ mm}$ Pääteräks

$\varphi_{s2} = 0 \text{ mm}$ Työteräs

$d_1 = 172 \text{ mm}$ Tehokas korkeus

Laskennan suoritti:

3.5.4. Lepotasoelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Nauhaelementin taivutusmitoitus omalle painolle ja ruuhkakuormalle

$p_d = 11,8 \text{ kN/m}$ Elementin MRT kuormitus 1,0 m leveällä kaistalla

Elementti tukeutuu porrashuone-elementteihin nivelellisesti.

$$M_d = q_d \cdot L^2 / 8$$

$M_d = 23,5 \text{ kNm/m}$ Mitoitusmomentti

Vaadittu teräsmäärä

$$\mu = M_{u,d} / (B \cdot d \cdot f_{cd})$$

$M_{u,d} = 23500000 \text{ Nm/m}$ Mitoitusmomentti

$B = 1000 \text{ mm}$ Rakenteen leveys

$d = 172 \text{ mm}$ Tehokas korkeus

$f_{cd} = 17,00 \text{ N/mm}^2$ Betonin mitoituspuristuslujuus

$\mu = 0,047$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu}$$

$\mu = 0,047$

$\beta = 0,048 < 0,495 \text{ ok}$ Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$$z = d \cdot (1 - \beta / 2)$$

$d = 172 \text{ mm}$ Tehokas korkeus

$\beta = 0,048$ Betonin suhteellisen puristuspinnan korkeus

$z = 168 \text{ mm}$ Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$$A_s = M_{u,d} / (z \cdot f_{yd})$$

$M_{u,d} = 23500000 \text{ Nm}$ Mitoitusmomentti

$z = 168 \text{ mm}$ Taivutusrasitetun betonirakenteen sisäinen momenttivarsi

$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$ Raudon mitoitusvetolujuus

$A_s = 322 \text{ mm}^2/\text{m}$ Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Mimirauditus

$$A_{s,min,1} = 0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b \cdot d$$

Minimirauditusehto 1

$f_{ctm} = 2,9 \text{ N/mm}^2$ Betonin ominaisvetolujuus

$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ Raudon ominaislujuus

$b = 1000 \text{ mm}$

$d = 172 \text{ mm}$ Tehokas korkeus

$A_{s,min,1} = 259 \text{ mm}^2/\text{m}$ Minimirauditus

$$A_{s,min,2} = 0,0013 \cdot b \cdot d$$

Minimirauditusehto 2

$A_{s,min,2} = 224 \text{ mm}^2/\text{m}$ Minimirauditus

$A_{s,vaad} = 322 \text{ mm}^2/\text{m}$ Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

Todellinen raudituksen poikkipinta-ala

$$A_{s,tod} = 1000 \text{ mm} / kk \cdot A_{s,teräs}$$

$kk = 200 \text{ mm}$ Raudoitetankojen määrä

$\varphi_s = 12 \text{ mm}$ Pääteräkset

$A_{s,teräs} = 113 \text{ mm}^2$ Yksittäisen raudan poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = 565 \text{ mm}^2$ Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

$KA = 56,9 \%$ EHTO: $A_{s,vaad} / A_{s,tod} \cdot 100\% \leq 100\%$

Valitaan elementin pielifirauditukseksi

- $\phi 12$

Laskennan suoritti:

3.5.4. Lepotasoelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Leikkausmitoitus tuella

Lasketaan leikkausraudoittamattoman rakenteen leikkauskapasiteetti.

Laatan leikkauskapasiteetti

$$V_{Rd,c0} = 0,18 / \gamma_c * b * d * k (100 * \rho * f_{ck})^{1/3}$$

$$\gamma_c = 1,50$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \text{Mitoituskaistan pituus, anturametri}$$

$$d = 172 \text{ mm} \quad \text{\#VIITTAUS!}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Pääteräksset}$$

$$k = 1 + \sqrt{200 \text{ mm} / d} \leq 2$$

$$k = 2,00 \leq 2,0 \quad \text{Korkeuskerroin}$$

$$\rho = A_s / (b * d)$$

$$A_s = 565 \text{ mm}^2 \quad 0,00$$

$$\rho = 0,00329 \quad \text{Raudoitussuhde}$$

$$V_{Rd,c0} = 89 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden perusarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,cmin} = 0,035 * b * d * k^{3/2} * \sqrt{f_{ck}}$$

$$V_{Rd,cmin} = 93 \text{ kN} \quad \text{Leikkauskestävyyden vähimmäisarvo anturametriä kohti}$$

$$V_{Rd,c} = \text{MAX: } V_{Rd,cmin}; V_{Rd,cmin}$$

$$V_{Rd,c} = 93 \text{ kN} \quad \text{Laatan leikkauskapasiteetti}$$

$$KA = 20,35 \% \quad \text{EHTO: } V_{Ed} / V_{Rd,c} * 100\%$$

Laatta kestää leikkausrasituksen. Leikkaushakoja ei tarvita.

