

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Pvm:

HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

SISÄLLYS

A) Lähtötiedot ja mitat

Kaivannon mitat

Pohjamaan lähtötiedot, maakerrokset

B) Maanpainekertoimet, hiekkakerros

C) Maanpainekertoimet, moreenikerros

D) Tukiseinän kuormitus

KT1: Lyhytaikainen ominaisyhdistelmä, käyttörajatila

KT2: 6.10a: Pysyvät kuormat, murtorajatila

KT3: 6.10b: Muuttuvat kuormat, murtorajatila

E) Pystykomponenttien tarkastus 6.10b

F) Tuen vaakapalkin mitoitus

G) Pölköpalkin mitoitus

Rasitukset

Rakenteellinen mitoitus

H) Ponttiseinän mitoitus

PIKAMITOITUS

Kuormitustapaus	Käyttöaste	$F_{d,ankkuri}$ [kN/m]	$M_{d,max}$ [kNm/m]
KRT	76 %	68,7	27,8
6.10a	88 %	90,6	106,3
6.10b	91 %	124,4	58,8
Pystystab.	42 %		
Pontti	51 %		
Vaakapalkki	75 %		
Pölköpalkki	96 %		

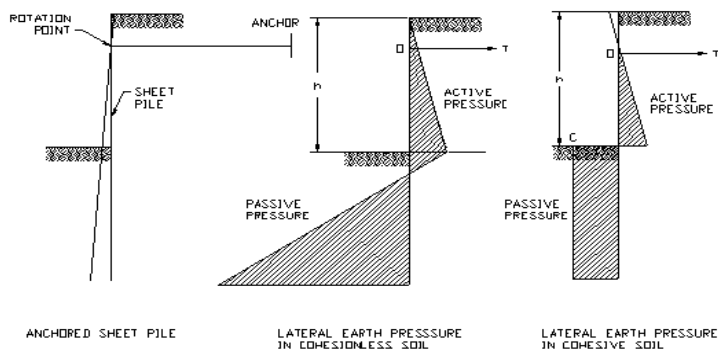
$H_{seinä} =$	10,1 m
$N_{d,pölkä} =$	930,4 kN
$M_{d,pölkä} =$	101,5 kN

Suurin ankkurivoima ja pontin taivutusmomentti esiintyvät eri kuormitustapauksissa.

Tukiseinän upotussyvyys on arvioitu olevan 3,0 m. Mitoitetaan tukiseinä kuitenkin minimiupotussyvyyteen.

Käsinlaskennassa on helpompaa tutkia tukiseinän kuormien jakaumia minimiupotussyvydellä.

Todellisuudessa syväälle lyötäessä tukiseinän alapää muuttuu jäykäksi tueksi, mikä pienentää tukitason kuormaa.



Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho
HT6 - Pohjarakenteet

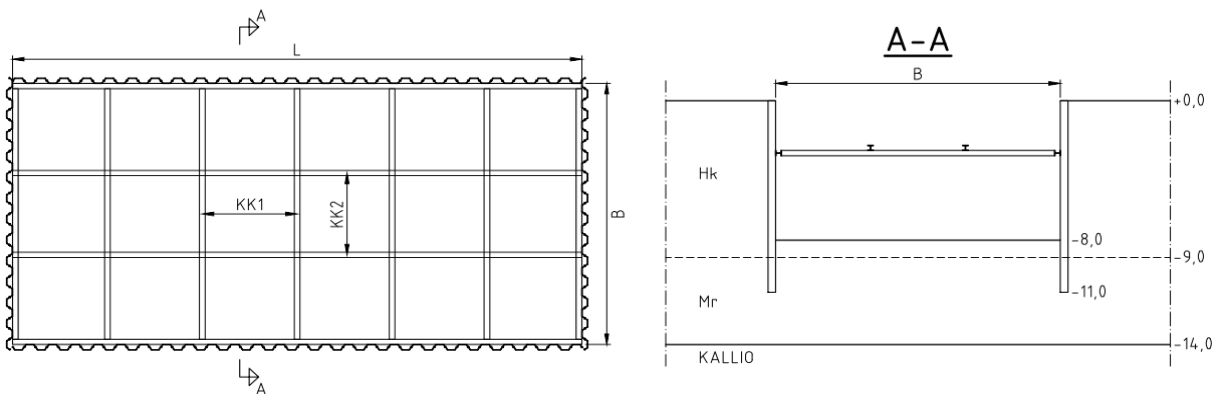
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

A) Lähtötiedot ja mitat

Kaivannon mitat

$L =$	30,0 m	Kaivannon pituus
$B =$	15,0 m	Kaivannon leveys
$H =$	8000 mm	Kaivannon syvyys
$H_1 =$	2500 mm	Tukitason syvyys maanpinnasta mitattuna
$H_2 =$	5500 mm	Kaivannon syvyys tukipisteestä mitattuna
$H_{\text{upotus}} =$	2100 mm	Tukiseinän upotussyvyys
$H_{\text{kok}} =$	10100 mm	Tukiseinän kokonaiskorkeus
$\alpha_{\text{maanpinta}} =$	0°	Tukiseinän laella olevan maanpinnan kaltevuus
$\alpha_{\text{kaivanto}} =$	0°	Kaivannon pohjalla olevan maanpinnan kaltevuus

KAIVANNON TASOKUVA



Pohjamaan lähtötiedot, maakerrokset

1. Maakerros keskitiivistä hiekkaa

$\gamma_1 =$	17,0 kN/m ³	Tilavuuspaino, Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, Taulukko 10.1
$\varphi_1 =$	33,2°	Kitkakulma
$c_1 =$	0,0	Koheesio

2. Maakerros tiivistä moreenia

$\gamma_2 =$	20,0 kN/m ³	Tilavuuspaino, Teiden pohjarakenteiden suunnitteluperusteet, Taulukko 10.2
$\varphi_2 =$	38,6°	Kitkakulma
$c_2 =$	5,0	Koheesio

Pohjavesi on pontin alapään alapuolella. Tukiseinään tai kaivannon pohjaan ei vaikuta vedenpainetta.

Maakerrosten takia tukiseinään vaikuttava maanpaine vaihtelee hyvin paljon.

Huomioidaan maanpaine kertoimien laskennassa seinäkitka nomogrammien avulla.

Käytännössä tämä pienentää seinää tukevaa passiivipaine kerrointa ja kasvattaa kuormittavaa aktiivipaine kerrointa.

Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho
HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

B) Maanpainekertoimet, hiekkakerros

1) Ei seinäkitkaa, tuetun maan pinta tasainen

Lasketaan pohjamaan aktiivi- ja passiivipainekertoimet.

