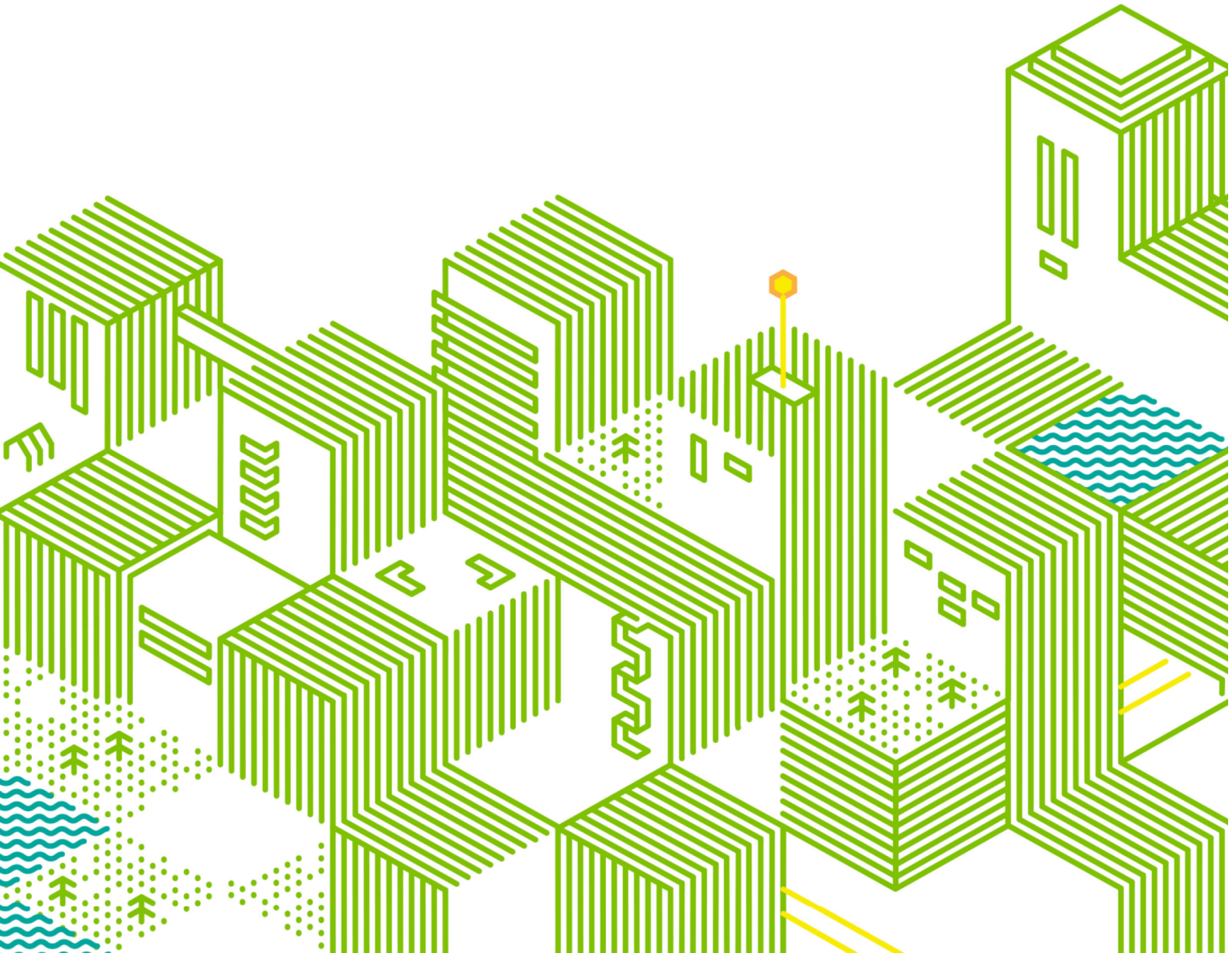
SITOWISE

Pirkkalan Loukonlahden rakennettavuusselvitys

Päiväys 24.9.2020

Projektinumero: RR53565
Tilaaja: Pirkkalan kunta

Laatinut Mika Andersson, Esa Kallio, Juho Kivivuori
Tarkastanut Mikko Suoranta 24.9.2020



Sisällys

1 Yhteystiedot ... 2
1.1 Kohde ... 2
1.2 Tilaaja ... 2
1.3 Suunnittelu ... 3
1.3.1 Geotekninen suunnittelu ... 3
2 Johdanto ... 4
3 Maastotutkimukset ... 4
3.1 Pohjatutkimukset ... 4
3.2 Seismiset luotaukset ... 4
3.3 Mittaukset ja maastomalli ... 5
4 Pohjasuhteet ... 5
5 Pohjarakenneratkaisut ... 5
5.1 Alueen rakennettavuus ... 5
5.2 Painumariskiarviointi ... 6
5.3 Kaivannot ... 6
5.4 Kuivatus ja kuivana pito ... 7
5.5 Piha- ja liikennealueet ... 7
5.6 Kadut ja kunnallistekniikka ... 7
5.7 Urheilurakentaminen ... 8
5.8 Routasuojaus ... 8
5.9 Radontorjunta ... 8
6 Perustamisen kustannusarvio ... 8
7 Johtopäätökset ... 9
8 Jatkotoimenpiteet ... 9
9 Lähteet ... 9
10 Liitteet ... 10

1 Yhteystiedot

1.1 Kohde

Kohde sijaitsee Pirkkalan kunnassa, Loukonlahden alueella. Kohteen aluerajaus on esitetty kuvassa 1.

Kuva 1. Loukonlahden rakennettavuusselvityksen aluerajaus.

1.2 Tilaaja

Pirkkalan kunta
Yhdyskunta-toimiala
PL 1001
33961 Pirkkala

Santeri Kortelahti
puh 050 435 5109
email Santeri.Kortelahti@pirkkala.fi

1.3 Suunnittelu

1.3.1 Geotekninen suunnittelu

Sitowise Oy puh 020 747 6000
Linnoitustie 6
02600 Espoo

Geosuunnittelu
Mika Andersson, DI
puh 040 759 4178
email mika.andersson@sitowise.com

Juho Kivivuori, Tekn Kand.
puh 044 427 9552
email juho.kivivuori@sitowise.com

Pohjavesisuunnittelu
Esa Kallio, FM
puh 050 352 5879
email esa.kallio@sitowise.com

Suunnitelmien laadunvarmistus
Mikko Suoranta, DI
puh 040 548 3469
email mikko.suoranta@sitowise.com

2 Johdanto

Loukonlahden rakennettavuusselvitys on tehty selvittämään Loukonlahden asemakaavan muutoksen nro 260 maaperä ja pohjasuhteita. Alueen länsipuolella on kaavailtu 1-3 kerroksisten asuinrakennuksia ja alueen itäpuolelle urheilurakentamista.

Tämän rakennettavuusselvityksen tavoitteena on ollut selvittää maaperän perustamisolosuhteet tiestön, kunnallistekniikan, tonttien ja rakennusten suhteen. Lisäksi tavoitteena on ollut varmistaa perustamistapojen toteutettavuus ja taloudellisuus.

3 Maastotutkimukset

3.1 Pohjatutkimukset

Alueelle on suoritettu pohjatutkimuksia yhteensä 80 tutkimuspisteestä. Pisteissä on toteutettu puristinheijarikairauksia 41 kappaletta, painokairauksia 27 kappaletta, porakonekairauksia 18 kappaletta ja siipikairauksia 5 kappaletta. Lisäksi 10 pisteestä on otettu kairauksien yhteydessä häiriintynyt tai häiriintymätön näyte. Pohjavesiputkia asennettiin alueelle yhteensä 5 kappaletta. Pohjatutkimuspisteiden sijainnit ja pohjatutkimusleikkaukset on esitetty liitteissä 1 ja 2.

Puristinheijari- sekä painokairauksilla on määritetty maaperäkerrosten rajat. Porakonekairauksilla on varmistettu kalliopinnan sijainti tutkimuspisteessä. Siipikairauksilla arvioitiin saven leikkauslujuutta. Näytteistä määritettiin maalajien rakeisuus, vesipitoisuus, humuspitoisuus, sekä saven vesipitoisuus, sekä niille tehtiin kartiokokeita. Osalle häiriintymättömistä näytteistä tehtiin myös ödometrikokeita, mutta näytteiden häiriintymisen takia tuloksia ei voida pitää luotettavina. Pisteestä 208 tehtiin korroosiotutkimus, jolla selvitettiin maaperän aggressiivisuutta.

3.2 Seismiset luotaukset

Alueelle suoritettiin yhteensä 19 seismisen taittumisluotauslinjan mittaamista alla olevan kuvan mukaisesti.

Kuva 2: Seismisten luotausten luotauslinjat

Luotauksen tulokset selostettu tarkemmin GeoBlastin raportissa (liite 3). Luotausten tuloksena saatiin kalliopinnan 3D profiilit luotauslinjojen kohdalla. Tulosten perusteella muodostettiin kallioperän pintamalli.

3.3 Mittaukset ja maastomalli

Alueelle ei laadittu erillistä maastomittausohjelmaa. Maanpinnan tietona käytettiin ensin Maanmittauslaitoksen maastomalliaineistoa ja myöhemmin saatiin Pirkkalan kunnan maastomittaus aineisto alueelta, lisäksi käytettiin kunnalla saatua pohjakartta – aineistoa.

4 Pohjasuhteet

Alue on maastonmuodoiltaan suhteellisen tasaista maanpinnan topografian vaihdellessa noin +79 ja +87 metrin välillä merenpinnan tasosta. Maaperän pintaosa on suurimmaksi osaksi humusta paksuudeltaan noin 0,2 – 0,4m. Pintakerroksen alla alueella on savikerros, jonka paksuus vaihtelee 2 ja 7 metrin välillä. Savikerroksen paksuus esitetty pohjatutkimuskartalla (liite 1. Savikerroksen alapuolella on moreenikerros. Paikoitellen savi ja moreenikerroksen välissä on näytteissä havaittu ohut siltti- tai hiekkakerros. Kalliopinta alueella on melko tasaista ja se sijoittuu porakonekairausten ja seismisten luotausten perusteella tasolle +63m… +79m.

Alueen savikko on tutkimusten perusteella sitkeää ja kuivaa. Savikon pinnassa on luja kuivakuorikerros, jossa saven vesipitoisuus on 20 – 30% ja siipikairalla mitattu leikkauslujuus noin 100 kN/m2 tai tätä suurempi. Siipikairaustulosta ei saatu kaikista tutkimuksista saven suuren lujuuden takia. Kuivakuorikerroksen alapuolella on pehmeämpi savikerros, jossa vesipitoisuus on 20 – 50% ja siipikairalla mitattu leikkauslujuus noin 12 – 50 kN/m2.

Alueen pohjavesi on lähellä maan pintaa tai osassa pohjavesiputkia pohjavesi on paineellista. Alueen länsipuolella havaintoputkissa 302 ja 308 pohjaveden painetaso oli noin +79,29 ja +79,63 välillä, mikä on noin 2 – 2,6 metriä maanpinnan alapuolella. Havaintoputkessa 312 pohjaveden painetaso oli +82,03, mikä on 0,4 metriä maanpinnan yläpuolella. Havaintoputkessa 315 pohjaveden painetaso +80,51 on 0,21 metriä maanpinnan alapuolella. Itäisessä kulmassa sijaitsevassa havaintoputkessa 316 painetaso + 81,2 on 0,4 metriä maanpinnan yläpuolella. Havaintoputkien tarkemmat sijainnit kartalla on esitetty liitteessä 1. Alueen eteläpuolella on mäki, josta sadanta imeytyy maastoon pohjavedeksi. Pohjavesi virtaa vettä läpäisevissä kitkamaakerroksissa ja kulkeutuu etelästä pohjoiseen, kohti Pyhäjärveä.

Pisteestä 208 tehdystä korroosiotutkimuksessa savikko todettiin korroosio-olosuhteiltaan tavanomaiseksi.

5 Pohjarakenneratkaisut

5.1 Alueen rakennettavuus

Yleisesti alue soveltuu hyvin rakennettavaksi. Alue on pinnanmuodoiltaan tasaista ja näin ollen helposti hyödynnettävissä rakentamiseen.

Paineellisen pohjaveden takia alueelle tulee välttää savikerroksen puhkaisemista. Mikäli savi joudutaan puhkaisemaan tai kaivutyötä ulottamaan moreenikerrokseen, tulee varautua pohjaveden purkautumiseen ja pohjaveden eristämiseen suojarakenteella.

Ilman tarkempia lisätutkimuksia rakennukset suositellaan perustettavaksi paaluilla kantavaan moreenikerrokseen tai kallion varaan. Kalliopinnan on noin 10-15 metriä nykyisen maanpinnan alapuolella, joten paalupituudet pysyvät kohtuullisina. Paalutyyppinä voidaan käyttää teräsbetoni- tai teräsputkipaaluja.

Kevytrakenteisilla alle 2 kerroksisilla puurakennuksilla maanvarainen perustaminen saattaa olla mahdollista lisäselvitysten perusteella. Tällöin rakennukset tulee suunnitella niin, että niille ei aiheudu suurempia painumia tai haitallisia painumaeroja. Rakennusten maanvaraista perustamista suunniteltaessa tulee tehdä lisätutkimuksia, jotta varmistetaan maapohjan homogeenisyys ja kohtuulliset painumat ja rakenteiden painumaerot. Suunnitteluratkaisuissa painuman vaikutusta voidaan pienentää massiivisella pohjalaatalla tai reunavahvistelulla laatalla.

Yli kaksikerroksiset sekä kivirakenteiset raskaammat rakennukset tulee nyt tehtyjen pohjatutkimusten valossa perustaa paaluilla kovan pohjan varaan.

Massanvaihdon käyttäminen perustamistapana edellyttää tarkempia pohjavesitutkimuksia, jotta voidaan varmistaa pohjaveden taso rakennuspaikalla. Massanvaihtoa ei voida suositella perustamistavaksi pohjavesiolosuhteiden takia. Massanvaihto ei ole taloudellinen vaihtoehto paksummilla massanvaihdon kerroksilla.

Tiiviiden townhouse-alueiden rakennusten perustamistapa tulee olla yhtenäinen. Alueelle ei voi suositella maanalaisten tilojen rakentamista pohjavesiolosuhteiden perusteella.

Jatkosuunnittelussa rakennuspaikoille tulee laatia kohdekohtaisesti maaperän tutkimusohjelmat, joiden perusteella voidaan laatia kohteiden perustamistapalausunnot ja näiden perusteella tehtävät rakennusvaiheen pohjarakennussuunnitelmat.

5.2 Painumariskiarviointi

Perustettaessa rakennuksia paaluille painumariskiä ei ole. Rakennusten maanvaraisessa perustamisessa painumariski on olemassa. Alustavan painumalaskenta selvityksen mukaan suuremmilla kuormilla painumat olivat rakennusten kannalta merkittäviä. Maanvaraisille rakennuksille sallitut painumat ja painumaerot riippuvat rakennustyypistä ja ne tulee tutkia tapauskohtaisesti.

Rakennettavuusselvityksessä tehtyjen painumatarkastelujen tulokset on esitetty liitteessä 5.

5.3 Kaivannot

Putkijohtojen kaivannot voidaan tehdä pääosin luiskattuina kaivantoina. Yli 2 metriä syvemmille kaivannoille tulee tehdä erillinen kaivantosuunnitelma, josta ilmene mahdolliset kaivannon tuennat tai kaivannon luiskan kaltevuudet. Matalammat kaivannot voidaan toteuttaa luiskaamalla. Kaivettavia massoja ei saa läjittää kaivannon reunalle tai sen välittömään läheisyyteen. Kaivantojen suunnittelussa tulee huomioida erityisesti pohjaveden hallinta, niin että pohjavesi ei pääse purkautumaan kaivantoon.

5.4 Kuivatus ja kuivana pito

Katu sekä piha-alueiden kuivatus on toteutettavissa painovoimaisella hulevesiviemäröinnillä. Tonteilta vedet johdetaan hulevesiviemäriin esimerkiksi salaojituksen sekä pinnantasauksen avulla. Pumppaamon tarve alueen kuivatuksen kannalta on mahdollinen, sillä alue on pinnanmuodoiltaan melko tasainen ja tämän lisäksi hyvin laaja ja näin ollen putkilinjoihin vaadittavat maksimi kaltevuudet eivät välttämättä täyty. Alueen kuivatusta suunniteltaessa tulee välttää savikerroksen puhkaisemista.

Katualueiden hulevesiviemäröinti johdetaan huleveden imeyttämisen kautta Pyhäjärveen.

Tilanteessa, jossa hulevesiviemärin kapasiteetti ei riitä, vedet virtaavat katuja pitkin Pyhäjärveen. Alueen kadut on mahdollista suunnitella niin että kadut toimivat tulvareitteinä.

5.5 Piha- ja liikennealueet

Piha – ja liikennealueet voidaan perustaa maanvaraisena. Alueen esirakentaminen suositellaan tehtäväksi laajemmalta alueelta yhdellä kertaa, jolloin jatkorakentaminen yksittäisillä tonteilla helpottuu. Esirakentamisena tulee tehtäväksi humusmaan poisto ja liikennealueiden alustavat täytöt sorasta. Istutusalueiden osalta täytöt on mahdollista tehdä alueilta kaivettavista humusmaista.

Painumien minimoimiseksi lopullisen pinnan tasauksen suunnittelussa ja esirakentamisessa tulee välttää paksujen täyttöjen tekemistä.

5.6 Kadut ja kunnallistekniikka

Kadut ja kunnallistekniikka voidaan alustavan tarkastelun mukaan perustaa maanvaraisena.

Katujen ja kunnallistekniikan perustamissuunnittelussa tulee huomioida riskiksi todetut epätasaiset painumat. Epätasaisia painumia voidaan hallita siirtymäkiilarakenteilla sekä tasauksen suunnittelulla.

Katujen rakennekerrospaksuudet mitoitetaan InfraRYL:in mukaisesti pohjamaan kantavuusluokkien mukaisesti, joka sitkeällä savella on F. Tällöin rakennekerrospaksuudet katuluokilla 06 – 04 ovat 0,89 … 1,04 m.

Tierakenteen routamitoituksessa mitoittava routasyvyys S on 1,6.

Vältettäessä savikerroksen puhkaisemista katu ja kunnallistekniikkaa rakennettaessa saattaa ilmetä ongelmia kohdissa, missä savikerros on ohuimmillaan (n. 2m). Kunnallistekniikan kannalta on huomioitava putkien vaadittavat täyttösyvyydet routasuojauksen sekä muiden tekijöiden kannalta. Jos routasuojauksen kannalta vaaditut täyttösyvyydet eivät täyty, on routasuojaus toteutettava muilla tavoilla esimerkiksi routasuojalevyillä.

Alueilla, joissa talot rakennetaan kiinni katualueeseen, tulee huomioida talojen routasuojaus, siten että kaduille ei synny poikkisuuntaisia routavaurioita tai epätasaista routanousua. Nämä on hallittavissa kadun rakennekerroksia paksuntamalla, siirtymäkiiloilla tai routaeristyksenä.

Putkijohtojen sijoittelussa tulee huomioida rakennusten sijoittuminen katualueen rajaan niin, että putkijohdot ovat kaivettavissa auki myöhemmin ilman että rakennusten routasuojauksia joudutaan rikkomaan tai putkijohtojen aukikaivaminen edellyttäisi rakennusten perustusten tukemista tai vahvistamista.

5.7 Urheilurakentaminen

Alue sopii hyvin urheilurakentamiseen. Urheilukenttien maanvaraisista rakenteista ei aiheudu painumien kannalta merkittäviä kuormia. Alue, etenkin itäinen puolisko, on myös pinnanmuodoiltaan melko tasaista, joten suuria leikkauksia tai täyttöjä ei urheilurakentamisen yhteydessä tule. Tällöin vaikutukset alueen stabiliteettiin ovat myös vähäiset.

5.8 Routasuojaus

Alueen maaperä on rakeisuuskäyrien mukaan routivaa. Kaikki roudattoman syvyyden yläpuolelle perustettavat rakenteet tulee suojata routanousun aiheuttamilta vaikutuksilta. Roudaton perustamissyvyys alueella on noin 2,1m RIL 261-2013 ohjeen mukaan. Rakennusten perustukset tulee routasuojata, mikäli niitä uloteta roudattoman syvyyden alle.

