

## JÄTKÄSAARI SAUKONLAITURI GEOTEKNINEN LASKENTARAPORTTI

Projekti	Saukonlaiturin edustan tukitäyttö YS + vesilupa
Projekti nro	1510070949/ 32084 (KYMP)
Asiakirjatyyppi	Laskentaraportti
Päivämäärä	28.2.2023
Laatija	Taavi Valjakka, Toni Talvinen
Tarkastaja	Kalle Rantala / Hki GEO
Hyväksyjä	Mirva Koskinen / Hki
Kuvaus	Saukonlaiturin stabiliteettilaskelmat laiturin ulkopäädyn kohdalla (Lohko 908, laiturin PLV 0...180)

1.	Yleistä	1
2.	Nykytilanne ja pohjasuhteet	1
3.	Stabiliteetti	3
4.	Yhteenveto ja johtopäätökset	5

### Liitteet

Liite 1.	Pohjatutkimusdiagrammit
Liite 2.	Stabiliteettilaskelmat
Liite 2.1.	Nykyinen pinnantasaus / nykyinen rantarakenne / alueellinen
Liite 2.2.	Suunniteltu pinnantasaus / nykyinen rantarakenne / alueellinen
Liite 2.3.	Suunniteltu pinnantasaus / suunniteltu tukitäyttö / alueellinen
Liite 2.4.	Suunniteltu pinnantasaus / suunniteltu tukitäyttö / paikallinen

## 1. YLEISTÄ

Saukonlaituri sijaitsee Helsingin Jätkäsaarella. Saukonlaituri alue on entinen kauppamerenkulun sataman laituri. Laiturin edustalle sen lounaispäähän on suunniteltu tukitäyttöpenger vastaavalla tavalla kuin laiturin koillisosassa on tehty vuonna 2013. Tukitäyttöpenger on tarkoitus tehdä kokonaan vedenalaisena pengerryksenä, siten että laiturin edustan vesisyvyys vastaa likimääräisesti koillisosan syvyyttä ( $h \sim 4$  m). Tukitäyttöpenger on tarpeellinen satamakäyttöön suunnitellun vanhan laiturirakenteen rasiusten pienentämiseksi sekä laiturin taustan jatkorakentamisen geoteknisen vakavuuden takaamiseksi. Tässä raportissa on esitetty täytön suunnittelussa tehdyt stabiileettilaskelmat, joiden perusteella tukitäytön dimensiot on määritetty suunnittelussa.



Kuva 1.1 Saukonlaiturin suunnittelualue (Ilmakuva 2021, Helsingin karttapalvelu)

## 2. NYKYTILANNE JA POHJASUHTEET

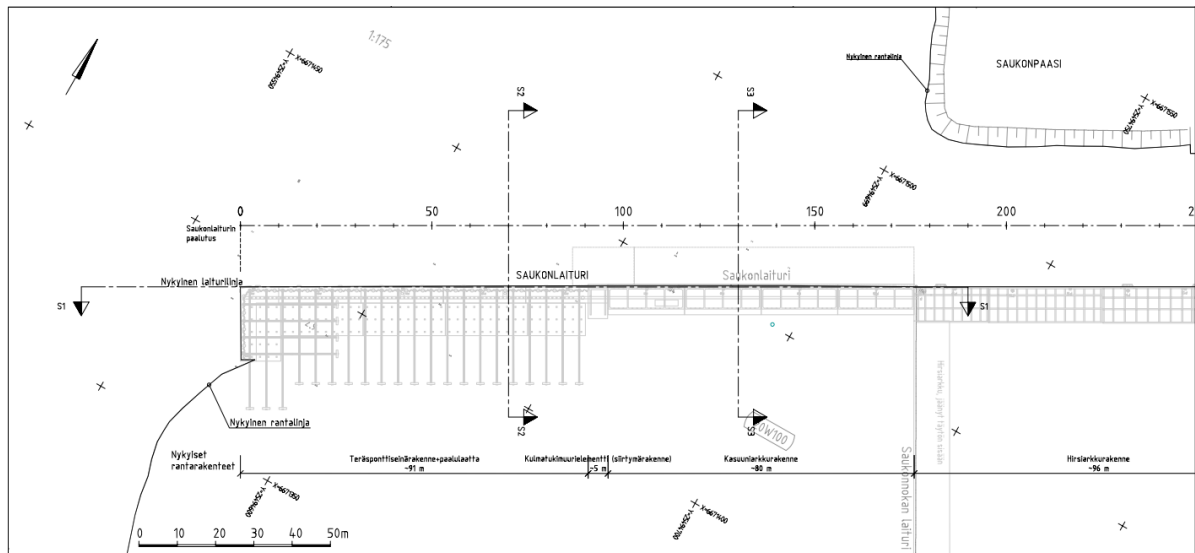
Suunnittelualueella on tehty pohjatutkimuksia useassa eri vaiheessa. Varhaisimmat kairaukset ovat suunnittelualueen pohjoispuolelta vuodelta 1932, jonka jälkeen alueella on kairattu 70- ja 80-luvuilla. Nykyinen maa-alue suunnittelualueella on täytetty 1990 luvulla. Kairauksia on tehty tasaisesti alueella merialueen täytön jälkeen. Uusimmat kairaukset, joiden perusteella tämän raportin laskennat on tehty ovat vuodelta 2022. Kairauksen määrät eri ajankohdilta on esitetty taulukossa 2.1.

Taulukko 2.1 Alueella tehtyjen kairausten määrät

Ajankohta	Kairausten lukumäärä
1932 ... 2000	742
2000 ... 2016	715
2017	60
2022	22

Maanpinta on laituralueella noin tasolla +2,8...+2,9. Nykyinen merenpohja on laiturin edustalla pääosin noin tasolla -9,3...-10,6. Lähellä Saukonkanavaa merenpohja nousee noin tasolta -9,5 tasolle noin -4,0 v. 2013 tehdyn madallustäytön reunalla.

Laiturilinjan kohdalta on vanhojen suunnitelmien ja pohjatutkimusten perusteella poistettu entisen merenpohjan savikerrokset ruoppaamalla. Täyttöinä laiturin alla ja taustatäytössä on suunnitelmien ja pohjatutkimusten perusteella käytetty teräbetonisen kasuuniarkkulaiturin kohdalla louhetta ja pienlouhetta sekä teräksisen putkiponttiseinälaiturin kohdalla hiekkaa/soraa.



Kuva 2.1 Laiturinrakennetyypijako

Pohjatutkimusten perusteella nykyisen täytön pintakerros on tiivistä kitkamaatäyttöä noin tasolle +0,0...-2,0. Pintakerroksen alapuolinen täyttö on tiivistä /keskitiivistä kitkamaatäyttöä noin tasolle -16...-27. Tämän alapuolella on keskitiivis tai tiivis luonnon kitkamaakerrostuma. Kallionpinta on pohjatutkimusten perusteella laiturijaksolla noin tasolla -16,5...-32,5. Merenpuolella nykyinen merenpohja vaihtelee laiturinedustalla tasolla -11...-10. Laiturinedustalla on täytetty hiekalla noin tasolle -27. Hiekka täyttöä on laiturin edustalta porrastetusti 19...43 metrin etäisyydellä. Hiekkatäytön edustalla on 15 metrin paksuinen savikerros. Laskennassa savikerros on jaettu kolmeen kerrokseen. Pohjaolosuhteet on esitetty leikkauspiirustuksissa 303 ja 304. Nykytilanteen merenpohjan syvyyskäyrät on esitetty nykytilakartalla piirustuksessa 300.

