

Janne Iho

Student number 263061 / janne.iho@student.tut.fi

Tampere University of Technology

Department of Civil Engineering

RAK-23526 Computational Geotechnics

Year 2017

Course work 3: Retaining wall

Given to: Juho Mansikkamäki via Moodle

Date 26.11.2017

Sisälllys

1. Yleistä.....	3
Toimeksianto.....	3
Rakennuspaikka ja sallitut muodonmuutokset pohjamaassa.....	3
Pohjamaa ja maaparametrit	3
Laskentamenetelmä	4
Ponttiseinä	5
Tukitasot	6
Liikennekuorma.....	6
2. Lyhytaikainen kuormitus.....	7
6.10a: Pysyvät kuormat	7
6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat	9
3. Pitkäaikainen kuormitus	11
6.10a: Pysyvät kuormat	11
6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat	13
4. Yhteenveto	15
Tukiseinän rasitukset.....	15
Ponttiseinän varmuus ja käyttöasteet.....	16
Seinän vaakasiirtymä	16

1. Yleistä

Toimeksianto

Toimeksiantona määritetään rakennuskaivannon tukiseinärakenne ja sen varmuus murtoa ja sortumaa vastaan. Tukiseinätyyppi on kahdelta tasolta tuettu teräsponsittiseinä, jota rasittaa seinän takana olevien maakerrosten maanpaine sekä liikennekuorman aiheuttama maanpaine.

Tukiseinä sijaitsee savikolla. Savessa tapahtuvan hitaan vaakasuuntaisen kokoon puristuman takia tukirakennetta on tarkasteltava seuraavilla kuormitusajan oletuksilla:

- Väliaikaisena tukiseinä
- Pysyvänä tukiseinä, mikäli rakennushanke viivästyy

Rakennuspaikka ja sallitut muodonmuutokset pohjamaassa







Rakennuskohteen ympärillä sijaitsee olemassa olevia rakennuksia ja näiden perustuksia. Tukiseinärakenteelle **sallitaan enintään 50 mm vaakasuuntainen siirtymä** koko rakennushankkeen aikana. Takana olevan maanpinnan painumalle ei ole annettu raja-arvoa.

Rakenteiden siirtymiä on tarkkailtava työaikana tukiseinän takana, huipulla ja edessä sekä ympäröivissä rakennuksissa. Tukiseinän takana olevaa pohjavedenpintaa ja maanpinnan mahdollista painumista on seurattava työaikana.

Pohjamaa ja maaparametrit

Pohjamaa muodostuu 2 metriä paksusta täyttömaakerroksesta, jonka alla on 7 metriä paksu savikko. Pohjalla on 3 metriä paksu tiivis moreenikerros. Pohjaveden pinta sijaitsee savikerroksen yläpinnan tasolla. Kaivannon puolella pohjaveden pinta sijaitsee kaivannon pohjan tasolla.

Kohteella on tehty pohjatutkimuksia, joilla on määritetty maakerrosrajat ja maaparametrit. Pohjatutkimusmenetelmistä ei ole tarkkaa tietoa, mutta joka kerroksesta on voitu määrittää kuivairtilavuuspaino, koheesio ja kitkakulma. Savikerrokselle on tehty ilmeisesti siipikairaus, jolla on määritetty saven suljettu leikkauslujuus, joka kasvaa lineaarisesti syvyyden suhteen. Tämä tarkoittaa, että myös savikerroksen jäykkyys kasvaa syvyyden suhteen, minkä vuoksi kerros jaettu laskennassa neljään osakerrokseen. Savikerroksen yläpinnassa suljettu leikkauslujuus on 10 kPa ja kasvaa syvyyden suhteen 1 kPa/m.

Id	Color	Layer Name	h [m]	γ [kN/...]	Φ [°]	c [kPa]	Δc [kPa/m]
1.	 ...	Täyttö	2	19	30	0	0
2.	 ...	Savi1	1	16	22	10	1
3.	 ...	Savi2	2	16	22	10	1
4.	 ...	Savi3	2	16	22	10	1
5.	 ...	Savi4	2	16	22	10	1
6.	 ...	Moreeni	3	21	38	10	0

Maaparametreille ei käytetä osavarmuuskertoimia, koska lasketaan käyttörajatilan muodonmuutoksia. Geoteknisen kestävyden mitoitusmenetelmä on DA2.

Täyttö ja moreenikerrosten jäykkyyttä kuvaavat moduliluvut (m) ja jännityseksponentit (n) on arvioitu kokemusperäisten taulukkoarvojen perusteella. Saven osakerrosten puolivälin tasossa vaikuttavat moduliluvut (m) arvioidaan kokemusperäisesti suljetun leikkauslujuuden arvoilla.

Lyhytaikainen kaivanto

$$M_{savi} = 150 * S_u$$

$$n_{savi} = \beta = 1$$

$$m_{savi} = M_{savi}/100 = 1,5 * S_u$$

Id	m	n	k
1.	100	0,5	0
2.	15,8	1	0,5
3.	18	1	0,5
4.	21	1	0,5
5.	24	1	0,5
6.	1200	0,5	0,5

Pitkäaikainen kaivanto

$$M_{savi} = 50 * S_u$$

$$n_{savi} = \beta = 1$$

$$m_{savi} = M_{savi}/100 = 0,5 * S_u$$

Id	m	n	k
1.	100	0,5	0
2.	5,3	1	0,5
3.	6	1	0,5
4.	7	1	0,5
5.	8	1	0,5
6.	1200	0,5	0,5

Jännityseksponentti (k) vaikuttaa maanjäykkyyden suuruuteen kaivannon puolella. Sen arvona käytetään 0,50 kaikissa maakerroksissa, mikä huomioi kaivannon pohjan häiriintymisen työn aikana. Tämä arvo johtaa varman puolella olevaan tukiseinän mitoitukseen, sillä luonnontilainen kaivettu savileikkaus on yleensä häiriintymätön (k=1,0). Tämän lisäksi savikon alla oleva moreenikerros, johon tukiseinän alapää ankkuroituu, on todellisuudessa koskematon.

