

MAKU-digi

Maaperäsidonnaisten kustannusten digitalisaatio



KUSTANNUKSET RAKENNETTAVUUSLUOKITTAIN						
	1	2	3	4	5	6
	€	€	€	€	€	€
A						
B						
C						
D						
E						
F						

KUSTANNUSTIEDON VISUALISOINTI



29.12.2017

HALLITUKSEN
KÄRKIHANKE

SITOWISE



KIRA-digi



SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	3
2	LÄHTÖKOHTIA.....	7
2.1	Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunkien sekä GTK:n maaperäkartat.....	7
2.2	Rakennettavuuden luokittelu	16
3	MENETELMÄKUVAUS.....	18
3.1	Rakennettavuuden esittäminen	19
3.1.1	Pehmeikköalueet	19
3.1.2	Luokiteltu maalajitaso	20
3.1.3	Rinnekaltevuus.....	20
3.1.4	Rakennettavuustaso	20
3.2	Kaavatiedon rakenne.....	20
3.2.1	Kaavatiedon kohdistuminen perustamislukkiin	22
3.2.2	Huomioita eri pääkäyttötarkoituksista.....	24
3.3	Kustannusmalli	27
4	PILOTTIALUEET.....	29
4.1	Espoo, Nygrannas.....	29
4.1.1	Rakennettavuus	29
4.2.1	Rakennettavuus	33
4.3	Tampere, Ojala	35
4.3.1	Rakennettavuus	36
4.3.2	Rakennettavuuskartan laadinta	37
4.4	Valtatie 12 välillä Haarankylä-Mankala.....	39
4.4.1	Rakennettavuus	39
4.5	Vantaa, Aviapolis (osa)	40
4.5.1	Rakennettavuus	41
5	TULOKSET.....	44
5.1	Lähtötietomalli	44
5.1.1	Maanpintamalli	44
5.1.2	Maaperäkartta rakennettavuusluokittelua varten	44
5.1.3	Maaperämalli ja rakennettavuusluokat	46
5.2	Rakennettavuusluokittelu.....	47
5.2.1	Väriluokitus	50
5.3	Rakennettavuuden hilamalli	51
5.4	Kaavamalli	55
5.4.1	Sijaintialue.....	55
5.4.2	Asemakaavan korttelinumero (Ryhmäosa)	55
5.4.3	Asemakaava-alue	55
5.4.4	Asemakaavan korttelialuemerkinät	56
5.4.5	Asemakaavan osa-aluemerkinnät	56
5.5	Tunnistetut epävarmuustekijät ja haasteet.....	56
5.5.1	Epävarmuustekijöitä	57
5.5.2	Epävarmuuden esittäminen	58
5.5.3	Haasteet.....	58
5.6	Esimerkkejä visualisoinnista	60
6	YHTEYSTIEDOT	65

1 Johdanto

MAKU-digi: Maaperäsidonnaisten kustannusten digitalisaatio

Sito Oy on yhdessä Geologian tutkimuskeskuksen GTK:n, Rapalin, Liikenneviraston sekä Helsingin, Espoon, Vantaan ja Tampereen kaupunkien kanssa perehtynyt vuoden 2017 aikana digitalisaation tuomiin mahdollisuuksiin maaperän rakennettavuustiedon ja siitä johdettavan kustannustiedon hyödyntämisessä. MAKU-digi -hanke sai ympäristöministeriön KIRA-digi-rahoitusta ja sen kokonaisbudjetti oli 175 000 €. Lisätietoa KIRA-digistä saat sivulta: www.kira-digi.fi.

Hankkeen keskeisinä tuloksina tuotettiin mukana olleiden kaupunkien yhteinen näkemys maaperäkartan luokituksista rakennettavuutta varten sekä syntyvästä tietorakenteesta, kun maaperätiedot esitetään hilaamalla. Samalla luotiin esitys yhtenäiseksi tavaksi rakennettavuustiedon jäsentämisestä ja esitystavasta. Hanke esittää näiden tulosten vakioimista valtakunnalliseksi käytännöiksi.

Lisäksi hankkeessa tuotettiin esitys kaavatiedon, erityisesti asemakaavatiedon, koneluettavaksi tietomallirakenteeksi ja selvitettiin sen suhdetta kiinteistötunnukseen ja pysyvään rakennustunnukseen. Työ kaavamallin tietorakenteen vakioimiseksi jatkuu Ympäristöministeriön toimesta ja mm. toisessa Helsingin kaupungin vetämässä Kiradigi-hankkeessa.

Vakioidun maaperä-, rakennettavuus- ja kaavatiedon julkaiseminen standardimuotoisena rajapintana (WFS) avaa mahdolliseksi tiedon monipuolisen hyödyntämisen ja jalostamisen erilaisiksi julkisia ja yksityisiä toimijoita hyödyttäviksi tietopalveluiksi, joiden tuottama yhteiskunnallinen lisäarvo on merkittävä:

- Kaavoituksen ja infrasuunnittelun kustannuksiin tulee lisää ennakoitavuutta,
- Pohjarakentamisen kustannuksissa saavutetaan huomattavia säästöjä,
- Rakennetun ympäristön elinkaarikustannukset pienenevät,
- Työaikaa ja resursseja säästyy,
- Suunnittelu helpottuu,
- Virheet ja kustannukset pienenevät,
- Päätöksenteko nopeutuu ja paranee,
- Ympäristö- ja ilmastovaikutukset pienenevät ja
- Pohjarakentamisen materiaalitarve vähenee.

Hankkeen aineisto ja tulokset julkaistaan kokonaisuudessaan www.makudigi.fi -sivuilla kaikkien alan toimijoiden vapaaseen käyttöön. Jatkotyönä hankkeen tuloksia voidaan hyödyntää maaperän tietoaineistojen valtakunnallisessa yhtenäistämässä ja erityisesti kaavoituksen tietosisältöjen kehittämisessä.

2 Projektipäiväkirja

Kick off-tilaisuus 20.4.2017

Posted on toukokuu 8, 2017

Hanke etenee vauhdikkaasti. Kick off –tilaisuus järjestettiin Sito-talolla 20.4.2017. Tilaisuudessa kaupungit kertoivat nykyisistä käytännöistään maaperäsidonnaisten kustannuksien hallinnassa, ja GTK esitteli käytössä olevia nykyisiä maaperäkartoja ja niiden harmonisointitarpeita. Tilaisuuteen sisältyi pienoistyöpaja, jossa keskusteltiin kehitettävän palvelun tarpeista ja toiveista. Tavoitteista esille nousi mm. palvelun helppokäyttöisyys, alueiden vertailtavuus, selkeä visualisointi ja tietomallipohjaisuus. Lisäksi keskusteltiin Espoon rakennettavuuskartan luokista ja niiden skaalautuvuudesta valtakunnallisiksi luokiksi.

Lähtötiedot

Posted on toukokuu 8, 2017

Kaupungit ja liikennevirasto ovat valinneet kehityshankkeessa pilotoitavat kaava-alueet. [Pilottialueiden](#) lähtötietojen kasaaminen ja harmonisointi on käynnissä. Lähtötietojen jaottelussa käytetään alalla vakioitua lähtötietomallia, joka kuvaa kohteen lähtötiedot ja nykytilan.

Lähtötietomallilla tarkoitetaan kaikkia hankkeen lähtötietoja jaoteltuna ja dokumentoituna vakioituun kansiorakenteeseen. Lähtötietomalliin sisältyy sen nimestä huolimatta myös esimerkiksi kartta-aineistoja ja dokumentteja mallinnettujen 3D-aineistojen lisäksi. Lähtötietojen jaottelussa, aineistojen nimeämisessä ja dokumentoinnissa noudatetaan YIV-osaa 3 "[Lähtötiedot](#)".

Pilottikohteiden lähtöaineistot on pyydetty toimittamaan jaoteltuna YIV-osan 3 mukaisesti. [Lähtöaineistotaulukossa](#) on jaoteltu tarvittavat aineistot valmiiksi lähtötietomallin mukaisesti.

Pilottialueet: Luku 5 Pilottialueet.

* YIV osa 3 "Lähtötiedot": https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallin-nusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf

Lähtöaineistotaulukko:

	Tiedostonimi, jos aineisto löytyy
A Maastomalli	
A20 Maastomalli	
Maastomalli	
Keilausaineistot	
B Maaperämalli	
B10 Pohjatutkimukset	
Pohjatutkimukset	
B20 Kallio	
Kallionpintamalli	
B30 Maaperä	
Maaperäkartat (muut kuin GTK:n)	
Pehmeikön paksuus / pehmeikön alapinta	
Maakerrosten rajapinnat	
Mahdolliset omat rakennettavuuskartat luokituksineen	
B40 Pohjavesi	
Pohjavesihavainnot (ellei pohjatutkimuksissa)	
Pohjaveden rajapinta/-pinnat	
C Rakenteet ja järjestelmät	

C30 Rakenteet	
Merkittävät maanalaiset rakenteet	
D Temaattiset aineistot	
D10 Kartat	
Peruskartta	
Ilmakuvat	
D20 Kaava	
Ajantasainen kaavoitustilanne	
Kaavaluonnokset	
D50 Ympäristö	
PIMA	

Työpajan ohjelma 24.5.2017

Posted on toukokuu 16, 2017

24.5.2017 järjestettävän MAKU-digi asiantuntijatyöpajan ohjelma on julkaistu. Työpajan tavoitteena on saada hiottua kuntoon maaperä-, rakennettavuus- ja kaavamallit. Lisäksi käydään keskustelua kokeiluhankkeen jatkotyöskentelystä. Työpajaan on kutsuttu hankkeessa mukavana olevien kaupunkien ja liikenneviraston edustajat, sekä Siton, GTK:n ja Rapalin asiantuntijat.

[MAKUdigi_työpaja1_240517_ohjelma](#)

- 1. Työpajan 24.5.2017 ohjelma: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/05/MAKU-digi_ty%C3%B6paja1_240517_ohjelma.pdf

Asiantuntija työpaja 1

Posted on toukokuu 29, 2017

Ensimmäinen MAKU-digin asiantuntijatyöpaja järjestettiin 24.5.2017.

Työpaja alkoi yhteiselle osuudella, jossa kuultiin seuraavat esitykset:

- Maaperämallin harmonisointi, Ossi Ikävalko / GTK
 - [Maaperäkartat ja rakennettavuuden harmonisointi](#)
- Rakennettavuusmallin harmonisointi, Hilikka Kallio / GTK
 - [Rakennettavuuskarttojen vertailu Espoon pilottilueella](#)
- Kaavamallin valmistelu, Anssi Savisalo / Sito
 - [Kaavamalli](#)
- Rakennettavuus ja pohjarakennusmenetelmät, Mikko Riikonen / Sito
 - [Rakennettavuusluokat ja perustamistavat](#)

Yhteisen osuuden jälkeen jakaannuttiin kahteen työpajaan. Toisessa työpajassa käsiteltiin maaperää, rakennettavuutta sekä pohjarakennusmenetelmiä ja toisessa työpajassa käsiteltiin kaavamallia. Työpajoissa käytiin onnistuneesti keskustelua aiheista ja hankkeen tavoitteista.

Päivän loppuksi käytiin saatekeskustelu kustannuslaskennasta ja visualisoinnista. Esille nousi kysymyksiä mm. kustannusten esittämistarkkuuteena ja havainnollistamiseen liittyen. Työpajan antia hyödynnetään hankkeen jatkotyöskentelyssä.

- Maaperäkartat ja rakennettavuuden harmonisointi: <http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/05/Maaper%C3%A4kartat-ja-rakennettavuus-harmonisointi GTK.pdf>
- Rakennettavuuskarttojen vertailu Espoon pilottilueilla: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/05/espoo_rakennettavuus_ja-mp-kartta.jpg
- Kaavamalli: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/09/Kaavamalli_esitys_31082017.pdf
- Rakennettavuusluokat ja perustamistavat: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/05/MAKU-digi_Rakennettavuusluokat_perustamistavat-1.pdf

2. työpajan ohjelma on julkaistu

Posted on elokuu 29, 2017

MAKU-digi -kokeiluhankeen toinen asiantuntijatyöpaja järjestetään torstaina 31.8.2017 Sito-talolla Tapiolassa.

Työpajan ohjelma:

- 9:00 – 9:30 aamukahvi ja järjestäytyminen
- 9:30 – 11:00 yhteenveto tähänastisesta työskentelystä
 - Rakennettavuusmalli / GTK
 - Kustannuslaskenta / Sito + Rapal
 - Kaavamalli / Sito
- 11:00 – 11:15 työryhmätyön tehtävänanto
- 11:15 – 12:00 lounas
- 12:00 – 13:00 työryhmätyöskentely
 - Alustavien tulosten kommentointi
 - Laskentatulosten visualisointi/esitystapa ja hyödyntäminen
 - Erityiskysymykset, mm. täyttöjen rakennettavuuden käsittely
- 13:00 – 13:30 työryhmätyön purku ja saatekeskustelu raportoinnille

2. työpajan esitykset

Posted on syyskuu 1, 2017

MAKU-digi toinen työpaja oli antoisa ja antoi hyvän suunnan hankkeen loppuun saattamiseen ja viimeistelyyn.

Kiitos kaikille työpajaan osallistuneille!

Työpajan yhteisen osuuden esitykset löytyvät alta:

- Esitys rakennettavuusmallista: [MAKU-digi kartat ja mallit](#)
- Esitys kaavamallista ja kustannuslaskennasta: [Kaavamalli ja kustannuslaskenta](#)
- Rakennettavuusluokat ja perustamistapa -taulukko: [MAKU-digi_Rakennettavuusluokat_perustamistavat](#)

- MAKU-digi kartat ja mallit: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/09/Kartat_ja_Mallit_Ika-valko.pptx
- Kaavamalli ja kustannuslaskenta: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/09/Kaavamalli_esitys_31082017.pdf
- MAKU-digi rakennettavuusluokat ja perustamistavat: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/09/MAKU-digi_Rakennettavuusluokat_perustamistavat.pdf

MAKU-digi-hankkeen loppuraportointi

Posted on lokakuu 10, 2017

MAKU-digi hankkeen lopputuloksia esiteltiin ohjausryhmällä torstaina 5.10.2017. Tulosten esittely ja hankkeen raportointi tehdään [MAKU-digi](#) -nettisivujen kautta. Kommentteja ja palautetta hankkeesta voi lähettää sähköpostilla hankkeen projektipäällikölle Anssi Savisalolle (anssi.savisalo@sito.fi).

- www.makudigi.fi

3 Lähtökohtia

Maaperäolosuhteet vaikuttavat merkittävästi rakentamiskustannuksiin ja ne olisi hyvä mahdollisuuksien mukaan huomioida jo kaavoitusvaiheessa rakennusten ja rakenteiden sijoittelussa. Maaperäolosuhteiden ja niistä aiheutuvien kustannusten huomioimiseen kaavoitusvaiheessa ei kuitenkaan ole olemassa yhtenäistä ja yleisesti käytössä olevaa menettelytapaa, vaan käytännöt saattavat vaihdella projektikohtaisesti. Tällöin esimerkiksi erilaisten maaperän rakennettavuusluokkien määrittely ja rakennettavuuskarttojen esitystapa saattavat vaihdella kohteesta toiseen, eli minkäänlaista valtakunnallisesti tai edes alueellisesti kattavaa rakennettavuuskarttaa ei ole olemassa Espoon kaupunkia lukuun ottamatta. Alla on kuvattu lyhyesti muutamia esimerkkejä erilaisista lähestymistavoista pohjarakentamiskustannusten arviointiin kaavoitusvaiheessa.

Espoon kaupunki on tietävästi ainoa kunta Suomessa, josta on laadittu alueellinen rakennettavuuskartta ja rakennettavuusluokitus. Näiden rinnalle on laadittu 1980- ja 1990-luvuilla selvitys ”Pohjarakentamisen kustannukset Espoossa”, jossa on esitetty kuvaajina erilaisten rakennusten ja rakenteiden pohjarakentamiskustannuksia erilaisissa maaperäolosuhteissa. Näitä aineistoja ei kuitenkaan ole sittemmin päivitetty, ja noin 20 vuotta vanhoina ne eivät enää kuvaa nykyajan tilannetta niin kustannusten kuin pohjarakentamisessa tapahtuneen kehityksen osalta.

Geokaava on Excel-pohjainen taulukkolaskentatyökalu, jonka avulla voidaan tontin pohjarakentamisen määriä ja kustannuksia kaavoitusvaiheessa. Ohjelman käyttö vaatii geoteknistä asiantuntemusta ja edellyttää käyttäjältä lukuisten lähtötietojen syöttämistä ohjelmaan käsin. Ohjelmaan ei ole sisällytetty eri rakennusosien yksikkökustannuksia, eli kustannusarvion saadakseen käyttäjän pitää selvittää yksikkökustannukset muuta kautta sekä syöttää ne ohjelmaan. Ohjelma soveltuukin ensisijaisesti lähinnä geoteknisten suunnittelijoiden apuvälineeksi. Käsityövaltaisuutensa vuoksi ohjelmaa on työlästä käyttää suurempien kohteiden pohjarakentamiskustannusten arviointiin.

Geokalkyl on Ruotsin geoteknisen instituutin (SGI) kehittämä paikkatietopohjainen työkalu kaava-alueiden pohjarakentamiskustannusten arviointiin. Geokalkyl väg on Trafikvärkenin samaan aikaan kehittämä työkalu teiden ja rautateiden kustannusten arvioimiseen. Työkalu toimii ArcGIS-ohjelmistossa. Lähtöaineistoksi ohjelmaan syötetään ArcGIS-yhteensopivassa formaatissa mm. alueen korkeusmalli, maalajikartta, rakennukset, päällystetyt alueet, viheralueet, mahdolliset tulvariskialueet ja pilaantuneiden maiden sijainti. Erilaisten maaperän ominaisuuksien pohjalta työkalu laskee pohjanvahvistustoimenpiteiden, kaivun ja täytön, pilaantuneen maan kunnostuksen sekä tulvariskialueiden korottamiseen liittyvät kustannusarvot.

3.1 Helsingin, Espoon ja Vantaan kaupunkien sekä GTK:n maaperäkartat

Pääkaupunkiseudun kaupungit, Helsinki, Espoo ja Vantaa ovat laatineet omat maaperäkarttansa. Espoon ja Vantaan kartat perustuvat hyvinkin yksityiskohtaiseen 1:2000 mittakaavaan maaperäkartoitukseen, Helsingin kartta puolestaan paljolti pohjatutkimuksiin (maaperän kairaukset). Yleensä kartoitusvyvyys on 1 m, kartastojen sisältämä syvemältä saatu informaatio perustuu pohjatutkimuksiin. Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) laatima valtakunnallinen maaperäkartta on kartoitettu mittakaavassa 1:10 000 ja on esitetty mittakaavassa 1:20 000. Tampereen ja Liikenneviraston pilottikohteissa on käytettävissä vain GTK:n maaperäkartta.

Maaperäkartalla esitetään kartoituksessa (ja kairauksessa) saatu kuva maaperästä. Normaalisti kartoitusvyvyys on 1 m, mikä johtuu kartoittajan mahdollisuudesta havaita yleensä maks.

1 m syvyydessä oleva maalaji kartoituspiikin avulla. Niinpä maaperäkartan päämaalajit edustavat 1 m:n syvyydessä olevaa vallitsevaa maalajia. Syvyydellä 0 – 1 m olevat maalajit on esitetty usein ns. pintamaalajeina (GTK).