Pohjatutkimusten perusteella on määritetty putkiponttilaiturin taustalla olevan hiekkatäytön koostuvan kahdesta kerroksesta, joista alempi kerros on ominaisuuksiltaan vahvempaa. Merialueella tehtyjen hiekkatäyttöjen lujuudet ovat kairausten perusteella heikompaa maa-alueen täyttöihin verrattuna. Merialueella oleva savikerros on jaettu pisteissä 11 ja 22 tehtyjen siipikairausten perusteella kolmeen kerrokseen. Laskennassa käytetyt maaparametrit on esitetty taulukossa 2.2.

Taulukko 2.2 Stabiliateetilaskennassa käytetyt maaparametrit

Maakerros	Tilavuuspaino (kN/m <sup>3</sup> )	Kitkakulma (°)	Koheesio (kPa)
Louhe	20	37	1
Savi 1	16		4
Savi 2	16		12
Savi 3	16		30
Siltti	29	28	1
Merihiekka	19	32	
Maa-alueen Hiekka 1	19	36	
Maa-alueen Hiekka 2	19	37	
Kevenne	5	36	
Murske	20	38	
Moreeni	20	38	
Betoni	25	Infinite strength	

### 3. STABILITEETTI

Saukonlaiturin tukipenkereen stabiliateetitarkastelua on laskettu käyttäen kahta asiantuntija-arvion perusteella kriittisimmäksi määritettyä laskentaleikkausta. Stabiliateetilaskelmat on tehty Rocscience Slide 2 -liukupintalaskentaohjelmalla. Laskennoissa käytettiin ympyrän muotoista liukupintaa ja laskentahilaa, jonka alueelta ohjelma arvioi vaarallisimman liukupinnan noin 1500–2000 mahdollisen liukupinnan joukosta. Laskentamenetelmäksi kaikkiin laskentoihin valittiin GLE/Morgenstern-Price. Leikkaus S2 (Saukonlaiturin PL 70) ja S3 (Saukonlaituri PL 130). Laskentaleikkaukset on valittu niin, että ne kuvaavat suunnittelualueella saukonlaiturin kahta eri laituri-rakennetyyppeä. S2 leikkauksen kohta edustaa putkiponttiseinärakennetta, jonka taustalla on paalulaatta. S3 leikkauksen kohta edustaa kasuuniarkkulaiturirakennetta. Saukonlaiturin stabiliateetti on tarkistettu huomioiden tuleva pinnantasaus, sekä laiturintaustalla oleva liikennekuorma.

Laskentaleikkauksista tarkasteltiin seuraavat laskentatapaukset:

1. Nykyinen rantarakenne liikennekuorma, alueellinen
2. Nykyinen rantarakenne, tulevapinnantasaus, liikennekuorma, alueellinen
3. Tukitäyttö, tulevapinnantasaus, liikennekuorma, alueellinen
4. Tukitäyttö, tulevapinnantasaus, liikennekuorma, paikallinen

Leikkauksista tukipenkereen kannalta mitoittava leikkaus on S2, jossa on oletettu, että paalulaatta ei ole kantava rakenne sen iän vuoksi. Laiturin kantavina rakenteina ovat teräsputket, jotka toimivat sortumaliukupintoja läpäisemättöminä kiinteinä rakenteina. Tukitäyttö on suunniteltu yhtenäisellä täyttöperiaatteella koko suunnittelualueella leikkauksen S2 stabiliateetin mukaisesti.

Vedenalaisen tukipenkereen leveys ja korkeus iteroitiin stabiliateetilaskennan perusteella leikkauksessa S2. Ympyrän muotoisen liukupinnan keskipisteen sijainti on kriittinen siinä mielessä, että kapea ja korkea pengermuoto jää liukupinnan kaatavalle puolelle. Tämä ohjasi pengertä matalampaan ja leveämpään muotoon. Alla ote tukipenkereen mitoittamisen iteraatioprosessista taulukkomuodossa.

**Taulukko 3.1 Penkereen iteraatioprosessi, leikkaus S2**

Varmuus	Penkereen taso	Penkereen leveys
1,90	-5,5	6
1,88	-4,5	6
1,75	-5,5	10
1,81	-4,5	10
1,95	-4,5	15
2,01	-5,5	15

Tukipenkereen mitoitus tehtiin siten, että kokonaisvarmuus (FOS) lopullista tilannetta kuvaavalle laskentatapaukselle S2 oli vähintään 2,0. Mitoittavan S2 leikkauksen kohdalla laiturirakenteen on alueellinen kokonaisvarmuus on lopputilanteen laskentatapauksessa 2,01. Saman laskentatapauksen paikallinen merenalaisen paikallisen liukupinnan kokonaisvarmuus laiturin edessä on 2,21. Vedenalainen paikallinen liukupinta on määritetty kulkemaan tukitäytön harjalta ja leikkaavan savikerrosta, koska merenpohjan savikerros on kairausten perusteella vanhoja suunnitelmia lähempänä laiturilinjaa ja penkereen reunaa.

S3 leikkauksen kohdalla laiturirakenteen alueellinen kokonaisvarmuus lopullisen tilanteen laskentatapauksessa on 2,16. Alla olevassa taulukossa on yhteenvedona esitetty käsiteltyjen laskentatapauksien tulokset

**Taulukko 3.2 Laskentaleikkausten S2 ja S3 stabiiliteettilaskennan tulokset laskentatapauksille 1 - 4**

Leikkaus	Laskentatapaus	Kokonaisvarmuus
S2 (PL-70)	1. Nykyinen rantarakenne nykyinen pinnantasaus liikennekuorma	1,94
S2 (PL-70)	2. Nykyinen rantarakenne tulevapinnantasaus liikennekuorma	1,80 (alueellinen)
S2 (PL-70)	3. Tukitäyttö tulevapinnantasaus liikennekuorma	2,01 (alueellinen)
S2 (PL-70)	4. Tukitäyttö tulevapinnantasaus liikennekuorma Vedenalainen liukumapinta	2,21 (paikallinen)
S3 (PL-130)	1. Nykyinen rantarakenne nykyinen pinnantasaus liikennekuorma	1,75
S3 (PL-130)	2. Nykyinen rantarakenne tuleva pinnantasaus liikennekuorma	1,65 (alueellinen)
S3 (PL-130)	3. Tukitäyttö tulevapinnantasaus liikennekuorma	2,16 (alueellinen)

## 4. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Saukonlaiturin edusta vaatii tukitäyttöä laiturirakenteen stabiliteetin varmistamiseksi. Nykyinen vesisyvyys ja toisaalta laiturin taustan täyttötason nostaminen sekä yleisen alueen reunarakenteen käyttöikä huomioiden ei laiturirakenteen stabiliteetti ole riittävä ilman toimenpiteitä. Tukitäyttö ja vesisyvyyden pienentäminen laiturin edustalla vähentää laiturirakenteelle aiheutuvia kuormia ja näin ollen lisää rakenteen käyttöikää. Samalla saadaan geotekninen vakavuus riittävä tasolle ( $FOS \geq 2,0$ ).

