

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, rakennusmestari

2022

Matti Kiviranta

INKLINOMETRIPUTKEN ASENNUS JA TARKKAILU

– E18 Raisionlahti

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, Rakennusmestari (AMK)

2022 | 26 sivua, 13 liitesivua

Kiviranta Matti

INKLINOMETRIPUTKEN ASENNUS JA TARKKAILU

E18 Raisionlahti

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kertoa Inklinometriputkien asennusprosessista. Työssä avataan lyhyesti putken käytön tarve, asennustapahtuma ja tarkkailu. Työssä esille tuleva aineisto on saatu todellisesta hankkeesta.

Opinnäytetyössä esitelty hanke inklinometriputkien asentamisesta ja mittaamisesta on Väyläviraston tilaama. Mittaukset hankkeeseen on tehty Mitta Oy:n toimesta. Väyläviraston tavoite on saada tietoa maaperän liikkeistä. Kohde on tulevan E18 tien parantamissuunnittelu Raisionlahden läheisyydessä Raisiossa. Kohteessa seurataan olemassa olevien sillan, ajoradan ja rautatiesillan mahdollista liikettä lähelle läjitettyjen täyttömaiden johdosta. Näiden rakenteiden alla on paksu luonnonvarainen savipatja.

ASIASANAT:

Inklinometriputki, kairavaunu, mittaus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme, Konstruktion, Bachelor of Construction Management

2022 | 26 pages, 13 pages in appendices

Kiviranta Matti

INCLINOMETER PIPE: INSTALLATION AND MONITORING

E18 Raisio-lahti

The aim of this was to discuss the installation process of the inclinometer pipe. The need for the use of the pipe, the installation event and the observation are briefly addressed in the work. The material presented in the work is obtained from a real project.

The project presented in this thesis is about the installation and measurement of inclinometer pipes commissioned by the Finnish Transport Infrastructure Agency (Väylävirasto). The measurements for the project were made by Mitta Oy. The goal of the Finnish Transport Infrastructure Agency is to receive information about soil movements. The target is to collect information for the plans to improve the E18 road near Raisio Bay in Raisio. The site will monitor the possible movements of the existing bridge, roadway, and railway bridge due to the punched landfills nearby. Beneath these structures there is a thick natural clay sediment.

KEYWORDS:

Inclinometer pipe, geotechnical rigs, measurement

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
JOHDANTO	7
1 YLEISTÄ INKLINOMETRIPUTKISTA	8
1.1 Menetelmän kuvaus	8
1.2 Mittaustiedon hyödyntäminen	12
2 E18-TIEN MAAPERÄN LIIKEIDEN SEURAAMINEN	14
2.1 Pohjaolosuhteet	14
2.2 Olemassa olevat rakenteet	15
3 PUTKEN ASENNUS JA MITTAUS	16
3.1 Asennukseen käytetty laitteisto	16
3.2 Putken asennus	17
3.3 Putken mittaustapahtuma	19
4 MITTAUSTULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA	22
4.1 Nollamittaus	22
4.2 Ensimmäinen vertailumittaus	23
4.3 Toinen vertailumittaus	24
5 LOPUKSI	25
LÄHTEET	26

LIITTEET

- Liite 1. Inklinometrin asennusohje.
- Liite 2. Asennuskortti.
- Liite 3. Pohjatutkimusdiagrammi (porakone).
- Liite 4. Putken mittaussuunnat
- Liite 5. Nollamittaus havaintokortti
- Liite 6. Vertailumittauskerta 1
- Liite 7. Vertailumittauskerta 2

KUVAT

Kuva 1. Inklinometri "sukkula"	9
Kuva 2. Inklinometriputki ja vandaaliputki	10
Kuva 3. Inklinometrin toimintaperiaate (J.Bäcklund 2013, s 31)	11
Kuva 4. Kuvassa kuvattuna millaista tilannetta putkella kuvataan ja mitataan (G.Machan & V.G Bennett 2008, s 23)	11
Kuva 5. Mittausten esitystapa esitettynä SFS-standardin ohjeen mukaisesti (SFS-EN ISO 18674-3:2017, s. 32)	13
Kuva 6. Kohdekartta. Pisteet 1–4 esittävät inklinometriputkien sijainteja.	14
Kuva 7. Kuvassa esitetty kohteessa olevien kaapeleiden sijainteja	15
Kuva 8. Trimble laitteisto ja vandaaliputki	16
Kuva 9. Pro Silva ja GM200	17
Kuva 10. Työputken poraus	18
Kuva 11. Inklinometriputken sujutus	18
Kuva 12. Inklinometriputken jatkaminen	19
Kuva 13. Inklinometrin laskeminen putkeen	20
Kuva 14. Inklinometrin tallennin mallia Digitilt DataMate II	21
Kuva 15. Kuvaaja nollamittauksesta	22
Kuva 16. Ensimmäinen vertailumittauskuvaaja nollamittaukseen nähden	23
Kuva 17. Kuvaaja toisesta vertailumittauksesta	24

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

GNSS	Global Navigation Satellite System. GNSS on maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä. Muun muassa GPS, Glonass ja Galileo ovat sen osajärjestelmiä.
RTK	Real Time Kinematic, -satelliittipaikannuksen mittausmenetelmä, jossa käytetään satelliitin kantoaallon vaihetta hyväksi sijainnin määrittämisessä.

Nollamittaus= Mittaus, johon seuraavia mittauksia verrataan.

Vertailumittaukset= Nollamittauksen jälkeen ja ennen rakentamista tapahtuvat mittaukset, joiden avulla voidaan määrittää muutokset, jotka tapahtuvat muista syistä kuin rakentamisesta.

Vandaaliputki= Lukittava hatulla oleva teräsputki, joka varustettu ankkuroivilla haruksilla. Laitetaan aina muovisen inklinometriputken tuhoutumisen ja ilkivallan estämiseksi.

JOHDANTO

Opinnäytetyössä perehdytään lyhyesti geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin käsitteisiin sekä Väyläviraston laatimaan inklinometriputken asennusohjeeseen (ammattikirjallisuus) sekä aihealueesta kertoviin artikkeleihin. Ammattikirjallisuuden teoriaa on sovellettu aiheena olevaan hankkeeseen käytännön mittaustapahtuman kautta. Opinnäytetyön merkittävimpinä aihealueina on putken asennuksen suorittaminen ja putkien mittaukset.

Opinnäytetyön hankkeessa kohteena on siis E18-tien suunnittelu hankkeeseen oleellisesti liittyvä kohde, joka sijaitsee Rasiossa; Raisionlahdella. Kohteesta halutaan seurata maakerrosten vaakasuuntaista liikettä ja mahdollisen liikkeen vaikutusta tulevaan suunnitteluun. Kohteessa on havaittu liikettä jo aikaisemmin asennetuissa putkissa ja nämä uudet putket tulevat tukemaan vanhojen inklinometriputkien tuloksia ja tarkentavat niitä.

Työhön kuului putkien asennuspisteiden maastoonmerkintä, maanalaisen infran selvitys, putkien asennus ja asennuksien jälkeiset tarkkailu mittaukset.

1 YLEISTÄ INKLINOMETRIPUTKISTA

Inklinometriputket ovat Suomessa ja maailmalla perinteisesti käytetty menetelmä, jolla seurataan maaperän vaakasuuntaisia liikeitä. Tällä mittausten menetelmällä maakerrosten vaakasuuntaisten siirtymien lisäksi painuman määrittäminen on teoriassa mahdollista, mutta käytännössä epätarkkaa, koska painuvien maakerrosten aiheuttama anturien kulman muutos on melkein huomaamattoman pieni. Inklinometriputken heikkoudeksi voidaan lukea tarve asentaa putki aina kovaan pohjaan asti. Jos asennettavan kohteen pehmeikkö on hyvin paksu, tulee putken asentamisesta hyvin kallista ja myöskin mittalaitteen mittaustarkkuus kärsii. Näin ollen myös maan pinnalla tapahtuvien liikkeiden mittaustarkkuus heikkenee mitä paksumpi pehmeikkö on. (H.Luomala 2010, s 10–11.)

Kohteeseen asennetaan yleensä kaksi putkea ja niiden akselit tulee olla samansuuntaisesti, jotta tuloksia on helpompi vertailla liikkeiden suuntaan. Esim. olemassa olevan tien, sillan tai radan poikkisuuntaan, riippuen seurattavasta kohteesta.

Tyypillisiä käyttökohteita siirtymien mittaamiseen ovat:

- Siltapenkereet
- Rautatiet
- Maanalainen rakentaminen (suuret kaivannot)

1.1 Menetelmän kuvaus

Inklinometriputkella tarkoitetaan pystysuoraan maanydintä kohti asennettua putkea. Tämän asennetun putken ja sen sisällä kulkevan mittausanturin eli inklinometrin avulla pystytään mittaamaan maaperän eri kerrosten vaakasuuntaisia siirtymiä. Inklinometri eli ”sukkula” (kuva 1) asetetaan maahan painettuun tai porattuun inklinometriputkeen. Putken suoruutta mittaavassa ”sukkulassa” on kulma-anturit, joiden avulla mitataan putken asennon suhdetta maan vetovoimaan. Asennus ulotetaan mahdollisuuksien mukaan joko kovaan pohjaan tai kallioon, koska mittaustarkkuus on parhaimmillaan putken alapäässä. Putken asentamisessa tulee pyrkiä pystysuoruuteen, koska mittaus on aina tarkempi pystysuorassa putkessa kuin vinossa. Inklinometrin käytöstä geoteknisissä mitauksissa on laadittu standardi SFS-EN ISO 18674-3. (A.Pelho 2017, s 6.)



