

GEOTEKNISTEN TUTKIMUSTEN PROSESSI ESPOON KAUPUNGIN GEOTEKNIKKAYKSIKÖSSÄ

Työkohteena Sunan Koulu

Pitkänen Joonas

Opinnäytetyö

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2024

Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Joonas Pitkänen	Vuosi	2024
Ohjaaja	Timo Karppinen		
Toimeksiantaja	Espoon kaupungin Geotekniikkayksikkö		
Työn nimi	Geoteknisten tutkimusten prosessi Espoon kaupungin Geotekniikkayksikössä – Työkohteena Sunan Koulu		
Sivumäärä	40 + 6		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä näkyväksi Espoon kaupungin Geotekniikkayksikön toimintaprosessi käytännön esimerkin kautta. Opinnäytetyössä käsiteltiin perustamistapaan liittyvien asiakirjojen sisältöä ja niitä varten tehtäviä geoteknisiä tutkimuksia, kuten maaperätutkimuksia ja maastomallinnusta. Opinnäytetyön esimerkkikohteeksi valikoitui Sunan koulu, jonka peruskorjauksen ja laajennuksen suunnittelutyö vaati geoteknisiä tutkimuksia. Kohde sopi monipuolisuutensa vuoksi esimerkittämään prosessia.

Opinnäytetyön tiedonhankinnassa yhdisteltiin verkkolähteitä, alan ohjeistuksia, Geotekniikkayksikön aineistoja, asiantuntijahaastatteluja sekä kirjoittajan omaa työkokemusta Geotekniikkayksikössä. Haastateltavina toimivat Espoon kaupungin Geotekniikkayksikön projektipäällikkö ja laborantti. Prosessin havainnointi ja päätelmät perustuivat kirjoittajan omiin havaintoihin ja kokemukseen.

Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää havainnollistamaan ja taustoittamaan prosessia erityisesti uusille Geotekniikkayksikön työntekijöille. Käytännön esimerkit lisäävät prosessin eri vaiheissa työskentelevien työntekijöiden ymmärrystä prosessin muista vaiheista.

Avainsanat

geotekniikka, maastomallinnus, maaperä, maaperätutkimukset, prosessikuvaus

Degree Programme in Land
Surveying Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Joonas Pitkänen	Year	2024
Supervisor(s)	Timo Karppinen		
Commissioned by	City of Espoo Geotechnics unit		
Title	Geotechnical investigation process in the Geotechnical unit of the city of Espoo		
Number of pages	40 + 6		

The goal of this thesis study was to demonstrate the work process of Geotechnical unit of the city of Espoo using a practical example. The school of Suna needs basic renovation and extension, which require extensive geotechnical investigations. It was chosen as an example site due to its versatility.

Documents related to foundation methods and the practical geotechnical analysis needed for them were explored. Various data sources were combined, such as online sources, industry guidelines, materials of the Geotechnics unit, expert interviews and the writers own work experience at Geotechnics unit. The project manager and laboratory technician at the Geotechnics unit were interviewed for the study. Observations and conclusions regarding the process were based on the writer's own observations and expertise.

This thesis may be used to demonstrate the process especially for the new employees of the Geotechnics unit. Practical examples will provide an insight to the different stages of the process for employees working in the various phases of the process.

Keywords geotechnical engineering, terrain modeling, soil, soil investigations, process description

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 MAAPERÄ JA MAAPERÄTUTKIMUKSET	6
2.1 Maaperäluokittelu	6
2.2 Maaperätutkimukset ja kairausmenetelmiä.....	8
2.3 Maastomallinnus ja mittauskojeet.....	11
2.4 Espoon maaperäkartta	13
2.5 Maaperän vaikutus perustamistapaan	14
3 ESPOON KAUPUNKI JA ORGANISAATORAKENNE	16
4 SUNAN KOULU TYÖKOHTENA.....	19
5 RAKENNETTAVUUSSELVITYS.....	21
6 ALUSTAVA PERUSTAMISTAPASELVITYS	24
6.1 Ohjelmointi.....	24
6.2 Maastomallinnus.....	25
6.3 Maaperätutkimukset kohteessa	26
6.4 Laboratorio	28
6.5 Alustavan perustamistapaselvityksen laatiminen ja sisältö.....	30
7 LISÄSELVITYKSET	32
7.1 Maaperätutkimuksia kohteessa	32
7.2 Kaivokortit.....	36
7.3 Laboratorio	37
7.4 Lisätutkimukset katu- ja kunnallistekniikan suunnittelun tueksi.....	38
8 POHDINTA.....	39
LÄHTEET.....	41
LIITTEET	44

1 JOHDANTO

Miksi saapas uppoaa syvälle liejuun kosteikolla kävellessä? Miksi pihatien asfaltti routii aina halki samoista paikoista paikkauksista huolimatta, vaikka naapurissa se pysyy kauniin tasaisena vuodesta toiseen? Maaperän ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi sen päälle rakennettuun ympäristöön. Maaperän ominaisuudet voivat vaihdella paljonkin, pienelläkin alueella. Maaperätutkimukset antavat rakennussuunnittelulle työkalut tehdä oikeanlaisia perustamistaparatkaisuja vakaiden ja pitkäikäisten rakenteiden luomiseen.

Olen työskennellyt Espoon kaupungin Geotekniikkayksikössä tammikuusta 2023 alkaen suorittaen pääosin maastomallinnusta. Geotekniikkayksikkö suorittaa maaperätutkimuksia ja maastomallinnusta Espoon kaupungin projekteissa. Suurimpana motivaattorina opinnäytetyölle oli halu ymmärtää kokonaisuutta projektin eri vaiheissa ja kuinka oma työ toimii palapelin palasena. Monesti eri kokouksissa esitetty liitteen 6 mukainen hankekohtaiset tai alueelliset tutkimustyöt projektikaavio antaa otsikkotason tiedon työvaiheista. Halusin tarkastella projektikaavion soveltamista käytäntöön esimerkkiprojektin kautta niin, että näiden havaintojen kautta voi ymmärtää muidenkin projektien sisältöä paremmin.

Tässä opinnäytetyössä tutustutaan Espoon kaupungin Geotekniikkayksikön toimintaan Sunan koulun laajennukseen ja peruskorjaukseen liittyvien toimenpiteiden kautta. Työkohde valikoitui monimuotoisuutensa ja laajuutensa vuoksi. Opinnäytetyön pääpaino on suoritetuissa toimenpiteissä, ei niinkään niiden tuloksissa. Tavoitteena on saada kattava käsitys yksikön toiminnasta monimuotoisessa projektissa, jonka maastotöihin itsekin osallistuin.

2 MAAPERÄ JA MAAPERÄTUTKIMUKSET

2.1 Maaperäluokittelu

Maaperällä tarkoitetaan peruskallion päällä olevaa irtonaista maa-ainesta. Suomen maaperä on syntynyt pääosin viimeisen jääkauden aikana ja sen jälkeen. (Kaiva.fi 2024.) Jääkaudella mannerjäätikkö liikkeessaan repi mukaansa kiviä ja maa-ainesta, sen sulaessa jäätikön sisältämä maa-aines jäi kallioperän päälle (Puutarha.net 2024). Viimeisen kymmentuhannen vuoden aikainen Itämeren historia ja vaihteleva yhteys Atlantin valtameriin sekä maanpinnan kohoaminen ja muutokset ilmastossa ovat vaikuttaneet maalajien kerrostumiseen merkittävästi (Ronkainen 2012, 8). Maaperä muodostuu erinäisistä maalajeista kallioperäisistä kivennäismaalajeista ja eloperäisistä maalajeista. Kivennäismaita ovat sellaiset, joissa eloperäistä materiaalia on alle 20 % painosta. (Ronkainen 2012, 9.)

Suomessa on käytetty vuodesta 1974 alkaen geoteknistä moniportaista maalajiluokittelua, joka on kehitetty palvelemaan rakennustekniikkaa Suomen olosuhteissa. Luokittelu perustuu ensisijaisesti maalajien geologiseen syntytapaan sekä humuspitoisuuteen ja raekokoon. Maalajit jaotellaan neljään ryhmään ja niiden ominaisuudet sekä lyhenteet on esitetty taulukossa 1. Eloperäisiin maalajeihin ja kolmeen kivennäismaalajiryhmään hienorakenteisiin, karkearakenteisiin ja moreenimaalajeihin. (Ronkainen 2012, 9.)

Taulukko 1. Maalajiryhmät (Ronkainen 2012, 9)

Maalajiryhmä	Lyhenne	Ominaisuudet
Eloperäiset maalajit	E	Maalaji koostuu pääasiallisesti eloperäisestä aineksesta tai sisältää eloperäistä ainesta > 20 paino-%
Hienorakeiset maalajit	H	Lajittuneet hienorakeiset maalajit Hienoainespitoisuus ($\leq 0,06$ mm) ≥ 50 % Humuspitoisuus ≤ 20 paino-%
Karkearakeiset maalajit	K	Lajittuneet karkearakeiset maalajit Hienoainespitoisuus < 50 %
Moreenimaalajit	M	Lajittumattomat, useita eri lajitteita sisältävät maalajit

Kivennäismaalajit, jotka ovat esimerkiksi veden virtauksen ansiosta selkeästi raekoon perusteella lajittuneita erotellaan taulukon 2 mukaisesti. Moreenimaalla tarkoitetaan maata, jossa mikään raekoko ei ole vallitseva, vaan sisältävät raekokoja siltistä soraan. (Ronkainen 2012, 9.) Suomen pinta-alasta lähes 60 % on moreenipeitteistä, lisäksi monissa paikoin moreenikerros löytyy muiden kerrostumien alta (Ronkainen 2012, 8).

Taulukko 2. Lajittuneet kivennäismaalajit (Ronkainen 2012, 9)

Maalaji	Lyhenne	Rakeiden läpimitta (mm)
Savi	Sa	≤ 0,002
Siltti	Si	> 0,002–0,06
Hiekka	Hk	> 0,06–2,0
Sora	Sr	> 2,0–60,0
Kivet	Ki	> 60–600
Lohkareet	Lo	> 600

Turve ja lieju ovat eloperäisiä maalajeja. Turve koostuu maatumisasteeltaan vaihtelevista kasvinjäänteistä. Liejussa on yli 20 % humusta sekä yleensä suurimmaksi osaksi hienoa kiviainesta, kuten savea ja silttiä. Saveksi luokitellaan alle 0,002 mm hiukkaset, jotka muodostavat kolloidisen liuoksen vedessä, ja savi sekä siltti ovat routivia. Hiekka ja sora ovat kitkamaalajeja, joiden lujuus perustuu rakeiden väliseen kitkaan. (Ronkainen 2012, 11.)

Luonnontilainen maa-aines ei ole kulkenut seulonnan läpi ja maaperä ei luonnollisesti yleensä sisällä vain tietyn raekoon ainesta. Kivennäismaalajien nimeämisessä käytetään rakeisuuskäyrää, joka kuvaa maalajin rakeiden jakaumaa. D50-menetelmällä suoritettu maa-aineksen nimeäminen perustuu siihen, minkä pää-lajitteen alueella rakeisuuskäyrän 50 % läpäisyprosenttia vastaava raekoko sijaitsee. Savi on poikkeus sääntöön ja siksi nimetään jos 30 % aineksesta koostuu savesta. Taulukossa 3 esitellään geoteknisen maalajiluokittelun määreet. (Ronkainen 2012, 10.)

Taulukko 3. Geotekninen maalajiluokitus (Ronkainen 2012, 9)

Maalajiryhmä	Maalaji	Lyhenne	Lajitepitoisuus, paino-%			Raekoko d ₅₀ , mm
			Savi	Hieno- aines	Sora	
Eloperäiset	Turve	Tv				
	Lieju	Lj				
Hienorakeiset	Savi	Sa	≥ 30			
	Siltti	Si	<30	≥ 50	< 5	≤ 0,06
Karkearakeiset	Hiekka	Hk		< 50	≥ 50	> 0,06–2
	Sora	Sr		< 5	< 50	> 2–60
Moreenimaat	Silttimoreeni	SiMr		≥ 50	≥ 5	≤ 0,06
	Hiekkamoreeni	HkMr		5–50	5–50	> 0,06–2
	Soramoreeni	SrMr		≥ 5	< 50	> 2

Lopullisessa nimeämisessä voidaan käyttää lisänimeämistä, josta selviää sopivampi määrittys vallitsevien ominaisuuksien perusteella. Lisänimi, kuten sorainen, hiekkainen tai silttinen, annetaan, jos kyseistä lajitetta on yli 30 %. Mikäli lisänimi olisi mahdollinen, valitaan hienompirakeisempi vaihtoehto. Savea sisältävissä maalajeissa lisänimi savinen annetaan, jos savea on 10–30 %. Eloperäisillä maalajeilla, jos humuspitoisuus on 2–6 %, lisänimi on liejuinen. (Ronkainen 2012, 11.)

2.2 Maaperätutkimukset ja kairausmenetelmiä

Geoteknisten mittausten ja tutkimusten tarkoituksena on selvittää pohjaolosuhteet koskien maa- ja kallioperää sekä pohjavettä. Riittävän kattavat ja etupainotteiset tutkimukset antavat tärkeää tietoa hankkeiden suunnittelun tueksi ja ovat kriittisiä hankkeiden riskienhallinnan kannalta. Ne tarjoavat perusteet suunnittelu- ja rakentamisvaiheiden kannalta merkityksellisten maan ja kallion geoteknisten parametrien arviointiin. (Liikennevirasto 2015, 8.)