Laskennan suoritti: 3.5.4. Lepotasoelementin mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm: Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Nostolenkit

Valitaan valuankkuriksi Peikko PLA20 4 kpl.

$$G_{k,nosto} = 0,83 \text{ t}$$

Elementin paino yhdelle nostolenkille

$$R_{k,nosto} = 1,00 \text{ t}$$

Nostolenkin sallittu kuormitus

$$KA: 83 \%$$

Nostolenkin käyttöaste

Taulukko 2 Nostoankkurien sallitut nostokapasiteetit betonin lujuudelle K20 [kN] ja minimi asennusetäisyydet [mm]

	Nostokulma 0°-45°	Nostokulma 90°	Reuna- etäisyys (1,5xh) [mm]	Keskiö- etäisyys [mm]	Laatan paksuus [mm], min
PLA20	20	10	210	420	160
PLA24	25	12,5	225	450	170
PLA30	40	20	300	600	220
PLA36	63	31,5	375	750	270
	Nostokulma 0°-45°	Nostokulma 90°	Reuna- etäisyys [mm]	Keskiö- etäisyys [mm]	Elementin paksuus [mm], min
PLA20P(M)	20	10	70	420	140
PLA24P(M)	25	12,5	70	450	140
PLA30P(M)	40	20	87	600	175
PLA36P(M)	63	31,5	112	750	224

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Mitat ja materiaalliljuudet

Palkin poikkileikkaus
Palkin kuormat
Pikamitoitus

B) Materiaaliljuudet

Rauditus
Betoni

C) Pitkäaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys
Palkin taipuma

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan
Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan
Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

E) Lyhytaikaiskuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus
Halkeamaleveys
Palkin taipuma

Pikamitoitus

Pitkäaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	136 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 45 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,113 mm		KA= 28 %
Halkeamakestävyys	$M_{cr} =$	27,0 kNm		KA= Palkki ei halkeile.
Taipuma	$f =$	0,9 mm	1/300	KA= 7 %

Pitkäaikaiskuormitus, viruma huomioitu

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	140 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 47 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,117 mm		KA= 29 %
Taipuma	$f =$	2,5 mm	1/300	KA= 19 %

Lyhytaikainen kuormitus, ei virumaa

Teräsjännitys	$\sigma_s =$	197 N/mm ²	< 300 N/mm ²	KA= 66 %
Halkeamaleveys	$w_k =$	0,117 mm		KA= 29 %
Taipuma	$f =$	1,4 mm		KA= 10 %

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Mitat ja materiaallijuudet

Palkin poikkileikkaus

$B =$	1000 mm	Palkin leveys
$H =$	200 mm	Palkin korkeus
$L =$	4,0 m	Palkin jännemitta
$B_{kuorma} =$	1,0 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$u =$	2000 mm	Palkin kuivattuva piiri (avoimet pinnat) viruman laskennassa
$h_0 =$	200 mm	Palkin kuivattuva piiri
$\varphi_{(\infty, t_0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0 = 28$ vrk
$C_1 =$	22 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	12 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s1} =$	5 kpl	Vetorasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s1} =$	565 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_2 =$	0 mm	Puristusrasitetun pinnan betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \varphi_{haka}$ ja $\varphi_{työteräs}$)
$\varphi_{s2} =$	0 mm	Puristusrasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$n_{s2} =$	0 kpl	Puristusrasitetun pinnan terästankojen määrä
$A_{s2} =$	0 mm ²	Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	172 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$d_2 =$	0 mm	Yläpinnan pääteräksen sijainti