5.9 Radontorjunta

Tämän rakennettavuusselvityksen yhteydessä alueelta ei ole tehty radonmittauksia. Säteilyturvakeskuksen alueella suorittamat yleiset radontutkimukset eivät selkeästi osoita, että radonpitoisuus alittaisi ohjearvon 200 Bq/m3. Tällöin radon on huomioitava rakennusten suunnittelussa. Rakennusten radonpitoisuuteen voidaan vaikuttaa alapohjarakenteiden ja perustustavan valinnalla. Maanvaraisten laattojen alle tulee asentaa radonputkistot, joiden poistoputket voidaan tarvittaessa alipaineistaa. Radonsuojausta tulee käyttää, ellei kohteisiin tehdä tarkempia radontutkimuksia.

6 Perustamisen kustannusarvio

Rakennuksen perustamisen kustannukset muodostuvat työstä ja materiaaleista. Paalutetuissa perustuksissa kustannukset ovat hieman korkeammat kuin maanvaraisissa perustuksissa. Lisäkustannuksia muodostuu paalutustyöstä ja paalumateriaaleista.

Esimerkkinä noin 8x13m ulkomitoiltaan oleva rakennuksen, joka perustetaan maanvaraisesti 600x200mm betonianturan varaan, perustustyöhön ja materiaaliin liittyvät kustannukset ovat noin 10 000 euron luokkaa. Kustannukset muodostuvat anturan sekä sokkelin materiaalista ja näiden työkustannuksista. Paalutetuissa perustuksissa varsinaisen perustuksen hinta on lähes sama, mutta tämän lisäksi tulee paalutuksesta aiheutuvat kustannukset. Maanvaraiset anturat korvataan tässä tapauksessa paaluilla. Paalutuksen jälkeen paalujen varaan valetaan anturasokkeli, jonka työhön ja materiaaliin liittyvät kustannukset ovat lähes samat kuin maanvaraisen perustuksen anturan ja sokkelin kustannukset. Eli noin 10 000 euron luokkaa. Paalutuksen kustannukset riippuvat suuresti paalupituudesta. Loukonlahdessa arvioitu paalupituus on 9 – 14 metrin luokkaa. Käytettäessä 115x6,3mm sekä 90x6,3mm teräspaaluja tämä tarkoittaa arviolta noin 7000 – 10 000 euron paalutuksesta aiheutuvaa lisäystä samankokoisen rakennuksen perustuksen kustannuksiin. (Tikka 2020)

Rakennustutkimus RTS Oy:n tutkimuksen mukaan keskiarvoisen suomalaisen uuden omakotitalon nettoneliöhinta on noin 2053 euroa. Tällöin esimerkkinä rakennuksen nettoalan vaihdellessa 100 ja 160 neliömetrin välillä vaihtelevat kokonaiskustannukset noin 200 000 ja 330 000 euron välillä. Tällöin paalutuksesta aiheutuvat lisäkustannukset yllä olevan esimerkin mukaisen rakennuksen kokonaishinnasta on noin 2 – 5%. Hinnassa ei ole mukana tontin hintaa. (Omakotitalon rakentamiskustannukset 2019)

7 Johtopäätökset

Selvityksen mukaan kevyemmät rakenteet, kuten kadut ja urheilurakenteet voidaan perustaa maanvaraisesti savikolle. Rakennukset voidaan perustaa paalujen varaan.

Paaluperustuksien ja kaivantojen suunnittelussa ja rakentamisessa tulee huomioida paineellisen pohjaveden vaikutus. Alueella tulee välttää savikerroksen puhkaisemista, jottei paineellinen pohjavesi purkaudu. Mikäli savikko joudutaan puhkaisemaan, tulee varautua pohjaveden eristämiseen tai vuotokohtien reikien tukkimiseen.

Rakennusten maanvarainen perustaminen savikolle on tämän hetken tiedon perusteella painumien kannalta riski. Rakennusten maanvaraista perustamista suunniteltaessa tulee tehdä tarkempia tutkimuksia, sekä laskelmia. Näin voidaan varmistaa ratkaisut, joilla painumat pysyvät kohtuullisina ja sallituissa rajoissa.

8 Jatkotoimenpiteet

Jatkotoimenpiteenä esitämme savikon painumaominaisuuksien selvittämistä painopenkereen avulla. Painopenger esitetään rakennettavaksi paksuimman savikon kohdalle, jolloin tulosten perustella voidaan antaa turvallisella puolella olevia rakentamissuosituksia. Painopenkereeseen asennetaan painumalevyt, joiden avulla seurataan painuman nopeutta ja suuruutta. Painopenkereet voidaan toteuttaa useammalla pengerkorkeudella, jolloin tuloksista saadaan selville kuorman ja painuman yhteys. Painumalaskennan tulosten avulla saadaan takaisinlaskennan avulla arvioitua tarkemmin saven painumaparametrejä.

Koepenkereiden avulla voidaan antaa tarkempi suositus rakennusten, katujen ja kunnallistekniikan maanvaraisista perustamistavoista.

9 Lähteet

- Tikka, T. 2020. Paalutuksen aiheuttamat lisäkustannukset omakotitalojen perustamisessa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere. 45 s.
- Omakotitalon rakentamiskustannukset 2019 [verkkoaineisto]. [viitattu 31.8.2020]. Saatavissa: http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/rakentajalle/keskimaarainen-omakotitalo/kustannukset/

10 Liitteet

Liite 1 Pohjatutkimuskartta

Liite 2 Pohjatutkimusleikkaukset L1- L21

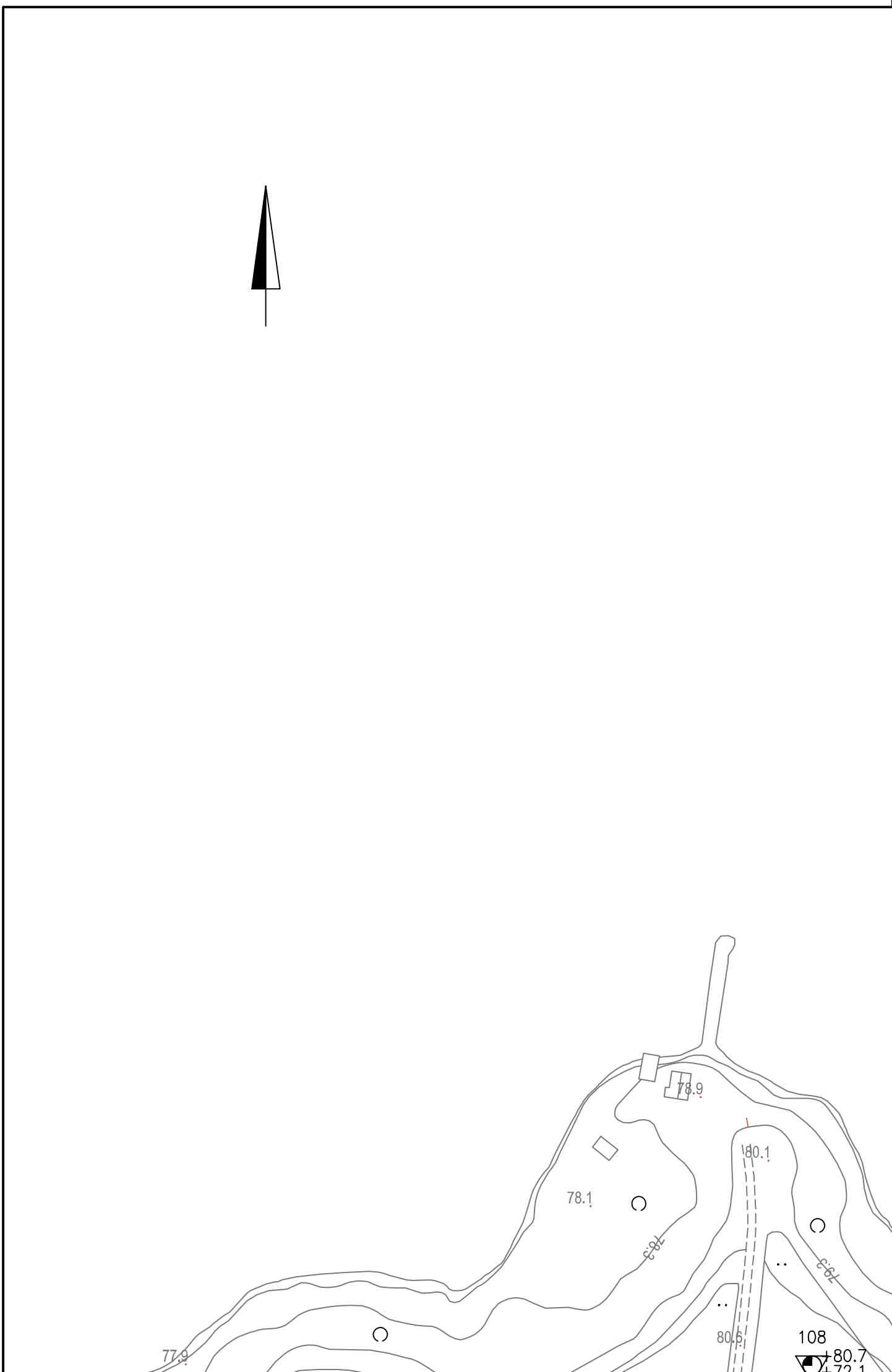
Liite 3 Maatutkausraportti, GeoBlast Oy, 3.6.2020

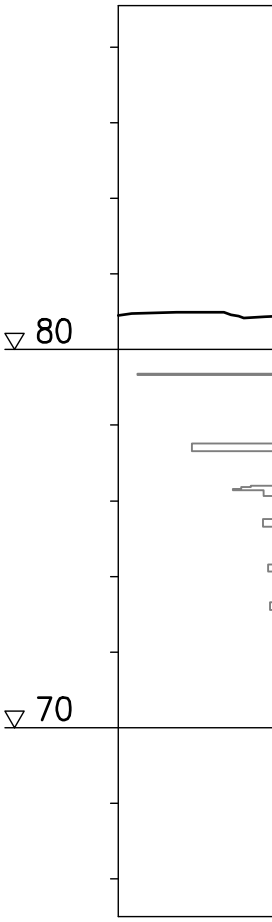
Liite 4 Painumalaskennat vesipitoisuuksilla, kuorma 20 kPa

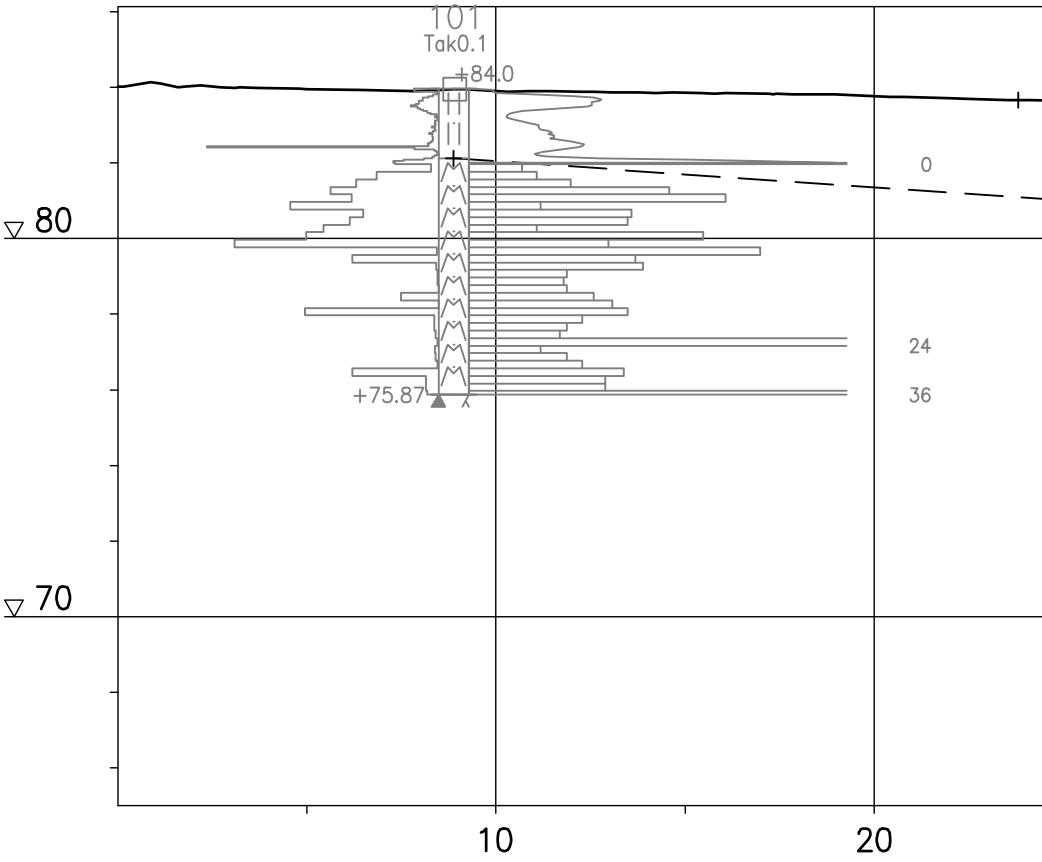
Liite 5 Geotekniset laskelmat (painumalaskelmat)

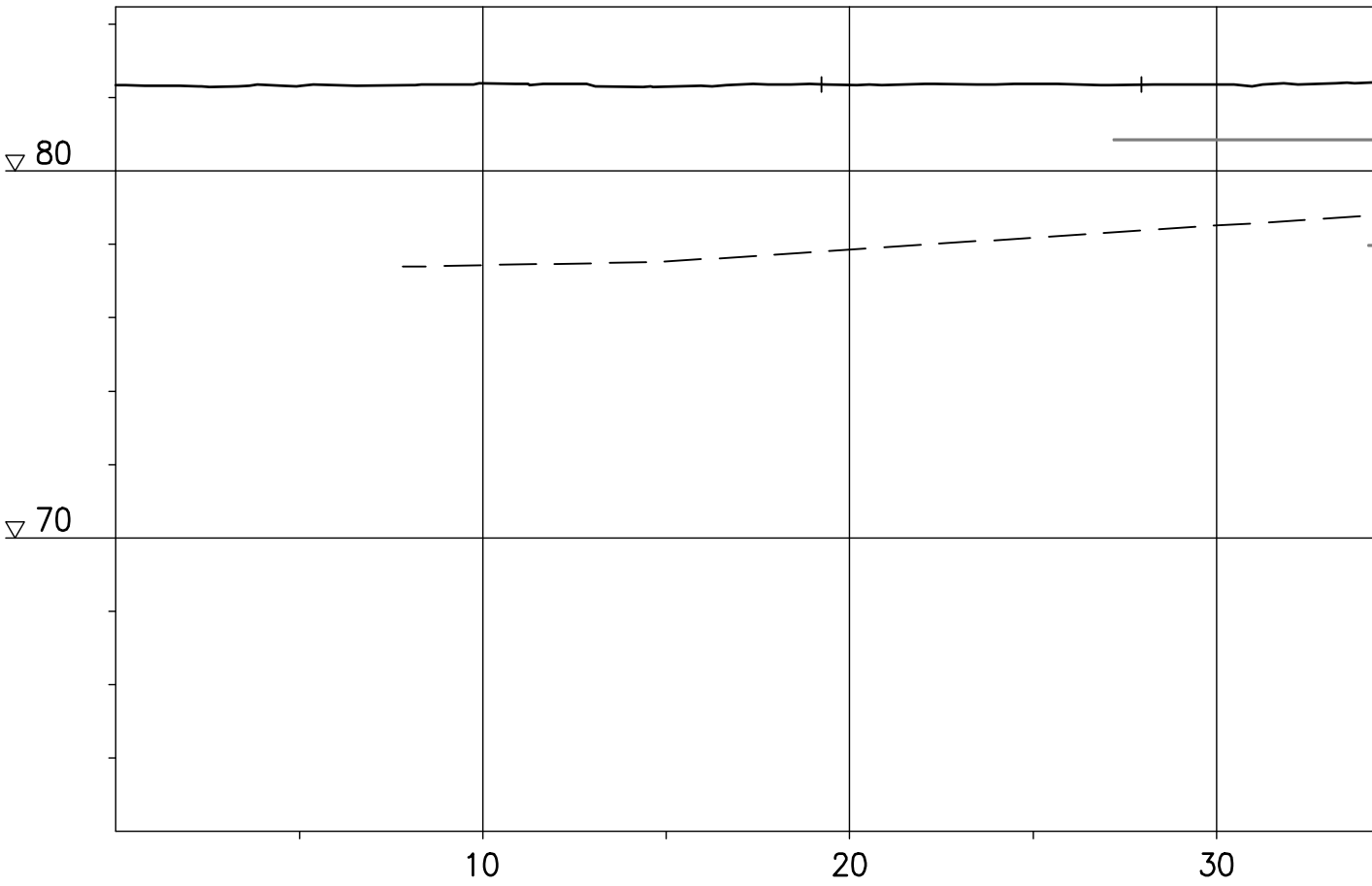
Muu suunnitteluaineisto:

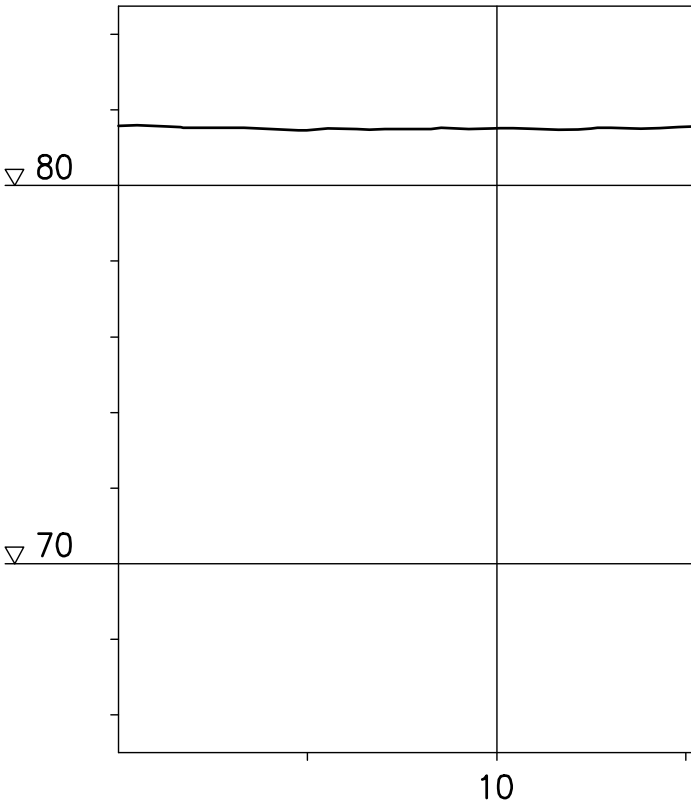
- Pohjatutkimukset Infra-formaatissa
- Laboratoriotulokset
- Kallio- ja maaperämallit