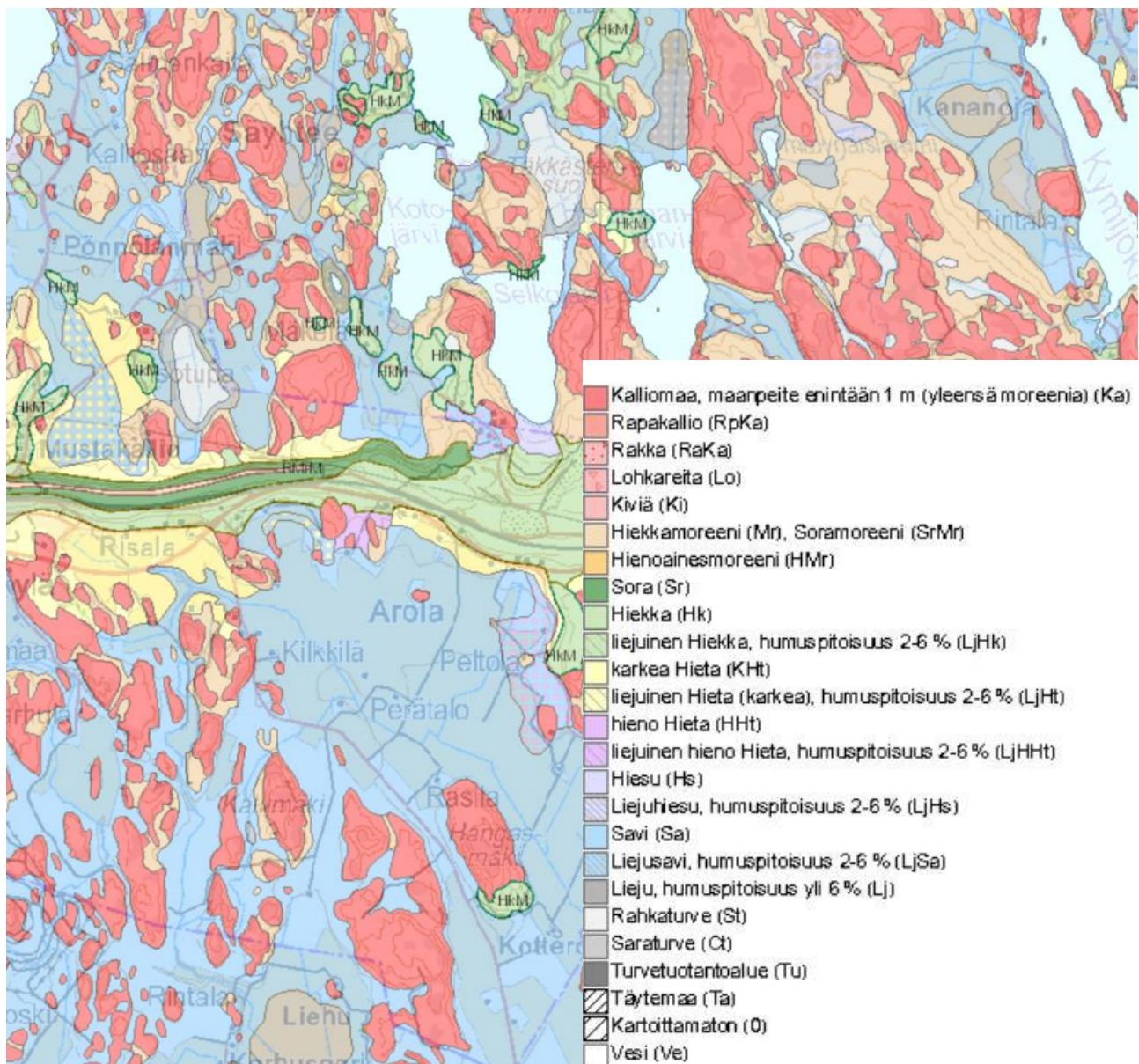
Maalajien luokittelussa GTK käyttää valtakunnallisesti RT-luokitusta. Pääkaupunkiseudun kaupungeilla on käytössään GEO-luokitus, mikä on yleinen luokittelu myös geoteknisissä tutkimuksissa ja suunnittelussa. Merkittävintä luokituksissa on ero karkea- ja hienorakeisten lajituneiden maalajien osalta. RT-luokituksessa karkea hieta, hiekka ja sora sekä hiesu ja hieno hieta on eroteltu omiksi maalajeikseen (Kuva 3.1, GTK:n kartta) kun taas GEO-luokituksessa karkea hieta ja hiekka kuuluvat luokituksestaan hiekkaan ja hiesu ja hieno hieta muodostavat siltin (Kuva 3.2, Vantaan maaperäkartta).

Helsingin maaperäkartassa 1m syvyydessä olevista vallitsevista maalajeista on esitetty kallio, moreeni, siltti ja hiekka yhdessä, savi, turve ja täyttö (Kuva 3.3). Lisäksi maaperäkartassa on esitetty peitemaalajit 1-3m paksuudelta. Espoon maaperäkartta on pääpiirteittäin Helsingin kaltainen. Siinä on esitetty 0.5 m syvyydessä vallitseva päämaalaji kallio, moreeni, hiekka, sora ja täyttö. Peitemaalajeina 0-3m syvyysvälillä on esitetty alla olevan maalajiväarin päälle vinoviivoituksella kuvattu turve, savi, siltti, hiekka, sora ja turve. Espoon luokitus on esitetty Kuva 3.4

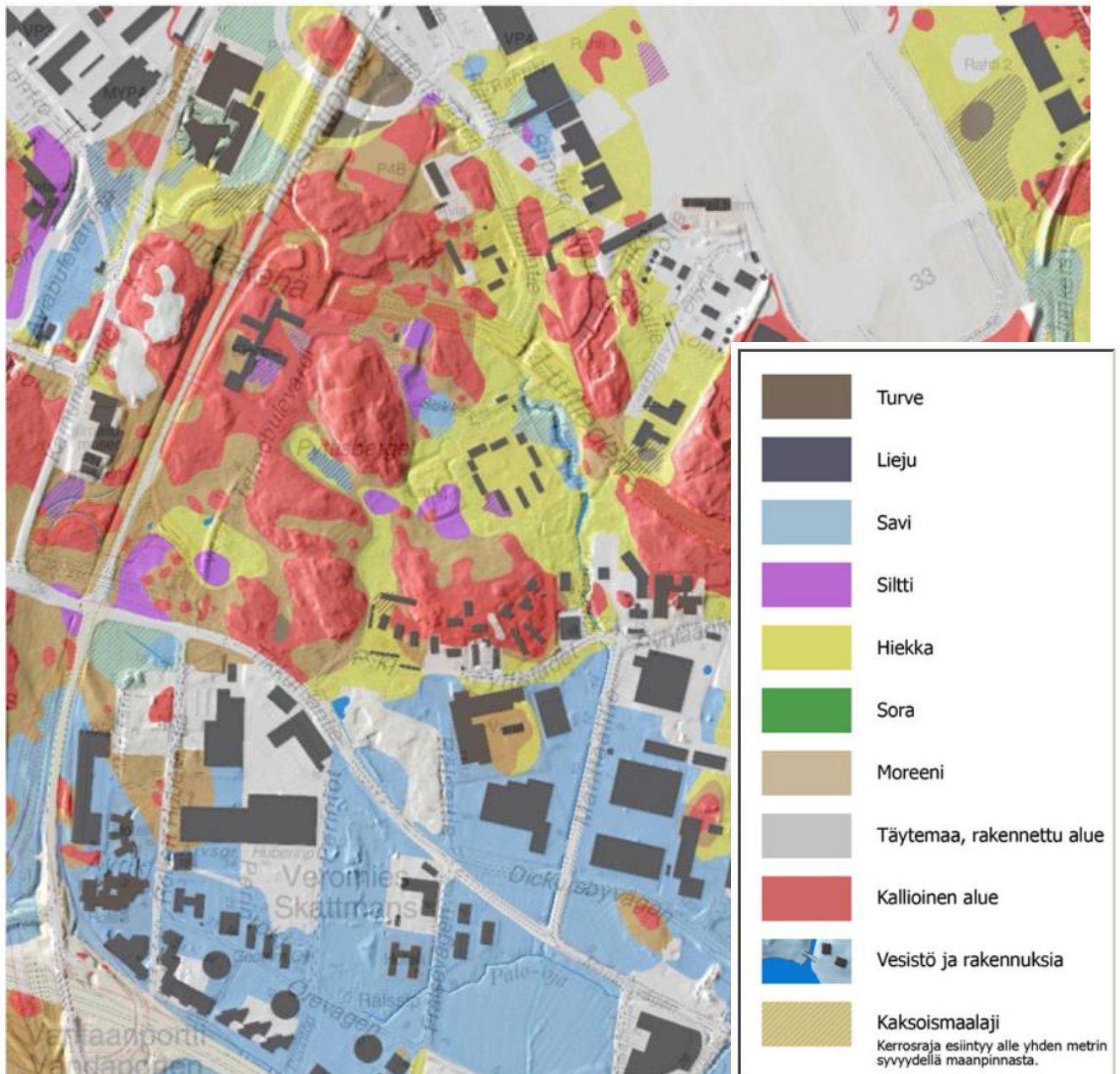
Yhdistettäessä kairauksessa saatua syvyystietoa, voidaan maaperäkartalla esittää koodauksella maaperän 3D – rakennetta. Esim. Espoon maaperäkartassa on esitetty syvyyskäyrästä pehmeiköllä. Helsingin maaperäkartassa kuvataan päälle merkinnöin (kuva 3) maaperän 3D – rakennetta. Taulukko 3.1. GTK:n, Helsingin, Espoon ja Vantaan maaperäkarttojen sisällön vertailua. on vertailtu GTK:N ja pääkaupunkiseudun kaupunkien maaperäkarttojen sisältöä. Pehmeikköpaksuustietona ovat yleensä esitetty 0, 1 ja 3 m:n rajat, mutta nykyisissä rakennettavuusluokissa käytetään 2 m:n syvyyttä. Niinpä rakennettavuuskartan laatiminen puhtaasti maaperäkartan tietojen perusteella ei onnistu, vaan tarvitaan kairauksiin perustuvaa lisätietoa.

Taulukko 3.1. GTK:n, Helsingin, Espoon ja Vantaan maaperäkartojen sisällön vertailua.

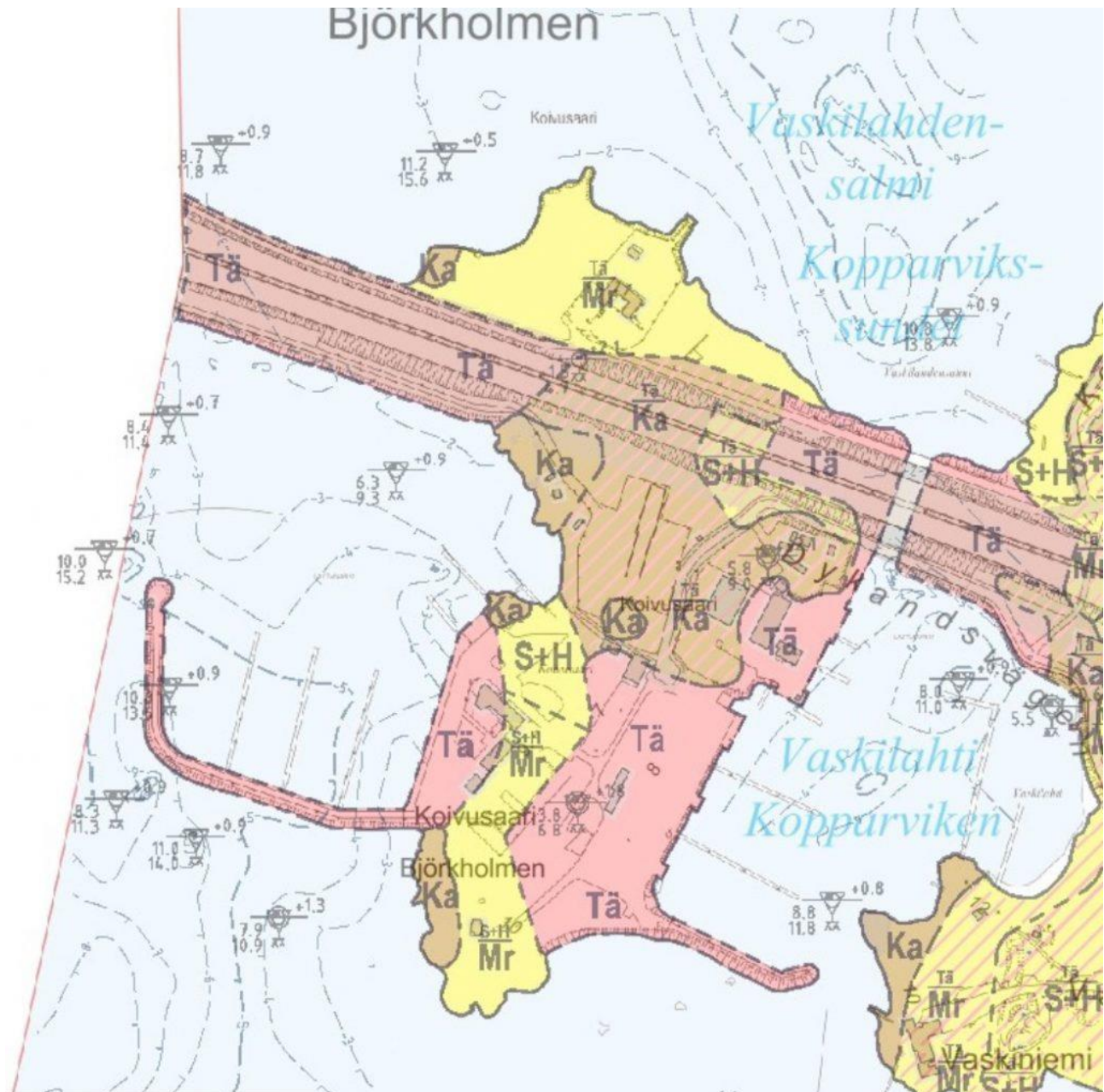
Ominaisuus	GTK	Helsinki	Espoo	Vantaa
Kartoitusmittakaava	1:10 000	1:2000	1:2000	1:2000
Maalajiluokittelu	RT	GEO	GEO	GEO
Kartoitusvyvyys	1 m	1 m (+kairaus)	1 m (+kairaus)	1 m
Pintamaa	1 m	1 m	0.5 m	1 m
Kallio(maa) (1 m)	x	x		x
Kallio 0.5 m			x	
Turve	x	x	x	x
Lieju	x		x	x
Hieta	x			
Hiesu	x			
Siltti	x		x	x
Siltti+Savi			x	
Siltti+Hiekka		x		
Hiekka	x		x	x
Sora	x		x	x
Moreeni	x	x	x	x
Savi (0 m)			x	
Savi (1 m)	x	x	x (osaksi)	x
Savi (2 m)				
Savi (3m)		x	x	
Savi (5 m)			x	
Savi (10 m)			x	
Savi (15m)			x	
Täyte	x	x	x	x



Kuva 3.1. Geologian tutkimuskeskuksen maaperäkartta ja merkintöjen selitykset. Käytössä on maalajien RT-luokitus. Kartta-alue n. 6 x 6 km.



Kuva 3.2. Vantaan Aviapoliksen pilottialueen maaperäkarta, käytössä GEO-luokitus.

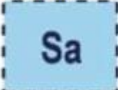
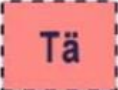

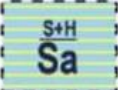
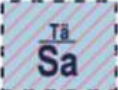
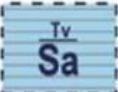
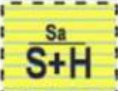

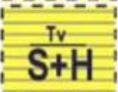
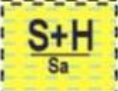
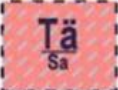
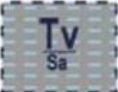


Kuva 3.3. Helsingin maaperäkartta pilottialueelta.

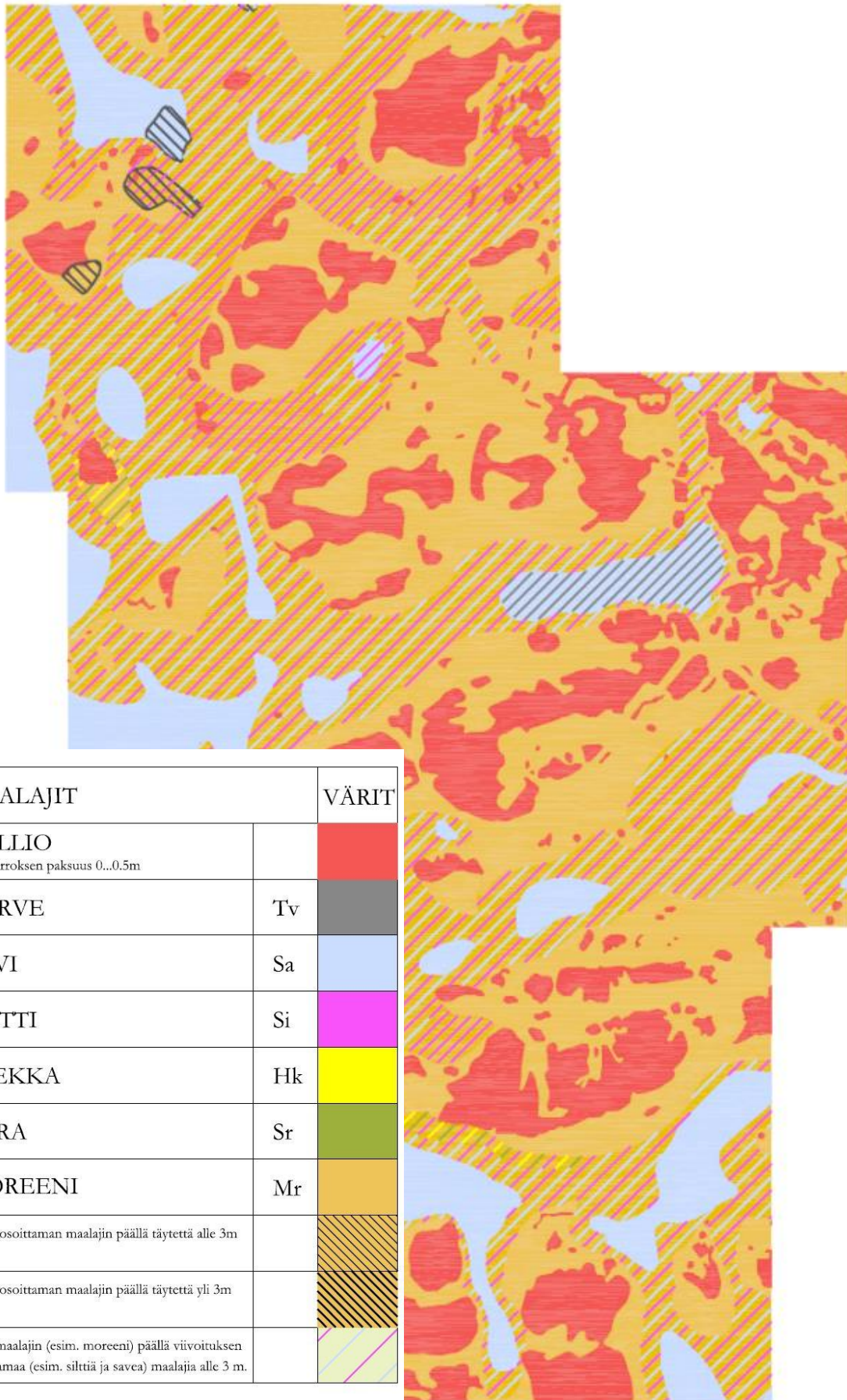
Taulukko 3.2. Helsingin maaperäkartan selitykset.

Maaperäkartta

Merkintöjen selitys

Merkintä	Selitys
	Savikerroksen paksuus >3m. Savi ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
	Täytekerroksen paksuus >3m. Täyte ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
	Turvekerroksen paksuus >3m. Turve ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
	Savikerroksen päällä olevan siltti+hiekkakerroksen paksuus on 1-3m. Savikerroksen paksuus on >3m. Siltti+hiekkakerros on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
	Savikerroksen päällä olevan täytekerroksen paksuus on 1-3m. Savikerroksen paksuus on > 3m. Täyte on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
	Savikerroksen päällä olevan turvekerroksen paksuus on 1-3m. Savikerroksen paksuus >3m. Turve ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
	Siltti+hiekkakerroksen päällä olevan savikerroksen paksuus on 1-3m. Siltti+hiekkakerroksen paksuus on > 3m. Savikerros ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
	Siltti+hiekkakerroksen päällä olevan täytekerroksen paksuus on 1-3m. Siltti+hiekkakerroksen paksuus on > 3m. Täyte ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
	Siltti+hiekkakerroksen päällä olevan turvekerroksen paksuus on 1-3m. Siltti+hiekkakerroksen paksuus on > 3m. Turve ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
	Savikerroksen päällä olevan siltti+hiekkakerroksen paksuus on > 3m. Savikerroksen paksuus on 1-3m. Siltti+hiekkakerros on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
	Savikerroksen päällä olevan täytekerroksen paksuus on > 3m. Savikerroksen paksuus on 1-3m. Täyte on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
	Savikerroksen päällä olevan turvekerroksen paksuus on > 3m. Savikerroksen paksuus on 1-3m. Turvekerros on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.

