

**TUUSULAN MAAPERÄTUTKIMUS OY:N
POHJATUTKIMUSPROSESSI**

Purhonen Arttu

Opinnäytetyö

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2023

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Arttu Purhonen	Vuosi	2023
Ohjaaja(t)	Timo Karppinen		
Toimeksiantaja	Tuusulan Maaperätutkimus Oy		
Työn nimi	Tuusulan Maaperätutkimus Oy:n pohjatutkimusprosessi		
Sivumäärä	35 + 17		

Tämän opinnäytetyön aiheena oli pohjatutkimusprosessiin ja sen työvaiheisiin tutustuminen. Tarkoituksena oli kuvata Tuusulan Maaperätutkimus Oy:n suorittama pohjatutkimusprosessi ja tutustua aiheeseen sitä koskevien oppaiden ja ohjeistuksien kautta, joista kerättyjen tietojen avulla voitaisiin arvioida yrityksen toimintatapoja pohjatutkimusprosessissa ja pohtia mahdollisia kehityskohteita. Tavoitteena oli laatia pienrakennushankkeen pohjatutkimusta kuvaava työ, jota yritys voisi hyödyntää toimintatapojen kehittämisessä ja uusien työntekijöiden perehdytyksessä, jonka lisäksi työtä voisivat hyödyntää aiheesta kiinnostuneet henkilöt ja tahot.

Opinnäytetyö koostui pohjatutkimusta koskevasta teoriatiedosta sekä pohjatutkimusprosessin suorittamisesta. Opinnäytetyön laatija osallistui työssä kuvatun Tuusulan Maaperätutkimus Oy:n pohjatutkimusprosessin suorittamiseen. Opinnäytetyö kirjoitettiin aihetta koskevan kirjallisuuden, verkosta löytyvän materiaalin, asiantuntijoiden kommenttien, opinnäytetyön laatijan aiemman kokemuksen sekä työn tekemisen aikana saavutettujen tulosten perusteella.

Opinnäytetyön tuloksena havaittiin yrityksen pohjatutkimusprosessissa käyttämien menetelmien ja työn laadun olevan hyvällä tasolla luotettavien tietojen keräämiseksi rakennuskohteiden suunnittelua varten. Mahdollisina kehityskohteina havaittiin automaattisen tallentimen käyttöönotto kairauksissa sekä kattavampien kartoitusten laatiminen. Opinnäytetyöstä syntyi pienrakennushankkeen pohjatutkimusta kuvaava kokonaisuus, jota yritys voi hyödyntää toimintatapojen kehittämisessä sekä uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Aiheesta kiinnostuneet henkilöt ja tahot saavat opinnäytetyöstä hyvän kuvan pohjatutkimusprosessista ja yrityksen toimintatavoista.

Degree Programme in Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Arttu Purhonen	Year	2023
Supervisor(s)	Timo Karppinen		
Commissioned by	Tuusulan Maaperätutkimus Oy		
Title	The Ground Survey Process of Tuusulan Maaperätutkimus Oy		
Number of pages	35 + 17		

The purpose of this thesis study was to get to know about ground survey through theoretical knowledge, to describe the ground survey process carried out by Tuusulan Maaperätutkimus Oy and to evaluate the company's operating methods in the ground survey process. The goal was to find possible development targets in the company's operating methods and to prepare an overview of ground survey. The purpose was that the company could use the results in the development of its operating methods and in the orientation of new employees. Results could also be used by persons and entities interested in the subject.

This thesis consisted of theory and the completion of the ground survey process. The author of the thesis participated in the ground survey process which was carried out in accordance with the company's operating methods. The materials of the ground survey process and the observations during it were used to describe and evaluate the process. In addition, relevant literature, material found on the internet, experts' comments and own experience on the subject were used for the general description of the ground survey and the evaluation of the process.

As a result, it was found that the methods used by the company and the quality of the work were on good level to perform a reliable and high-quality ground survey. The introduction of an automatic recorder on rotary drilling and the making of larger surveys were identified as possible areas of development. The thesis resulted in an entity describing ground survey, which the company can use in the development of its operating methods and in the orientation of new employees. Persons and entities interested in the topic will get a good idea of ground survey process and the company's operating methods from the thesis.

Keywords

Land surveying, ground survey, rotary drilling

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 YLEISTÄ POHJATUTKIMUKSISTA	7
2.1 Tavoite ja tarkoitus.....	7
2.2 Pohjatutkimusta koskevia ohjeita ja määräyksiä	7
2.3 Pohjatutkimukseen valmistautuminen.....	8
2.4 Kartoitus ja pintavaaitus.....	9
2.5 Kairaus.....	10
2.6 Eri kairausmenetelmiä	10
2.6.1 Menetelmien soveltuvuudet.....	10
2.6.2 Painokairaus	11
2.6.3 Tärykairaus	14
2.6.4 Siipikairaus.....	15
2.7 Näytteenotto	16
2.8 Pohjavedenpinnan mittaaminen.....	17
2.9 Pohjatutkimuksen tulokset	18
3 POHJATUTKIMUSPROSESSI	19
3.1 Yleistä	19
3.2 Suunnittelu	20
3.3 Mittaustyöt	21
3.4 Kairaukset.....	22
3.5 Diagrammien laatiminen	25
3.6 Mittausaineiston loppukäsittely	25
3.7 Tulokset	27
4 POHDINTA.....	29
LÄHTEET.....	33
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Lähes kaikkiin rakennushankkeisiin kuuluu pohjatutkimusprosessi, joka on tärkeä vaihe rakennushanketta, kuten myös pohjatutkimuksen laadukas ja ammattitaitoinen toteutus. Rakennuskohteessa tehtävä pohjatutkimus, eli maaperätutkimus, on rakennushankkeen ensimmäisiä vaiheita ja se antaa lähtökohdat rakennuksen tai rakennelman laadukkaalle suunnittelulle ja turvalliselle toteutukselle. Pohjatutkimukseen kuuluu eri työvaiheita, joista jokaisella on oma tarkoituksensa. Pohjatutkimuksen toteutustapoja on useita, mutta yleisin Suomessa käytetty menetelmä on painokairaus, jonka lisäksi pohjatutkimukseen kuuluvat kohteessa tehtävät mittaustyöt. Pohjatutkimuksen tulokset antavat kattavaa tietoa maaperästä ja maanpinnan muodoista, joiden avulla voidaan ottaa kantaa rakennuksen tai rakennelman perustamiseen. (Jääskeläinen 2009, 234–235, 238–239, 243.)

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Tuusulan Maaperätutkimus Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata toimeksiantajayrityksen suorittamaa pohjatutkimusprosessia, jonka suorittamiseen opinnäytetyön laatija osallistuu. Lisäksi perehdytään pohjatutkimukseen liittyvien oppaiden ja ohjeistuksien kautta pohjatutkimuksen tarkoitukseen, tavoitteeseen, työvaiheisiin, menetelmiin ja tuloksiin. Pohjatutkimukseen liittyviin aiheisiin tutustuttaessa keskitytään pohjatutkimukseen pienrakennushankkeella ja toimeksiantajayrityksen tarjoamiin palveluihin. Oppaista ja ohjeistuksista saatavien tietojen perusteella arvioidaan yrityksen toimintatapoja pohjatutkimusprosessissa ja pohditaan mahdollisia kehityskohteita. Tavoitteena on laatia pienrakennushankkeen pohjatutkimusta kuvaava työ, jota toimeksiantaja voi hyödyntää toimintatapojen kehittämisessä ja uusien työntekijöiden perehdytyksessä, jonka lisäksi työtä voivat hyödyntää aiheesta kiinnostuneet henkilöt ja tahot.

Tuusulan Maaperätutkimus Oy on vuonna 1998 perustettu pohjatutkimuksiin erikoistunut yritys. Yrityksen toimipiste sijaitsee Tuusulassa ja toiminta-alueena on koko Etelä-Suomi. Tavanomaisia asiakkaita ovat pien- ja rivitalorakentajat, kunnat, rakennusliikkeet, asunto-osakeyhtiöt ja pk-yrittäjät. Yrityksen tavanomaiset

työkohteet ovat omakotitalojen, paritalojen, rivitalojen, teollisuushallien sekä muiden pienrakennuskohteiden pohjatutkimukset. Yrityksen tarjoamiin palveluihin kuuluvat pohjatutkimukset, painokairaus, tärykairaus, siipikairaus, maanäytteenotto, pohjavesiputkien asennus, pintavaaitus, kartoitukset ja muita mittauspalveluita. Pohjatutkimuksen tavanomaisena lopputuotteena yritys tarjoaa perustamistapalausannon ja pintavaaituskartan, joiden lisäksi pohjatutkimuksen aikana kerätystä datasta voidaan tuottaa myös muita aineistoja asiakkaan tarpeen mukaan. (Airikka 2023.)

2 YLEISTÄ POHJATUTKIMUKSISTA

2.1 Tavoite ja tarkoitus

Yleisesti pohjatutkimusprosessiin kuuluvat rakennusalueen kartoitus, pinta-vaaitus ja itse pohjatutkimukset, eli maaperätutkimukset, jotka toteutetaan yleensä kairausmenetelmällä. Pohjatutkimusten tekemiseen voi riittää myös pelkkä katselmus tontilla, esimerkiksi selkeissä avokalliokohteissa. Pohjatutkimuksen tavoitteena on rakennuspaikan maaperäolosuhteiden selvittäminen siten, että rakennuksen perustaminen ja pohjarakennustyöt on mahdollista suunnitella luotettavasti ja toteuttaa turvallisesti. Pohjatutkimus mahdollistaa ympäristön ja työturvallisuuden varmistamisen, olemassa olevien rakenteiden selvittämisen, riskien pienentämisen sekä kustannusten arvioinnin ja hallinnan. Pohjatutkimusten tekeminen on tärkeää niin talonrakennuskohteissa, kuin myös muissa rakennuskohteissa. (Jääskeläinen 2009, 234, 238–239.)

2.2 Pohjatutkimusta koskevia ohjeita ja määräyksiä

Rakentamista ja sen suunnittelua ohjataan laissa ja asetuksissa, jotka liittyvät myös pohjatutkimukseen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee huolehtia, että rakennus suunnitellaan siten, että sen rakenteet soveltuvat rakennuspaikan olosuhteisiin (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132 § 17:117 a). Rakennusta koskevat olennaiset tekniset vaatimukset täyttyvät, kun pohja- ja maarakenteet suunnitellaan ja toteutetaan eurokoodien sekä niitä koskevien ympäristöministeriön asetuksina annettujen kansallisten valintojen mukaan (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 2014/465 § 3). Rakennuspaikalla tehtävällä pohjatutkimuksella on selvitettävä rakennuspaikan pohjaolosuhteet, jotka selvitetään rakennushankkeeseen ryhtyvän toimesta (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 2014/465 § 6). Pohjatutkimukset ovat osa geoteknistä suunnittelua ja niihin kuuluvia kairauksia koskevia menetelmäkuvauskuvaus esitetään erilaisissa standardeissa ja teknisessä spesifikaatiossa (Ympäristöministeriö 2018, 10). Ennen pohjarakenteen toteutusta pohjarakennesuunnittelijan on laadittava geotekninen suunnitteluraportti, joka sisältää pohjatutkimusraportin (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 2014/465 § 8).

Ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2018 pohjarakenteita koskevia suosituksia, johon on koottu myös pohjarakentamista koskevat säännökset maankäyttö- ja rakennuslaista sekä ympäristöministeriön vuonna 2014 antamasta asetuksesta pohjarakenteista (Ympäristöministeriö 2018, 2). Rakentamisen suunnittelussa käytetään myös eurokoodeja, jotka ovat Euroopan standardisoimisjärjestön yhtenäistämiä kantavien rakenteiden suunnittelua koskevia eurooppalaisia standardeja. Eurokoodeja käytetään ympäristöministeriön tai liikenne- ja viestintäministeriön vahvistamien kansallisten liitteiden kanssa. (SFS 2021.) Pohjatutkimusten tekemiseen on laadittu oppaita ja siitä kertovaa kirjallisuutta. Muun muassa Suomen Geoteknillinen yhdistys on julkaissut kuusiosaisen kairausoppaan, joka pitää sisällään kattavaa tietoa ja ohjeistusta eri kairausmenetelmistä (Suomen Geoteknillinen yhdistys). Rakennustiedon kortistot pitävät sisällään RT-kortiston, joka on monipuolinen tietopalvelu rakentamisen tueksi ja pitää sisällään kattavia ohjeita myös pohjatutkimukseen ja pohjarakennussuunnitteluun (Rakennustieto 2023).