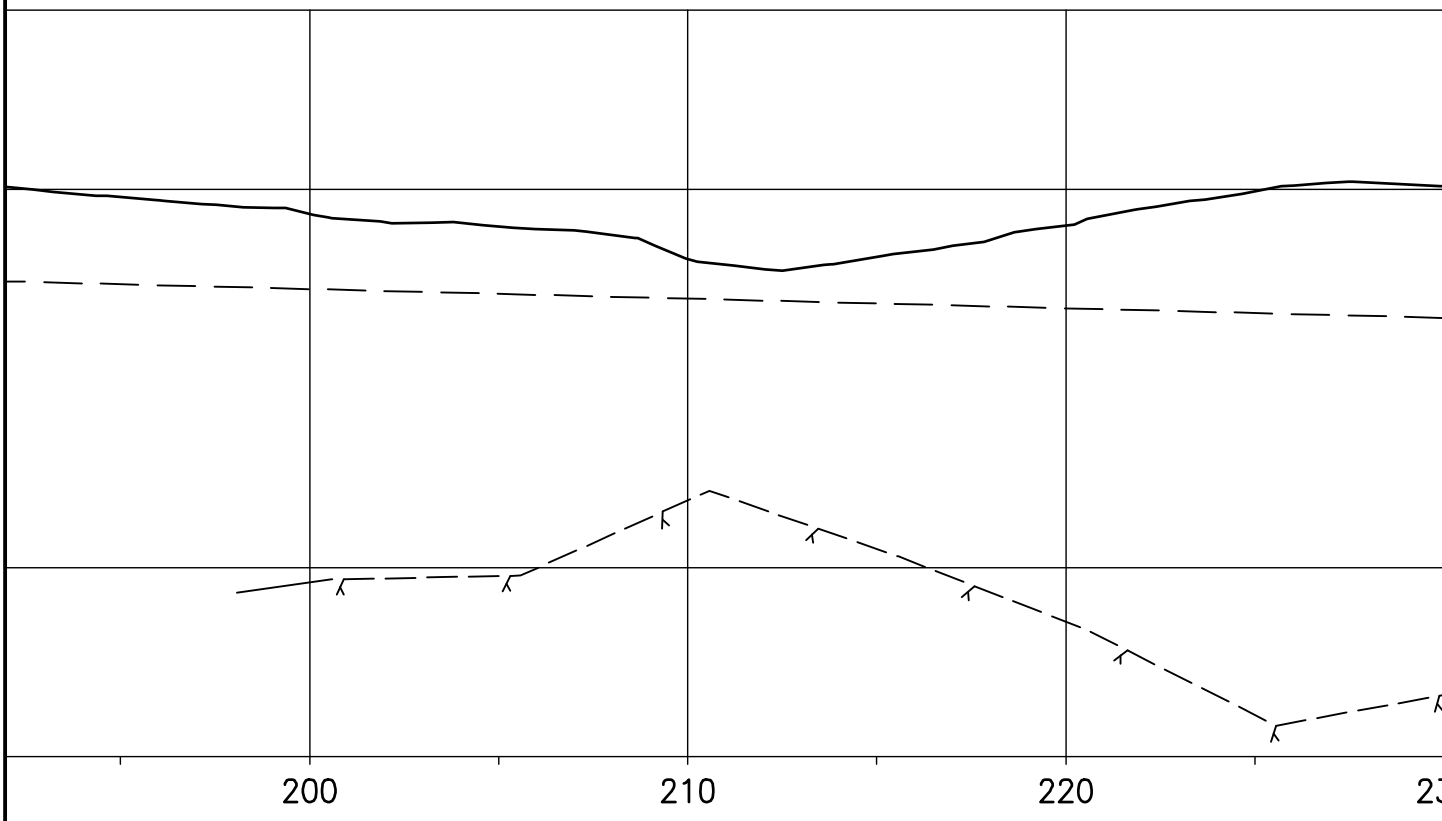

78.9
80.1
78.1
78.3
79.3
80.6
108
80.7
77.9

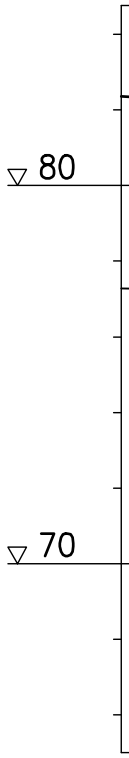

80
70

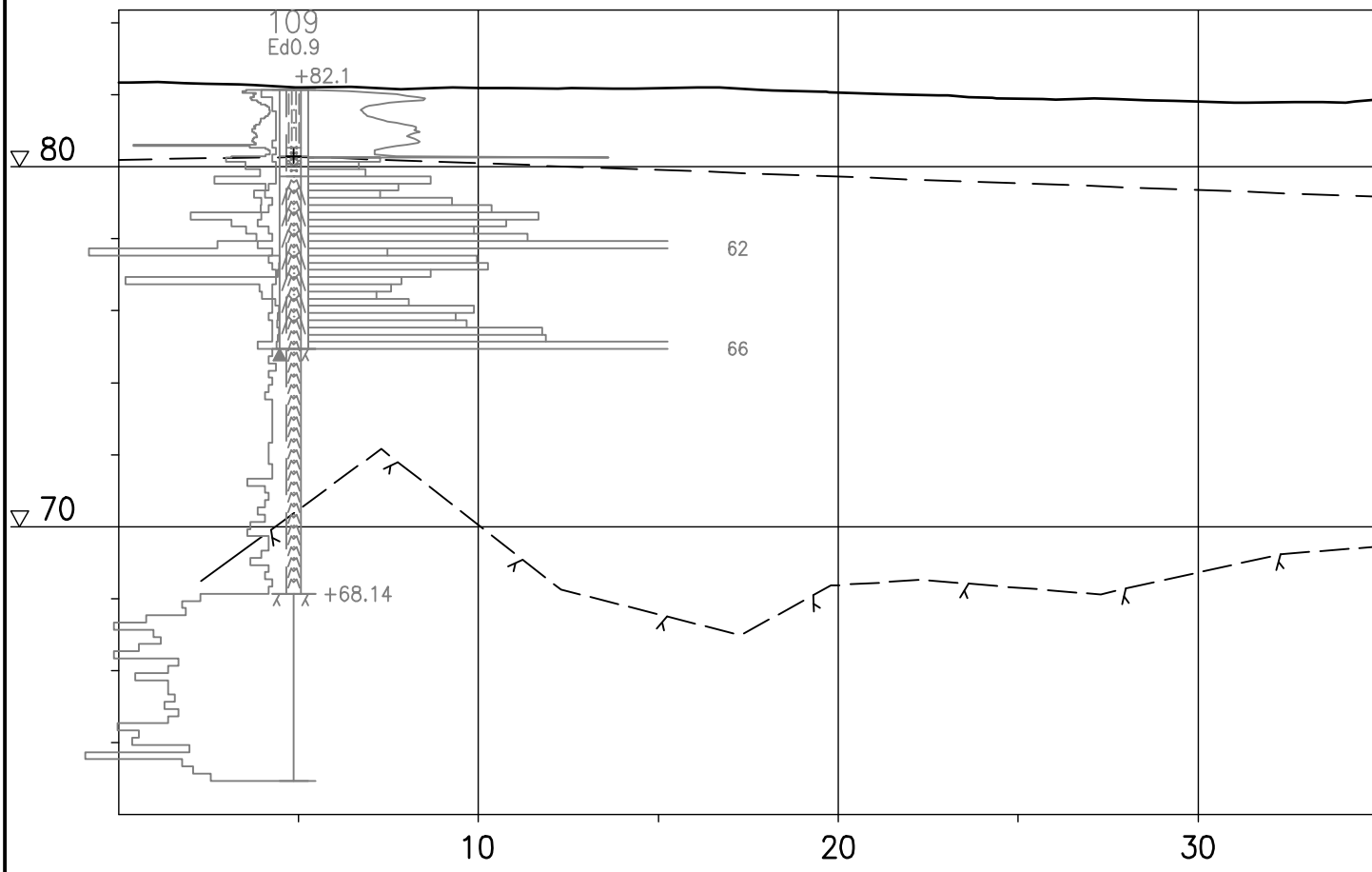

101
Tak0.1
+84.0
0
24
36
+75.87
80
70
10
20

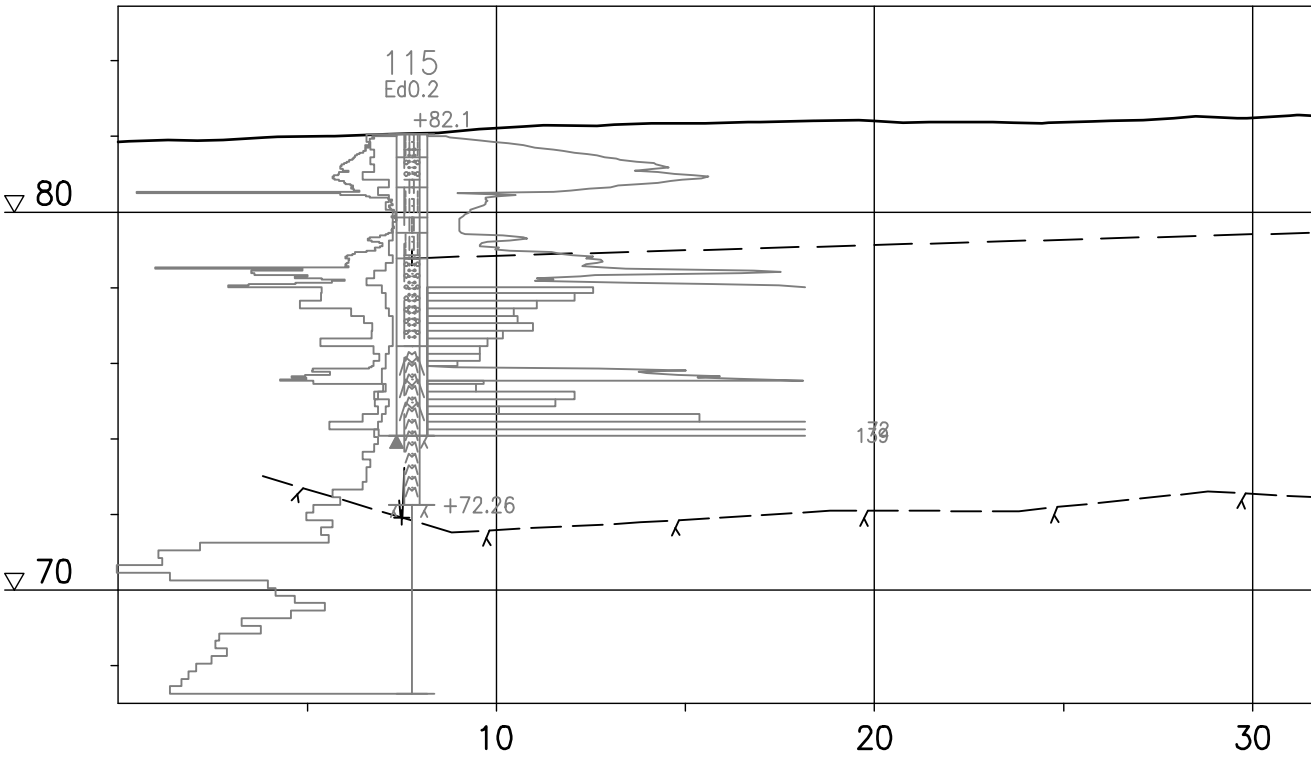

80
70
10
20
30

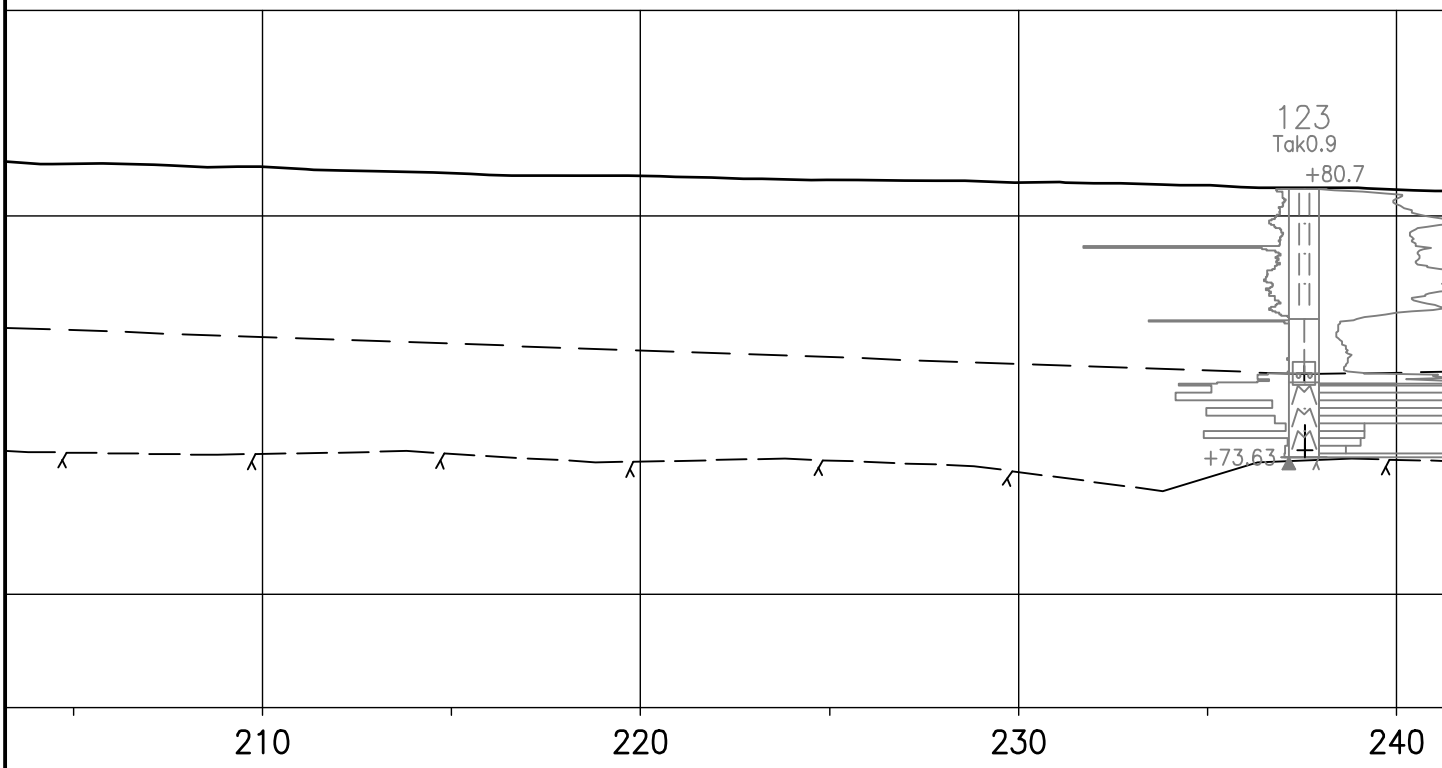

80
70
10

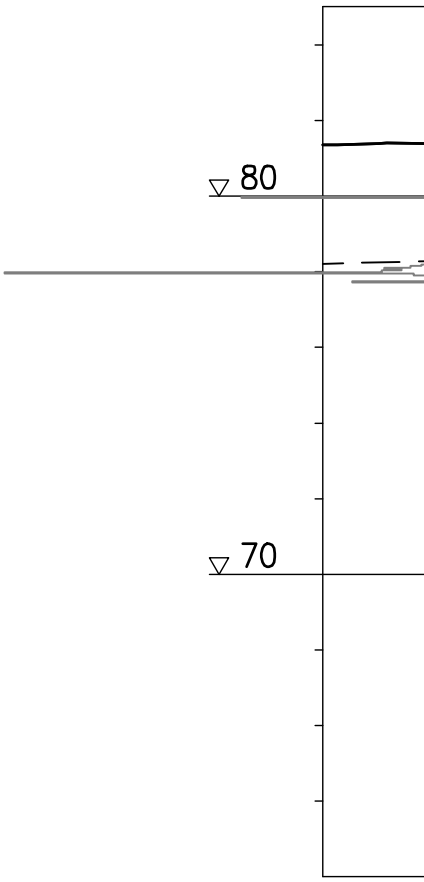

200
210
220

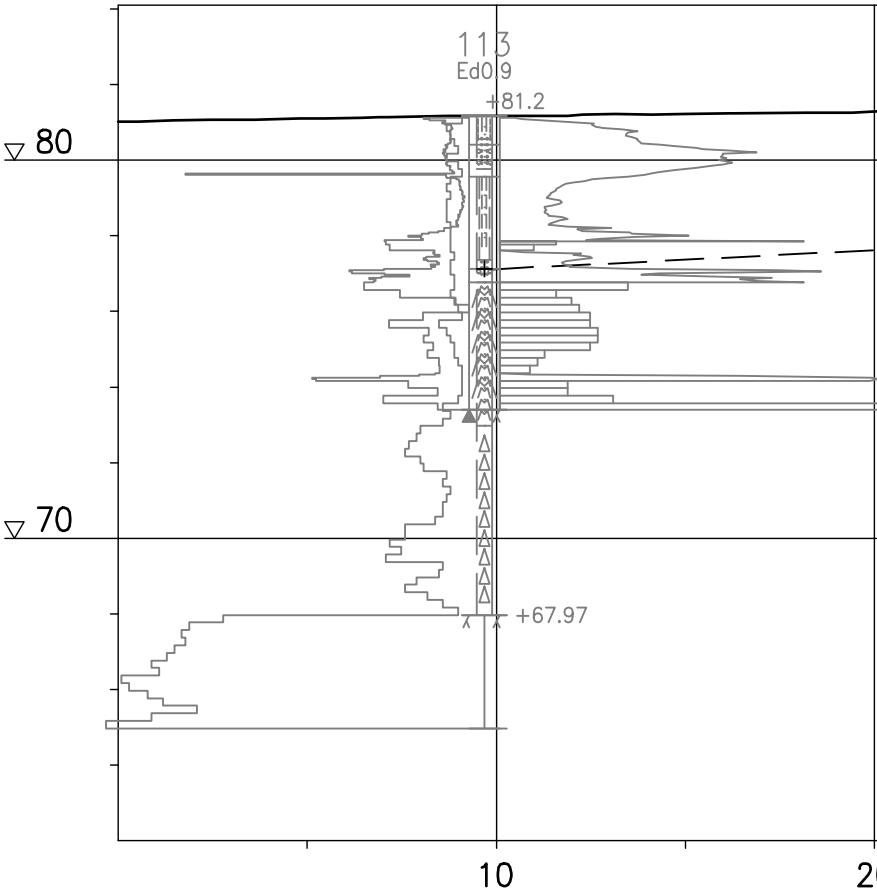

80
70

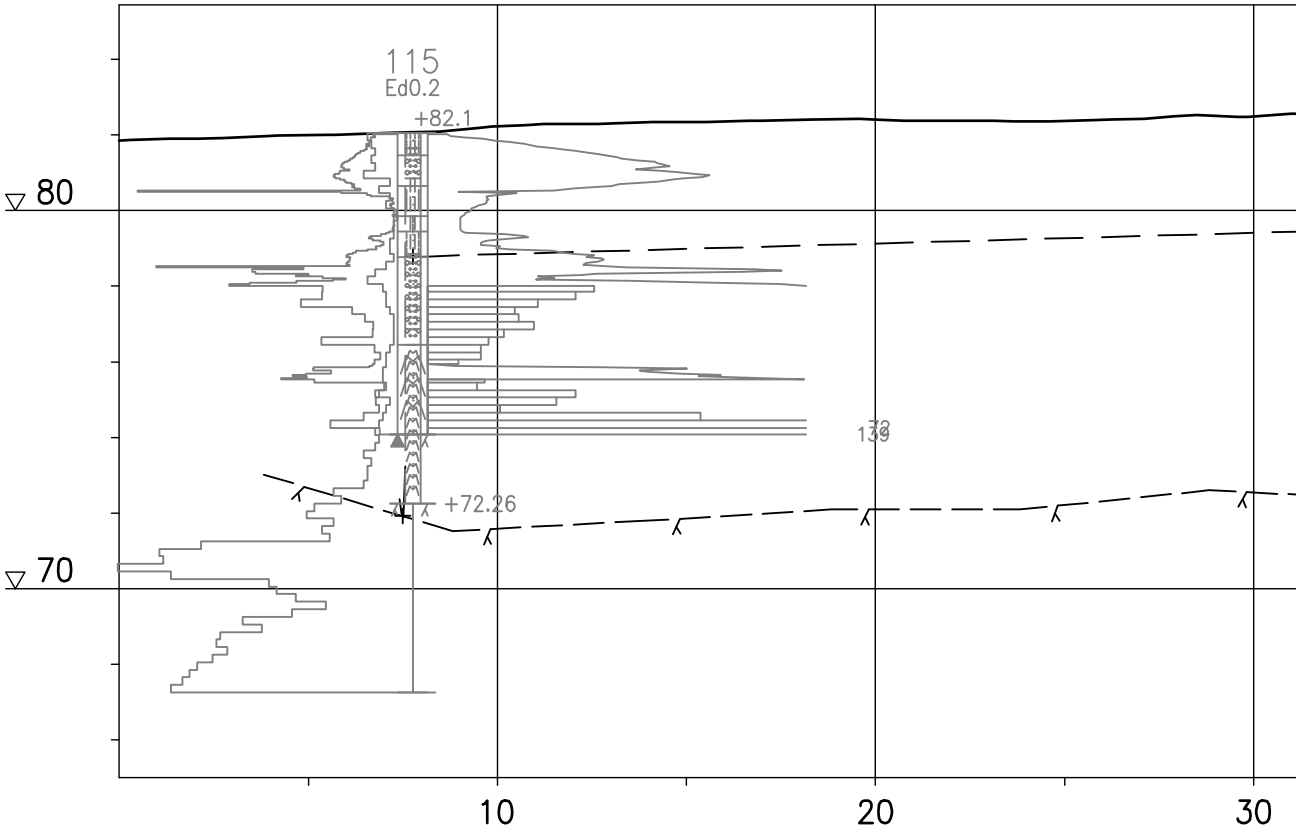

109
Ed0.9
+82.1
80
62
66
70
+68.14
10
20
30

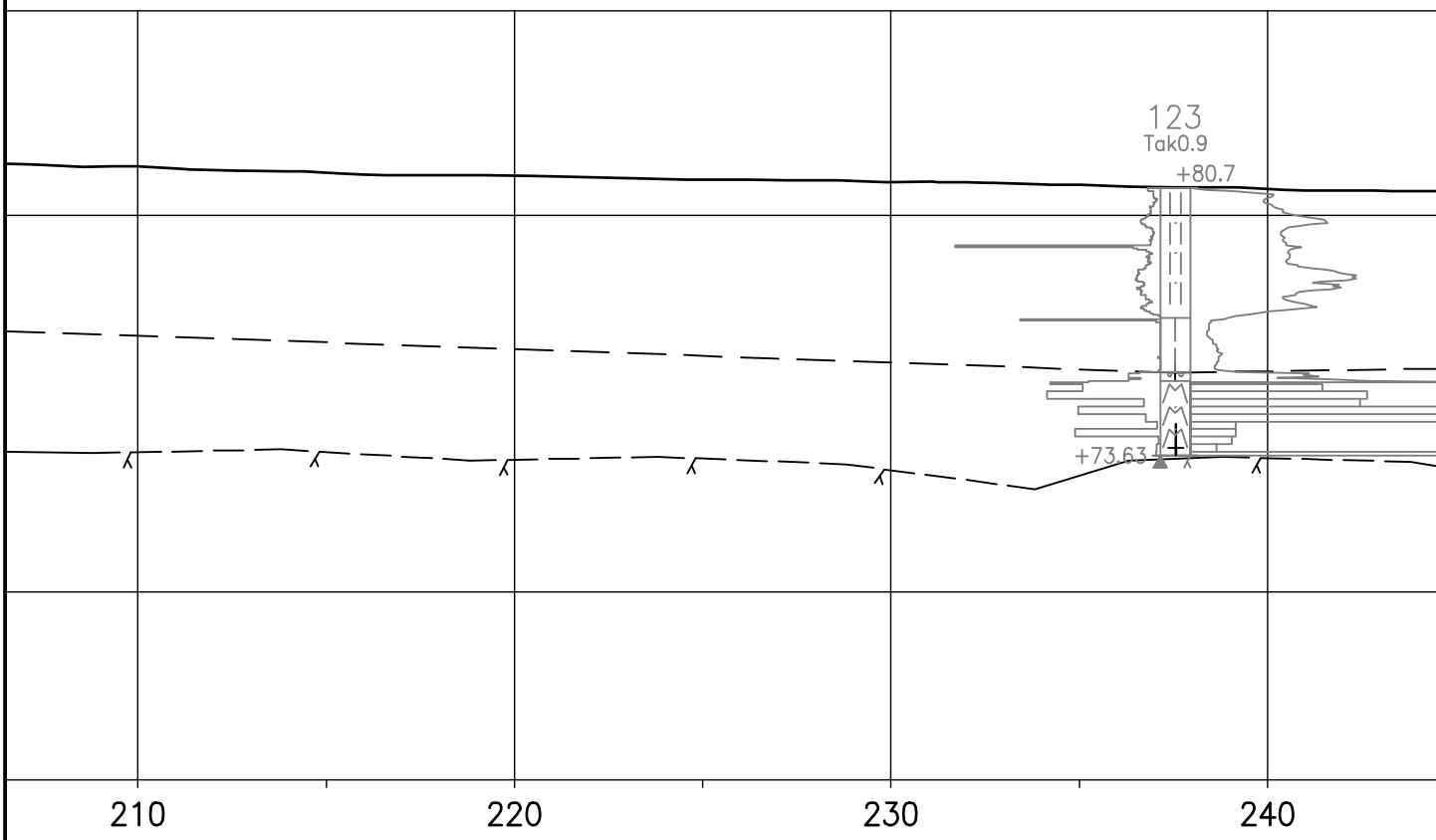

115
Ed0.2
+82.1
80
70
+72.26
10
20
30

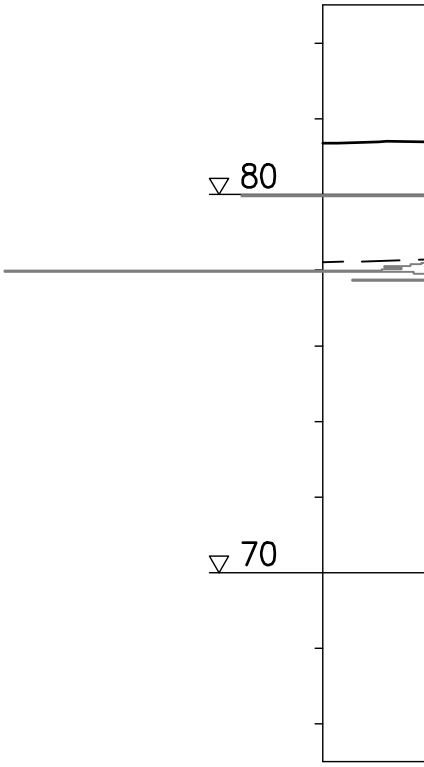

123
Tak0.9
+80.7
+73.63
210
220
230
240

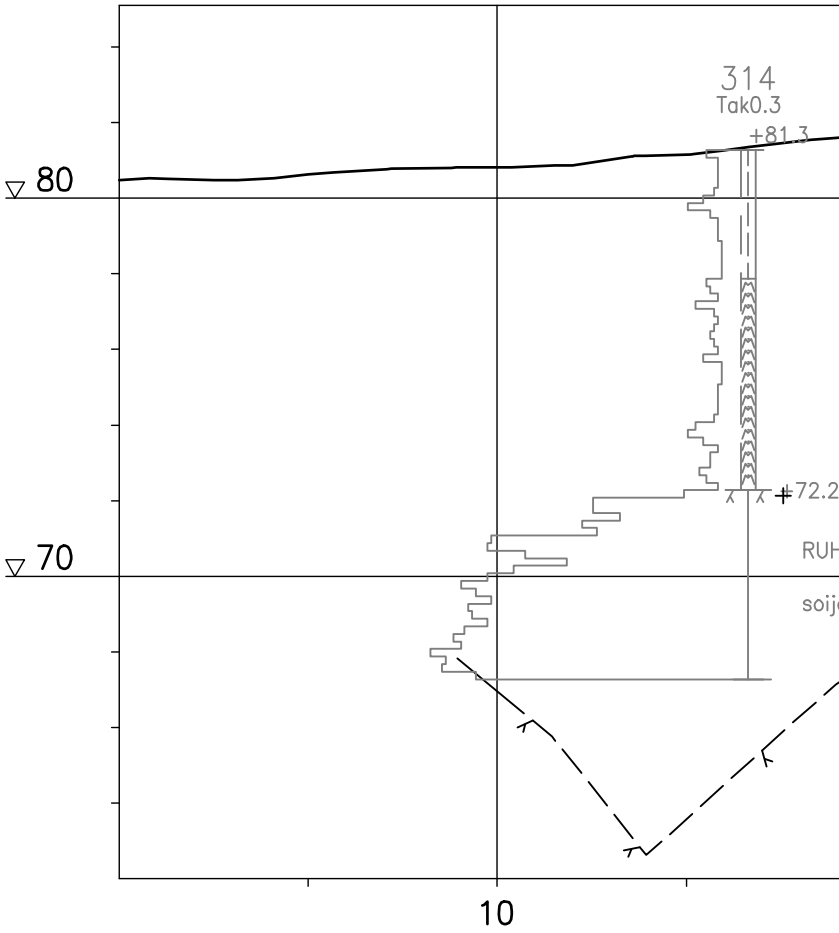

80
70

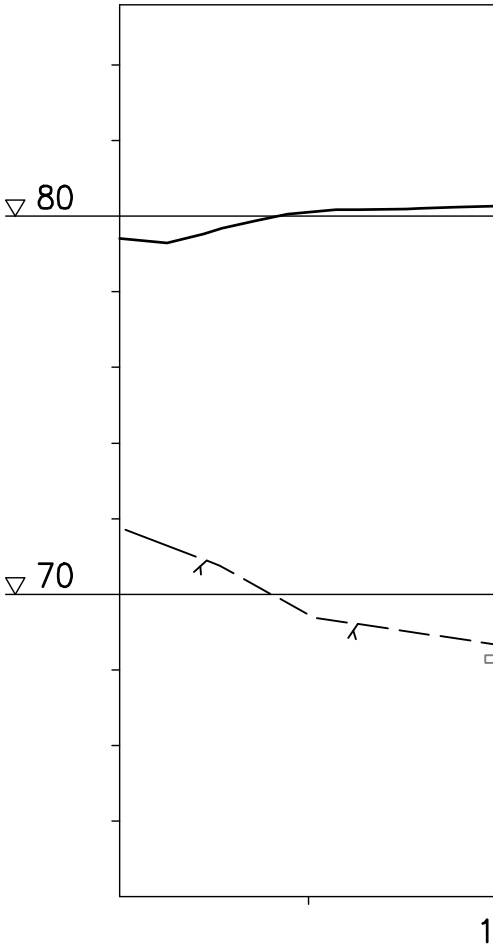

113
Ed0.9
+81.2
80
70
+67.97
10

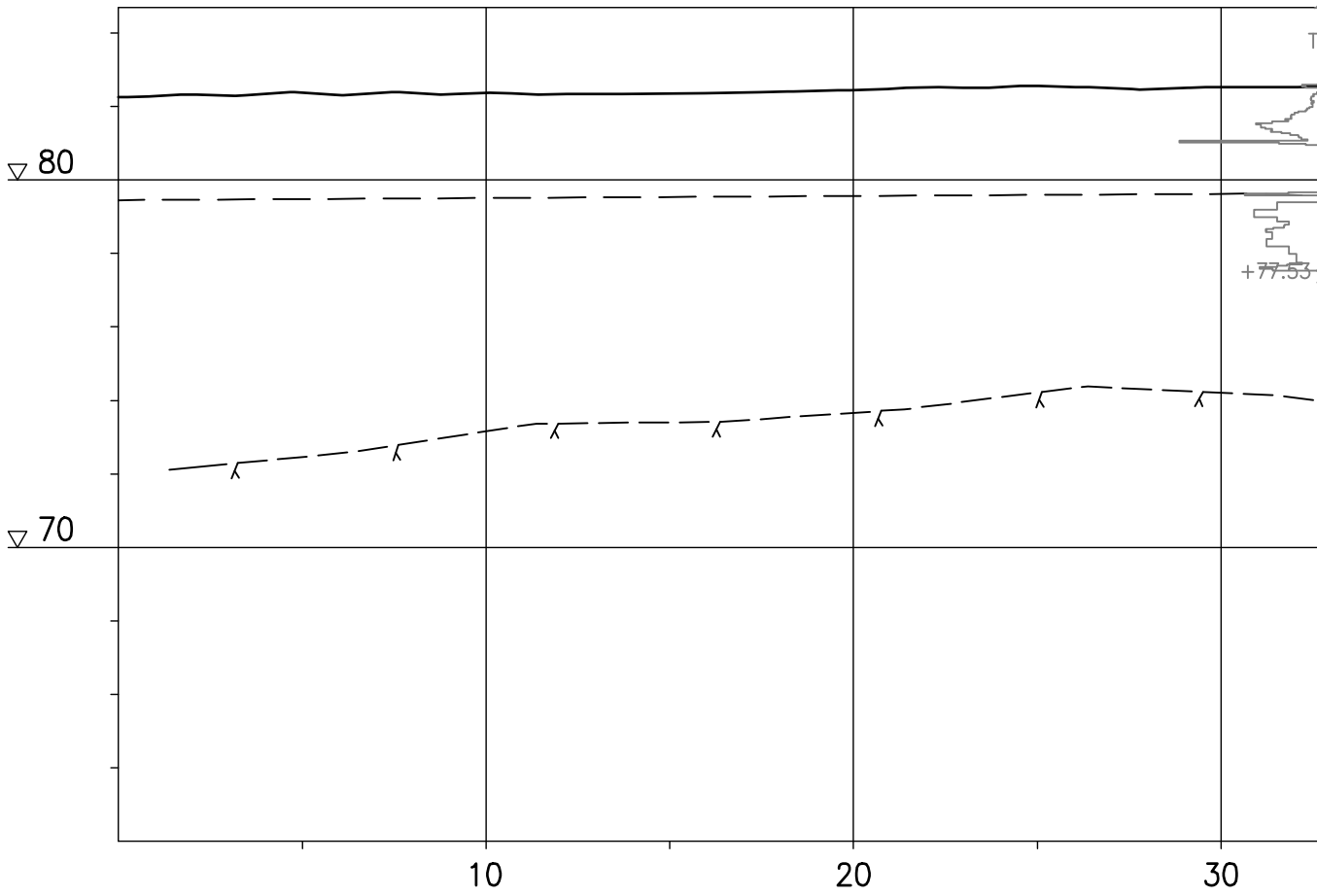

115
Ed0.2
+82.1
80
70
+72.26
10
20
30

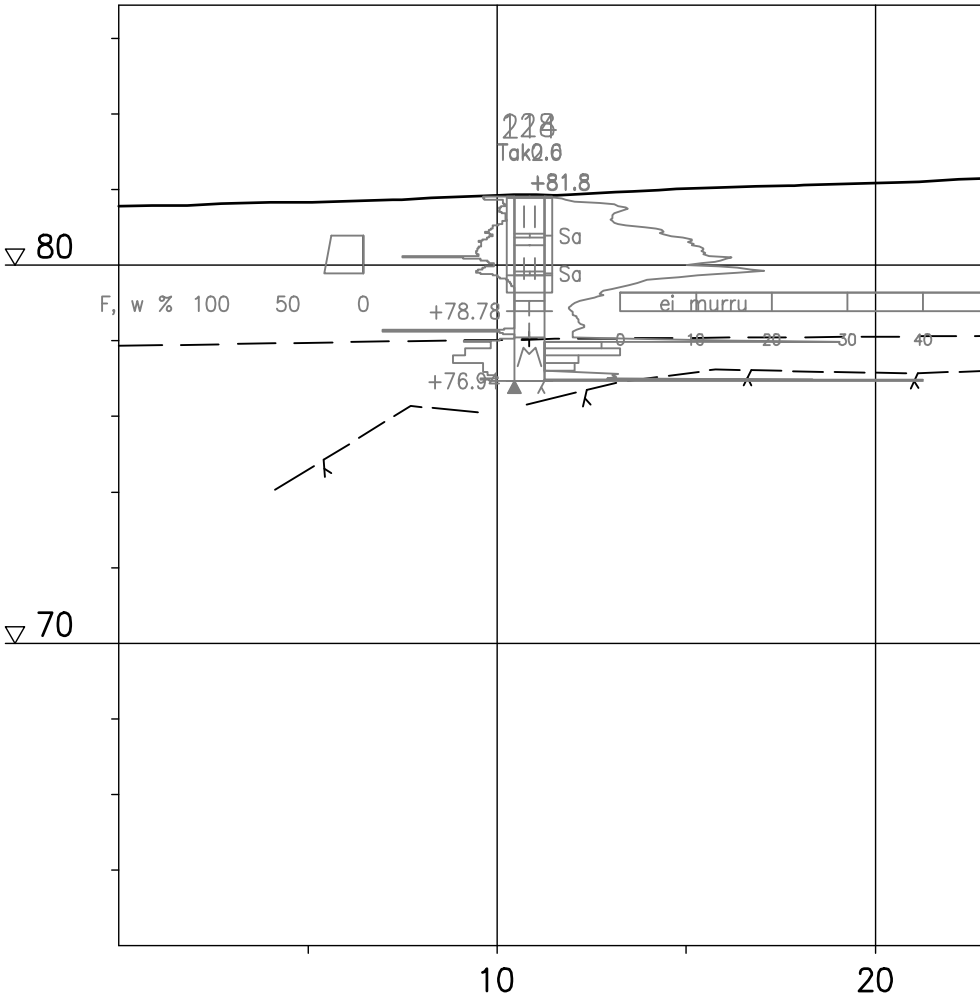

123
Tak0.9
+80.7
+73.63
210
220
230
240

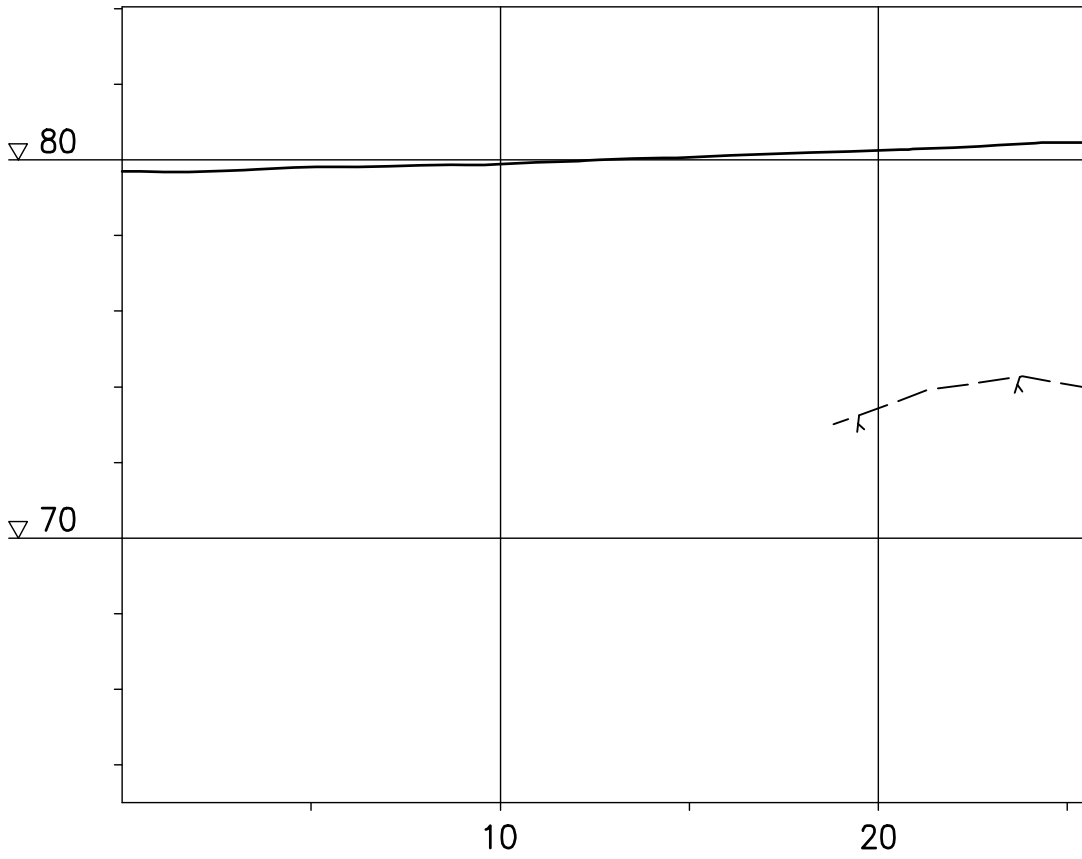

80
70

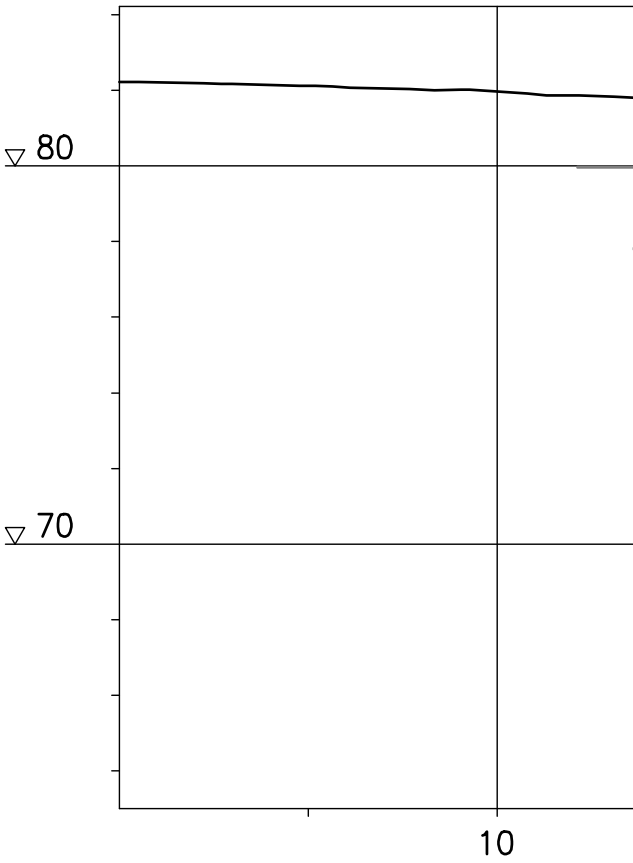

314
Tak0.3
+81.3
80
+72.2
RUH
70
soij
10

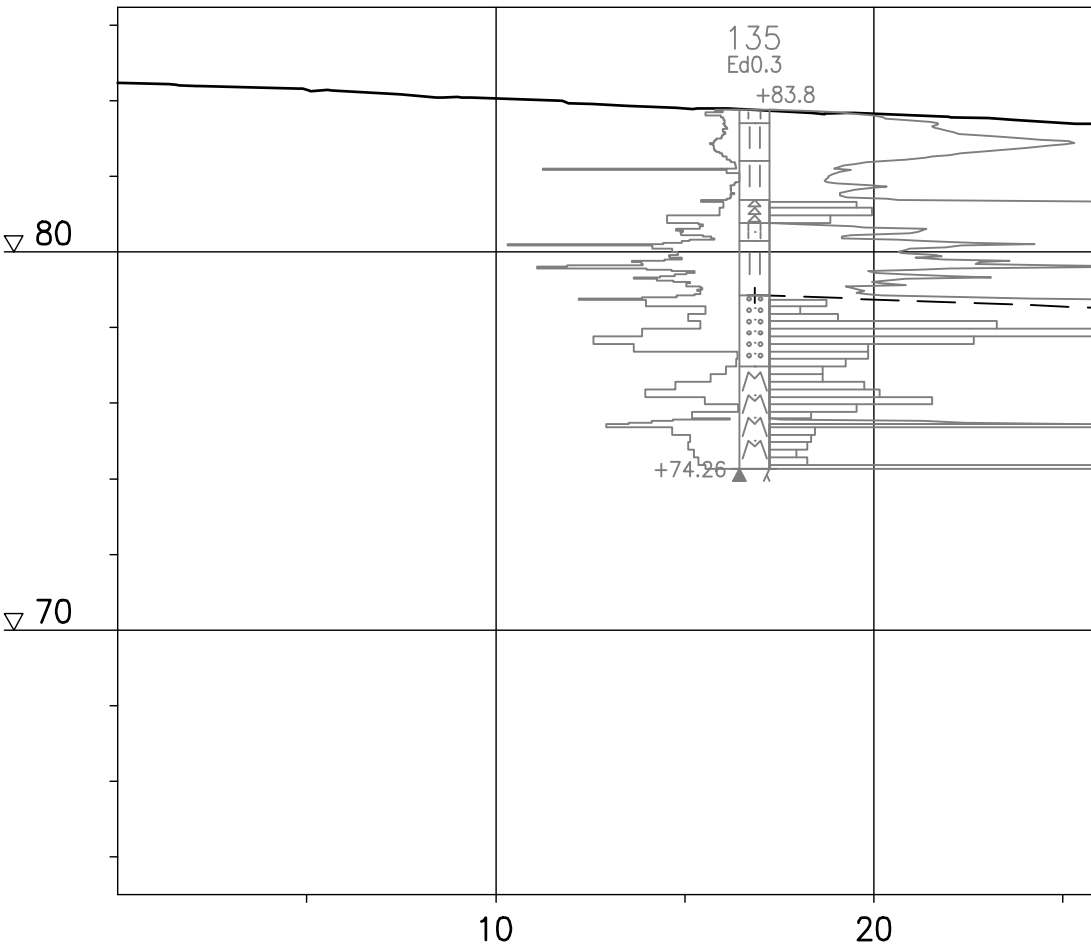

80
70
1

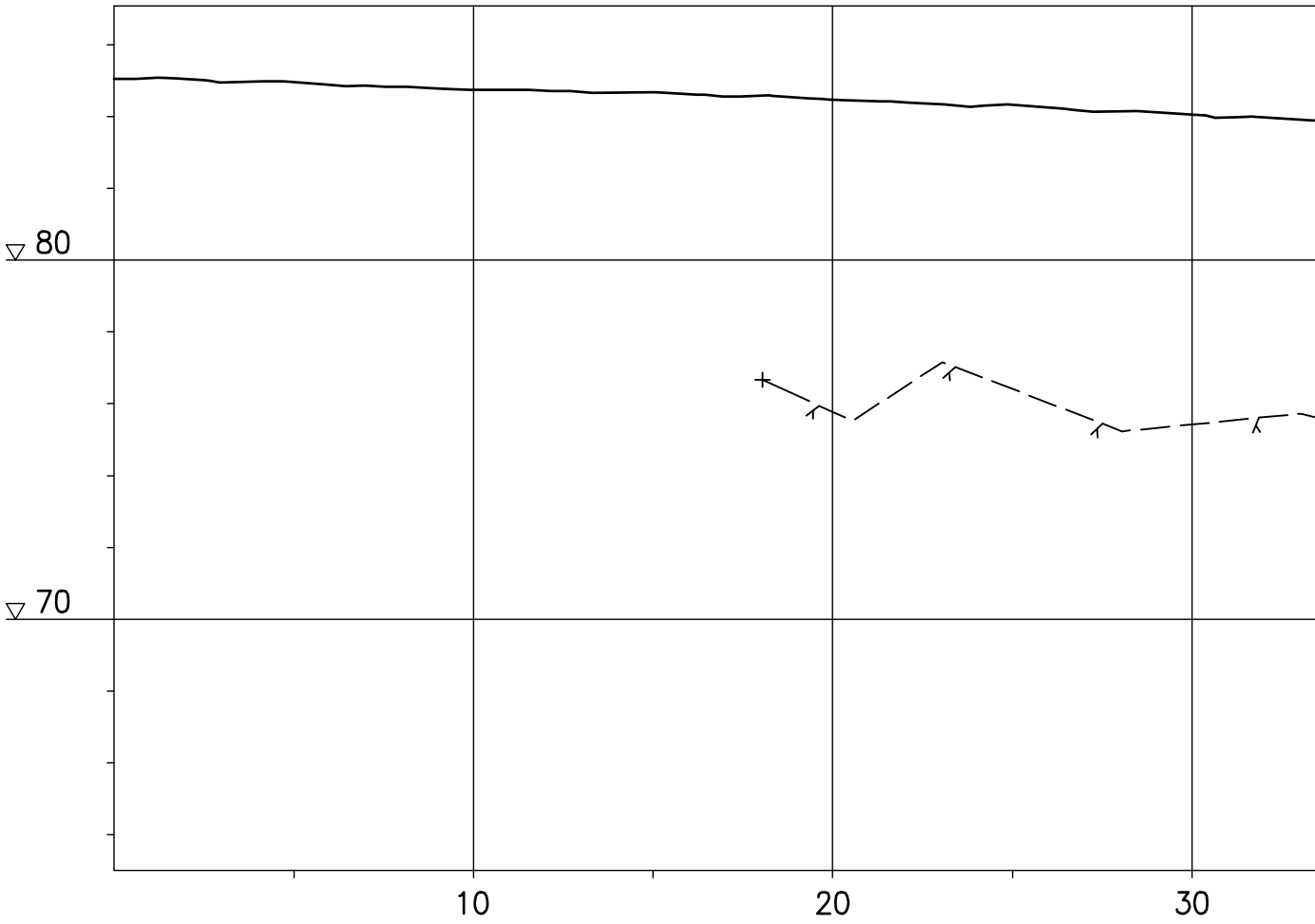

80
70
+77.53
10
20
30

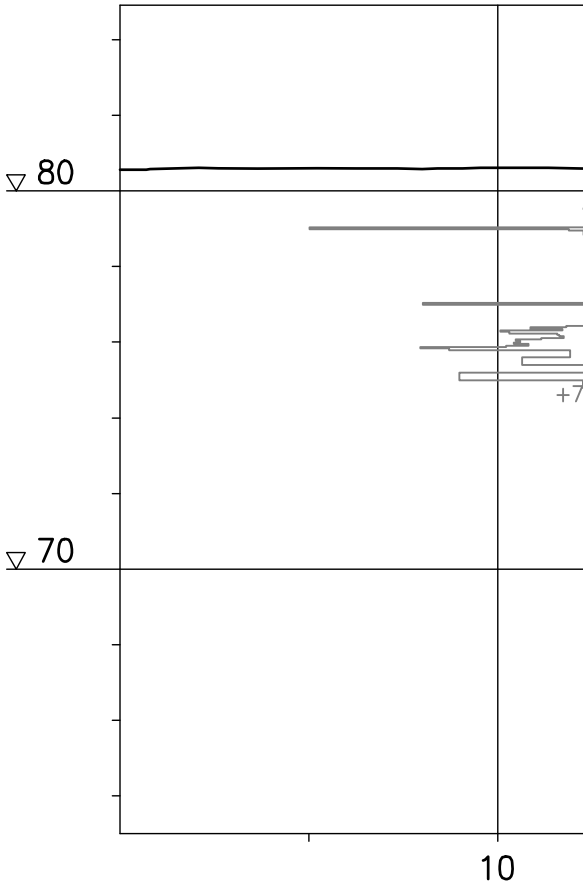

228
228
Tak2.6
+81.8
Sa
Sa
80
F, w % 100 50 0
+78.78
ei murru
0 10 20 30 40
+76.94
70
10
20

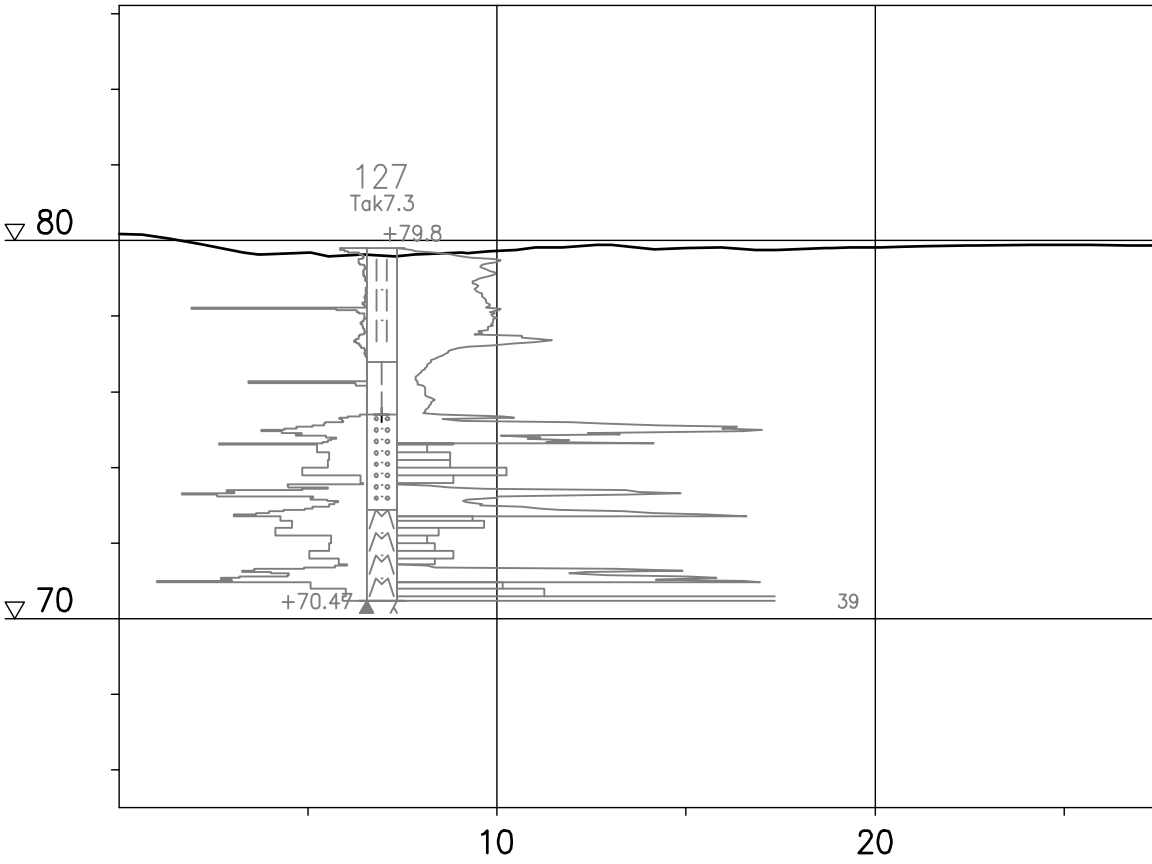

80
70
10
20


80
70
10


135
Ed0.3
+83.8
80
+74.26
70
10
20


80
70
10
20
30


80
70
10


127
Tak7.3
+79.8
80
70
+70.47
39
10
20

GeoBlast

Exploration and Engineering Geophysics

Loppuraportti Pirkkalan Loukonlahden geofysikaalisista tutkimuksista

Tero Hokkanen 3.6.2020

GeoBlast
Exploration and Engineering Geophysics

1. Johdanto