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi / 2)$$

$$K_a = 0,292$$

Maan aktiivipainekerroin, seinäkitkaa ei ole huomioitu

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \varphi / 2)$$

$$K_p = 3,421$$

Maan passiivipainekerroin, seinäkitkaa ei ole huomioitu

2) Seinäkitka huomioitu, laskennalliset maanpainekertoimet, kun pinta tasainen

$$\delta_a = 2/3 * \varphi$$

Kulma, minkä Pa:n suunta poikkeaa vaikutuspinnan normaalista

$$\delta_p = 1/2 * \varphi$$

Kulma, minkä Pp:n suunta poikkeaa vaikutuspinnan normaalista

$$\delta_a = 22^\circ$$

$$\sim 20^\circ$$

$$\delta_p = 17^\circ$$

$$\sim 15^\circ$$

Lasketaan pohjamaan aktiivi- ja lepopainekertoimet, kun seinään vaikuttava kitkavoima huomioidaan

$$K_a = \frac{1}{\cos \delta_a} \left[\frac{1}{\frac{1}{\cos \varphi} + \sqrt{\tan^2 \varphi + \tan \varphi \cdot \tan \delta_a}} \right]^2$$

$$K_a = 0,262 \text{ Maan aktiivipainekerroin}$$

$$K_p = \frac{1}{\cos \delta_p} \left[\frac{1}{\frac{1}{\cos \varphi} - \sqrt{\tan^2 \varphi + \tan \varphi \cdot \tan \delta_p}} \right]^2$$

$$K_p = 6,343 \text{ Maan passiivipainekerroin}$$

3) Seinäkitka huomioitu, maanpainekertoimet nomogrammeista, kun pinta tasainen ($\delta = 0$)

Kaavat antavat kuitenkin usein vaarallisen edullisia arvoja.

Käytetään maanpainekertoimina nomogrammeista saatavia arvoja.

Flat = maanpinta vaakasuorassa seinän laella, + viettää ylös, - laskee alas.

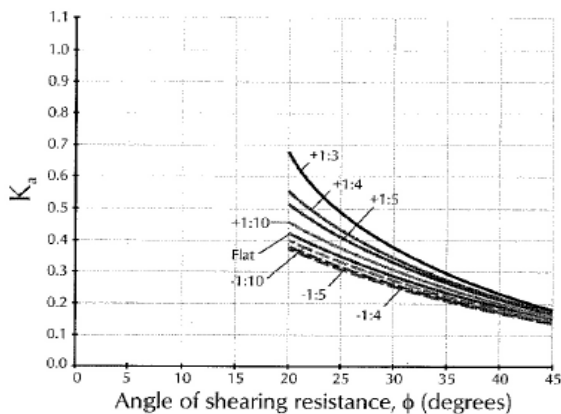


Figure A2.9. Active earth pressure coefficients for $\delta_p = 20^\circ$

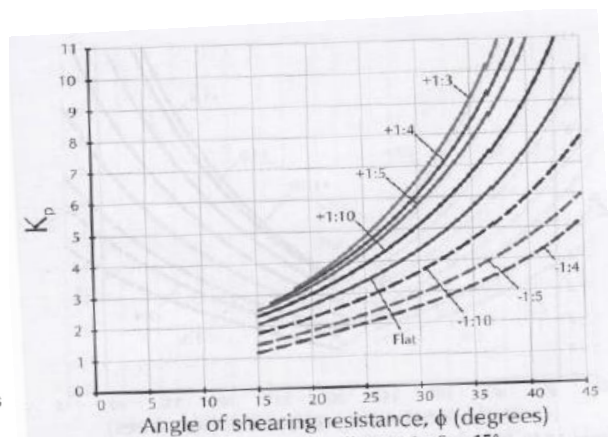


Figure A2.8. Passive earth pressure coefficients for $\delta_p = 15^\circ$

$$K_a = 0,260$$

Maan aktiivipainekerroin

$$K_p = 5,300$$

Maan passiivipainekerroin nomogrammista

Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho
HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

C) Maanpainekertoimet, moreenikerros

1) Ei seinäkitkaa, tuetun maan pinta tasainen ($\delta = 0$)

Lasketaan pohjamaan aktiivi- ja passiivipainekertoimet.

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi / 2)$$

$$K_a = 0,232$$

Maan aktiivipainekerroin, seinäkitkaa ei ole huomioitu

$$K_p = \tan^2 (45^\circ + \varphi / 2)$$

$$K_p = 4,317$$

Maan passiivipainekerroin, seinäkitkaa ei ole huomioitu

2) Seinäkitka huomioitu, laskennalliset maanpainekertoimet, kun pinta tasainen ($\delta = 0$)

$$\delta_a = 2/3 * \varphi$$

Kulma, minkä P_a :n suunta poikkeaa vaikutuspinnan normaalista

$$\delta_p = 1/2 * \varphi$$

Kulma, minkä P_p :n suunta poikkeaa vaikutuspinnan normaalista

$$\delta_a = 26^\circ$$

~ 25°

$$\delta_p = 19^\circ$$

~ 20°

Lasketaan pohjamaan aktiivi- ja lepopainekertoimet, kun seinään vaikuttava kitkavoima huomioidaan

$$K_a = \frac{1}{\cos \delta_a} \left[\frac{1}{\frac{1}{\cos \varphi} + \sqrt{\tan^2 \varphi + \tan \varphi \cdot \tan \delta_a}} \right]^2$$

$$K_a = 0,212 \text{ Maan aktiivipainekerroin}$$

$$K_p = \frac{1}{\cos \delta_p} \left[\frac{1}{\frac{1}{\cos \varphi} - \sqrt{\tan^2 \varphi + \tan \varphi \cdot \tan \delta_p}} \right]^2$$

$$K_p = 10,216 \text{ Maan passiivipainekerroin}$$

3) Seinäkitka huomioitu, maanpainekertoimet nomogrammeista, kun pinta tasainen ($\delta = 0$)

Kaavat antavat kuitenkin usein vaarallisen edullisia arvoja.

Käytetään maanpainekertoimina nomogrammeista saatavia arvoja.

Flat = maanpinta vaakasuorassa seinän laella, + viettää ylös, - laskee alas.