Palkin kuormat

$g_{oma} =$	5,0 kN/m	Palkin omapaino
$g_{muu} =$	0,0 kN/m ²	Lisäpaino, esim. laatasta tai pintavalusta
$q =$	4,0 kN/m ²	Laatasta hyötykuorma
$\psi =$	0,3	Muuttuvan kuorman kerroin pitkäaikaikuormituksessa
$B_{kuorma} =$	1,0 m	Palkin kuormitusleveys, laatan mitoituksessa 1,0 m
$p_{E, \infty, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + \psi * q)$		
$p_{E, \infty, k} =$	6,2 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	12 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$p_{E, lyhyt, k} = g_{oma} + B_{kuorma} * (g_{muu} + q)$		
$p_{E, lyhyt, k} =$	9,0 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$M_{yp, \infty, k} =$	18 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa

Valitse seuraavat muuttujat alavetoalikoista:

Betoni:	C30/37	Sallittu taipuma	1/300
Rauditus:	Harjateräs	Sallittu halkeamaleveys:	0,4
Palkin tuenta:	Nivel-nivel	Huomioi tuenta myös momentissa!	

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Materiaalilujuudet

Rauditus

$$f_{yk} = 500,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen ominaislujuus}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen kimmokerroin}$$

Betoni

$$f_{ck} = 30,00 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaispuristuslujuus}$$

$$f_{ctm} = 2,90 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin ominaisvetolujuus}$$

$$f_{ctk,0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin vetolujuus, 5% fraktiili}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\rho_{betoni} = 25,00 \text{ kN/m}^3 \quad \text{Raudoitettun betonin tilavuuspaino}$$

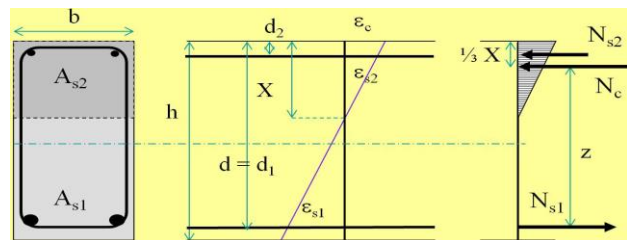
C) Pitkäaikaikuormat, virumaa ei huomioitu

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X .

Huomioidaan puristuspuoleinen rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .



$$\rho_1 = A_{s1} / (d * B)$$

$$A_{s1} = 565 \text{ mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 172 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$B = 1000 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_1 = 0,00329 \quad \text{Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\rho_2 = A_{s2} / (d * B)$$

$$A_{s2} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala}$$

$$d = 172 \text{ mm} \quad \text{Rakenteen tehokas korkeus}$$

$$d_2 = 0 \text{ mm} \quad \text{Yläpinnan pääteräksen sijainti}$$

$$B = 1000 \text{ mm} \quad \text{Palkin leveys}$$

$$\rho_2 = 0,00000 \quad \text{Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala}$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm}$$

$$E_s = 200000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Raudituksen kimmokerroin}$$

$$E_{cm} = 32837 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Betoniin kimmokerroin}$$

$$\alpha_e = 6,09 \quad \text{Kimmokerrointen suhde}$$

$$M_k = 12 \text{ kNm} \quad \text{Halkeamatarkastelun taivutusmomentti}$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad \text{|| kun } A_2 = 0$$

$$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d \quad \text{|| yleisluoto}$$

$$z = d - X / 3$$

$$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$$

$$X = 31 \text{ mm} \quad \text{Puristuspuoleisen pinnan korkeus käyttörajoitilamitoituksessa}$$

$$z = 162 \text{ mm} \quad \text{Sisäinen momenttivarsi}$$

$$\sigma_s = 136 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajoitilassa}$$

$$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} = 300 \text{ N/mm}^2 \quad \text{KA= 45 \%}$$

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Vetorasitetun betonipinnan halkeamaleveys

Lasketaan vetorasitetun betonipinnan halkeamatiheys $S_{r,max}$ ja $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$.
Lasketaan halkeamaleveys w_k .