Seismiset luotaukset Pirkkalan loukonlahdella tehtiin 1. – 8. huhtikuuta ja GPS-paikannukset 15. huhtikuuta 2020. Tutkimusalueella luodattiin kuvan 1 mukaiset 19 seismistä linjaa. Alue oli suhteellisen tasaista maanpinnan topografian vaihdellessa noin +79 ja +87 metrin välillä merenpinnan tasosta. Alkuperäisestä seismisten linjojen sijoittelusta jouduttiin hiukan poikkeamaan tuonnempana esiin käyvistä syistä. Seismisen tulkinnan tueksi Taratest Oy porasi erityyppisiä reikiä tutkimusten eri vaiheissa. Linjojen paikannus ja topografia mitattiin GeoBlastin toimesta RTK-GPS-tarkkuudella.

Kuva 1: Seismisten luotausten toteuma (kuvassa ei RTK-tarkkuutta)

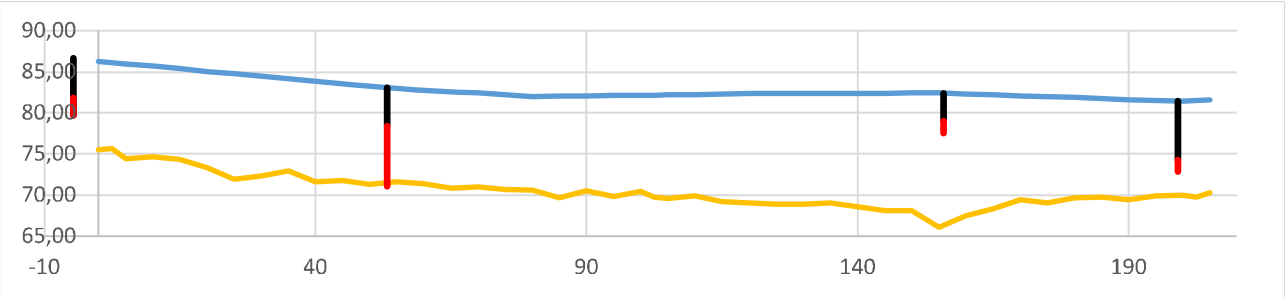
Seismisten tutkimusten tavoite oli määrittää kallion pinta kaikkien linjojen alla ja ns. kova pohja niin kuin se oli mahdollista suunnitellun mukaisin levityksin. Kaikista linjoista toimitettiin Sitowice Oy:lle linjojen topografia ja kallionpintatiedot 3D profiileina DXF-formaatissa erillisissä tiedostoissa.

Maastotyöt onnistuivat hyvin ilman suurempia ongelmia ja data on todettu suhteellisen häiriöttömäksi hyvä laatuiseksi. Osa linjoista kuitenkin jouduttiin sijoittamaan uudelleen mm. maastossa olleiden esteiden takia, (esim. linja 4 ison hakekasan osuessa linjalle). Linjojen 1 ja 2 alkupäässä routa oli sen verran paksu, että se häiritsi maastotöitä ja aiheutti tuloksiin hiukan tulkinnan varaisuutta. Osalla linjoista ei voitu ampua kaikkia ”paukkuja” johtuen kaapeleista ja/tai putkista (esim. linja 8 ja 14), joita alueella oli. Lisäksi tutkimusalue oli joltain osin niin ahdas, ettei kaikkia ”kaukopaukkuja” voitu sijoittaa niin kauas linjan päästä, että kallion pinta oltaisiin voitu saada linjan päästä (esim. linja 9 ja 11). Näistä pienistä ongelmista huolitta maastotyöt onnistuivat hyvin ja seismisestä tulkinnasta saatiin kattava koko alueelta.

2. Seismiset tutkimukset