Suomen geoteknillinen yhdistys myöntää pohjatutkijan pätevyksiä ja ylläpitää pätevydenosoitusjärjestelmää. Pätevyystodistuksessa esitetään pätevyys pohjatutkimusmenetelmäkohtaisesti. Pätevyksiä myönnetään Suomessa yleisesti käytettäviin näytteenotto- ja pohjatutkimusmenetelmiin. Esimerkiksi Liikenneviraston ja ELY-keskusten pohjatutkimuksia sisältävissä hankkeissa edellytetään pohjatutkimuksen suorittajalta Suomen geoteknillisen yhdistyksen myöntämää pohjatutkijan pätevyyttä. (Liikennevirasto 2016.)

2.3 Pohjatutkimukseen valmistautuminen

Pohjatutkimukseen valmistautuessa on hyvä kerätä lähtötietoja kyseisestä kohteesta. Tiedot siitä, mitä ollaan rakentamassa ja mihin kohtaan tonttia tuleva rakennus tai rakennelma sijoittuu ovat tärkeitä, jotta pohjatutkimukset voidaan kohdistaa mahdollisimman hyvin. Kyseisestä kohteesta voidaan myös tarkastaa mahdollisten aiempien tutkimusten olemassaolo, joita voidaan hyödyntää pohjatutkimuksessa. Kaupungit ja kunnat ylläpitävät kantakartta-aineistoja, jotka pitävät sisällään tärkeitä kohteita kartoituksen lähtötiedoiksi. Työn pohjaksi hanki-

taankin yleensä karttaote rakennuspaikan kohdalta. Mittaustyössä voidaan hyödyntää myös korkeuskiintopisteitä, joiden sijainti voidaan varmistaa kaupungilta tai kunnalta. Lisäksi tontilta tulee varmistaa mahdollisten kaapeleiden sekä putkilinjojen olemassaolo ja pohtia näytön tilaamisen tarvetta sijaintien varmistamiseksi. Lähtötietojen perusteella laaditaan pohjatutkimuksen ohjelma, jossa arvioidaan, millä laitteilla saadaan tarvittavat tiedot, mihin kairapisteet sijoitetaan ja millä tiheydellä kairauksia tulisi tehdä. (Jääskeläinen 2009, 239–240.)

2.4 Kartoitus ja pintavaaitus

Pohjatutkimukseen sisältyvien kartoituksen ja pintavaaituksen tarkoituksena on havainnollistaa kartalle rakennuspaikan maaston kohteita ja korkeusasemia. Pintavaaitus ja kartoitus toteutetaan usein takymetrillä, jolla voidaan mitata halutulle pisteelle sijainti- ja korkeustiedot. Pintavaaituksessa mitataan rakennuspaikalta, usein koko tontin alueelta riittäväällä tiheydellä maanpinnan korkeuspisteitä. Pintavaaituksen yhteydessä mitataan pohjatutkimuspisteet sekä paikoilleen jäävien rakennusten lattia- ja sokkelikorot. Kartoituksen tarkoituksena on esittää tontin rajat ja rajapyvyt, vierellä kulkevat kadut, putki- ja sähkölinjat, avo-ojat, kaivot, tontilla jo olevat rakennukset sekä huomattavia maastokohteita, kuten puut ja avokalliokohdat. Usein kyseiset kohteet löytyvät pohjatutkimuksen lähtötiedoksi hankittavista aineistoista, mutta aineistoissa voi olla puutteita. (Jääskeläinen 2009, 234, 239.)

Pintavaaituksessa käytettävä tiheys määräytyy usein tontin maanpinnan muotojen mukaan. Korkeuspisteitä on syytä mitata tiheästi, jos tontin maanpinnassa esiintyy suuria korkeuden vaihteluita. Esimerkiksi rinnetonteilla on syytä mitata korkeuden vaihtelua tiheämmin, jotta tontin kaltevuuden vaihteluita pystytään kuvaamaan mahdollisimman tarkasti. Tasamaalla pisteitä voi olla harvemmin. Pintavaaituksen yhteydessä mitataan usein korkeuspisteitä sekä rakennusten sokkeli- tai lattiakorkeuksia myös viereisten tonttien puolelta, mahdollistaen viereisten tonttien käyttämisen korkeustason hyödyntämisen rakennuskohteen suunnittelussa.

2.5 Kairaus

Kairausten avulla saadaan tietoa tontin maaperästä. Tavallisesti kairapisteet sijoitetaan tulevan rakennuksen nurkkapisteiden kohdalle. Isommissa rakennuksissa, kuten teollisuushalleissa, kairapisteitä voidaan sijoittaa myös seinälinjoille ja rakennuksen keskelle sopivin välimatkoin, jotta maaperästä saadaan mahdollisimman tarkka kuva. Kairaukset on mahdollista toteuttaa myös oletetun rakennuspaikan mukaan. (Palolahti 2010, 10.) Kairaukset suoritetaan nykyisin pääsääntöisesti telaketjuilla liikkuvilla monitoimikairauskoneilla, mutta niitä on mahdollista suorittaa myös muilla, esimerkiksi käsikäyttöisillä laitteilla (Jääskeläinen 2009, 244).

Pohjatutkijan vastuulla on kairausten suorittaminen ja niiden aikaiset toimenpiteet, joihin kuuluu johtojen ja kaapeleiden huomioon ottaminen, sekä informointi suunnittelijalle mahdollisesta täydennystarpeesta tutkimuksissa. Kairapisteiden lopulliset sijainnit ja määrä varmistetaan paikan päällä tilannekohtaisesti. Tontille mentäessä kairapisteiden paikat voivat usein muuttua esimerkiksi puiden tai muiden esteiden takia. (Airikka 2023.)

2.6 Eri kairausmenetelmiä

2.6.1 Menetelmien soveltuvuudet

Yleisimmin käytössä olevat kairausmenetelmät ja niiden soveltuvuudet on esitelty kuviossa 1. Maakerrosten alapuolella oleva kallionpinta voidaan päätellä luotettavasti vain laitteilla, jotka pystyvät porautumaan kallioon, jolloin voidaan porata tarvittavan syvä reikä kivilohkare epäilyn poistamiseksi. Paino-, heijari-, ja tärykairalla voidaan paljastaa tiiviin pohjakerroksen sijainti, jonka taas porakone voi läpäistä ilman maalajimuutoksen tarkkaa tunnistamista. Painokairaus on sopiva menetelmä maalajiryhmän tunnistamiseen. Maalajin nimeäminen tehdään näytteiden avulla. Paino-, heijari- ja puristinkairan käyttökelpoisuutta pohjatutkimuksissa nostavat niiden soveltuvuudet karkearakeisten maalajien suhteellisen tiiveystilan selvitykseen, joka on tärkeä tieto kyseisissä maalajeissa. Painokairalla voidaan arvioida lyöntipaalujen uppoamispuutua ja saada karkeaa

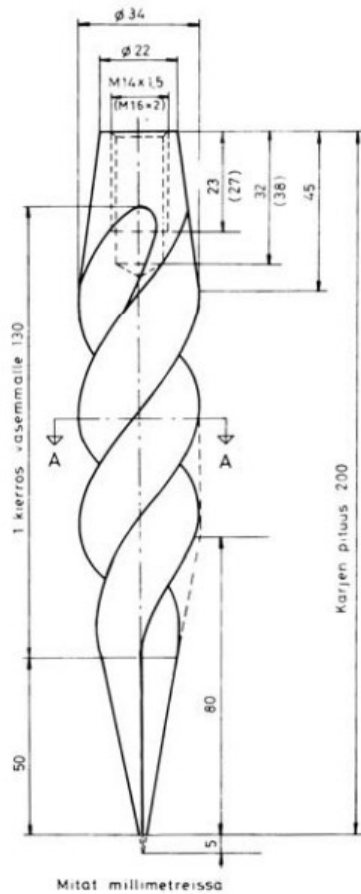
tietoa savimaiden leikkauslujuudesta. Siipikaira soveltuu leikkauslujuuden tarkemman tiedon selvitykseen. (Jääskeläinen 2009, 240–241.)

Kairausmenetelmän pääasiallinen käyttötarkoitus	●	○	Selvitettävä seikka						
			Kallion pinnan sijainti	Tiiviin pohjakerroksen sijainti	Tiiviydeltään erilaisten maakerrosten rajat	Maakerrosten lujuus likimäärin	Maakerrosten lujuus tarkasti	Maakerrosten tiiviyys likimäärin	Maalajiryhmä
Kairausmenetelmät									
Painokairaus	○	●	●	○		●	●	○	
Heijarikairaus	○	●	○	○		●	○	●	
Puristinkairaus		○	●	●		●	●	○	
Siipikairaus					●				
Tärykairaus	○	●					○	○	
Porakonekairaus (paineilmakairaus)	●	○						○	

Kuvio 1. Yleisimmät kairausmenetelmät ja niiden suositeltava käyttö (Jääskeläinen 2009, 241)

2.6.2 Painokairaus

Suomessa yleisin kairausmenetelmä on painokairaus. Painokairauksessa käytetään pyramidimaista kärkikappaletta (kuvio 2) sekä metrin pituisia kierretapilla jatkettavia tankoja, joiden halkaisija on yleensä 22 tai 25 mm. Kuormitustavaltaan painokairaus on staattinen kairausmenetelmä, jossa kairaa tungetaan maahan painojen kuormituksella, sekä kiertämällä pyramidimaisen kärjen avulla. Kairauksen aikaisten havaintojen, kuten kairausvastuksen ja kairan käyttäytymisen perusteella voidaan määrittellä kerrosrajat ja maakerrosten rakenne likimääräisesti. Arvioituja maakerrosten ominaisuuksia voidaan täsmentää näytteenottojen tai muiden kairauksien avulla. (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 4–6.)

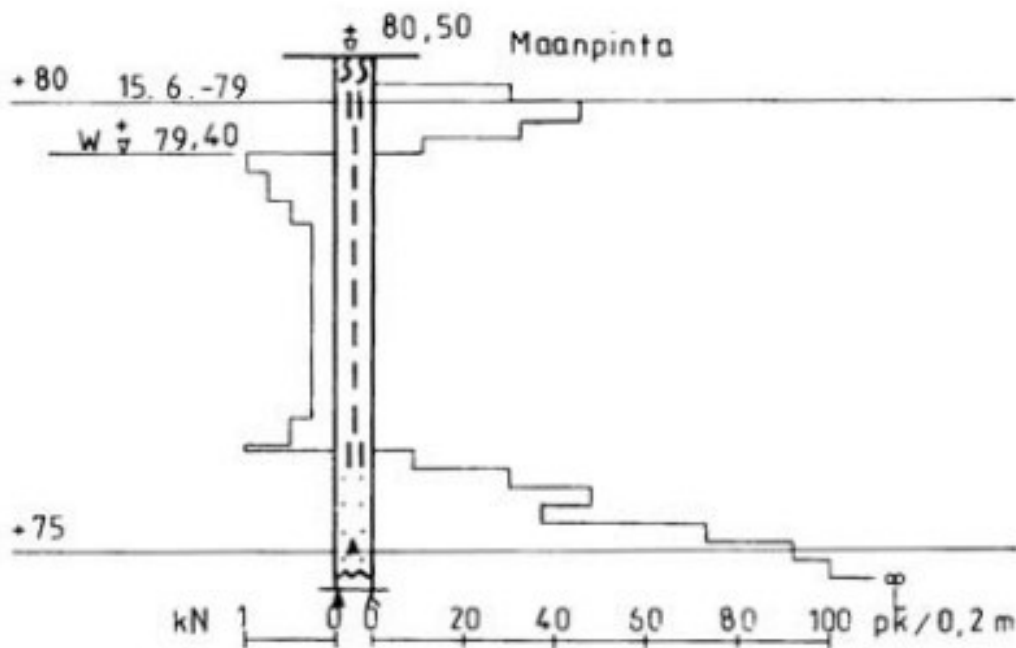


Kuvio 2. Pyramidimainen kärkikappale (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 12)

Painokairauksessa periaatteena on yrittää tunkeutua maahan painamalla kairaa pienimmällä mahdollisella kuormituksella, jolla kaira tunkeutuu maahan kiertämättä. Käytettävä enimmäiskuormitus on 1 kN. Painumajaksoista kirjataan ylös kärjen syvyys ja kuormituksen suuruus. Jos kaira ei tunkeudu maahan enimmäiskuormituksella, kairausta tehdään kiertämällä kairaa, jota mitataan puolikierröksinä. Tunkeutumiseen vaadittavien puolikierrosten määrä merkitään ylös 20 cm välein. Kairauksen tiedot ja tehdyt havainnot merkitään ylös kairauspöytäkirjaan. Kun kaira ei tunkeudu maahan kiertämisen avulla, kairaa aletaan lyömään maahan. Kairaus päättyy, kun kaira ei painu lyömälläkään. Kairauksen päättyessä merkitään ylös syvyys ja päättymisen syy, joka voi olla muun muassa annettu ohjesyvyys tai kairauksen päättymisen kiveen, lohkaräseeseen tai kallioon. Eri tunkeutumismenetelmiä vaihdellaan kairauksen aikana tarpeen mukaan. (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 4–6.) Painokairauksen aikana voidaan ar-

vioida maalajeja perustuen kairausvastukseen, kairan käyttäytymiseen sekä äänihavaintoihin. Tarkempaa maalajiarviointia varten tarvitaan maanäyte. (Airikka, 2023.)