Sa Mr	Moreenikerroksen päällä olevan savikerroksen paksuus on 1-3m. Moreenikerroksen paksuus on > 3m. Savikerros on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
Ta Mr	Moreenikerroksen päällä olevan täyterroksen paksuus on 1-3m. Moreenikerroksen paksuus on > 3m. Täyterros ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
Tv Mr	Moreenikerroksen päällä olevan turvekerroksen paksuus on 1-3m. Moreenikerroksen paksuus on > 3m. Turvekerros on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
Mr	Moreenikerroksen paksuus > 3m. Moreeni ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
S+H Mr	Moreenikerroksen päällä olevan siltti+hiekkakerroksen paksuus on 1-3m. Moreenikerroksen paksuus on > 3m. Siltti+hiekkakerros ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
S+H	Siltti+hiekkakerroksen paksuus on > 3m ja se ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
Sa Ka	Kallion päällä olevan savikerroksen paksuus on 1-3m. Savi ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
Ta Ka	Kallion päällä olevan täyterroksen paksuus on 1-3m. Täyterros ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
S+H Ka	Kallion päällä olevan siltti+hiekkakerroksen paksuus on 1-3m. Siltti+hiekkakerros ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
Mr Ka	Kallion päällä olevan moreenikerroksen paksuus on 1-3m. Moreenikerros ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
Ka	Kallioinen alue, joka alkaa 0-1m:n etäisyydellä maanpinnasta.
St Ka	Kallion päällä olevan stabiloidun alueen paksuus on 1-3m. Stabiloitu alue ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
St S+H	Siltti+hiekkakerroksen päällä olevan stabiloidun alueen paksuus on 1-3m. Siltti+hiekkakerroksen paksuus on > 3m. Stabiloitu alue ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
St Mr	Moreenikerroksen päällä olevan stabiloidun alueen paksuus on 1-3m. Moreenikerroksen paksuus on > 3m. Stabiloitu alue ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.
St Sa	Savikerroksen päällä olevan stabiloidun alueen paksuus on 1-3m. Savikerroksen paksuus on > 3m. Stabiloitu alue on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
Ta St	Stabiloidun alueen päällä olevan täyterroksen paksuus on 1-3m. Stabiloidun alueen paksuus on > 3m. Täyterros on maanpinnassa tai sen läheisyydessä.
St	Stabiloitu alue, jonka paksuus > 3m. Kerros ulottuu maanpintaan tai sen läheisyyteen.

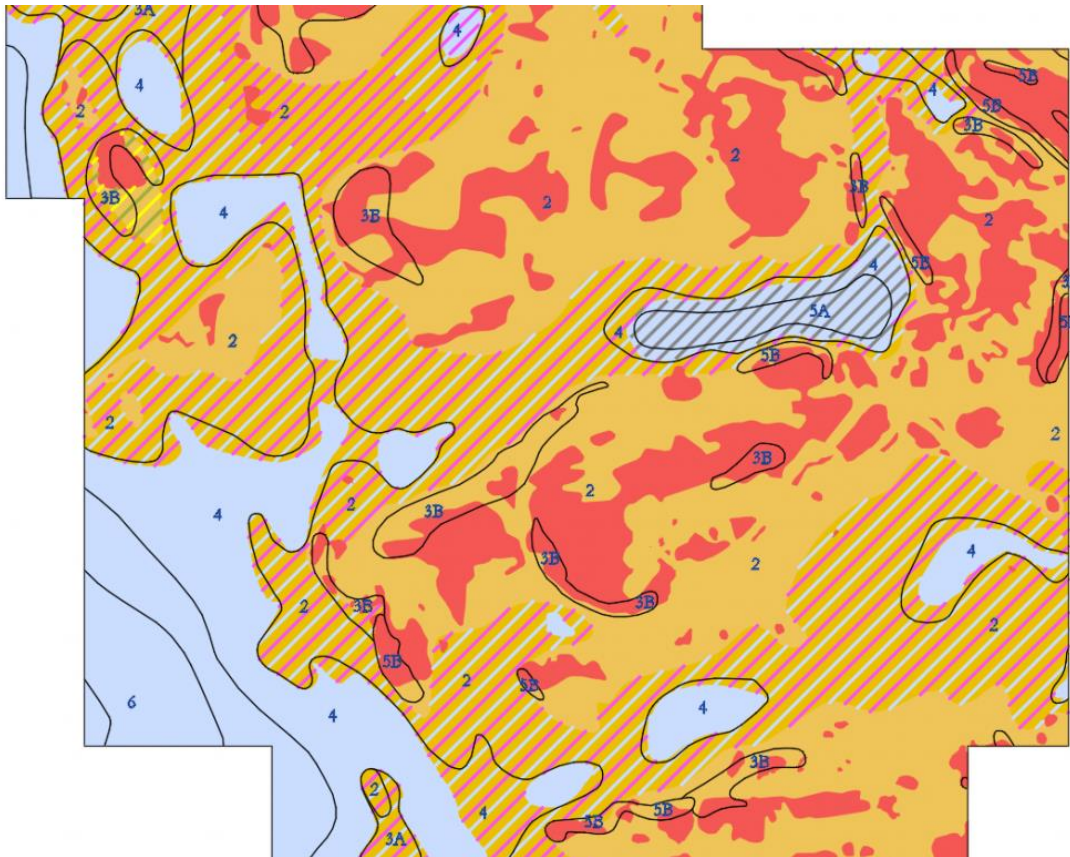


Kuva 3.4 Espoon digitaalinen maaperäkartta ja maalajiselitys pilottialueelta.

3.2 Rakennettavuuden luokittelu

Maaperän rakennettavuuden luokittelu on esitetty Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen julkaisemassa ohjeessa ”Kunnallis-tekniikan pohjatutkimusohjeet KUPO-92”. Espoon kaupunki on ainoana kaupunkina laatinut alueeltaan rakennettavuuskartan (Kuva 3.5) ja sen rinnalle on laadittu 1980 -luvuilla selvitys ”Pohjarakentamisen kustannukset Espoossa”, jossa on esitetty erilaisten rakennusten ja rakenteiden pohjarakentamiskustannuksia erilaisissa maaperäolosuhteissa sekä annettu laskentaesimerkkejä kustannusten laskemiseksi. Kustannuslaskentajärjestelmä on tarkoitettu maankäyttöä ohjaavaksi suunnittelun alkuvaiheen kustannustarkastelujärjestelmäksi, ei tarkkaa rakentamisen suunnittelun kustannuslaskentaa varten.

Espoon kaupunki on esittänyt rakennettavuusluokat 1-6 (Kuva 3.6). Rakennettavuusluokat perustuvat kantavan maakerroksen (kallio, moreeni) syvyyteen, heikosti kantavan kerroksen paksuuteen (savi, lieju, turve) sekä maanpinnan kaltevuuteen. Luokittelu on hieman elänyt vuosien saatossa pehmeikön paksuuden osalta eri käyttäjien taholta. Nykyisillä luokituksilla maaperäkartoja voidaan pääsääntöisesti käyttää ainoastaan rakennettavuusluokan 1. helposti rakennettavat arviointiin, jossa tarvitaan maalajitieto 1m syvyydessä. Rakennettavuusluokkien 2.-6. maalajien määrittämiseen tarvitaan pehmeän maakerroksen paksuus 2, 3, 5, 10, 15m... Maaperäkartoissa on yleensä esitetty syvyydet 1 ja 3 m, ei 2 m syvyyttä. Lisäksi turvealueet tulee luokitella 1 – 2m syvyyteen ja turve sekä lieju lisäksi 2- 3 ja 3 – 4 m syvyyteen. Syvyydet on tulkittava maastonmuotojen perusteella, jos kairaustietoa ei ole olemassa esim. suunnittelun alkuvaiheessa. Käytännössä hyvän rakennettavuuskartan laatiminen edellyttää maakerrospaksuustietoa (pohjatutkimustietoa).



Kuva 3.5. Espoon kaupungin rakennettavuusalueiden rajat maaperäkartalla, kartta n. 1.3 x 1.3 km.



Espoon kaupunki
Tekninen keskus
Geotekniikkayksikkö

2

Rakennettavuusluokat alustavine perustamistapoineen

RAKENNETTAVUUSLUOKKA	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, $z = < 1$ m kadut, pihat, yms.: - päällysrakenne maanvaraan putkikaivannot: - putket maanvaraan, mahdollinen tukematon kaivanto, lopputäyttö kaivumailla
2. Normaalisti rakennettava	maalaji: - Si, Sa < 2 m, kantavan maapohjan syv. < 2 m - $p_s = 200$ kPa maasto: - kaltevuus $< 10-15$ % - helposti kuivatettava	talot: - maanvaraan anturoilla, $z = < 2$ m kadut, pihat, yms.: - päällysrakenne maanvaraan putkikaivannot: - putket maanvaraan, arina (sora/sepele), mahdollinen tukematon kaivanto, lopputäyttö soralla
3 a. Vaikeasti rakennettava pehmeikkö	maalaji: - Si, Sa 2-3 m tai Tv < 2 m, kantavan maapohjan syv. > 2 m - $s_u \approx 10$ kPa, $s_{10} < 10$ cm maasto: - lähes tasainen - vaikea kuivatettava	talot: - lyhyet paalut kovaan pohjaan, $L = 2-5$ m, kantava alapohja kadut, pihat, yms.: - päällysrakenne maanvaraan, mahdollinen massanvaihto putkikaivannot: - putket geotekstiili, sepeliarina, keskivaikea tuenta, lopputäyttö soralla
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) putkikaivannot: - louhittu kaivanto, asennusaluista, lopputäyttö soralla
4. Vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö	maalaji: - Sa 3-10 m tai Tv, Lj 2-3 m - $s_u \approx 10$ kPa, $s_{10} 10-30$ cm maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	talot: - paaluperustus, $L = 5-14$ m, kantava alapohja kadut, pihat, yms.: - mahdollinen kalkkipilaristabilointi $H = 3-10$ m putkikaivannot: - mahdollinen kalkkipilaristabilointi $H = 3-10$ m, murskearina vaikea tuenta, lopputäyttö soralla
5 a. Erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö	maalaji: - Sa 10-15 m tai Tv, Lj 3-4 m - $s_u \approx 7$ kPa, $s_{10} 30-40$ cm maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	talot: - paaluperustus, $L = 14-28$ m, kantava alapohja kadut, pihat, yms.: - kalkkipilaristabilointi $H = 10-15$ m putkikaivannot: - kalkkipilaristabilointi $H = 10-15$ m, vaikea tuenta, lopputäyttö soralla, 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 putkikaivannot: - louhittu kaivanto, asennusaluista, lopputäyttö soralla
6. Rakentamiseen erittäin huonosti soveltuva alue	maalaji: - Sa > 15 m tai Tv, Lj > 4 m - $s_u \approx 7$ kPa, $s_{10} > 40$ cm maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	talot: - paaluperustus, $L = > 28$ m, kantava alapohja kadut, pihat, yms.: - alueellinen pohjanvahvistus, kalkkipilaristabilointi $H = 15$ m tai paa-lulaatta putkikaivannot: - tukipaalut, $L = > 28$ m, erittäin vaikea tuenta, lopputäyttö soralla, pohjavedenpinnan alentaminen

SELITYKSET:

Lj = Lieju
Sa = Savi
Si = Siltti
Hk = Hiekka
Mr = Moreeni
Lo = Lohkareet
Ka = Kallio
Tv = Turve

p_s = sallittu geotekninen kantavuus
 s_u = saven suljettu leikkauslujuus
 s_{10} = savipohjan painuma 10 kPa:n kuormalla (≈ 0.5 m penger)

Kuva 3.6. Espoossa käytetyt rakennettavuusluokat perustamistapoineen.

4 Menetelmäkuvaus

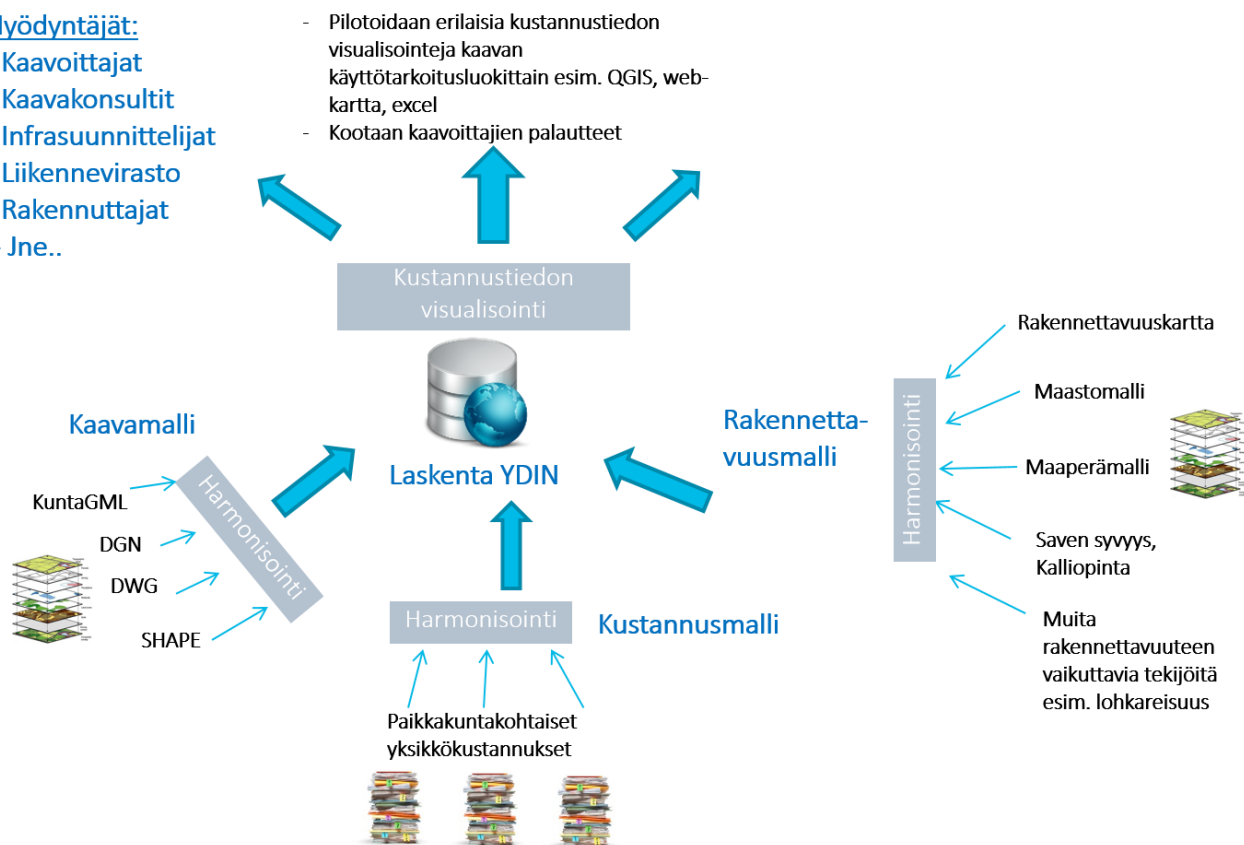
Kokeiltavana ovat rakennettavuusmallin laadinta, lähtötietojen hankinta, harmonisointi sekä uusien vertailumenetelmien testaaminen. Onnistuessaan kokeilua jatketaan valtakunnallisen menetelmän kehittämisellä, jolla on saavutettavissa huomattavia säästöjä rakentamiskustannuksissa.

Testattavina asioina ovat:

- Erilaisten kaavan lähtötietojen muunneltavuus ja harmonisointi laskentaprosessille sopivaksi
- Rakennettavuusmallin laadinnan testaaminen erilaisilla lähtötiedoilla
- Arvioidaan erilaisten kaavoituksen alkuvaiheen tietojen riittävyyttä eri kaupungeissa
- Rakennettavuuden esittäminen hilamallilla
- Pilotoidaan erilaisia kustannustiedon visualisointeja kaavan käyttötarkoitukseluokittain esim. paikkatieto-ohjelmistot, web-kartta 3D, taulukko-ohjelma ja kootaan kaavoittajien kommentit
- Tuotetaan tietoa käynnissä olevaan rakennetun ympäristön tietomallinnuksen (RTS/buildingSMART) ja tiedonsiirron standardointiin (IFC Infra ja OGC /InfraGML ja CityGML)

Hyödyntäjät:

- Kaavoittajat
- Kaavakonsultit
- Infrasuunnittelijat
- Liikennevirasto
- Rakennuttajat
- Jne..



4.1 Rakennettavuuden esittäminen

Geologian tutkimuskeskus on laatinut rasteripohjaisia rakennettavuuskarttoja jo yli vuosikymmenen ajan. Rasterimuotoon tehdyn rakennettavuuskartan etu kolmioverkkopohjaiseen rakennettavuus-malliin nähden on sen helppolukuisuus 2D-esityksenä sekä mahdollisuus monenlaisiin laskennallisiin operaatioihin. Maalajirajapintoja kuvaavat kolmio-verkot toimivat puolestaan paremmin 3D-ympäristössä.

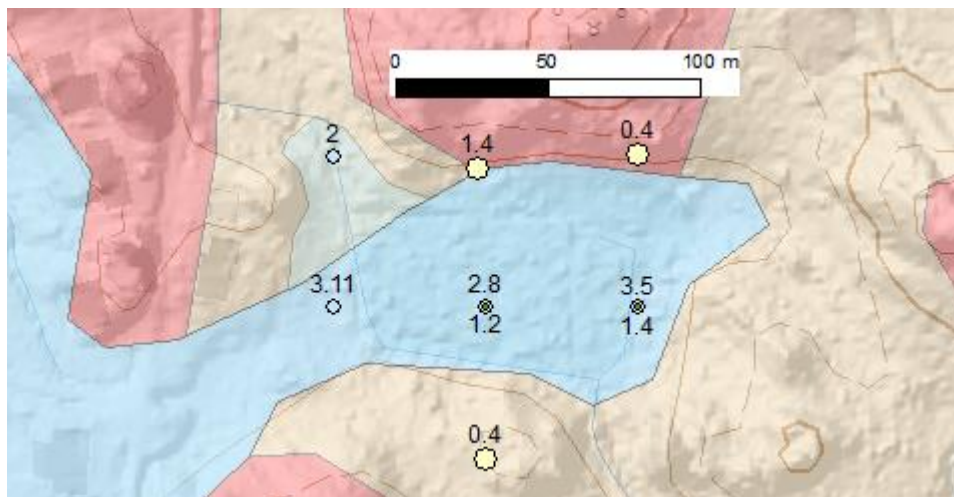
Rasteripohjaisuus antaa myös epäsäännöllistä kolmioverkkoa paremman mahdollisuuden kustannusten laskemiselle. Rasterissa on tietty säännöllinen solukoko, (MAKU-digi-hankkeessa 2 x 2 m). Rasteri on näin ollen helppo muuttaa säännölliseksi pisteverkoksi, johon voidaan liittää suuri määrä attribuuttitietoa ja edelleen laskea tilastollisia tunnuslukuja sulkeutuvalla alueella esim. kaavakohteelle. Laskettujen tilastollisten tunnuslukujen avulla voidaan antaa alkuvaiheen hinta-arvio esi- ja pohja-rakentamis-kustannuksille. Hinta-arvio tarkentuu, kun päätös käytettävästä esi- ja pohjarakentamisen menetelmästä lyödään lukkoon.

Rakennettavuusluokat määriteltiin neljän eri rasteritason perusteella. Laskennassa käytetyt rasteritasot ovat:

- Saven ja siltin paksuus
- Liejun ja turpeen paksuus
- Luokiteltu maalajitaso
- Rinnekaltevuus

4.1.1 Pehmeikköalueet

Savi, siltti, lieju ja turvealueiden rajat määriteltiin maaperäkartan kuviorajojen mukaan. Samalla pystyttiin tarkastamaan rajojen paikkansapitävyys kairausten suhteen. Mikäli pohjatutkimukset antavat uutta tietoa maalajikuvion muodosta voidaan kuviorajaa editoida.



Kuva 4.1. Tampereen Ojalan alueen savimaalajikuvioon tehty lisäys (vaalea sininen). Painokairauksen perusteella saven syvyys on lisätyn alueen keskellä 2 m.

Savi- ja silttikerrostumien alapinnat poimittiin pohjatutkimuksista automaattisesti käyttäen joko kairaajan havaintoa tai kairaajan havainnon puuttuessa seuraavia parametreja:

- Savi – Painokairaus puolikierros < 20
- Savi – HP-kairaus puristuspaine 0,70
- Siltti – Painokairaus puolikierros < 40

Turve- ja liejuaalueiden syvyydet poimittiin vain kairaajan havainnoista. Kerättyjen tietojen perusteella pehmeikköalueet interpoloitiin rasteriksi ArcGIS:in topo to raster-algoritmilla.

4.1.2 Luokiteltu maalajitaso

Kitkamaat, kallioalueet, vesistöt ja täyttömaat saatiin uudelleen luokittelemalla maaperäkartan maalajitaso. Täyttömaiden sijaintitietoja poimittiin maaperäkartan lisäksi sekä kairauksista että korkeusmallista. Kairauksista poimituille täyttömaille voitiin laskea myös täytön syvyys. Täytön syvyys interpoloitiin ArcGIS:in topo to grid-algoritmilla. Vantaan pilottialue oli otollinen kohde täyttömaiden syvyyden laskentaan.

4.1.3 Rinnekaltevuus

Rinnekaltevuus laskettiin Maanmittauslaitoksen 2 x 2 m korkeusmallista ArcGIS:n valmiilla slope-algoritmilla. Algoritmi huomioi kaltevuuden laskennassa korkeusmallin jokaisen solun vieressä olevan 8 naapurisolun z-arvon.