Linjat 1 – 4 (kuvat 2 – 5) muodostivat oman kokonaisuuden tutkimusalueen länsiosassa. Sille oli tyypillistä suhteellisen paksu routakerros ja tutkimusalueen ahtaus, jotta kallion pinta saataisiin määritettyä aivan jokaisessa kohdin linjojen alla.

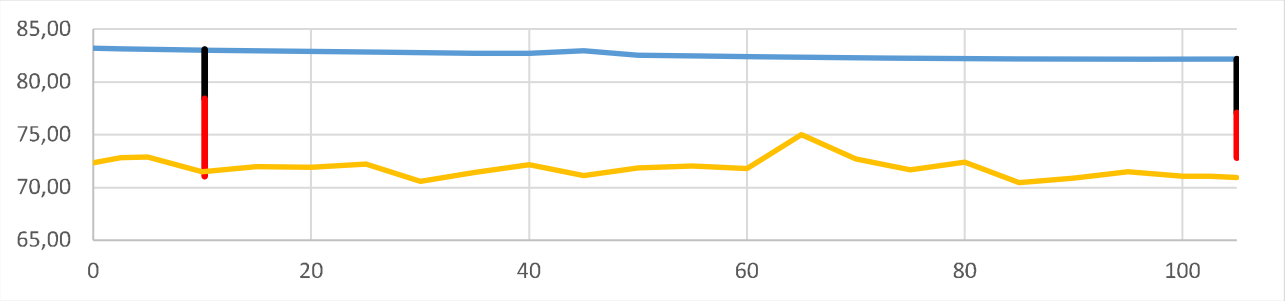
Kuvissa 2 – 5 on esitetty kunkin linjan seisminen tulkinta kallion pinnasta. Samoissa kuvissa näkyy tehdyt kairaukset. Punaisella on merkitty moreenikerroksen ja mustalla muiden maalajien paksuus. Merenpintaan sidottu maanpinta on merkitty sinisellä ja seismisesti tulkittu kallionpinta keltaisella. Kuten kuvista näkyy, pääsääntöisesti seiminen tulkinta tukee kairaustietoa.



Kuva 2: Seisminen linja 1, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

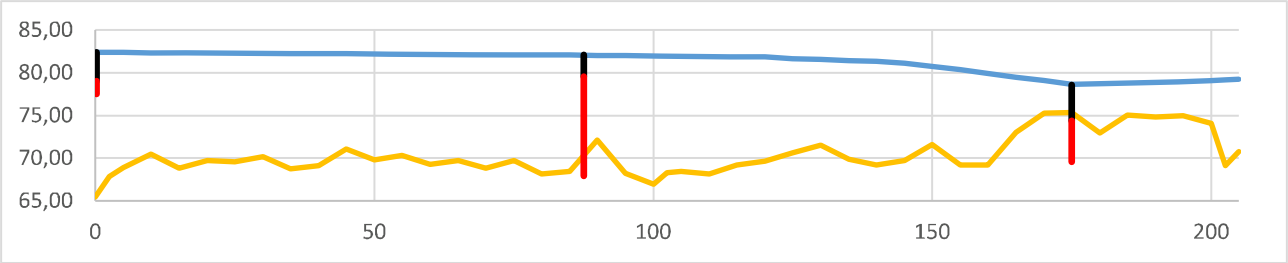
Linjalla 1 moreenikerroksen paksuus vaihteli siinä määrin, että se todennäköisesti heikentää kalliopinnan paikanmäärittämistä. Tämä johtuu siitä, että moreenissa seismisen signaalin nopeus on tyypillisesti 2000 – 2200 m/s, mutta märässä savessa ja siltissä 1200 – 1400 m/s. Jotta tarkka tulkinta kalliopinnalle saataisiin. tulisi moreenikerroksen paksuus olla tiedossa. Tällöin voitaisiin tehdä aito 3-kerrostulkinta. Mutta koska nyt näin ei ole, on tehty 2-kerrostulkinta, jossa on huomioitu eri kerrosten nopeusvaihtelu ja sovitettu se kairaustietoon. Tällöin varsinkin porakonekairaustulokset ovat arvokkaita, koska pääsääntöisesti niissä kallionpinta on edustavasti määrätty. Saatu tulos linjalla 1 on muuten yhtenevä kaiken tiedon kanssa, paitsi viimeisen porakonekairauspisteen (R104) kanssa. Tässä kohdin seisminen tulkinta tukee hiukan syvempää kalliopinnan tasoa kuin kyseinen kairapiste.

Linjan 2 seisminen tulkinta kallion pinnasta on yhdenmukainen kairausten ja linjan 1 tulkinnan kanssa. Moreenikerros lienee linjalla tasossa +75 - +77m.