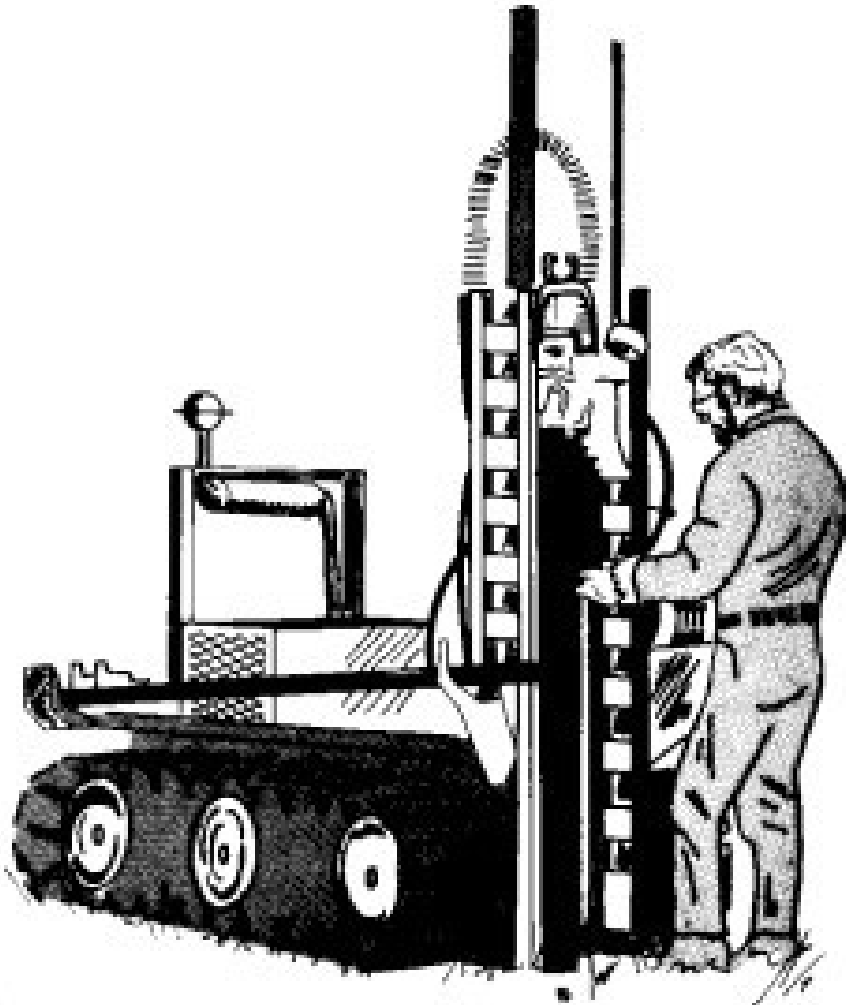
Tulosten kuvaamiseksi piirretään diagrammit (kuvio 3). Diagrammeissa esitetään arvioidut maalajit, tutkimuspisteen maanpinnan korkeus, kairauksen päättymissyvyys ja päättymissyvyys sekä painumiseen käytetty kuormitus, uppoamiseen vaadittujen puolikierrosten määrä 20 cm kohden tai lyöminen syvyyksineen. Pystypilarissa kuvataan maalajit. Pystypilarin vasemmalla puolella kuvataan tunkeutamalla edetyt syvyydet ja niissä käytetty paino. Pystypilarin oikealla puolella kuvataan kiertämällä edetyt syvyydet ja niihin käytettyjen puolikierrosten määrä. Lyömällä edetyt syvyydet esitetään L kirjaimella. (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 7.)



Kuvio 3. Painokairaus diagrammi (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 15)

Yleensä painokairausta tehdään monitoimikairauskoneilla, joihin on mahdollista saada automaattinen tallennin tietojen keräämistä ja tulosten esittämistä varten (kuvio 4). Koneissa on säädettävissä automaattisesti 1 kN kuormitus, jota voidaan keventää hydraulisesti. Koneella voidaan korvata tankojen lyömistä lämpäisemällä tiiviitä ja kivisiä maakerroksia yli 1 kN kuormituksella pyörittäen lyhyitä

jaksoja kerrallaan, joiden välillä painokairausta tehdään normaaliin tapaan. (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 6.)



Kuvio 4. Monitoimikairakone (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 6)

2.6.3 Tärykairaus

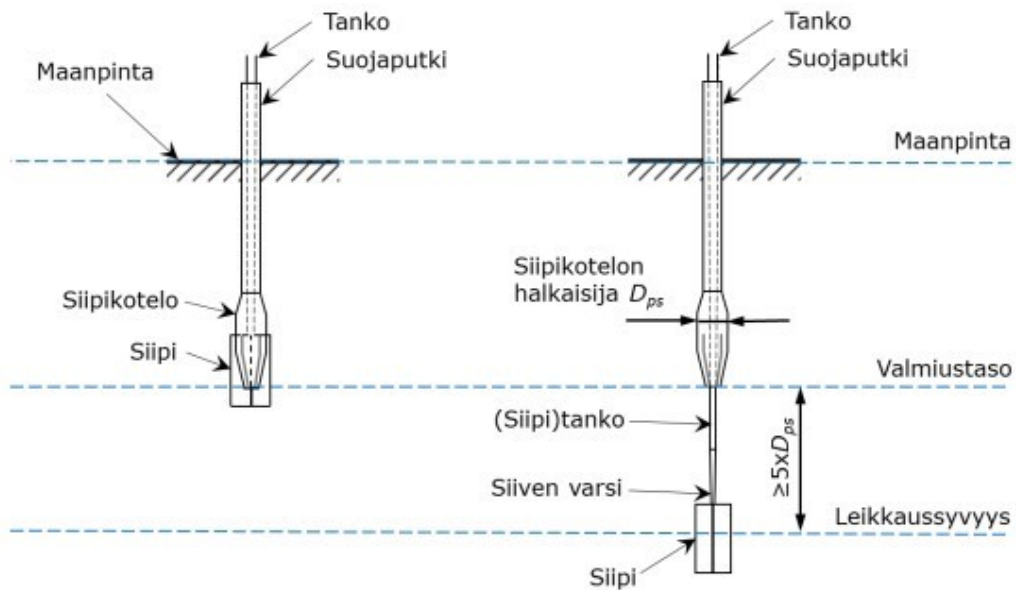
Tärykairaus on nopea kairautapa, jossa tangot upotetaan maahan jollain täryttävällä laitteella (kuvio 5). Maaperän ominaisuuksista ei kuitenkaan saada luotettavia tietoja tärykairauksella. Yleensä tärykairausta käytetäänkin täydentävänä tutkimuksena, jolla voidaan esimerkiksi varmistua, että kaivuusyvyydellä ei ole kalliota. Tulosten kuvaamiseksi piirretään suora viiva, johon kuvataan tutkimuspisteen maanpinnan korkeus, kairauksen päättymissyvyys ja päättymissyvyys sekä mahdollisia muita havaintoja. Monitoimikairoissa on tärytyslaite, jota voidaan hyödyntää myös painokairauksen lyömisvaiheessa. (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 8.)



Kuvio 5. Tärykaira (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 8)

2.6.4 Siipikairaus

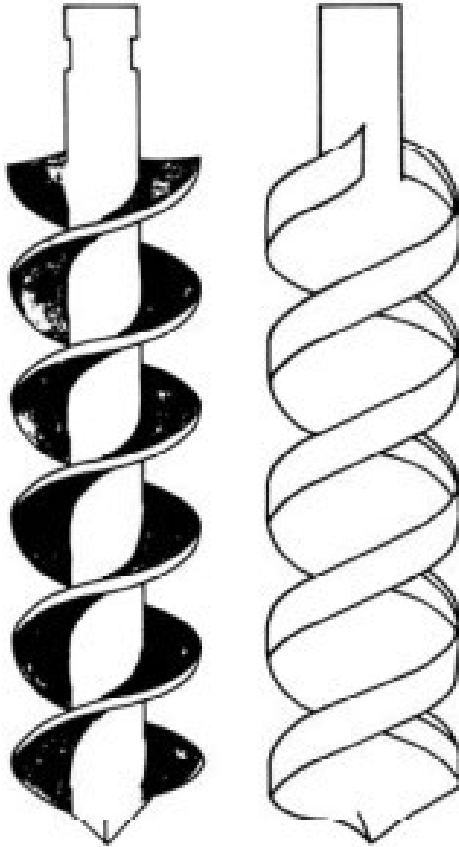
Siipikairauksen tarkoituksena on mitata maan leikkauslujuutta savimaissa ja hie-
nossa siltissä. Siipikairauksia ei tehdä karkeaan silttiin tai kitkamaahan. Siipi-
kairauksessa painetaan maahan neljästä levystä muodostettua siipeä ja kierre-
tään vakionopeudella, jolloin kiertämiseen tarvittavan momentin ja leikkauspinn-
nan geometrian avulla voidaan määrittellä maan leikkauslujuutta (kuvio 6). Siipi-
kairauspisteessä tehdään leikkauslujuuden mittauksia yleensä 0.5 tai 1.0 metrin
välein. Normaalisti pohjatutkimuksen kohteena oleva alue tutkitaan riittävän tihe-
ästi hyödyntäen muita kairausmenetelmiä, joiden tulosten ja näytteenottojen jäl-
keen määritellään siipikairauspisteiden sijainnit ja syvyydet. (Suomen geoteknil-
linen yhdistys 2022, 10–26.) Suomessa käytettävien standardisiipien mitat ovat
halkaisijaltaan 55–80 mm ja korkeudeltaan 110–160 mm (Suomen geoteknillinen
yhdistys 2020, 15).



Kuvio 6. Siipilaitteisto valmiustasossa ja siipi upotettuna leikkaussyvyYTEEN (Suomen geoteknillinen yhdistys 2022, 24)

2.7 Näytteenotto

Maanäytteitä tarvitaan monien kairauksien yhteydessä maalajien tunnistamiseksi. Maanäytteiden avulla voidaan jo tontilla tehtävien pohjatutkimusten yhteydessä arvioida kyseessä olevat maalajit. Kairauksen yhteydessä tutkimuspisteeltä voidaan ottaa maanäyte esimerkiksi kierrekairalla, jolloin maalajin arviointi perustuu kairausten aikaisten havaintojen lisäksi näköhavaintoon (kuvio 7). Näytteistä voidaan tehdä myös laboratoriokokeita lisätiedon saamiseksi maaperästä. Perinteisesti näytteet määritellään häiriintymättömiin ja häiriintyneisiin näytteisiin. Häiriintymättömistä näytteistä voidaan tehdä laboratoriossa lujuus- ja muodonmuutuskokeita. Näytteen kosteutta, rakeisuutta ja routivuutta voidaan selvittää häiriintyneistä näytteistä. Jos tontin aikaisemman käytön perusteella epäillään maaperän sisältävän terveydelle haitallisia aineita, tulee maaperästä ottaa näytteitä, jotka toimitetaan laboratorioon tutkittavaksi. (Jääskeläinen 2009, 270.)