4.1.4 Rakennettavuustaso

Yllä kuvattujen neljän rasteritason perusteella laskettiin kullekin pilottialueelle yksi rakennettavuutta esittävä taso, joka luokiteltiin Tulokset – Rakennettavuusluokittelu -otsakkeen alla annettujen luokkien mukaan (Luku 6.2 Rakennettavuusluokittelu). Rakennettavuusluokkia kuvaavat tasot on esitetty otsakkeen Pilottialueet (Luku 5 Pilottialueet) alla kunkin pilottikohteen alueelta. Hilamalli muodostettiin poimimalla eri rasteritasoilla olevat tiedot alueen peittävään 2x2 m pisteverkkoon attribuuttitiedoiksi.

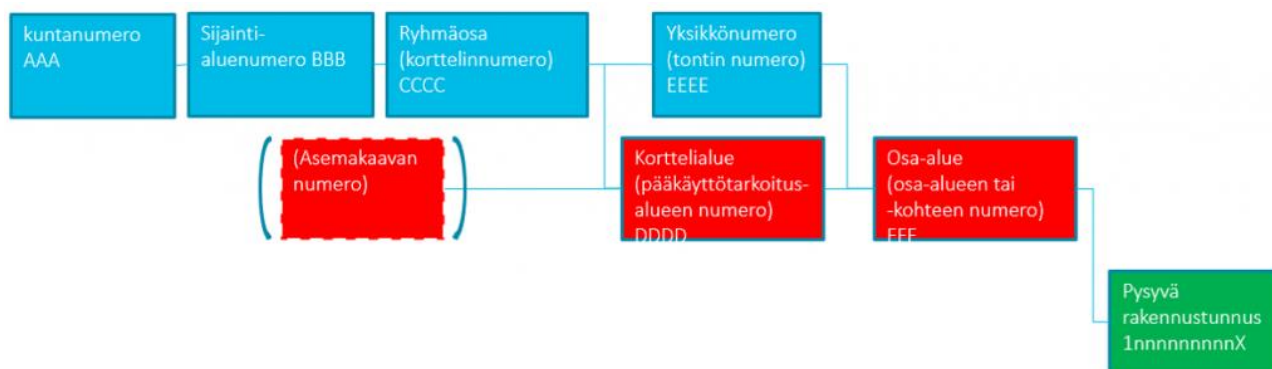
4.2 Kaavatiedon rakenne

Kaavatiedon rakenteen kuvauksessa lähtökohtana on YM:n asemakaavaoppaan (Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000. Opas 12. Ympäristöministeriö 2000) sekä asetuksen mukainen kaavamerkintöjen jaottelu ja numerointi, joka on esitetty liitteessä 1. Painopisteenä ovat asemakaavan kaavamerkinnät, mutta soveltuvin osin kuvausta voidaan käyttää myös yleiskaava- ja maakuntakaavatasolla.

Juridisen (asema)kaavan tietosisältö on perinteisesti keskittynyt visuaalisen kuvaustavan vakiointiin väreineen, viivatyypeineen ja viivanpaksuuksineen. Kaavan metatiedon jäsentämiselle ei toistaiseksi ole laillista kehystä, vaikka sen tietosisällön määrittelyyn ohjaa mm. INSPIRE-direktiivin käyttöönotto. Käytännössä kaavatietoa on vakioitu lähinnä KuntaGML-formaatin tietorakennetta varten, jonka lisäksi ohjelmistotalot ja kunnat ovat laatineet omia ohjelmistotai kuntakohtaisia tietorakenteita (käytännössä CAD-tasojärjestelmiä eri kaavaelementtien kuvaustavan määrittelyyn).

Makudigi-hankkeessa on tartuttu asemakaavan tietorakenteen määrittelyyn tavoitteena löytää asemakaavan elementeistä vastinkäsitteet maaperän kustannusten arviointiin tarvittaville elementeille. Käytännössä havaittiin, että kustannuslaskennan kannalta selkeintä on pyrkiä infra2015- ja talo2000-nimikkeistöjen mukaisiin käsitteisiin.

Asemakaavan määräykset kohdistuvat käytännössä alueisiin, viivoihin/rajoihin ja kohteisiin, ja sitä kautta niiden ohjausvaikutuksen kääntäminen paikkaan sidotuksi tietokannaksi on mahdollista. Koska asemakaava tietokokonaisuutena liittyy kiinteistötietoon (kiinteistötunnukset, rajat) ja rakennuksiin (pysyvä rakennustunnus), on luonnollista ajatella, että asemakaavan tietosisältö kiinnittyy rakenteellisesti näihin tietoihin. Kuva 4.2 on esitetty malli tietojen liittymisestä toisiinsa.

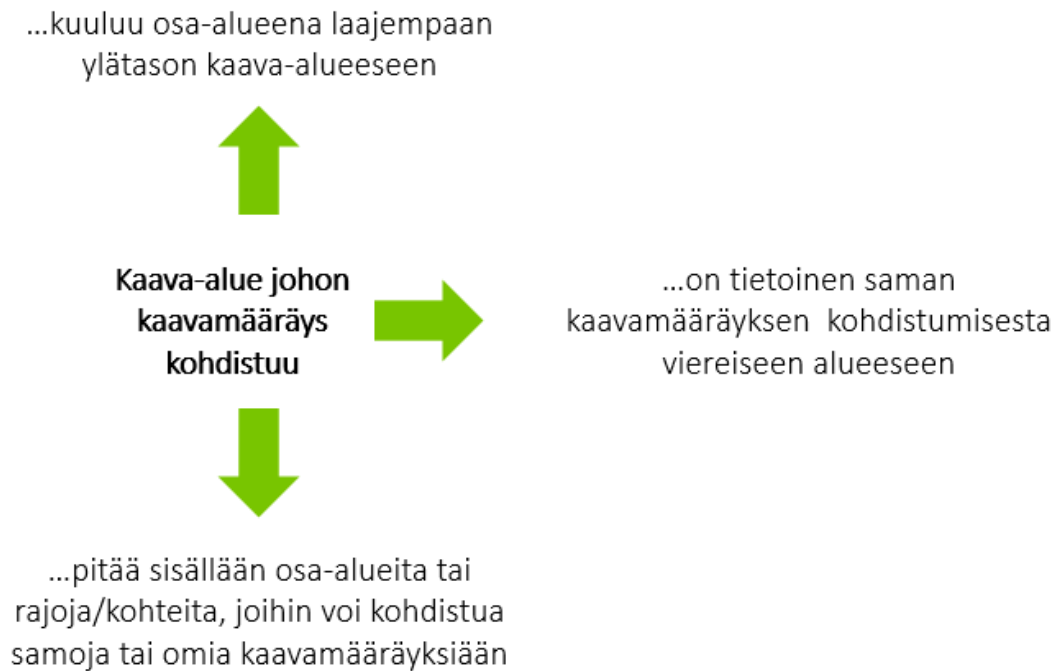


AAA	BBB	CCCC	DDDD	EEEE	FFF	1nnnnnnnnnG
-----	-----	------	------	------	-----	-------------

Kuva 4.2. Asemakaavan tietosisällön sijoittuminen kiinteistötiedon ja rakennuksia koskevan tiedon välille. Sinisellä on esitetty kiinteistötunnuksen rakenne ja vihreällä rakennuskohtainen pysyvä rakennustunnus. Punaisella on esitetty asemakaavan tietojen jäsentyminen.

Kuva 4.2 mukaisesti jokaiselle lainvoimaisen asemakaavan elementille voitaisiin antaa kiinteistönnumeron ja rakennustunnuksen tapaan yksilöivä kaavatunnus, joka rakentuisi kiinteistönumeron tapaan asemakaavan kokonaisuudesta. Tähän kaavatunnukseen olisi mahdollista viitata sekä kiinteistönnumeroinnissa että pysyvässä rakennustunnuksessa. Tästä lähestymistavasta nousee joitakin huomioita:

- **Asemakaava-alueen merkitys poistuu.** Yksittäinen asemakaavahanke alueeseen sirottuna tilastoyksikkönä menettää merkityksensä muuten kuin historiallisena suunnitteluratkaisua perustelevana kontekstina. Kaavanlaatimisen prosessista tai kaava-asiakirjoista merkittävää säilytettävää tietoa on kaava-alueeseen ja sen vaikutusalueeseen kohdistuvat perusselvitykset (luonto-, maisema-, liikenne-, kulttuuri- ym. selvitykset) sekä näiden perusteella laadittu vaikutusten arviointi. Tämän tiedon sisällyttäminen osaksi ajantasa-asemakaavaa vaatii työ- ja dokumentointimenetelmien kehittämistä ja edellyttää jatkopohdintaa, jota ei ole voitu tehdä Makudigi-hankkeen puitteissa.
- **Kaavamääräykset lomittuvat alueellisesti.** Jotkin asemakaavassa osoitetut osa-alueet tai alueelliset merkinnät voivat ulottua useiden korttelialueiden tai pääkäyttötarkoitusaluiden yli. Uusissa asemakaavoissa tämä voidaan useissa tapauksissa toteuttaa merkintäteknisesti siten, että alueelliset merkinnät korvataan kortteli- tai osa-aluekohtaisilla indekseillä (esimerkkinä pohjavesialueelle sijoittuvat korttelit saavat lisämerkinnän /pv). Lainvoimaisten kaavojen tulkitsemisessa tietokantamuotoon voi olla tarpeen merkitä korttelialueisiin metatietona tieto alueellisesta määräyksestä. Kaava-alueiden ja niihin kohdistuvien määräyksien hallitsemiseksi olisi hyödyllistä nähdä kukin kaavamääräys tietoisena siihen liittyvistä toisista määräyksistä Kuva 4.3 mukaisesti.



Kuva 4.3. Yksittäisen kaava-alueen suhde ympäröiviin kaava-alueisiin.

- **Rakennusala toimii välittäjänä rakennustunnukseen päin.** Asemakaavassa osoitettu rakennusala toimii linkkinä rakennukseen ja sen pysyvään rakennustunnukseen. Asemakaavan rakennusala voi saada lainvoiman ennen sille sijoittuvan rakennuksen lupaprosessin alkamista (ja siis pysyvän rakennustunnuksen myöntämistä), tai se voi sijoittua jo olemassa olevan rakennuksen kohdalle. Lisäksi samalla rakennusosalalla voi sijaita useita rakennuksia, joilla on omat pysyvät rakennustunnuksensa.

4.2.1 Kaavatiedon kohdistuminen perustamislukkiin

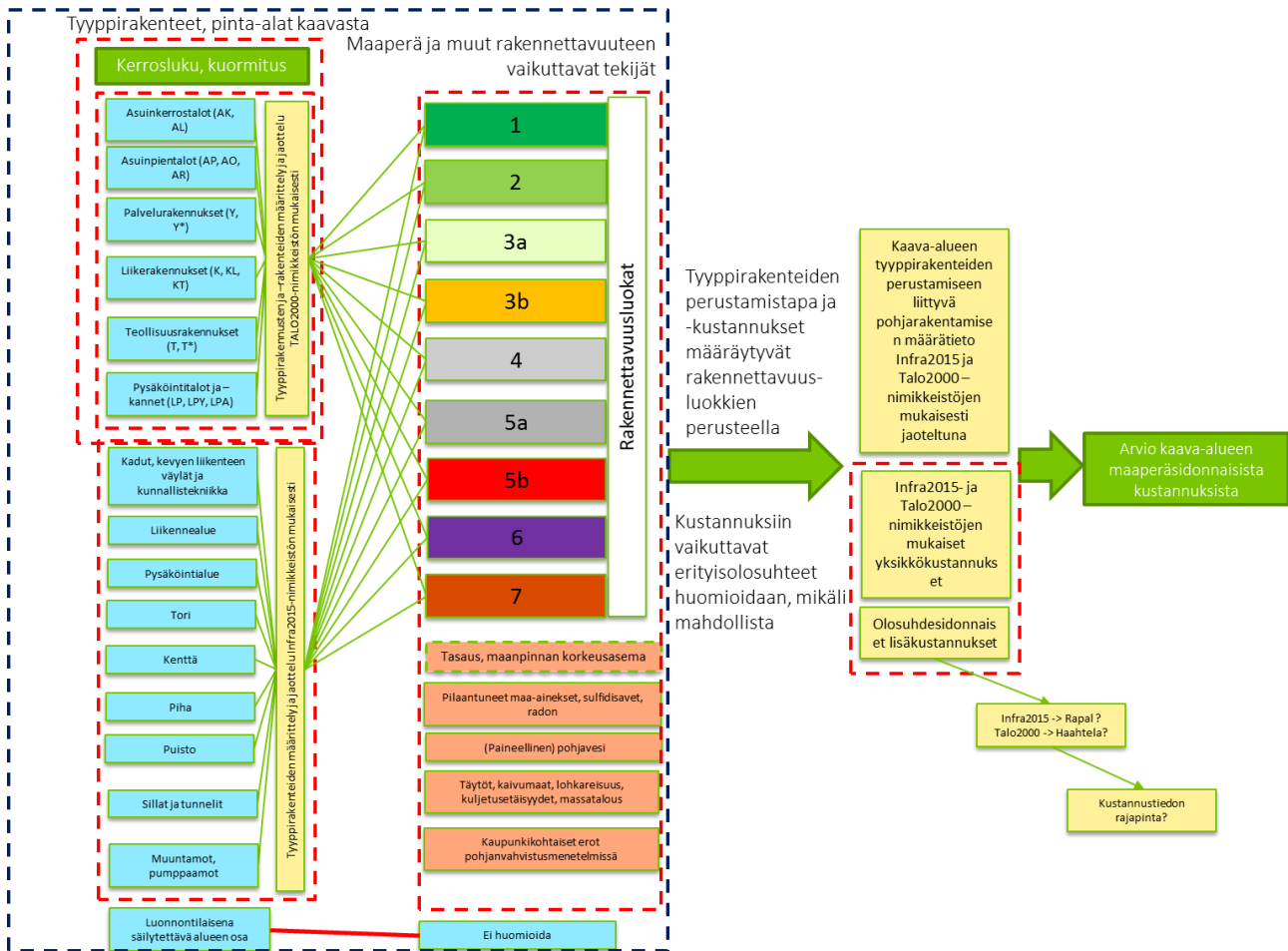
Maarakentamisen perustamisloukat on tunnistettu VTT:n Espoon kaupungille laatimassa selvityksessä 1984. Selvitystä on päivitetty 1997 ja se toimii perustana Espoossa virastokäytössä olevalle rakennettavuuskartalle. Yhtenäisyyden vuoksi tässä on käytetty VTT:n selvityksen mukaisia perustamisloukkia (Kuva 4.4), jotta on voitu säilyttää yhteensopivuus Espoon olemassa olevan käytännön kanssa. Jatkotyönä olisi syytä kohdistaa asemakaavan alueet suoraan infra2015- ja talo2000-nimikkeistöjen mukaisiin rakennusosiin.

Perustamisloukat		
nr	luokka	selitys
00	ei perusteta	
Tyyppirakennukset		
nr	luokka	selitys
01	Kerrostalo	
02	erillispientalo	
03	rivitalo	
04	kevyt palvelurakennus	
05	raskas palvelurakennus	
06	liikerakennus	
07	kevyt teollisuusrakennus	
08	pysäköintikannet	
Katuluokat		
nr	luokka	selitys
09	pääkatu tai teollisuuskatu	
10	kokoojakatu	
11	tonttikatu	
12	ajotie, kevyen liikenteen väylä	
13	ali- ja ylikulku	
Muut rakenteet		
nr	luokka	selitys
14	liikennealue	
15	pysäköintialue	
16	piha	
17	puisto	
18	kenttä	
19	tori	
20	putkikaivanto	
21	muuntamo	
22	pumppaamo	

Kuva 4.4. Kustannuslaskennassa käytetyt perustamistapatyypit Pohjarakentamisen kustannukset Espoossa -selvityksen (VTT 1997) mukaisesti.

Asetuksen mukaiset kaavamerkinntät on kohdistettu seuraavissa taulukoissa pohjarakentamisen kustannukset -selvityksessä määriteltyihin luokkiin. Kohdistamisen periaate on esitetty Kuva 4.5.

Keskeisenä havaintona todettiin, että pohjarakentamisen kustannusarvioinnin kannalta korttelialueen sisäiset osa-alueet (kuten rakennusala, istutettu alueen osa, pysäköintialue jne) ja rakentamisen korkeus/kerrosmäärä ovat merkitseviä, ja korttelialueen pääkäyttötarkoitus (onko kyseessä asuin- vai liikerakennus jne) on perustamisen kannalta toissijaista. Pelkistetyimmillään tieto pääkäyttötarkoituksesta voitaisiin kustannuslaskennan lähtötietona jättää kokonaan pois.



Kuva 4.5. Kohdistamisen periaatteet asetuksen mukaisista asemakaavamääräyksistä Espoon pohjarakentamiskustannusluokkiin (tai jatkossa infra- ja talonimikkeistöön).

4.2.2 Huomioita eri pääkäyttötarkoituksista

Seuraavassa on esitetty kustannuslaskennan näkökulmasta huomioita eri kaavamääräysten ja pääkäyttötarkoitusten käsittelystä.

Kadut

- Kadut, ajotiet, kevyen liikenteen väylät, kävelyille ja pyöräilylle varatut alueen osat ja aukiot saadaan asemakaavasta luettua suljettuina alueina. Kadut tulisi piirtää kaavakartassa suljetuiksi alueiksi, jotka katkeavat esimerkiksi kadunnimen vaihtuessa.
- Raskaan liikenteen kadut (kokoojakadut) ja kevyemmät tonttikadut ovat asemakaavamääräykseltään samanlaisia (katualue) eikä niitä siksi voida erottaa koneluettuna toisistaan. Yleiskaavassa väylät ja kokoojakadut voivat erota kaavamääräykseltään, mutta siinä taas alemmanasteisia katuja ei osoiteta lainkaan.
- Katualueelle voi olla määritelty likimääräinen korkeusasema. Siinä tapauksessa korkeusaseman voidaan tulkita vaihtuvan kahden korkeusmerkinnän puoleksavälissä. Korkeusasema tulisi ottaa huomioon täyttöä/leikkausta määriteltäessä.
- Puurivi voidaan osoittaa laskennassa viivamerkintänä. Mikäli olemassa olevat puut on merkitty yksittellen säilytettävä puu -kohdemerkinnällä, ne voidaan liittää tietokantaan yksittäisinä.
- Perustamisen kannalta voidaan olettaa, että koko kaavassa määrätty katualue joudutaan perustamaan, jos ei ajorotana niin katuvihreänä.

- Jokaiselle kadulle voidaan laskennassa olettaa kunnallistekniikan ja hulevesien putkijoinja, mikä kattaa tilastollisella tasolla katualueelle sijoittuvat kt- ja hulevesiverkostot.
- Oletetaan kaikki kadut ja kt-verkostot uusina rakenteina. Jos olemassa olevaa infraa hyödynnetään, se huomioidaan laskennan ulkopuolella.

Asuinrakennusten (A) ja lomarakennusten (R) korttelialueet, kaupallisten (K) ja yleisten palvelujen (Y) korttelialueet, keskusta-alueet (C)

- AO- ja RA-korttelialueilla perustetaan kukin (ohjeellinen) tontti kappalehintaan.
- Yhtiömuotoisissa AP-, AK- ja RM-kortteleissa koko rakennusala oletetaan perustettavan korkeimman sallitun kerrosluvun mukaan.
- Oletetaan että A- ja R-alueilla rakennusalan ulkopuolisia alueita ei lähtökohtaisesti perusteta.
- Mikäli kaavassa on käytetty ohjeellisia rakennusaloja, käytetään niitä oletuksena rakennusten sijainnista.
- AK-korttelialueilla rakennusalan ulkopuolista alueista perustetaan osa; ”50%”. Riippuu korttelialueen tehokkuudesta.
- Pysäköintiin varatut alueen osat (p) perustetaan kokonaisuudessaan
- Autokatoksille ja talousrakennuksille varatut alueen osat (t) perustetaan keveinä rakenteina.
- Istutettavat alueen osat: oletetaan että perustetaan istutusalueina.
- Leikkialueet perustetaan.
- Reitit ja esim johdoille varatut alueen osat perustetaan käyttötarkoituksen mukaan
- Luonnontilaisena säilytettäviä alueen osia ei perusteta.
- Kansipihat ja maanalaiset rakenteet (ma) perustetaan koko alueelta käyttötarkoituksen mukaan.
- Melusuojamääräys pihan suojana huomioidaan vain mikäli se on osoitettu rakennuksesta erillään.
- rakennusoikeus ei välttämättä mahdollista koko osoitettujen rakennusalojen pinta-alan rakentamista. Laskentaa varten oletetaan kuitenkin näin tapahtuvan, koska ilman tarkempaa rakennussuunnitelmaa ei kaavoittaja voi tietää rakennuksen täsmällistä sijaintia rakennusalan puitteissa.
- Rakennusoikeushyvitykset tulee tarkistaa kaavamääräyksestä ja lisätä korttelialueen kokonaiskerrosalaan.