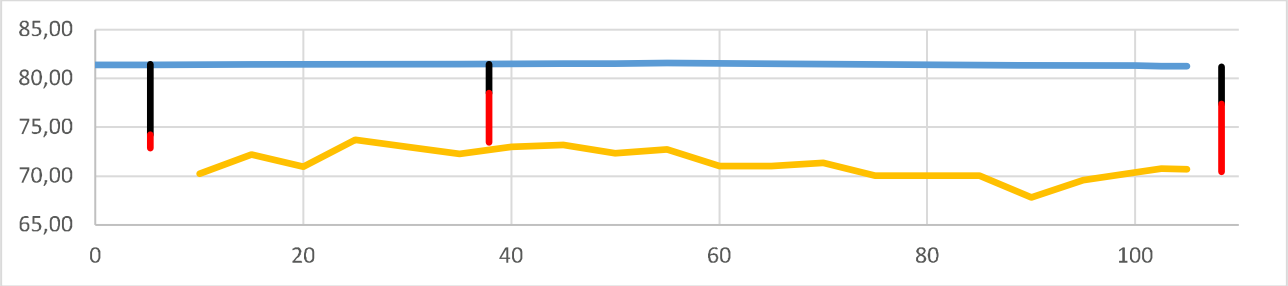
Kuva 3: Seisminen linja 2, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjaa 3 jatkettiin 100m alkuperäisestä suunnitelmasta ja samassa yhteydessä linja 6 katkaistiin, koska seismisissä luotauksissa käytetyt sidontapisteet olisivat muuten olleet hyvin jyrkän töyrään vierellä, jolloin tulkinta olisi vaikeutunut. Seismiset luotaukset tukevat muuta tietoa hyvin, paitsi viimeisen noin 40m matkalla (kuva 4). Tuolla alueella porakonekairaus antaa selvästi syvemmän kalliopinnan tason kuin seismiset luotaukset. Syy tähän on todennäköisesti se, että kyseinen paikka oli kivikkoista ja alueella näkyi isoja lohkareita. Seismiikalla ei usein voi erottaa lohkareita kalliosta (nehän ovat samaa kivimateriaalia), jolloin seisminen tulkinta päätyy määrittämään kallion lähemmän maanpintaa kuin porakonekairaus. Todennäköisesti kallion pinta siis jatkuu koko linjan 3 matkalla tasossa +70m, vaikka seisminen tulos poikkeaa siitä viimeisen 40m matkalta.



Kuva 4: Seisminen linja 3, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

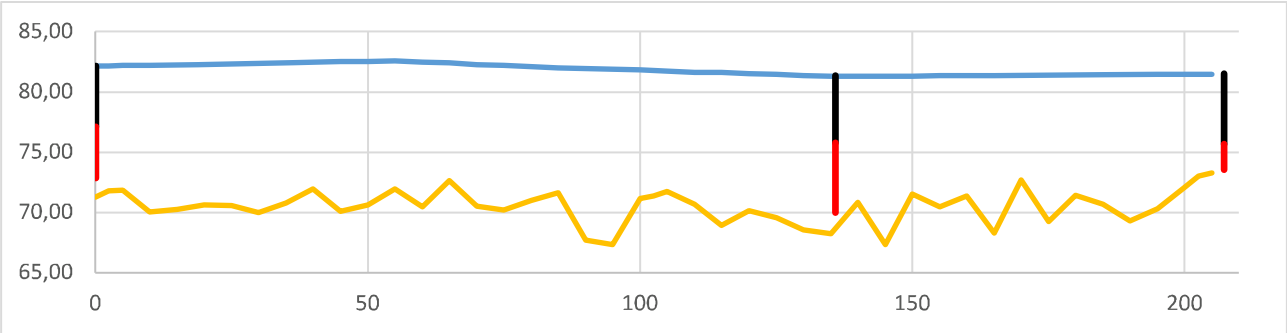
Linjan 4 paikkaa jouduttiin hiukan siirtämään alkuperäiseltä paikaltaan. Se sijaitsi edelleen hyvin lähellä naapurin rajaa, jossa ei voinut ampua seismisiin luotauksiin liittyviä ”kaukopaukkuja”. Tästä johtuen kallionpintaa ei voitu määrittää linjan alkupäässä. Tulokset tukivat sinänsä hyvin kairaustietoa.



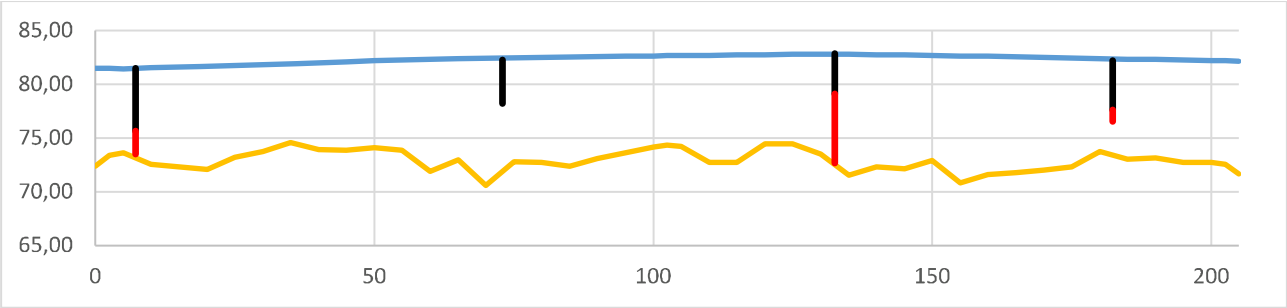
Kuva 5: Seisminen linja 4, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Tällä alueella kallion pinta oli melko tasainen ja se oli tasojen +66 ja +75 välissä seismisen tulkinnan mukaan. Moreenikerros oli pääsääntöisesti paksu ja ulottui tasoon +78 asti.

Linja 5 mitattiin lopulta niin, että alkuperäisen suunnitelman mukaiset linjat 5 ja 9 yhdistettiin. Kalliopinnan taso koko mittauslinjan matkalta oli seismisen tulkinnan perusteella tasojen +67 ja +73 välissä. Moreenikerroksen ja sen päällä olevien muiden irtomaakerrosten paksuudet vaihtelivat paikasta riippuen 3 – 7m paksuisina kallion päällä. Kairaukset tukivat seismistä tulkintaa.

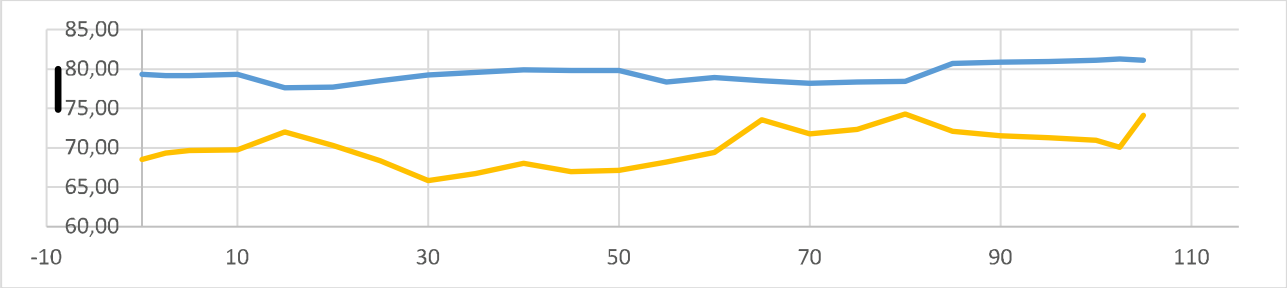


Kuva 6: Seisminen linja 5 alkuosa, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.



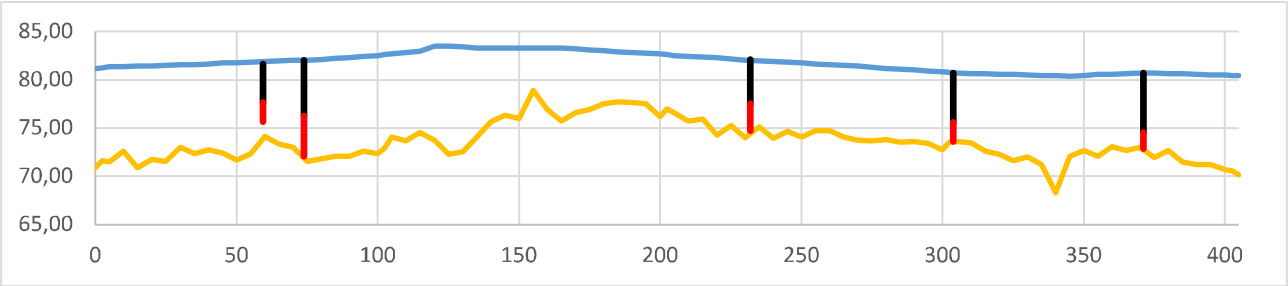
Kuva 7: Seisminen linja 5 loppuosa, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjan 6 tulkinta on epävarma johtuen siitä, ettei sillä ollut yhtään referenssikairausta ja siitä, että linjan maanpinnan topografia vaihteli paljon. Lisäksi linja 6 oli itsenäinen linja eikä se saanut tukea muilla linjoilla mitatuista tuloksista. Sen tulkinta tukee kalliopinnan vaihtelua tasojen +65 ja +75 välissä. Irtomaakerrosten paksuuksista ei ole selkeää kuvaa seismiikan perusteella.



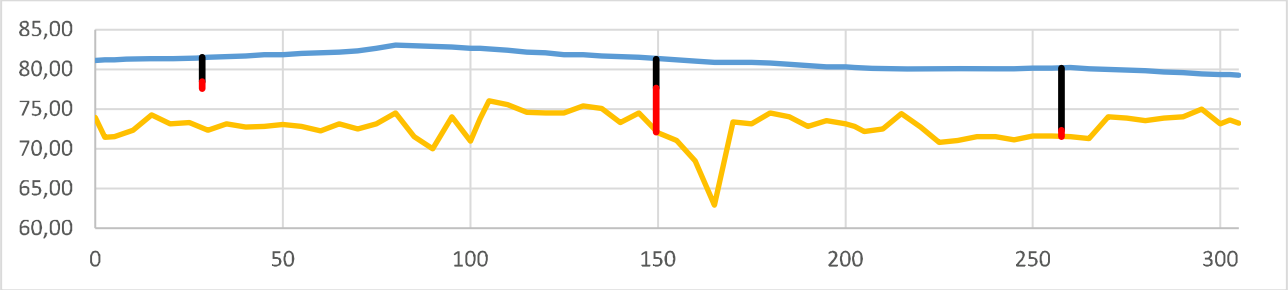
Kuva 8: Seisminen linja 6, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjan 7 tulkinta oli ehkä suoraviivaisin kaikista seismisistä linjoista, minkä voi tulkita myös luotettavaksi tulokseksi. Kairaukset tukivat hyvin seismistä tulkintaa samoin muut seismiset linjat. Moreenikerroksen paksuus tällä linjalla oli linjan länsipäässä suunnilleen samaa luokkaa kuin muiden irtomaiden paksuudet yhteensä, mutta linjan itäpäässä moreenikerros ohentuu vain 2m paksuksi. Kallion pinta koko linjan matkalla vaihteli tasojen +68 ja +77m välissä.



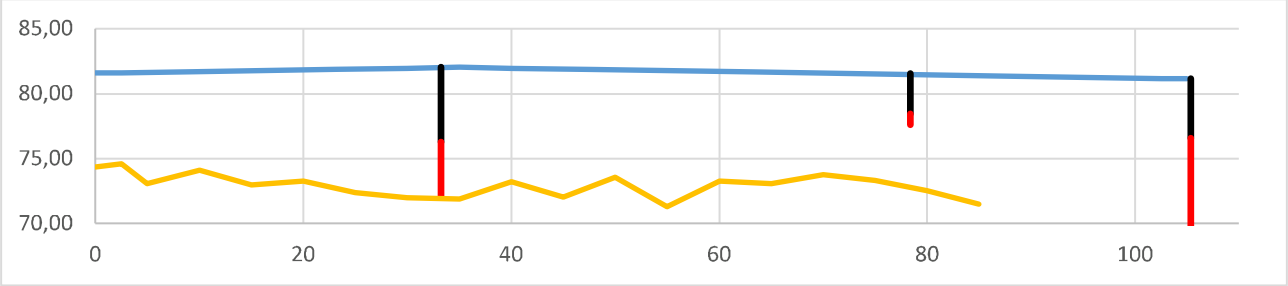
Kuva 9: Seisminen linja 7, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjan 8 osoittautui hyvin tasaiseksi kallion topografian suhteen. Koko linja oli tasojen +70 ja +75 välissä koko linjan pituudelta lukuun ottamatta kohtaa 165m, jossa seismisen tulkinnan mukaan kallion pinta sukeltaa noin tasolle +63m. Samoin kuin edellisellä linjalla moreenikerros ohenee itään päin mentäessä. Länsiosassa moreenikerros on paksumpi kuin muiden maalajien kerrokset.



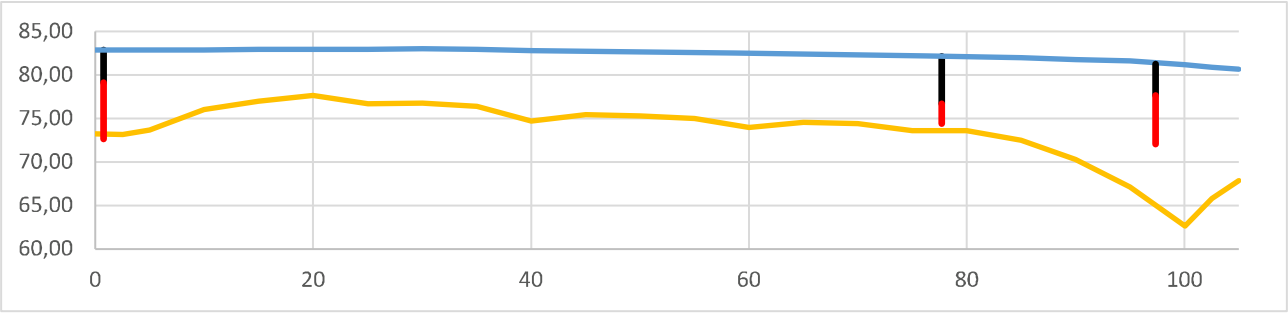
Kuva 10: Seisminen linja 8, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjan 9 osoittautui vaikeaksi mitata ja tulkita. Tutkimusalue oli suhteellisen kapea ja näin ollen kaikkia ”paukkuja” ei voitu sijoittaa niin, että kallion pinta olisi saatu määriteltyä koko linjan matkalta. Ongelma vain korostui, kun linjan pohjoispää osoittautui paikaksi, jossa kallion pinta oli syvällä. Lisäksi moreeni- ja irtomaakerrosten keskinäiset paksuudet vaihtelivat paljon tällä linjalla. Kairaukset kyllä tukivat tehtyä tulkintaa.



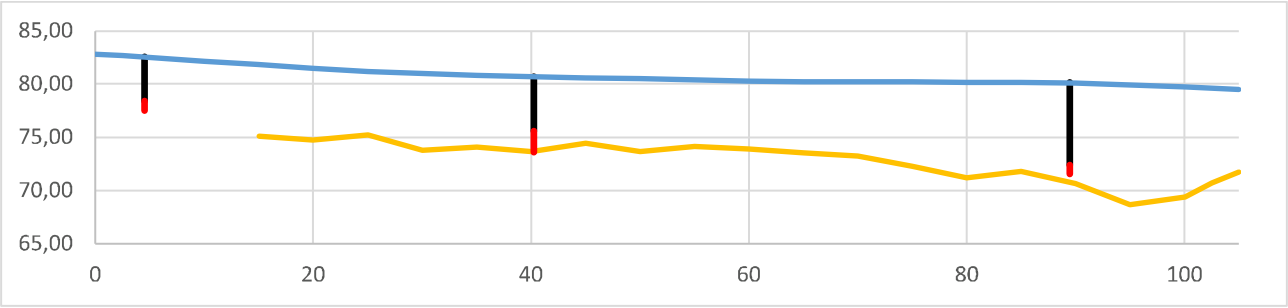
Kuva 11: Seisminen linja 9, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjalla 10 oli seismisen tulkinnan mukaan syvä painauma linjan loppupäässä. Tätä porakonekairaus ei kuitenkaan tukenut. Syystä erilaisiin tuloksiin ei voi varmasti tietää.



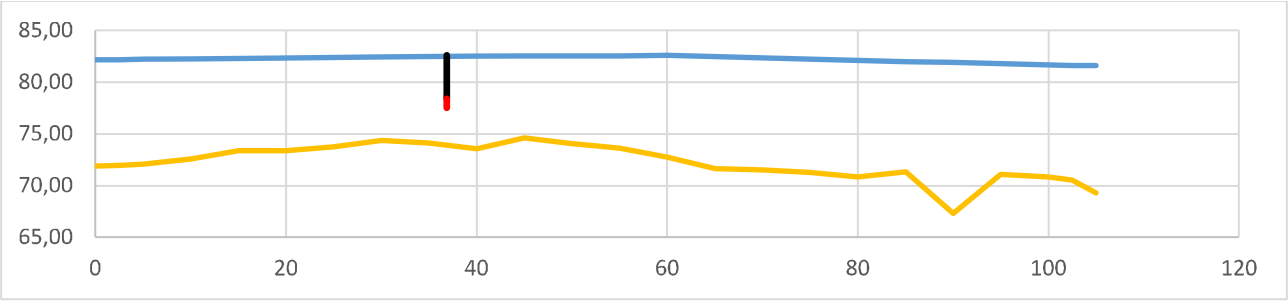
Kuva 12: Seisminen linja 10, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linja 11 oli samantyyppinen kuin linja 10, siinäkin oli painauma linjan lopussa, mutta nyt kairaustieto tuki havaintoa. Linjan alkupäästä ei voitu määrittää kalliopinnan syvyyttä, koska se sijaitsi niin lähellä naapuritonttia, missä ei voitu ampua ”kaukopaukkua”. Moreenikerros oli varsin ohut tällä linjalla.



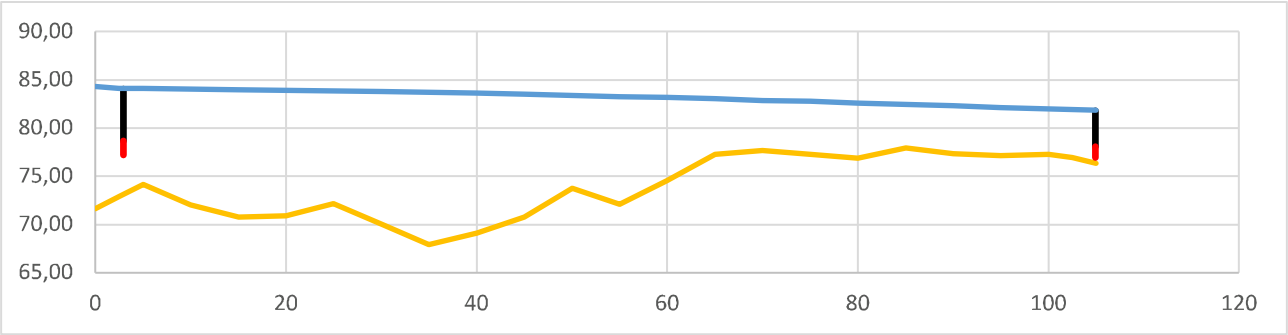
Kuva 13: Seisminen linja 11, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linja 12 oli linjan 5 jatkeella, tosin ei samansuuntaisena. Varsinaisia referenssipisteitä ei ollut seismisen tulkinnan tueksi, mutta linjan 5 päätepiste voitiin tulkita sellaiseksi. Moreeni- ja irtomaakerroksien paksuuteen ei voi ottaa kantaa tällä linjalla.



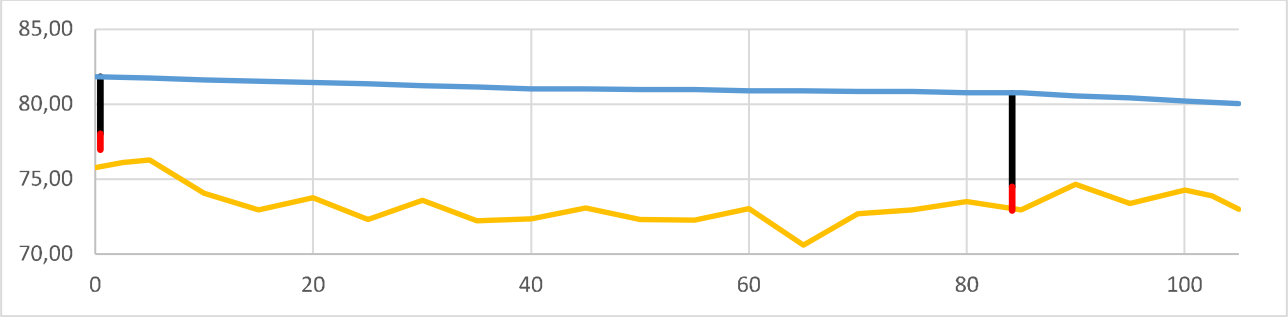
Kuva 14: Seisminen linja 12, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linja 13 oli melko erillään muista seismisistä linjoista ja sillä oli kaksi referenssikairauspistettä, mutta kumpikaan niistä ei ollut porakonekairauspiste. Tulkinnassa on myös huomioitava, että linjan alku on metsässä pehmeähkössä maassa, kun sitä vastoin loppuosa pellolla. Seisminen tulkinta on esitetty kuvassa 15. Todennäköisesti moreenikerros on paksumpi metsäisellä alueella kuin mitä se on pellolla. Samoin kalliopinnan syvyys on syvemmällä metsäisellä alueella.