Kuvio 7. Kaksi erilaista kierrekairaa (Suomen geoteknillinen yhdistys 1984, 9)

2.8 Pohjavedenpinnan mittaaminen

Pohjatutkimuksessa voidaan hyödyntää alueen järvien, jokien, lähteiden, soiden sekä kaivojen vedenpinnan korkeutta, joista on mahdollista saada alustava käsitys kyseisen alueen pohjaveden korkeussuhteista. Lisäksi voidaan hyödyntää seismistä refraktioluotausta, jonka avulla voidaan saada viitteitä pohjavedenpinnan asemasta. Pohjatutkimusten aikana pohjavedenpinnan taso voidaan havaita kairaus- tai näytteenottorei'istä, jolloin havaintojen luotettavuutta kuitenkin häiritsevät mahdollinen vedenpinnan hidas tasautuminen ja pintaveden valuminen reikään sekä eri pohjavesipintojen sekoittuminen. Pohjavedenpinnan taso voidaan yleensä mitata luotettavasti vain tutkimusalueelle sijoitettavasta havaintoputkesta. Havaintoputki asennetaan maahan siten, että putken alapäässä oleva siiviläosa tulee tutkimusten perusteella määritettyyn riittävän johtavaan maakerrokseen. Pohjavedenpintaa mitataan esimerkiksi putkeen upotettavalla sähköisellä mittausluodilla. Havaintoputkia on pitkäaikaisia ja lyhytaikaisia. Lyhytaikaista ha-

vaintoputkea voidaan käyttää pohjatutkimuksen aikaisessa sekä pohjarakennustyön aikaisessa tarkkailussa. Pitkäaikaista havaintoputkea käytetään yleensä silloin, kun havainnointia suoritetaan yli vuoden ajalta. Pohjavedenpinnan mittaus-ten laajuus tulee harkita tapauskohtaisesti. (Suomen geoteknillinen yhdistys 1987, 8–13.)

2.9 Pohjatutkimuksen tulokset

Pohjatutkimuksen tuloksena rakennuspaikalta saadaan tietoa maakerroksista ja niiden laadusta, tiiviistä pohjakerroksesta, kalliopinnasta, pohjavedenpinnasta ja maanpinnanmuodoista, jotka ovat edellytyksiä luotettavalle suunnittelulle ja turvalliseen toteutukseen. Pohjatutkimuksen tulokset esitetään raportilla, leikkauspiirustuksilla ja kartalla, jotka ovat tärkeitä niin rakennusprojektissa mukana oleville suunnittelijoille, kuin myös rakennuttajalle kyseisen kohteen rakentamisen hahmottamista varten. Raportissa esitellään rakennuskohde ja selostetaan pohjatutkimustyö, jonka jälkeen otetaan kantaa tutkimuskohteen perustamisratkaisuihin ja esitetään suositukset perustamisen sekä pohjarakennustöiden tekemiselle. Raportista tulee käydä ilmi mitkä ovat todellisia tietoja, ja mitkä ovat kerättyjen tietojen perusteella tehtyjä johtopäätöksiä. (Jääskeläinen 2009, 236–239.) Esimerkki pohjatutkimuksen raportista, eli perustamistapalausunnosta on esitelty liitteessä 1. Kartalle kuvataan pintavaaituksen ja kartoituksen aikana mitatut kohteet sekä maanpinnan korkeudet metreinä merenpinnasta. Suunnittelijat hyödyn-tävät pohjatutkimuksen tuloksia muun muassa maapohjan kuivatus-, routasuojaus-, vahvistus- ja kaivutoimenpiteiden määrittämiseen, kaivumassojen ja kaivu-työn kustannusten laskemiseen, sekä tontille sopivan talon muodon ja korkeusaseman suunnittelemiseen. (Palolahti 2010, 10.)

3 POHJATUTKIMUSPROSESSI

3.1 Yleistä

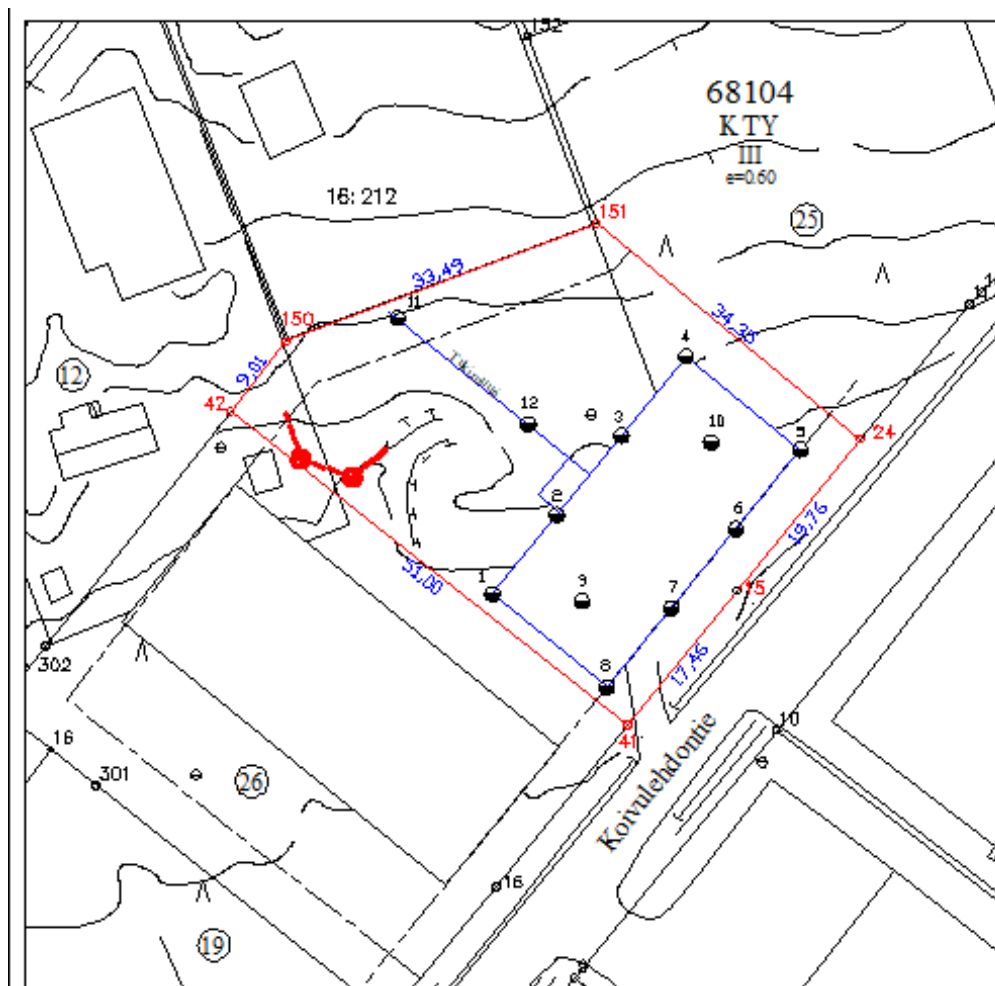
Opinnäytetyössä käsiteltävän pohjatutkimusprosessin tarkoituksena oli selvittää rakennuspaikan perustamisolosuhteet rakennettavaa teollisuusrakennusta varten ja toimittaa asiakkaalle pohjatutkimuksen lopputuotteena perustamistapalau-sunto ja pintavaaituskartta. Teollisuusrakennus oli suunniteltu pinta-alaltaan 460 neliömetrin suuruiseksi ja rakennettavaksi noin 1700 neliömetrin suuruiselle toi-mitilarakennuksille kaavoitetulle tontille. Kyseinen tontti sijaitsi Vantaalla ja ton-tilta oli raivattu aiemmin tontilla ollut puusto (kuvio 8). Asiakas pyysi yritykseltä tarjousta kyseistä kohteesta, jonka hyväksymisen jälkeen asiakas toimitti yrityk-selle pohjatutkimuksen lähtöaineistot. Lähtöaineistoina toimitettiin rakennuspiir-rokset, kiinteistökartta, asemakaavakartta, johtokartta sekä kantakartta. Pohjatut-kimukset suoritettiin painokairausmenetelmällä.



Kuvio 8. Pohjatutkimuksen kohdetontti

3.2 Suunnittelu

Lähtöaineistona olleen asemapiirroksen ja kartta-aineiston avulla valmisteltiin pohjakartta, johon sijoitettiin suunniteltu rakennus ja tukimuuri (Kuvio 9). Rakennuksen ja tukimuurin piirtäminen suoritettiin käyttäen AutoCAD-suunnitteluohjelmistoa. Saatujen lähtötietojen perusteella havaittiin, että suunnitellun rakennuksen kohdalla ei kulje putki- tai sähkölinjoja, jotka tulisi huomioida suunniteltaessa tutkimuspisteiden sijaintia. Pohjatutkimusta varten rakennuksen kohdalle suunniteltiin kymmenen tutkimuspistettä, jotka sijoitettiin siten, että kahdeksan pistettä sijaitsi rakennuksen seinälinjoilla ja kaksi rakennuksen keskellä. Lisäksi kaksi tutkimuspistettä sijoitettiin suunnitellun tukimuurin alku- ja loppupäähän. Suunnitellut tutkimuspisteet ovat esiteltyinä kuviossa 9. Tutkimuspisteiden määrän ja sijainnin suunnittelusta vastasi pohjatutkija. Tutkimuspisteiden maastoon merkitsemistä varten laskettiin pisteiden koordinaatit 3D-Win laskentaohjelmistolla, jotka siirrettiin mittaustyössä käytettävään maastotalentimeen.



Kuvio 9. Suunnitellut tutkimuspisteet, rakennus ja tukimuuri pohjakartalla

Jo suunnitteluvaiheessa tarkistettiin Vantaan kaupungin ylläpitämästä karttapalvelusta, mitä maalajia kohteena olevan tontin maaperässä on. Karttapalvelu antaa tietoa maaperästä noin metrin syvyyteen asti. Karttapalvelun mukaan tontin maaperä koostui hiekasta. Lisäksi palvelusta tarkistettiin, sijaitseeko tontin läheisyydessä kaupungin kiintopisteitä. Kiintopisteitä ei kuitenkaan sijainnut riittävän lähellä tonttia, jotta niitä olisi päätetty hyödyntää mittauksissa. (Vantaan karttapalvelu 2023.)

3.3 Mittaustyöt

Mittaustyöt suoritettiin Trimblen R8 GNSS-vastaanottimella ja S6-takymetrillä (kuvio 10). GNSS-vastaanottimella mitattiin alueelle kolme lähtöpistettä, joiden avulla takymetrille tehtiin tarvittava orientointi, jotta kojeen sijainti pystyttiin määrittämään Vantaan kaupungilla käytössä olevaan GK-25 koordinaatistoon. Mittaustyöt aloitettiin merkitsemällä tutkimuspisteiden sijainnit, joille mitattiin myös maanpinnan korkeudet. Tutkimuspisteet numeroineen merkittiin maastoon maalimerkillä. Merkitsemisen jälkeen suoritettiin tontin pintavaaitus. Pintavaaituksessa korkeuspisteitä mitattiin tasaisesti noin 5 metrin välein tutkimuskohteena olevalta tontilta sekä tontin vieressä kulkevan tien keskilinjalta, joiden lisäksi korkeuspisteitä mitattiin naapuritonttien puolelta noin viiden metrin päästä rajasta. Tontin lounaispuolella sijaitseva jyrkkä luiska, jonka kuvaamiseksi korkeuspisteitä mitattiin luiskan ylä- ja alareunasta. Pintavaaituksen yhteydessä mitattiin myös tontin lounaispuolella sijaitsevan teollisuushallin lattiakorkeus sekä pohjoispuolella sijaitsevan autotallin sokkelin korkeus. Lisäksi kartoitettiin kaksi tontilla sijainnutta huomattavaa kiveä. Mitattu data tallentui mittauslaitteiden kanssa käytettävälle maastotallentimelle, josta data voidaan purkaa tietokoneelle. Mittaustöiden ohella havaittiin, että lähtöaineistona ollut karttaote sisälsi kohteita, joita ei kyseisellä paikalla enää sijainnut. Puuttuvia kohteita olivat osa viereisillä tonteilla sijainneista rakennuksista, jotka oli purettu.



Kuvio 10. Trimblen R8 GNSS-vastaanotin ja S6 takymetri

3.4 Kairaukset

Kairaukset suoritettiin Geomachinen GM25-monitoimikairakoneella (kuvio 11). Kairauksia tehtiin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti kymmenen kappaletta suunnitellun rakennuksen alueelta ja kaksi kappaletta suunnitellun tukimuurin kohdalta. Lisäksi tontilta otettiin maanäytteitä maalajien määrittämiseksi. Suunnitellut tutkimuspisteet sijaitsivat siten, että pisteille päästiin helposti ajamaan kairakoneella, eikä pisteiden siirtämiselle ilmennyt tarvetta.