Kuva 1. Inklinometri "sukkula"

Inklinometriputki on oltava kestävä materiaalia ja sen asennuksessa on noudatettava huolellisuutta. Inklinometriputki asennetaan maaperätutkimuskäyttöön suunnitellulla kairavaunulla, jossa on pora varustus. Inklinometriputki asennetaan kairavaunulla iskuputkia (työputkia) käyttäen. Nämä työputket pitää olla sisähalkaisijaltaan riittävän suuria, jotta inklinometriputki saadaan helposti sujutettua työputken sisälle ilman ongelmia. Inklinometriputken sujuttamisen jälkeen työputket nostetaan pois. Ennen inklinometriputken asennusta on hyvä huuhdella työputket ilmaa tai vettä käyttäen. (A.Pelho 2017, s 6.)

Putken asentamisvaiheet järjestyksessä:

- Asennuspaikat tarkastetaan tilaajan toimittamasta suunnitelmakartasta
- Pisteiden maastoon merkintä ja maanalaisen infran selvitys kohteeseen.
- Työputkien asennus kovaan pohjaan tai kalliota vasten
- Kallion varmistus työputkien läpi
- Työputken huuhtelu (vedellä tai paineilmalla)
- Inklinometriputken sujutus työputkeen
- Työputkien poisto inklinometriputken ympäriltä ilman pyöritystä
- Nollamittaus ja nollamittauksen jälkeiset vertailumittaukset nollamittaukseen nähden. Putken mittaukset aloitetaan aina pohjalta ylöspäin ja tavanomainen mittaus taajuus on 0,5 metrin välein aina maanpinnalle asti.

Inklinometriputken asennusta valmisteleavan porauksen vaiheessa on hyvä, että asentaja tekee aistinvaraisia havaintoja eri maalajikerroksista porauksen aikana. Inklinometriputken asennuksen aikana, kun työputkia lähdetään nostamaan putken ympäriltä pois, pitäisi pyrkiä välttämään pyöritystä ja jos sitä joudutaan tekemään, on se kirjattava huomiona asennuspöytäkirjaan. Tämä edellä mainittu pyöritys saattaa aiheuttaa putken kiertymisen, jolloin putki ei ole käyttökelpoinen. Mikäli tällaista putken kiertymistä huomataan / havaitaan, on putken asennus aloitettava alusta. Asentamisen jälkeen putken ja työputken välinen kolo tulee täyttää asennussoralla tai hiekalla mikä pitää todeta aina kohdekohtaisesti. Tämä asennussoran käyttö lyhentää itse putken asettumista maaperään. Tai jos tällaista täyttöä ei tehdä voi putken asettumiseen kulua jopa kuukausia. Asennussora voidaan korvata vaihtoehtoisesti bentoniitilla. Bentoniittia voidaan käyttää, jos on mahdollista, että pohjavesi voi sekoittua tai paineellinen pohjavesi aiheuttaa ongelmia. (A.Pelho 2017, s 6–7.) Inklinometriputken asennuksesta on laadittu Väyläviraston toimesta ohjeistus, jota tässä hankkeessa on pyritty noudattamaan tarkasti Liite 1.

Inklinometriputken yleisin käytetty materiaali on ABS-muovi neljällä hahlolla, jotka määrittävät inklinometri mittaussuunnan (Kuva 2). Myös harvemmin käytetty materiaali on alumiini, jossa myös samanlaiset hahlot.



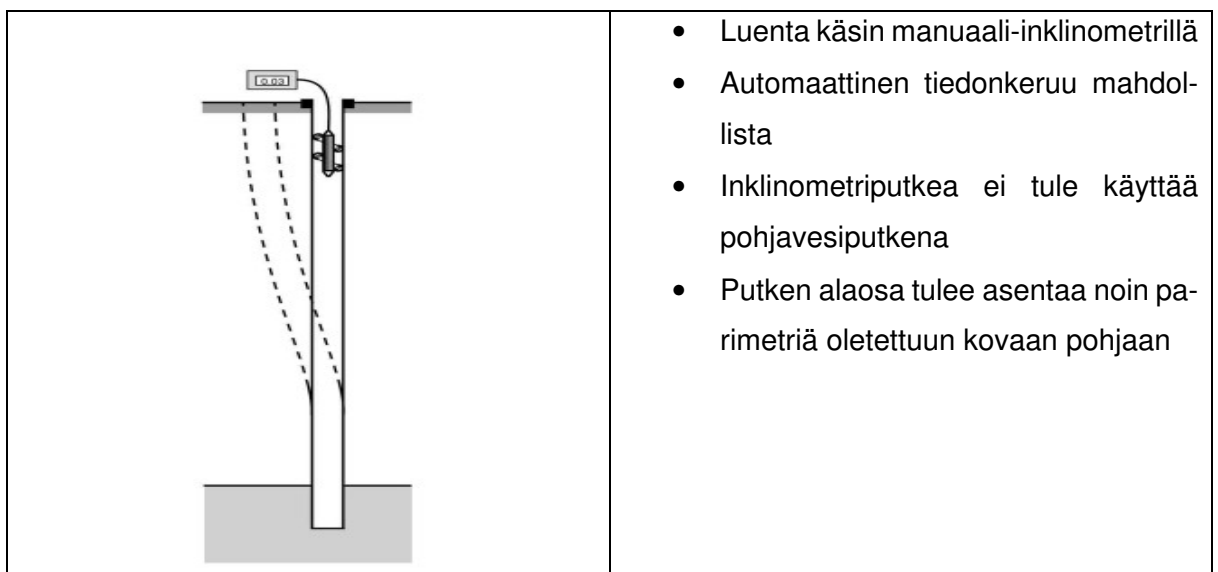
Kuva 2. Inklinometriputki ja vandaaliputki

Inklinometriputki asennetaan aina riittävän aikaisin ennen mittausten suorittamista, kuitenkin vähintään kaksi viikkoa ennen mittausten aloittamista. Tällöin putki ehtii asettua maaperään. Jos putki joudutaan asentamaan ennen varsinaisten mittausten aloittamista,

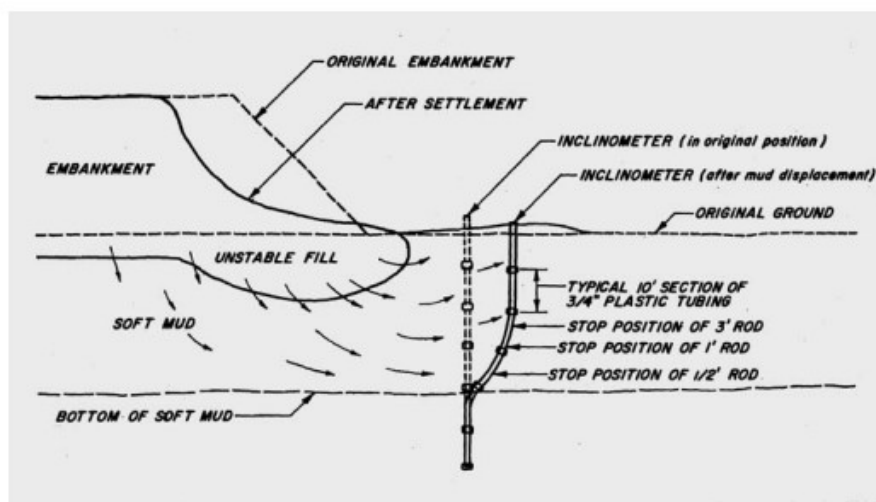
voi putken asettuminen aiheuttaa mittauksin virheitä. Näin ollen putki tulisi asentaa hyvissä ajoin ennen ensimmäistä mittaus kertaa tai vaihtoehtoisesti valita nollamittaukseksi sellainen mittauskerta, joka on tehty asettuneesta putkesta. (A.Pelho 2017, s 8.)

Pystysuoraan maan napaa kohti asennetusta putkesta saadaan inklinometrillä tietoa maaperän eri kerrosten vaakasuuntaisista siirtymistä. Painumien mittaaminen on mahdollista vaakasuuntaisilla inklinometreillä. Silloin tulee varmistaa putken pään paikallaan pysyminen. (A.Pelho 2017, s 8.)

Kuvassa 3 ja 4 havainnollistetaan mittausta ja miten putki käyttäytyy maaperässä.



Kuva 3. Inklinometrin toimintaperiaate (J.Bäcklund 2013, s 31)



Kuva 4. Kuvassa kuvattuna millaista tilannetta putkella kuvataan ja mitataan (G.Machan & V.G Bennett 2008, s 23)

Tässä työssä ei käsitellä auttomaattimittausmenetelmällä toimivaa inklinometriä/-putkea.

Mittaustieto esitetään yleisesti diagrammi kuvaajina, joista saadaan mitattua siirtymien suuruksia.

Kohteeseen asetetaan joissakin tapauksissa hälytysrajat siirtymien reagointia varten ja nämä hälytysrajat määritetään aina tapauskohtaisesti. Tällainen hälytysraja määritellään yleensä, kun seurattavalla kohteella tehdään rakentamistöitä tai kohteen stabiiliteetti on vaarassa ja inklinometriputken tarkoitus on varoittaa kohteen stabiiliteetin vaarantumisesta. Kun kohteelle on asetettu jokin hälytysraja ja tämä raja-arvo ylittyy kohteessa, tulee ryhtyä toimenpiteisiin, jotka rajoja asetettaessa on ilmoitettu. Tällaisessa kohteessa, jossa siirtymän rajat on määritetty, asennetaan yleisesti automaattiputki, josta saadaan hälytys suoraan tekstiviestinä puhelimeen, kun kyseinen arvo on ylitetty.