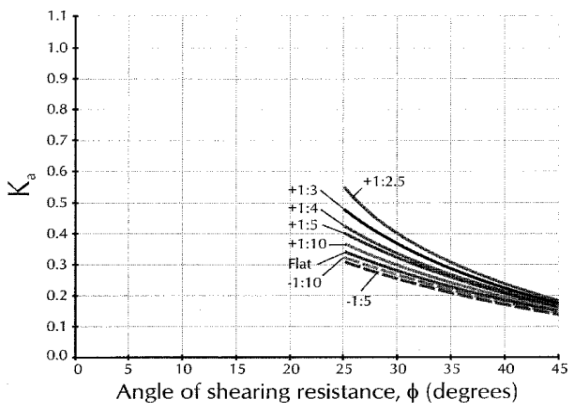


Figure A2.11. Active earth pressure coefficients for $\delta_a = 25^\circ$

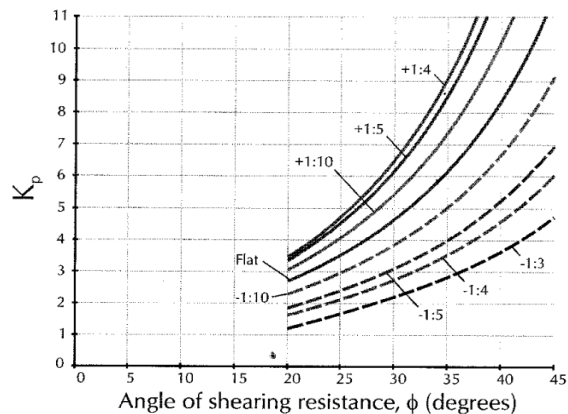


Figure A2.10. Passive earth pressure coefficients for $\delta_p = 20^\circ$

$$K_a = 0,200$$

Maan aktiivipainekerroin

$$K_p = 8,000$$

Maan passiivipainekerroin nomogrammista

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Pvm:

HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

D) Tukiseinän kuormitus

Tukiseinän laella vaikuttaa liikennekuorma.

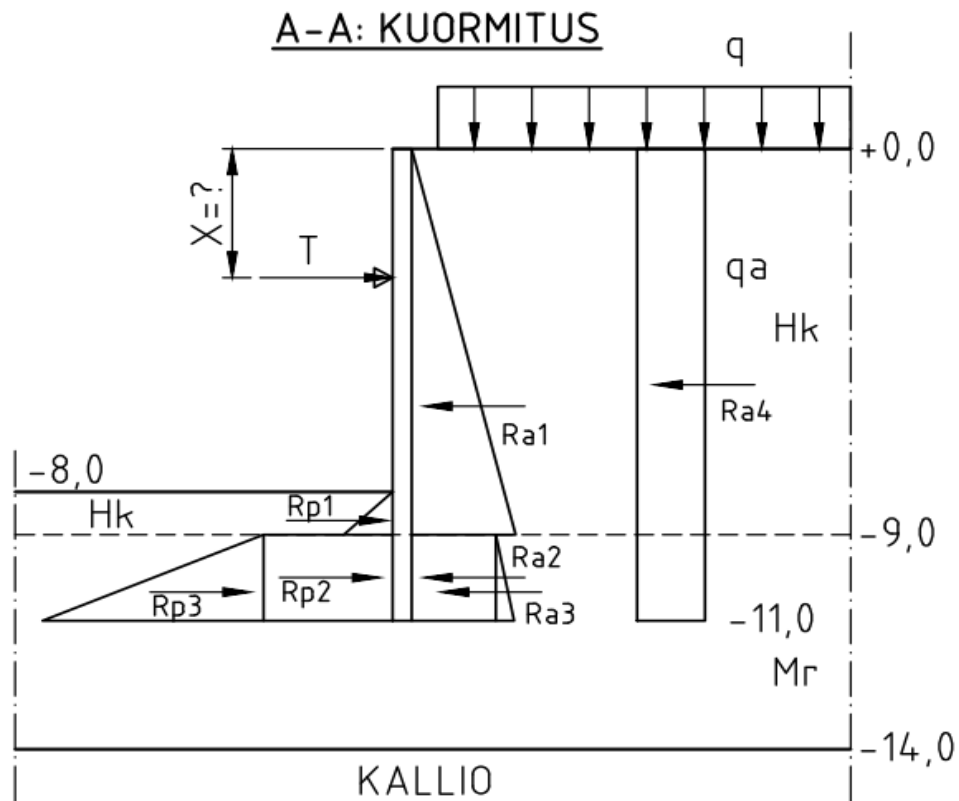
Mitoitetaan tukiseinä Eurokoodin mukaisille kuormitustapauksille 6.10a ja 6.10b sekä käyttörajtilan ominaiskuormille.

Pintakuorma tukiseinän laella

$$q_{\text{liik}} = 20,00 \text{ kN/m}^2$$

Liikenteen pintakuorma muurin laella

Lasketaan tukiseinään vaikuttavat maanpaineiden eri kuormitustapauksille.



Jaetaan maanpaine resultantteihin.

Lasketaan tukipisteen sijainti momenttitasapainoehdon avulla.

Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho
HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT1: Lyhytaikainen ominaisyhdistelmä, käyttörajatila

$\gamma_G =$	1,00	Pysyvän kuorman osavarmuuskerroin
$\gamma_Q =$	1,00	Muuttuvan kuorman osavarmuuskerroin
$\gamma_{inf} =$	0,67	Passiivipaineen osavarmuus, 1/1,5
$K_{FI} =$	1,00	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

Aktiivi	z [m]	γ [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]	K_a	q [kPa]	σ' [kPa]	p_a [kPa]
Hk	0	17,0	33,2	0,0	0,26	20,0	20,0	5,2
Hk	8	17,0	33,2	0,0	0,26	20,0	156,0	40,6
Hk	9	17,0	33,2	0,0	0,26	20,0	173,0	45,0
Mr	9	20,0	38,6	5,0	0,20	20,0	173,0	29,6
Mr	10,1	20,0	38,6	5,0	0,20	20,0	215,0	38,0

Passiivi	z [m]	γ [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]	K_p	q [kPa]	σ' [kPa]	p_a [kPa]
Hk	8	17,0	33,2	0	5,30	0,0	0,0	0,0
Hk	9	17,0	33,2	0	5,30	0,0	17,0	60,1
Mr	9	20,0	38,6	5	8,00	0,0	17,0	90,7
Mr	10,1	20,0	38,6	5	8,00	0,0	39,0	208,0

$R_{a1} =$	179,0 kN	$s_{a1} =$	6,0 m
$R_{a2} =$	28,2 kN	$s_{a2} =$	9,6 m
$R_{a3} =$	4,6 kN	$s_{a3} =$	9,7 m
$R_{a4} =$	51,2 kN	$s_{a4} =$	5,1 m

$R_a = 263,0$ kN/m Maan aktiivipaineen resultantit yhteensä

$R_{p1} =$	30,0 kN	$s_{p1} =$	8,7 m
$R_{p2} =$	99,7 kN	$s_{p2} =$	9,6 m
$R_{p3} =$	64,5 kN	$s_{p3} =$	9,7 m

$R_a = 194,3$ kN/m Maan passiivipaineen resultantit yhteensä

$T =$	68,7 kN	Tukivoima tukitasolla
$M_a =$	1094,2 kNm	Aktiivipaineen momentti tukitason suhteen
$M_p =$	1432,8 kN	Passiivipaineen momentti tukitason suhteen

EHTO: $M_a \leq M_p$ KA. 76 % OK

Etsitään iteroimalla syvyys, jolla maanpaine saavuttaa ankkurivoiman. Tällä kohdalla sijaitsee momentin maksimi.