Laskentamenetelmä

Maanpaine lasketaan Coulumbin teorialla. Tukiseinän siirtymä ja rasitukset määritetään maakerrosten modulilukuihin perustuvalla MCM-menetelmällä.

Id	Ko Model	Ko	Earth Pres. Model	Ka	Kp	d/ud	Material Model
1.	Jaky	0,5	Coulomb	0,32	3,62	Drained	MCM
2.	Jaky	0,63	Coulomb	0,43	2,47	Undrained	MCM
3.	Jaky	0,63	Coulomb	0,43	2,47	Undrained	MCM
4.	Jaky	0,63	Coulomb	0,43	2,47	Undrained	MCM
5.	Jaky	0,63	Coulomb	0,43	2,47	Undrained	MCM
6.	Jaky	0,38	Coulomb	0,23	5,62	Drained	MCM

Ponttiseinä

Tukiseinä rakennetaan yleisesti käytössä olevista Larssen 603-teräsponteista, joiden teräslujuus on S355. Kaivannon syvyys olevasta maanpinnasta on 6,0 metriä ja ponttiseinän upotussyvyys 10,0 metriä. Teräsponttiseinän rakenteelliset mitoituskestävyydet Larssen-teräsponttikäsikirjan mukaan ovat:

Taivutusmomentille $M_{Rd} = 387 \text{ kNm}$ (teräsosavarmuus 1,1)

Leikkausrasitukselle $V_{Rd} = 178 \text{ kN}$ (teräsosavarmuus 1,1)

Vähintään joka toinen ponttisauma pistehitsataan leikkaukestäväksi. Hitsaamattoman ponttiseinän taivutuskestävyys on noin puolet näissä laskelmissa mitoitettun seinän taivutuskestävyydestä.

Seinäkitkan kertoimeksi on oletettu 0,2 seinän molemmin puolin.

Wall type:	Sheet pile	Ground level [m]:	0
Profile:	Larssen 603 (ThyssenK...)	Depth of excavation [m]:	6
Length of wall below ground surface[m]:	10	Inclination angle of terrain at back side of wall [°]:	0
Height of wall above earth surface [m]:	0	Length of secondary profile [m]:	
<input type="checkbox"/> Rock bolt at wall base	Vertical stiffness [kN/mm/m]: 10	Calculation width [m]:	1
	Horizontal stiffness [kN/mm/m]: 10000	Wall friction coefficient ra:	0,2
		Wall friction coefficient rp:	0,2

Sheet pile

Name:	Larssen 603
Manufacturer:	ThyssenKrupp
Cross section area [m ²]:	0,01383
Calculation width [m]:	1
Inertia modulus [m ⁴]:	0,000186
Section modulus [m ³]:	0,0012
Elastic modulus [kPa]:	210000000
Description:	
Calculated values	
Flexural stiffness [kNm ²]:	39060
Axial stiffness [kNm ² /m ²]:	2904300

Tukitasot

Tukiseinä pöngätään sisäpuolelta kaivannon vastakkaiseen tukiseinään. Tukitasoja on kaksi.

Name	A [mm ²]	L [m]	α [°]	h [m] /	F [kN]	Elastic Modulus [kPa]	Overdig ...	Horizontal distribution [m]
T1	7800	10	180	1	0	210000000	0,4	4
T2	7800	10	180	4	0	210000000	0,4	4

Laskelmissa pöngäjäaksi on annettu 4,0 metriä, mutta rakennesuunnittelijan on mitoitettava puristussauva erikseen tämän raportin lopussa esitetyle tukitasolla vaikuttavalle metrikuormalle. Rakennesuunnittelijan tehtävä on määrittää lopullinen tukijako ja tukipalkki. Tyypillisesti tukipalkki on esimerkiksi HEB300 S355.

Rakennelaskelmissa on huomioitava myös tukipalkin taipuman vaikutus seinän siirtymiin, minkä takia tukipalkki mitoitetaan yleensä käytännössä taipumattomaksi. Rakennesuunnittelijan tehtävä on varmistaa mitoituksessaan, onko tukipalkki jatkuva vai yksiaukkoinen rakenne ja tämän vaikutus palkin taipumaan ja pöngäsauvojen tukivoimiin. Tukiseinäpontin suurin vaakasiirtymä on esitetty raportin lopussa.

Tässä laskennassa pöngäsauvaksi on oletettu rakenneteräksinen putkiprofiili 323/8, jonka poikkileikkausarvoja on käytetty seinän siirtymän laskennassa. Todellisuudessa pöngäsauvan kokoonpuristuma on verrattain pieni, sillä profiili mitoitaa yleensä puristusnurjahduskestävyys, ei poikkileikkauksen puristumurtokestävyys. Rakennesuunnittelija määrittää kaivannon leveyden ja pöngäsauvan nurjahduspituuden.