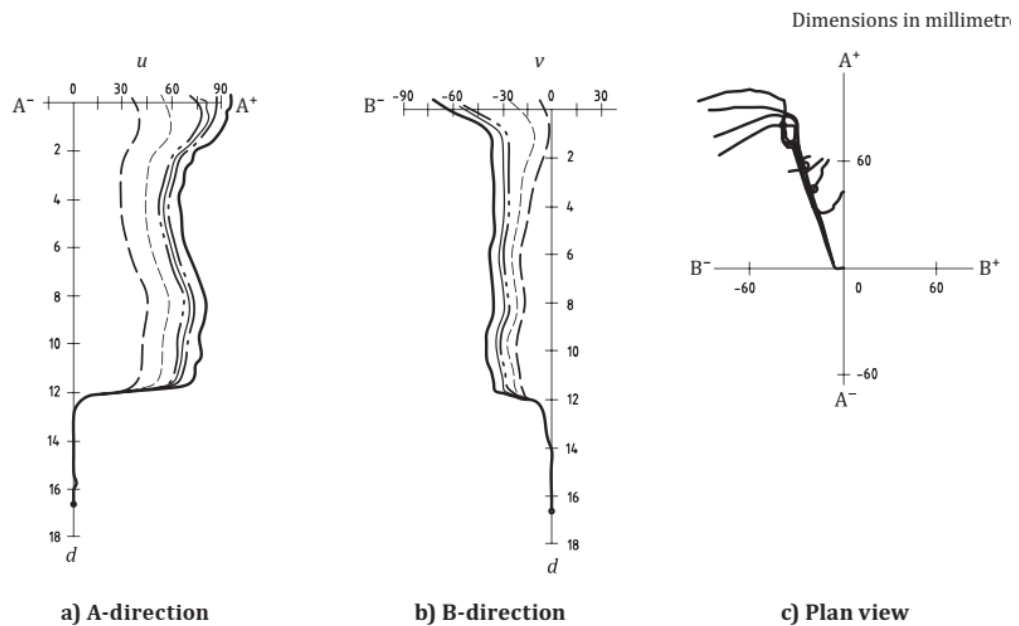
1.2 Mittaustiedon hyödyntäminen

Monitoroinnin hyötynä saadaan tietoa rakenteissa ja maaperässä mahdollisesti tapahtuvista muutoksista. Näillä mittauksilla saadaan ennakoivaa tietoa ja mahdollisesti korjauviin toimenpiteisiin voidaan puuttua ajoissa, ennen kuin muutokset maaperässä ehtivät aiheuttaa onnettomuuksia.

Näillä mittauksilla pystytään ennalta ehkäisemään alentavasti kustannuksia, sillä kaikkiin epävarmuustekijöihin ei tarvitse varautua mitoituksen kautta. Näillä mittauksilla voidaan myös todentaa, että mahdollisesta työmaatoiminnassa ei aiheuteta vahinkoa olemassa oleville rakennuksille, rakenteille tai muulle ympäristölle. (FinMeas Oy 2021)

Kuvassa 5 on esitetty SFS standardin ohjeesta, inklinometriputken mittausten esitystapa.

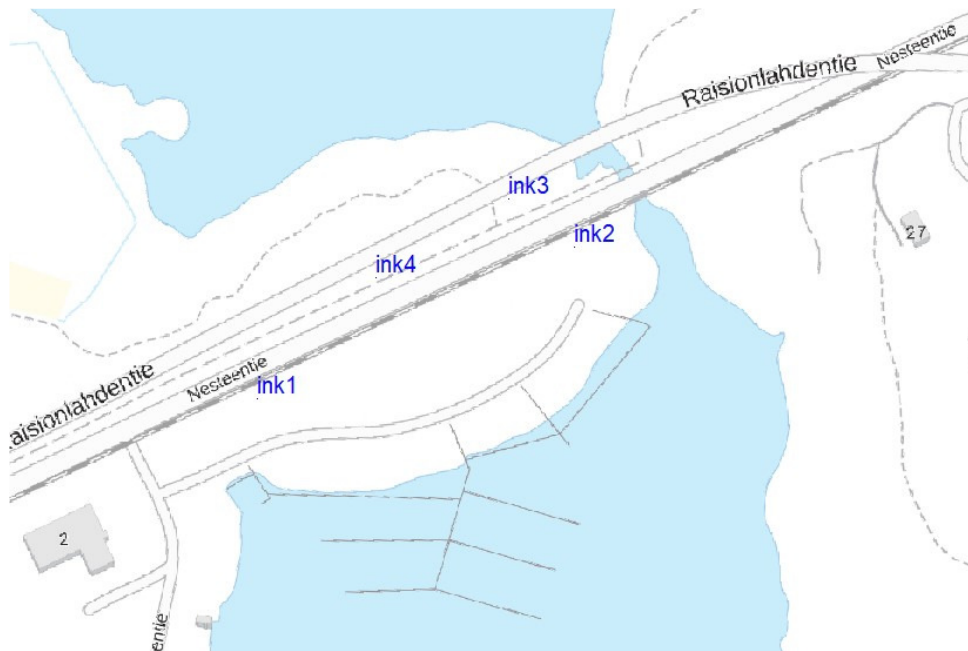
- A- suunta
- B- suunta
- Putken siirtymän suunta, A- ja B- suunnan suhteen



Kuva 5. Mittausten esitystapa esitettynä SFS-standardin ohjeen mukaisesti (SFS-EN ISO 18674-3:2017, s. 32)

2 E18-TIEN MAAPERÄN LIIKEIDEN SEURAAMINEN

Kohde, johon inklinometriputkia asennettiin, sijoittuu E18 tien parannussuunnittelu hankkeeseen ja inklinometriputkilla seurataan olemassa olevia rakenteita. Näitä rakenteita alueella on erilaisia, joita tullaan käsittelemään seuraavissa kappaleissa, kuin myös alueen pohjaolosuhteita. Kuvassa 6 on esitetty kohteen sijainti.



Kuva 6. Kohdekartta. Pisteet 1–4 esittävät inklinometriputkien sijainteja.

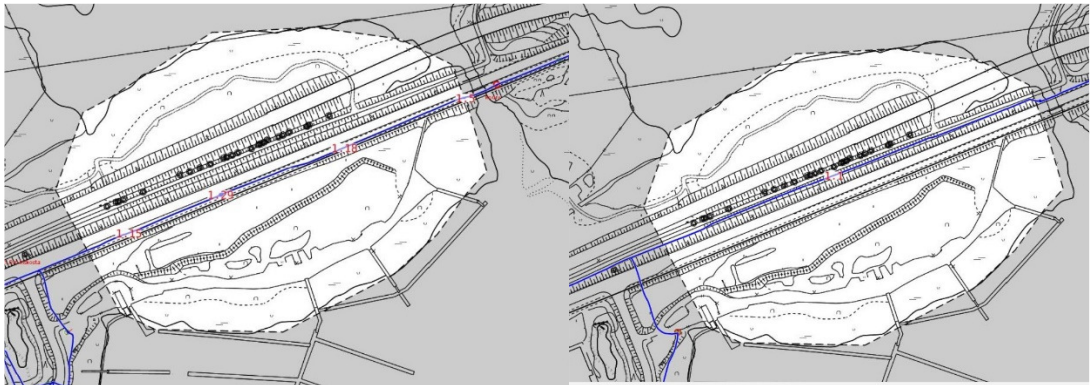
2.1 Pohjaolosuhteet

Pohjaolosuhteet olivat maaperän suhteen erittäin haasteelliset joidenkin työputkien poraamiseen suhteen. Näitä haasteita aiheuttivat luonnonmaan pinnalle ajettu täyttömaat, jotka sisälsivät eri kokoisia kiviä tms. Tämän täyttörakenteen alla tuli vastaan joko luononsavi tai vastaavasti luononsaveen sekoittunutta täyttöä. Tämän luonnomaasaven / sekoittuneen maakerroksen alta vastaan tuli joko soraa tai moreenia. (Asennuskortti; Liite 2 ja Pohjatutkimusdiagrammi; Liite 3)

2.2 Olemassa olevat rakenteet

Kohteessa olemassa olevia rakenteita olivat kaksi ajoväylää, kevyenliikenteenväylä ja junarata. Toinen ajoväylä on E18-tie ja toinen 185-Raisionlahdentie. Teiden E18 ja 185 välissä kulkee kevyenliikenteen väylä ja E18-tien eteläpuolella kulkee junarata.

Olemassa olevia infrarakenteita on myös maanalainen infra, johon kuuluu sähkö-, telekaapelit, vesi- ja viemärijohtot. Kuvassa 7 on esitetty kohteessa sijainneiden kaapeleiden sijainteja.



Kuva 7. Kuvassa esitetty kohteessa olevien kaapeleiden sijainteja

3 PUTKEN ASENNUS JA MITTAUS

3.1 Asennukseen käytetty laitteisto

Asennettavien putkien maastoon merkinnässä käytettiin Trimblen valmistamaa TSC 3 maastotallenninta ja r10 RTK-GNSS satelliittiantennia (Kuva 8). Edellä mainitulla laitteistolla saadaan maastoon merkittyä suunnittelijan ETRS-GK-koordinaatein ilmoittamat putkien paikat erilaisilla formaateissa kuten *.gt, *.dxf tai vaihtoehtoisesti maastotallentimeen manuaalisesti syöttämällä X- ja Y-koordinaatit.



Kuva 8. Trimble laitteisto ja vandaaliputki

Putkien asentamiseen hankkeessa käytettiin kahta erityyppistä raskasta maaperätutkimusvaunua. Toinen on Geomachine Oy:n valmistama GM200 tela-alustainen poravaunu ja toinen Konenikkarit Oy:n valmistama Pro Silva runko-ohjattava pyöräalustainen vaunu (Kuva 9).