$X = 4,522$ m Leikkausvoiman nollakohdan syvyys, maksimitaivutusmomentin kohta

$$T - \frac{1}{2} * X^2 * P_{a,g,d} - X * P_{a,q,d} = 0 \quad = 0 = \quad 0,00 \text{ ok}$$

Lasketaan pontin suurin taivutusmomentti leikkausvoiman 0-pisteessä ja tuella

$M_{max,0} = s_1 * T - s_2 * R_{a,g,0} - s_3 * R_{a,q,0}$	
$s_1 =$	2,0 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys ankkurivoimaan
$s_2 =$	1,5 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys yläpuolisen aktiivipaineen resultanttiin
$s_3 =$	2,3 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys yläpuolisen liikennekuorman resultanttiin
$R_{a,g,0} =$	45,2 kN Kertyneen aktiivipaineen resultantin suuruus leikkauvoiman 0-kohdan tasolla
$R_{a,q,0} =$	23,5 kN Kertyneen liikennekuorman resultantin suuruus leikkauvoiman 0-kohdan tasolla
$M_{k,0} =$	17,6 kNm/m Pontin maksimimomentti metrin levyisellä kaistalla aukossa
$M_{k,T} =$	27,8 kNm/m Pontin maksimimomentti metrin levyisellä kaistalla tuella

Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho
HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT2: 6.10a: Pysyvät kuormat, murtorajatila

$\gamma_G =$	1,35	Pysyvän kuorman osavarmuuskerroin
$\gamma_Q =$	0,00	Muuttuvan kuorman osavarmuuskerroin
$\gamma_{inf} =$	0,67	Passiivipaineen osavarmuus, 1/1,5
$K_{FI} =$	1,00	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

Aktiivi	z [m]	γ [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]	K_a	q [kPa]	σ' [kPa]	p_a [kPa]
Hk	0	17,0	33,2	0,0	0,26	0,0	0,0	0,0
Hk	8	17,0	33,2	0,0	0,26	0,0	183,6	47,7
Hk	9	17,0	33,2	0,0	0,26	0,0	206,6	53,7
Mr	9	20,0	38,6	5,0	0,20	0,0	206,6	36,3
Mr	10,1	20,0	38,6	5,0	0,20	0,0	236,3	42,3

Passiivi	z [m]	γ [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]	K_p	q [kPa]	σ' [kPa]	p_a [kPa]
Hk	8	17,0	33,2	0	5,30	0,0	0,0	0,0
Hk	9	17,0	33,2	0	5,30	0,0	17,0	60,1
Mr	9	20,0	38,6	5	8,00	0,0	17,0	90,7
Mr	10,1	20,0	38,6	5	8,00	0,0	39,0	208,0

$R_{a1} =$	241,7 kN	$s_{a1} =$	6,0 m
$R_{a2} =$	39,9 kN	$s_{a2} =$	9,6 m
$R_{a3} =$	3,3 kN	$s_{a3} =$	9,7 m
$R_{a4} =$	0,0 kN	$s_{a4} =$	5,1 m

$R_{a,d} = 284,9$ kN/m Maan aktiivipaineen resultantit yhteensä

$R_{p1} =$	30,0 kN	$s_{p1} =$	8,7 m
$R_{p2} =$	99,7 kN	$s_{p2} =$	9,6 m
$R_{p3} =$	64,5 kN	$s_{p3} =$	9,7 m

$R_{p,d} = 194,3$ kN/m Maan passiivipaineen resultantit yhteensä

$T =$	90,6 kN	Tukivoima tukitasolla
$M_a =$	1265,0 kNm	Aktiivipaineen momentti tukitason suhteen
$M_p =$	1432,8 kN	Passiivipaineen momentti tukitason suhteen

EHTO: $M_a \leq M_p$ KA. 88 % OK

Etsitään iteroimalla syvyys, jolla maanpaine saavuttaa ankkurivoiman. Tällä kohdalla sijaitsee momentin maksimi.

$X = 5,510$ m Leikkausvoiman nollakohdan syvyys, maksimitaivutusmomentin kohta

$$T - \frac{1}{2} * X^2 * P_{a,g,d} - X * P_{a,q,d} = 0 \quad = 0 = \quad 0,00 \text{ ok}$$

Lasketaan pontin suurin taivutusmomentti leikkausvoiman 0-pisteessä ja tuella

$M_{max,0} = s_1 * T - s_2 * R_{a,g,0} - s_3 * R_{a,q,0}$	
$s_1 =$	3,0 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys ankkurivoimaan
$s_2 =$	1,8 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys yläpuolisen aktiivipaineen resultanttiin
$s_3 =$	2,8 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys yläpuolisen liikennekuorman resultanttiin
$R_{a,g,0} =$	90,6 kN Kertyneen aktiivipaineen resultantin suuruus leikkauvoiman 0-kohdan tasolla
$R_{a,q,0} =$	0,0 kN Kertyneen liikennekuorman resultantin suuruus leikkauvoiman 0-kohdan tasolla
$M_{d,0} =$	106,3 kNm/m Pontin maksimimomentti metrin levyisellä kaistalla aukossa
$M_{d,T} =$	15,5 kNm/m Pontin maksimimomentti metrin levyisellä kaistalla tuella

Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho

HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

KT3: 6.10b: Muuttuvat kuormat, murtorajatila

$\gamma_G =$	1,15	Pysyvän kuorman osavarmuuskerroin
$\gamma_Q =$	1,50	Muuttuvan kuorman osavarmuuskerroin
$\gamma_{inf} =$	0,67	Passiivipaineen osavarmuus, 1/1,5
$K_{FI} =$	1,00	Seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin

Aktiivi	z [m]	γ [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]	K_a	q [kPa]	σ' [kPa]	p_a [kPa]
Hk	0	17,0	33,2	0,0	0,26	30,0	30,0	7,8
Hk	8	17,0	33,2	0,0	0,26	30,0	186,4	48,5
Hk	9	17,0	33,2	0,0	0,26	30,0	206,0	53,5
Mr	9	20,0	38,6	5,0	0,20	30,0	206,0	36,2
Mr	10,1	20,0	38,6	5,0	0,20	30,0	231,3	41,3