Espoon kaupungin Geotekniikkayksiköllä on tällä hetkellä aktiivisessa käytössä kolme Geomachinen valmistamaa monitoimiporavaunua: keskiraskaat GM75, GM85 ja raskas monitoimiporavaunu GM100. Kalustoon kuuluu myös Konenikkareiden valmistama keskiraskas monitoimiporavaunu KN1500. Kuviossa 1 esiintyy Geotekniikkayksikön uusinta 2024 käyttöön otettua kairaus- ja kuljetuskalustoa, GM85-monitoimiporavaunu Scanian kuorma-auton lavalla.



Kuvio 1. Monitoimiporavaunu GM85 GT

Porakonekairaus on hyvä metodi kalliopinnan tason määrittämiseen, näytteenottoon, kalliolaadun arviointiin sekä pohjavesiputkien asennukseen. Porakonekairauksessa tarkastellaan suhteellista tunkeutumisenopeutta maakerrosten läpi. Lähtökohtaisesti pintamaa on pehmeää ja peruskallio paljon kovempaa. Kaira uppoaa nopeammin pehmeään ainekseen. Vakionopeudella pyörivän ja tassisesti iskevän kairan tunkeutumisenopeutta seuraamalla voidaan määrittää kalliopinnan taso maanpintaan nähden. Äkillinen hidastus nopeudessa tarkoittaa kalliopinnan saavuttamista. Kalliopinnalle suoritetaan kairatessa vielä kolmen metrin varmistus, ettei kyseessä ole esimerkiksi suuri kivi. Joissain tapauksissa kallioperä voi olla rosainen ja maa-aines tiivistä kitkamaata, jolloin kalliopinnan toteaminen voi olla epävarmaa. (SGY 1986, 3.)

Painokairauksessa kuormitukseltaan staattinen eri suuruisilla painoilla varustettu kaira tungetaan maahan. Kaira uppoaa pehmeään maakerrokseen painojen tuottamalla kuormituksella. Kun tunkeutuminen pelkällä painolla loppuu, jatketaan kairausta puolikierron kerrallaan kiertäen. Menetelmällä voidaan selvittää maan rakennekerroksien ominaisuuksia ja syvyyttä. Havainnot perustetaan kairausvastukseen, kairan käyttäytymiseen ja muihin kairauksen aikana tehtäviin havaintoihin, jonka jälkeen niitä tarkennetaan muilla kairausmenetelmillä ja laboratoriotutkimuksilla. (SGY 1980, 4.)

Tärykairauksessa kaira tunkeutuu maaperään tärytyksen ja koneen oman painon avulla. Tärykairauksella saadaan tietoa maakerrosten kivisyydestä ja lohka-reisuudesta. Se on painokairausta nopeampi menetelmä, mutta soveltuu vain täydentäväksi tutkimusmenetelmäksi, jota käytetään yleensä määräsyyvyyteen ulottuvissa kairauksissa. (SGY1980, 8.)

Heijarikairauksessa kaira tunkeutuu maaperään tangon päähän lyövän heijarin voimalla. Kairausvastus lasketaan vaadituista vakiovoimalla iskevän heijarin lyönneistä syvyysyksikköä kohti. Heijarikairan tunkeutuminen on verrattain heikkoa kivisessä moreenimaassa, joten sitä käytetään pääsääntöisesti karkearakenteisten muodostumien tutkimiseen. Menetelmää hyödynnetään yleensä kiinteän pohjakerroksen yläpinnan ja maakerrosten tiiveyden selvittämiseen, lisäksi kalusto soveltuu näytteenottoon ja pohjavesiputkien asentamiseen. (SGY 1980, 9.)

Siipikairauksella eli siipileikkauskokeella määritetään hienorakenteisten maalaajien leikkauslujuutta. Menetelmällä saatuja tuloksia voidaan käyttää pohjanvahvistustarpeen määrittämiseen, pohjanvahvistuksen mitoituslaskemiin ja paalujen mitoitukseen. Siipikairan kärki koostuu neljästä teräslevystä, jotka ovat kohtisuorasti toisiaan vastaan. Siipeä pyöritetään vakionopeudella ja sen kärkien kautta muodostuu sylinterinmuotoinen leikkauspinta. Leikkauspinnan muodostumiseen vaadittava vääntömomentti mitataan ja se yhdistettynä leikkauspinnan geometriaan antaa leikkauslujuuden arvon. Siipikairauksessa määritetään ensin häiriintymättömän leikkauslujuus ja sitten häiritty leikkauslujuus, näiden arvojen perusteella

voidaan selvittää maaperän sensitiivisyys, eli häiriintymisherkkyys. Siipileikkauskoe suoritetaan aiemmin tehtyjen pohjatutkimusten tietojen pohjalta. Ensin arvioidaan kohteen maaperän soveltuvuus kokeen suorittamiseen, eikä siinä ole tarkoitus tunkeutua kallioon. (SGY 2022, 10.)

2.3 Maastomallinnus ja mittauskojeet

Maastomalli on yksinkertaisimmillaan selitettynä maanpintaa kuvaava malli. Se sisältää maanpinnan vaakakoordinaatit ja korkeustiedon sekä lisäksi tietoa muun muassa peitteistä, rinteiden kaltevuudesta ja viettosuunnista. (Maanmittauslaitos 2024a.) Maan pinnan muotoa kuvaavista taiteviivoista ja hajapisteistä muodostetaan kolmioverkkomalli, josta voidaan tuottaa erilaisia visualisointeja, kuten korkeuskäyrät tai poikkileikkauksia (Laurila 2012, 265).

Espoon kaupungin Geotekniikkayksikön maastomallinnuksessa noudatetaan Väyläviraston Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot mittausohjetta hieman sovelletuin osin. Merkittäviä eroja ovat pienemmän noin viiden metrin pistevälin suosiminen ja puuston tarkempi dokumentointi lajin ja halkaisijan mukaan. Geotekniikkayksiköllä on käytössään oma koodilistaus, jossa on eritelty maanpinnan kohteet. Kuitenkin lähtökohtaisesti kaikki muutkin kartoitettavat kohteet mitataan maan pinnan tasolta, pois lukien puut, jotka ellei ole toisin mainittu voidaan kartoittaa esimerkiksi lasermittauksena korkotasosta huolehtimatta. Kaikki maastomallimittaus suoritetaan takymetrimittauksena, eikä GNSS-mittausta käytetä kuin orientoinnissa tarpeen vaatiessa. Espoon kaupungin kaikessa paikkatietoon liittyvässä toiminnassa käytetään seudullisesti yhteensopivaa Euref GK25 -koordinaattijärjestelmää ja N2000-korkeusjärjestelmää (Espoon kaupunki 2024a).

Takymetri on mittauskoje, jolla mitataan kulmia ja etäisyyksiä. Takymetrin nimitys viittaa kreikankieliseen termiin etäisyydenmittauksesta. (Laurila 2012, 238.) Kun takymetri on tasattu ja orientoitu, eli laskettu kojeen sijainti, voidaan sillä tehdä sijainti mittauksia mittauspaikan koordinaatistossa ja korkeusjärjestelmässä (Laurila 2012, 252). Espoon kaupungin Geotekniikkayksikössä on käytössä Trimblen S6 ja S7 -takymetreja. Eräitä mittauskojeita on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. S6 takymetri, R10 GNSS, MultiTrack prisma ja TSC7-maastotietokone

GNSS eli global navigation satellite system tarkoittaa eri maiden ylläpitämien paikannusjärjestelmien kokonaisuutta. Yksinkertaistetusti GNSS-vastaanotin laskee satelliitista lähtevän signaalin matka-ajan perusteella etäisyyden satelliittiin, etäisyys saadaan kertomalla lähetyksen ja vastaanoton erotus valon nopeudella. Useiden satelliittien etäisyystietojen avulla vastaanottimelle voidaan laskea sijainti. Paikannuksessa on kuitenkin monia epävarmuuksia, kuten ennustetut kiertoradat, kellovirheet, maastoesteet, ilmakehän aiheuttamat vääristymät sekä muita epävarmoja muuttujia. Paikkatieto siis lasketaan epätarkoista mittauksista ja sellaisenaan sillä pystytään noin viiden metrin tarkkuuteen. Tarkkuutta kuitenkin parantaa maassa sijaitseva tukiasemaverkko, joka lähettää vastaanottimeen korjausdataa. (Maanmittauslaitos 2024b.) Geotekniikkayksikön käytössä on Trimblen R10 GNSS -mittauskojeita.

Espoon kaupungin Geotekniikkayksikössä maastomallin käsittely ja lähtötietojen hankinta hoidetaan 3D-Win-ohjelmistolla. 3D-Win on kotimainen ohjelmisto, jota

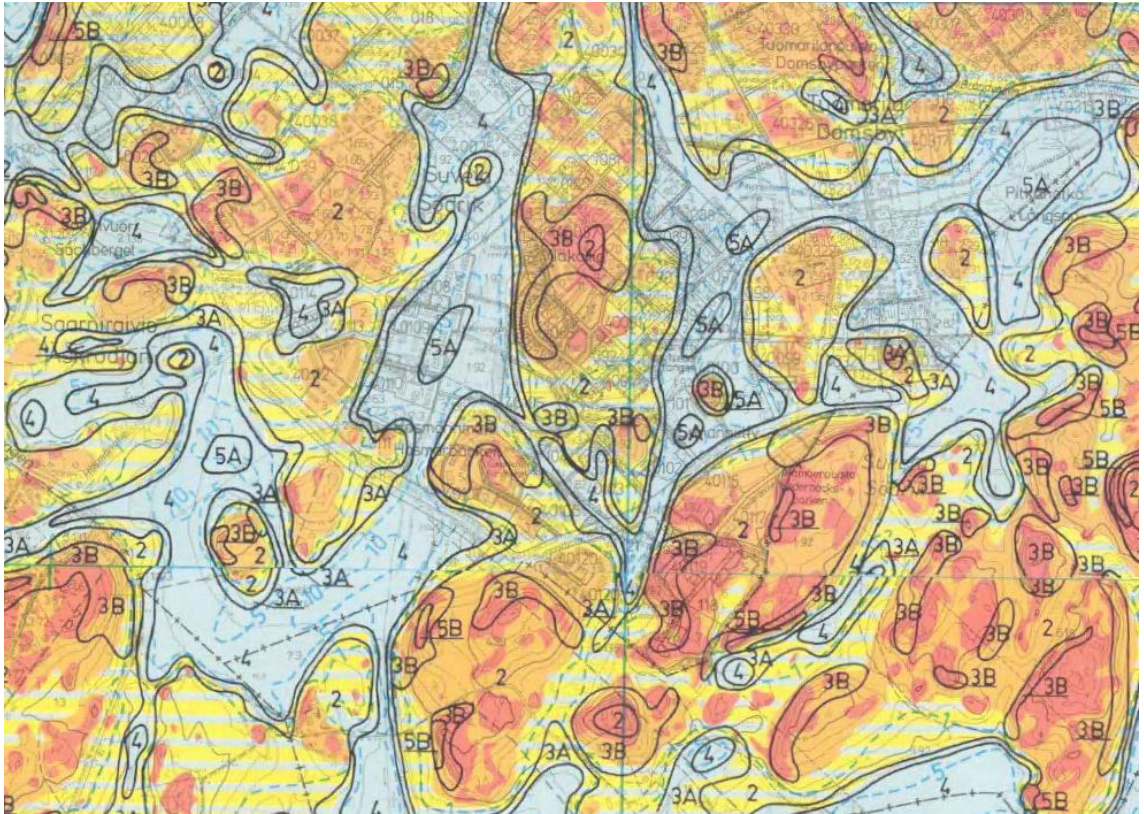
ylläpitää Novatron Oy. Se tarjoaa monipuoliset työkalut mittaus- ja suunnitelmätiedon tuottamiseen ja käsittelyyn. Se tukee ja kykenee muuntamaan monia eri tiedostoformaatteja ja mahdollistaa vektoritiedostojen kolmiulotteisen graafisen käsittelyn. Lisäksi ohjelmistossa on sisäänrakennettuna monia geodeettisia laskeutustyökaluja. (Novatron Oy 2024.)

2.4 Espoon maaperäkartta

Espoossa on vaihteleva maaperä. Yhdellä rakennuspaikalla voidaan tavata usean metrin paksuinen savikerros sekä avokallio. Maaperäolosuhteilla on suuri vaikutus rakentamiskustannuksiin ja täten huomattava merkitys maankäytön suunnittelussa ja kaavoituksessa. Espoon maisemalle tyypilliset savikkolaaksoainanteet laajenevat paikoin savikkopeltoaukeiksi, joita reunustavat kalliiset mäet. (Espoon kaupunki 2024b.)

Espoon kaupungin maaperäkartta-aineistoa ylläpitää Geotekniikkayksikkö. Kaupungin avoimessa karttapalvelussa on saatavilla vuoden 1986 maaperäkartta ja ajantasaiset maaperätiedot ovat ostettavissa kaupungin sähköisestä asiointikanavasta. (Espoon kaupunki 2024b.)

Ajantasaista maaperätietoaineistoa täydennetään jatkuvasti maaperätutkimusten tulosten perusteella. Maaperäkartasta selviää värikoodattuna alueen vallitseva maalaji sekä alueen rakennettavuusluokka ja sen kuvaus. Rakennettavuusluokitus on kuusiportainen asteikko, jossa luokkatunnus 1 tarkoittaa helposti rakennettavaa aluetta ja luokkatunnus 6 erittäin heikosti rakentamiseen soveltuvaa aluetta. Liitteessä 1 on esiteltyinä kuviossa 3 esiintyvän maaperäkartan 1:10 000 selitteet.