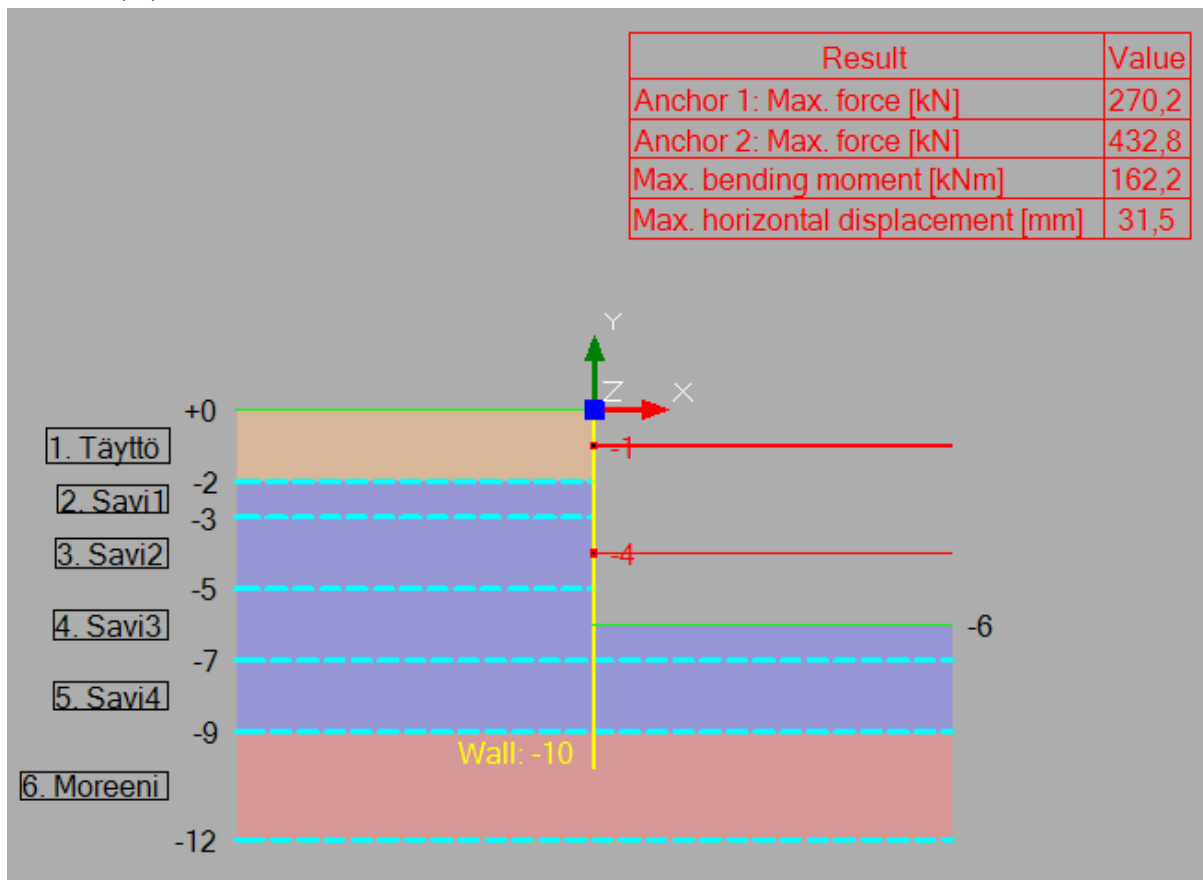
Liikennekuorma

Kaivannon päällä vaikuttaa liikennekuorma 10,0 kN/m².

Maanpinnan kaltevuus kaivannon päällä on vaakatasossa.