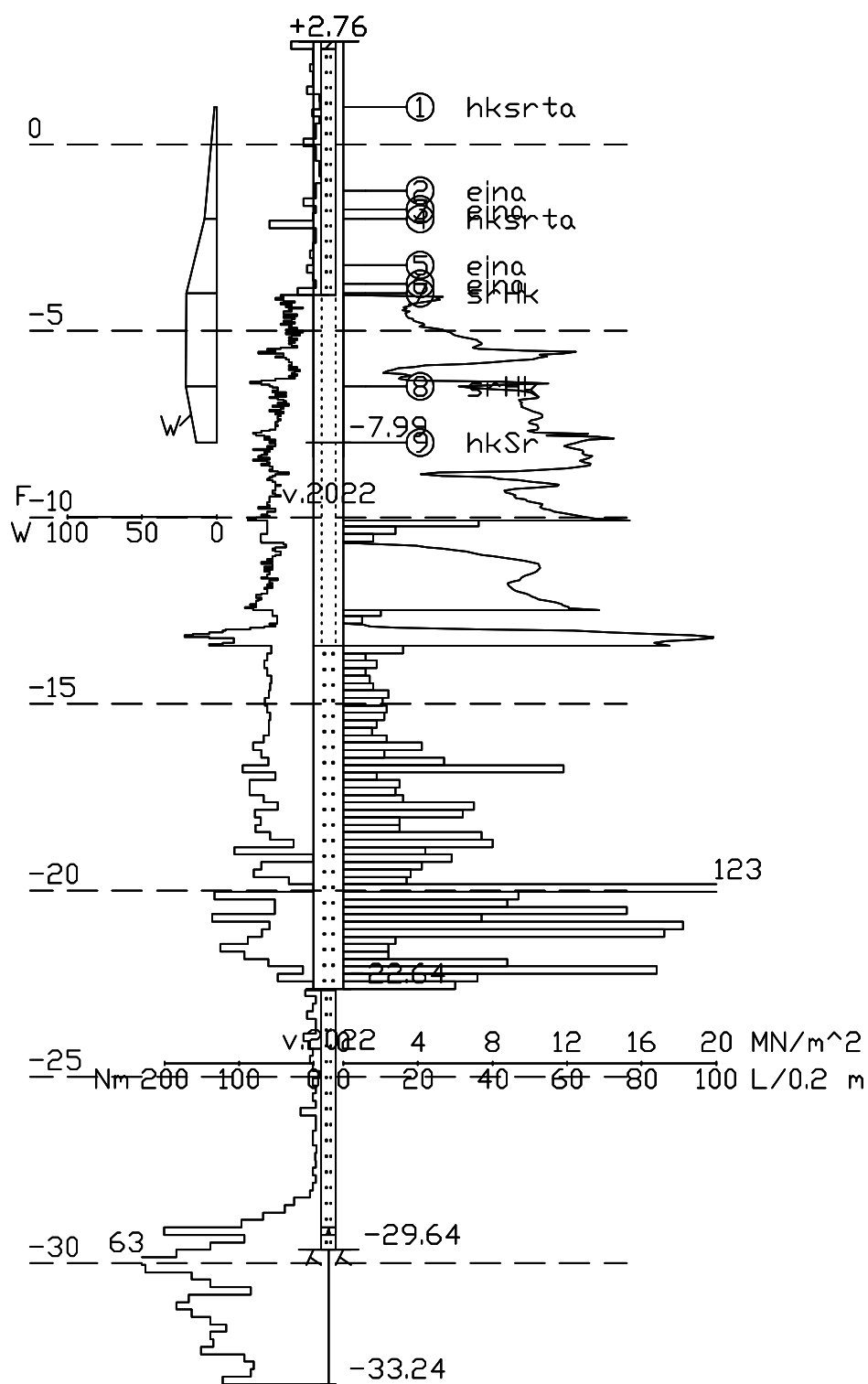
Tukitäyttöpenkereen dimensiot määritettiin stabiliteettilaskelmien perusteella. Tukipenkereen täyttö ulotetaan noin tasolle -5,5. Penkereen harjan leveys on noin 15 m ja luiskakaltevuus noin 1:1,5. Tukipenkereen arvioitu täyttömäärä on yhteensä noin 26 000 m<sup>3</sup>rtr. Näitä dimensioita noudattaen saatetaan laiturirakenteen alueellinen vakavuus putkiponttiseinälaiturijakson osalta tasolle  $FOS=2,01$  ja teräsbetonisen kasuuniarkkulaiturijakson osalta tasolle  $FOS=2,21$ .

Saukonlaiturin tukipenger on esitetty yleissuunnitelman asemapiirustuksessa 301. Rakenteen pituusleikkaus S1-S1 laiturilinjan tasassa on esitetty piirustuksessa 302 ja poikkileikkaukset S2 ja S3 eri laiturirakenteissa esitetty piirustuksissa 303 ja 304.

## Liite 1

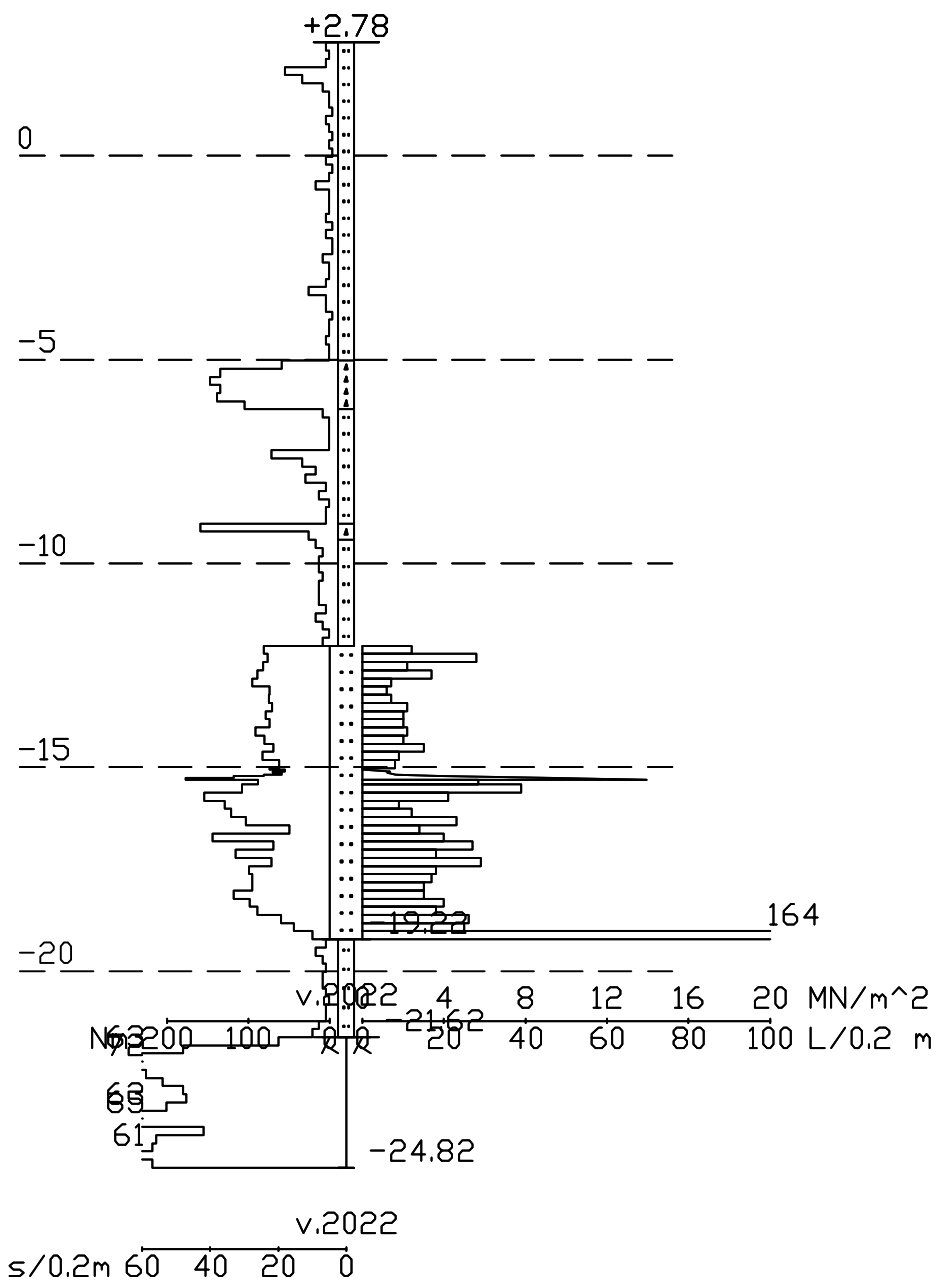
## Pohjatutkimusdiagrammit

Työnumero	Työn nimi		Pisteen nro
20949			5
Koordinaatisto	X	Y	Z
3879_ETRS89-GK25FIN	6671403.000	25494646.600	2.760
Korkeusjärjestelmä	Pohjaveden pinta	Kalrauspvm.	Alkukalraus
N2000		9.9.2022	6.80 j - j Ja
Kalraustapa	Päättymistapa		
HP - Purheijarikalraus, PD - Porakonekalraus	ND - Häiriintynyt näyte		
Kalraaja	Kalrauslaite		