Kuvio 3. Maaperäkartta vuodelta 1986, jossa rakennettavuusluokat vuodelta 1996 (Espoon kaupunki 2024o)

2.5 Maaperän vaikutus perustamistapaan

Rakennuksen perustamistavan määrittävät rakennuspaikan maaperän kantavuus ja routivuus sekä maastonmuodot. Normaalien rakennushankkeen maanmuokkausten lisäksi on huomioitavaa, että pintamaan alla voi olla monia hyvinkin eri tavoin käyttäytyviä maalajeja. Eri maalajeilla on erilaiset ominaisuudet niiden suhteen. Maaperän kantavuus määrää, miten laajalle alueelle rakennuksen kuorma tulee jakaa. Routivuus puolestaan määrittää routasuojauksen tason ja vaadittavan perustamissyvyyden. Perustussuunnitelman tekee yleensä rakennussuunnittelija. (Suomi Rakentaa 2024.) Liitteessä 4 on esitetty rakennettavuusluokat alustavine perustamistapoineen, josta voi saada osviittaa perustamistavan valinnasta. Lopullinen perustamistapa kuitenkin määritetään perustussuunnitelmassa. Espoon alueella rakennushankkeissa vaaditaan aina luotettavaa perustamistapaselvitystä, pois lukien pienet kevytrakenteiset vajat tai tallit (Espoon kaupunki 2024h).

Rakentamisessa on tärkeää varmistaa, ettei rakennuspaikan radonpitoisuus ylitä sallittuja arvoja. Eloperäiset maalajit poistetaan rakennuspaikalta. Kapillaarinen vedennousu rakenteisiin ja routiminen estetään sorakerroksella. Toimenpiteiden laajuus riippuu rakennuspaikan maaperäolosuhteista. (Puutarha.net 2024.)

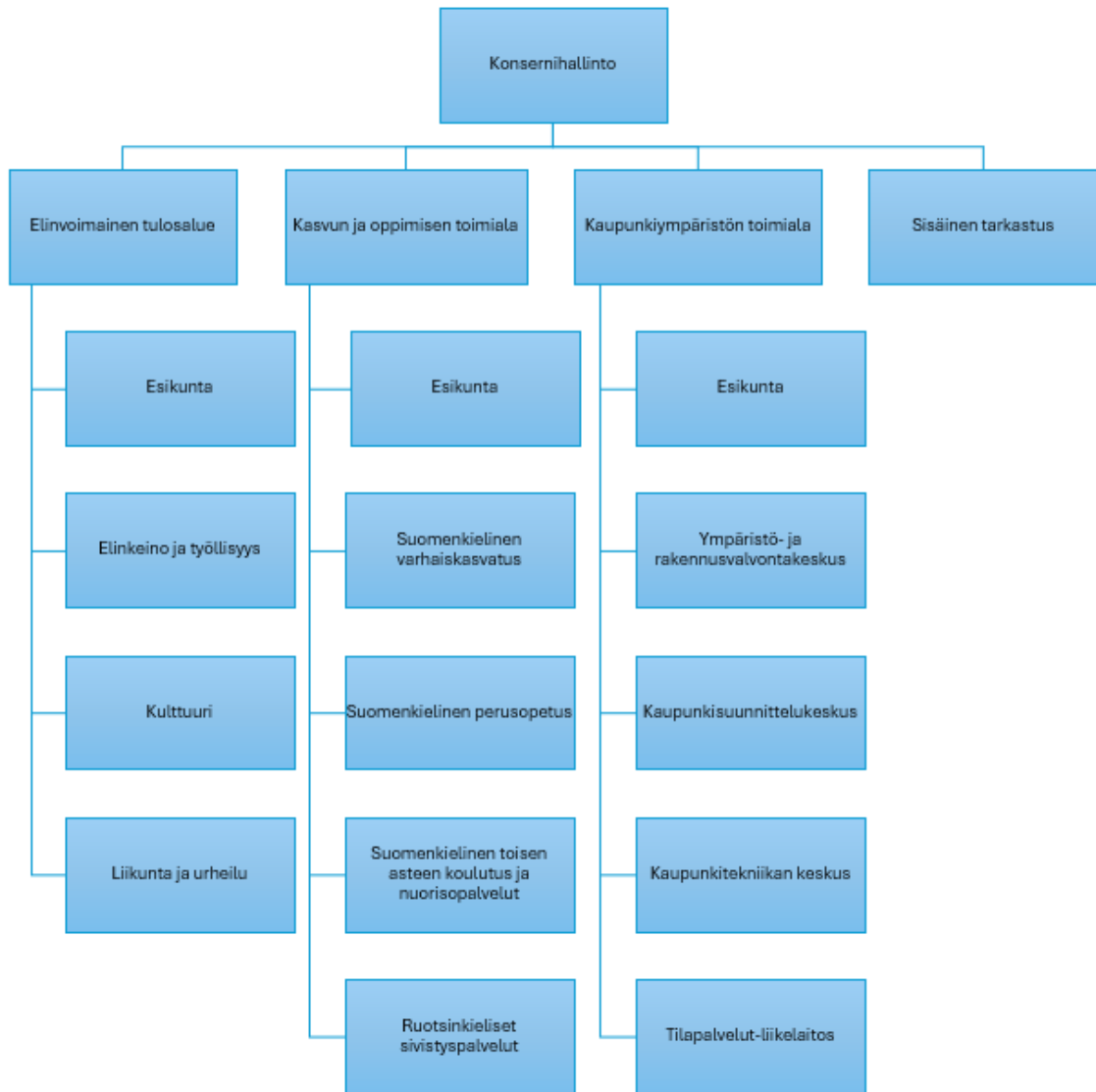
Pientalorakentamisesta puhuttaessa tyypillinen sokkeliperustus soveltuu vähintään kohtuullisesti kantaville maapohjille. Teräsbetonista valetun anturan tai anturaharkoista rakennetun anturan päälle muurataan harkoista sokkeli, joka kannattelee rakennuksen painoa. Laattaperustus soveltuu heikommin kantavalle maalle, siinä rakennuksen paino jakautuu sen koko pinta-alalle yhtenäiseksi valetun reunavahvisteisen laatan avulla. Kellariperustus voi olla maaston muotojen tai rakentajan tilantarpeiden aiheuttama valinta. (Suomi Rakentaa 2024.)

Paalutuksella tarkoitetaan rakennuksen kuorman siirtämistä syvälle maaperään paalujen avulla tuoden vakautta ja tukea rakenteille. Paaluperustukset ovat pitkiä ja kapeita teräksisiä tai teräsbetonisia elementtejä jotka upotetaan syvemällä sijaitsevaan kantavampaan maakerrokseen tai kallioon. Paalutusta käytetään huonosti kantavassa maaperässä, kuten esimerkiksi vanhan merenpohjan päälle rakentaessa. Paaluperustus on kalliimpaa kuin maavarainen perustus, mutta monilla alueilla välttämätöntä rakennusprojektin mahdollistamiseksi. Paaluperustuksen kehitys on edesauttanut muun muassa pilvenpiirtäjien, siltarakennuksen ja turvallisempien infraprojektien kehityksessä. (Betoni-Intiaanit Oy 2023.)

3 ESPOON KAUPUNKI JA ORGANISAATORAKENNE

Espoo on asukasluvultaan Suomen toiseksi suurin kaupunki jonka asukasluku vuoden 2023 lopussa oli 314 024 asukasta. Espoon kaupunkisuunnittelun erityispiirteenä on viiteen eri keskukseen tukeutuva kaupunkirakenne. Espoon keskus, Espoonlahti, Leppävaara, Matinkylä, Tapiola muodostavat keskittymät, joiden ympärille levittäytyvät lähiöt, maaseutu, teollisuus- ja luontoalueet. Osana pääkaupunkiseutua se on vetovoimainen ja jatkuvasti kasvava alue. Rakentaminen on jatkuvaa kasvavan väkiluvun ja yritysten investointien ansiosta. (Espoon kaupunki 2024k; Espoon kaupunki 2024f.)

Espoon kaupungin valtuuston alaisuudessa toimiva hallinnollinen organisaatorakenne on esitetty kuviossa 4. Jokaisella toimialalla on oma johtoryhmänsä. Konsernihallinnon tehtävänä on johtaa, ohjata, valvoa ja kehittää koko kaupunkikonsernia. Konsernihallinnon johtajana toimii kaupunginjohtaja. Elinvoimaisen tulosalueen tehtävänä on kilpailukyvyyn ja elinvoiman vahvistaminen sekä liikunnan ja kulttuurin roolin vahvistaminen osana kaupungin elinvoimaisuutta. Kasvun ja oppimisen toimiala vastaa koulutuksesta ja varhaiskasvatuksesta. Kaupunkiympäristön toimiala vastaa kaupungin fyysisen infrastruktuurin ylläpidosta ja kehityksestä. Sisäinen tarkastus valvoo tulosityksiköiden toimintaa laadun ja talouden osalta. Tämän opinnäytetyön osalta merkittäviä osia organisaatiosta ovat Kaupunkiympäristön toimialaan kuuluvat Kaupunkitekniikan keskus ja Tilapalvelut-liikelaitos. (Espoon kaupunki 2024e.)



Kuvio 4. Espoon kaupungin hallinnollinen organisaatiorakenne (Espoon kaupunki 2024e)

Kaupunkitekniikan keskus vastaa yleisten alueiden kehittämisestä, rakentamisesta ja ylläpidosta, maanmittaus- ja kartastotoimen sekä geotekniikan palveluista sekä sille vastustetuista lakisääteisistä viranomaistehtävistä. Geotekniikkayksikkö toimii osana Kaupunkitekniikan keskusta. (Espoon kaupunki 2024i.)

Geotekniikkayksikkö on koontanut tietoja Espoon maa- ja kallioperästä sekä pohjaveden pinnan vaihteluista jo yli 55 vuoden ajan. Geotekniikkayksikkö tuottaa kaupungin hankkeisiin maaperätutkimukset, maastomallinnukset ja muut geotekniset tukipalvelut. Jo liki 300 000 pohjatutkimukseen perustuvat maaperäkartat luovat laajan tietopohjan kaupungin alueen maaperästä. (Espoon kaupunki

2024g.) Geotekniikkayksikkö tekee maaperätutkimuksia ainoastaan kaupungin omiin kohteisiin, mutta ajantasaiset maaperätiedot ovat ostettavissa kaupungin asiointipalvelusta. Tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä Geotekniikkayksikön palveluksessa on 32 henkilöä.

Tilapalvelut liikelaitos vastaa Espoon kaupungin kiinteistöjohtamisesta ja rakennettujen kiinteistöjen hallinnoimisesta sekä tuottaa niiden ylläpitopalveluja. Lisäksi Tilapalvelut liikelaitos vastaa myös kaupungin uudis- ja korjauskohteiden suunnittelusta ja rakennuttamisesta. (Espoon kaupunki 2024j.) Kaikissa Tilapalveluiden hankkeissa, joissa on tarvetta pohjarakennesuunnittelulle tai maastomittauksille on Geotekniikkayksikkö mukana. Kohteiden koko vaihtelee esimerkiksi pienistä varastorakennuksista kouluihin ja uimahalleihin. Ison profiilin yhteistyöhankkeita hankkeita ovat muun muassa Espoolaistentalo ja Tapiolan uimahalli. (Toivanen 2024.)

Geotekniikkayksikkö tilaa suoraan tai kilpailuttaa Tilapalveluiden toimeksiantosta hankkeiden pohjarakennesuunnittelun kaupunkitekniikan konsulttipalveluiden puitesopimuksen kautta. Työt voidaan hoitaa Geotekniikkayksikön sisäisesti tai ostopalveluna. On mahdollista, että jonkin osan suunnittelusta tai maastotöistä hoitaa konsultti Geotekniikkayksikön ohjauksella. Tämän opinnäytetyön aiheena olevassa projektissa asiat hoidettiin alkuun sisäisesti ja yksityinen toimija tuli mukaan suunnittelutyöhön lisäselvityksiä tehdessä. Lähtökohtaisesti yhteistyöhankkeissa Geotekniikkayksikön sisäisesti laaditaan Tilapalveluiden hankkeisiin rakennettavuusselvitykset ja alustavia perustamistapaselvityksiä. (Toivanen 2024.)

Tietomallipohjainen suunnittelu on oletusarvoista Tilapalveluiden hankkeissa ja valmiutta siihen odotetaan myös konsulteilta. Lisäksi vuonna 2025 voimaan tuleva rakennuslain uudistus velvoittaa toimittamaan rakennussuunnitelmia vastaavan suunnitelmamallin tai tiedot koneluettavassa muodossa. (Toivanen 2024.)

4 SUNAN KOULU TYÖKOHTENA

Sunan koulu on noin 260 oppilaan perusopetuksen vuosiluokkien 1–6 koulu Keski-Espoossa. Vuonna 1985 valmistunut koulu on kärsinyt sisäilmaongelmista ja tutkimuksissa on paljastunut laajoja vaurioita sekä puutteita rakenteissa. Koulun on suoritettu korjaus- ja muutostöitä vuosina 2019 ja 2020, mutta näillä ei ole saavutettu riittäviä parannuksia ilmanlaatuun. (Espoon kaupunki 2024c.)