2. Lyhytaikainen kuormitus

6.10a: Pysyvät kuormat

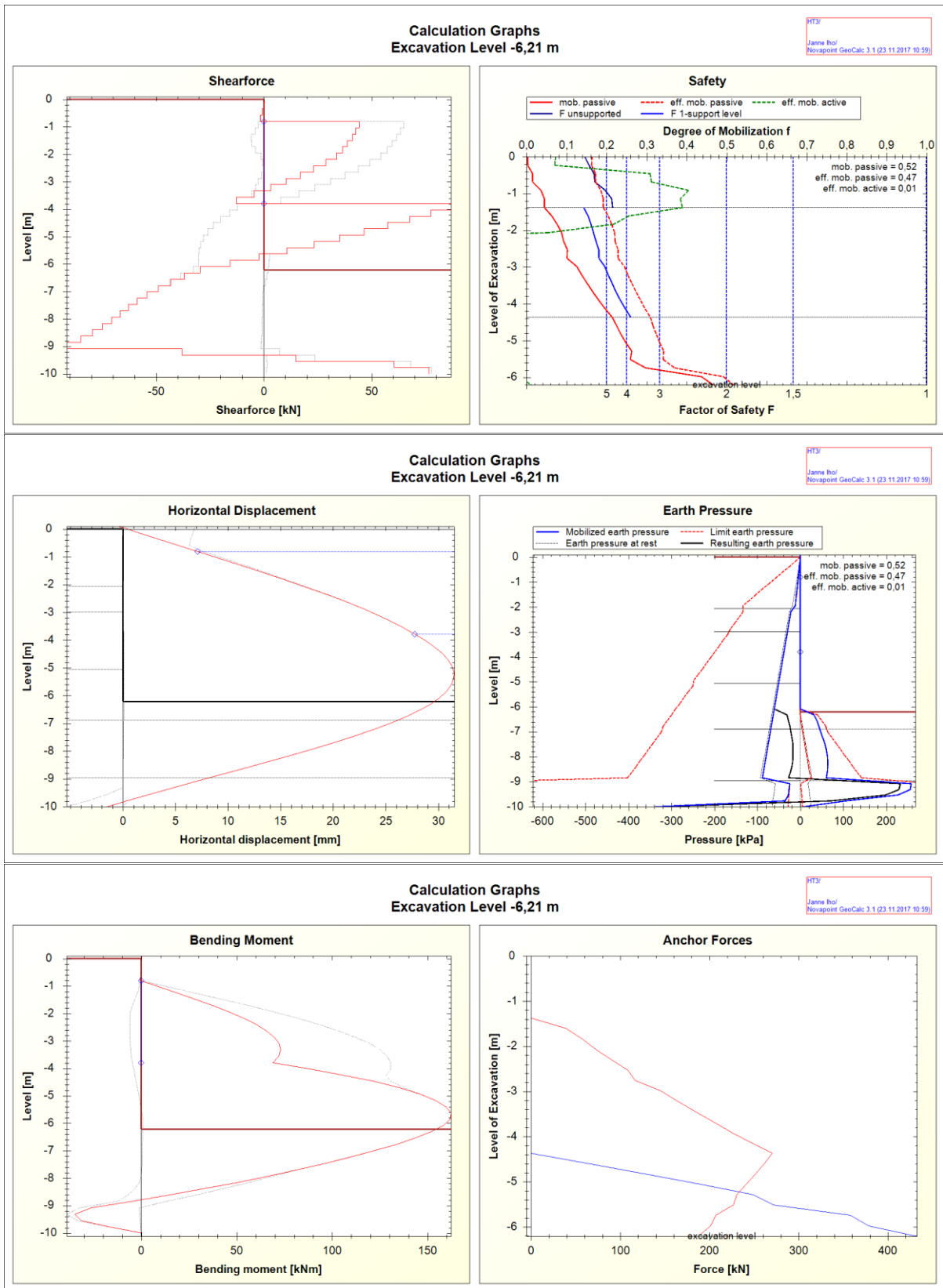


Tukiseinän rasitukset, ks. kohta Yhteenveto.

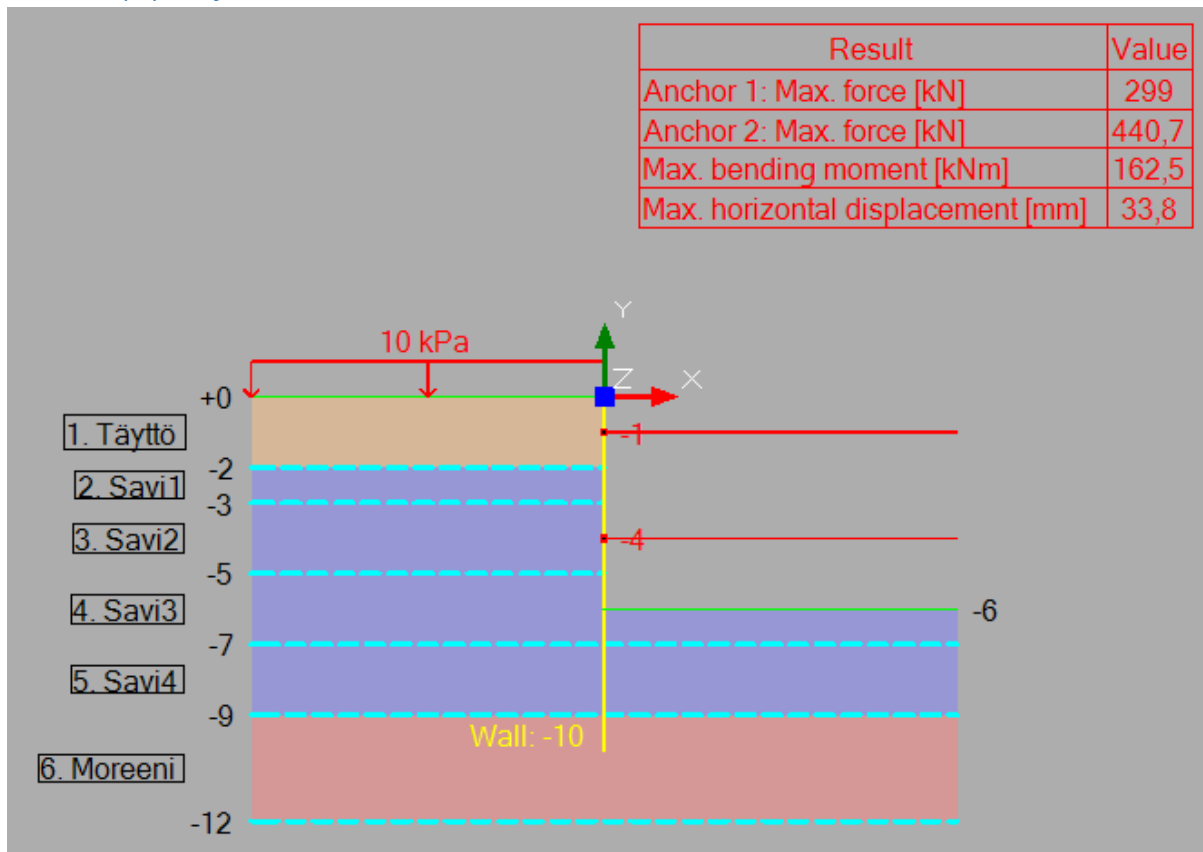
Suurin ponttiseinän taipuma: 32 mm

Varmuus geoteknistä murtoa vastaan: 1,9 (Mobilisoitunut passiivipaine, alapään tuenta)