Kuva 9. Pro Silva ja GM200

Lisäksi asentukseen tarvittiin pientarvikkeistoa. Tähän pientarvikkeistoon sisältyi akkuporakone, popniittipihdit, popniitit ja rautasaha. Akkuporakonetta käytettiin putkien liittämässä porattaessa liitosmuhvikappaleisiin popniittejä varten reiät. Popniiteillä liitettiin putket yhteen. Lisäksi tarvittiin rautasahaa putken lyhentämiseksi oikeaan mittaan, jotta työputket saatiin nostettua kivuttomasti putken ympäriltä.

3.2 Putken asennus

Inklinometriputket asennettiin kahta erilaista maaperätutkimusvaunua käyttäen, jotka mainittu asentukseen tarvittuissa laitteistossa. Työ aloitettiin poraamalla (Kuva 10) riittävän suuret työputket (sisähalkaisija 68 mm) maaperään ulottaen iskuputkien kärkikruunu 2 m ns. liikkumattomaan kitkamaahan eli moreeniin tai vaihtoehtoisesti kallion pintaan. Kun putkien kärkikruunu saatiin ulotettua oletettuun kallion pintaan, niin kallio käytiin aina varmistamassa poratangoilla. Koko tästä työputkien poraamistapahtumasta kerättiin asennuskorttiin aistinvaraisia maalajitulkintoja. Nämä tulokset on esitetty inklinometriputken asennuskortissa liitteessä 2.



Kuva 10. Työputken poraus

Työputken porauksen jälkeen putki huuhdeltiin vedellä poratankojen kanssa koko työputkien matkalta pohjaan asti, kunnes työputkesta tuli lähes puhdasta vettä. Huuhtelun jälkeen työputken sisään alettiin sujuttamaan inklinometriputkea. Putkimateriaalina käytettiin OD 60 ABS -putkea. Nämä sujutettavat putket olivat kolme metriä pitkiä, jotka liitettiin toisiinsa liitosmuhveilla ja popniiteillä (Kuva 11 ja 12).



Kuva 11. Inklinometriputken sujutus



Kuva 12. Inklinometriputken jatkaminen

Inklinometriputken sujuttamisen jälkeen työputket nostettiin ylös. Ylös nostaminen tehtiin hyvin varovaisesti välttämällä työputkien pyörittämistä, ettei tapahtuisi inklinometriputken kiertymistä. Kun työputket oli saatu onnistuneesti poistettua inklinometriputken ympäriltä, laskettiin putken ympärys täyteen asennussoraa. Asennussoran laskemisessa pidetään kirjaa soran määrästä. Soramäärä kiloina kirjattiin asennuskorttiin. Soran laskemisen jälkeen putken ympärille asennettiin vielä lukolla varustettu vandaaliputki.

3.3 Putken mittaustapahtuma

Inklinometriputken mittaus aloitetaan nollamittauksella putken asettumisen jälkeen. Tällä nollamittauksella pyritään saamaan tieto putken alkuperäisestä asennosta maassa. Nollamittauksen jälkeen voidaan aloittaa seurantamittaukset annettujen aikojen mukaan, jotka tässä kohteessa oli suunnittelija määrittänyt mitattavaksi neljän kuukauden välein.

Nollamittaus suoritettiin mittaamalla inklinometrillä putkea pohjalta ylöspäin 0,5 metrin välein ja tallennettiin inklinometrin antamat arvot tallentimeen. Seurantamittaukset tapahtuivat edellä mainitun syklin mukaisesti ainoana poikkeuksena, että pohjalla oleva

arvo pitää saada mahdollisimman lähelle samaa tulosta kuin nollamittauskerralla, jotta pehmeissä maakerroksissa ei tapahtuisi mittauksellisia virheitä. (Nollamittaus; Liite 3. Mittauskerta 1; Liite 4).

Mittauksissa on hyvä muistaa, että käytettävä anturi on mittauksissa aina sama. Jos anturi vaihtuu mittausten välissä, on huomattavasti vaikeampaa saada mittauksia sopimaan keskenään yhteen.



Kuva 13. Inklinometrin laskeminen putkeen

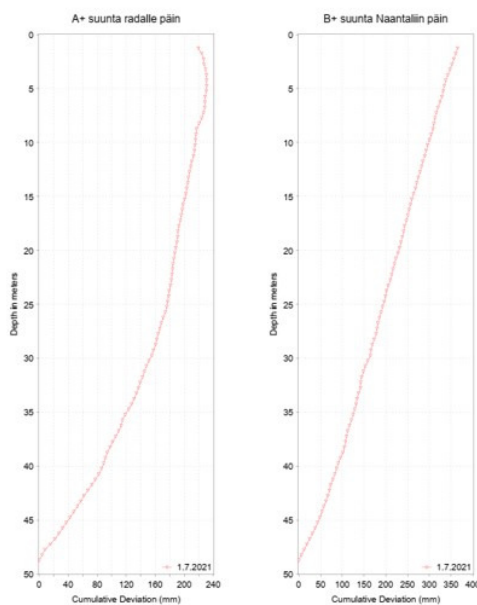


Kuva 14. Inklinometrin tallennin mallia Digitilt DataMate II

4 MITTAUSTULOKSET JA TULOSTEN TULKINTA

4.1 Nollamittaus

Raisionlahden inklinometrimitaukset tehtiin ensimmäisen kerran 1.-2.7.2021. Mittaukset tehtiin kaikille neljälle alueelle asennetuille uusille inklinometriputkille. Kaikkien putkien mittaussuunnat oli valittu siten, että A+ suunta on noin kohti kaakkoa eli poispäin pohjoisemmasta tiestä ja B+ suunta kohti Naantalia. Putken sijainnit on esitetty liitteessä 4.



Kuva 15. Kuvaaja nollamittauksesta

Kaikkien uusien putkien 2021_1, 2021_2, 2021_3 ja 2021_4 osalta kyseessä ovat alkumittaukset ja niiden tuloksina on esitetty kuvaaja, joka esittää putken asentoa maassa. Huomautettakoon, että mittaukset on tehty 50 metrisellä kaapelilla, koska pitempää, toimivaa ei ollut saatavilla. Liitteessä 5, on esitetty kuvaaja nollamittauksesta. Kuvat on esitetty tyypilliseen tapaan niin, että y-suunnassa on putken syvyys metreissä ja x-suunnassa on siirtymä millilimetreissä (Kuva 15). Tällä mittauksella ja kuvaajalla esitetään missä asennossa putki on asennuksen jälkeen. Tästä kuvaajasta huomaa hyvin sen, että vaikka teräksisillä työputkilla kuinka yritetään putki asentaa maanpinnalta kohtisuoraan maanydintä kohti, niin se kääntyy maaperässä olevien kerrosten ja lohcareiden myötä hieman vinoon. Erityisesti tämä tulee esiin syvissä inklinometriputki asennuksissa.

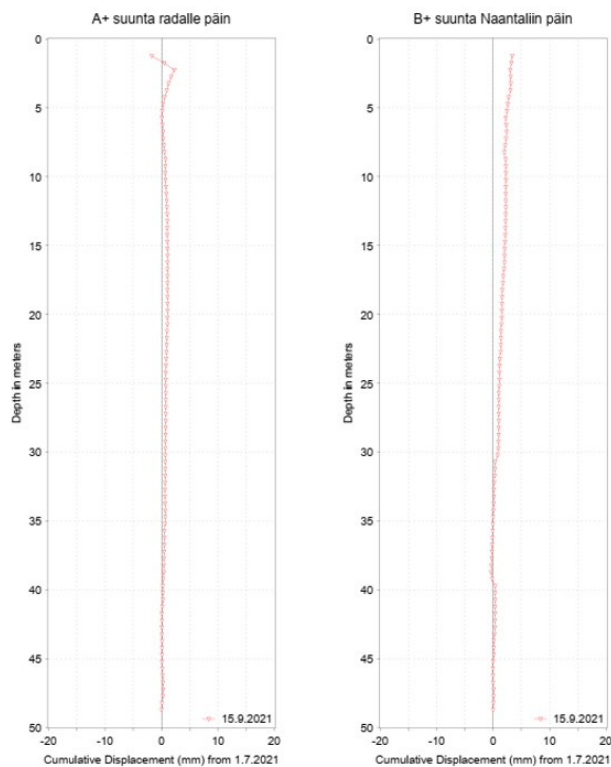
4.2 Ensimmäinen vertailumittaus

Syksyllä 2021 (15.9.2021) tehtiin ensimmäinen mittauskerta Raisionlahden 2021 asennetuilta inklinometriputkilta 1, 2, 3 ja 4. Kyseessä oli kyseisten putkien toinen mittauskerta eli ensimmäinen nollamittauksen jälkeisistä mittauskerroista.

Mittausten perusteella putkessa 2021_1 havaitaan tapahtuneen enimmillään noin 7 mm suuruista siirtymää kesäkuun lopussa tehdyn alkumittauksen jälkeen. Siirtymän suunta on noin kohti luodetta. Putkessa 2021_2 puolestaan havaitaan enintään reilun 10 mm suuruista siirtymää, joka on suurimmillaan pinnassa ollen noin kohti koillista.

Putkissa 2021_3 ja 2021_4 ei ole tapahtunut juurikaan siirtymää alkumittaukselta, havaittujen siirtymien ollessa vain muutamien millien luokkaa.

Kuvaaja yhdenputken tuloksesta esitetty liitteessä 6.