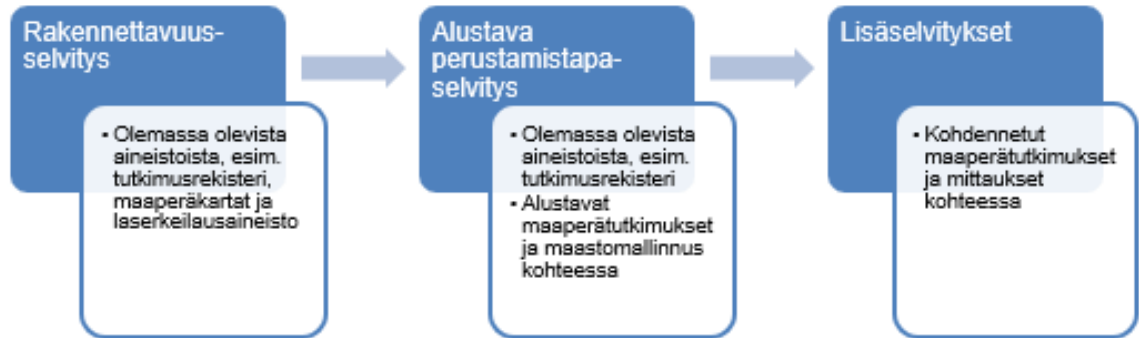
Alueen väestöennuste on kasvusuhdanteinen ja siksi myös laajentaminen on ajankohtaista. Koulun remontin ja laajennuksen lisäksi myös piha-alueet peruskorjataan. Nykymuodossaan myös kouluterveydenhuollon tilat ovat hyvin vajaavaiset. (Tuominen-Halomo 2023.) Vanhan koulurakennuksen korjausaste on jopa 90 % ja se puretaan lähes kokonaan säilyttäen vain kantavat rakenteet. Hankkeen tuorein kustannusarvio syksyllä 2024 on noin 22 miljoonaa euroa ja sen olisi tarkoitus valmistua elokuussa 2026. (Tuominen-Halomo 2024.) Espoon kaupungin Geotekniikkayksikkö toimii Tilapalvelut- liikelaitoksen hankkeessa pohjarakennesuunnittelun tukena sekä suorittanut alueella laajoja tutkimuksia.

Koulun laajennuksen toteuttaminen vaatii myös vaiheittaisen asemakaavan muutoksen. Kaavamuuotos mahdollistaa koulun rakenteiden sijoittamisen virkistysalueen puolelle. Alueen huoltoliikenne mahdollistetaan nykyjärjestelyjen mukaisesti ja liikkumisesteisen saatto ja pysäköintiajo mahdollistuu suunnitellulle laajennukselle. (Espoon kaupunki 2024d.) Sunan koulurakennus on esiteltyä kuviossa 5.



Kuvio 5. Sunan koulu kaupunkimallissa (Espoon kaupunki 2024o)

Geotekniikkayksikkö on tehnyt Sunan koulun laajennuksen ja peruskorjaukseen liittyen rakennettavuusselvityksen, alustavan perustamistapaselvityksen sekä lisäselvityksiä. Geotekniikkayksikön suorittamat selvitykset esitellään pääpiirteittäin kuviossa 6 ja niihin syvennyttään tässä opinnäytetyössä.



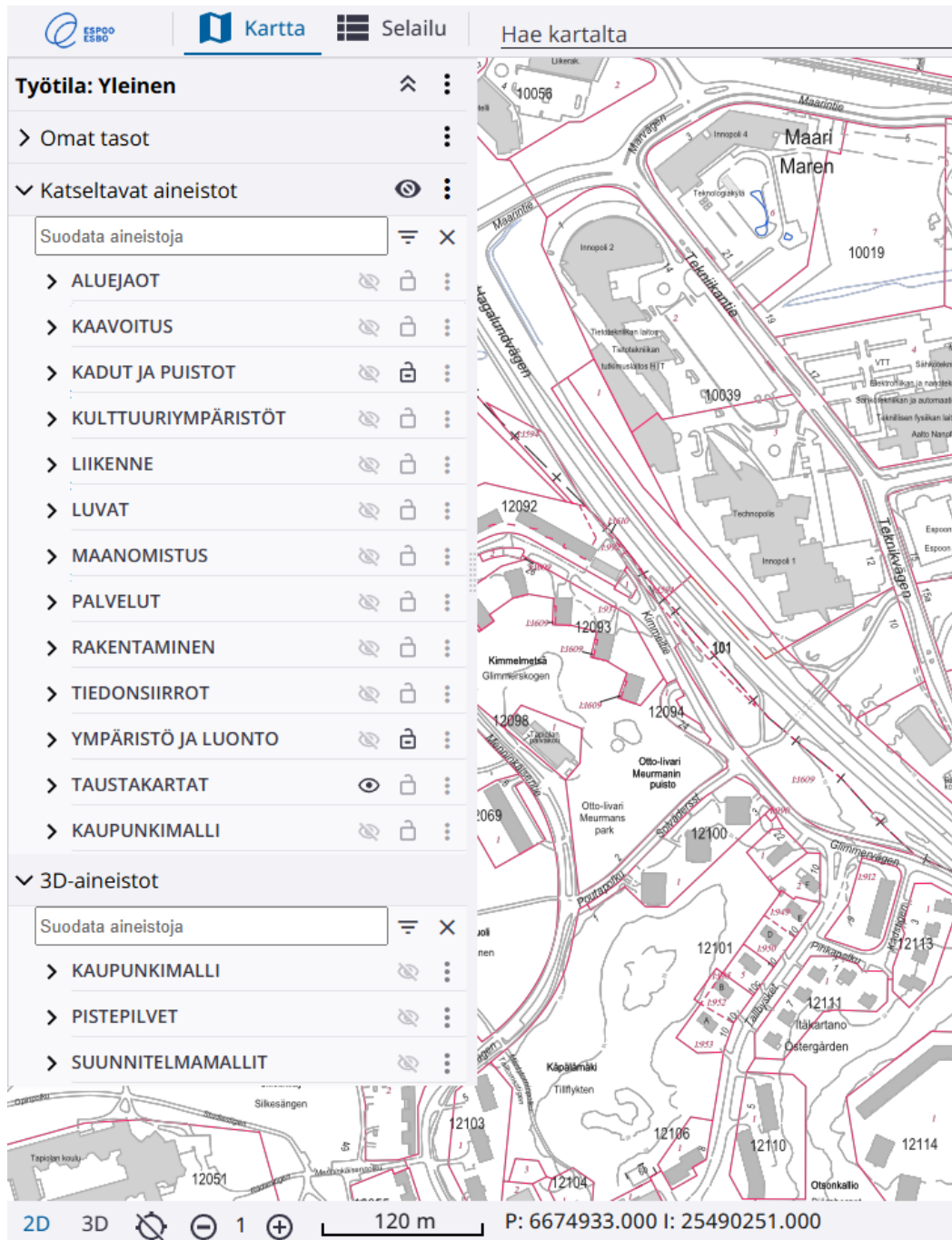
Kuvio 6. Selvitykset ja niiden perusta

5 RAKENNETTAVUUSSELVITYS

Rakennettavuusselvitykset laaditaan hankkeiden alkuvaiheessa olemassa olevien tietojen perusteella. Projektipäällikön laatima rakennettavuusselvitys antaa alustavan kuvan suunniteltavan hankkeen maaperän ominaisuuksista ja maaston muodoista sekä perustamistapa-arvion. Rakennettavuusselvitys ei ole riittävä selvitys lopullisia rakennussuunnitelmia varten, vaan sitä voidaan hyödyntää hankkeen kustannuksia ja mahdollisia haasteita miettiessä. (Toivanen 2024.)

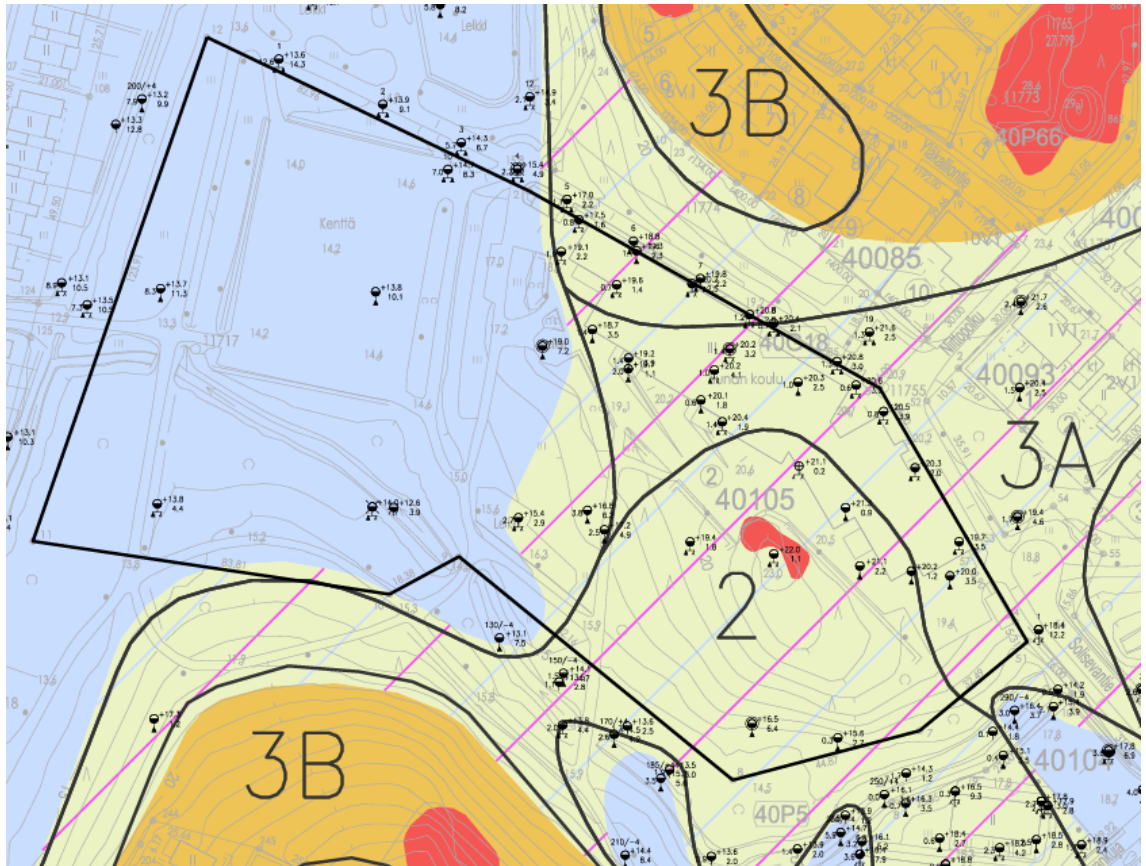
Lähtötietoina ovat maaperä- ja rakennettavuuskartat, tehdyt pohjatutkimukset, tiedot sulfidisavista, ympäröivistä rakennuksista, mahdollisista maanalaisista rakenteista, pohjavesialueista, liito-oravista ja mahdollisista pima-maista sekä suunnitteluavustajan laatima maaperä- ja rakennettavuuskartta. Maanpinnan korkotasona käytetään viimeisintä laserkeilausaineistoa. Suurin osa lähtötiedoista löytyy kaupungin Trimble Locus Cloud järjestelmästä. (Toivanen 2024.)

Trimble Locus Cloud on selainpohjainen ratkaisu kuntatietojen hallintaan, joka sitoo monimuotoista rekisteritietoa paikkatietoon ja mahdollistaa niiden tarkastelun karttanäkymässä. Kuviossa 7 näkyy Locus Cloudin aineistovalikkoa. Se tarjoaa työkaluja rakennetun ympäristön prosessien ja tietojen hallintaan kuten kartat ja kaupunkimallit, kaavoitukseen, rakennusvalvontaan, infraomaisuuden hallintaan, lupaprosesseihin, maankäyttöön ja ympäristövalvontaan. (Trimble Inc. 2021.)



Kuvio 7. Trimble Locus Cloudin aineistovalikko (Espoon kaupunki 2024)

Suunnitteluavustaja laatii asiakirjan liitteenä toimitettavan maaperäkartan, josta on palanen esillä kuviossa 8 selosteineen MicroStation ohjelmistolla. MicroStation on Bentley Systemsin kehittämä on CAD-ohjelmisto, jota käytetään 2D- ja 3D-piirustusten luomiseen infraprojekteissa (Bentley Systems, Incorporated 2024).



Kuvio 8. Kuvankaappaus pohjatutkimuspiirustuksesta (Espoon kaupunki 2022b)