Laskentatulosteet



6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat

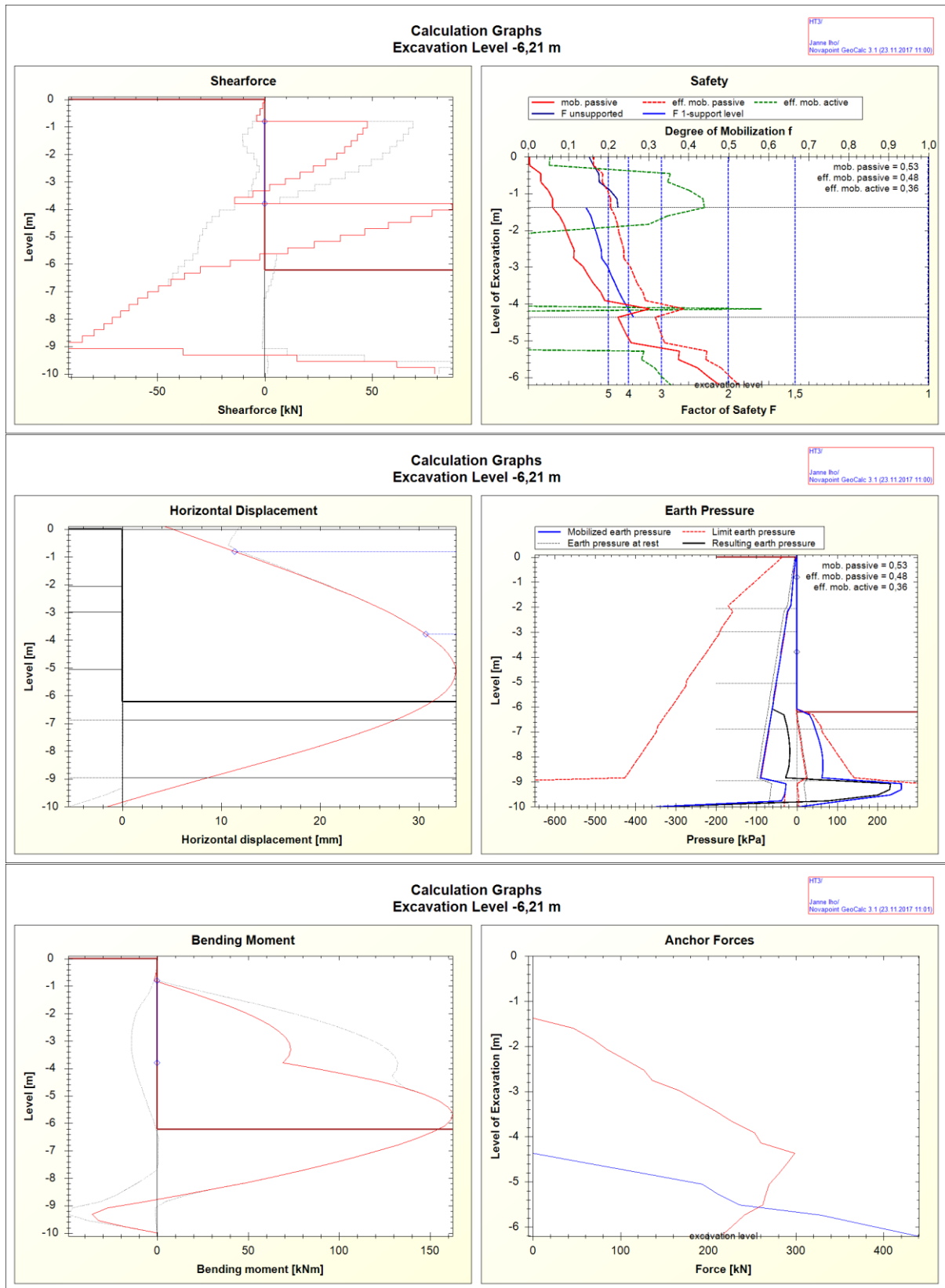


Tukiseinän rasitukset, ks. kohta Yhteenveto.