Kuva 16. Ensimmäinen vertailumittauskuvaaja nollamittaukseen nähden

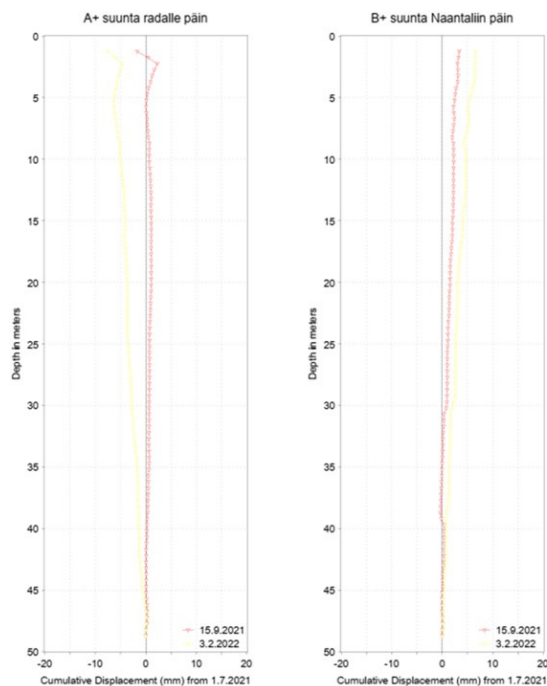
4.3 Toinen vertailumittaus

Toinen vertailumittaus Raisionlahdella käytiin tekemässä inklinometriputkien ns. joulukuun 2021 mittauskierroksen 3.-4.2.2022 aikana. Kierroksen yhteydessä mitattiin kaikki neljä uutta alueella olevaa inklinometriputkea. Yhden putken kuvaaja on esitetty liitteessä 7.

Edelliseltä mittauskerralta havaitut muutokset eivät ole kovinkaan suuria yhdessäkään putkessa.

Putken 2021_2 mittausten perusteella havaittiin putkessa tapahtuneen lisäsiirtymää edelliseltä mittauskerralta, siirtymän ollessa suurimmillaan noin 15 mm lähellä maanpintaa, siirtymän suunnan ollessa kohti Naantalia. Huomautettakoon, että todellinen muutos siirtymässä ei ole välttämättä näin suurta, vaan kyseessä saattaa olla osin mittausvirhe, mihin viittaisi se, että käyrän muoto on täysin sama edellisen mittauskerran kanssa ja käyrä on kallistunut heti pohjalta alkaen.

Mittaushetkellä putki 2021_1 oli kunnolla jäässä ja putki 2021_3 vähän vähemmän, joten sulattelimme ne kaasukäyttöisellä lämmittimellä ennen mittauksia, vandaalisuojaputkea riittävän kauan lämmittäen.



Kuva 17. Kuvaaja toisesta vertailumittauksesta

5 LOPUKSI

Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä inklinometriputken asennuksen erivaiheisiin ja havainnointiin. Opinnäytetyön tekemisestä sain paljon uutta oppia ja näkökulmia, joita pääsen tulevaisuudessa hyödyntämään, soveltamaan ja kehittämään eteenpäin työnsäni.

Tärkeimpänä seikkana itselleni nousi työnaikaisen raportoinnin tärkeys eri dokumenttien muodossa (putkiasennuskortti ja kairausdiagrammi). Asennustyön edetessä korostui myöskin maalaisjärjen käyttäminen suhteutettuna kirjalliseen ohjeistukseen, koska välttämättä kaikkea ei pysty toteuttamaan ohjeistusten mukaisesti, vaan tapauksen mukaan on yleensä sovellettava. Putkien asennusta suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon maaperäolosuhteet, koska ne ovat verrattain erilaisia ja näin ollen jokainen putki on oma yksilönsä.

Tästä työstäni saamallani kokemuksella yritän parhaani mukaan kehittää alaa ja antaa palautetta ohjeistuksien tekijöille, jos ja kun aihetta ilmenee.

LÄHTEET

Bäcklund, J. 2013. Geotekninen monitorointi Suomessa. Diplomityö Aalto-yliopisto 2013.

FinMeas Oy 2021. Monitorointi infrarakentamisessa. Viitattu 19.01.2022 <https://finmeas.com/automaattinen-monitorointi-infrarakentamisessa-5-syyta-miksi-se-kannattaa/>

Machan, G. & Bennett, V.G. 2008. Use of Inclinerometers for Geotechnical Instrumentation on Transportation Projects

Mitta Oy 2021–2022, Hankeen lähtötiedot ja raportit

Pelho, A. 2017. Geoteknisen mittaamisen ja monitoroinnin olennaiset käsitteet ja periaatteet. SGY 2017

SFS-EN ISO 18674-3:2017. Geotechnical investigation and testing. Geotechnical monitoring by field instrumentation. Part 3: Measurement of displacements across a line: Inclinerometers. Helsinki 2017



Väylävirasto
Trafikledsverket

Ohje

1 (6)

3.11.2020

VÄYLÄ/7560/06.04.01/2020

Vastaanottaja

Väylävirasto, ELY-keskukset / liikenne- ja
infrastrukturi

Korvaa/muuttaa

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3, Radan rakenne
(LO 13/2018), Liite 4, luku C

Kohdistuvuus

Liikenneväylien suunnittelu ja toteutus

Voimassa

15.11.2020 alkaen

Asiasanat

geotekniikka, pohjarakennus, seurantamittaus, ohjeet

Inklinometrin asennusohje

Tässä ohjeessa esitetään vaatimukset radan seurantamittauksessa käytettävien inklinometriä asentamiselle. Ohje soveltuu myös muuhun tarkoitukseen käytettävän inklinometrin asentamiseen.

Osastonjohtaja, tekniikka ja ympäristö Minna Torkkeli

Rautatieliikennejohtaja Markku Nummelin

Asiantuntija, geotekniikka Panu Tolla

Ohje on osa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmää rautatietojärjestelmien osalta.

Lisätietoja
Panu Tolla
Väylävirasto
etunimi.sukunimi(at)vayla.fi

Väylävirasto
PL 33
00521 HELSINKI

puh. 0295 34 3000
faksi 0295 34 3700

kirjaamo@vayla.fi
etunimi.sukunimi@vayla.fi

www.vayla.fi

Johdanto

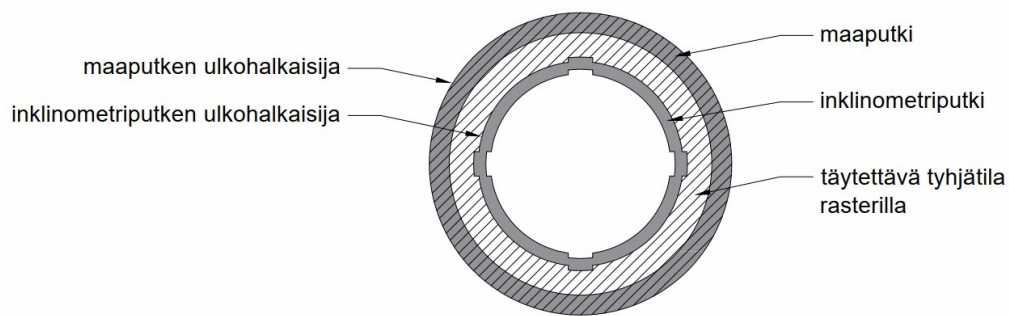
Inklinometrien asennus on vaativa tehtävä. Asennuksen puutteet vaikuttavat mittaus- tuloksiin ja vaikeuttavat seuranta. RATO 3 -ohjeet on laadittu ratapenkereeseen asennettaviin inklinometreihin, mutta ne soveltuvat myös muihin kohteisiin.

Asentamisessa tulee noudattaa standardia "EN ISO 18674-3 Geotechnical Investigation and testing – Geotechnical monitoring by field instrumentation – Part 3: Measurement of displacements across a line: Inclinometers".

Inklinometriputken poraus

Inklinometriputken asennuksesta tulee laatia Inframodel-tiedosto ja inklinometriputkikortti, joka sisältää vähintään seuraavat asiat:

- asennuskalusto ja työmenetelmäkuvaus
- asennuspäivä, asentajan nimi ja yhteystiedot, suunnittelija (yritys ja henkilö)
- ratakilometri ja sivuetäisyys (oikealle tai vasemmalle) - tiessä mittaussuunta vastavasti tierekisteriosoitteen tai hankkeen paalutuksen mukaan
- inklinometriputken sijainti x-, y- ja z-koordinaatteina sekä käytetty korkeus- ja koordinaattijärjestelmä
- putken pituus (maanpinnasta alaspäin ja maanpinnan yläpuolelle jäävä osuus)
- havaitut täyttö- ja maakerrosrajat
- huomiot pohjavedestä ja arvio pohjaveden syvyydestä
- inklinometriputken materiaali ja koko (ulkohalkaisija & sisähalkaisija)
- asennuksessa käytetyn maaputken sisä- ja ulkohalkaisija sekä kruunun ulkohalkaisija
- maaputken ja inklinometriputken välinen täyttö; täytön osalta on raportoitava täyttömateriaalin tyyppi, menekki sekä laskennallinen menekki
- laskentakaava:
$$\left(2 \sum_{i=1}^n a_i^2 - 2 \sum_{i=1}^n a_i \right) \cdot \pi / 4$$
- mittaushahlojen suunnat (pyritään asentamaan hahlo kohtisuoraan rataa tai tietä ellei asennussuunnitelmassa toisin mainita) • muut huomiot asennuksen aikana.



Inklinometriputken asennuksesta tulee toimittaa Liikenneviraston ohjeen 10/2015 liitteen 3 mukainen työraportti.

Inklinometreista esitetään karttatuloste, jossa on esitetty inklinometrien positiiviset A- ja B-suunnat. Suunnat asetetaan ja esitetään kuvan L4.1. mukaisesti.