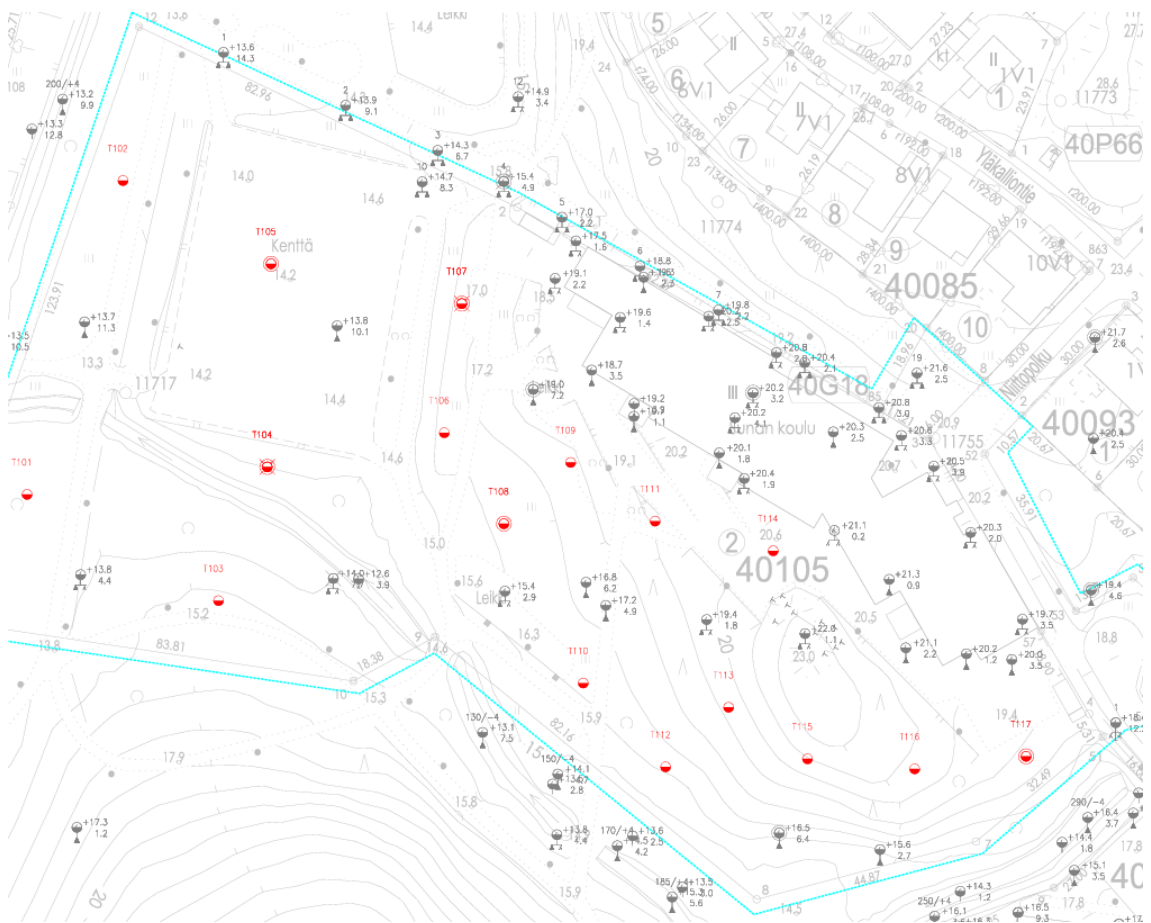
Rakennettavuusselvitys Sunan koulun alueelta sisältää tiedon, että mihin dataan selvitys on perustettu. Sanallisen kuvauksen maaston olosuhteista, kuten rakennetuista kohteista, puustosta ja kulkuväylistä. Maaperäkuvauksessa selitetään maanpinnan muoto yleispiirteiltään, maaperätiedot, jotka pohjautuvat 1970–1980 sekä 2000-luvulla tehtyihin pohjatutkimuksiin, pääosin painokairauksiin alueella ja sen läheisyydessä. Espoon kaupungin ympäristökeskusten tietojen perusteella maaperän pilaantumisesta ei ole selvityksen tekohetkellä syytä epäillä. Tontin läheisyydessä ei sijaitse pohjaveden havainnointiputkia. Sunan koulun alueen perustamistapa-arviossa kuvaillaan vaadittuja toimenpiteitä eri kohdissa aluetta perustamisen osalta, kuten paalutusta, salaojitusta ja louhinnan tarvetta. Jatkotoimenpiteistä ilmoitetaan, ettei selvitys ole riittävä rakennussuunnitelmia varten ja lisätutkimuksia tarvitaan. (Espoon kaupunki 2022b, 1–4.)

6 ALUSTAVA PERUSTAMISTAPASELVITYS

Tilapalvelut-liikelaitos tilasi Geotekniikkayksiköltä alustavan perustamistapaselvityksen rakennettavuusselvityksen jälkeen. Alustava perustamistapaselvitys palvelee sekä alustavaa kustannuslaskentaa että toimii erikoissuunnittelun eri alojen kilpailutuksen ja suunnittelun lähtöaineistona. Sitä varten tehdään suunnittelualueen maastomittaukset ja alustavat pohjatutkimukset noin 20x20 m ruudukkona. (Toivanen 2024.)

6.1 Ohjelmointi

Pohjatutkimusohjelma laadittiin täydentämään olemassa olevaa maaperätietoa, kairaukset sijoitettiin siten, että niiden jälkeen koko tontin alueella on kattavasti tutkimustietoa. Kuviossa 9 näkyvät aiemmin suoritettuja pohjatutkimuksia harmaana ja uudet ohjelmoidut punaisena.



Kuvio 9. Kuvankaappaus pohjatutkimusohjelmasta (Espoon kaupunki 2023)

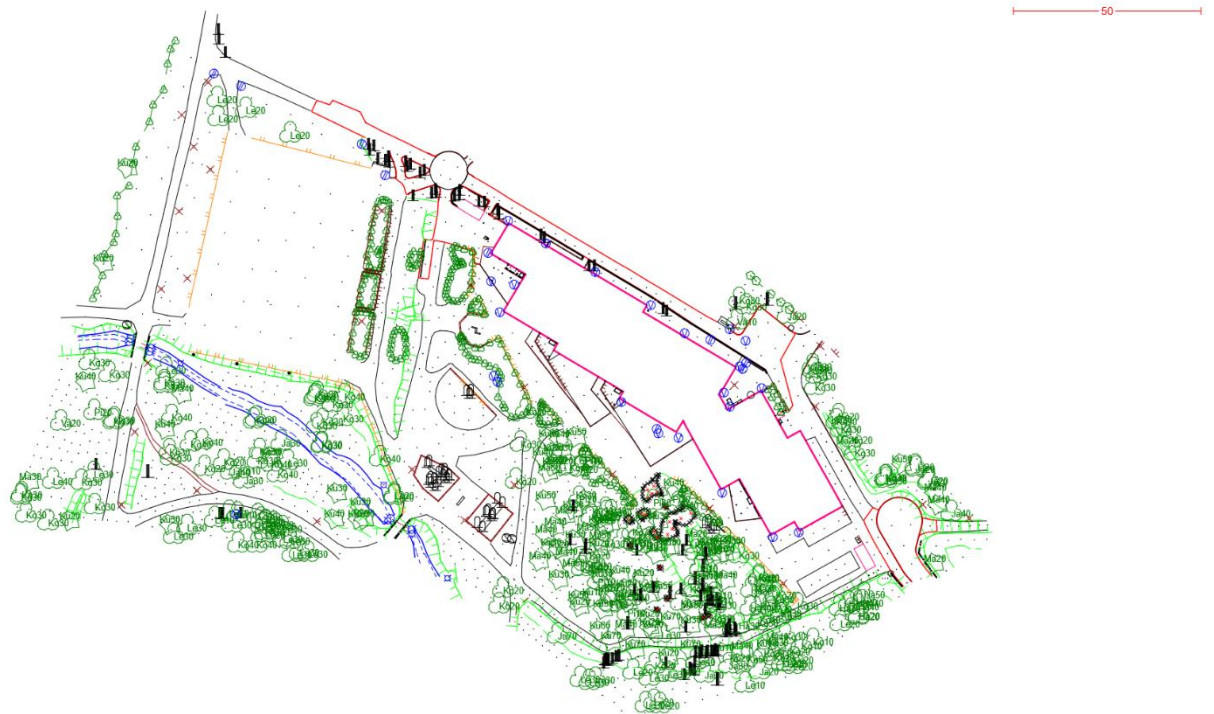
Alueen maastomallinnus rajattiin kattamaan koko tontin ylittäen kiinteistörajan parilla metrillä, jotta ympäröivien alueiden korosta saadaan myös osviittaa. Suunnittelija välittää maastotöiden toimeksiannon maastotyöyksikköön joka sisältää liitteessä 2 esitellyn toimeksiantolomakkeen ja tutkimusohjelman pdf. muodossa. Tutkimusohjelmat laaditaan käyttäen MicroStation ja Adobe Acrobat -ohjelmistoja.

6.2 Maastomallinnus

Maastomallinnus alueella suoritettiin takymetrimittauksena 21.7.2022–5.8.2022 välisenä aikana. Mallinnuskohteen lähtötiedoiksi haetaan palvelinyhteydellä kaupungin aineistosta hyödynnettävät kiintopisteet ja ladataan aluerajaus sekä mahdollisten muiden lähialueen työmaiden apupistetiedot, mikäli niistä on työn suorittamisessa hyötyä.

Mittauksen suoritus alkoi yhden apupisteen luomisella GNSS-mittauksella. Pistteellä suoritettiin kaksi kertaa 30 epookin kiintopistemittaus, joista laskettiin keskiarvo. Liitospisteinä vapaalle takymetriasemapisteele käytettiin juuri luotua pistettä sekä kahta kiintopistettä. Apupisteverkkoa mittausalueelle luotiin mallinnuksen ohessa ja sen edetessä mittaajat hyödynsivät alueen muita kiintopisteitä pitääkseen sulkuvirheet kohtuullisina.

Maastomallinnukset käsitellään mittaajan toimesta päivän päätteeksi. Mittaaja tarkistaa tuotetun aineiston, yhdistää viivat, poimii apupisteet ja siistii ylimääräiset pisteet pois työstä. Mittaajan toimesta editointi kuitenkin rajoittuu oman päivittäisen tuotoksensa käsittelyyn ja lopullisen alueen maastomallin koonnin tekee suunnitteluinsinööri. Valmista koottua maastomallia käytetään ja tullaan jatkossakin käyttämään alueen tietomallin perustana. (Toivanen 2024.) Alueen mittaukset ovat esiteltynä kuviossa 10 ja kolmiomalli kuviossa 11.



Kuvio 10. Sunan koulun maastomallimittaukset (Espoon kaupunki 2022c)



Kuvio 11. Sunan koulun kolmioitu maastomalli (Espoon kaupunki 2022c)

6.3 Maaperätutkimukset kohteessa

Tutkimusalueen kairauksien sijainnit merkittiin GNSS-mittauksella 29-30.9.2022. Ohjelmoidut sijainnit kairauksille ovat viitteelliset ja lopullinen sijainti määritetty

maaston ja maanalaisten kaapeleiden mukaan. Merkittäessä paaluja niiden sijainti mitataan. Kairauskaluston tarkkuuden ja muiden muuttujien vuoksi vaadittu mittaustarkkuus merkinnässä ei ole niin suuri kuin maastomallinnuksessa. Tämän vuoksi merkinnät voidaan suorittaa GNSS-laitteistolla, kunhan mittaustarkkuus on kohtuullisissa lukemissa.

Mittaaja asettaa ohjelmoidulle sijainnille paalun, jossa on tutkimuspisteen tunnus ja maalaa pisteen maahan, kovalle pinnalle tutkimuspiste voidaan merkitä pelkällä maalilla tai sivumitalla merkkipaalusta. Ennen pohjatutkimusten aloittamista alueella, jossa sijaitsee maanalaisia kaapeleita tai putkia suoritetaan kaapelinäyttö. Kaapelinäytössä Geotekniikkayksikön maastotyönjohtajan ja Kaupunkimittausyksikön henkilökunnan kanssa tarkastetaan tutkimuspisteiden sijainnit kaapelinilmaisimen ja kaapelikartan avulla, etteivät kairaukset aiheuta vahinkoa. Turvaetäisyydet vaihtelevat maan alla sijaitsevan kaapelin tai putken tyyppin mukaan. Kaapelikartta ei ole koskaan täysin tarkka, joten maastokäynti on tarpeellinen toimenpide.

Tutkimusalueella suoritettiin pohjatutkimuksia seitsemällätoista pisteellä. Jokaisella tutkimuspisteellä suoritettiin painokairaus, viidellä pisteellä otettiin häiriintynyt näyte ja kahdella tutkimuspisteellä suoritettiin lisäksi siipikairaus.

Maaperänäytteet luokitellaan laadun mukaan: häiriintymättömiin ja häiriintyneisiin näytteisiin. Häiriintyneet näytteet otettiin kierrekairalla määräsyyvyksistä. Kierrekaira rikkoo näytteen rakennetta näytettä ottaessa, joka aiheuttaa näytteen häiriintymisen. Kierrekairalla näytettä ottaessa on riskinä, että näytteeseen sekoittuu maa-ainesta muualtakin, kuin halutusta syvyydestä. Se on nopea, mutta laadultaan heikompi näytteenottomenetelmä. Häiriintymättömät näytteet otetaan näytteenottomännällä, joka avautuu määräsyyvydessä ja sulkeutuu ennen nostamista, leikaten maaperänäytteen vahingoittamatta sen rakennetta. Tämä on hitaampi ja monimutkaisempi, mutta laadukkaampi näytteenottotapa. Näytteenottolaitteisto pestään jokaisen näytteenoton välissä. Kairausryhmä toimittaa otetut näytteet laboratorion jääkaappiin suljetussa pussissa. (Westerholm 2024.)

Maaperätutkimusten valmistuttua suunnitteluavustaja käsittelee, tulkitsee ja tarkastaa maastoaineiston sekä välittää aineiston tilaajalle. Kaupungin maaperäkarttaa sekä maa- ja kallioperätietojen tietokantaa päivitetään maaperätutkimusten tulosten perusteella geologin, suunnitteluinsinöörin toimesta.

6.4 Laboratorio

Näytteet käsiteltiin Geotekniikkayksikön laboratoriossa. Niille suoritettiin vesipitoisuuden määrittäminen, kuivaseulonta ja areometrikoe maalajin määrittämiseksi. Lähtökohtaisesti kaikki näytteet tutkitaan Geotekniikkayksikön omassa laboratoriossa mahdollisuuksien mukaan.

Vesipitoisuuden määrittäminen suoritetaan asettamalla näyte metalliastiaan ja punnitsemalla niiden yhteispaino 0,1 g tarkkuudella. Näytettä kuivataan yön yli kuivauskaapissa 105 °C lämmöllä. Kuivattu näyte punnitaan uudelleen ja näytteen painon muutoksesta saadaan selville vesipitoisuus. Kuivaaminen palvelee myös näytteen käsittelyn seuraavaa vaihetta eli kuivaseulontaa. (Venovirta 2024.)

Kuivaseulonnassa näytettä laitetaan 500–1000 grammaa seulasarjan ylimmälle tasolle. Seulasarjan raekoot ovat alimmasta ylimpään 0,63 mm, 0,125 mm, 0,250 mm, 0,50 mm, 1 mm, 2 mm, 4 mm ja 6,3 mm. Seulasarja asetetaan seulontalaitteeseen kuvion 12 mukaisesti ja tärytetään 10 minuuttia. Kullekin seulalle jäänyt näytteen määrä punnitaan gramman tarkkuudella ja tulokset kirjataan seulontaraporttiin. (Venovirta 2024.)