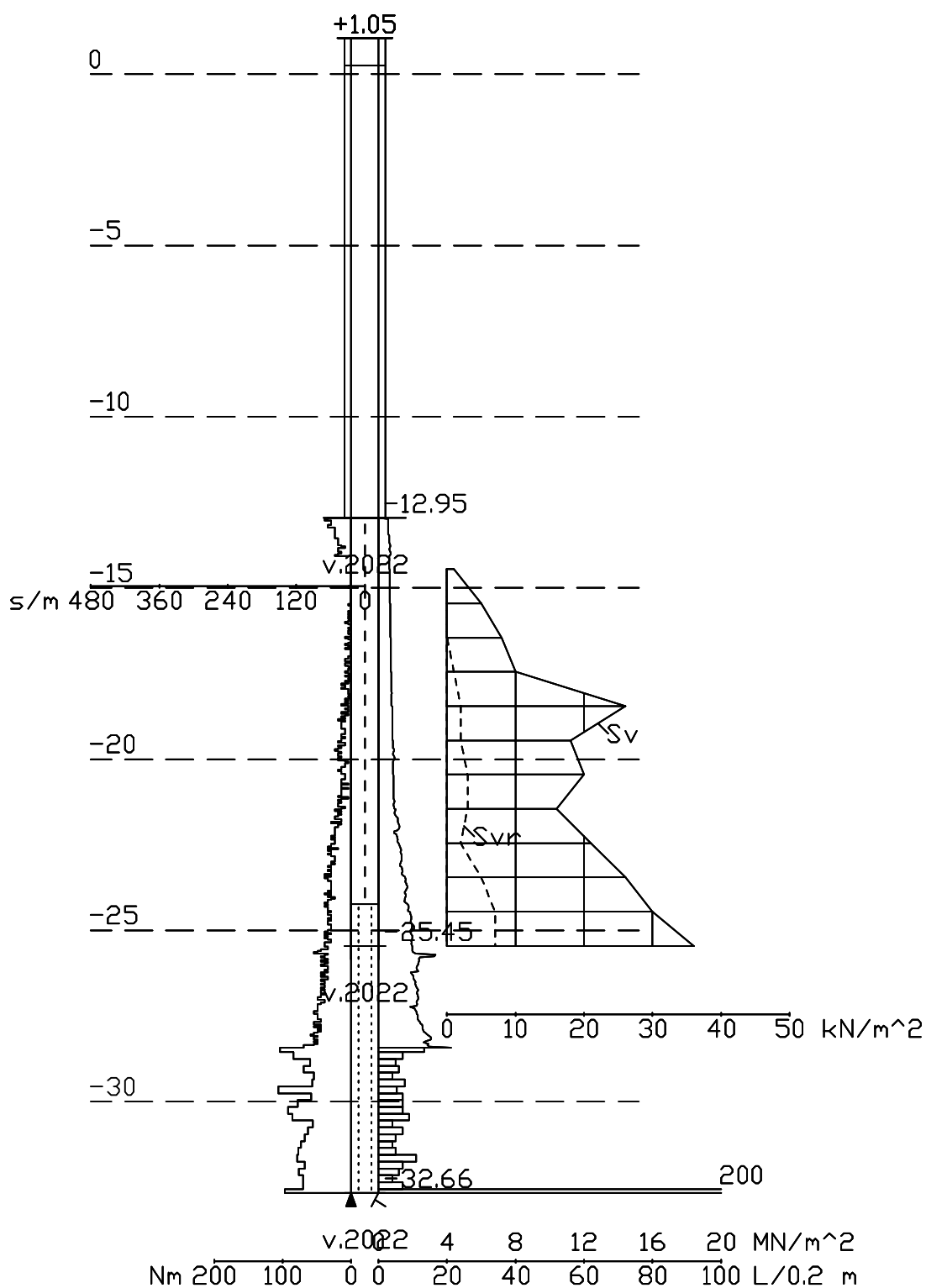




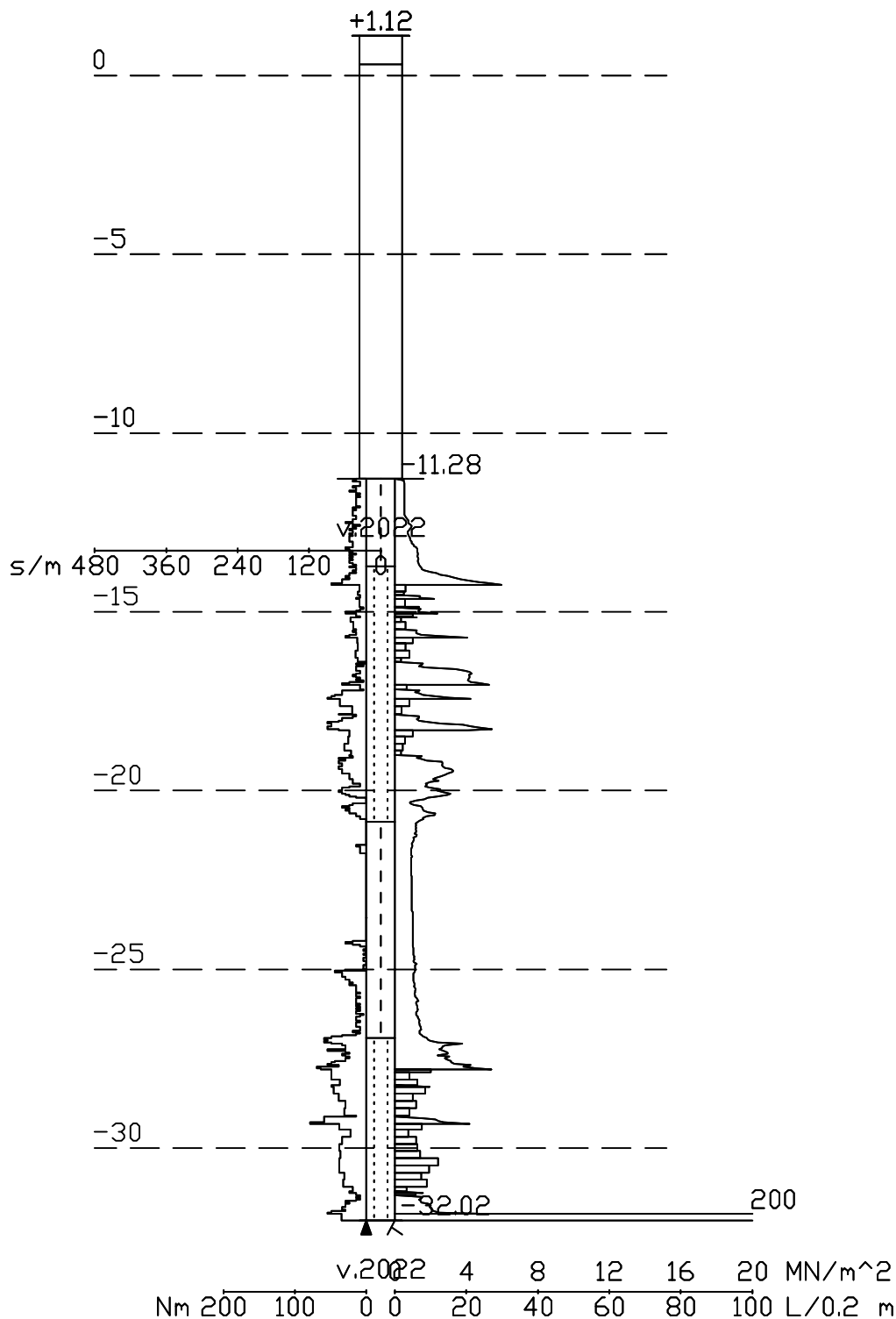
Työnumero	Työn nimi		Pisteen nro
20949			7
Koordinaatisto	X	Y	Z
3879_ETRS89-GK25FIN	6671431.200	25494689.100	2.780
Korkeusjärjestelmä	Pohjaveden pinta	Kalrauspvm.	Alkukalraus
N2000		3.10.2022	14.80 j - j Ja
Kalraustapa		Päättymistapa	
HP - Purheijarikalraus, PD - Porakonekalraus			
Kalraaja		Kalrauslaite	