Kuvio 11. Geomachinen GM25 monitoimikairakone

Kairausten aikana ei päästy tunkeutumaan maahan pelkästään painamalla kairaa, joten kairaa jouduttiin kiertämään 1 kN kuormalla. Kairaukset etenivät pääsääntöisesti alle 20 puolikierroksella per 0.2 metriä, noin 0.6–1.6 metrin syvyyteen asti, jonka jälkeen kierrokset kasvoivat. Kierrokset kasvoivat nopeasti, jonka jälkeen kuormaa kasvatettiin hydraulisesti. Lopussa kairauksia jatkettiin täryttämällä kalliopinnan määrittämiseksi. Kalliopintaa ei kuitenkaan varmistettu porakonekairauksella. Kairaukset päättyivät 1–2.4 metrin syvyydessä kiveen, lohka-reeseen tai kallioon. Yhdellä tutkimuspisteistä täryttämistä jouduttiin käyttämään heti kairauksen alussa, jotta päästiin läpäisemään pinnalla ollut täyttökerros. Eri puolilta rakennusaluetta otettiin kolmen tutkimuspisteen kohdalta myös maanäytteenä, joiden avulla pystyttiin arvioimaan tarkemmin tontin maaperää (kuvio 12).



Kuvio 12. Maanäytteenotto kierrekairalla

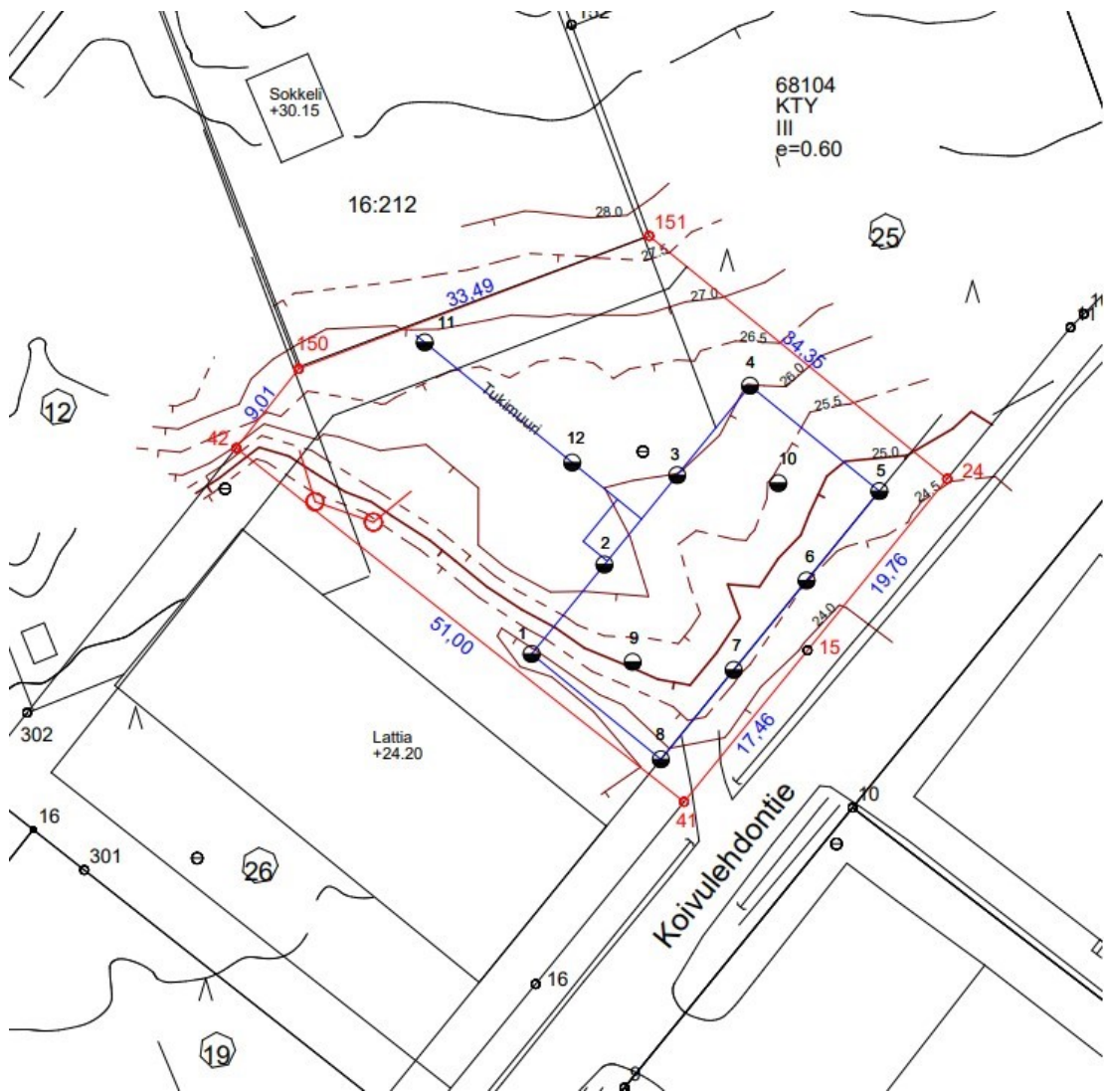
Kairausten aikana jokaiselta tutkimuspisteeltä kirjattiin paperille muistiinpanoja kairauksen kulusta. Muistiinpanoihin kirjattiin tutkimuspisteen numero, kairan etenemiseen kuluvat puolikierrokset 0.2 metrin välein, lyömällä edetyt matkat, havaitut maalajit sekä kairauksen loppusyvyys. Kairausten ja maanäytteiden perusteella tontin maaperässä arvioitiin olevan paikoin silttinen hiekkakerros tai täyttökerros 0.6–1.6 metrin syvyyteen asti, jonka jälkeen alkoi tiivis pohjamoreeni. Maalajimääritykset tehtiin kairausvastuksen ja -äänien sekä silmämääräisten havaintojen perusteella. Kairausten yhteydessä ei havaittu pohjavettä.

3.5 Diagrammien laatiminen

Kairauksista kerättyjen tietojen perusteella laadittiin diagrammit kuvaamaan kyseisten tutkimuspisteiden kairaustietoja. Diagrammit laadittiin 3D-Win ohjelmalla. Diagrammeihin kuvattiin tutkimuspisteen numero, maanpinnan korkeus, kairauksen päättymissyvyys, käytetty paino, kairauksen aikaisten puolikierrosten määrä, lyömällä edetyt syvyydet sekä maalajimääritykset. Diagrammit liitettiin osaksi perustamistapalausuntoa (Liite 1).

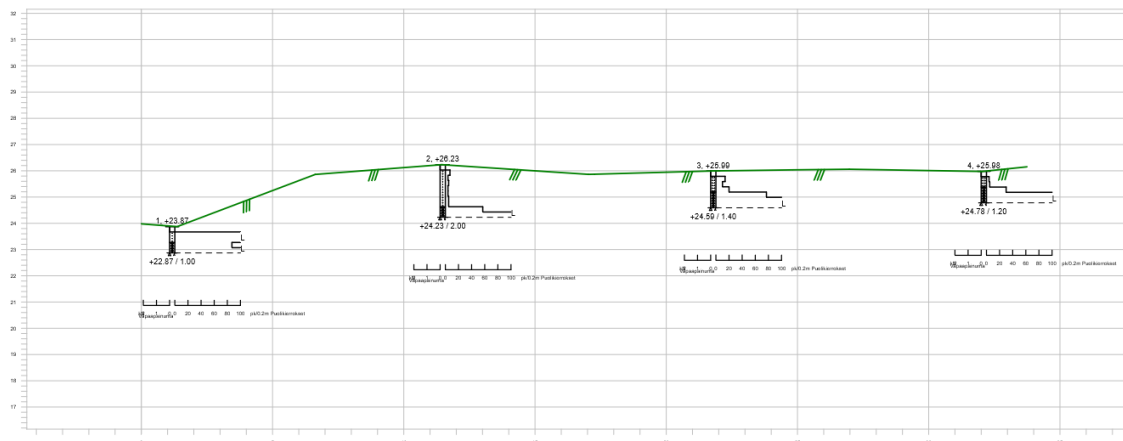
3.6 Mittausaineiston loppukäsittely

Mittaustöiden aikana kerätty data purettiin ja käsiteltiin 3D-win ja AutoCAD-ohjelmistoilla. Mittausaineistosta laadittiin kaksi karttaa ja leikkauspiirustukset. Karttoissa esitetään tontin maanpinnan korkeuksia ja tutkimuspisteiden sijainnit. Toisessa kartassa, joka on liitetty myös perustamistapalausuntoon (Liite 1), maanpinnan korkeudet esitetään korkeuslukemina. Toisessa kartassa maanpinnan korkeudet esitetään korkeuskäyrinä (kuvio 13). Monet suunnittelijat suosivat korkeuskäyrien käyttöä omissa työvaiheissaan, kun taas korkeuslukemat helpottavat korkeuksien esittämistä halutussa sijainnissa.



Kuvio 13. Tontin maanpinnan korkeustasot esitelyinä korkeuskäyrinä

Kartoille kuvattiin myös naapuritonteilta mitattujen teollisuushallin lattian ja autotallin sokkelin korkeudet sekä kartoitetut kivet huomattavan kiven symboleina. Kartoilta poistettiin ylimääräiset kohteet, joiden puuttuminen maastosta havaittiin mittauksien ohella. Tontilta mitattujen korkopisteiden avulla laadittiin leikkauspiirustukset, joissa on kuvattuna myös kyseisessä leikkauskohdassa olevien tutkimuspisteiden diagrammit (kuvio 14). Laaditut aineistot luovutettiin asiakkaalle lopputuotteiden yhteydessä.



Kuvio 14. Leikkauspiirustus suunnitellun rakennuksen seinälinjan kohdalta

3.7 Tulokset

Pohjatutkimusten tuloksena voidaan määritellä pohjatutkimuskohteen maaperän muodostuvan hiekka-, silttisestä hiekka- tai täyttökerroksesta, jonka jälkeen alkaa noin 0.4–1.4 metrin syvyinen tiivis pohjamoreeni. Maalajimääritykset perustuvat painokairausten aikaisiin havaintoihin kairan käyttäytymisestä, kairausvastuksesta sekä äänestä ja kierrekairalla otettuihin maanäytteisiin. Tontin maanpinta on korkeustasolla +23.7...+27.7 metriä, viettäen etelään. Tontin vierellä kulkevan tien korkeustaso tontin kohdalla on +23.7...+24.4 metriä. Pohjatutkimusten yhteydessä ei havaittu maaperän pilaantuneisuuteen viittaavia seikkoja. Pohjavedenpinnan oletetaan olevan 1.5 metrin syvyydessä maanpinnasta, joka perustuu lausunnon laatijan kokemukseen (Kempainen 2023). Pohjavedenpinnan tarkempaa määrittystä varten tarvitaan tarkempia tutkimuksia. Tontin maaperä on routivaa, joka perustuu maalajimäärityksiin. Rakennuspaikalle voidaan perustaa rakennus maanvaraisin perustuksin, jota varten poistetaan pintamaa ja löyhät kerrokset.

Lopputuotteena pohjatutkimuksesta saatiin kartta-aineistot, leikkauspiirustukset sekä perustamistapalausunto (Liite 1), jotka toimitettiin asiakkaalle ja arkistoitii yritykselle. Kartta-aineistot toimitetaan PDF- ja DWG-tiedostoina. DWG-tiedosto on lähinnä suunnittelijoita varten ja mahdollistaa aineiston esittämisen erilaisilla suunnitteluohjelmistoilla halutussa koordinaatistossa kolmiulotteisena. PDF-tiedosto on paperiversio tulosten tarkastelua varten. Perustamistapalausunto on

pohjatutkimuksen kirjallinen raportti, jossa otetaan kantaa tutkimuskohteena olleen rakennuspaikan pohjaolosuhteisiin ja pohjaveteen, perustamiseen, kaivu-, täyttö- ja paalutustöihin sekä lisätutkimuksiin ja muihin huomioihin. Perustamistapalausannon liitteinä ovat kohteen pintavaaituskartta sekä tutkimuspisteistä laaditut diagrammit. Perustamistapalausuntoa voidaan käyttää laatiessa kohteen pohjarakennesuunnitelmaa.

4 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia pienrakennushankkeen pohjatutkimusta kuvaava työ, jota toimeksiantaja voisi hyödyntää omien toimintatapojensa kehittämisessä ja uusien työntekijöiden perehdytyksessä, jonka lisäksi työtä voisivat hyödyntää aiheesta kiinnostuneet henkilöt ja tahot. Yrityksen suorittaman pohjatutkimusprosessin kohteena oli teollisuustoiminnalle varatulle tontille rakennettava teollisuusrakennus, jonka suorittaminen osoittautui kohtalaisen mutkattomaksi. Tontilla ei vaadittu kattavampien kartoitusten tekemistä, kuten puuston tai oijien kartoitusta, eikä suunniteltujen kairapisteiden sijaintien tai määrän muutoksille koettu tarvetta. Kohteeseen ei ollut pyydetty tarkempaa pohjavedenpinnan selvittämistä, joten pohjatutkimusta varten ei vaadittu pohjavesiputken asennusta. Pohjatutkimuksen tuloksena saatiin tietoa maaperästä ja maaston muodoista, joiden avulla mahdollistettiin perustamistapalausunnon laatiminen. Asiakas sai lopputuotteena perustamistapalausunnon, leikkauspiirustukset ja kartta-aineiston, joiden avulla on mahdollista jatkaa rakennuskohteen suunnittelua eteenpäin.