Passiivi	z [m]	γ [kN/m ³]	φ [°]	c [kPa]	K_p	q [kPa]	σ' [kPa]	p_a [kPa]
Hk	8	17,0	33,2	0	5,30	0,0	0,0	0,0
Hk	9	17,0	33,2	0	5,30	0,0	17,0	60,1
Mr	9	20,0	38,6	5	8,00	0,0	17,0	90,7
Mr	10,1	20,0	38,6	5	8,00	0,0	39,0	208,0

$R_{a1} =$	205,9 kN	$s_{a1} =$	6,0 m
$R_{a2} =$	33,2 kN	$s_{a2} =$	9,6 m
$R_{a3} =$	2,8 kN	$s_{a3} =$	9,7 m
$R_{a4} =$	76,8 kN	$s_{a4} =$	5,1 m

$R_{a,d} = 318,7$ kN/m Maan aktiivipaineen resultantit yhteensä

$R_{p1} =$	30,0 kN	$s_{p1} =$	8,7 m
$R_{p2} =$	99,7 kN	$s_{p2} =$	9,6 m
$R_{p3} =$	64,5 kN	$s_{p3} =$	9,7 m

$R_{p,d} = 194,3$ kN/m Maan passiivipaineen resultantit yhteensä

$T =$	124,4 kN	Tukivoima tukitasolla
$M_a =$	1298,1 kNm	Aktiivipaineen momentti tukitason suhteen
$M_p =$	1432,8 kN	Passiivipaineen momentti tukitason suhteen

EHTO: $M_a \leq M_p$ KA. 91 % OK

Etsitään iteroimalla syvyys, jolla maanpaine saavuttaa ankkurivoiman. Tällä kohdalla sijaitsee momentin maksimi.

$X = 5,062$ m Leikkausvoiman nollakohdan syvyys, maksimitaivutusmomentin kohta

$$T - \frac{1}{2} * X^2 * P_{a,g,d} - X * P_{a,q,d} = 0 \quad = 0 = \quad 0,00 \text{ ok}$$

Lasketaan pontin suurin taivutusmomentti leikkausvoiman 0-pisteessä ja tuella

$M_{max,0} = s_1 * T - s_2 * R_{a,g,0} - s_3 * R_{a,q,0}$	
$s_1 =$	2,6 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys ankkurivoimaan
$s_2 =$	1,7 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys yläpuolisen aktiivipaineen resultanttiin
$s_3 =$	2,5 m Leikkausvoiman 0-pisteen etäisyys yläpuolisen liikennekuorman resultanttiin
$R_{a,g,0} =$	65,1 kN Kertyneen aktiivipaineen resultantin suuruus leikkauvoiman 0-kohdan tasolla
$R_{a,q,0} =$	59,2 kN Kertyneen liikennekuorman resultantin suuruus leikkauvoiman 0-kohdan tasolla
$M_{d,0} =$	58,8 kNm/m Pontin maksimimomentti metrin levyisellä kaistalla aukossa
$M_{d,T} =$	49,8 kNm/m Pontin maksimimomentti metrin levyisellä kaistalla tuella

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Pvm:

HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

E) Pystykomponenttien tarkastus 6.10b

Tarkastetaan, että tukiseinän omapaino ja aktiivipaineen pystykomponentti riittävät kumoamaan passiivipaineen pystykomponentin.

$$G_k = 10 \text{ kN/m}$$

Tukiseinän omapaino, metrin mittainen kaistale

$$G_d = 9 \text{ kN/m}$$

Tukiseinän omapainon mitoitusarvo, metrin mittainen kaistale

$$R_{a,v,d} = (R_{a,d} + R_{q,d}) * \tan(\delta_{a,keskiarvo})$$

$$R_{a,v,d} = 141,4 \text{ kN/m} \quad \text{Maan aktiivipaineen resultantin pystykomponentti}$$

$$R_{p,v,d} = R_{p,d} * \tan(\delta_{a,keskiarvo})$$

$$R_{p,v,d} = 62,9 \text{ kN/m} \quad \text{Maan passiivipaineen resultantin pystykomponentti}$$

$$EHTO: (R_{a,v,d} + G_d) \geq R_{p,v,d}$$

$$KA. 42 \% \quad OK$$

F) Tuen vaakapalkin mitoitus

Mitoitetaan vaakapalkki kuormitustapauksen 6.10b metrikuormalle.

Tehdään laskenta Pupax-palkinlaskentaohjelmalla. Ohjelmaan voidaan syöttää vain ominaiskuormia, joten laskettu metrikuorma on jaettava osavarmuuskertoimella 1,35, jotta ohjelma osaa laskea palkin oikein.

$$p_d = 124,4 \text{ kN/m}$$

Palkin mitoituskuorma

$$p_k = 92,1 \text{ kN/m}$$

Pupaxiin syötettävä ominaiskuorma

Mallinnetaan palkki ohjelmaan jatkuvana rakenteena, jonka jännemitta on 5,0 metriä.

Palkki hitsataan tukiseinään siten, että se on taivutettu vahvemmassa suunnassa. Laskenta on esitetty seuraavalla sivulla.

Pienin palkkikoko, joka kestää tällä tukijaolla on HEB240, mutta sen taipumat ovat verrattain suuria.

Valitaan palkiksi HEB300, jota on usein urakoitsijoilla saatavilla helposti. Palkin suurin taipuma on 7 mm.

Palkin teräslujuudeksi riittää S235, mutta myös teräslujuutta S355 voidaan käyttää.

Vaakapalkki tuetaan kaivannon sisäpuolisilla pönkäpalkeilla. Tukivoimat ovat todella suuria, minkä takia vaakapalkkiin on hitsattava uumajäkisteet $t=10$ mm jokaisen pönkäpalkin kohdalle.