Kuva 15: Seisminen linja 13, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

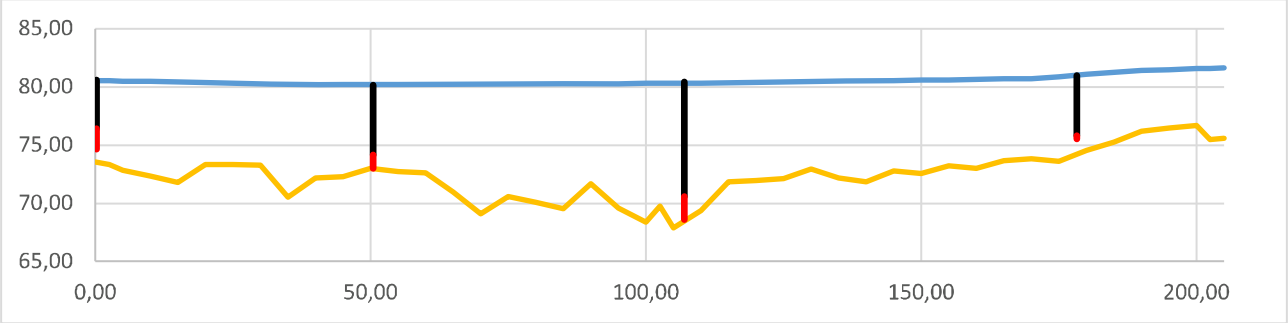
Linja 14 oli edellisen linjan jatke, joskaan ei samaan suuntaan. Tällä linjalla kairaukset tukivat seismistä tulkintaa melko hyvin. Siitä huolimatta tulkintaa vaikeutti se, ettei toista ”kaukopaukkua” voitu ampua johtuen vesijohdosta.



Kuva 16: Seisminen linja 14, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjat 15 – 19 muodostivat oman kokonaisuuden ja olivat osittain ristikkäin toistensa suhteen. Tälle alueelle oli tyypillistä suhteellisen ohut moreenikerros lukuun ottamatta alueen itä- ja pohjoisreunaa.

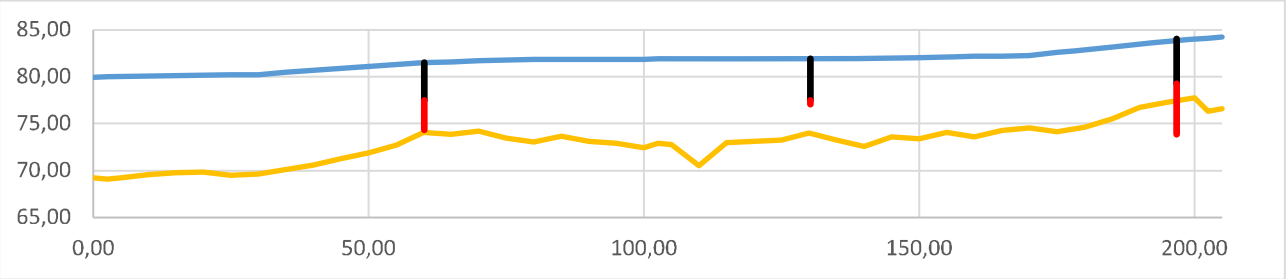
Linjan 15 seisminen tulkinta noudatteli melko hyvin kairauksilla saatua tietoa kalliopinnan sijainnista. Moreenikerros oli ohut kauttaaltaan (kuva 17).



Kuva 17: Seisminen linja 15, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

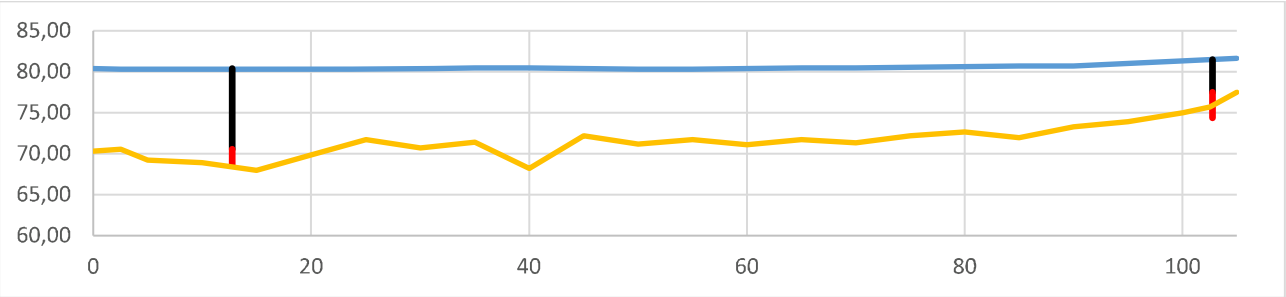
Linjan 16 seisminen tulkinta oli yksi vaikeimmista sovittaa olemassa olevaan kairaustietoon. Jostain syystä varsinkin linja lopussa seisminen tulos poikkesi kairauksista niin paljon, ettei

niitä saanut sovitettua keskenään. Tulokset näkyvät kuvassa 18. On ilmeistä, että porakone-kairauksen tulos on luotettava eli jostain syystä seisminen tulos tuo kallion liian lähelle maanpintaa. Yksi mahdollisuus tähän on paksussa moreenikerroksessa olevat suuret kivet, joissa seisminen nopeus on suurempi kuin irtomaassa, jolloin tulkittu pinta liian lähelle maanpintaa.



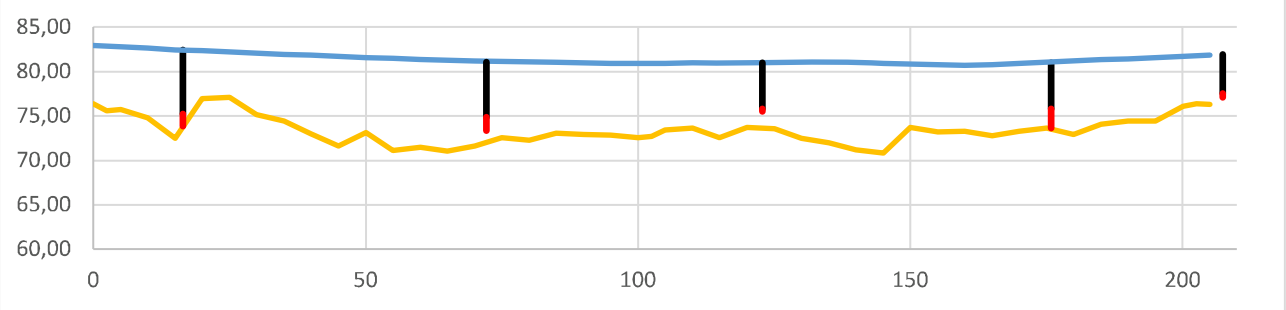
Kuva 18: Seisminen linja 16, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjan 17 antama kalliopinnan tulkinta oli osin yhtenevä kairaus- ja muun seismisen tiedon kanssa paitsi aivan linjan päässä, jossa seismisen tulkinnan antama kallion pinta on lähempänä maanpintaa kuin, mitä kairaukset antavat ymmärtää. Varmaa syytä tähänkään epäjohdonmukaisuuteen ei tiedetä. Kuitenkin tässäkin tapauksessa tämä ristiriita esiintyy paksun moreenikerroksen kohdalla aivan kuten edelliselläkin linjalla, jolloin syynä voi olla lohkareet.



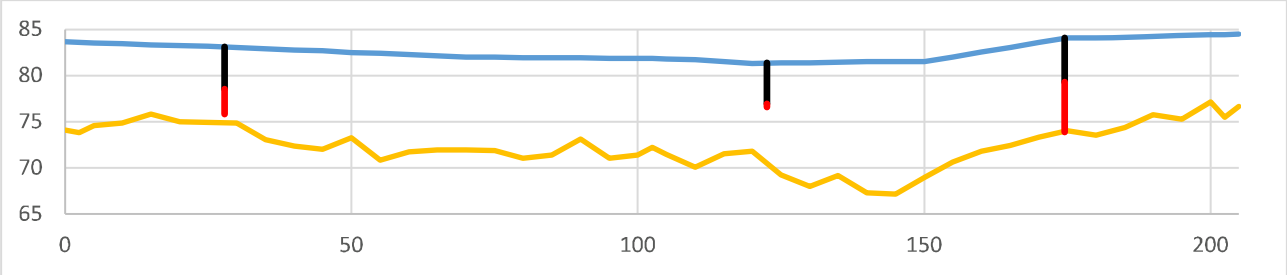
Kuva 19: Seisminen linja 17, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjan 18 seisminen tulkinta on melko yhtenevä kairausten kanssa. Tämän linjan alla moreenikerros on ohut kauttaaltaan. Linjan alussa kairareiän kupeessa oleva kallion topografian voimakas muutos ei todennäköisesti ole todellinen, eli vastoin kuvassa ilmaistua kallio on kyseisessä kohdassa todennäköisesti noin tasolla +75m.



Kuva 20: Seisminen linja 18, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Linjan 19 seisminen tulkinta on melko yhtenevä kairausten kanssa. Tämän linjan alla moreenikerros on melko paksu kauttaaltaan.

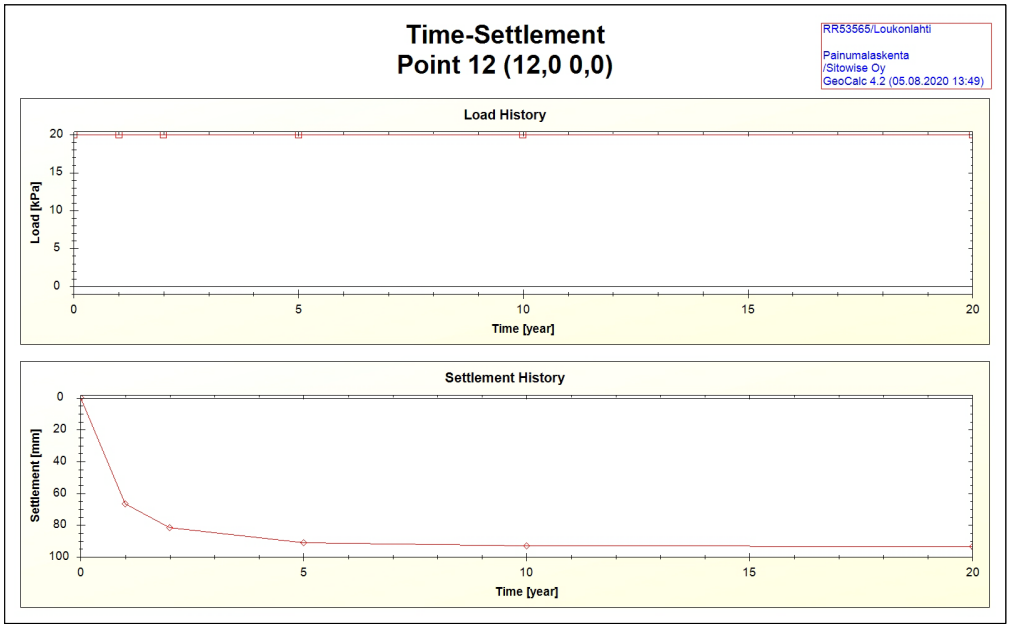


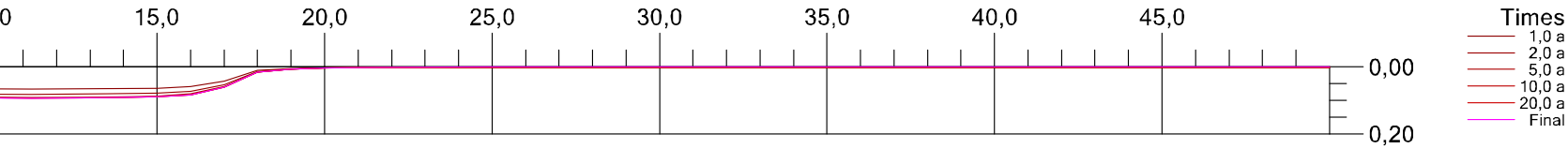
Kuva 21: Seisminen linja 19, maanpinta sinisellä (ETRS-GK24, N2000), tulkittu kallionpinta keltaisella, moreenikerros punaisella ja muut maalajit mustalla.

Yleisenä havaintona voidaan todeta, että kallion pinta tutkimusalueella oli varsin tasaista. Suuria rotkoja tai painanteita ei seismisten luotausten perusteella ole, vaan näyttäisi siltä, että kallion pinta sijoittuu tasojen +63m ja +79m väliin alueella, jonka seismiset linjat kattavat. Monissa paikoissa moreenikerros oli varsin paksu. Irtomaan paksuus on yleensä vähintään 5m ja useimmissa paikoissa 7 - 12m. Päällimmäinen irtomaakerros on yleensä savea tai silttiä.

Helsingissä 3.6.2020

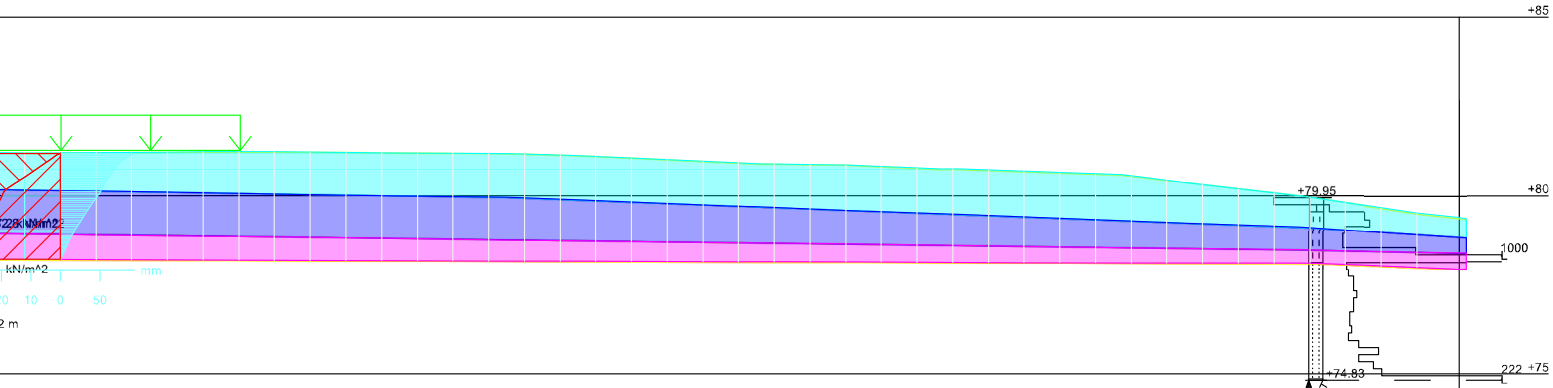
Tero Hokkanen





Settlement, 2D: 50 Calculation Points.

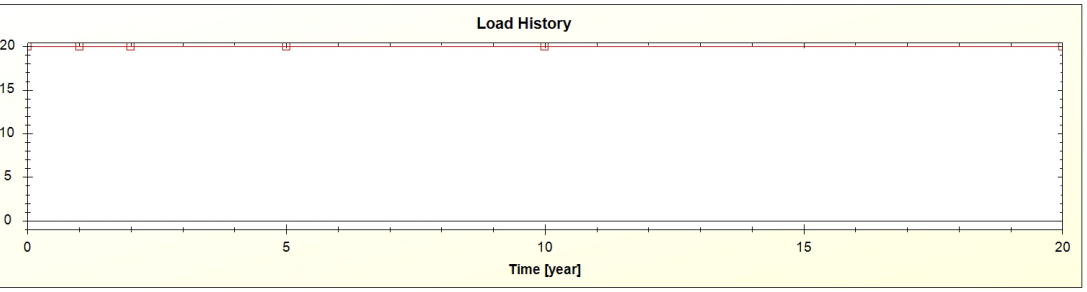
LEIKKAUS H - H

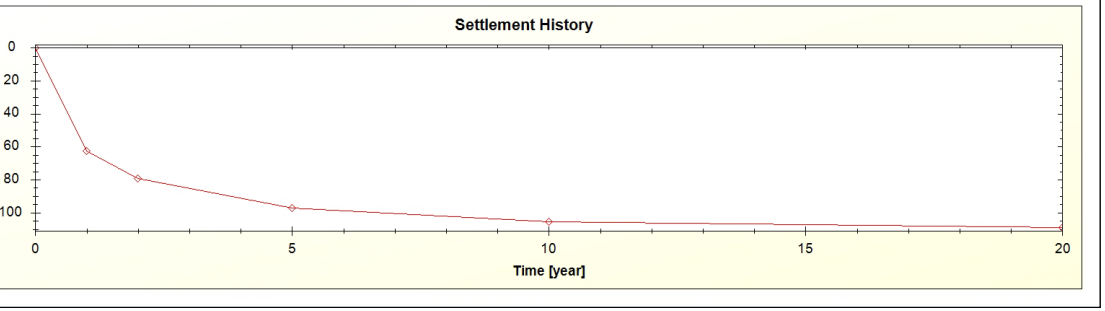


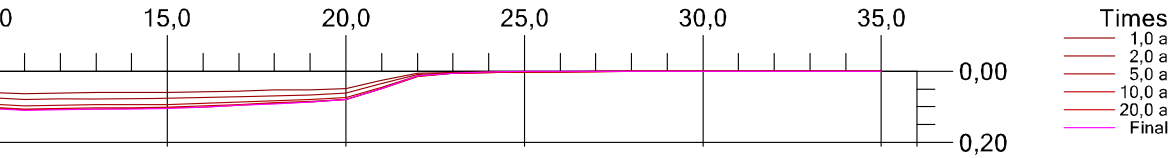
Time-Settlement
Point 12 (11,0 0,0)

RR53565/Loukonlahti

Painumalaskenta
/Sitowise Oy
GeoCalc 4.2 (05.08.2020 13:43)

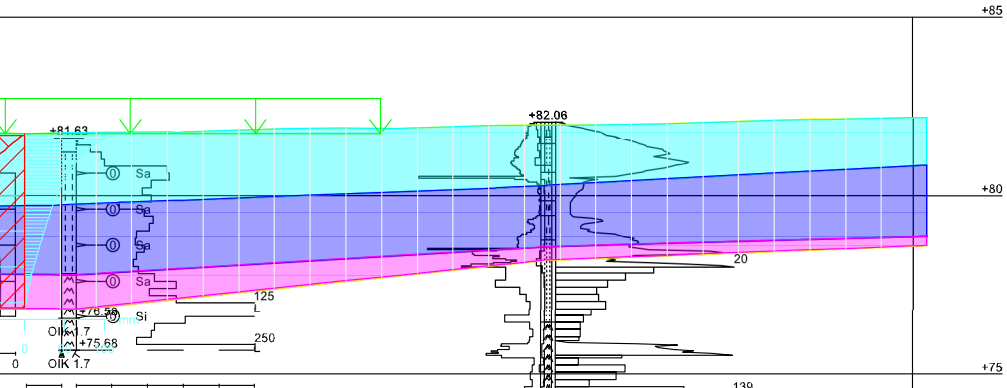






Settlement, 2D: 36 Calculation Points.