Verrattaessa tässä opinnäytetyössä tutkittavaa Tuusulan Maaperätutkimus Oy:n pohjatutkimusprosessia aihetta koskeviin ohjeistuksiin ja määräyksiin, voidaan todeta yrityksen käyttämien menetelmien ja työn laadun olevan hyvällä tasolla luotettavien tietojen keräämiseksi rakennuskohteiden suunnittelua varten. Tutkitun pohjatutkimusprosessin aikana toteutetut työvaiheet ovat lähes yhdenmukaisia verrattuna kerättyyn teoretiseen ja noudattavat erilaisissa oppaissa ohjattuja tapoja. Pohjatutkimuksen lähtötiedoiksi oli hankittu tarvittavat aineistot, jotta pohjatutkimus pystyttiin toteuttamaan mahdollisimman hyvin (Jääskeläinen 2009, 239–240). Pohjatutkimuksen suunnitteluvaiheessa tutkimuspisteitä oli aseteltu kattavasti tulevan rakennuksen nurkkiin, seinälinjoille ja keskelle (Palolahti 2010, 10). Painokairaukset oli toteutettu opastusten mukaisella oikeaoppisella suoritustavalla, kirjaten ylös tarvittavat muistiinpanot (Suomen geoteknillinen yhdistys 1981, 4–7). Kairausten aikana oli otettu myös maanäytteitä maalajien määrittelyä varten (Jääskeläinen 2009, 270). Mittaustöiden aikana tontilla oli tehty kattava pintavaaitus, joka kuvastaa tarkasti tontin maaston muotoja. Mittausten aikana oli

mitattu tarpeelliset kohteet, kuten naapuritonteilla sijainneiden rakennusten perustuskorkeudet sekä huomattavat maastokohteet. Mittausten ohella oli tarkistettu myös lähtöaineistona olleen kartan paikkansa pitävyys, jossa oli todettu puutteita. Pohjatutkimuksen tuloksena oli saatu tarvittavat tiedot rakennuspaikalta, jotka pitivät sisällään tietoja rakennuspaikan maaperästä, maanpinnan muodoista ja maaston kohteista. Tulokset oli esitelty raportilla, leikkauspiirustuksilla ja kartalla. Tutkimusten aikana ei ollut havaittu pohjavettä ja tuloksena mainittu pohjavedenpinta oli oletettu. Pohjatutkimuksen raportissa, eli perustamista-palausunnossa oli kuitenkin selkeästi mainittu kyseisen tiedon perustuvan johtopäätöksiin. (Jääskeläinen 2009, 234, 236–239.)

Suoritetun pohjatutkimusprosessin aikana ei ilmennyt suurempia ongelmia, jotka vaatisivat toiminnan muutosta. Prosessin aikana havaittiin kuitenkin muutama toimintatavan kehittämismahdollisuus, joiden käyttöönottoa yrityksen tulisi harkita. Yhtenä mahdollisena kehityskohteena prosessissa havaittiin kairausten aikaisten muistiinpanojen käsin kirjaaminen. Esimerkiksi Geomachine on kehittänyt tallenusohjelmiston, joka kerää kairauksista dataa automaattisesti ja jonka avulla kairaustyön tuloksista saadaan laadukas raportti ilman muistiinpanojen kirjaamista paperille (Geomachine 2023). Kyseisellä laitteella säästettäisiin vaivaa kairaus-tulosten kirjanpidossa ja välttyttäisiin riskiltä paperien mahdollisessa katoamisessa tai tuhoutumisessa. Automaattisella tallentimella säästettäisiin myös aikaa diagrammien piirtämisessä, jotka on mahdollista saada tallentimelta automaattisesti aineiston purun yhteydessä.

Toisena mahdollisena kehityskohteena pohdittiin laajempien kartoitusten tekemistä ilman erillispyyntöä. Tässä työssä käsitellyssä pohjatutkimusprosessissa ei ollut tarvetta laajemmille kartoituksille, kuten puiden, ojien tai avokalliokohtien kartoitukselle. Geotekniikan perusteet kirjassa mainitaan, että pohjatutkimuksen yhteydessä suoritettavaan kartoitukseen kuuluu myös kyseisten kohteiden kartoitukset (Jääskeläinen 2009, 234). Yrityksen toimintatapaan on kuulunut kyseisten kohteiden kartoitukset joko erillispyynnöstä tai tapauskohtaisesti tulkittaessa kyseisten kohteiden esittäminen kartalla oleelliseksi. Useissa tapauksissa laajempia kartoituksia ei kuitenkaan ole koettu tarpeelliseksi tai kartoitettavaksi kohteet

ovat jo valmiiksi esitettyinä lähtöaineistossa. Rakennusalueella sijaitsevat avokalliokohdat ja rakennusalueen poikki kulkevat avo-ojat ovat usein kohteita, jotka esitetään kartalla ilman erillispyyntöä. Puiden kartoitusta ei aina koeta tarpeelliseksi, koska useissa pohjatutkimuskohteissa sijaitsee suuri määrä puita, jotka on tarkoitus raivata pohjatutkimuksen jälkeen, jolloin puiden esittämisestä kartalla ei olisi todellista arvoa asiakkaalle. Kattavampien kartoitusten laatiminen ilman erillispyyntöä voisi kuitenkin lisätä asiakastyytyvää ja vähentää ylimääräisiä käyntejä tutkimuskohteessa sellaisissa tilanteissa, joissa asiakas toivoo kyseisiä kartoituksia jälkikäteen. Toimintatavan muuttaminen lisäisi myös työmäärää, jolla voi olla vaikutusta pohjatutkimuksen kustannuksille. Toimintatavan muuttamiseksi yrityksen tuleekin puntaroida lisäkartoitusten todellista tarvetta ja arvoa asiakkaalle sekä mahdollisen kustannuksen suhdetta. Jos toimintatavan muuttamiselle ei koeta tarvetta, yritys voisi harkita lisäkartoitus mahdollisuuden mainitsemista tarjouksen yhteydessä, jolloin lisäkartoitusten tarpeen arviointi jää asiakkaalle.

Pohjatutkimuskohteen niin vaatiessa, yrityksellä on valmiudet tuottaa myös kattavampia aineistoja tai pohjatutkimuksia asiakasta varten. Kohteen mukaan asiakkaalle voidaan tuottaa myös kattavampia kartoituksia, laboratorionäytteitä, pohjavesiputken asennus ja seuranta sekä eri kairausmenetelmin tuotettuja kairauksia. Joidenkin alueiden pohjakartat voivat olla puutteellisia, jolloin voi olla tarpeen kartoittaa rakennusalueen kohteita, kuten olemassa olevien rakennusten sijainnit. Maaperän lisätietoja varten voidaan ottaa maanäytteitä myös toimitettavaksi laboratorioon tarkempiin tutkimuksiin. Yritys voi tarjota pohjavesiputken asennusta ja pohjavedenpinnan seuranta, jos kohteen pohjavedestä halutaan tarkempaa tietoa. Joissain tapauksissa maaperän leikkauslujuuden määrittäminen voi olla suunnittelun kannalta erittäin tärkeää, jolloin tulee miettiä siipikairausmahdollisuutta. Yritys voi tarjota myös muita mittaustöitä, kuten rajojen tai rakennusten kulmien merkintää. Lisäksi kerätystä datasta on mahdollista tuottaa asiakkaan tarpeen mukaan myös kattavampia tuloksia, kuten esimerkiksi 3D-malleja.

Opinnäytetyöstä koostui pienrakennushankkeen pohjatutkimusprosessia kuvaava kokonaisuus, jota yritys voi hyödyntää omien toimintatapojensa kehittämässä ja uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Työssä on lisäksi esitelty aihetta koskevan teorian kautta pohjatutkimuksen tarkoitusta, tavoitetta, työvaiheita, menetelmiä ja tuloksia, joiden avulla aiheeseen voivat tutustua aiheesta kiinnostuneet henkilöt ja tahot. Aihealueen jatkotutkimuksia varten voidaan tutkia kairausmenetelmistä ja tuloksia erilaisissa maastoissa ja maaperässä, kattavammin erilaisia kairausmenetelmiä, maanäytteenottoa, erilaisia pohjatutkimustapoja tai erilaisten maaperien vaikutusta perustustapoihin. Yrityksen näkökulmasta opinnäytetyötä voidaan jatkokehittää tutkimalla ja arvioimalla yrityksen suorittamia pohjatutkimuksia erilaisissa ja haastavammissa kohteissa, erilaisia kairausmenetelmiä sekä pohjavesiputkien asennusta ja pohjavedenpinnan seuranta. Lisäksi jatkokehitysmahdollisuutena on tutkia yrityksen mahdollisuutta laajentaa tarjoamia palveluita useampaan eri kairausmenetelmään sekä palveluiden laajentamisen vaatimuksia yritykselle, henkilöstölle ja kalustolle.

Opinnäytetyössä käytetyt kirjalliset sekä verkossa olevat lähteet ovat asiantuntijoiden laatimia, joiden tarkoituksena on esitellä ja ohjeistaa pohjatutkimuksia. Näin ollen lähteiden on arvioitu olevan luotettavia. Lisäksi opinnäytetyössä on käytetty pohjatutkijan pätevyyden omaavan Tuusulan Maaperätutkimus Oy:n pitkäaikaisen toimitusjohtajan haastattelua, pitkän uran pohjarakennesuunnittelun parissa tehneen asiantuntijan haastattelua sekä opinnäytetyön laatijan omia kokemuksia, jotka perustuvat kolmen vuoden aikaiseen palvelukseen Tuusulan Maaperätutkimus Oy:ssä. Vaikka jotkut käytetyistä lähteistä ovat useampia kymmeniä vuosia sitten laadittuja, on niiden ajantasaisuus todettu muiden aihetta koskevien lähteiden ja omien kokemusten perusteella.

LÄHTEET

Airikka, P. 2023. Tuusulan Maaperätutkimus Oy. Pohjatutkijan pätevyyden omaavan toimitusjohtajan haastattelu 27.3.2023.

Geomachine 2023. Tallentimet. Viitattu 6.4.2023
<https://geomachine.fi/maaperatutkimus/tallentimet/>.

Jääskeläinen, R. 2009. Geotekniikan perusteet. Tampere: Amk-Kustannus Oy.

Kempainen, H. 2023. Kehakon Oy. Pohjarakennesuunnittelijan pätevyyden omaavan toimitusjohtajan haastattelu 6.4.2023.

Liikennevirasto 2016. Pohjatutkijan pätevyys. Viitattu 13.4.2023
https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/ohje_2016_pohjatutkijan_patevyys_web.pdf.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Viitattu 25.3.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.

Palolahti, T. 2010. Pientalon maarakennustyöt. Ohjeita konepalvelun ja pienurakoiden tilaajalle, 10. Viitattu 29.3.2023
https://www.rt.fi/globalassets/infra/tietoa-ja-tilastoja/ohjeita-ja-opastusta/pientalon_marakennustyot.pdf.

Rakennustieto. RT-kortisto. Viitattu 1.4.2023
<https://www.rakennustieto.fi/palvelut/tietoa-rakentamiseen/kortistot/rt-kortisto>.

SFS 2021. Eurokoodit. Viitattu 25.3.2023
<https://sales.sfs.fi/fi/index/tietoastandardeista/eurokoodit.html.stx>.

Suomen geoteknillinen yhdistys. Julkaisut. Viitattu 5.4.2023
<https://sgy.fi/toiminta/julkaisut/>.

Suomen geoteknillinen yhdistys 1981. Kairausopas 1. Painokairaus, Tärykairaus, Heijarikairaus. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy. Viitattu 26.3.2023
<https://sgy.fi/content/uploads/2017/04/kairausopas-1-painokairaus-taerykairaus-heijarikairaus.pdf>.

Suomen geoteknillinen yhdistys 1984. Kairausopas III. Maanäytteidien ottaminen geoteknillisiä tutkimuksia varten. Neljäs painos. Espoo: Otapaino. Viitattu 13.4.2023
<https://sgy.fi/content/uploads/2017/04/kairausopas-3-maanaeyttiedien-ottaminen-geoteknillisiae-tutkimuksia-varten.pdf>.

Suomen geoteknillinen yhdistys 1987. Kairausopas IV. Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpinnan mittaaminen. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy. Viitattu 1.4.2023
<https://sgy.fi/content/uploads/2017/04/kairausopas-4.pdf>.