Teollisuus- ja työpaikkarakentamisen (T) korttelialueet erikoistapauksena

- T-korttelialueilla rakennuksen alle jäävä todellinen pinta-ala voi jäädä muodollisesta rakennusoikeudesta, ja rakennusalat osoitetaan tyypillisesti korttelialueiden laitoja myöten, mikä tekee todellisen perustettavan rakennusten pohja-alan arvioinnin vaikeaksi.
- Perustettavan rakentamisen pohjapinta-alan voisi T-korttelialueilla laskea mitoitusta varten yksikerroksisena.
- Rakentamisen ulkopuolelle jäävä muu korttelialue oletetaan päällystettäväksi varasto- (pysäköinti-) alueena, mikäli sitä ei erikseen ole osoitettu esimerkiksi istutettavaksi tai luonnontilaan jätettäväksi alueen osaksi.

Viheralueet, ml ja suojaviheralueet

- Puistoalueet (VP) oletetaan perustettavaksi puistona.
- Jos VL tai EV-alueiden luonne ei viittaa muuhun, laskennassa oletetaan, ettei niitä perusteta.

- Maatalousalueita (M) alueita ei perusteta.
- Asemakaavaan merkityt viheralueille sijoittuvat ohjeelliset tai sitovat osa-alueet (leikkialueet, kv-reitit, hulevesialtaat jne.) perustetaan käyttötarkoituksen mukaan.
- Erityisviheralueiden (EV) melunsuojusrakenteet huomioidaan erikseen, mikäli ne on merkitty kaavaan.
- Luo-alueita ja muita luonnontilaisina säilytettäviä alueita ei perusteta.

Kunnallistekniikka ja muu

- Pumppaamot, mastot, muuntajat ym. kohdemerkinnät perustetaan käyttötarkoituksen mukaan. Kunnasta riippuen nämä voidaan osoittaa myös osa-alueina.
- Eriksen asemakaavaan merkityt vesijohtolinjat ym. oletetaan perustettavaksi uusina rakenteina.

Liikennealueet

- LR- ja LT-alueet perustetaan käyttötarkoituksen / tiesuunnitelman mukaan.
- LP- ja LPA-alueet oletetaan perustettaviksi pysäköintialueina.
- Venesatama-alueiden (LV) maalle sijoittuvat osat oletetaan täytettäväksi koko alueeltaan ja perustettavaksi.
- Lentokenttäalueet ja muut erikoisalueet (esim. leirintäalueet jne.) tarkastellaan erikseen tapauskohtaisesti.

Muuta

- Kaikkien korttelialueiden vähimmäiskoroksi merenpinnasta oletetaan 3,5 m.
- Oletetaan että rakennussuojelun piirissä oleville alueille ei tule perustamista edellyttäviä muutoksia.
- Rakennusten sallittua korkeutta määrittäessä käytetään pelkkää kerroslukua (ei esim. määrättyä räystäskorkeutta).
- Autopaikat oletetaan rakennettavaksi korttelissa maanvaraisena.
- Melusuojusrakenteita ei pystytä lukemaan suoraan kaavasta.
- Ali- tai ylikulut otetaan laskennassa huomioon asemakaavassa osoitetun pinta-alan perusteella.

4.3 Kustannusmalli

Kaavoitusvaiheessa ei tyypillisesti ole tarkkaan tiedossa alueelle suunniteltujen rakennusten ja infrarakenteiden tarkempia ominaisuuksia. Maaperäsidonnaisten pohjarakentamiskustannusten arviointi tapahtuu tällöin pinta-alaperusteisesti kaavamerkintöjen osoittamien käyttötarkoitusten perusteella. Kaavan pohjarakentamiskustannusten arviointimallia voidaan tällöin kuvata seuraavasti:

Kaavasta määritetään eri käyttötarkoitusten mukaiset pinta-alat ja muut ilmoitetut ominaisuustiedot, jotka jaetaan edelleen sen mukaan minkälaiselle maaperälle ne rakennettavuuskartan perusteella sijoittuvat.

Määritellään kutakin kaavamerkintää vastaava tyyppirakenne rakennusten ja infrarakenteiden osalta, joka edustaa esimerkiksi rakennusten osalta tyypillistä nykyaikana rakennettavaa pientaloa, kerrostaloa, palvelurakennusta ja niin edelleen.

Kullekin tyyppirakenteelle määritetään perustamistapa eri rakennettavuusluokissa. Määrittelyjen tyyppirakenteiden, niiden perustamistapojen ja eri rakennettavuusluokissa vallitsevien pohjaolosuhteiden perusteella voidaan johtaa pinta-alaperusteista määrätietoa kustannusarviota varten. Infrarakenteiden osalta tyyppirakenteiden määrätieto jaotellaan Infra2015-nimikkeistön mukaisesti ja rakennusten osalta Talo2000-nimikkeistön mukaisesti.

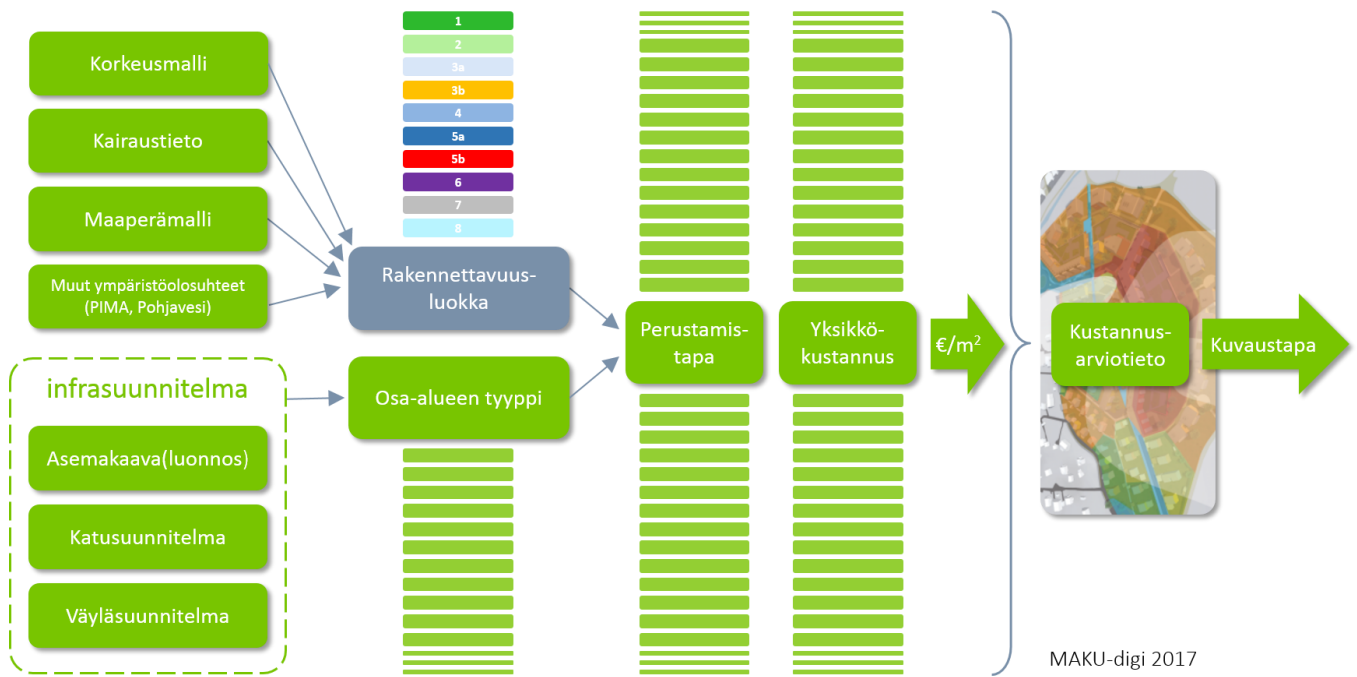
Yhdistämällä nimikkeistöjen mukainen määrätieto nimikkeistön mukaiseen yksikköhintatietoon saadaan kustannusarvio ko. kaava-alueen maaperäsidonnaisista kustannuksista.

Kustannusarvion laskennan tarkoituksena on luoda erilaisten kaava- tai kunnallisteknisten suunnitelmien vertailun pohjatiedoksi kaavan vaatiman pohjarakentamisen hinta-arvioita. Laskentamallin perustapauksessa käytetään lähtötietoina (kaava)suunnitelmatietoa, rakennettavuuskarttaa ja erilaisten pohjarakenteiden hintatietoja.

Kustannusmallissa laskennan pohjana on rakennettavuusluokitusta kuvaava hila-malli. Liittämällä tähän paikkatietoalgoritmeilla tieto kaavasuunnitelman osa-alueista ja niiden tyypeistä voidaan hilan pisteille määrittää infran tai rakennusten vaatima perustamistapa. Kolmantena lähtötietona laskentamallissa on erilaisille perustamistavoille hintatieto, joiden perusteella määritetään jokaiselle rakennettavuuskartan (2 x 2 m) ruudulle perustamistavan mukainen hinta.

Edellä kuvatussa tapauksessa lähtötietona on rakennettavuusluokkiin karkeistettu lähtötieto. Maaperätiedon perusteella on mahdollista tunnistaa kunkin hilapisteen osalta myös tarkempaa perustamiskustannuksiin vaikuttavaa tietoa, esimerkkinä pehmeikön mitattu paksuus, joka vaikuttaa paalutuksen tai muun perustamistavan toteutukseen.

Kustannuslaskennan tuloksena on siis hinta-arvion hila-malli, jota voidaan visualisoida käyttäjälle sopivalla tavalla. Toisena tuloksena on kaavasuunnitelman osa-alueille laskettu hinta-arvio. Yhdistämällä tiedot kaavasuunnitelman alueella saadaan alustava arvio kokonaiskustannuksesta. Aineistoja voidaan käyttää paikkatietoanalyysissä yhdessä muiden aineistojen ja rekisterien kanssa erilaisia selvityksiä varten.



5 Pilottialueet

Kokeiluhankkeessa on mukana 5 pilottialuetta:

- Helsinki, Koivusaaren asemakaavan alue
- Espoo, Nygrannaksen asemakaavan alue
- Tampere, Ojalan kaavarungon alue
- Vantaa, Aviapolis (osittain)
- Liikennevirasto, Valtatie 12 välillä Haarankylä-Mankala

Pilottialueilta laaditaan rakennettavuusmalli maaperän, maaston ja muiden rakennettavuuteen vaikuttavien tekijöiden pohjalta. Kavasuunnitelmien ja Liikenneviraston pilottialueen tiesuunnitelmien pohjalta alueilta laaditaan kaavamalli.

5.1 Espoo, Nygrannas

Espoon pilottialue on Nygrannaksen asemakaava-alue. Alueesta suunnitellaan Kehä II:n varressa sijaitseva pääasiassa Suurpellon keskustan ja Mankkaan palveluihin tukeutuva, viihtyisä ja paikalliset erityispiirteet huomioiva asuntovaltainen kokonaisuus noin 5 000 asukkaalle. Nygrannaksen asemakaavasta ollaan laatimassa parhaillaan kaavaluonnosta. Osallistumis- ja arviointisuunnitelma on ollut nähtävillä 7.9. – 6.10.2015. Julkaistu kaava-aineisto löytyy Espoon kaupungin nettisivuilta: http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Kaavoitus/Asemakaava/Asemakaavoituskohteet/Tapiola/Nygrannas_241700

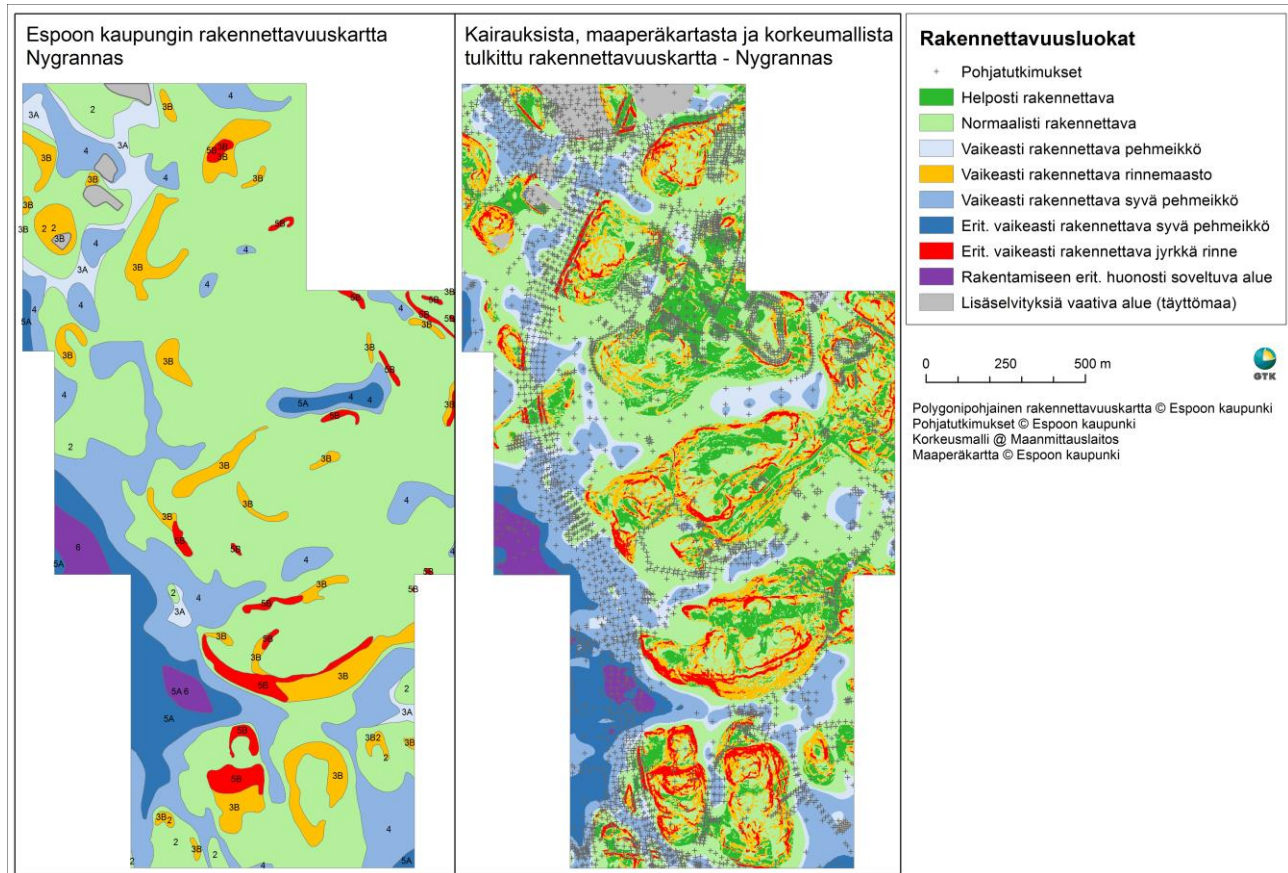


5.1.1 Rakennettavuus

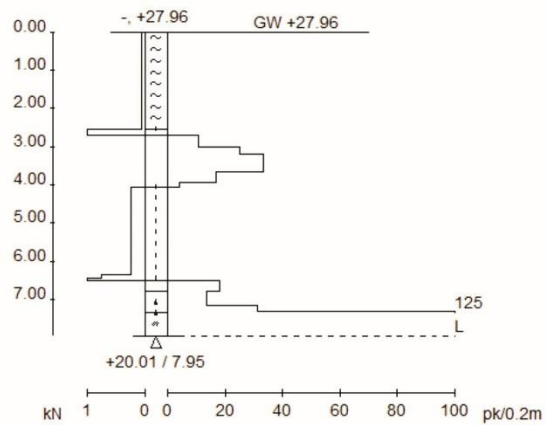
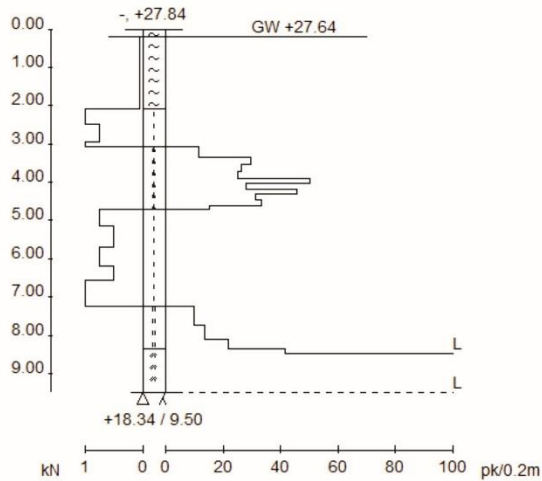
Espoon Nygrannasin alueelta on pohjatutkimuksia käytettävissä yhteensä 5161 kpl. Joissain pohjatutkimuspisteissä on useampia eri tutkimustyyppisiä eli tutkimuspisteitä alueella on yhteensä 4358 kpl. Näin ollen alueen pohjatutkimuspistetiheys on 13 pistettä/ha.

Espoon kaupunki on laatinut ja julkaissut koko kaupungin kattavan rakennettavuuskartan vuonna 1986. Tätä kaupungin omaa karttaa verrattiin rasterianalysillä tuotettuun rakennet-

tavuuskarttaan. Nämä kaksi karttaversiota ovat rakennettavuusluokkien alueellisen sijoittumisen osalta hyvin lähellä toisiaan. Suurimmat erot ovat lisääntyneet täyttömaiden määrät sekä suoalueen rakennettavuuden tulkinta.



Seuraavassa kuvassa on tarkasteltu Taavinsuon rakennettavuutta painokairausten perusteella. Taavinsuon keskiosa on tulkittu Espoon kaupungin kartassa kuuluvaksi luokkaan 5A eli erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö. Tämän rakennettavuusluokan alustavat ominaisarvot ovat Savi 10-15 m tai turve/lieju 3-4 m. Kumpikaan ehdoista ei näyttäisi kairausten perusteella toteutuvan, mutta raja-arvot ovat sen verran lähellä toteutumista, että alue on todennäköisesti siitä syystä siirretty ikään kuin varmuuden vuoksi vaativampaan luokkaan. Rasterikartta puolestaan paljastaa interpoloinnin ongelman, eli sen, ettei laskenta ota riittävästi huomioon altaan muotoa. Tämän johdosta kunkin kairapisteen ympärille näyttäisi muodostuvan oma pikku syvänteensä. Vasemmanpuoleisen karttakuvan käsin piirretty pitkänomainen, itä-länsisuuntainen syvänteen raja-alue lienee lähempänä todellisuutta.



5.2 Helsinki, Koivusaari

Helsingin pilottikohteena on Koivusaari, joka sijaitsee Lauttasaaren länsipuolella Länsiväylän molemmin puolin. Nykyisin alue on pääasiassa veneilytoiminnan käytössä. Koivusaaren laaditaan parhaillaan asemakaava. Alueesta suunnitellaan 5 000 asukkaan ja noin 4 000 työpaikan kaupunginosaa. Tilaa uudelle rakentamiselle saadaan laajentamalla Koivusaarta täyttömaalla.



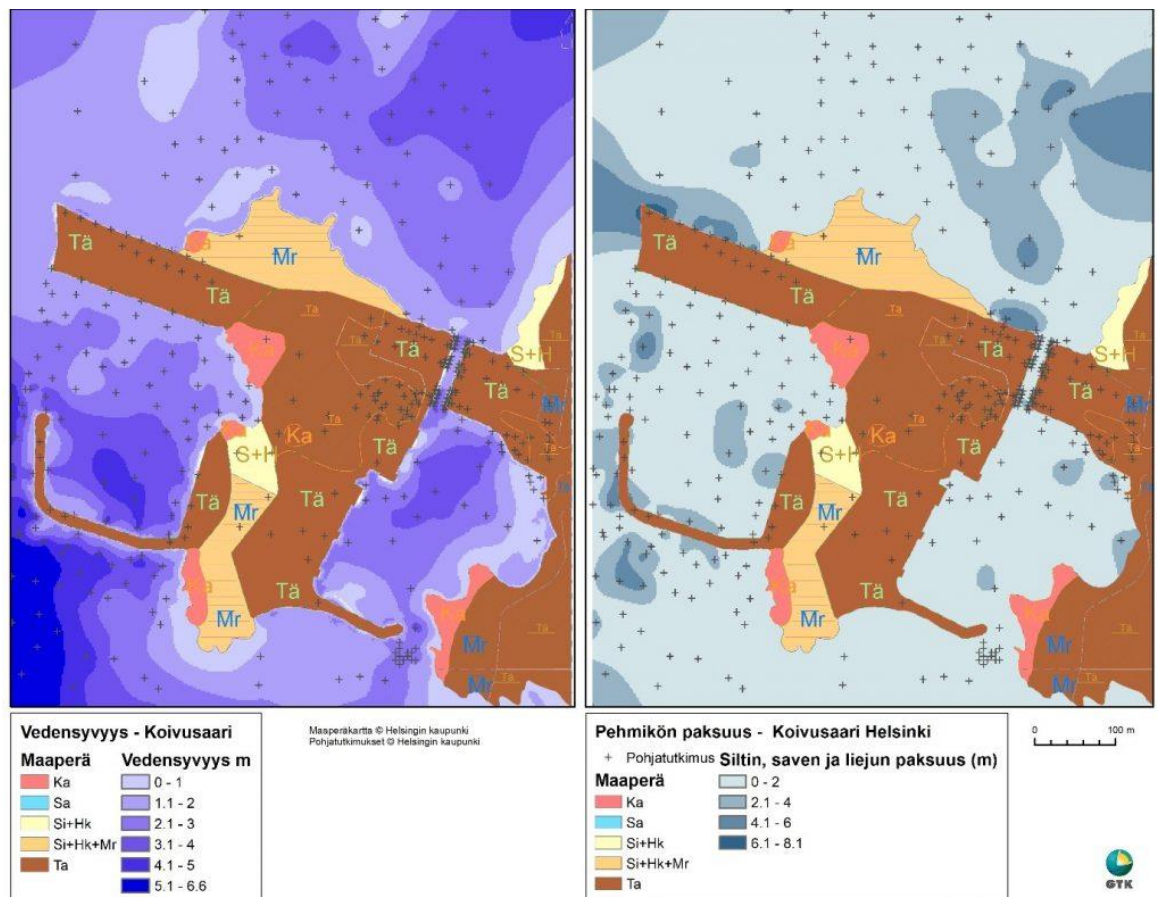
Kuva 5.1. Ilmakuva Koivusaaren pilottialueesta.