$H =$	200 mm	Palkin korkeus
$B =$	1000 mm	Palkin leveys
$d =$	172 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	565 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$C_1 =$	22 mm	Vetorasitetun betonipeitepaksuus ($C_{nom} + \phi_{haka}$ ja $\phi_{työteräs}$)
$\varphi_{s1} =$	12 mm	Vetorasitetun pinnan pääteräksen halkaisija
$X =$	31 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$2,5 * (H - d) =$	70 mm	
$H_{c,eff} = \text{MIN } (H - X) / 3 =$	56 mm	
$H / 2 =$	100 mm	
$H_{c,eff} =$	56 mm	Vedetyn betonipinnan tehokas korkeus raudoituksen ympärillä
$A_{c,eff} = h_{c,eff} * B$		
$A_{c,eff} =$	56284 mm ²	Tehokas betonipoikkileikkauksen pinta-ala vetoraidoituksen ympärillä
$\rho_{p,eff} = A_{s1} / A_{c,eff}$		
$\rho_{p,eff} =$	0,01005 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$k_1 =$	0,80	Harjateräs = 0,8; Sileä tanko = 1,6
$k_2 =$	0,50	Taivutettu rakenne = 0,5; puhtaasti vedetty rakenne = 1,0
$k_3 =$	3,40	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$k_4 =$	0,43	Eurokoodin kansallisesta liitteestä
$S_{r,max} = k_3 * C_1 + k_1 * k_2 * k_4 * \varphi_{s1} / \rho_{p,eff}$		
$\sigma_s =$	136 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff})) / E_s : 0,000067$	
	$0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000407$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$S_{r,max} =$	278 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000407	
$w_k =$	0,113 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$w_{sall} =$	0,40 mm	KA= 28 %

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin halkeamamomentti M_{cr} . Mikäli halkeamamomentti ylitetään, tippuu palkin taiputusjäykkyys ja taipumat kasvavat. Tällöin lasketaan palkin halkeiluasteesta riippuva taiputusjäykkyys I_B .

$H =$	200 mm	Palkin korkeus
$B =$	1000 mm	Palkin leveys
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$f_{ctm,fl} =$	$(1,6 - H/1000) * f_{ctm}$	
$f_{ctm,fl} =$	4,06 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus taiputuksessa
$M_{cr} =$	$W_{ce} * f_{ctm,fl} = (H^2 * B / 6) * f_{ctm,fl}$	

$M_{cr} =$	27 kNm	Taivutusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	12 kNm	Halkeamatarkastelun taivutusmomentti

Palkki ei halkeile.

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_c , I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c =$	$H^3 * B / 12$	
$I_c =$	6,667E+08 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R =$	$\alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$	
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$A_{s1} =$	565 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	172 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	31 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	7,840E+07 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$\zeta =$	$1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$	
$\theta =$	0,5	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	-1,376	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E =$	$\zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c$	
	1,476E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$f =$	$0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$	$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	6,2 kN/m	Palkin pitkäaikaikuormitus
$L =$	4,0 m	Palkin jännemitta

$f =$	0,9 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	13 mm	Sallittu taipuma
		KA= 7 %

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Pitkäaikaiskuormat, viruma huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus, kun viruma huomioidaan

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan raudoitus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	172 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	565 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00329	Vetorasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Puristusrasitetun pinnan suhteellinen pinta-ala
$\varphi_{(\infty,t0)} =$	1,8	Viruman loppuarvo EC2 kuvan 3.1 kuvaajalta, kuormitus ajankohta $t_0=28$ vrk
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$E_{c,eff} = 1,05 * E_{cm} / (1 + \varphi_{(\infty,t0)})$		
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	12 kNm	Pitkäaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		// kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)} * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1)) * d$		// yleismuoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		

$X =$	48 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$z =$	156 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	140 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 47 %

Halkeamaleveys, kun viruma huomioidaan

$S_{r,max} =$	278 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01005 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	140 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttörajatilassa
$K_t =$	0,4	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	MAX: $(\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s : 0,000032$ $0,6 * \sigma_s / E_s =$ 0,000421	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		

$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000421	
$W_k =$	0,117 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 29 %

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma, kun viruma huomioidaan

Lasketaan palkin taivutusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_C =$	6,667E+08 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$I_R = \alpha_e \cdot A_{s1} \cdot (d - x) \cdot (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	16,24	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	565 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	172 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	48 mm	Puristuspinnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	1,781E+08 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taivutusjäykkyys
$\zeta =$	-1,376	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta \cdot I_R + (1 - \zeta) \cdot I_C$	1,339E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taivutusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	12314 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 \cdot p_k \cdot L^4 / (E_{cm} \cdot I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_C$
$p_k =$	6,2 kN/m	Palkin pitkäaikaiskuormitus
$L =$	4,0 m	Palkin jännemitta
$f =$	2,5 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	13 mm	Sallittu taipuma
		KA= 19 %

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Lyhytaikaikuormat, virumaa ei huomioitu

Viruma heikentää betonin kimmokerrointa pitkän ajan kuluessa. Lasketaan palkin poikkileikkausarvot ja taipuma uudelleen.