$$T_d = 705,0 \text{ kN}$$

Palkin tukivoima, pönkäpalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa

$$KA: 75 \%$$

Vaakapalkin käyttöaste, ilman momentin pyöristystä



Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho
HT6 - Pohjarakenteet

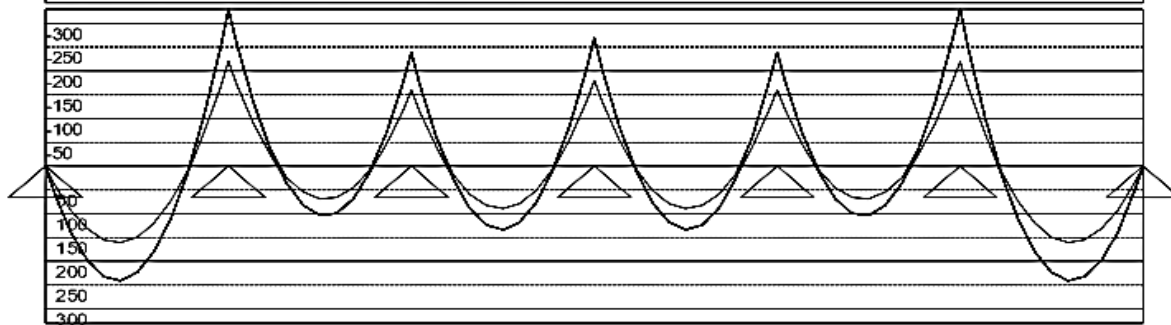
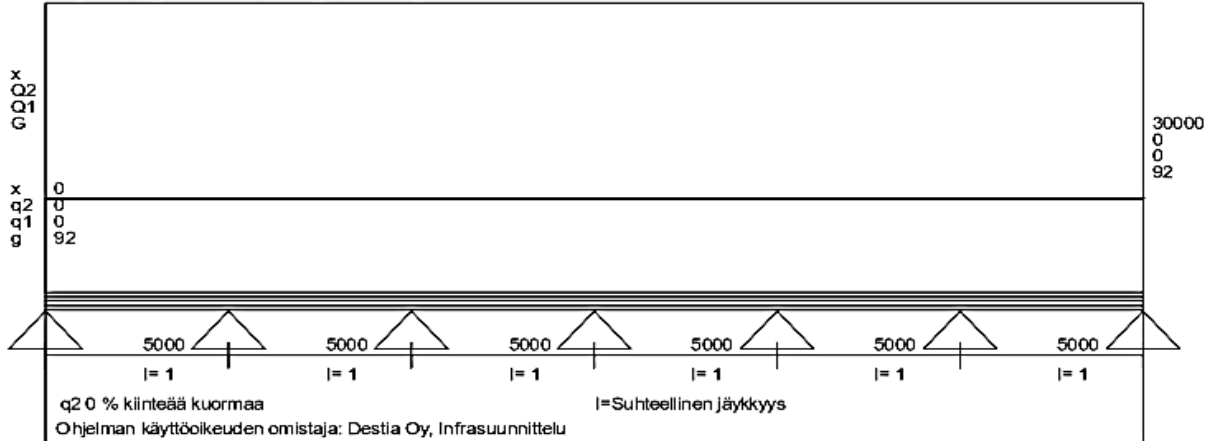
Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Palkin tunnus:

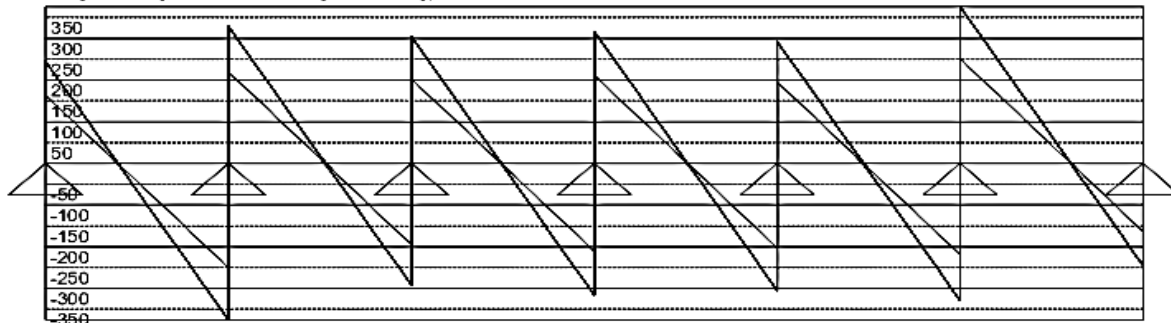
Pvm 09-04-2017

PupaX5 v.1.00 Laskennan suoritti:

Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Destia Oy, Infrasuunnittelu



Ohjelman käyttöoikeuden omistaja: Destia Oy, Infrasuunnittelu



Pysyvän kuorman osavarm kerr= 1.15 Muuttuvan kuorman osavarm kerr= 1.5
Kuormitusveveys 1 [m], jolla yllä esitetyt jatkuvat kuormat on laskennassa kerrottu.
Max tukivoimat [kN] 244,489 704,833 596,855 632,892 596,886 704,798 244,564
Min tukivoimat [kN] 162,993 469,888 397,903 421,928 397,924 469,865 163,042
HEB 300 G= 117 h= 300 b= 300 tf= 19 tw= 11 r= 27 (PL=1/1) fy=235 Mitoitusnormi: Eurokoodi 3
Iy(cm4)=25166 Wel(cm3)=1680 Iz(cm4)= 8563 It(cm4)= 185,05 Iw(cm6)= 1687791
Mmit/taiv kestävyys [kNm] 329,581 438,980 75 %
Vmit/leikk kestävyys [kN] 376,387 639,180 59 %
Varmista aina valitsemasi profillin saatavuus!

Taipumat Winst/Wfin (mm) / prosenttia annetuista raja-arvoista (Sall taip L/300)
7,0 (42%) 1,7 (10%) 3,1 (18%) 3,1 (18%) 1,7 (10%) 7,0 (42%)
Kuormayhdistelmän "tavallinen" max taipumat
7,0 (42%) 1,7 (10%) 3,1 (18%) 3,1 (18%) 1,7 (10%) 7,0 (42%)

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

HT6 - Pohjarakenteet

Laskenta vain harrastekäyttöön!

G) Pölkypalkin mitoitus

Mitoitetaan pölkypalkki vaakapalkin tukivoimasta ja lämpötilakuormasta syntyvälle normaalivoimalle sekä kuorman epäkeskeisyydestä, palkin alkukäyrästä ja palkkiin ripustetusta kuormasta aiheutuvalla taivutusmomentilla. Pölkypalkki on nurjahdustuettu tasaisin välein. Käytetään palkkina pyöreää putkipalkkia, jonka nurjahdus-kapasiteetti on sama joka suuntaan.

Rasitukset

$$N_d = 705,0 \text{ kN} \quad \text{Palkin tukivoima, pölkypalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa}$$

$$N_{d,T} = \Delta T \cdot \alpha \cdot E \cdot A$$

$$\Delta T = 30 \text{ °C} \quad \text{Lämpötilamuutos työn aikana}$$

$$\alpha = 0,000012 \text{ 1/°C} \quad \text{Palkin tukivoima, pölkypalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa}$$

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2 \quad \text{Palkin tukivoima, pölkypalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa}$$

$$A = 14910 \text{ mm}^2 \quad \text{Palkin tukivoima, pölkypalkin normaalivoima ilman lämpötilakuormaa}$$

$$N_{d,T} = 1127,2 \text{ kN} \quad \text{Lämpötilan muutoksesta johtuva lämpötilakuorma pölkypalkissa}$$

$$\Delta L = \Delta T \cdot \alpha \cdot L_0$$

$$L_0 = 15000 \text{ mm}$$

$$\Delta L = 5,4 \text{ mm} \quad \text{Pölkypalkin lämpölaajeneminen}$$

Tästä voidaan todeta, että lämpötilakuorma on todella valtava suhteessa pituuden muutokseen palkissa.