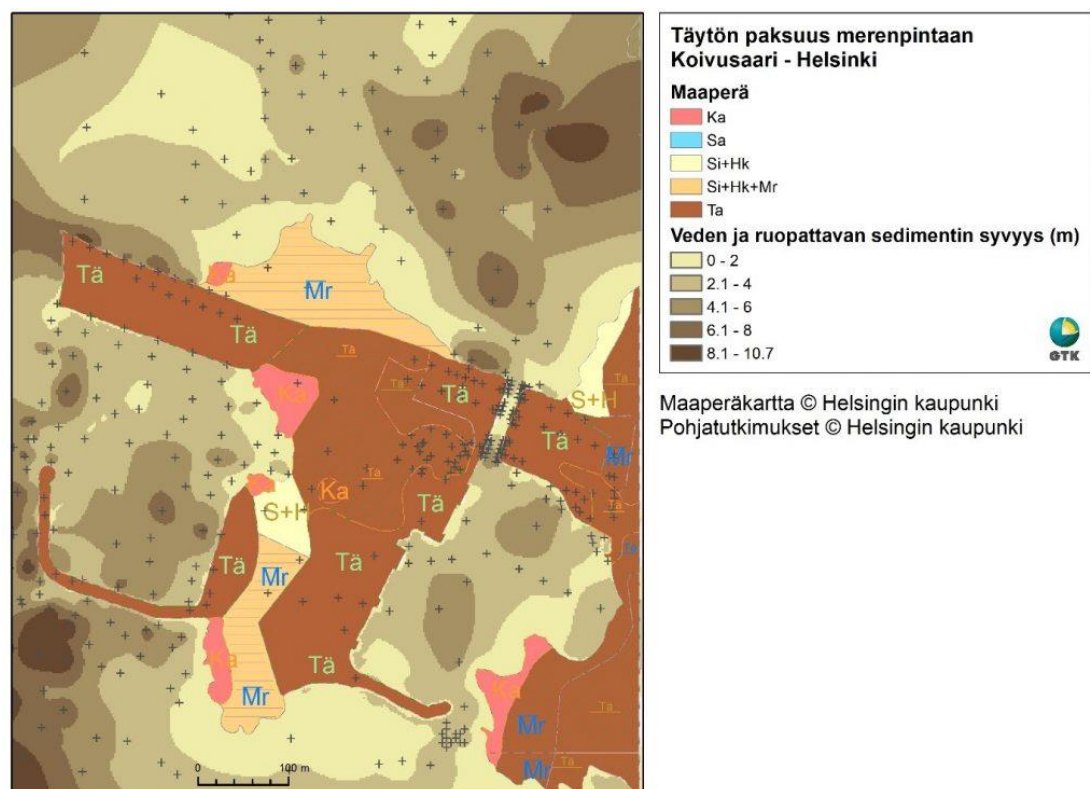
Kuva 5.2. Viitesuunnitelma Koivusaaren pilottialueesta.

5.2.1 Rakennettavuus

Koivusaaren alueelta oli käytettävissä 408 melko tasaisesti alueen kattavaa pohjatutkimuspistettä. Koska samasta kohtaa oli useissa tapauksissa tehty jopa 3 eri pohjatutkimusta (PT-, HP- ja PO-kairaukset hieman eri tarkoituksiin), oli pohjatutkimuksia yhteensä jopa 1223 kpl. Pohja-tutkimus-pistetiheys tutkimusalueella on n. 7 pistettä/ha. Koivusaari eroaa muista pilot-tikohteista siinä, että aluetta on suunniteltu laajennettavan meritäytöillä, jolloin sekä veden syvyys että pois ruopattava pehmeiden sedimenttien paksuus määrittävät tulevan täytön paksuuden. Seuraavassa kuvassa on esitetty Koivusaaren alueen vedensyvyydet sekä pehmeikön paksuudet. Kuvassa nämä kaksi tasoa on yhdistetty esittämään täytön paksuutta merenpinnantasoon.



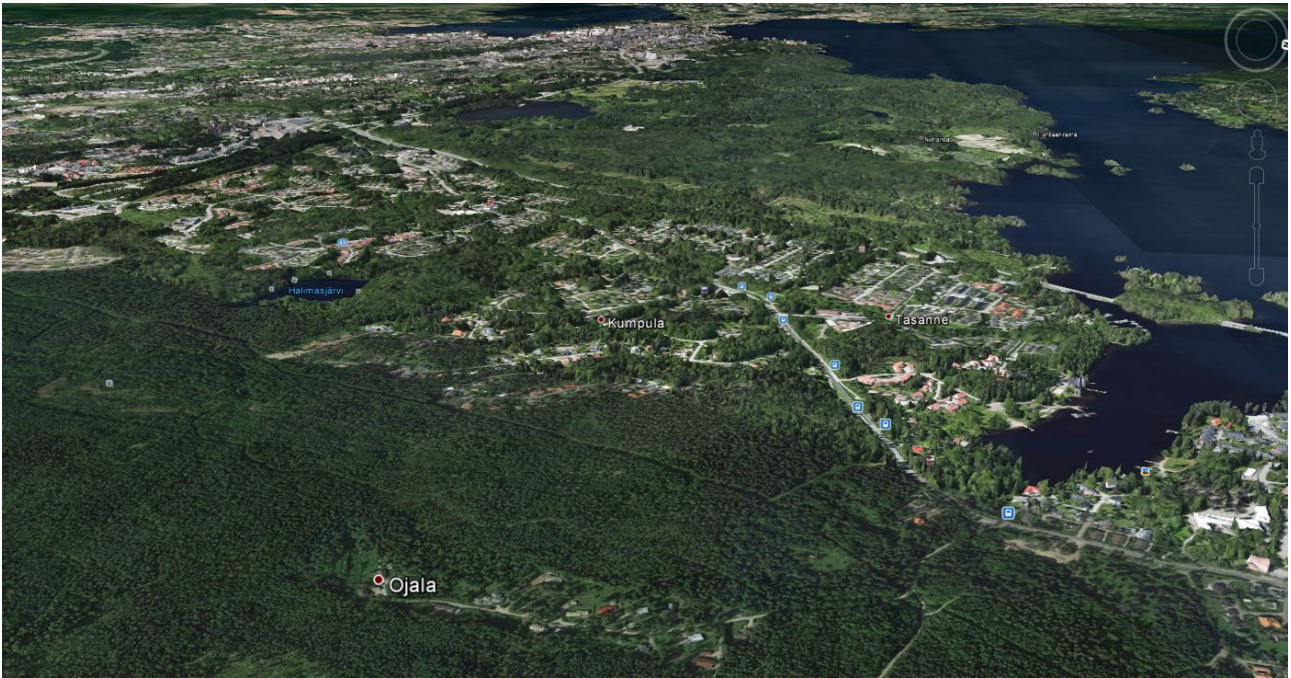
Kuva 5.3. Vedensyvyys sekä pehmeikön paksuus erillisinä kuvina.



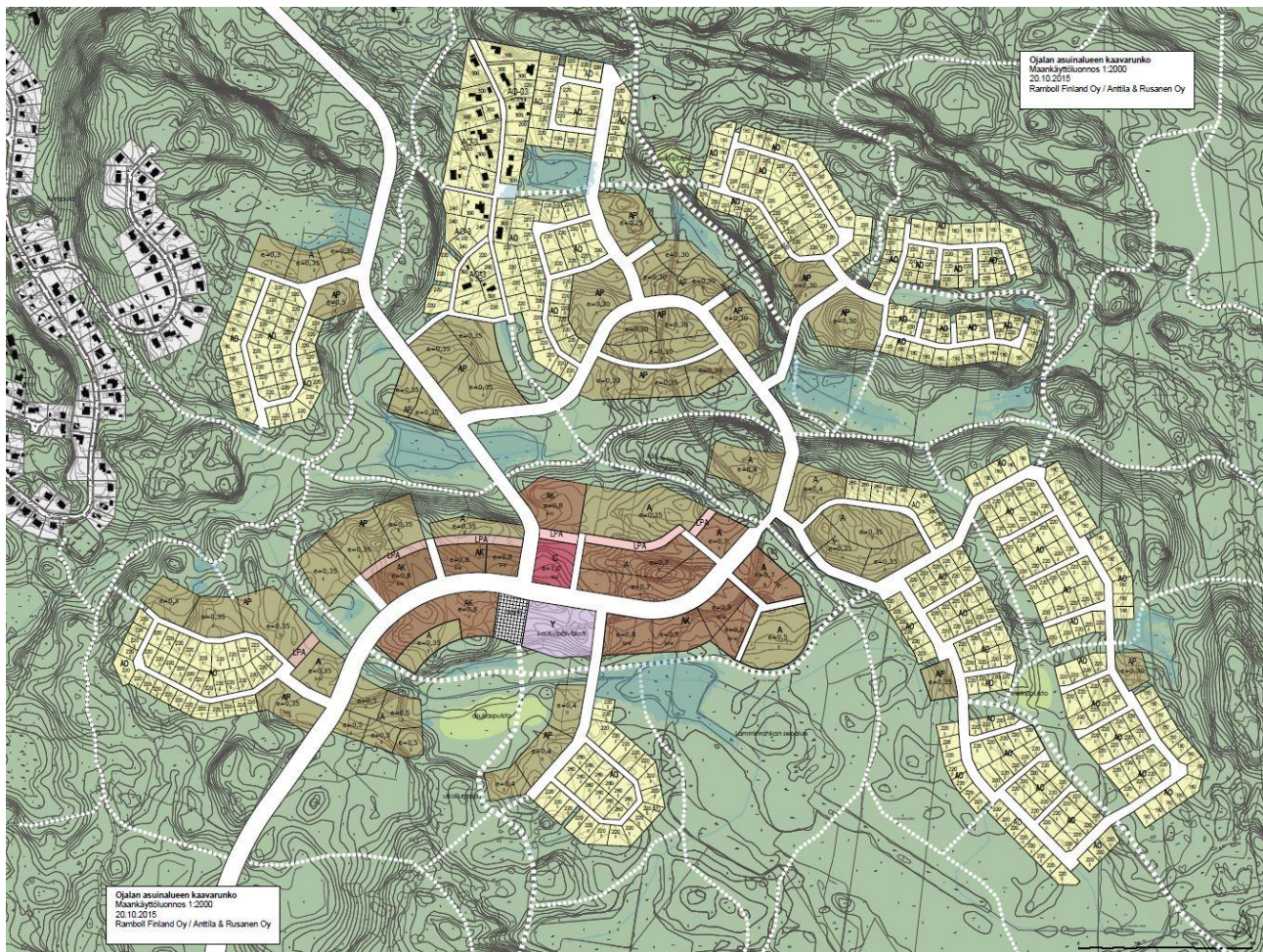
Kuva 5.4. Täytön paksuus merenpintatasoon.

5.3 Tampere, Ojala

Tampereen pilottialueena on Ojalan kaavarungon alue. Alue käsittää Ojalan osayleiskaavan keskeisen asuntoalueen. Pilottialueen pinta-ala on noin 220 ha. Alue on nykytilassaan metsää, ainoastaan Ojalankylän alue on ennestään rakentunut. Metsä-autotie kulkee alueen läpi Kangasalan asemalle. Alueella on hyvin vaihtelevat maaston muodot ja jyrkkiä kalliojyrkänteitä sekä suoalueita.



Kuva 5.5. Ilmakuva Ojalan pilottialueesta.

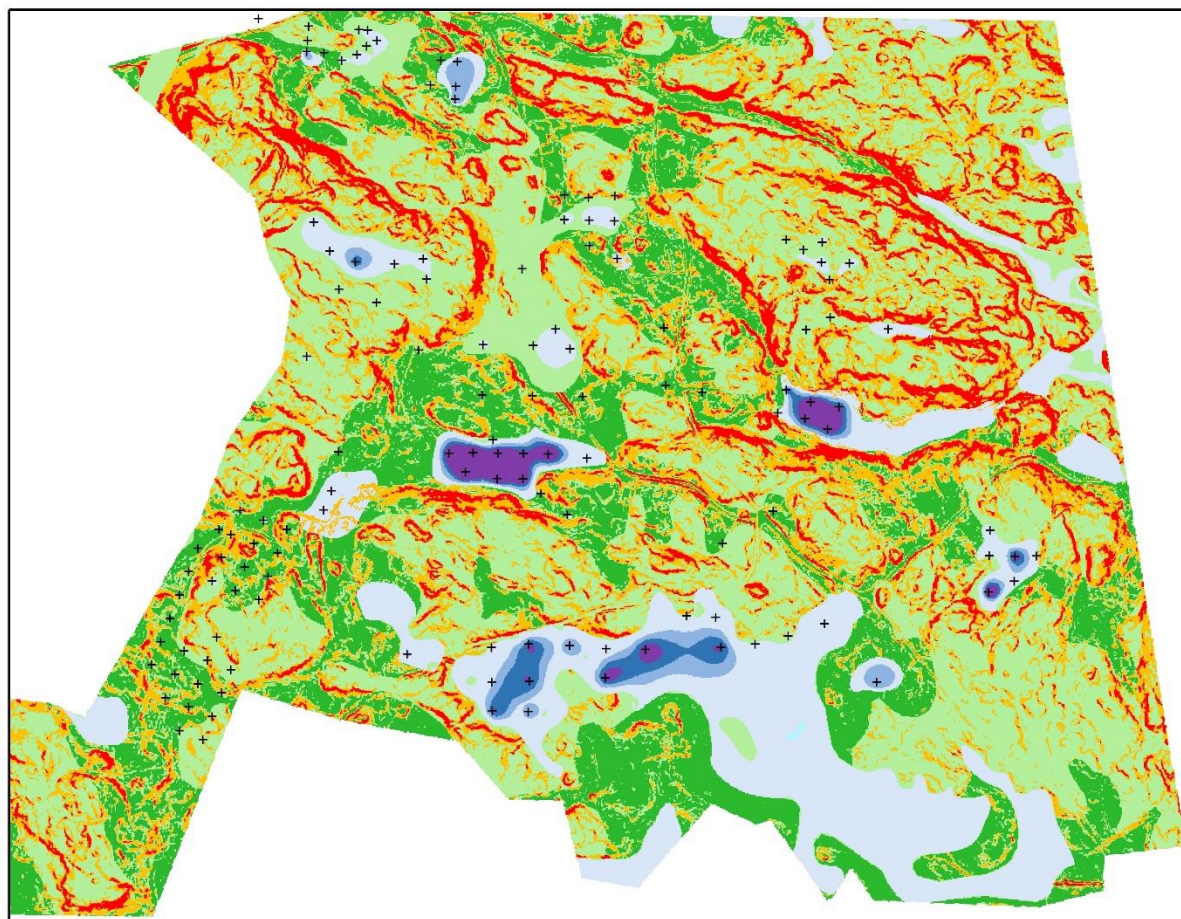


Kuva 5.6. Ojalan kaavarunko

5.3.1 Rakennettavuus

Ojalan alueelta oli käytettävissä 248 pohjatutkimusta. Pohjatutkimuspistetiheys alueella oli 1 piste/ha, eli pieni muihin pilottialueisiin nähden. Tosin alueen maaperä on erilaista, kuin pääkaupunkiseudulle sijoittuvilla pilottialueilla. Ojalan alueella varsinaisia savikkoja ei esiinny vaan pehmeiköt ovat pää-sääntöisesti kalliopainanteisiin syntyneitä turvesoita. Turvekerroksen pohjalla on paikoin lieju-sta savea noin kahden metrin paksuudelta kovan pohjan päällä. Ojalan alueella ei kairausten eikä maaperä-kartan perusteella ole vanhoja täyttömaita.

Alueen rakentamista vaikeuttavat tekijät ovat siis lähinnä suot, joilla turpeen paksuus on suurimmillaan jopa 9 m.



Rakennettavuuskartta Ojala Tampere

- + Pohjatutkimus
- 1. Helposti rakennettava
- 2. Normaalisti rakennettava
- 3 a. Vaikeasti rakennettava pehmeikkö
- 3 b. Vaikeasti rakennettava rinne
- 4. Vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö
- 5 a. Erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö
- 5 b. Erittäin vaikeasti rakennettava jyrkkä rinne
- 6. Rakentamiseen erittäin huonosti soveltuva alue
- Vesialueet

Pohjatutkimukset © Tampereen kaupunki
Maaperäkarta © Geologian tutkimuskeskus



Kuva 5.7. Ojalan pilottialueen rakennettavuus

5.3.2 Rakennettavuuskartan laadinta

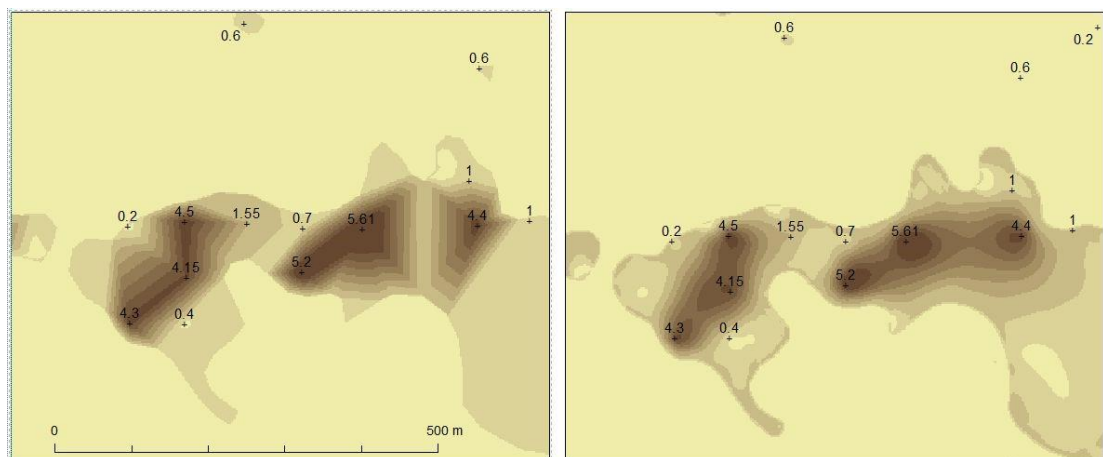
Suoalueilla tehdyt kairaukset paljastivat paikoin jopa 9 m paksun turvekerrostuman. Alueella sijaitsevalla savikolla savi on paksuimmillaan noin 2 m ja sen päällä on paikoin n. 0,5-1,5 m turvetta.

Ojalan alueella pohjatutkimusten pistetiheys oli sen verran pieni, että se vaikutti interpolointitulokseen pienentämällä maalajisyvyyskäsiä jonkin verran. Esimerkiksi 18 m kapeaan pehmeikkö-alueeseen tehty ainoa kairauspiste sai interpoloinnissa saven syvyysarvoksi 1,73 m kun lähtödatan mukaan saven syvyys oli 2 m (Kuva 5.8). Mitä enemmän kairauspisteitä alueella on ja mitä kauempana pehmeikön reunaviivat sijaitsevat, sitä pienempi interpoloinnissa esiintyvä virhe on. Niinpä kyseinen vääristymä tuotti ongelmia vain Ojalan pilottialueella, jossa pistetiheys on pieni ja pehmeiköt kapeita.



Kuva 5.8. Interpolointi vääristää hieman savikerroksen syvyyttä alkuperäisestä aineistosta. Ku-
van pohjoisimman tutkimuspisteen kohdalla saven syvyys on 2 m, mutta interpolointi madalsi
syvyyden 1,73 metriin. Eteläisemmällä tutkimuspisteellä saven syvyys on alkuperäisin kairauk-
sen mukaan 3,11 m, mutta interpolointi antoi kairauksen kohdalle arvon 2,71 m.

Interpolointivääristymän takia Ojalan pilottialueella testattiin myös kolmiopintojen käyttöä
pehmeikköjen paksuuden laskennan yhteydessä (Kuva 5.9). Testin tuloksena todettiin, että
harva pisteverkko aiheuttaa ongelmia niin ikään kolmioinnissakin.