Kuvio 12. Seulontalaite, jossa seulasarja paikallaan.

Areometrikokeessa selvitetään näytteen hienoaineksen laskeutumisnopeus. Samasta näytteestä pyritään tekemään saman aikaisesti kuusi koetta tulosten laadun parantamiseksi. Litran mittalasiin punnitaan 50 tai 100 grammaa näytettä maalajin mukaan. Mittalasiin lisätään peptisaattoriliuosta, joka sisältää natrium-pyrofosfaattia ja vettä ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ja H_2O) 50 ml sekä täytetään 1000 ml viivaan asti ionisoidulla vedellä. Näytelasiin laitetaan magneettisauva ja sekoitetaan kuviossa 13 näkyvällä magneettisekoittajalla 30 minuuttia. Näyte saa tekeytyä seuraavaan aamuun asti, jolloin sitä sekoitetaan uudestaan 30 minuuttia magneettisekoittajalla ja minuutin ajan käsisekoittimella. Sekoituksen päätyttyä tulokset kirjataan 1 min, 6 min, 1 h, 5 h ja 1 vrk kuluttua. Näytteen lämpötila mitataan 6 min, 5 h ja 1 vrk kohdalla. (Venovirta 2024.)



Kuvio 13. Areometrikoe käynnissä ja näytteet magneettisekoittajien päällä

Laborantti kirjaa tulokset eri kokeista LabFrame-ohjelmistoon, joka avustaa niiden tulkinnessa sekä tuloksien visualisoinnissa. LabFramella luodut tulostiedostot viedään Tekla Civil -järjestelmään. Laborantti myös ilmoittaa hankkeen suunnittelijalle, kun kaikki toimenpiteet on suoritettu. (Venovirta 2024.)

6.5 Alustavan perustamistapaselvityksen laatiminen ja sisältö

Alustavan perustamistapaselvitys on samankaltainen asiakirja kuin rakennettavuusselvitys, mutta se on sisällöltään laajempi ja hyödyntää maastotöissä hankittuja tietoja. Projektipäällikkö laatii alustavan perustamistapaselvityksen sisällön ja karttatuotokset laatii suunnitteluavustaja. Geotekniikkapäällikkö tarkastaa aineiston, ennen sen luovuttamista.

Alustavassa perustamistapaselvityksessä todetaan sen tärkeä ominaisuus, että se ei ole riittävän kattava lopullisia rakennussuunnitelmia varten ja lisätutkimuksia vaaditaan. Varsinaisen perustamistapaselvityksen voi laatia maankäyttö- ja rakennuslain nojalta määritettyjen asetusten vaativuusluokan "vaativa" (YM1/01/2015) ehtojen täyttävä pohjarakennesuunnittelija. Perustamistapaselvityksen tulee sisältää Espoon kaupungin rakennusvalvonnan vaatimat selvitykset ja piirustukset. (Espoon kaupunki 2022a, 9.)

Alustavassa perustamistapaselvityksessä kerrotaan alueella tehdyt tutkimukset, olosuhteet ja suositellut perustamistavat. Maaperäkuvauksessa selitetään alueen maaperäolosuhteet sekä tiedot tontin rakennuksista ja muista pintaominaisuuksista. Maaperän pilaantumista ei ole tontin toimintahistorian perusteella syytä epäillä. Tontti ei sijaitse pohjavesialueella, eikä siellä ole pohjaveden havaintoputkia. Tonttia ympäröivät puistot, omakoti- ja rivitalot sekä kulkuväylät, eikä niissä ole tiedossa olevia pohjanvahvistuksia. Alustavan perustamistapaselvityksen mukaan rakennuskohteen geotekninen luokka on GL2, seuraamusluokka CC2 ja luotettavuusluokka RC2, mutta ne voivat vielä tarkentua lisätutkimusten perusteella. (Espoon kaupunki 2022a, 1–3.)

Rakennettavuuskartan alueiden mukaisesti käydään läpi eri rakennettavuusluokkien perustamistavat rakennuksille, piha-alueille ja kunnallistekniikalle. Selvitys sisältää yksityiskohtaista tietoa eri perustamistapojen toteuttamisesta. Lisäksi siinä käsitellään salaojituksen toteutusta, routasuojauksia, radonsuojauksia, kaivantojen toteutusta ja pohjavesiä. Jatkoimenpiteiksi listataan perustamistapaselvityksen selostusosuudessa ja piirustuksissa on esitettävät asiat sekä muistutetaan että tulevien rakennuspai-kojen kohdilta tulee tehdä lisää pohjatutkimuksia ja kartoituksia maan kerrosra-kenteen, maalajien ja kalliopinnan korkeusaseman sekä pohjaveden pinnan ta-son tarkastamiseksi.. (Espoon kaupunki 2022a, 3–9.)

7 LISÄSELVITYKSET

Alustavan perustamistapaselvityksen jälkeen hankkeen suunnitteluvastuu siirtyi konsultille, mutta maastotöistä vastasi edelleen Geotekniikkayksikkö. Laajennuksen alustava sijainti oli päätetty. Suunnitellun rakennuksen paikalle suoritettiin tarkentavia pohjatutkimuksia, lisäksi urheilukentän pohjarakenteiden vahvistamissuunnitelmien tueksi myös kentällä suoritettiin kairauksia. Olemassa olevan koulurakennuksen seinälinjoille ohjelmoitiin koekuoppia salaojien kunnon tarkastelemiseksi, perusteiden korkojen selvittämiseksi ja täyttömaiden tarkastelemiseksi. Myös koulurakennuksen lähellä sijaitsevat kaivot avattiin ja tehtiin niistä kaivokortit. Maastotyöt suoritettiin 29.11.2023-25.1.2024 välisenä aikana. Lisäselvitysvaiheessa opinnäytetyön tekijä osallistui myös itse maastotöiden suorittamiseen kairauspisteiden merkitsemisen, kaivotutkimusten ja koekuoppien osalta.

7.1 Maaperätutkimuksia kohteessa

Kairauspisteiden merkintä suoritettiin 29.11.2023 GNSS-mittauksella. Alueella oli paikoittain heikompi mittaustarkkuus, mutta alueen jo mitatun maastomallin ansiosta korkotaso oli helppo varmentaa ja aikaa säästy, kun ei tarvinnut mitata takymetrillä. Koekuopat merkittiin takymetrimittauksena hyödyntäen olemassa olevaa apupisteverkostoa. Takymetrin orientoinnissa ensimmäisellä kojeasemalla oli mukana myös kiintopiste, jotta apupisteverkon tarkkuus saatiin varmennettua. Vanhempia apupisteitä käyttäessä on suositeltavaa tarkastaa, ettei esimerkiksi maan routiminen tai jokin muu tapahtuma ole vaikuttanut naulojen sijaintiin. Kairauksia suoritettiin 21 pisteellä, joillakin pisteillä suoritettiin useampi tutkimus samasta sijainnista. 19 painokairausta ja 7 porakonekairausta, lisäksi kahdesta sijainnista otettiin häiriintymätön näyte ja kahdelle pisteelle asennettiin pohjavedentarkkailuputki.

Pitkäaikaisten pohjavesiputkien asennuksessa maahan ulotetaan ensin kairauskalustolla työputki halutun tarkkailusyvyuden alapuolelle, jonka sisältä poistetaan maa-aines. Työputken pohjalle valutetaan suodatinhiekkää, jonka jälkeen havaintoputki, jonka päässä on suodatinosa, lasketaan

asennussyvyyteen. Työputkeen lisätään suodatinhiekkaa ja se nostetaan pois pitäen työputken alapää suodatinhiekkakerroksen alapuolella. Savikerroksen kohdalla työputken ja havaintoputken väli tiivistetään bentoniitilla tai betonilla, joka voidaan ulottaa tarvittaessa maan pinnalle asti. Putken toiminta tarkistetaan ja havaintoviive mitataan, lisäksi putken asennuksesta tehdään pöytäkirja. (SGY 1987, 11-12.)

Lyhytaikaisten pohjavesiputkien asennuksessa ei käytetä erillistä työputkea, vaan se asennetaan maahan sellaisenaan. Havaintoputken alapäässä on rei'itetty suodatinhiekkalla täytetty siiviläputki josta vesi pääsee putkeen. Putken kaulus tiivistetään, jottei pintavesi pääse valumaan alas putkea pitkin. Putken toiminta tarkistetaan ja havaintoviive mitataan, lisäksi putken asennuksesta tehdään pöytäkirja. (SGY 1987, 10-11.)



Kuvio 14. Pohjavesiputkia

Pohjavesiseuranta asennetuilta kuvion 14 mukaisilta pohjavesiputkilta suoritetaan alkuun kahden kuukauden välein viidesti, jonka jälkeen se siirtyy normaaliin seurantakiertoon. Pohjavesiseuranta suoritetaan tavallisesti noin neljä kertaa vuodessa kaikille, noin tuhannelle, toiminnassa olevalle tarkkailuputkelle. Pohjaveden pinnan korkeus mitataan kuvion 15 mukaisella laitteella.

Mittanauhan päässä olevan anturin osuessa veteen laite päästää merkkiään ja lukema putken yläpäästä kirjataan ylös. Pohjavesiputken yläpään korkeus saadaan lisäämällä sen maanpinnan yläpuolella oleva osuus sen ohjelmoidun ja merkityn sijainnin korkoon. Joissain tapauksissa voi olla mahdollista, että pohjavesi on niin paineista, että se saattaa vuotaa yli putken kaulalta. Pohjavesiputkien mittaushavainnot kirjataan liitteen 5 mukaiseen pohjavesiputkikorttiin maastossa ja tallennetaan päivän päätteeksi mittausryhmän toimesta Excel taulukkoon, josta suunnitteluavustaja poimii tiedot ja suorittaa jatkokäsittelyn.



Kuvio 15. Pohjaveden korkeuden mittauslaite

Koekuopat kaivettiin koulurakennuksen seinälinjalle kuviossa 16 esiintyvällä kaivinkoneella ja lapiolla. Kuopista otettiin näytteitä eri syvyyksistä, selvitettiin löytyykö salaojitusta ja mitattiin anturan ja perustusten koordinaatit takymetrillä. Lisäksi niistä kuopista, joissa tuli kallio vastaan, otettiin siitä koordinaattihavainto.



Kuvio 16. Koekuoppia kaivamassa

Näytteenottosyvyydet määritettiin kuvion 17 mukaisesti mittalatalla seinään merkityn takymetrilla mitattuun maanpinnan korkoon verrattuna. Kaikista koekuopista tehtiin liitteen 3 mukaiset koekuoppakortit, joihin kirjoitettiin tutkimushetkellä suoritettut silmämääräiset havainnot.



Kuvio 17. Kuva koekuopasta (Espoon kaupunki 2024n)

7.2 Kaivokortit

Oletusarvoisesti maastomallia tehdessä kaikkien kaivojen kannen sijainti mitataan. Erikseen pyydetessä myös tehdään kaivoista kaivokortit, joista selviää tarkemmat sisätiedot. Kaivojen kansien aukaisu voi aiheuttaa eritoten talviolosuhteissa haasteita, kuten kuviossa 18 on nähtävillä. Kaivonkannet avataan magneetilla toimivalla kaivonkannennostimella. Kaivosta mitataan mittauskeppejä käyttäen pohjan korkeus, putkien koot ja vesijuoksut sekä kaivon halkaisija, myös jokaisen putken suunta kirjataan ylös. Putken suunnan määrittäminen suoritetaan silmämääräisellä tarkkuudella.



Kuvio 18. Kaivoselvitystä

Tiedot kirjataan Excel taulukkoon, joka on esitetty kuviossa 19 maastotabletilla, jolloin tietojen editointi epäselvissä tilanteissa on joutuisaa jo maastossa. Kaivonkansien koordinaatit saadaan 3D-Win-ohjelmistolla luodusta tekstitiedostosta, josta ne voidaan kopioida Excel-pohjalle. Koordinaattisolujen tiedot tulevat kaavan avulla, kun kaivon numero on syötetty.

233	Kaivo nro	T3 T4 T5	Kohde	Vesi-juoksu +Z	Putkilaatu	Halkaisija ~ mm		
234	196	○ ○ ○	Lähtö -	16,07	Muovi	150	Kaivotyyppi	
235	X		-2,47				Sadevesi	
236	6676067,37		Tulo1 -	16,14	Muovi	100	Sisähalkaisija mm	
237	Y		-2,40				1000	
238	25482150,290		Tulo2 -	17,35	Muovi	100	Materiaali	
239	Kansi +Z		-1,19				Betoni	
240	18,54		Tulo3 -					
241	Pohja -		Tulo4 -				Kansityyppi	
242	-2,94						Ritilä	
243	Pohja +Z		Tulo5 -					
244	15,60							
245								
246	HUOM!							
247	Suodatinkangas kannen alla, maata päällä.							
248								
249								

Kuvio 19. Kaivokortti (Espoon kaupunki 2024m)

7.3 Laboratorio

Koekuopista otetuille näytteille suoritettiin vesipitoisuuden määrittäminen ja kuivaseulonta aiemmin mainitun tavan mukaisesti. Näytteiden seulonnassa varmentuivat kentällä tehdyt havainnot siitä, ettei kohteessa ole suoritettu kovin laadukasta täytemaiden käyttöä. Kairauksien yhteydessä otetut häiriintymättömät näytteet toimitettiin Mitta Oy:n laboratorioon tutkittavaksi, sillä geotekniikkayksikön laboratoriossa ei ole mahdollisuutta suorittaa Ödömetrikoetta.