Puristetun betonipinnan korkeus

Lasketaan betonipoikkileikkauksen suhteellinen puristettu korkeus X . Huomioidaan puristuspinnan rauditus.

Lasketaan sisäinen momenttivarsi z ja teräsjännitys σ_s .

$d =$	172 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$A_{s1} =$	565 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$\rho_1 =$	0,00329	Alapinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$\rho_2 =$	0,00000	Yläpinnan raudoituksen suhteellinen pinta-ala
$E_{cm} =$	32837 N/mm ²	Betonin kimmokerroin
$\alpha_e = E_s / E_{c,eff}$		
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$M_k =$	18 kNm	Lyhytaikainen taivutusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-1 + \sqrt{1 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * d$		// kun $A_2 = 0$
$X = \rho_1 * \alpha_e * (-(1 + \rho_2 / \rho_1) + \sqrt{(1 + \rho_2 / \rho_1)^2 + 2 / (\rho_1 * \alpha_e)}) * (1 + (\rho_2 * d_2) / (\rho_1 * d_1))) * d$		// yleisluoto
$z = d - X / 3$		
$\sigma_s = M_k / (z * A_{s1})$		
$X =$	31 mm	Puristuspinnan korkeus käyttöraja-tilamitoituksessa
$z =$	162 mm	Sisäinen momenttivarsi
$\sigma_s =$	197 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$\sigma_{raja} = 0,6 * f_{yk} =$	300 N/mm ²	KA= 66 %

Halkeamaleveys

$S_{r,max} =$	278 mm	Suurin halkeamien välimatka
$\rho_{p,eff} =$	0,01005 mm ²	Tehokas raudoitussuhde vetotangon ympärillä
$\sigma_s =$	140 N/mm ²	Vetorasitetun pinnan teräsjännitys käyttöraja-tilassa
$K_t =$	0,6	Pitkäaik. Kuorma = 0,4; Lyhytaik. Kuorma = 0,6
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde
$f_{ctm} =$	2,9 N/mm ²	Betonin ominaisvetolujuus 28 vrk jälkeen
$E_s =$	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	$\text{MAX: } (\sigma_s - K_t * f_{ctm} / \rho_{p,eff} * (1 + \alpha_e * \rho_{p,eff}) / E_s : -0,000215$ $0,6 * \sigma_s / E_s = 0,000421$	
$W_k = S_{r,max} * (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$		
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} =$	0,000421	
$W_k =$	0,117 mm	Laskettu halkeamaleveys vetorasitetussa betonipinnassa
$W_{sall} =$	0,40 mm	KA= 29 %

Laskennan suoritti: 3.5.5. Lepotasoelementin halkeamaleveys ja taipuma
Pvm:

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin taipuma

Lasketaan palkin taiputusjäykkyydet I_R ja I_E sekä halkeiluaste ζ .

$I_c =$	6,667E+08 mm ⁴	Halkeilemattoman betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$I_R = \alpha_e * A_{s1} * (d - x) * (d - x / 3)$		
$\alpha_e =$	6,09	Kimmokerrointen suhde, viruma huomioitu
$A_{s1} =$	565 mm ²	Vetorasitetun pinnan yhteenlaskettu teräspoikkipinta-ala
$d =$	172 mm	Rakenteen tehokas korkeus
$x =$	31 mm	Puristuspuunnan korkeus käyttörajatilamitoituksessa
$I_R =$	7,840E+07 mm ⁴	Halkeilleen betonipoikkileikkauksen taiputusjäykkyys
$M_{cr} =$	27 kNm	Taiputusmomentti, jossa palkkiin syntyy ensimmäinen halkeama
$M_k =$	18 kNm	Lyhytaikainen taiputusmomentti rakenteen tarkastelukohdassa
$\zeta = 1 - \theta * (M_{cr} / M_k)^2$		
$\theta =$	1,0	Pitkäaikainen kuormitus = 0,5; Lyhytaikainen kuormitus = 1.
$\zeta =$	-1,256	Palkin halkeiluaste, halkeilleiden poikkileikkausten prosenttiosuus koko palkissa.
$I_E = \zeta * I_R + (1 - \zeta) * I_c$		
	1,405E+09 mm ⁴	Halkeilleen palkin tehokas taiputusjäykkyys
$E_{c,eff} =$	32837 N/mm ²	Betonin tehokas kimmokerroin viruman jälkeen
$f = 0,013020833 * p_k * L^4 / (E_{cm} * I)$		$I = I_E$, kun halkeamamomentti ylitetään, muuten $I = I_c$
$p_k =$	9,0 kN/m	Palkin lyhytaikainen maksimikuormitus
$L =$	4,0 m	Palkin jännemitta
$f =$	1,4 mm	Palkin taipuma
$f_{sall} =$	13 mm	Sallittu taipuma
		KA= 10 %