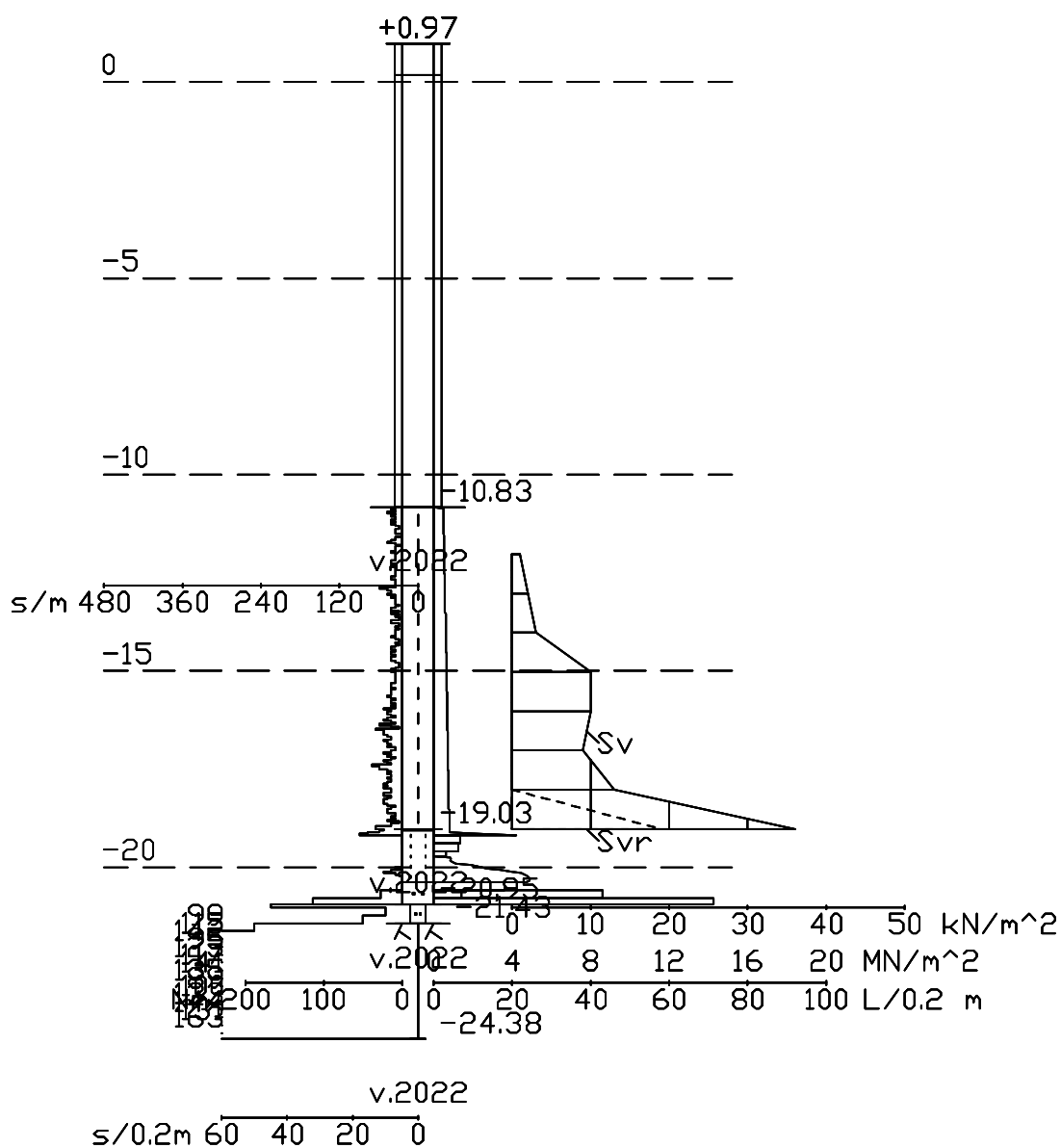
Työnumero	Työn nimi		Pisteen nro
20949			11
Koordinaatisto	X	Y	Z
3879_ETRS89-GK25FIN	6671431.200	25494564.500	1.050
Korkeusjärjestelmä	Pohjaveden pinta	Kalrauspvm.	Alkukalraus
N2000		20.6.2022	14.00 j - j Ja
Kalraustapa	Päättymistapa		
SI - Siipikalraus, PT - Putkikalraus, HP - Purkamiskalraus	Mittausjärjestelmä		
Kalraaja	Kalrauslaite		



Työnumero	Työn nimi		Pisteen nro
20949			15
Koordinaatisto	X	Y	Z
3879_ETRS89-GK25FIN	6671445.500	25494616.500	1.120
Korkeusjärjestelmä	Pohjaveden pinta	Kalrauspm.	Alkukalraus
N2000		3.6.2022	12.40 ; - ; Ja
Kairaustapa	Päätymistapa		
PT - Putkikalraus, HP - Purheijarikalraus			
Kairaaaja	Kairaustaite		
JJD			



Työnumero	Työn nimi		Pisteen nro
20949			22
Koordinaatisto	X	Y	Z
3879_ETRS89-GK25FIN	6671486.900	25494679.200	0.970
Korkeusjärjestelmä	Pohjaveden pinta	Kalrauspvm.	Alkukalraus
N2000		21.6.2022	21.6.2022 JJ - JJ JJ
Kalraustapa	Päättymistapa		
SI - Siipikalraus, PT - Putkikalraus, HP - Puronkalraus, MP - Maanpinnan kalraus, PO - Porakonekalraus			
Kalraaja	Kalrauslaite		