Suurin ponttiseinän taipuma: 34 mm

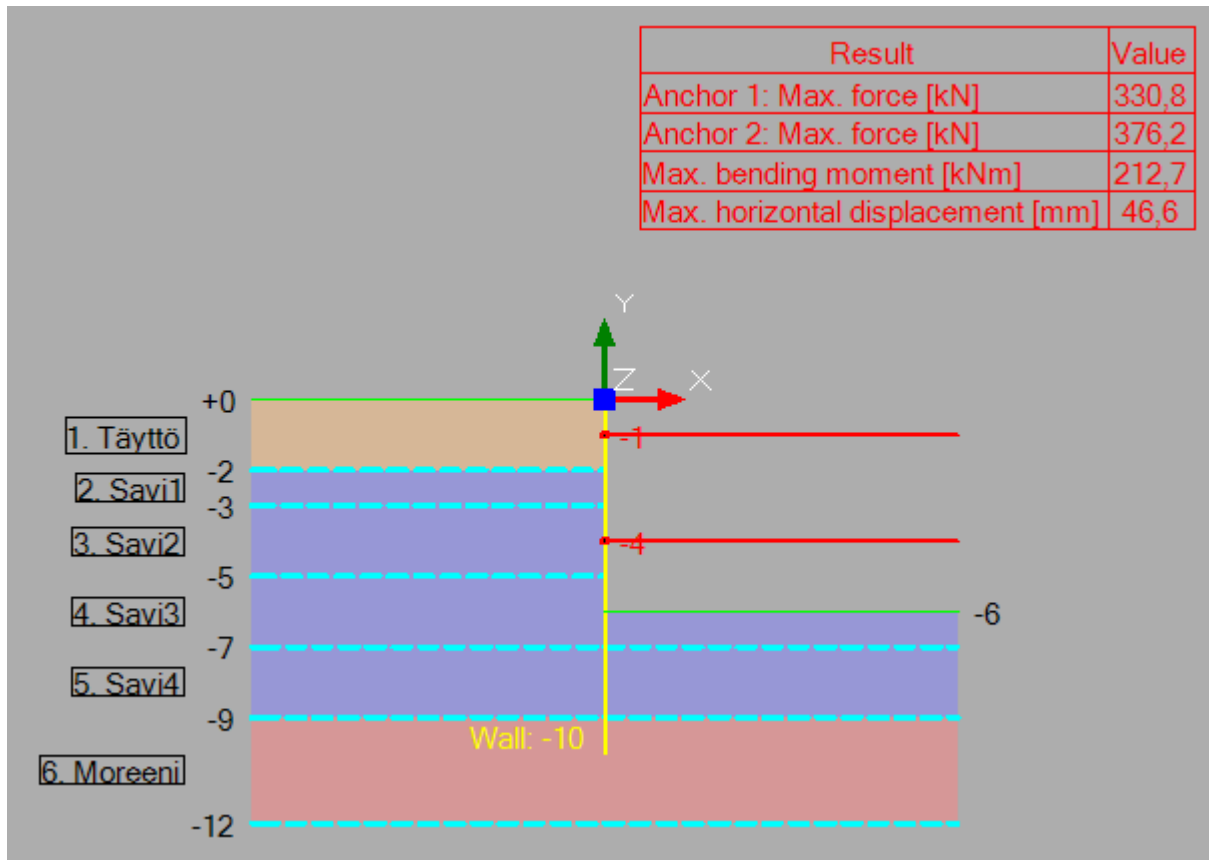
Varmuus geoteknistä murtoa vastaan: 1,8 (Mobilisoitunut passiivipaine, alapään tuenta)

Laskentatulosteet



3. Pitkäaikainen kuormitus

6.10a: Pysyvät kuormat

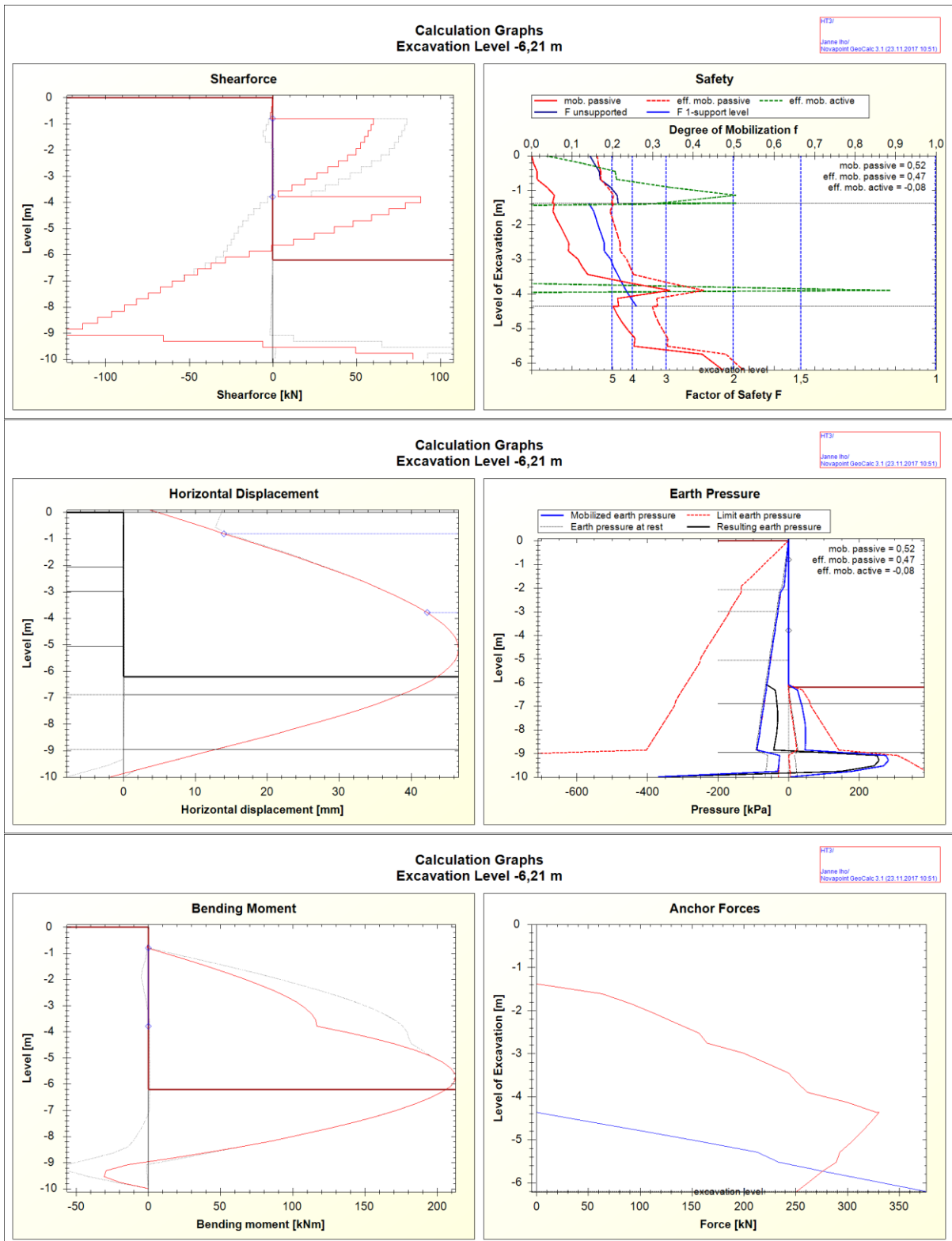


Tukiseinän rasitukset, ks. kohta Yhteenveto.