Suomen geoteknillinen yhdistys 2022. Kairausopas II. Siipileikkauskoe. Helsinki: Suomen geoteknillinen yhdistys. Viitattu 2.4.2023
<https://sgy.fi/content/uploads/2022/12/kairausopas-2-siipileikkauskoe-2022-12-07.pdf>.

Vantaan karttapalvelu. Viitattu 4.4.2023
<https://kartta.vantaa.fi/?setlanguage=fi#>.

Ympäristöministeriö 2018. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Pohjarakenteiden suunnittelu, 2, 10. Viitattu 25.3.2023
https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Pohjarakenteet-lopullinen-2018-687245F6_C824_413F_BB52_7A9DF0EDC210-137126.pdf/35f1f8ed-daa9-70d9-d863-e49967a9fa97/Pohjarakenteet-lopullinen-2018-687245F6_C824_413F_BB52_7A9DF0EDC210-137126.pdf?t=1603260646848.

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 17.6.2014/465. Viitattu 25.3.2023
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140465>.

LIITTEET

Liite 1. Perustamistapalausunto

Liite 1 1(17). Perustamistapalausunto

PERUSTAMISTAPALAUSSUNTO

Kunta:
Kaupunginosa:
Kortteli/Tila:
Tontti/Rek.nro:

Tasokoordinaatisto: ETRS-GK25
Korkeusjärjestelmä: N2000

21.3.2023

TUUSULAN MAAPERÄTUTKIMUS OY

Liite 1 2(17). Perustamistapalausunto

TUUSULAN MAAPERÄTUTKIMUS OY	Lausunto Perustaminen	GEO 1	2(4)
	21.3.2023	Koivulehdontie 20b	

Perustamistapalausunto

Tilaaajan toimeksiannosta on kohteessa tehty pohjatutkimuksia maaliskuussa 2023. Pohjatutkimuksien tarkoituksena on ollut selvittää rakennuspaikan perustamisolosuhteet rakennettavaa teollisuusrakennusta varten.

1. Tutkimukset

Kohteessa tehtiin 12 painokairausta ja kartoitus. Painokairauksia jatkettiin tärykairauksina kalliopinnan määrittämiseksi. Kalliopintaa ei varmistettu porakonekairauksilla. Tutkimuspisteistä otettiin näytteitä maalajien silmämääräistä määrittystä varten. Maalajimääritykset perustuvat kairauksen aikaisiin kairausvastuksen ja -äänien ja silmämääräisiin havaintoihin.

Tutkimuspisteet sijoitettiin tontille tilaaajan luovuttaman asemapiirustuksen perusteella. Pohjatutkimuspisteiden sijainti on esitetty liitteenä olevassa pohjatutkimuskartassa. Yksittäiset kairausdiagrammit on esitetty liitteissä.

Käytetty tasokoordinaattijärjestelmä on ETRS-GK25 ja korkeusjärjestelmä N2000.

2. Pohjasuhteet ja pohjavesi

Tontin maanpinta viettää etelään ollen korkeustasolla +23,7...+27,7. Ympäri-
lä olevien rakennuksien korkeustasoja on esitetty liitteenä olevassa pohjatutkimuskartassa. Eteläpuolella olevan Koivulehdontien korkeustaso on tontin kohdalla +23,7...+24,4.

Tontin maaperässä tutkimuspisteiden kohdalla pintamaan alla on löyhä paikoin siiltinen hiekkakerros 0,6...1,4 metrin tai löyhä täyttökerros 0,6...1,6 metrin syvyyteen asti. Syvimmällä on tiivis siiltimoreeni. Kairaukset ovat päättyneet moreenikerrokseen kiveen, lohkareseen tai kallioon 1,0...2,4 metrin syvyyteen.

Pohjavettä ei havaittu kairausten yhteydessä. Ilman tarkempia tutkimuksia pohjavedenpinnan oletetaan olevan 1,5 metrin syvyydessä.

Tutkimusten perusteella maaperä on routivaa. Pohjatutkimusten yhteydessä ei havaittu mitään, mikä viittaisi maaperän pilaantumiseen.

3. Perustaminen

Kohteen geotekninen luokka on GL2.

Pohjasuhteiden perusteella rakennuksien ja rakennelmien perustaminen tehdään maanvaraisin perustuksin. Perustamista varten vähintään pintamaa ja löyhät kerrokset poistetaan sekä tehdään tarvittavat täytöt. Ohjeelliset vähimmäiskaivussyvyyksien taso on esitetty kairausdiagrammeissa. Minimiperustamissyvyys on 0,5 metriä.

Pohjamaan kantokestävyyden mitoitustarvoa laskettaessa eurokoodin EN 1997-1 mitoitustavan 2 (DA2*) mukaisesti käytetään seuraavia pohjamaan maaparametrien ominaisarvoja tiiviin **moreenikerroksen** varaan perustettaessa:

- leikkauskestävyysskulma ("kitkakulma") 35°
 - tilavuuspaino pohjaveden alla 11 kN/m³
-

Liite 1 3(17). Perustamistapalausunto

TUUSULAN MAAPERÄTUTKIMUS OY

Lausunto
Perustaminen

GEO 1 3(4)

Koivulehdontie 20b

21.3.2023

Edellä mainittuja arvoja ja laskentatapaa käyttäen saadaan kantokestävyyden

mitoitusarvoksi $R_d/A' = 220 \text{ kN/m}^2$, kun

- jatkuvan anturan leveys on $B = 0,3 \text{ m}$
- perustamissyvyys $D = 0,5 \text{ m}$
- kuomitus on keskeinen ja pystysuuntainen

ja $R_d/A' = 392 \text{ kN/m}^2$, kun

- jatkuvan anturan leveys on $B = 0,3 \text{ m}$
- perustamissyvyys $D = 1,0 \text{ m}$
- kuomitus on keskeinen ja pystysuuntainen

Alapohja voidaan perustaa maanvaraisesti. Alapohjan alle tulee asentaa vähintään 300 millimetriä paksu kerros sepeliä kapillaarikatkoksi. Kapillaarikatkokerroksen alle tulee asentaa vähintään luokan N2 suodatinkangas (louhitun kallion kohdalla vähintään N3).

3.1. Putkijohdot ja kanaalit

Tontin putkijohdot ehdotetaan perustettavaksi maan- tai kallionvaraisesti asennusalustalle. Asennusalustan paksuus on 150 mm ja materiaalina käytetään esim. kalliomursketta, jonka maksimiraekoko on #0/16. Pohjamaan ja asennusalusta väliin asennetaan vähintään luokan N2 suodatinkangas (louhitun kallion kohdalla vähintään N3).

Putkijohtojen perustamisessa tulee huomioida liittyvien runkolinjojen perustamistapa, joka ei ole ollut tiedossa tätä lausuntoa laadittaessa. Siirtymärakenteet tulee huomioida putkijohtolinjojen perustamistavan/kannakoinnin vaihtuessa.

3.2. Piha- ja liikennealueet

Kohteen pihan liikennealueiden rakennekerrokset tehdään pohjamaan (F) vaaraan. Rakennekerrosten toteutuksessa on huomioitava tontin kuivatuksen järjestäminen.

4. Salaojat ja routasuojaus

Rakennukset varustetaan salaojin. Salaojitus toteutetaan julkaisun "RIL 126-2009 Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus" mukaisesti. Salaojituksen määrittää pohjarakennesuunnittelija pohjavedenpinnan ja rakenteiden korkeustasojen perusteella.

Rakennukset ja putkijohdot routasuojataan. Routasuojaus toteutetaan ohjeen "RIL 261-2013 Routasuojaus - rakennukset ja infrarakenteet" mukaisesti.

5. Radon

Kohteen radonpitoisuuksia ei ole mitattu. Radonin torjuntaan tulee varautua rakennesuunnitelmissa, ellei lisäselvityksiä tehdä. Radonin torjunta toteutetaan esimerkiksi ohjeen "RT 81-10791 Radonin torjunta" mukaisesti.

6. Kuivatus

Rakennuksen ja piha-alueen hulevedet johdetaan ränni-, sadevesi ja perusvesikaivon kautta ja salaojavedet perusvesikaivon kautta kaupungin huleve-

Liite 1 4(17). Perustamistapalausunto

TUUSULAN MAAPERÄTUTKIMUS OY

Lausunto
Perustaminen

GEO 1 4(4)

Koivulehdontie 20b

21.3.2023

siviemäriin tai ojaan tai mereen. Hulevedet voidaan ohjata myös luonnonmuokaisena pinta- ja pintakerrosvaluntana, jos se on muutoin mahdollista. Liikennealueiden rakennekerrosten kuivatus (salaojitustarve) tulee tarkastella erikseen.

Kohteen hulevedet voidaan imeyttää suoraan maaperän hiekkakerrokseen. Hiekan vedenläpäisevyyden arvona voidaan käyttää $k = 10^{-5} \dots 10^{-4}$ m/s. Maainesta tulee olla vähintään yksi metri kallion päällä. Imeyttämisen vaikutukset ympäristöön tulee huomioida.

7. Kaivu-, täyttö- ja paalutustyöt

Kaivannot tulee pitää kuivina. Työnaikainen kaivantojen kuivatus on järjestettävä esimerkiksi rakentamalla pumppauskaivantoja. Rakennuksien ja rakennelmien kohdalta poistetaan humuskerros ja häiriintynyt pohjamaa kokonaan ennen täyttöjen ja perustusten tekoa.

Korkeintaan 2 metriä syvien maakaivantojen luiskat tehdään 2:1 kaltevuuteen tai loivemmin. Rakennus- ja kanaalikaivantojen mahdollinen tuentatarve tulee tarkistaa erikseen pohjarakennesuunnittelun yhteydessä. Pohjaveden taso tulee huomioida kaivutöissä. Sen tasoa ei saa pysyvästi eikä pitkäaikaisesti alentaa.

Perustusten ja maanvaraisen lattian alustäytön kantavuusarvojen ja tiiviyssuhteiden tulee täyttää vaatimukset $E_1 \geq 50$ MN/m² ja $E_2 / E_1 \leq 2,5$.

8. Lisätutkimukset ja muuta huomioitavaa

Kohteen pohjarakennesuunnittelija päättää lopulliset perustamistavat, -menetelmät ja -korkeustasot. Hänen tulee tarvittaessa tehdä täydentävä pohjatutkimussuunnitelma riittävien suunnittelulähtötietojen saamiseksi.

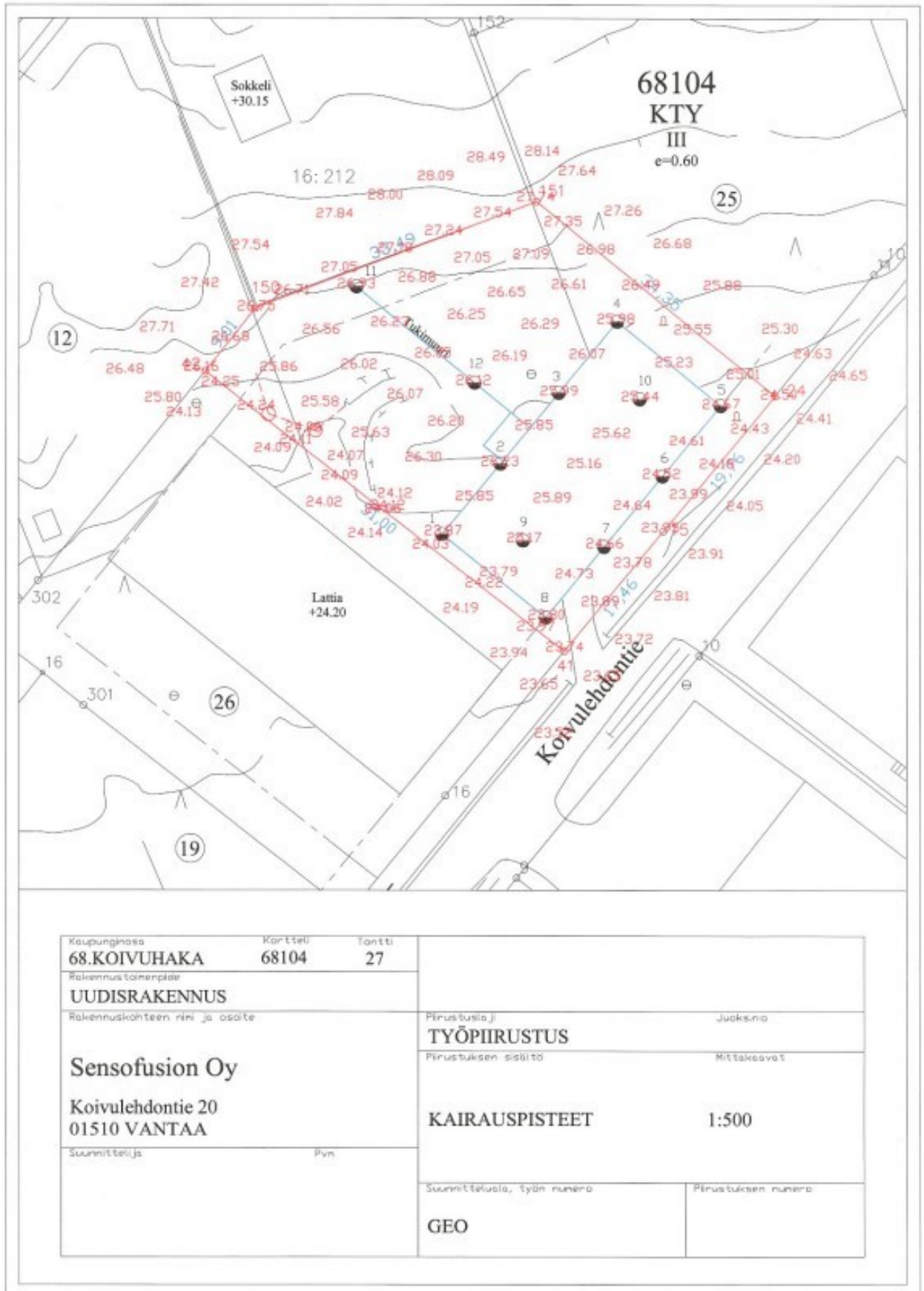
Tämä perustamistapalausunto ja siihen liittyvät pohjatutkimukset eivät ole sellaisenaan kohteen pohjarakennesuunnitelma. Pohjarakennesuunnitelmassa määritellään mm. tässä lausunnossa mainitut avoimeksi jääneet rakennesuunnittelun edetessä.