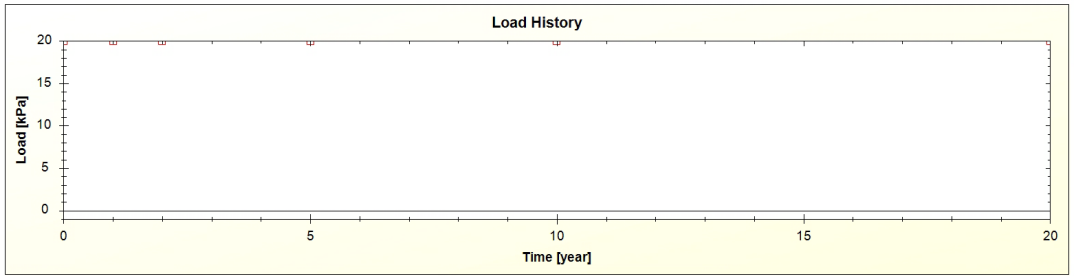
LEIKKAUS A - A

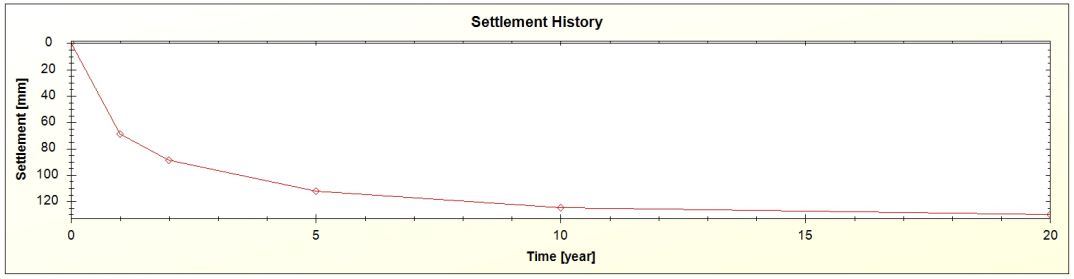


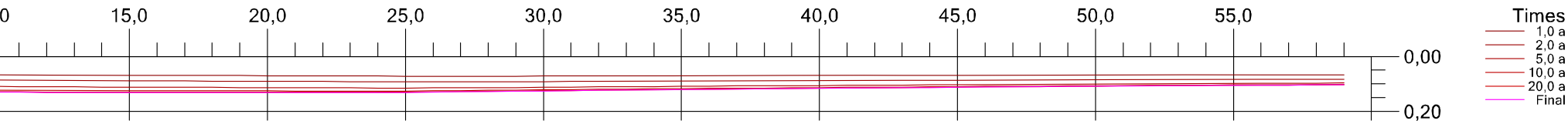
Time-Settlement
Point 16 (16,0 0,0)

RR53565/Loukonlahti

Painumalaskenta
/Sitowise Oy
GeoCalc 4.2 (05.08.2020 13:37)

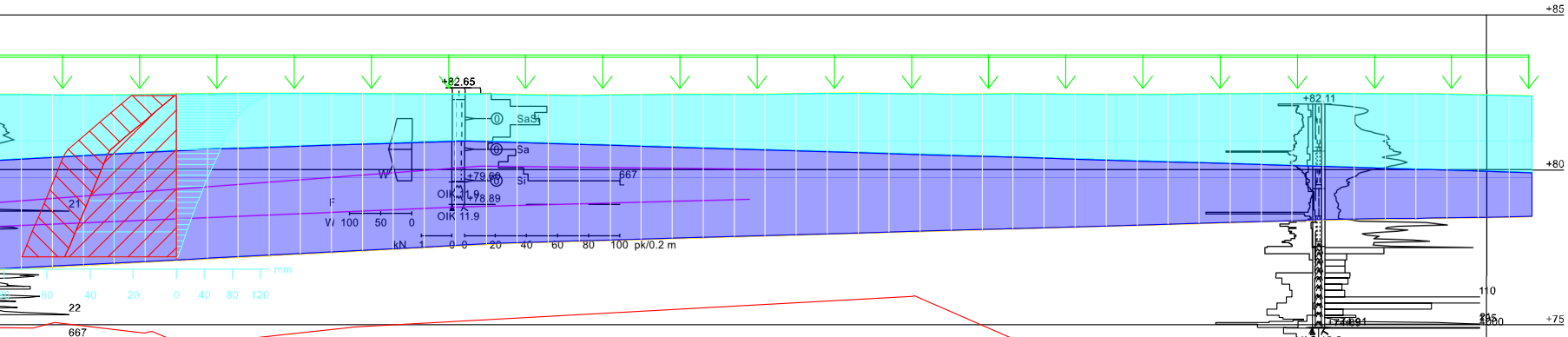






Settlement, 2D: 59 Calculation Points.

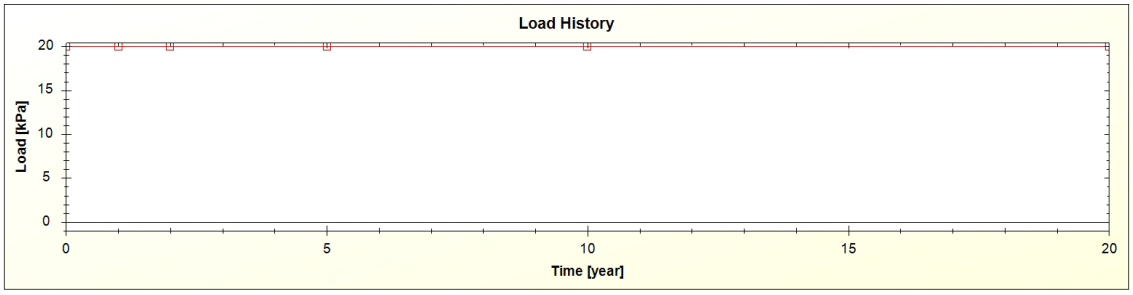
LEIKKAUS B - B
1:100/1:100

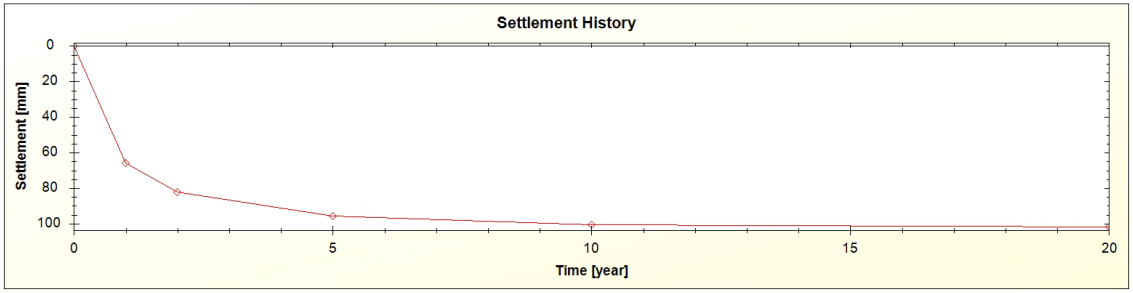


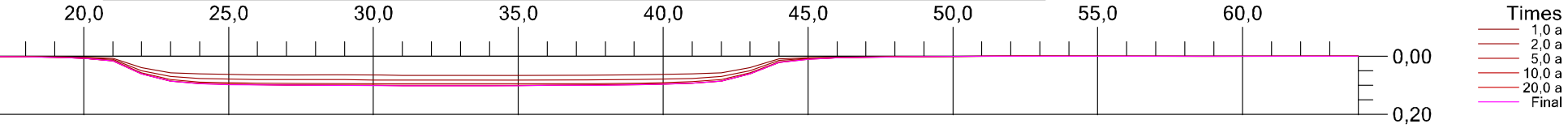
Time-Settlement
Point 68 (34,0 0,0)

RR53565/Loukonlahti

Painumalaskenta
/Sitowise Oy
GeoCalc 4.2 (05.08.2020 13:52)

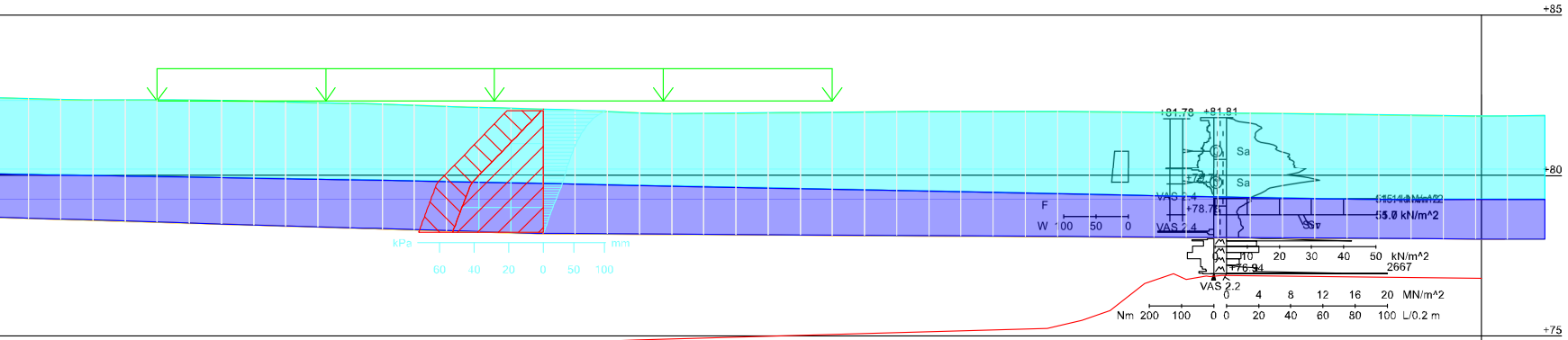


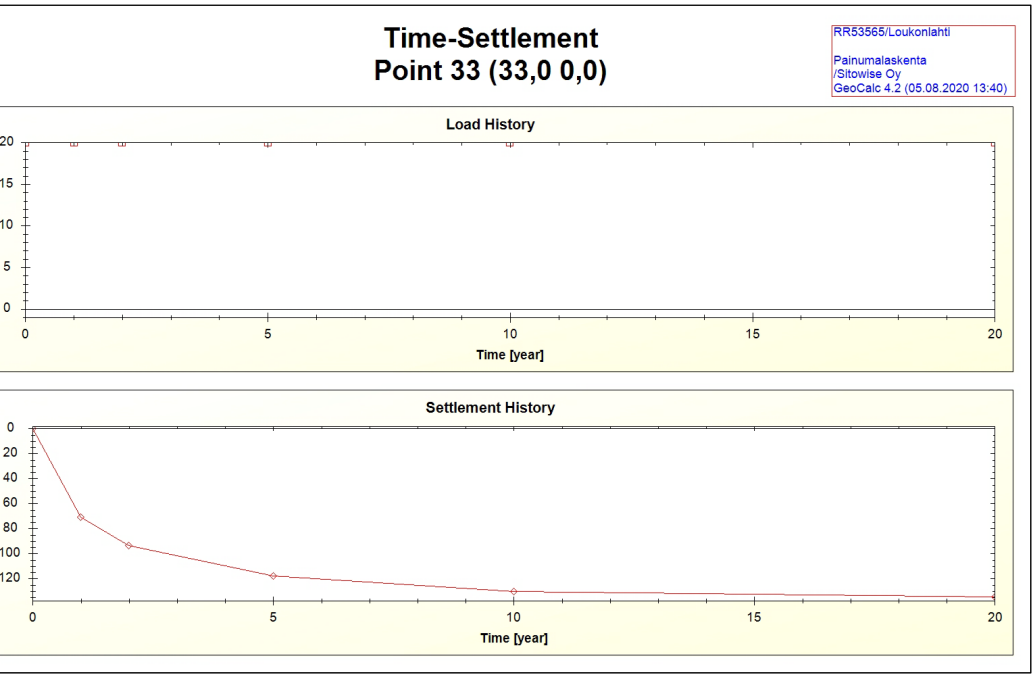


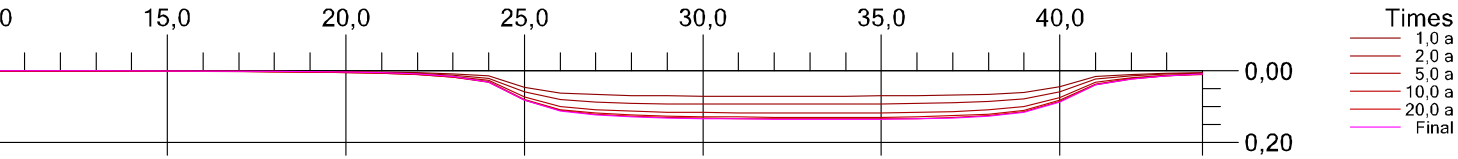


Settlement, 2D: 108 Calculation Points.

LEIKKAUS F - F

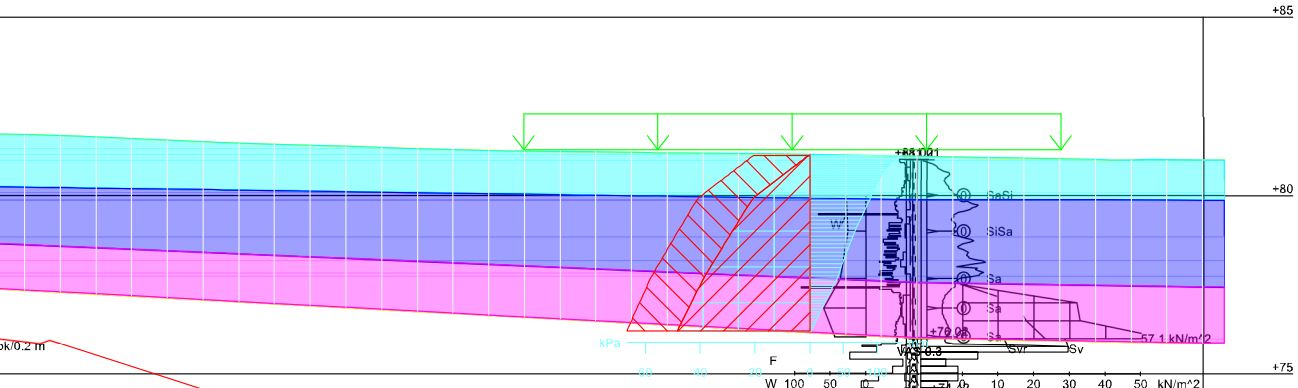






Settlement, 2D: 44 Calculation Points.

LEIKKAUS D - D



Sitowise Oy / Juho Kivivuori

Pirkkala, Loukonlahti: Geotekniset laskennat

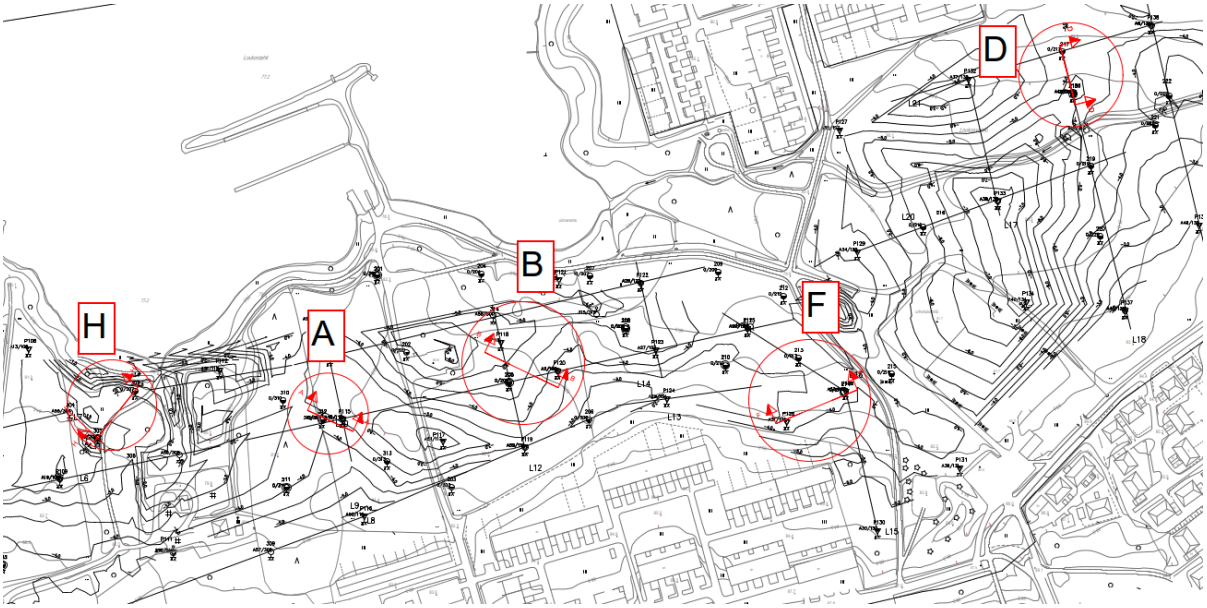
Painumalaskelmat

Sisällys

1 Lähtötiedot ja tarkastelu pisteet 1
2 Laskentatavat 1
3 Tulokset 2

1 Lähtötiedot ja tarkastelu pisteet

Painumalaskelmien lähtötietoina on käytetty alueelle suoritettujen pohjatutkimusten tuloksia. Paino- sekä puristinheijarikairauksista on muodostettu maaperäkerrosten rajat laskentaleikkauksia varten. Häirityistä näytteenotoista on saatu saven vesipitoisuudet, joihin laskenta pääosin perustuu. Alueelta otetuista häiriintymättömistä näytteistä suoritetuista ödometrikokeista suurin osa epäonnistui, jolloin painumaparametrejä ei näiden perusteella voitu määrittää. Painumia on tarkasteltu viidessä eri kohdassa alla olevan kuvan mukaan.



Kuva 1: Painumien tarkastelupisteet

2 Laskentatavat

Painumat ovat laskettu vesipitoisuuden perusteella kolmella eri laskentatavalla, jotta saadaan alueen painumakäyttäytymisestä mahdollisimman laaja kuva. Geocalc nimisellä ohjelmalla on mallinnettu maaperäkerrokset laskentaleikkausten avulla, joille on annettu lähtöarvoina savikerrosten vesipitoisuudet. Geocalc ohjelmistossa on kaksi eri vesipitoisuuteen perustuvaa laskentatapaa, jotka käyttävät hieman erilaisia laskentaperusteita, jolloin tuloksiin syntyy eroavaisuuksia. Geocalcin laskentatapojen lisäksi painumat ovat myös laskettu käyttämällä Sitowisen konsolidaatiopainuman laskentataulukkoa.

3 Tulokset

Taulukko 1: Painumalaskennan tulokset

Tarkastelupiste	Kuorma (kPa)	Vesipitoisuus (%)	Painuma geocalcilla W Janbu (mm)	Painuma geocalcilla W Helenelund (mm)	Painuma Excelillä (mm)
H-H	10	20 - 33	59	45	30
H-H	20	20 - 33	94	72	52
A-A	10	21 - 28	68	52	31
A-A	20	21 - 28	110	85	53
B-B	10	25 - 30,5	80	63	39
B-B	20	25 - 30,5	131	103	70
B-B	50	25 - 30,5	234	182	134
B-B (POP = 20)	50	25 - 30,5	115	92	103
B-B (POP = 50)	50	25 - 30,5	30	30	67
F-F	10	23,45 - 40	63	48	31
F-F	20	23,45 - 40	102	79	54
D-D	10	20 - 51,45	82	63	38
D-D	20	20 - 51,45	136	105	68
D-D	50	20 - 51,45	247	191	133
D-D (POP = 20)	50	20 - 51,45	118	94	99
D-D (POP = 50)	50	20 - 51,45	24	24	60

Yllä olevaan taulukkoon on koottu painumalaskelmien tulokset. Taulukossa on esitetty kolmen edellä mainitun laskentatavat tulokset jokaisesta pisteestä kuormilla 10 ja 20 kPa ja näiden lisäksi pisteistä B ja D kuormalla 50 kPa. Pisteissä B ja D on tarkasteltu myös saven ylikonsolidoitumisen vaikutusta. Näissä pisteissä laskuissa on otettu mukaan POP (Pre Overburden Pressure) arvo, joka kuvaa saven jännityshistoriaa. Eli käytännössä se kertoo kuinka paljon, savi on jo aiemmin kuormittunut. Taulukossa vesipitoisuudelle on annettu vaihteluväli. Vesipitoisuus vaihtelee maaperäkerroksen mukaan.

Tuloksista voidaan todeta, että tarkastelupisteissä B ja D painumat olivat merkittävimpiä. Tarkastelupisteistä näissä olikin paksuimmat savikerrokset. Pisteessä B, 50 kPa kuormalla lopulliset painumat olivat noin 13cm – 23cm. Pisteessä D vastaavalla kuormalla painumat olivat noin 13cm – 25cm. Kuitenkin, jos tarkastelussa otettiin mukaan saven ylikonsolidoituminen, lasketut painumat olivat vähäisempiä. POP:in arvolla 20 kPa painumat olivat 50 kPa kuormalla pisteissä B ja D noin 10cm – 12cm. Ylikonsolidoitumisasteen (POP) kasvaessa edelleen painumat olivat yhä vähäisempiä.

Loukonlahden saven voidaan olettaa olevan ylikonsolidoitunutta, mutta tarkkaa tietoa ylikonsolidoitumisen määrästä ei ole, sillä alueelle tehdyistä ödometrikokeista ei saatu luotettavaa tietoa.