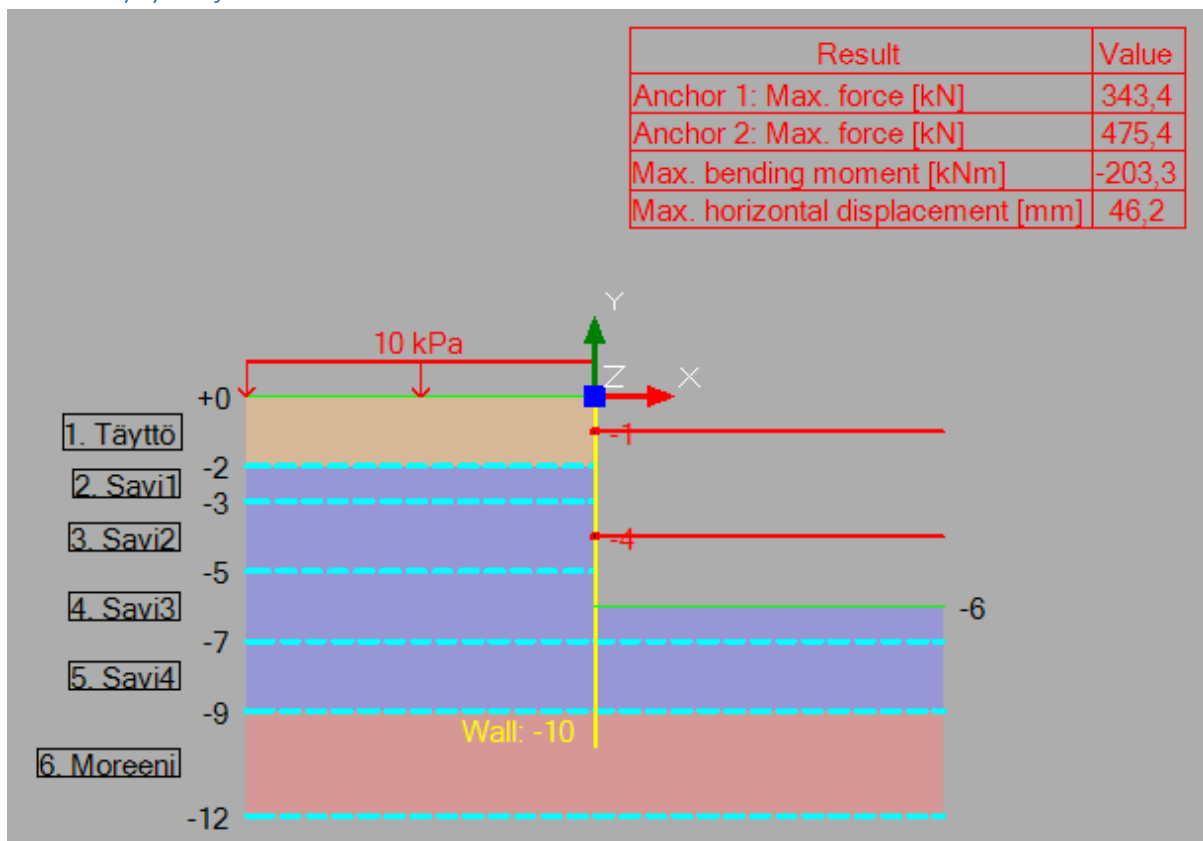
Suurin ponttiseinän taipuma: 47 mm

Varmuus geoteknistä murtoa vastaan: 1,8 (Mobilisoitunut passiivipaine, alapään tuenta)