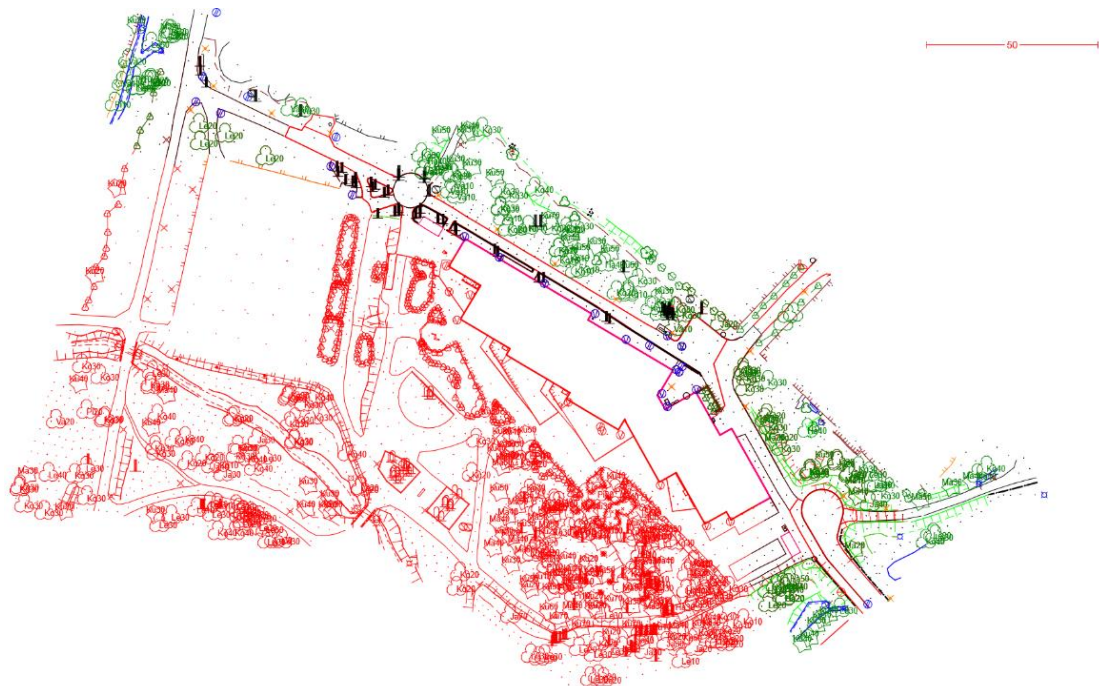
Ödömetrikokeessa määritetään hienorakeisten maalajien painaumaominaisuuksia. Noin 20mm korkuista näytettä puristetaan sylinterissä, joka estää näytteen vaakasuuntaisen laajenemisen, mutta mahdollistaa huokosveden poistumisen astiasta. Koe voidaan suorittaa jatkuvapuristeisena tai portaittaisena, jossa tyypillisesti kuormitus kaksinkertaistetaan vuorokauden välein ja sen jälkeen palautetaan sekä tarvittaessa toistetaan. Tyypillisesti portaittainen ödömetrikoe kestää noin viikon. Nykyisin suurin osa

ödömetrikokeista suoritetaan jatkuvapuristeisella menetelmällä, johon käytettävä laitteisto on kehittyneempää. Jatkuvapuristeisessa ödömetrikokeessa kuormitus kasvaa tasaisesti ja arvot tallentuvat tulostiedostoon. Portaitaista koetta pidetään sellaisenaan tarkempana, mutta jatkuvapuristeisen menetelmän tuloksiin voidaan soveltaa eräitä matemaattisia redusointivakioita tarvittaessa, jolloin tulokset tarkentuvat. (Tiehallinto 1998.)

7.4 Lisätutkimukset katu- ja kunnallistekniikan suunnittelun tueksi

Kesällä 2024 Geotekniikkayksikkö suoritti tutkimuksia Sunan koulun pohjoispuolella sijaitsevan kulkuväylän ympäristössä laajennukseen liittyvän katu- ja kunnallistekniikansuunnittelun tueksi. Tutkimusalueella suoritettiin kairauksia yhteensä 3 painokairausta, 6 porakonekairausta, siipikairaus ja asennettiin yksi pohjavedentarkkailuputki sekä otettiin kaksi häirittyä näytettä.

Kuviossa 20 näkyvä maastomallinnus suoritettiin takymetrimittauksena ja sen mittausperustana olivat alueella sijaitseva kiintopiste ja vuoden 2022 maastomallinnuksen aikana tehdyt apupisteet. Mittausalue ulottui osin aiempien mittausten päälle, joten valmiita mittauksia hyödynnettiin muuttumattomilta osin. Maastomallin lisäksi alueella suoritettiin lisää kaivotutkimuksia.



Kuvio 20. 2024 maastomallimittaukset, 2022 mittaukset punaisella (Espoon kaupunki 2024p)

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli saada kattava käsitys yksikön toiminnasta avaamalla Sunan koulun laajennukseen ja peruskorjaukseen liittyvän projektin vaiheet. Geoteknisten tutkimusten osalta projekti oli monimuotoinen ja laaja.

Kirjoittajalle projektiin perehtyminen antoi erittäin kattavan kuvan prosessin eri vaiheista. Opinnäytetyön kirjoittaja on päässyt tutustumaan eri työvaiheisiin, jotka ovat aiemmin oman työn ohessa jääneet tuntemattomammiksi. Vaikka opinnäytetyön painopistealue on ollut maastotöiden kuvauksessa, on kirjoittajan ymmärrys suunnittelu- ja tietojenkäsittelytyöstä kasvanut valtavasti.

Sunan koulun projektia mukailee onnistuneesti prosessikaaviota (liite 6). Prosessi etenee kuitenkin epäsuorasti, johtuen lisäselvityksistä ja maastotöiden eriaikaisesta etenemistahdistista. Pienemmässä projektissa työvaiheet seuraisivat kaaviota vieläkin selkeämmin. Työkohde vaati laajasti monenlaisia tutkimuksia sekä suunnittelutyötä niin yksikön sisällä kuin konsultin toimestakin. On mahdollista, että kohteessa tullaan vielä tekemään lisäselvityksiä rakennusprojektin edetessä.

Kirjoittajan mielestä oli mielenkiintoista huomata, kuinka Espoon kaupungin Geotekniikkayksikössä sovelletaan yleisiä ohjeistuksia, esimerkiksi Väyläviraston Tie- ja ratahankkeiden maastotiedot-mittausohjeen osalta. Kirjoittaja yllättyi myös kaupungin rakennusprojekteihin vaadittavien tutkimusten määrästä, laajuudesta ja toistuvasta lisäselvitysten tarpeesta.

Opinnäytetyöprosessi on antanut kirjoittajalle tärkeitä oppeja projektinhallinnasta, erityisesti ajankäytön suunnittelusta ja sen haastavuudesta. Valtavasti apua on ollut työn pienempiin osiin jakamisesta. Opinnäytetyöprosessin alkuvaiheessa oli vaikeaa valita sopivaa työkohdetta, joka avaisi työprosessin eri vaiheet mahdollisimman monipuolisesti.

Tämä opinnäytetyö voi lisätä ymmärrystä yksikön eri työvaiheista esimerkiksi Geotekniikkayksikön uusille työntekijöille ja sitä voi hyödyntää perehdytysmateriaalina sellaisenaan tai tiivistettynä versiona. Kirjoittajan mielestä prosessi itsessään on erittäin hyvin mietitty ja toimii käytännössä, joten prosessia ei ole syytä lähteä muokkaamaan. Opinnäytetyö, kuten prosessikaaviokin, keskittyy maastotöihin ja tulevaisuudessa voisikin olla hyödyllistä avata sitä edeltäviä ja seuraavia prosessivaiheita, jotta ymmärrys organisaatiossa voisi lisääntyä entisestään.

LÄHTEET

Bentley Systems, Incorporated 2024. Microstation. Viitattu 15.10.2024 <https://www.bentley.com/software/microstation/>.

Betoni-Intiaanit Oy 2023. Paaluperustukset eli paalutus – 10 tärkeintä huomiota. Viitattu 30.10.2024 <https://betoni-intiaanit.fi/paaluperustukset-eli-paalutus-10-tarkeinta-huomiota/>.

Espoon kaupunki 2022a. Geotekniikkayksikkö. Alustava perustamistapaselvitys. Sunan koulun peruskorjaus ja laajennus. Ei julkinen.

– 2022b. Geotekniikkayksikkö. Rakennettavuusselvitys. Sunan koulun peruskorjaus ja laajennus. Ei julkinen.

–2022c. Espoon kaupungin geotekniikkayksikön mittaustiedostot. Ei julkinen.

– 2023. Sunan koulun pohjatutkimusohjelma. Ei julkinen.

– 2024a. Asuminen ja rakentaminen, kaupunkimittaus, paikkatiedon ja karttojen kuvaukset. Viitattu 30.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/asuminen-ja-rakentaminen/rakentaminen/kaupunkimittaus/paikkatiedon-ja-karttojen-tuotekuvaukset>.

– 2024b. Espoon maa- ja kallioperä. Viitattu 6.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/espoo-maa-ja-kalliopera>.

– 2024c. Hankkeet, Sunan koulu. Viitattu 1.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/hankkeet/sunan-koulu>.

– 2024d. Hankkeet, Sunan koulun peruskorjaushankkeen mahdollistaminen. Viitattu 6.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/hankkeet/sunan-koulun-peruskorjaushankkeen-mahdollistaminen>.

– 2024e. Kaupunki ja päätöksenteko, organisaatio. Viitattu 14.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/kaupunki-ja-paatöksenteko/organisaatio>.

– 2024f. Kaupunki ja päätöksenteko, tietoa Espoosta. Viitattu 14.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/kaupunki-ja-paatöksenteko/tietoa-espoosta>.

– 2024g. Palvelut, geotekniikka. Viitattu 30.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/palvelut/geotekniikka>.

– 2024h. Rakentaminen ja maaperä. Viitattu 30.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/rakentaminen-ja-maaperä>.

– 2024i. Toimipisteet, kaupunkitekniikan keskus. Viitattu 14.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/toimipisteet/21971>.

– 2024j. Toimipisteet, tilapalvelut liikelaitos. Viitattu 4.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/toimipisteet/21976>.

- 2024k. Väestö. Viitattu 14.10.2024 <https://www.espoo.fi/fi/vaesto>.
- 2024l. Trimble Locus Cloudin aineistovalikko. Ei julkinen.
- 2024m. Kaivokortti. Ei julkinen.
- 2024n. Sunan koulun työmaavalokuvat. Ei julkinen.
- 2024o. Espoon kaupungin karttapalvelu. Viitattu 7.11.2024 <https://kartat.espoo.fi/ims>
- 2024p. Espoon kaupungin geotekniikkayksikön mittaustiedostot. Ei julkinen.

Kaiva.fi 2024. Suomen maaperä. Viitattu 12.10.2024 <https://kaiva.fi/geologia/suomen-maapera/>.

Laurila, P 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu.

Liikennevirasto 2015. Geotekniset tutkimukset ja mittaukset suunnitteluvaiheen ohjaus. Viitattu 21.10.2024 https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2015-10_geotekniset_tutkimukset_web.pdf.

Maanmittauslaitos 2024a. Korkeusmallit. Viitattu 30.10.2024 <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/korkeusmallit>.

- 2024b. Satelliittipaikannus. Viitattu 2.10.2024 <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>.

Novatron Oy 2024. 3D-Win ohjelmisto. Viitattu 17.9.2024 <https://3dwin.fi/ohjelmisto>.

Puutarha.net 2024. Näin maaperän koostumus vaikuttaa rakentamiseen ja kasvien viihtymiseen. Viitattu 12.10.2024 <https://puutarha.net/artikkelit/n%C3%A4in-maaper%C3%A4n-koostumus-vaikuttaa-rakentamiseen-ja-kasvien-viihtymiseen/>.

Ronkainen, N 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 12.10.2024 <http://hdl.handle.net/10138/38773>.

Suomen geoteknillinen yhdistys (SGY) 1980. Kairausopas 1. Viitattu 3.9.2024 <https://sgy.fi/content/uploads/2017/04/kairausopas-1-painokairaus-taerykairaus-heijarikairaus.pdf>.

- 1986. Kairausopas 5 Porakonekairaus. Viitattu 3.9.2024 <https://sgy.fi/content/uploads/2017/04/kairausopas-5.pdf>.

- 1987. Kairausopas 4. Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen Viitattu 8.11.2024 <http://sgy.fi/content/uploads/2017/04/kairausopas-4.pdf>.

– 2022. Kairausopas 2. Viitattu 3.9.2024 <https://sgy.fi/content/uploads/2022/12/kairausopas-2-siipileikkauskoe-2022-12-07.pdf>.

Suomi Rakentaa 2024. Maaperän selvitys. Viitattu 30.10.2024 <https://www.suomirakentaa.fi/omakotirakentaja/perustukset-ja-alapohja/perustusratkaisun-valinta>.

Tielaitos 1998. Teiden pehmeikkötutkimukset. Viitattu 30.10.2024 <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Tiehallinto/pdf2/pehmtutk3200520.pdf>.

Toivanen, T-L 2024. Projektipäällikön tiedoksiannot.

Trimble Inc. 2021. Trimble Locus. Viitattu 27.10.2024 <https://upa.trimble.com/fi-fi/tuotteet/trimble-locus-cloud>.

Tuominen-Halomo, A 2023. Liki 40-vuotias Sunan koulu peruskorjataan ja laajennetaan 480 oppilaan kouluksi – oppilasmäärä kovassa kasvussa. Länsiväylä. Viitattu 1.10.2024 <https://www.lansivayla.fi/paikalliset/5889359>.

– 2024. Sunan koulu joudutaan rakentamaan lähes kokonaan uusiksi – kustannusarvio pamahti 22 miljoonaan. Länsiväylä. Viitattu 1.10.2024 <https://www.lansivayla.fi/paikalliset/7855802>.