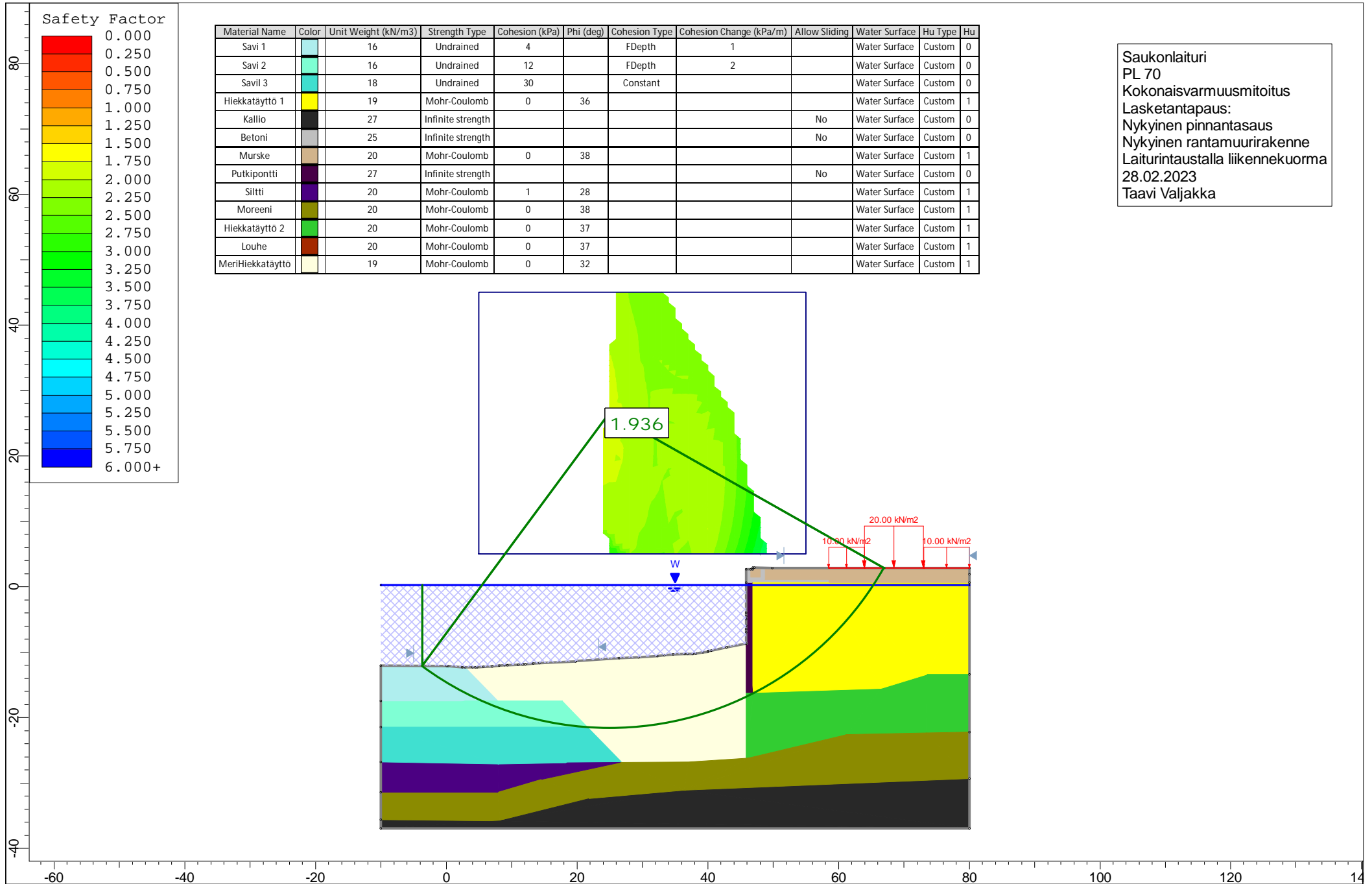


Liite 2

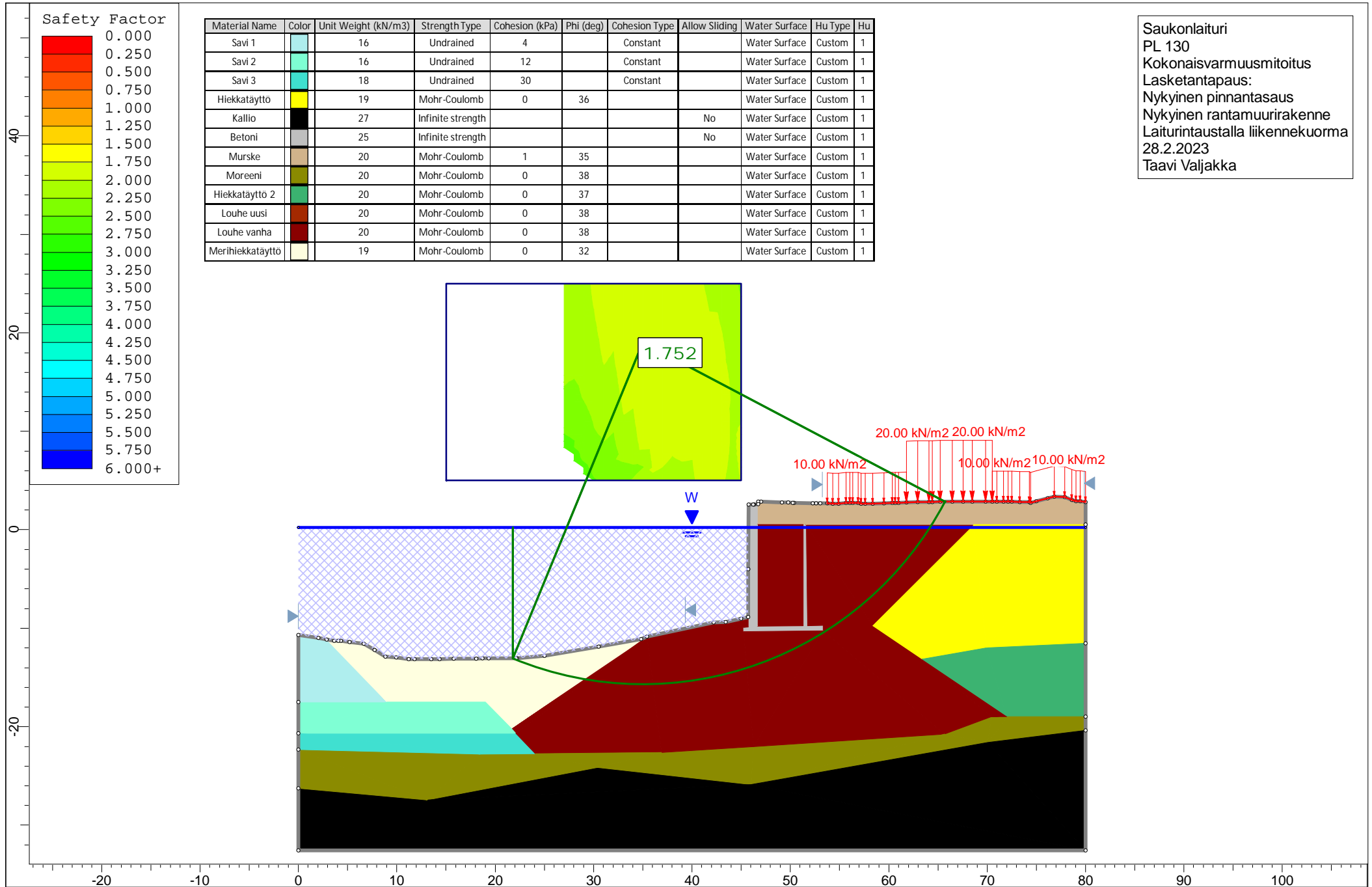
Stabiliteettilaskelmat

Liite 2.1

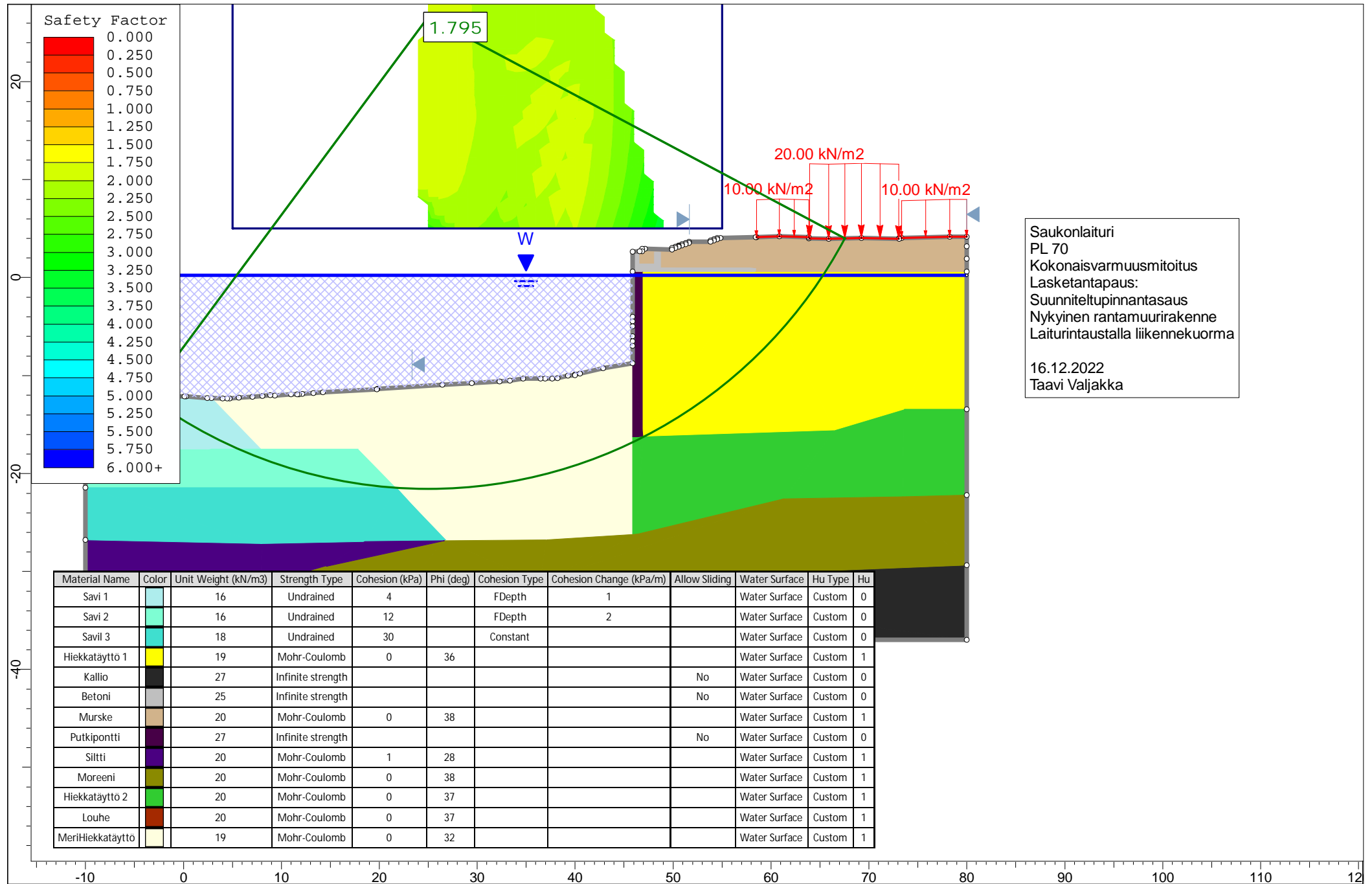
Saukonlaituri