Laskentatulosteet



6.10b: Pysyvät ja muuttuvat kuormat

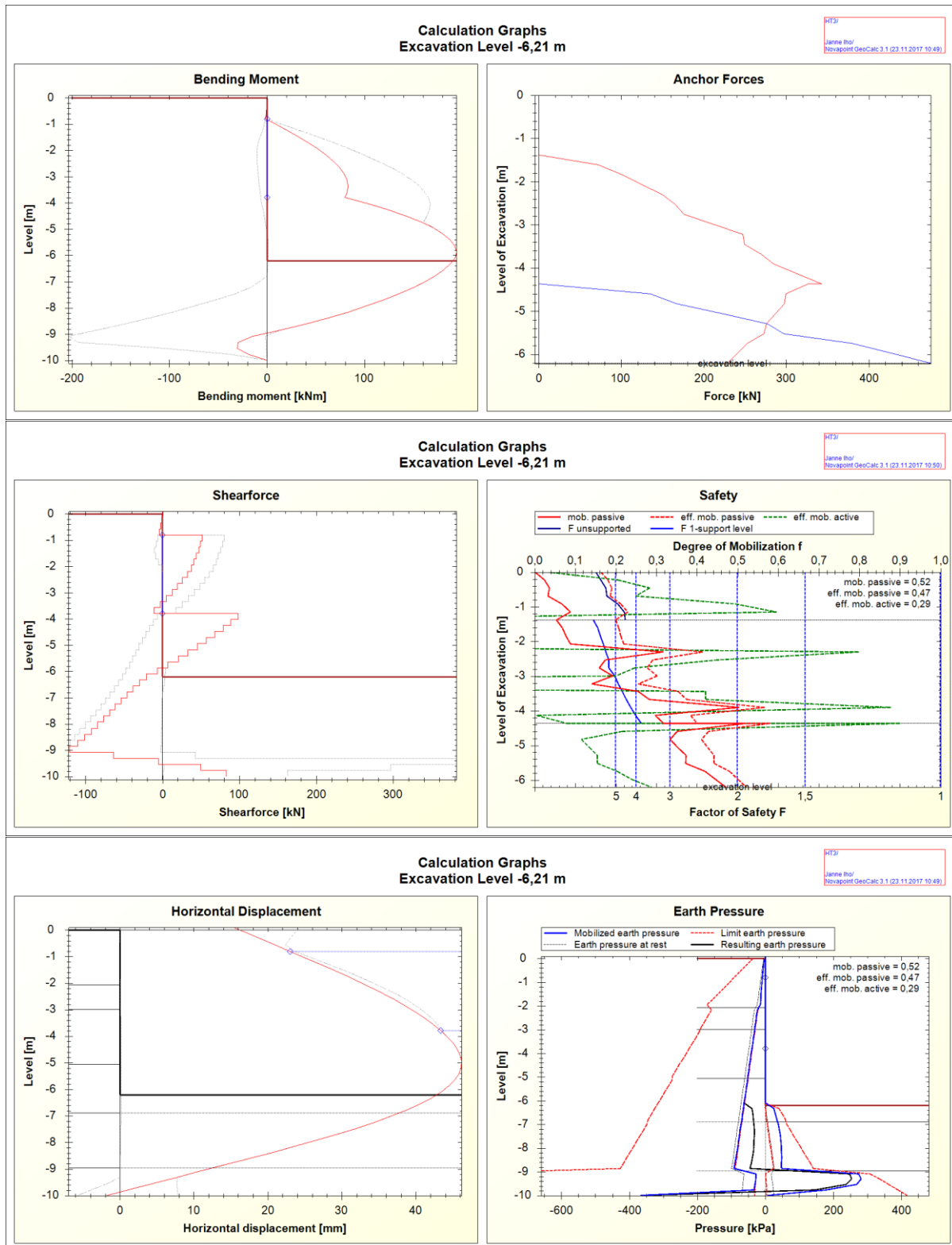


Tukiseinän rasitukset, ks. kohta Yhteenveto.

Suurin ponttiseinän taipuma: 46 mm

Varmuus geoteknistä murtoa vastaan: 1,8 (Mobilisoitunut passiivipaine, alapään tuenta)

Laskentatulosteet



4. Yhteenveto

Tukiseinän rasitukset

M_{kmax} = Ponttiseinän suurin taivutusmomentti, KRT

V_{kmax} = Ponttiseinän suurin leikkausrasitus, KRT

T_{kmax} = Suurin ankkurivoima, KRT

γ_G = 6.10a: 1,35 6.10B: 1,15 Ei lisämallikerrointa

γ_Q = 6.10a: 0 6.10B: 1,50 Ei lisämallikerrointa

Seuraamusluokka on CC2: $K_{FI} = 1,0$

Lyhytaikainen mitoitus

6.10b	M_{max} [kNm]	V_{max} [kN]	$T_{1,max}$ [kN]	$T_{2,max}$ [kN]
G_k	162	92	270	433
G_k+Q_k	163	92	299	441
Q_k	1	0	29	8
G_d+Q_d	188	106	354	510

6.10a	M_{max} [kNm]	V_{max} [kN]	$T_{1,max}$ [kN]	$T_{2,max}$ [kN]
G_d	219	124	365	585

Pitkäaikainen mitoitus

6.10b	M_{max} [kNm]	V_{max} [kN]	$T_{1,max}$ [kN]	$T_{2,max}$ [kN]
G_k	213	125	331	376
G_k+Q_k	203	112	343	475
Q_k	-10	-13	12	99
G_d+Q_d	-	-	399	581

6.10a	M_{max} [kNm]	V_{max} [kN]	$T_{1,max}$ [kN]	$T_{2,max}$ [kN]
G_d	288	169	447	508

Määrävä	288	169	447	585
----------------	-----	-----	-----	-----

Ankkuripalkin ja pönkäsauvan kuormat, rakennesuunnittelijalle

Ankkuritaso T1

Ankkuritaso T2

G_k =	83 kN/m	108 kN/m
Q_k =	3 kN/m	2 kN/m
6.10a P_d =	112 kN/m	146 kN/m
6.10b P_d =	100 kN/m	127 kN/m

Ponttiseinän varmuus ja käyttöasteet

$M_d = 288 \text{ kNm}$ Mitoitustaivutusmomentti, ks. kohta yhteenveto

$M_{Rd} = 387 \text{ kNm}$ Mitoitustaivutuskestävyys murtorajatilassa, ks. kohta tukiseinä.

Käyttöaste = 74 %

$V_d = 169 \text{ kN}$ Mitoitusleikkausrasitus, ks. kohta yhteenveto

$V_{Rd} = 178 \text{ kN}$ Mitoitusleikkauskestävyys murtorajatilassa, ks. kohta tukiseinä.

Käyttöaste = 95 %

Seinän vaakasiirtymä

Suurin vaakasiirtymä lyhytaikaisessa kaivannossa on 34 mm ja pitkäaikaisessa 46 mm.