Ei ole järkevää mitoitaa palkkia koko lämpötilakuormalle, koska tukiseinä ja maa seinän takana varmasti myötävät hieman palkin työntäessä sitä kasaan valtavalla kuormalla.

Käytetään lämpötilakuormana 20 % lasketusta arvosta.

$$N_{d,T} = 225,4 \text{ kN} \quad \text{Lämpötilan muutoksesta johtuva lämpötilakuorma pölkypalkissa}$$

$$\Sigma N_d = 930,4 \text{ kN} \quad \text{Normaalivoima, jolle pölkypalkki mitoitetaan}$$

Katsotaan Ruukin Rakenneputket-käsikirjasta alustavia putkikokoja, jotka voisivat kestää tämän normaalivoiman.

Putki on tuettu molemmista päistään nivelellisesti ja sen nurjahduspituus on 5,0 m.

Valitaan alustavasti putkikooksi rakenneputki S355 D323,9/8.

273	4	951,9	951,9	951,9	951,9	924,3	893,1	861,4	828,7	794,9	759,7	723,3
273	5	1494	1494	1494	1489	1437	1384	1330	1274	1215	1155	1092
273	6	1787	1787	1787	1779	1717	1653	1588	1521	1451	1378	1302
273	6,3	1874	1874	1874	1866	1800	1733	1665	1595	1521	1444	1365
273	8	2364	2364	2364	2353	2269	2185	2098	2008	1914	1817	1716
273	10	2933	2933	2933	2917	2812	2706	2598	2485	2368	2246	2120
273	12,5	3632	3632	3632	3608	3477	3345	3209	3068	2921	2768	2610
323,9	4	1099	1099	1099	1099	1091	1062	1032	1002	970,8	939,0	906,1
323,9	5	1422	1422	1422	1422	1409	1370	1331	1290	1249	1207	1163
323,9	6	2127	2127	2127	2127	2092	2029	1965	1900	1834	1765	1693
323,9	6,3	2232	2232	2232	2232	2194	2128	2061	1993	1923	1851	1775
323,9	8	2818	2818	2818	2818	2769	2685	2601	2514	2425	2333	2237
323,9	10	3501	3501	3501	3501	3437	3332	3226	3118	3007	2891	2772
323,9	12,5	4341	4341	4341	4341	4258	4127	3995	3859	3720	3575	3425
d mm	t mm	N _{b,Rd} (kN)										
		L _{cr} (m)										
		0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!

Pvm:

HT6 - Pohjarakenteet

Laskenta vain harrastekäyttöön!

Arvioidaan normaalivoiman epäkeskeisyys ja siitä aiheutuva taivutusmomentti.

Lisäksi pölköpalkkiin saatetaan työmaalla ripustaa putkia tai muita kuormia, jotka aiheuttavat palkille taivutusmomentin.

$L_0 =$	15000 mm	Palkin kokonaispituus
$L_{cr} =$	5000 mm	Palkin solmuväli, nurjahduspituus, molemmat päät nivelöity
$e =$	100 mm	Normaalivoiman epäkeskeisyys
$M_{epä,k,d} =$	93,0 kNm	Epäkeskeisyyden aiheuttama taivutusmomentti pölköpalkissa
$Q_k =$	5,0 kN	Lisäkuorma, joka on ripustettu pölköpalkin keskelle
$Q_d =$	7,5 kN	Kuorman mitoitusarvo, osavarmuus 1,5
$M_{Q,d} = Q_d * L_{cr} / 4$		
$M_{Q,d} =$	6,3 kNm	Lisäkuormasta aiheutuva taivutusmomentti
$G_k =$	0,6 kN/m	Palkin omanpainon ominaisarvo
$G_d =$	0,7 kN/m	Palkin omanpainon mitoituskuorma, osavarmuus 1,15
$M_{G,d} = G_d * L_{cr}^2 / 8$		
$M_{G,d} =$	2,2 kNm	Lisäkuormasta aiheutuva taivutusmomentti
$\Sigma M_d =$	101,5 kNm	Kokonaismomentti, jolle putkipalkki mitoitetaan

Mitoitetaan pölköpalkki puristusnurjahdukselle.

Rakenteellinen mitoitus

a) Puristussauvan mitat

	D323,9/8	Sauvan profiili
$A =$	7939 mm ²	Sauvan poikkileikkauspinta-ala
$f_y =$	355 N/mm ²	Paarteen teräslujuus
$N_{Ed} =$	930,4 kN	Suurin puristusrasitus
$M_{Ed} =$	101,5 kNm	Suurin taivutusmomentti
$V_{Ed} =$	9,1 kN	Suurin leikkausvoima

Poikkileikkausluokka 3

b) Taivutusmitoitus

$W_{el} =$	611900 mm ³	Kimmoinen taivutusvastus
$f_y =$	355 N/mm ²	
$M_{c,Rd} =$	217,2 kNm	Momenttikapasiteetti
$ka =$	47 %	OK $M_{Ed} < M_{c,Rd}$

c) Leikkausmitoitus

$A_v =$	7939 mm ²	Uuman pinta-ala
$V_{pl,Rd} =$	1954 kN	
$ka =$	0 %	OK $V_{Ed} < V_{pl,Rd}$

d) Leikkauslommahduksen tarkastaminen

Leikkauslommahduksen käyttöastetta ei tarvitse laskea.

e) Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutuksen tarkastaminen

$V_{Ed} =$	9,1 kN	Suurin leikkausvoima
$0,5 * V_{pl,Rd} =$	977 kN	
$ka =$	1 %	OK $V_{Ed} < 0,5 * V_{pl,Rd}$

Taivutuksen ja leikkauksen yhteisvaikutusta ei tarvitse laskea.