TUUSULAN MAAPERÄTUTKIMUS OY

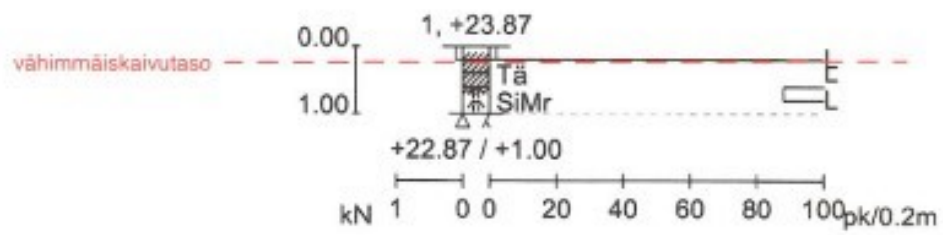
Liitteet

1. Pohjatutkimuskartta, 1 s.
2. Kairausdiagrammit 3/2023, 12 s.

Liite 1 5(17). Perustamistapalausunto

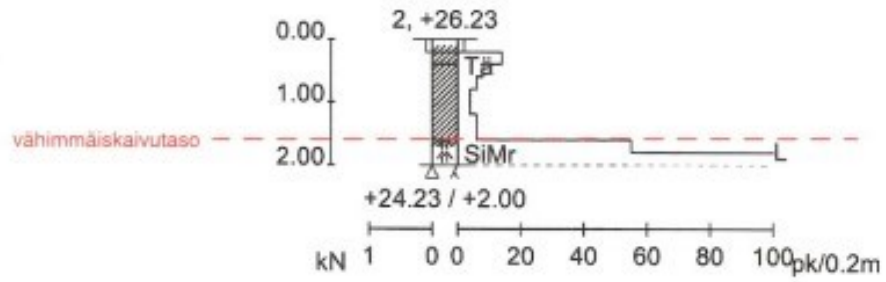


Liite 1 6(17). Perustamistapalausunto



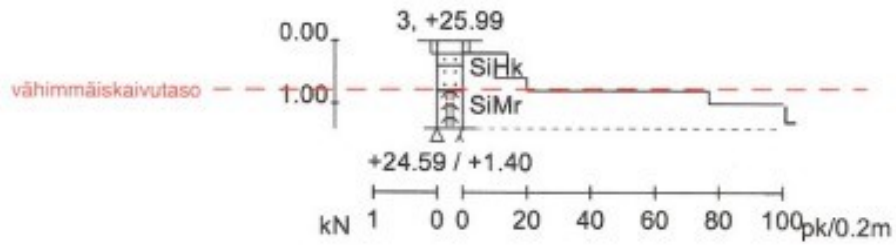
Numero	1	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 7(17). Perustamistapalausunto



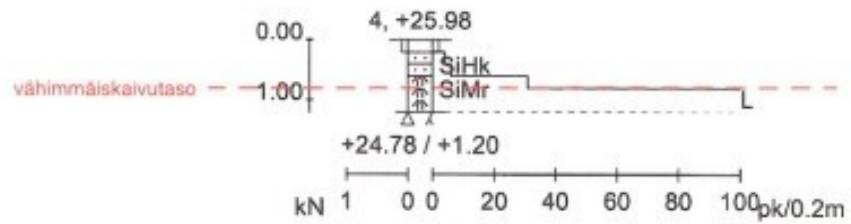
Numero	2	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 8(17). Perustamistapalausunto



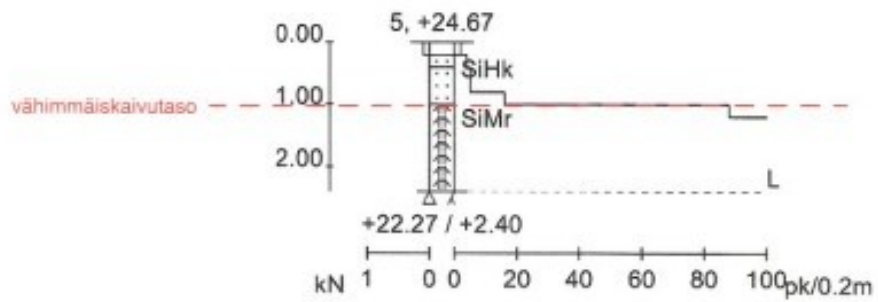
Numero	3	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 9(17). Perustamistapalausunto



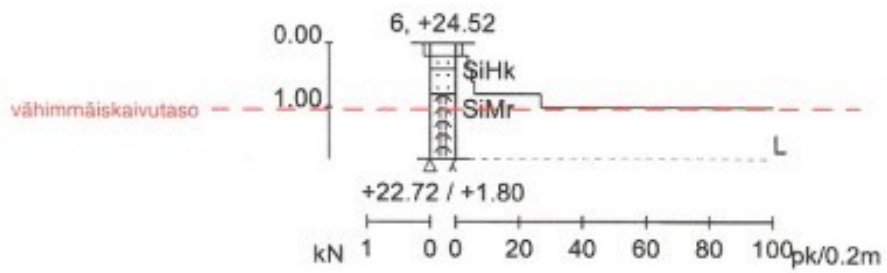
Numero	4	Kairaustapa	KAIRA:PA
X	0.000	Mittakaava	1:100
Y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 10(17). Perustamistapalausunto



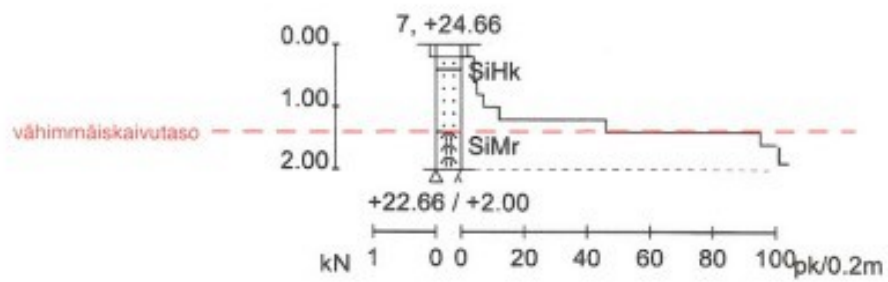
Numero	5	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 11(17). Perustamistapalausunto



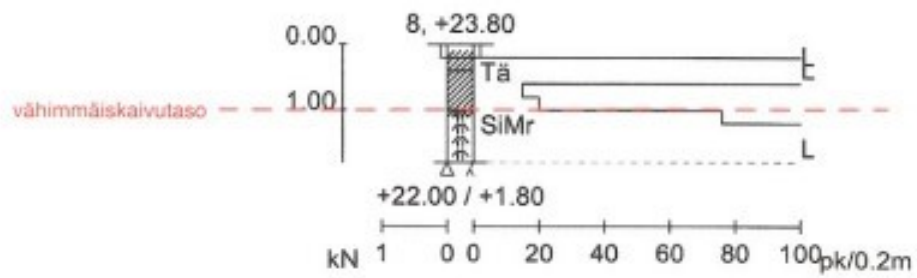
Numero	6	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 12(17). Perustamistapalausunto



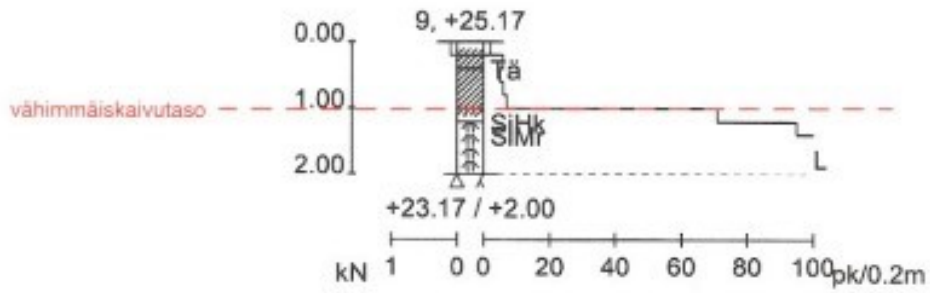
Numero	7	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 13(17). Perustamistapalausunto



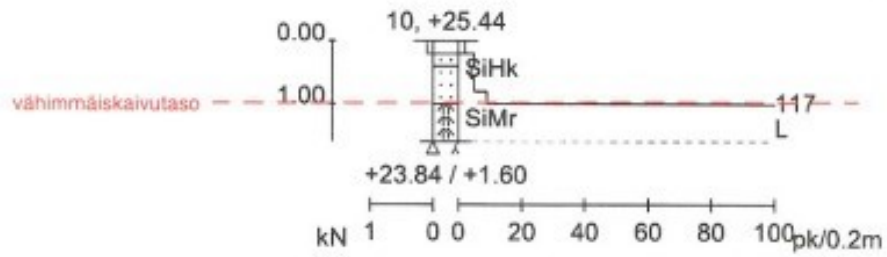
Numero	8	Kairaustapa	KAIRA:PA
X	0.000	Mittakaava	1:100
Y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 14(17). Perustamistapalausunto



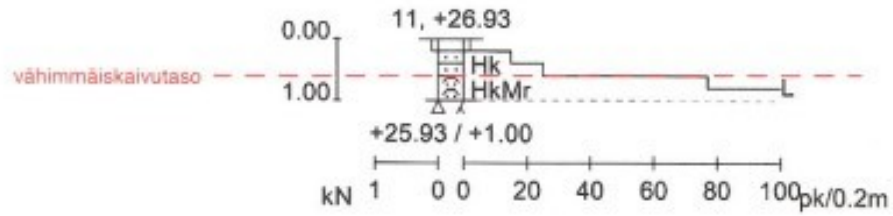
Numero	9	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 15(17). Perustamistapalausunto



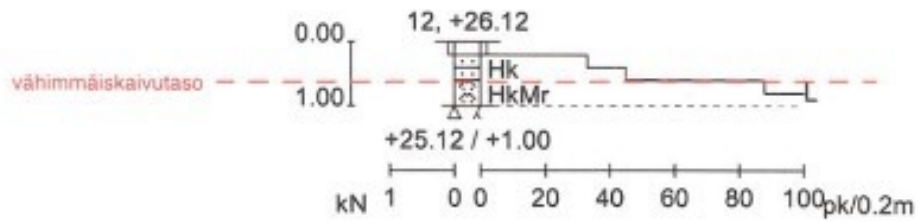
Numero	10	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 16(17). Perustamistapalausunto



Numero	11	Kairaustapa	KAIRA:PA
X	0.000	Mittakaava	1:100
Y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b

Liite 1 17(17). Perustamistapalausunto



Numero	12	Kairaustapa	KAIRA:PA
x	0.000	Mittakaava	1:100
y	0.000	Asiakas	Koivulehdont.20b