Maaputkea nostettaessa ei tule käyttää pyöritystä. Pyöritys saattaa johtaa inklinometriputken kiertymiseen, jota ei saa tapahtua. Asentajan on kirjattava ylös, mikäli nostaessa kuitenkin on jouduttu käyttämään pyöritystä. Mikäli inklinometriputken havaitaan kiertyvän, asennus on aloitettava alusta. Inklinometriputki tulee täyttää vedellä nosteen vähentämiseksi heti putken asentamisen jälkeen. Putken painaminen alaspäin nostetta vasten voi heikentää mittaustarkkuutta. Putkeen ei tule tehdä reikiä, koska tällöin putki myös lietty, mikä haittaa mittausta.

Inklinometriputken ympärille jäävä tyhjätila tulee täyttää huolellisesti, jotta putki asettuu mahdollisimman nopeasti ja hyvin asentamisen jälkeen. Tavoitteena on poistaa epäily vaillinaisesta ympäristäytöstä ja sen vaikutuksesta mittaustulosten laatuun. Tyhjätila putken ympärillä voi aiheuttaa pitkään jatkuvaa putken asettumista, mikä heikentää tulosten tarkkuutta ja luotettavuutta. Reikä ei välttämättä sorru ja umpeudu pidemmänkään ajan kuluessa. Tämä voi pahimmassa tilanteessa aiheuttaa todellisten siirtymien tulkitsemisen asettumiseksi.

Maaputkea nostettaessa on riski, että myös inklinometriputki nousee mukana. Tätä riskiä voidaan pienentää tekemällä täyttöä vähän kerrallaan putkea nostettaessa. Koko maa- ja inklinometriputken välistä osuutta ei saa täyttää kerralla. Lisäksi on mittaamalla tarkistettava, ettei inklinometriputki ole noussut asennuksen aikana.

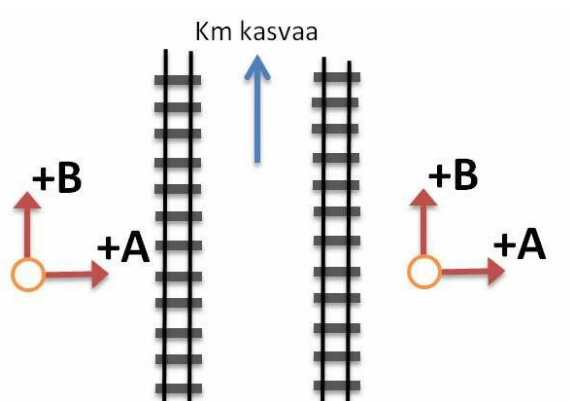
Tyhjätilan täyttämiseen käytettävän hiekan tulee olla tasarakeista ja holvautumatonta. Toimivimmaksi on havaittu suodatinhiekkä 1–3 mm, mutta tuote tulee tilata. Ympärystyttöä voidaan tiivistää esim. vesihuuhtelulla. Tyhjätila tulee täyttää vedellä hiekan asentamisen jälkeen. Hiekkatäytön määrästä tulee pitää kirjaa. Määrä tulee ilmoittaa kg, kg/m tai litroissa. Paineellisen pohjaveden aiheuttaman vuodon tukkimiseen voi käyttää bentoniittia.

Toimivimmaksi havaittu ympärystytön työvaiheistus: 1.

Maaputken poraus ja inklinometriputken asennus.

2. Maaputki nostetaan siten, että maaputkea on maassa 5–8 m.
3. Hiekkatäyttöä tehdessä hiekan korkeutta mitataan riittävän pitkällä rullamitalla, josta on poistettu pää.
4. Hiekkaa lisätään, kunnes hiekka on noin 1 m maaputken alapään alapuolella
 - Inklinometriputken heiluttaminen on sallittua hiekan holvautumisen estämiseksi.
5. Maaputkea nostetaan 1–2 m ja täyttöä jatketaan vastaavasti.
6. Lopputäyttö ja veden lisäys ympärystyttöön tehdään vandaaliputken asennuksen jälkeen.

Inklinometriputki pyritään asentamaan riittävän aikaisin ennen mittauksen suorittamista, jotta putki ehtii asettua, eikä tästä aiheudu virheellisiä siirtymiä. Inklinometriputki tulisi asentaa noin 3 kk ennen mittauksen aloitusta ja/tai valita referenssimittaukseksi sellainen mittaus, joka on asettuneesta putkesta.



Kuva L4.1. Inklinometrien + suunnan asettaminen radalla. Tiessä mittaussuunta vastaavasti tierekisteriosoitteen tai hankkeen paalutuksen mukaan

D: Malli Inframodel -tiedonsiirtoformaatin mukaisesta Inklinometriputkitiedostosta

FO 2.2 Novapoint_Soundings_Editor 3.0.7 KJ

GK24 N2000

TY INKLI

TT PO - 1 - -

XY 6821616.652 24489681.990 111.975 26112015 - 0.00 0 srHk

HM Inklinometri, manuaali

1.35 0 Sa

8.40 0 Sa

11.40 0 Hk

17.55 0 Hk

18.00 0 Hk

18.20 0

18.40 0

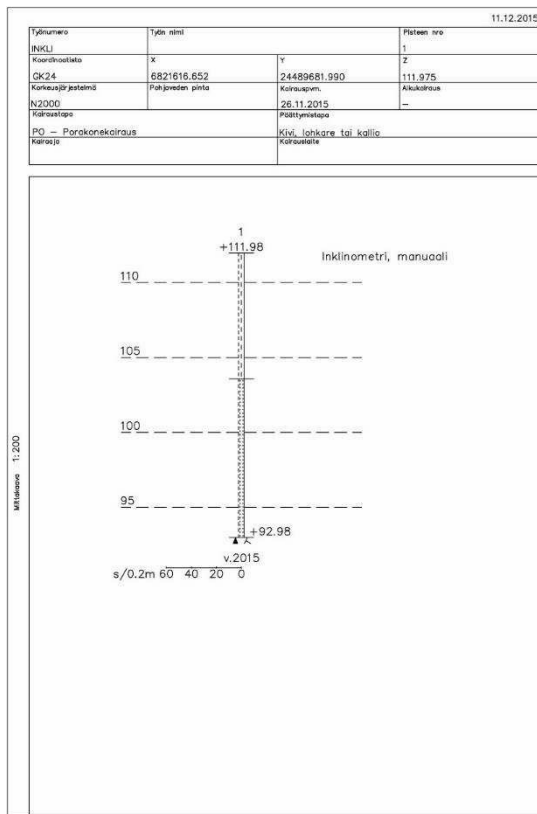
18.60 0

18.80 0

19.00 0

-1KL

Siirtotiedosto kairausdiagrammina alla



Automaatti-inklinometrin asentaminen inklinometriputkeen

Automaatti-inklinometri tulee asentaa inklinometriputkeen siten, että mittaussuunnat voidaan varmistaa asennuksen yhteydessä. Asennettuun inklinometriin merkitään asennussuunnat näkyvälle paikalle suojaputken pintaan. Mittauslaitteiston rakenteen tulee olla kiertymätön. Laitteisto asennetaan mittaamaan radan suuntaista ja radan poikkisuuntaista siirtymää. Inklinometriputken tyhjätilan täyttämiseen käytettävän hiekan tulee olla tasaraakeista ja holvautumatonta esim. suodatinhiekkä 1–3 mm. Hiekka valutetaan vedellä täytettyyn putkeen. Sekä putkeen menevä laskennallinen hiekan määrä että toteutunut määrä raportoidaan.

Automaatti-inklinometrin asennuksesta tulee toimittaa asennuspöytäkirja, johon merkitään

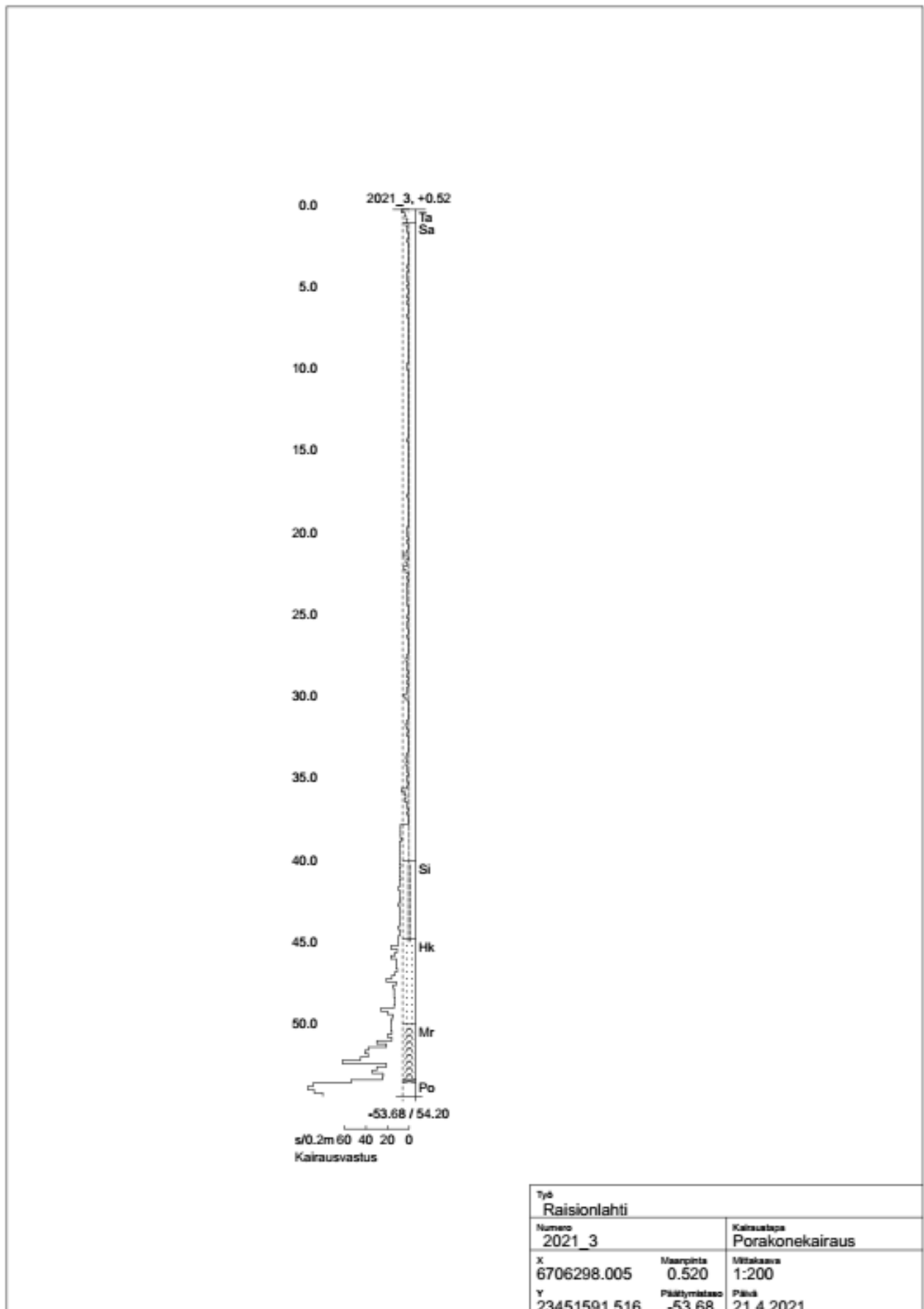
- asennuspäivämäärä, asentajan nimi ja yhteystiedot