Laskennan suoritti:	3.6.1. Ontelolaataston mitoitus	Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Pvm:		Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Ontelolaataston mitat ja kuormat

B) Rengasraudoitus

C) Ontelolaattojen saumateräokset

Laskennan suoritti:

3.6.1. Ontelolaataston mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

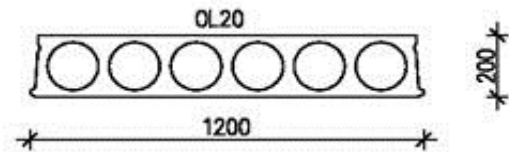
Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Ontelolaataston mitat ja kuormat

$L = 7,20$ m
 $JM = 7,12$ m
 $h = 0,20$ m

Ontelolaatan pituus
Ontelolaatan jännemitta
Ontelolaatan paksuus



$L = JM = 4,00$ m

Ontelolaataston

$q_{hyöty} = p = 2,5$ kN/m²

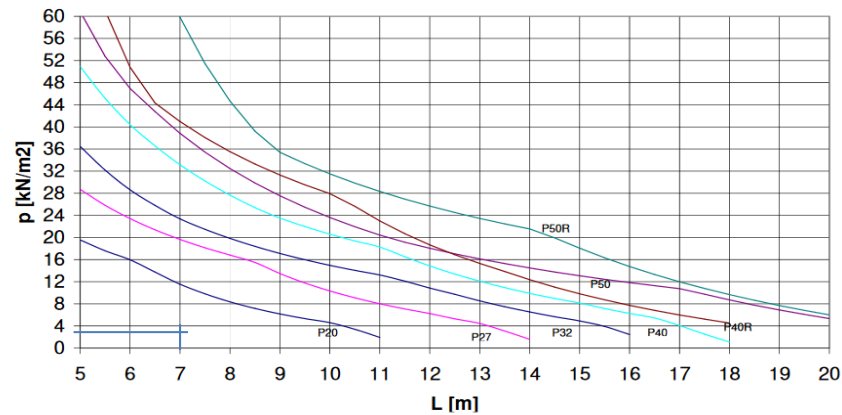
Hyötykuorma

Mitoitetaan ontelolaatan paksuus kantavuuskäyrästä avulla.

Valitaan ontelolaataksi P20.

KANTOKYKY ONTELOLAATAT – asunnot, toimistot, lumikuorma (Koonti luokka 0.5)

Betoni C50
Teräs st. 1630/1860
Alkujänn. 1000 MN/m²



$g_{k1} = 2,6$ kN/m²

Ontelolaatan omapaino saumattuna

$g_{k2} = 0,5$ kN/m²

Tasausvalun omapaino

$\gamma_g = 1,15$

Omanpainon osavarmuuskerroin, CC2 = $K_{FI} = 1$

$K_{FI} = 1,10$

Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

$q_k = 2,5$ kN/m²

Hyötykuorma

$\gamma_q = 1,50$

Omanpainon osavarmuuskerroin, CC2 = $K_{FI} = 1$

$p_{kok,k} = 5,6$ kN/m²

Ontelolaatan kokonaiskuorma, krt

$p_{kok,d} = 8,0$ kN/m²

Ontelolaatan mitoituskuorma, mrt

Laskennan suoritti:

3.6.1. Ontelolaataston mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

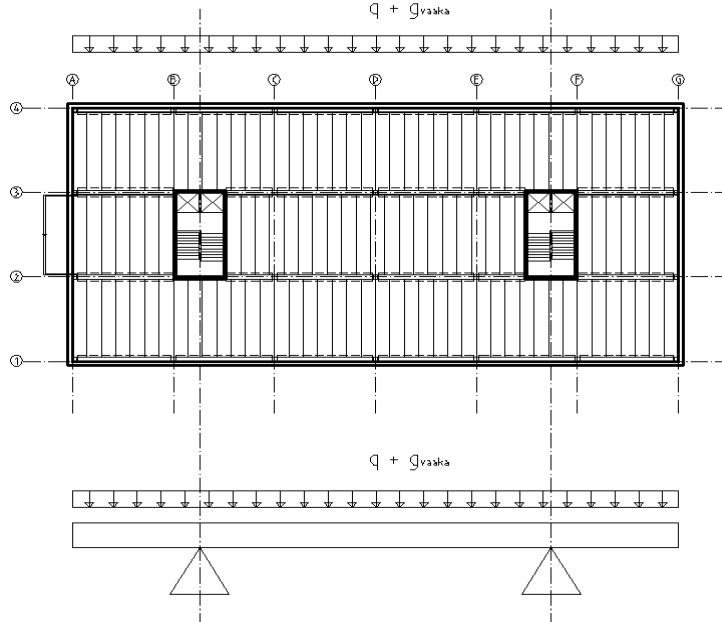
Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Rengasraudoitus

Tarkastellaan rakennuksen ylimmän kerroksen ontelolaatasta.

Mitoitetaan ontelolaatasto tason suunnassa 1-aukkoisena palkkina, joka tukeutuu nivelellisesti jäykistäviin porrashuoneisiin.



Mitat

$H =$	23,10 m	Koko kerroksen ontelolaataston korkeus palkkina
$a =$	10,60 m	Ulokkeen pituus
$L_a =$	29,20 m	Aukon pituus
$a_2 = a$	10,60 m	Ulokkeen pituus
$A =$	1164,24 m	Ontelolaataston pinta-ala
$z = 0,6 \cdot H$		
$z =$	13,86 m	Korkean palkin momenttivarsi

Tuulikuorma

$c_s =$	1,0	Rakennekerroin
$c_d =$	1,0	Dynaaminen kerroin
$q_{tuuli,k} =$	0,85 kN/m ²	Tuulenpaine
$L_{pilari} =$	3,58 m	Kerroskorkeus, tuulenpaineen vaikutuskorkeus
$q_d = c_m \cdot c_k \cdot q_{tuuli,k} \cdot L_{pilari} \cdot \gamma_q \cdot K_{FI}$		
$q_d =$	5,0 kN/m	Muuttuva metrikuorma palkille

Pystykuormien epäkeskeisyydestä aiheutuva vaakakuorma yhdelle ontelolaatastolle

$n_{pilari} =$	24,0 kpl	Pilariden määrä kerroksessa
$G_{pilari,d} =$	16,3 kN	Yhden pilarin paino, mrt
$n_{palkit} =$	22,0 kpl	Pilariden määrä kerroksessa
$G_{palkki,d} =$	93,6 kN	Yhden palkin paino, mrt
$g_{k,katto} =$	5,0 kN/m ²	Vesikatteen, eristeiden, puuristikoiden ym. rakenteiden omapaino, ontelolaatta, krt
$p_{vpohja,d} =$	8,0	Välipohjan kuormitus, mrt
$q_{lumi,k} =$	1,6 kN/m ²	Lumikuorma katolla, krt

Laskennan suoritti:

3.6.1. Ontelolaataston mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Lasketaan rakenteiden kokonaiskuormat ylimmällä ontelolaatastolla.
Pystykuormien epäkeskeisyydestä aiheutuu 0,5 % vaakakuorma.

$G_{pilarit,d}$	392 kN	Pilarien paino koko kerroksessa
$G_{palkit,d}$	2059 kN	Palkkien paino
$G_{vesikatto,d}$	7364 kN	Vesikaton paino
$G_{välipohja,d}$	9368 kN	Välipohjan omapain ja hyötykuorma $= p_{kok,d} * H * A$
$Q_{lumi,d}$	1863 kN	Lumikuorma
$P_{kok,d}$	21046 kN	Ylimmän ontelolaataston kokonaiskuorma
$P_{vaaka,d}$	105 kN	Pystykuormasta aiheutuva mitoitusvaakuorma palkille
$P_{vaaka,d}$	2,1 kN/m	Pystykuormasta aiheutuva mitoitusvaakuorma metrikuormana

$P_{vaaka,d} = q_d + p_{vaaka,d}$		
$P_{vaaka,d}$	7,1 kN/m	Pystykuormista aiheutava vaakakuorma ontelolaatastolle

$N_{talo,d} = 44686 \text{ kN}$ Koko talon arvioitu pystykuorma, mrt

Ontelolaattapalkin taivutusmomentti

Lasketaan vaakakuorman aiheuttama taivutusmomentti yhdeksi laataksi sidotulle ontelolaatastolle.

$$M_d = p_{vaaka,d} * L_a^2 / 2 * (1/4 - a^2 / L^2)$$

$M_d = 717 \text{ kNm}$ Laatan taivutusmomentti, Rakentajain kalenteri

Rengasraudoitus

Lasketaan taivutusmomentin vaatima rengasraudoituksen poikkileikkauspinta-ala.