Kuva 5.9. Turvekerroksen paksuuden esittäminen Ojalan alueella A) kolmioimalla B) interpo-
loimalla. Kolmiointi tarvitsisi avukseen tulkittuja apuviivoja (breakline), joiden avulla turveal-
taan pohjan muotoa voitaisiin ohjata.

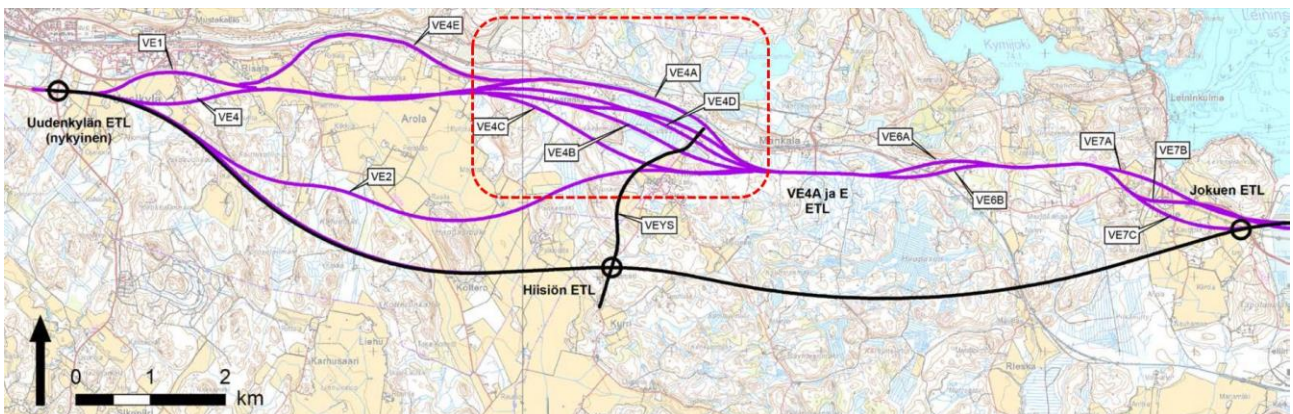
Ojalan pilottialueen mallinnusongelmat osoittavat, että harvalla pistetiheydellä tehdyt peh-
meikkö-mallit tarvitsevat tulkittuja apupisteitä tai –viivoja parhaan mahdollisen lopputuloksen
saavuttamiseksi. Kohteellisen tulkinnan määrän lisääminen tekee työstä hitaampaa, eikä au-
tomaattisen prosessoinnin tavoite pääse näin ollen toteutumaan.

5.4 Valtatie 12 välillä Haarankylä-Mankala

Liikenneviraston pilottialueena on valtatie 12 välillä Haarankylä-Mankala. Suunnitteilla on valtatie 12 parantaminen turvallisemmaksi ja sujuvaksi ohituskaistatieksi.

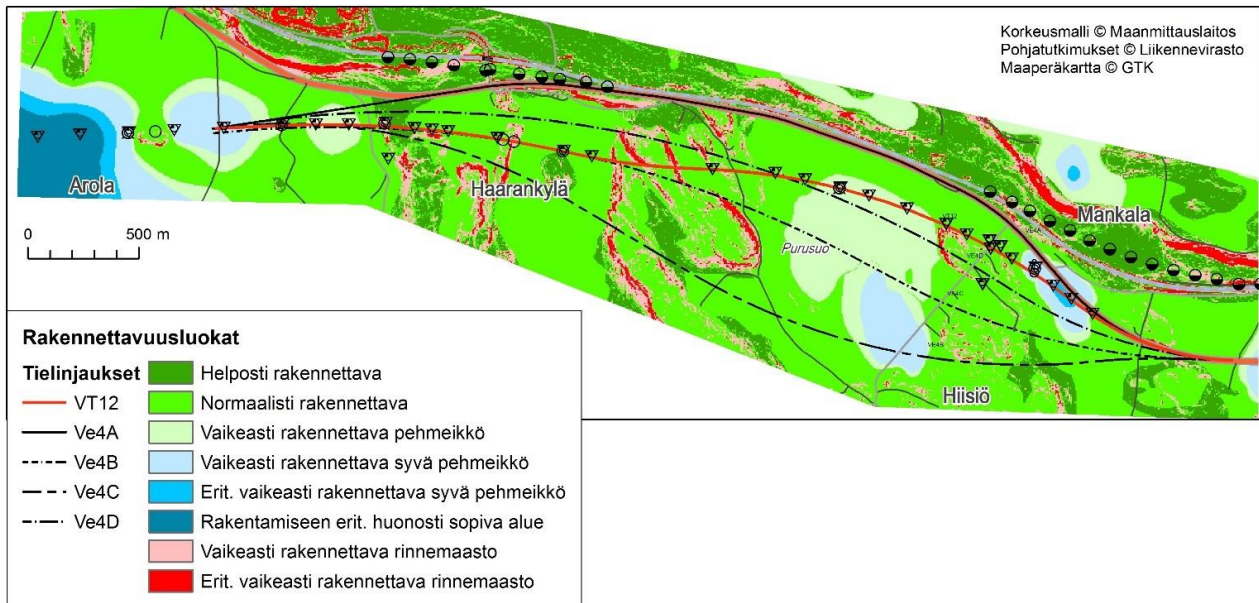


Pilottialueella tarkastellaan neljää eri linjausvaihtoehtoa (VEA – VED). Pilottialue on merkitty alla olevaan kuvaan punaisella katkoviivalla.



5.4.1 Rakennettavuus

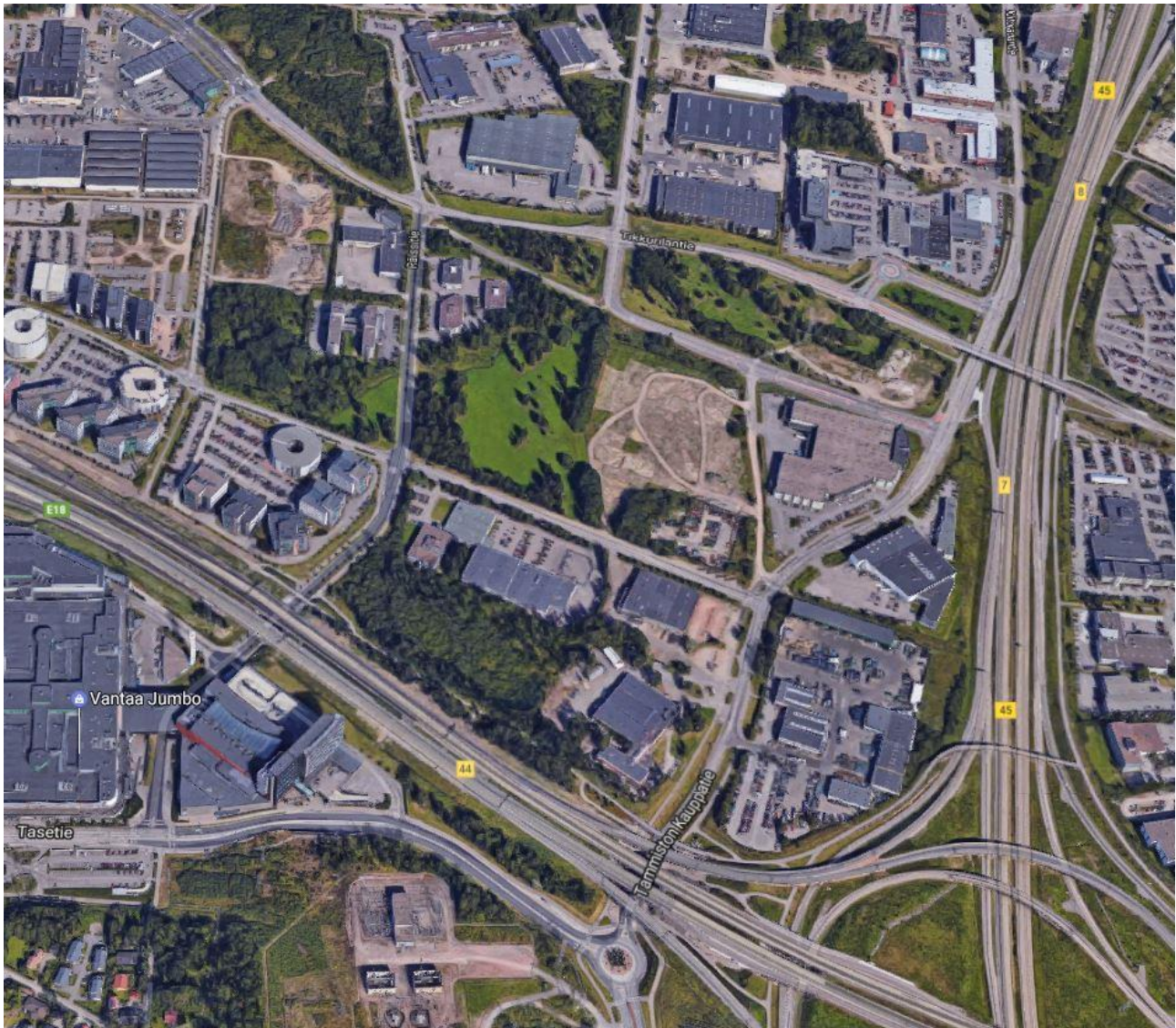
Liikenneviraston kohteessa pohjatutkimusten lukumäärä oli hyvin vähäinen verrattuna muihin pilottialueisiin. Näin ollen pehmeikön paksuuden arvioinnissa on jouduttu käyttämään enemmän tulkintaa kuin muilla kohteilla. Kohde sijaitsee osittain ensimmäisen Salpausselän laella ja osittain sen etumaastossa. Alueella turpeiden ja hienoainessedimenttien paksuudet ovat melko ohuita lukuun ottamatta alueen länsiosan sedimentillä täyttynyttä kalliopainannetta.



5.5 Vantaa, Aviapolis (osa)

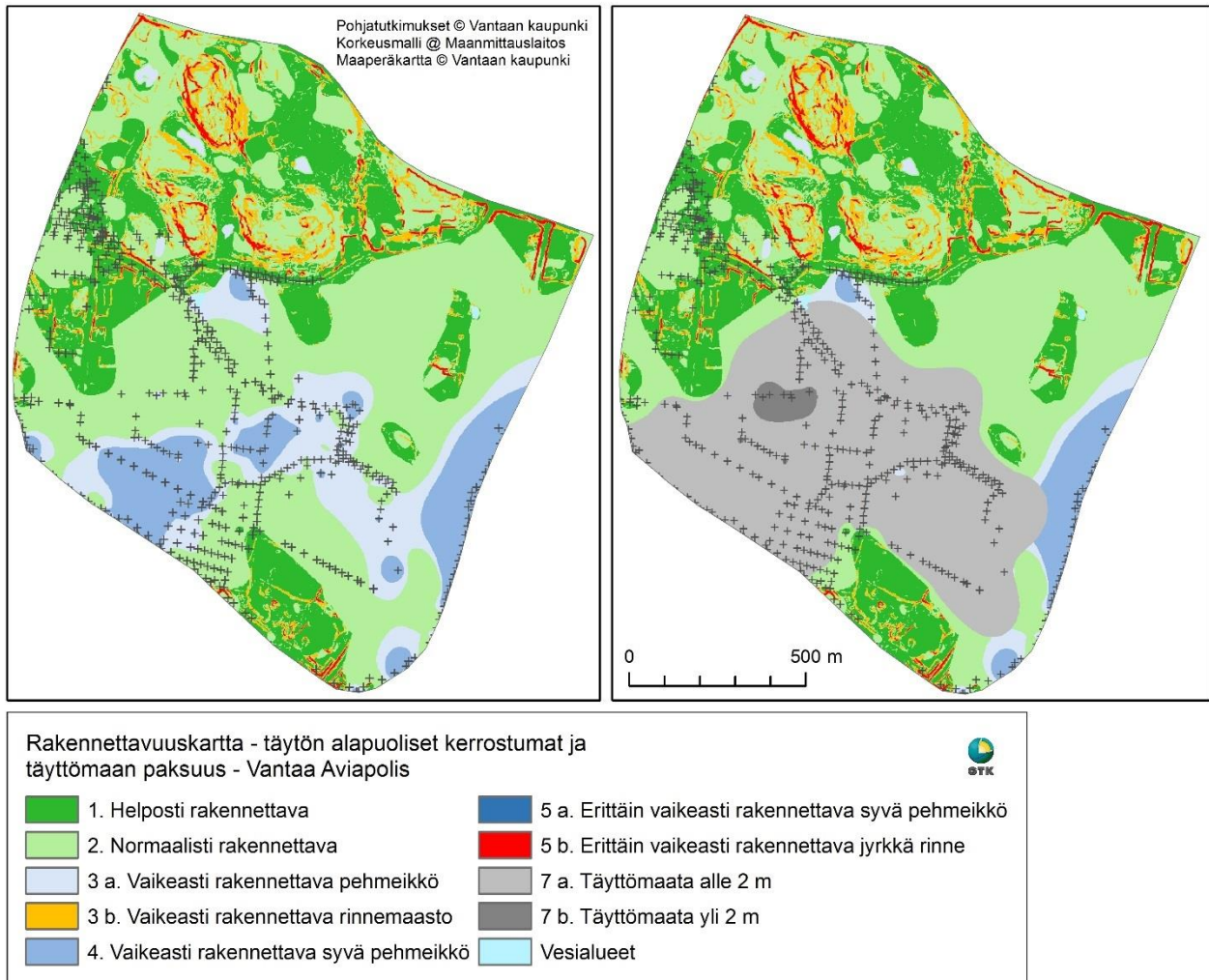
Vantaan pilottialue sijoittuu Aviapoliksen alueelle lentokentän läheisyyteen. Alueelle kaavailaan lisää asumista, työpaikkoja, viheralueita sekä julkisia ja yksityisiä palveluja.

Pilottialueelle sijoittuu ideakilpailu: Aviapolis Urban Blocks. Kilpailun tarkoituksena on tuottaa alueen maankäytön ja asemakaavoituksen pohjaksi ideatasoinen suunnitelma, joka tukee Aviapoliksen visiota ja luo alueelle omaleimaista kaupunkikuvaa.

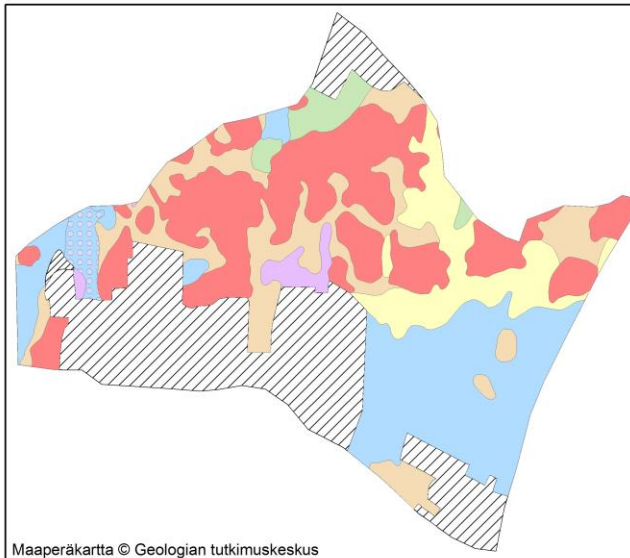


5.5.1 Rakennettavuus

Vantaan Aviapoliksen pilottialueella pohjatutkimuksia on yhteensä 1320 kpl, joista erillisiä pohjatutkimuspisteitä on 1141 kpl. Laskennallinen pohjatutkimuspistetiheys pilottialueella on 6 pistettä/ha. Tosin alueen pohjaisosan moreeni- ja kalliovaltaisilla alueilla ei pohjatutkimuksia ole tehty yhtään, joten tiheys on eteläosan pehmeikkö/täyttömaa-alueilla huomattavasti suurempi. Pohja-tutkimusten jakaumasta alueella saa parhaan kuvan katsomalla alla esitettyä kuvaa. Aviapoliksen alueella on runsaasti kairaustietoa pehmeikön päälle tehdystä täytöstä. Tämän vuoksi kohteesta pystyy tekemään kuvaparin, joka esittää täytön alaista luonnonmaata sekä päällä olevaa täyttökerroksen paksuutta. Pohjatutkimusten perusteella kovapohja alkaa keskimäärin 7 m syvyydellä.

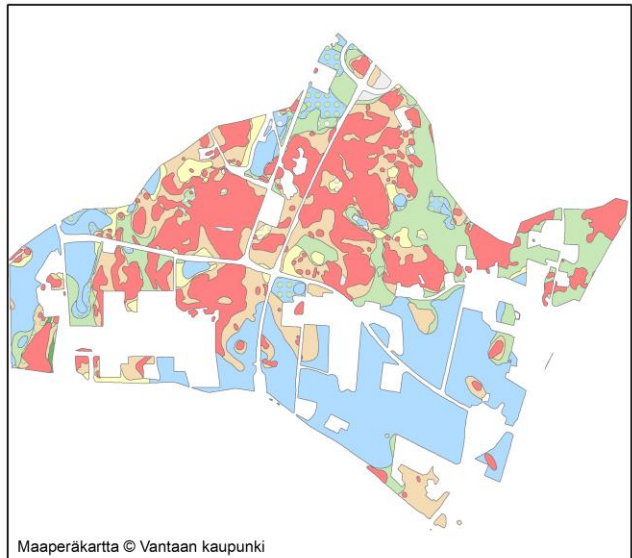


Aviapoliksen pilottialueelta puuttuu paikoin maa-perä-kartoitus-tietoa eli kairaustulkinta muodostui entistäkin tärkeämmäksi alueen rakennetta-vuoden määrittelyssä. Seuraavassa kuvassa verrataan GTK:n maaperä-karttaa Vantaan kaupungin omaan maaperäkarttaan. Vantaan omassa kartassa kartoitusmittakaava on tarkempi. Molemmilla kartoilla on kaupunkialueille tyypillisiä kartoittamatta jääneitä alueita. Vantaan kartassa tiet on jätetty karttatasoon rei'iksi, mikä tekee aineistosta pirstoutuneen paikkatietotyön kannalta. GTK:n kartassa karkea hietä on Vantaan kartalla hiekkaa. Tämä johtuu eri maalajiluokituksista. Vantaa käyttää GEO-luokitusta ja GTK RT-luokitusta. MAKU-digi-projektissa laaditussa rakennettavuuskartassa käytettiin pohjatietona Vantaan omaa maaperä-karttaa, jota täydennettiin joidenkin kartoittamatta jääneiden alueiden osalta GTK:n kartan maalaji-tiedoilla.



**GTK:n maaperäkartta 1:20 000 Aviapolis
RT-maalajiluokitus**

Pintamaa	karkea Hieta (KHt)
Hiesu (Hs)	hieno Hieta (HHt)
Pohjamaa	Savi (Sa)
Kallioma, maanpeite enintään 1 m (Ka)	Täytemaa (Ta)
Hiekkamoreeni (Mr), Soramoreeni (SrMr)	Kartoittamaton (0)
Hiekka (Hk)	

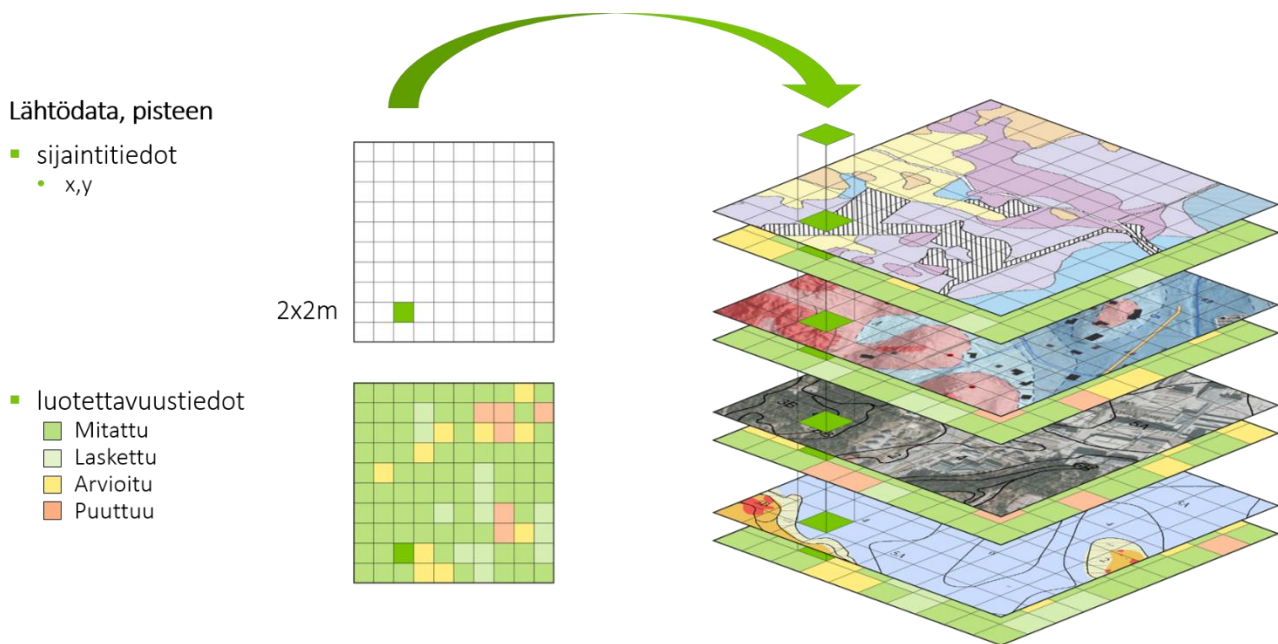


**Vantaan kaupungin maaperäkartta Aviapolis
GEO-maalajiluokitus**

Pintamaa	Kallioma
Hiekka	Lieju
Siltti	Moreeni
Turve	Savi
Pohjamaa	Siltti
Vesi	Sora
Hiekka	Turve

0 500 m

6 Tulokset



6.1 Lähtötietomalli

Maaperäsidonnaisten kustannusten arviointiin tarvittavat lähtötiedot muodostavat lähtötietomallin. Lähtötietomallin muodostavat:

- maanpinnan korkeusmalli
- maaperäkartta tai maaperämalli
- kaavamalli

6.1.1 Maanpintamalli






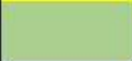
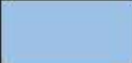


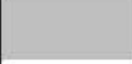
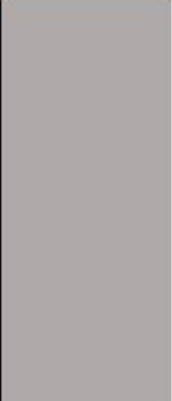


Maanpintamallin muodostamiseen on nykyisin tarjolla paljon erilaisia mahdollisuuksia, koska laserkeilaamalla muodostetut aineistot ovat yleisiä ja käytössä lähes koko valtakunnan alueelta Maanmittauslaitoksen tuottamana ja lisäksi hyvinkin tarkkoina aineistoina kaupunkien alueelta.