- ratakilometri ja sivuetäisyys (tiessä mittaussuunta vastaavasti tierekisteriosoitteen tai hankkeen paalutuksen mukaan)
- automaatti-inklinometrin pituus
- ylimmän anturin syvyys ja tieto, onko se mitattu maanpinnasta vai vandaaliputken yläpäästä
- inklinometriputken täyttömateriaalin tyyppi, menekki sekä laskennallinen menekki
- huomiot pohjavedestä
- muut huomiot, mm pysyykö vesipinta putkessa ennen täyttöä □ anturiputken ja suo-
japutken välinen etäisyys syvyys suunnassa.

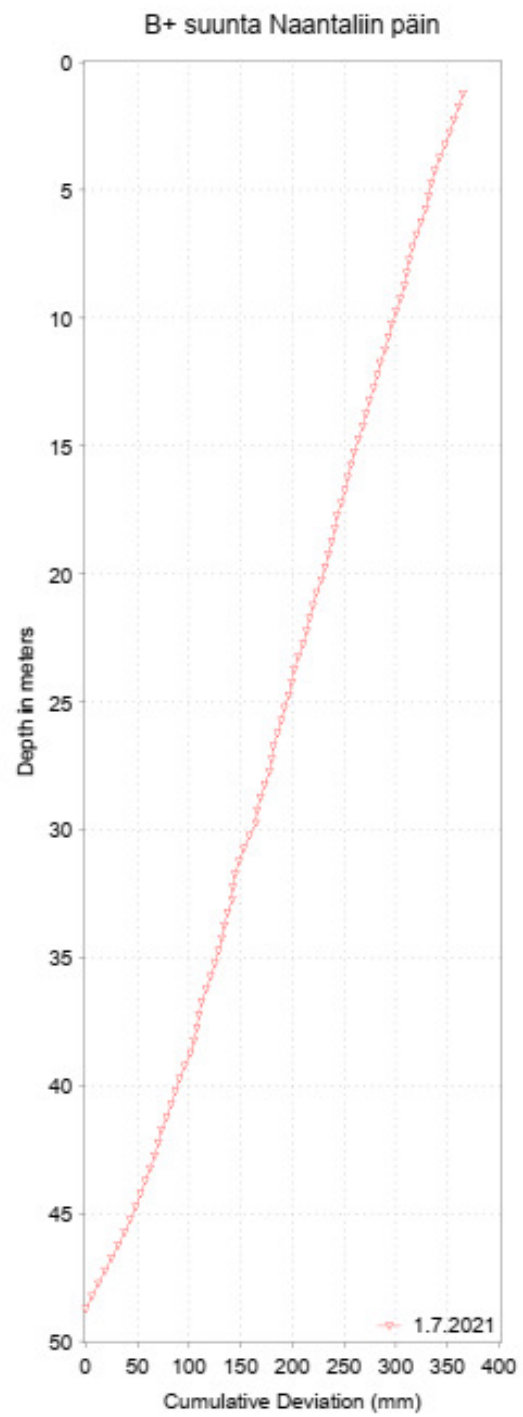
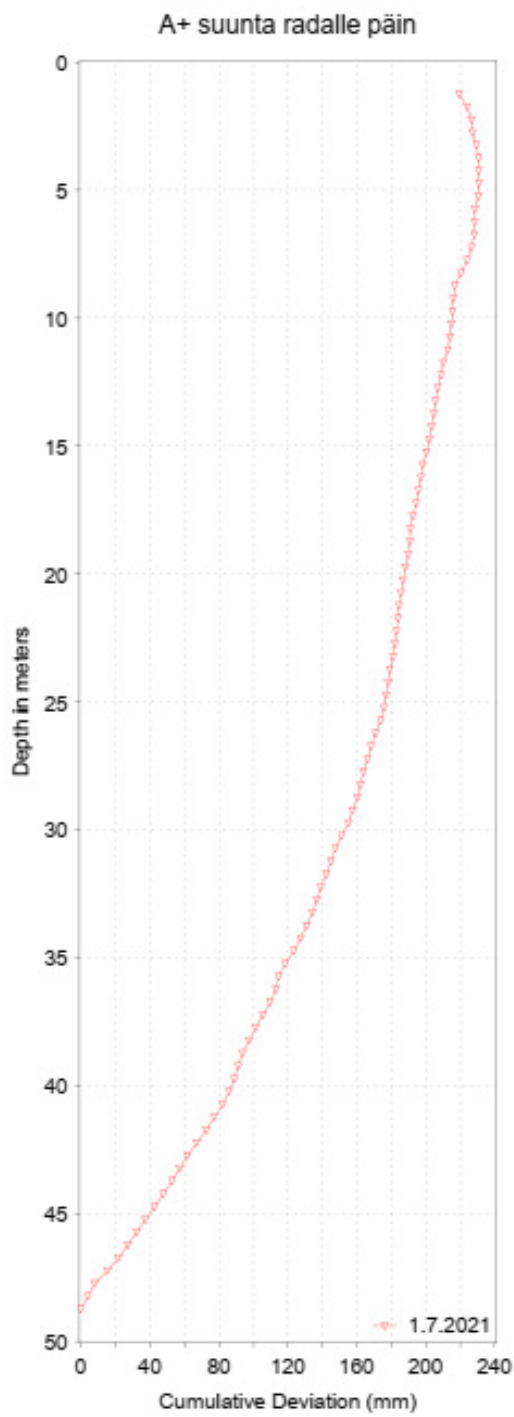
Suomessa yleisesti käytössä oleva automaatti-inklinometri koostuu kolmemetrisistä toisiinsa liitetyistä osista. Liitososan ollessa auki kolmemetriset osat saa kuljetuksen ajaksi nippuun. Lukitusosan ollessa kiinni osat lukittuvat toisiinsa yhtenäiseksi sauvaksi, jossa kaikki anturit ovat toisiinsa nähden samassa suunnassa. Suunta on merkitty jokaiseen anturiin, jotta antureiden suunnan varmistaminen asennuksen yhteydessä on mahdollista.

Automaatti-inklinometri asennetaan inklinometriputkeen siten, että alin osa nostetaan pystyyn ja lasketaan inklinometriputkeen. Seuraavaksi toinen osa nostetaan pystyyn alimman osan päälle ja lukitusosa lukitaan. Tämä toistetaan, kunnes kaikki inklinometrin osat ovat inklinometriputken sisällä. Ylimmän anturin yläpuolelle asennetaan ruuviliitoksella oikeanmittainen tyhjä putki, jolla ylin anturi painetaan oikealle syvyydelle. Ylimmässä anturissa on suuntamerkki, joka kohdistetaan tyhjän putken kyljessä olevan viivan kanssa.

Kun tyhjä ylin putki on paikallaan, automaatti-inklinometrin suunta säädetään maastoon nähden oikeaksi ja lukitaan lukitustyökalulla vandaaliputkeen. Inklinometriputken ja automaatti-inklinometrin välinen tyhjätila täytetään ensin vedellä ja sitten suodatinhiekkalla. Hiekan menekin tulisi olla noin 1 säkki/8 m inklinometriä. Kun inklinometriputki on täynnä hiekkaa, asennus on valmis. Asennettuun inklinometriin merkitään asennussuunnat näkyväälle paikalle.