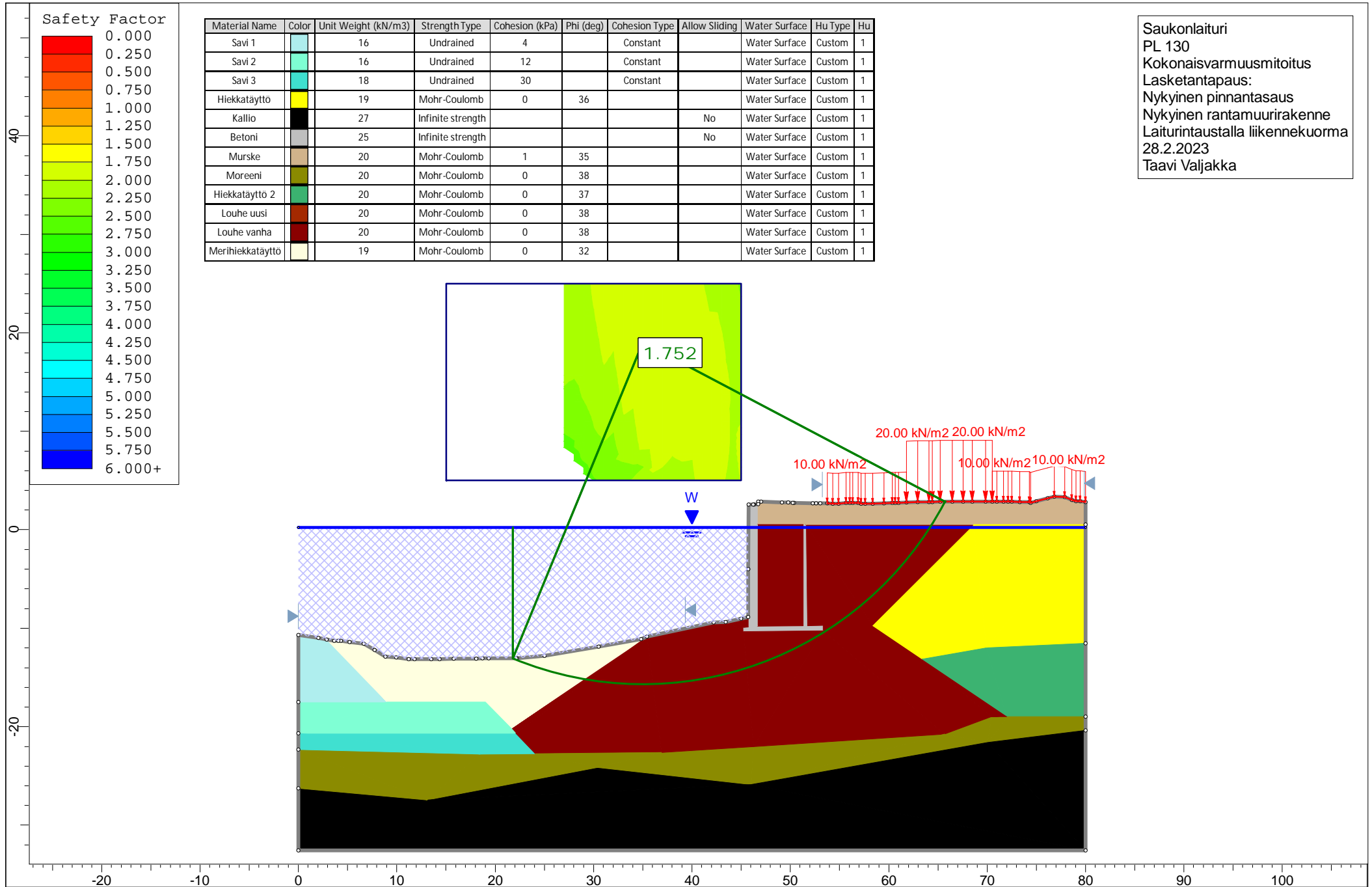
Saukonlaituri  
PL 70  
Kokonaisvarmuusmitoitus  
Lasketantapaus:  
Nykyinen pinnantasaus  
Nykyinen rantamuurirakenne  
Laiturintaustalla liikennekuorma  
28.02.2023  
Taavi Valjakka