Venovirta, E 2024. Laborantin haastattelu.

Westerholm, P-Å 2024. Maastotyöjohtajan haastattelu.








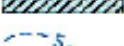
LIITTEET

- Liite 1. Maaperäkartan 1:10 000 selityksiä
- Liite 2. Geotekniikkayksikön toimeksiantolomake
- Liite 3. Koekuoppakortti
- Liite 4. Rakennettavuusluokat alustavine perustamistapoineen
- Liite 5. Pohjaveden tarkkailulomake
- Liite 6. Hankekohtaiset tai alueelliset tutkimustyöt

Liite 1. Maaperäkartan 1:10 000 selityksiä

Maaperäkartan 1:10 000 selityksiä


Maalajit

	Kallioinen alue	Maakerroksen paksuus 0...1 m.
	Moreenialue	Moreenin paksuus yli 1 m, jonka alla kallio.
	Hiekka-alue	Hiekan paksuus yli 1 m.
	Hiekka-alue	Saven- ja silttikerroksen paksuus 0...3 m, jonka alla yleensä hiekkaa tai hiekkamoreenia.
	Savialue	Savikerroksen paksuus yli 3 m.
	Turvealue	Turvekerroksen paksuus yli 3 m, jonka alla yleensä savikerros.
	Täyttöalue	Täytekerroksen paksuus yli 1m.
	Savialue	Saven alapinnan arvioidut syvyyskäyrät maanpinnasta.

Rakennettavuusluokka	Rakennettavuusluokan kuvaus
1 Helposti rakennettava	- kantavat kitkamaat ja moreenialueet, joilla lohkareita ja kallioita vähän - maanpinnan kaltevuus alle 5 % - helposti kuivatettava - perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta
2 Normaalisti rakennettava	- suhteellisen loivapiirteiset kallioalueet - vaihteleva moreenimaasto, jossa kallioita ja lohkareita sekä vähäisiä soistuneita painanteita - siltti- ja savialueet, joilla kantava maakerros enintään 2,5 m syvyydessä - maanpinnan kaltevuus 5...15 % - normaalisti kuivatettava - perustamistapa: anturat, maanvarainen laatta
3 Vaikeasti rakennettava	a) Siltti-, savi- ja soistuneet alueet, joilla kantava maakerros 2,5...4,5 m syvyydessä - vaikeasti kuivatettava - perustamistapa: pilari- ja anturaperustus tai lyhyet paalut b) Jyrkkäpiirteinen kalliomaasto ja louhikko - maanpinnan kaltevuus 15...30%
4 Paaluperustusta edellyttävät alueet	- laaksomaiset savialueet, joilla kantava maakerros 4,5...13,0 m syvyydessä - perustamistapa: paaluperustus
5 Erittäin vaikeasti rakennettavat alueet	a) Savialueet, joilla kantava maakerros 13,0...25,0 m syvyydessä - perustamistapa: paaluperustus b) Kallio- ja moreenirinteet, joilla maanpinnan kaltevuus on yli 30%
6 Erittäin heikosti rakentamiseen soveltuvat alueet	- vesialueet ja alavat pehmeät ranta-alueet sekä savialueet, joilla kantava maakerros on yli 25,0 m syvyydessä

Liite 2. Geotekniikkayksikön toimeksiantolomake

Versio 2/2020

 TOIMEKSIANTOLOMAKE Lomake palautetaan Word-dokumenttina	
Tilaaja / Espoo: [redacted] Tilpa Espoo Geon yhteyshenkilö: [redacted] Puh: [redacted]	
Työn nimi: 4077 SUNAN KOULU Peruskorjaus ja laajenus Tilauspäivä: 11.5.2022 Toivottu valmistuspäivä: Hankenumero 4077	
Suunnittelija / Yritys: Puh: Maastomalli toimitetaan sähköpostitse: Kairaukset toimitetaan sähköpostitse:	
Suunniteltava kohde <input type="checkbox"/> Katu <input type="checkbox"/> Raitti <input type="checkbox"/> Vesihuolto <input type="checkbox"/> Puisto <input type="checkbox"/> Pihan saneeraus <input checked="" type="checkbox"/> Rakennus <input type="checkbox"/> Silta <input type="checkbox"/> Muu	
Työtilaus <input checked="" type="checkbox"/> Maastomallimittaus, mitattavan alueen pinta-ala 2.33 ha Kaivojen kansien mittaus sisältyy maastomallimittaukseen. Yksilöityjen kaivojen vesijuoksut ym. tiedot mitataan erikseen pyydettyäessä. <input checked="" type="checkbox"/> Pohjatutkimus, tutkimuspisteitä 17 kpl <input type="checkbox"/> Pohjavesiputki, putkia kpl <input type="checkbox"/> Maastokäyntipyyntö <input type="checkbox"/> Muu tutkimus	Huom. rakennettavuus selvitys ja alustava perustamistapaselvitys hankeselvitystä ja hankesuunnittelua varten
Toimeksiantoon lisättävät liitteet Mittausalueen rajaus: kartta .pdf JA rajaus .dxf / .dwg Pohjatutkimus-ohjelma: kartta .pdf JA listaus .tif / .txt / .xls / .xlsx / .xyz	
Valmiin mittausaineiston toimitus <input type="checkbox"/> Infra maastomalli -formaatti <input type="checkbox"/> Dwg (pintavaaitus-, puusto- ja 3D-kartta)	
ESPOON KAUPUNGIN TILAPALVELUT Toimeksiannot Geotekniikkayksikölle <input checked="" type="checkbox"/> Rakennettavuus selvitys <input checked="" type="checkbox"/> Alustava perustamistapaselvitys <input type="checkbox"/> Perustamistapaselvitys	Selvitykset sisältävät selostuksen sekä tarvittavat kartta- ja leikkauspiirustukset.
Huom. Toimeksianto tulisi suorittaa alustavasti tutkittuista laajennusvaihtoehdoista VE A ja VE B. Pyydän lausumaan myös laajennusvaihtoehtojen vaatimasta pelastusajoneuvon ajouran kantavuudesta. Syyslukukausi alkaa 11.8.2022	
GEOTEKNIKKAYKSIKKÖ TAYTTÄÄ Xmin 6675940 Xmax 6676130 Karttalehti: 675482 Ymin 25482010 Ymax 25482290 Työnumero Tutkimuskohteesta näytteitä: <input checked="" type="checkbox"/> kyllä <input type="checkbox"/> ei Maastotyöt tehty: [redacted] Pvm. 05.08.2022	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">6756</div>	

Liite 3. Koekuoppakortti



Espoon kaupunki
Kaupunkitekniikan keskus
Geotekniikkayksikkö

KOEKUOPPAKORTTI

Työn nimi: Sunan koulu	Työnumero: 6756
Koekuopan numero: 18	pvm: 11.01.24
Tekijä:	

Täytteen kokonaispaksuus	1.10 m
Kuopan vesipinnan taso	-
Tuleeko kaivannon seinistä vettä?	-
Ympäristön (ojien) vesiolosuhteet	-
Onko koekuopan lähellä rumpuja?	-
Muuta	ei salaojaa

Syvyys	Maalaji	Täytteen laatu (louhe, kivet, hiekka, jäte)
0-0,10m	kivi	pihakivetys
0,1-1,10	hiekkä	hiekkä
1,10...	hiekkä	

Liite 4. Rakennettavuusluokat alustavine perustamistapoineen



Rakennettavuusluokat alustavine perustamistapoineen

RAKENNETTA- VUUSLUOKKA	RAKENNETTAVUUSLUOKAN ALUSTAVAT OMINAISARVOT	ALUSTAVA PERUSTAMISTAPA
1. Helposti rakennettava	Maalaji: - Sr, Hk, kuiva Mr, kantava maapohja - $p_s = 200$ kPa Maasto: - kaltevuus < 10 % - helposti kuivuva	Talot: - maanvaraan anturoilla, $z \leq 1$ m Kadut, pihat yms.: - päällysrakenne maanvaraan Putkien perustaminen ja kaivannot: - putket maanvaraan, mahdollinen tukematon kaivanto
2. Normaalisti rakennettava	Maalaji: - Si, Sa < 2 m, kantavan maapohjan syvyys < 2 m - $p_s = 200$ kPa Maasto: - kaltevuus < 10–15 % - helposti kuivatettava	Talot: - maanvaraan anturoilla, $z \leq 2$ m Kadut, pihat yms.: - päällysrakenne maanvaraan Putkien perustaminen ja kaivannot: - putket maanvaraan, murskearina, mahdollinen tukematon kaivanto
3 a. Vaikeasti rakennettava pehmeikkö	Maalaji: - Si, Sa 2–3 m tai Tv < 2 m, kantavan maapohjan syvyys > 2 m - $s_u = 10$ kPa, $p_s = 50$ kPa, $s_{10} < 10$ cm Maasto: - lähes tasainen - vaikeasti kuivatettava	Talot: - lyhyet paalut kovaan pohjaan, L = 2–5 m, kantava alapohja Kadut, pihat yms.: - päällysrakenne maanvaraan, mahdollinen massanvaihto Putkien perustaminen ja kaivannot: - murskearina tai mahdollinen massanvaihto, keskivaikkea tuenta
3 b. Vaikeasti rakennettava rinnemaasto	Maalaji: - Ka, Lo, Mr - $p_s = 200$ kPa Maasto: - kaltevuus 15–30 % - helposti kuivatettava	Talot: - tasatulle moreenille tai rikkilouhitulle kalliopohjalle Kadut, pihat yms.: - tasatulle sivukaltevalle pohjalle (rikkilouhinta) Putkien perustaminen ja kaivannot: - louhittu kaivanto, asennusalusta
4. Vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö	Maalaji: - Sa 3–10 m tai Tv, Lj 2–3 m - $s_u = 10$ kPa, s_{10} 10–30 cm Maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	Talot: - paaluperustus, L = 5–14 m, kantava alapohja Kadut, pihat, yms.: - mahdollinen syvästabilointi H = 3–10 m Putkien perustaminen ja kaivannot: - mahdollinen syvästabilointi H = 3–10 m, murskearina vaikea tuenta
5 a. Erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö	Maalaji: - Sa 10–15 m tai Tv, Lj 3–4 m - $s_u = 7$ kPa, s_{10} 30–40 cm Maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	Talot: - paaluperustus, L = 14–28 m, kantava alapohja Kadut, pihat, yms.: - syvästabilointi H = 10–15 m Putkien perustaminen ja kaivannot: - syvästabilointi H = 10–15 m tai paalulaatta, vaikea tuenta, pohjavedenpinnan alentaminen
5 b. Erittäin vaikeasti rakennettava jyrkkä rinne	Maalaji: - Ka, (Lo) - $p_s = 3$ MPa Maasto: - kaltevuus > 30 % - helposti kuivatettava	Talot: - louhitulle kalliopohjalle, louhintasyvyys 0,5 m alapohjan alapuolelle Kadut, pihat yms.: - louhitulle pohjalle Putkien perustaminen ja kaivannot: - louhittu kaivanto, asennusalusta
6. Rakentamiseen erittäin huonosti soveltuva alue	Maalaji: - Sa > 15 m tai Tv, Lj > 4 m - $s_u = 7$ kPa, $s_{10} > 40$ cm Maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	Talot: - paaluperustus, L ≥ 28 m, kantava alapohja Kadut, pihat, yms.: - alueellinen pohjanvahvistus, syvästabilointi H = 15 m tai paalulaatta Putkien perustaminen ja kaivannot: - paalulaatta / paalut L ≥ 28 m, erittäin vaikea tuenta, pohjavedenpinnan alentaminen

Käytetyt lyhenteet:	Hk Hiekka	Mr Moreeni	p_s Sallittu geotekninen kantavuus
	Ka Kallio	Sa Savi	s_u Saven suljettu leikkauslujuus
	Lj Lieju	Si Siitti	s_{10} Savipohjan painuma 10 kPa:n kuormalla (≈ 0.5 m pengeri)
	Lo Lohkareet	Tv Turve	L Paalun pituus
			H Syvästabilointipilarin pituus

Liite 5. Pohjavesiputkikortti

POHJAVESIPUTKIKORTTI				Espoon kaupunki Tekninen keskus Geotekniikkayksikkö			
TYÖNUMERO		6756		HAVAINNOT (15 viimeisintä havaintoa)			
KOHDE		-		PVM	SYVYYS	TASO	HUOM
HAVAINTOPUTKEN NRO.		2533		18122023	2,74	13,594	
SUUNNITTELIJA		-		2.7.24	2,82		
YRITYS		-		4.3.24	2,79		
KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ:		-		7.5.24	2,70		
KORKEUSJÄRJESTELMÄ:		-		11.7.24	3,15		
X=	6676053.34	Y=	25482119.78	Z=	14.83		
TASOTIEDOT JA RAKENNE		TASO		23.7.24			
Putken yläpää		16.334		2.9.24	3,22		
Maanpinta		-		30.10.24			Prokka
Kallionpinta		-					
Putken alapää		8.034					
Kallioreiän pohja		-					
Yläosan rakenne		-					
Putkimateriaali		rauta VANDAAU					
Putken halkaisija (mm)		33					
Vandaaliputki		-					
Suodatinmalli		-					
Suodattimen pituus		-					
Asennus pvm:		13122023					
Asentaja:		[REDACTED]					
				Vedenpinnan tason keskiarvo 1.00			

Liite 6. Hankekohtaiset tai alueelliset tutkimustyöt

Hankekohtaiset tai alueelliset tutkimustyöt (Versio 1) - Espoon kaupunki Muokattu: Aumala, Tuija

Kristiina 11.10.2023 10:28.

Hyväksytty: Aumala, Tuija Kristiina 11.10.2023 10:30.

Yksilöllinen tunniste: PRO-35647-9679-fi