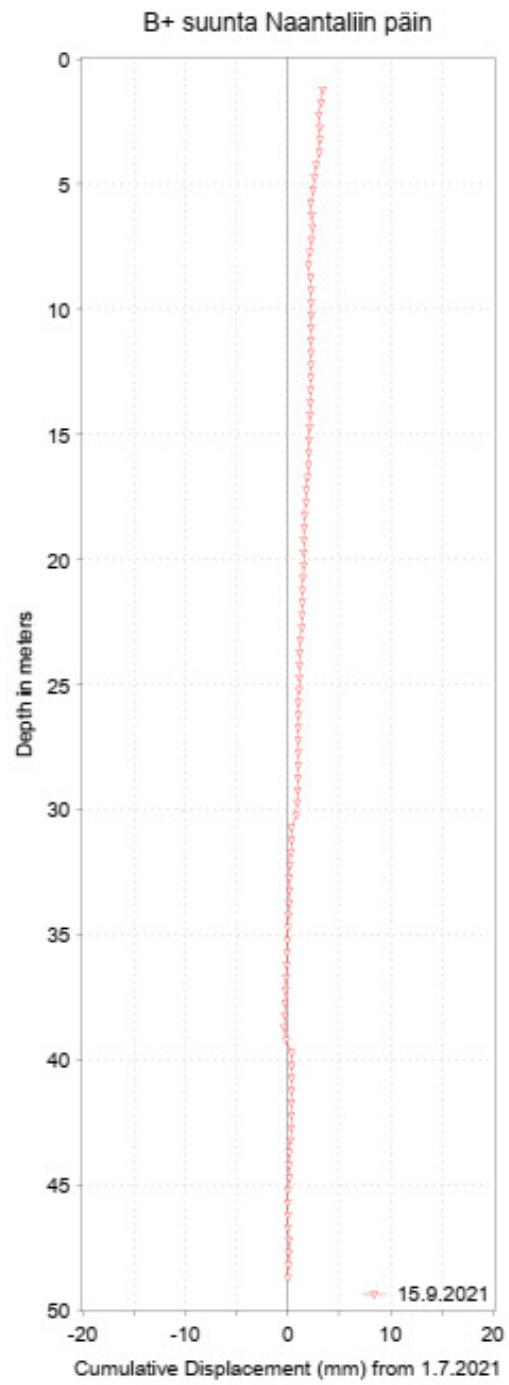
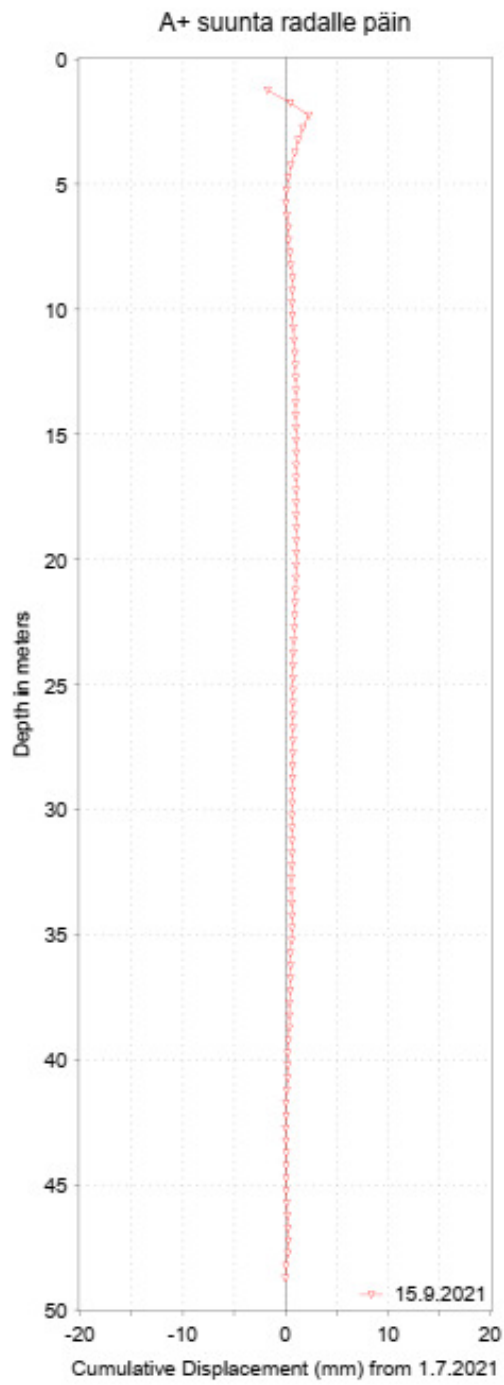






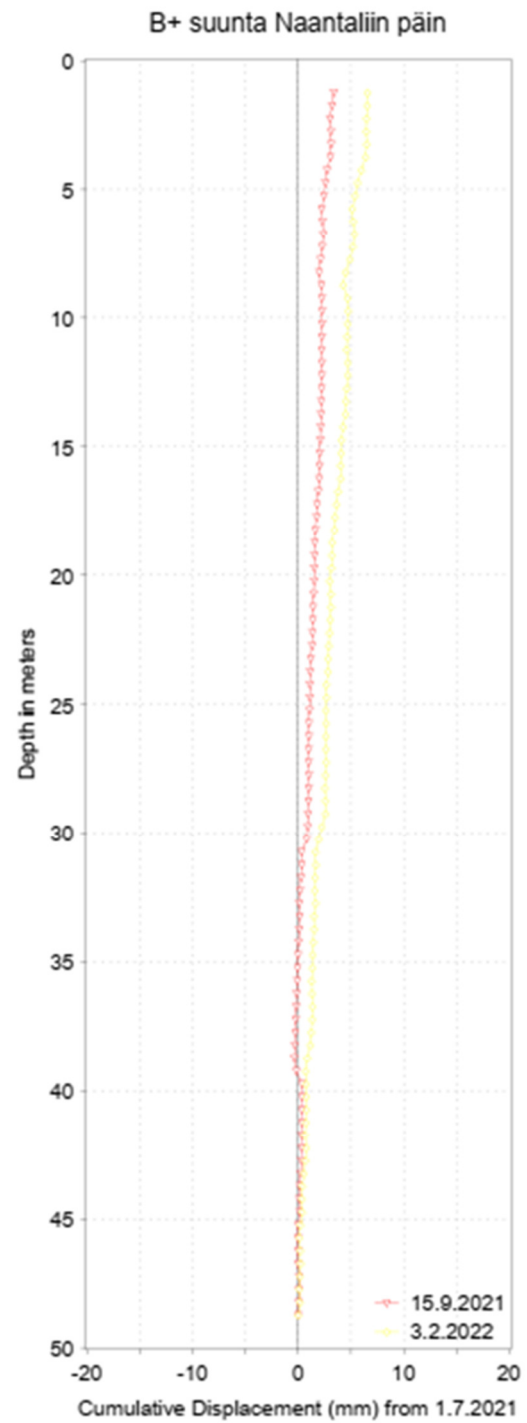
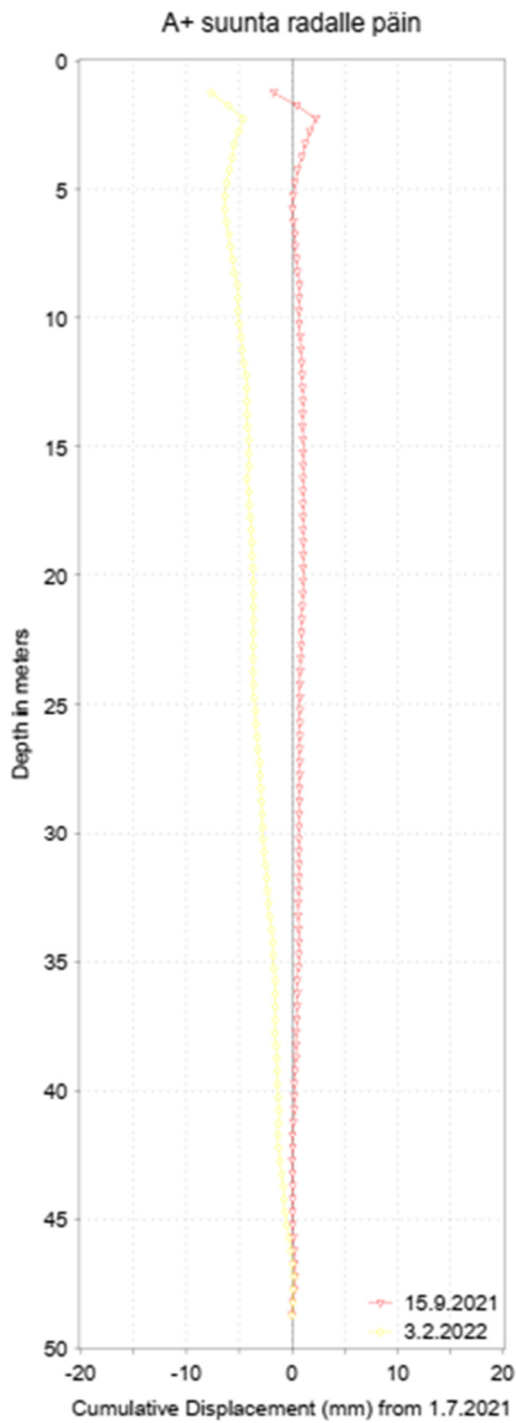
MITTA OY
 Mittaaja: Minna Löytynoja
 Asennettu 21.4.2021
 Mitattu anturilla nro 28950B

Naantali-Raisio, Nesteentie
 Putki 2021_3
 X = 6708298.005
 Y = 23451591.516 (ETRS-GK23)



MITTA OY
 Mittaaja: Minna Löytynoja
 Asennettu 21.4.2021
 Mitattu anturilla nro 28950B

Naantali-Raisio, Nesteentie
 Putki 2021_3
 X = 6706298.005
 Y = 23451591.516 (ETRS-GK23)



MITTA OY
Mittaaja: Minna Löytynoja
Asennettu 21.4.2021
Mitattu anturilla nro 26950B

Naantali-Raisio, Nesteentie
Putki 2021_3
X = 6706298.005
Y = 23451591.516 (ETRS-GK23)