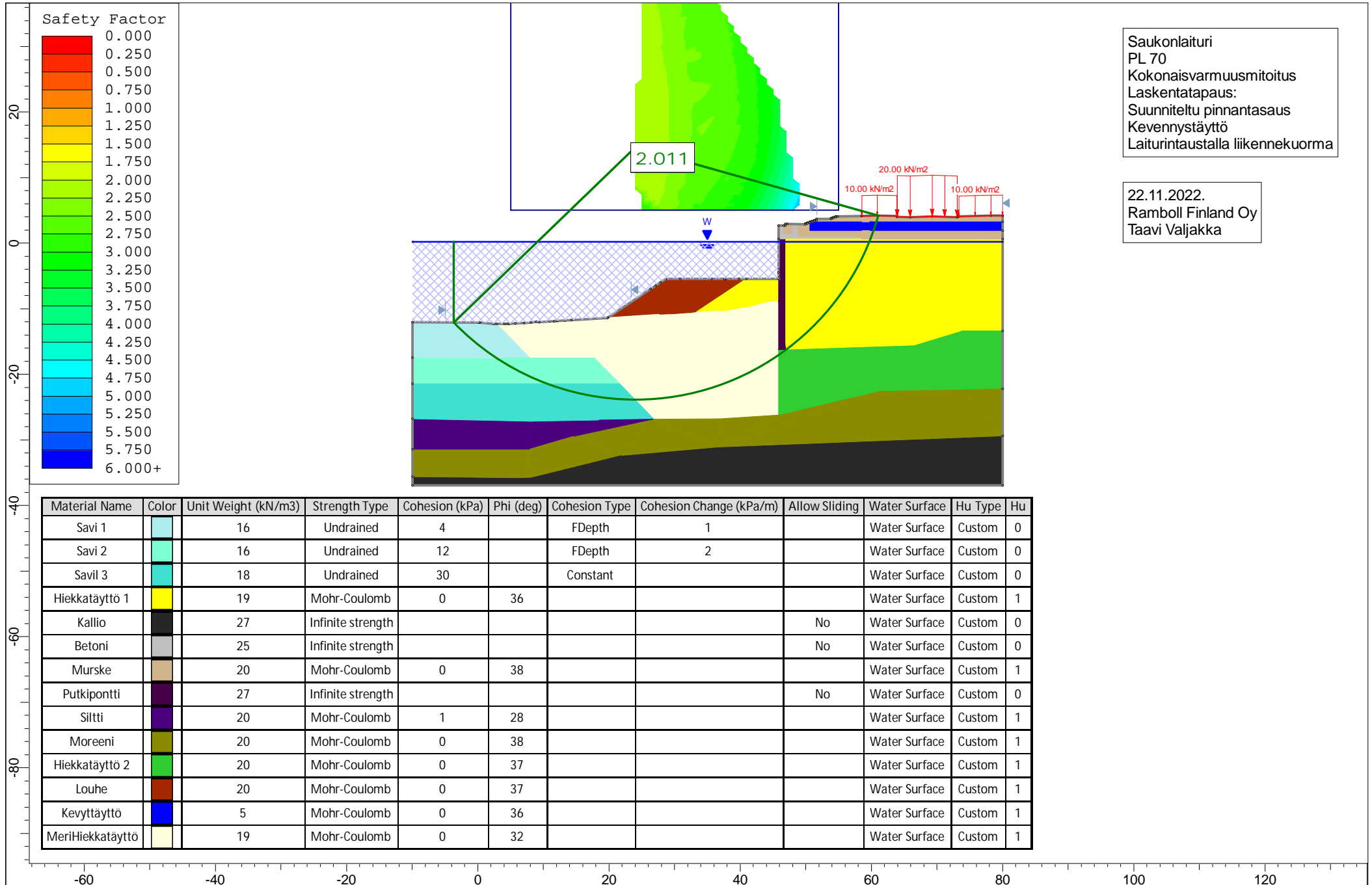


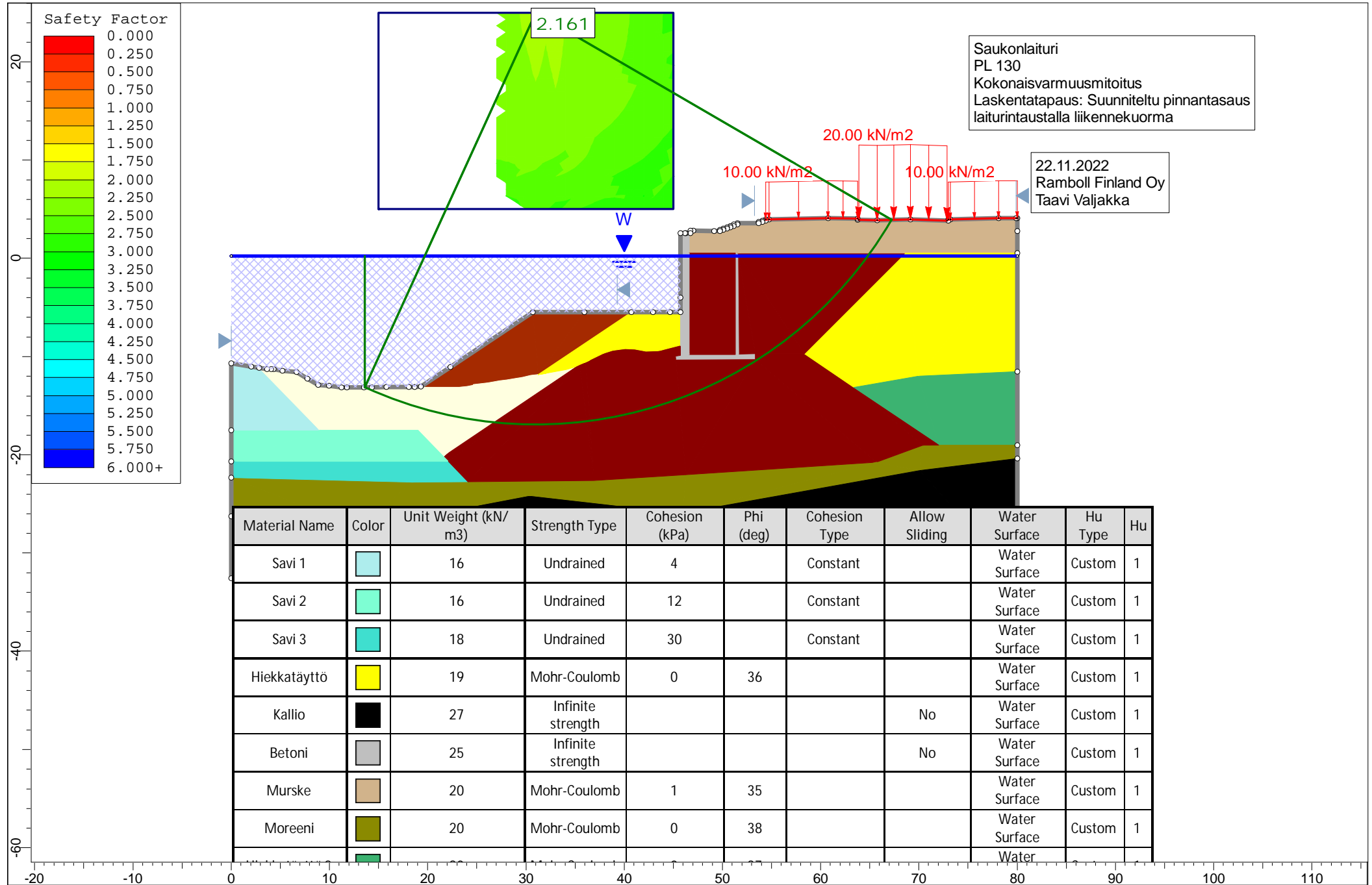
Saukonlaituri  
PL 130  
Kokonaisvarmuusmitoitus  
Lasketantapaus:  
Nykyinen pinnantasaus  
Nykyinen rantamuurirakenne  
Laiturintaustalla liikennekuorma  
28.2.2023  
Taavi Valjakka











Liite 2.4

Saukonlaituri