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Pvm:

HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

f) Leikkauksen ja väännön yhteisvaikutus, ei esiinny vääntöä

g) Sauvan kiepahtaminen, ei esiinny putkiprofileilla

h) Sauvan taipuma, ei tutkita yksittäisen solmuvälin taipumaa.

i) Vetomitoitus, sauvassa ei esiinny vetoa

j) Puristusmitoitus

$N_{Ed} =$	930,4 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$f_y =$	355 N/mm ²	Paarteen teräslujuus
$A =$	7939 mm ²	Sauvan poikkileikkauspinta-ala
$N_{t,Rd} =$	2818 kN	Yläpaarteen puristuskapasiteetti ilman nurjahdusta.
$ka =$	33 %	OK $N_{Ed} < N_{t,Rd}$

k) Puristusnurjahdus

$N_{Ed} =$	930 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$f_y =$	355 N/mm ²	Paarteen teräslujuus
$A =$	7939 mm ²	Sauvan poikkileikkauspinta-ala
$E =$	210000 kN/mm ²	Teräsmateriaalin kimmokerroin
$I =$	99100000 mm ⁴	Profiilin neliömomentti
$L_{cr} =$	5000 mm	Nurjahduspituus
$N_{cr} =$	8216 kN	Kriittinen nurjahduskuorma
$\lambda =$	0,6	Muunnettu hoikkuus
$\alpha =$	0,49	Epätarkkuustekijä, määräytyy profiilin valmistusmenetelmästä
$\phi =$	0,766	
$\chi =$	0,794	Puristuskestävyyden pienennyskerroin
$N_{b,Rd} =$	2237 kN	Puristuskapasiteetti, kun nurjahdus huomioitu.
$ka =$	42 %	OK $N_{Ed} < N_{b,Rd}$

l) Taivutus ja aksiaalivoima

$M_{c,Rd} =$	217,2 kNm	Momenttikapasiteetti
$M_{Ed} =$	101,5 kNm	Suurin taivutusmomentti
$N_{Ed} =$	930 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$N_{pl,Rd} =$	2818 kN	Yläpaarteen puristuskapasiteetti ilman nurjahdusta.
$x =$	0,89	Momenttikapasiteetin pienennyskerroin
$M_{N,Rd} =$	193,5 kNm	Taivutukselle ja aksiaalivoimalle pienennetty momenttikapasiteetti
$ka =$	52 %	OK $M_{Ed} < M_{N,Rd}$

l) Taivutus, leikkaus ja aksiaalivoima

$V_{Ed} =$	9,1 kN	Suurin leikkausvoima
$0,5 * V_{pl,Rd} =$	977 kN	Taivutuksen, leikkauksen ja aksiaalivoiman yhteisvaikutusta ei tarvitse laskea.
$ka =$	1 %	OK $N_{Ed} < 0,5 * N_{t,Rd}$

Laskennan suoritti:
Pvm:

Janne Iho
HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

Lopullinen mitoitusehto

Selvitettävä ensiksi momentin muotokerroin k_{yy} .

$M1 =$	101,5 kNm	Tukimomentti 1. solmussa
$M2 =$	101,5 kNm	Tukimomentti 2. solmussa
$\psi =$	1,00	Kerroin
$M_s =$	101,5 kNm	Kenttämömentti
$\alpha_s =$	1,00	Kerroin
$C_{my} =$	1,00	OK $C_{my} > 0,4$
$\lambda =$	0,6	Muunnettu hoikkuus
$N_{Ed} =$	930 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$\chi_{\bar{y}} =$	0,794	Puristuskestävyyden pienennyskerroin
$N_{Rk} =$	2818 kN	$= A * F_y$
$\gamma_{M1} =$	1,00	
$k_{yy1} =$	1,16	
$k_{yy2} =$	1,33	
$k_{yy} =$	1,16	Taivutusmomentin muodon huomioiva kerroin

(4) Yhdistetyn taivutuksen ja aksiaalisen puristuksen rasittamille sauvoille tarkistetaan seuraavat ehdot:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad (6.61)$$

$N_{Ed} =$	930 kN	Sauvan suurin puristusrasitus
$\chi_{\bar{y}} =$	0,794	
$N_{Rk} =$	2818 kN	$= A * f_y$
$\gamma_{M1} =$	1,00	
1)	41,59 %	

$k_{yy} =$	1,16	
$M_{y,Ed} =$	101,52 kNm	Sauvan suurin momentti
$\Delta M_{y,Ed} =$	0,00 kNm	Aksiaalivoiman epäkeskeisyydestä johtuva taivutusmomentti
$\chi_{LT} =$	1,000	Kiepahduksesta johtuva momenttikapasiteetin pienennyskerroin
$M_{y,Rk} =$	217,22 kNm	$= W * f_y$
$\gamma_{M1} =$	1,00	
2)	54,23 %	

3) 0,00 % Yläpaarteessa ei esiinny poikkisuuntaista taivutusta.

ka = 96 % OK ka < 100 %

Valitaan pölköpalkiksi D323,9/8, lujuus S355

Pölköpalkki on mitoitettu maksimiepäkeskeisyydelle.

Tarkemmalla asennustyöllä voidaan käyttöastetta pienentää.

Pölköpalkkien solmupisteisiin on lisäksi asennettava pystysuuntaiset nurjahdustuet (pilarit)!

Laskennan suoritti:

Janne Iho

Pvm:

HT6 - Pohjarakenteet

Muuta arvoja vain keltaisiin kenttiin!
Laskenta vain harrastekäyttöön!

H) Ponttiseinän mitoitus

Mitoitetaan tukiseinä RIL-263-2014 Kaivanto-ohjeen mukaiselle taivutusmomentille.

Valitaan pontiksi Larssen 603 S240, koska se on yleinen ponttikoko urakoitsijoilla.

$$M_{rd} > \gamma_M * M_{sd}$$

$$M_{sd} = 106 \text{ kNm/m}$$

Seinään kohdistuva mitoitusmomentti yhtä juoksumetriä kohden

$$\gamma_M = 1,15$$

Kuorman mallikerroin, työnaikainen tukiseinä 1,15 ja pysyvä 1,35

$$\gamma_M * M_{sd} = 122 \text{ kNm/m}$$

$$M_{rd} = (\beta_B * W_{pl} * f_d) / \gamma_{Mo}$$

$$\beta_B = 0,8$$

Ponttien puutteellisen leikkausvoiman siirtymisen huomioiva kerroin

$\beta_B < 1,0$, mutta kaivanto-ohje ei ota kantaa siihen, kuinka suuri kertoimen pitäisi muuten olla.

$$W_{pl} = 1250 \text{ cm}^3$$

Tukiseinän plastinen taivutusvastus juoksumetrille

$$f_d = 240 \text{ mm}^3$$

Pontin teräslujuus

$$\gamma_{Mo} = 1,0$$

Teräslujuuden osavarmuuskerroin

$$M_{rd} = 240 \text{ kNm/m}$$

Ponttiseinän taivutusmomentin mitoituskapasiteetti

$$KA = 51 \%$$

Ponttiseinä kestää taivutusmomentin.