Toteutusluokka:

2

Raudoitus

f_{yk}	500,00 N/mm ²	Raudoitteen ominaislujuus
γ_k	1,15	Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan
f_{yd}	434,78 N/mm ²	Raudoitteen mitoitusvetolujuus
E_s	200000 N/mm ²	Raudoituksen kimmokerroin

$A_s = M_{u,d} / (z * f_{yd})$		
$M_{u,d}$	716576217 Nm	Mitoitusmomentti
z	13860 mm	Sisäinen momenttivarsi
f_{yd}	435 N/mm ²	Teräksen mitoitusvetolujuus
A_s	119 mm ² /m	Raudoituksen vaadittu poikkipinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$A_{s,tod} = n * A_{teräs}$		
n	2 kpl	Raudoitetankojen määrä
φ_s	12 mm	Raudoituksen halkaisija
$A_{teräs}$	113 mm ²	Yksittäisen raudan poikkipinta-ala
$A_{s,tod}$	226 mm ²	Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

$$KA = 52,6 \% \quad EHTO: A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\% \leq 100\%$$

Valitaan rengasraudoitukseksi

- ϕ 12
- kpl 2

Laskennan suoritti:

3.6.1. Ontelolaataston mitoitus

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Ontelolaattojen saumateräsket

Lasketaan leikkausrasitus ontelolaattojen saumassa ja sen vaatimat saumaraudat

Leikkausrasitus

$$V_d = p_{vaaka,d} * L_a / 2$$

$$V_d = 104 \text{ kN}$$

Laatan saumassa vaikuttava suurin leikkausrasitus

$$\tau_d = 3/2 * V_d / (h * H)$$

$$\tau_d = 0,015 \text{ N/mm}^2$$

Laatan saumassa vaikuttava mitoitusleikkajännitys

$$\tau_{Rd} = 0,15 \text{ N/mm}^2$$

Keskimääräisen leikkajännityksen yläraja, Elementtisuunnittelu.fi

Valusauman leikkauskestävyys

Betonin lujuusluokka:

C30/37

Betoni

$$f_{ctk,0,05} = 2,03 \text{ N/mm}^2$$

Betonin vetolujuus, 5% fraktiili

$$\gamma_c = 1,50$$

Teräsovarmuus toteutusluokan mukaan

$$f_{ctd} = 1,35 \text{ N/mm}^2$$

Betonin mitoitusvetolujuus

$$\theta = 0,20$$

Karhean työsauman tartuntakerroin

$$V_{u,d} = \theta * f_{ctd}$$

$$V_{u,d} = 0,27 \text{ N/mm}^2$$

Leikkauksen kapasiteetti

$$KA = 6 \%$$

Ontelolaattojen saumojen teräsket

$$p_{kok,d} = 8,0 \text{ kN/m}^2$$

Ontelolaatan mitoituskuorma, mrt

$$L = 7,20 \text{ m}$$

Ontelolaatan pituus

$$k = 1,00$$

Kerroin 1, kun kerrosluku < 4 kerrosta

$$A_s = k * 1,2 * p_{kok,d} * L / (2 * f_{yk})$$

$$A_s = 70 \text{ mm}^2$$

Saumateräksen vaadittu poikkileikkauspinta-ala

Todellinen raudoituksen poikkipinta-ala

$$A_{s,tod} = n * A_{teräs}$$

$$n = 1 \text{ kpl}$$

Raudoitetankojen määrä

$$\varphi_s = 10 \text{ mm}$$

Raudoitteen halkaisija

$$A_{teräs} = 79 \text{ mm}^2$$

Yksittäisen raudan poikkipinta-ala

$$A_{s,tod} = 79 \text{ mm}^2$$

Pääraudoituksen poikkipinta-ala poikkileikkauksessa

$$KA = 88,5 \%$$

$$EHTO: A_{s,vaad} / A_{s,tod} * 100\%$$

$$\leq 100\%$$

Valitaan saumaraudoitukseksi

- ϕ 10

- kpl 1