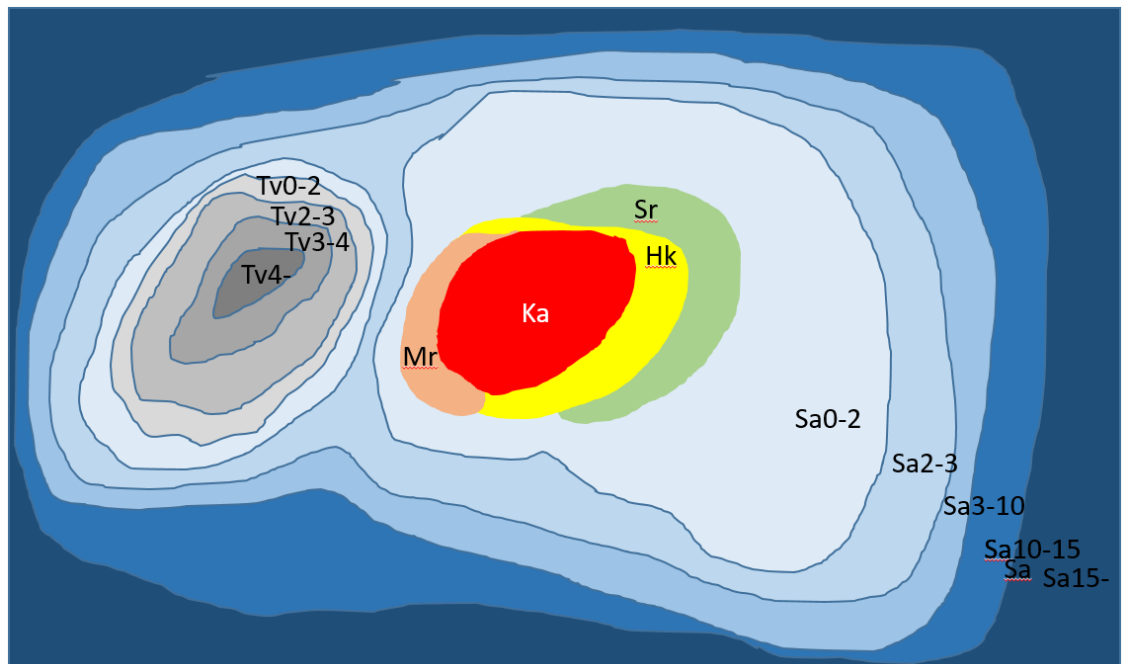
6.1.2 Maaperäkartta rakennettavuusluokittelua varten

Maalajien luokituksessa on Suomessa perinteisesti käytössä kaksi järjestelmää, RT- ja GEO – luokitus. Rakennettavuuskartoissa ja malleissa käytetään yksinomaan GEO -luokitusta.

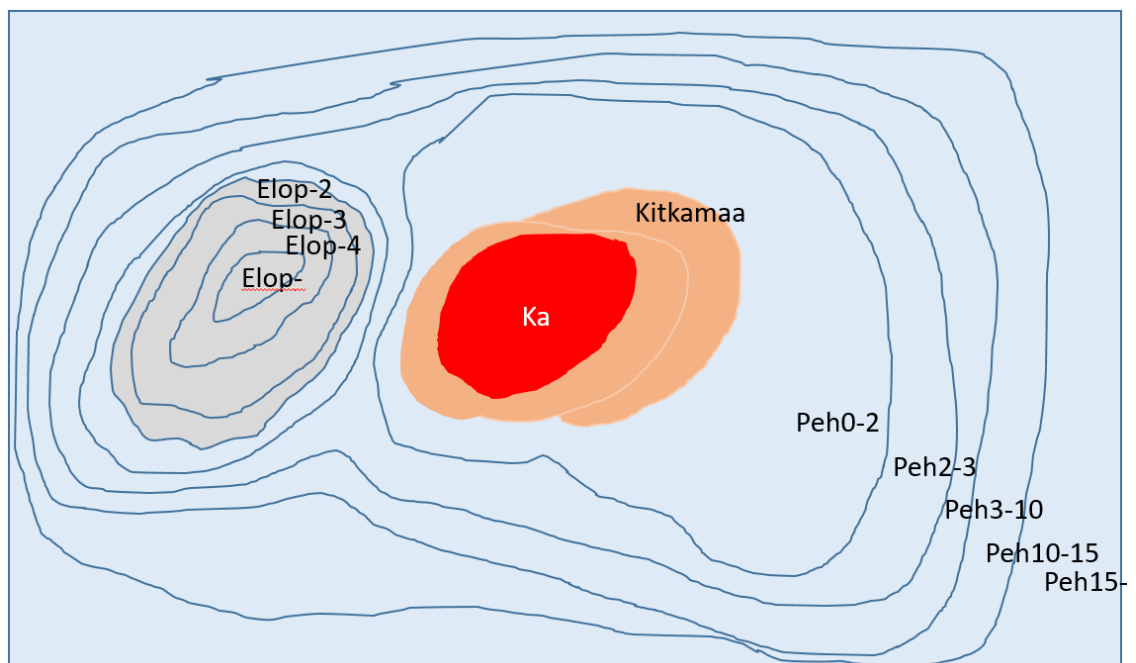
Maaperäkartta rakennettavuustarkastelua varten voidaan yksinkertaistaa neljään pääyksikköön, kallio, kitkamaa, pehmeikkö ja eloperäiset kerrostumat (Taulukko 6.1). Oletuksena on, että kitkamaakerroksen alla ei ole pehmeitä (koheesiomaalajeja) kerrostumia. Lisäksi kartalla voidaan erottaa lohkat ja täytemaa sekä tarvittaessa muita rakennettavuuteen vaikuttavia erityispiirteitä päälle merkinnöin. Haluttaessa voidaan kitkamaakerrostumat ja koheesiomaakerrostumat luokitella myös tarkemmin maalajin mukaan samoin kuin on esitetty maaperämallille. Maaperäkartalla voidaan lisäksi käyttää rakennettavuusluokittelun mukaista kerrosten paksuusluokittelua, joka on esitetty Taulukko 6.1 sekä luonnosteltu Kuva 6.1 ja Kuva 6.2. Taulukossa on esitetty maaperämalli ja yksinkertaistettu maaperäkartta rakennettavuuden määrittelyä varten

Taulukko 6.1. Maaperämalli ja yksinkertaistettu maaperäkartta rakennettavuuden määrittelyä varten.

Maaperämalli			Yksinkertaistettu maaperäkartta rakennettavuuden määrittämiseksi		Kerrostuman paksuus	Rakennettavuusluokka
Pinta		Kerrostuma	Päyysiköihin voidaan liittää paksuuskäyrät		Selite	RAK.- luokka
Ka-pinta		Kallio		Kallio (kallioma, peite < 1 m)	Ka pinnassa	1, 3b, 4b, 5b
Yläpinta		Mr-kerrostuma		Kitkamaa	Mr alla Ka	1
Alapinta		Hk-kerrostuma			Hk alla Sr, Mr, Ka	1
Yläpinta		Sr-kerrostuma			Sr alla Hk, Mr, Ka	1
Alapinta						
Yläpinta		Sa-kerrostuma		Pehmeikkö	Sa 0-2 m	2
Alapinta					Sa 2-3 m	3a
					Sa 3 - 10 m	4
					Sa 10 - 15 m	5a
					Sa > 15 m	6
Yläpinta		Si-kerrostuma			Si 0-2 m	2
Alapinta					Si 2-3 m	3a
					Si 3 - 10 m	4
					Si 10 - 15 m	5a
					Si > 15 m	6
Yläpinta		Tv-kerrostuma		Eloperäinen	Tv 0 - 2 m	3a
Alapinta					Tv 2- 3 m	4
					Tv 3 - 4 m	5a
					Tv > 4 m	6
Yläpinta		Lj-kerrostuma			Lj 0 - 2 m	3a
Alapinta					Lj 2 - 3 m	4
					Lj 3 - 4 m	5a
					Lj > 4 m	6
Yläpinta		Tä-kerros			Lohkareet	7
Alapinta						
Vesipinta		Vesi				



Kuva 6.1. Maaperäkartta, jossa esitetty pehmeikön paksuusluokat (savi) sekä eloperäisen kerrostuman paksuusluokat. Kitkamaakerrokset eritelty maalajin mukaan.



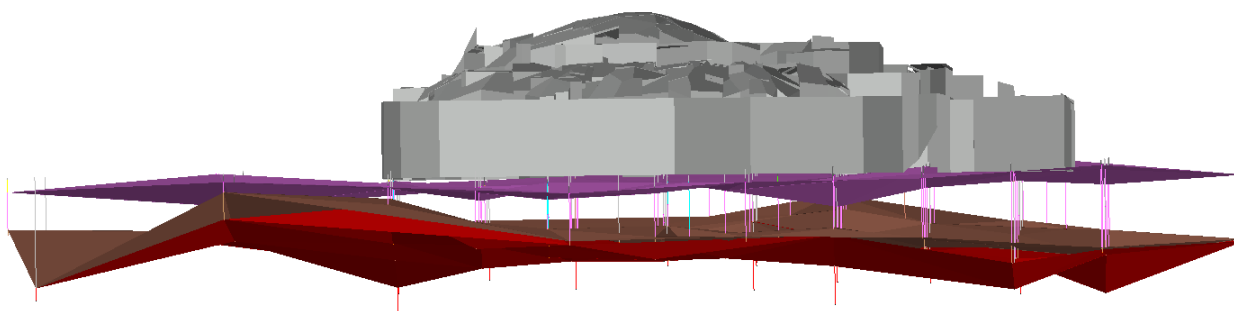
Kuva 6.2. Maaperäkartta, jossa esitetty pehmeikkö, kitkamaa, eloperäiset kerrostumat sekä kalliota. Pääyksiköissä esitetty kerrostuman paksuustieto.

6.1.3 Maaperämalli ja rakennettavuusluokat

Maaperämalli sisältää maaperän eri kerrostumat niitä rajaavina 3D-pintoina digitaalisessa muodossa, yleensä ns. TIN –kolmioverkon muodostamina pintoina. Tyypillisesti mallintamisessa esitetään maakerrostuman (kerroksen) yläpinta, mutta rakennettavuuden määrittämisessä tarvitaan tieto koko kerrostuman paksuudesta (siis myös tieto kerrostuman, esim. saven alapinnasta). Rakennettavuusluokitus perustuu syvyysluokkiin, yleensä pehmeän kerroksen paksuusluokkiin, esimerkiksi 0 – 2 m (normaali luokka, ks. Taulukko 6.1).

Pohjarakentamisen kustannuslaskennassa maaperämallin avulla voidaan määrittää rakennettavuusluokajakoa tarkemmin pohjanvahvistustoimenpiteiden yksikkömäärät. Kustannukset voivat perustua todellisiin määrätietoihin, esim. mallista voidaan määrittää todelliset paalupi- tuudet.

Maaperämalli parhaimmillaan perustuu runsaaseen pohjatutkimustietoon. Malli on epä- varma, jos pisteitä on vähän ja ne ovat harvassa. Yleensä suunnittelun alkuvaiheessa pohjatut- kimustietoa ei juuri ole käytettävissä ja mallin muodostaminen perustuu tulkintaan. Maaperä- mallin yhteydessä (InfraModel 4.0) tulee esittää käytetyt lähtötiedot, jotta mallinmuodostuk- sen epävarmuutta voidaan arvioida.



6.2 Rakennettavuusluokittelu

Seuraavassa taulukossa on esitetty rakennettavuusluokkien tarkempi kuvaus ja ehdotus käy- tettäväksi väriskaalaksi.

RAKENNET- TAVUUS		RAKENNETTAVUUS- LUOKAN ALUSTAVAT OMINAISARVOT	ALUSTAVA PERUSTAMISTAPA
1	Helposti ra- kennettava	maaperä: - Sr, Hk, kuiva Mr, kantava maapohja - $p_{geo} = 200 \text{ kPa}$ maasto: - tasainen, kaltevuus < 10 % - helposti kuivatettava	rakennukset: - maanvaraiset anturat, perustamissyvyys $z \leq 1 \text{ m}$ kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - päällysrakenne maanvarainen putkikaivannot: - putkilinjat maanvaraiset, tukematon kaivanto mahdollinen*, lopputäytöt kaivumailla tiet: - päällysrakenne maanvarainen sillat: - maanvarainen peruslaatta
		maaperä: - Si, Sa < 2 m, kantavan maapohjan syvyys < 2 m - $p_{geo} = 200 \text{ kPa}$ maasto: - loiva, kaltevuus < 10...15 % - helposti kuivatettava	rakennukset: - maanvaraiset anturat, perustamissyvyys $z \leq 2 \text{ m}$ kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - päällysrakenne maanvarainen putkikaivannot: - putkilinjat maanvaraiset, arinat sora/murske, tukematon kai- vanto mahdollinen*, lopputäytöt soralla/murskeella tiet: - päällysrakenne maanvarainen

			sillat: - maanvarainen peruslaatta
3a	Vaikeasti rakennettava pehmeikkö	maaperä: - Si, Sa 2...3 m, Tv, Lj < 2 m, kantavan maapohjan syvyys > 2 m - $s_u \approx 10$ kPa, $p_{geo} = 50$ kPa, $s_{10} < 10$ cm maasto: - lähes tasainen - vaikeasti kuivatettava	rakennukset: - lyhyet 2...5 m paalut kovaan pohjaan, kantava alapohja kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - päällysrakenne maanvarainen, mahdollinen massanvaihto putkikaivannot: - putkilinjoille geotekstiili ja murskearina, kaivantojen keskivaikea tuenta*, lopputäytöt soralla/murskeella tiet: - päällysrakenne maanvarainen, mahdollinen massanvaihto sillat: - lyhyet 2...5 m paalut kovaan pohjaan
3b	Vaikeasti rakennettava rinne-maasto	maaperä: - Ka, Lo, Mr - $p_{geo} = 200$ kPa maasto: - jyrkkä, kaltevuus 15...30 % - helposti kuivatettava	rakennukset: - maanvaraiset anturat tasatulle moreenille tai irtilouhitulle kalliopohjalle kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - päällysrakenne maanvaraisesti tasatulle sivukaltevalle pohjalle (irtilouhinta) putkikaivannot: - putkilinjojen kanaalilouhinta, asennusalue, lopputäytöt soralla/murskeella tiet: - päällysrakenne maanvaraisesti tasatulle sivukaltevalle pohjalle (irtilouhinta) sillat: - louhinta, kallionvarainen peruslaatta
4	Vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö	maaperä: - Sa 3...10 m, Tv, Lj 2...3 m - $s_u \approx 10$ kPa, $s_{10} = 10...30$ cm maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	rakennukset: - paaluperustus L = 5...14 m, kantava alapohja kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - mahdollinen pilaristabilointi 3...10 m putkikaivannot: - mahdollinen putkilinjan paaluttaminen tai pilaristabilointi 3...10 m ja murskearina, vaikea tuenta*, lopputäyttö soralla/murskeella tiet: - mahdollinen massanvaihto tai paalulaatta sillat: - paaluperustus L = 5...14 m
5a	Erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö	maaperä: - Sa 10...15 m, Tv, Lj 3...4 m - $s_u \approx 7$ kPa, $s_{10} = 30...40$ cm maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	rakennukset: - paaluperustus, L = 14...28 m, kantava alapohja kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - pilaristabilointi 10...15 m tai paalulaatta putkikaivannot: - putkilinjan paaluttaminen tai pilaristabilointi 10...15 m ja murskearina, vaikea tuenta*, lopputäyttö soralla/murskeella tiet: - paalulaatta sillat: - paaluperustus, L = 14...28 m

5b	<i>Erittäin vaikeasti rakennettava jyrkkä rinne</i>	maaperä: - Ka, (Lo) - $p_{geo} = 3 \text{ MPa}$ maasto: - erittäin jyrkkä, kaltevuus > 30% - helposti kuivatettava	rakennukset: - perustaminen anturoin louhitulle kalliopohjalle, louhintasyvyys 0,5 m alapohjan alapuolelle kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - päällysrakenne perustetaan louhitulle kalliopohjalle putkikaivannot: - louhittu kaivanto, asennusalusta, lopputäyttö soralla/murskeella tiet: - päällysrakenne perustetaan louhitulle kalliopohjalle sillat: - louhittu pohja, kallionvarainen peruslaatta
6	<i>Rakentamiseen erittäin huonosti soveltuva alue</i>	maaperä: - $S_a > 15 \text{ m}$, T_v , $L_j > 4 \text{ m}$ - $s_u \approx 7 \text{ kPa}$, $s_{10} > 40 \text{ cm}$ maasto: - tasainen - vaikeasti kuivatettava	rakennukset: - paaluperustus $L \geq 28 \text{ m}$, kantava alapohja kadut, pihat, viherrakenteet, yms.: - alueellinen pohjanvahvistus esim. pilaristabilointi > 15 m tai paalulaatta putkikaivannot: - putkilinjan paaluttaminen, erittäin vaikea tuenta*, lopputäyttö soralla/murskeella tiet: - paalulaatta sillat: - paaluperustus $L \geq 28 \text{ m}$
7	<i>Lisäselvityksiä vaativat alueet</i>	maaperä ja olosuhteet, esimerkiksi: - mahdolliset pilaantuneiden maiden alueet, esimerkiksi vanhat kaatopaikat, huolto-asetat, teollisuusalueet - mahdolliset sulfidisavialueet - rakennetut alueet (täytöt) - paineellisen pohjaveden alueet - vaikeasti kaivettavat loh-kareiset alueet	Perustamistapojen määrittäminen vaatii lisäselvityksiä alueen pohjasuhteista ja muista erityistekijöistä.
8	<i>Vesialueet</i>	- vesisyvyys - pohjan laatu (maaperä) - pohjan kaltevuus	Perustamistapojen määrittäminen vaatii lisäselvityksiä alueen pohjasuhteista ja muista erityistekijöistä kuten: - sedimentin paksuus ja laatu (pilaantuneisuus) - kantavan pohjan syvyys - alueellinen vakavuus - merelliset olosuhteet, tulvasuojelu
SELITYKSET: L_j = lieju T_v = turve S_a = savi S_i = siltti H_k = hiekka S_r = sora M_r = moreeni L_o = lohkat K_a = kalliota		p_{geo} = alustava geotekninen kantavuus käyttörajatilassa s_u = saven suljettu leikkauslujuus s_{10} = savipohjan painuma 10 kPa:n kuormalla (vastaa 0,5 m paksua täyttöpengertä) * = kaivannon luiskauksen / tuennan määrittäminen vaadittavan pätevyyden omaava suunnittelija tarkemmissa suunnitteluvaiheissa	

6.2.1 Väriluokitus

Ehdotus rakennettavuusluokkien värikoodeiksi

1	2	3a	3b	4
Värijärjestelmä: RGB Punainen: 45 Vihreä: 185 Sininen: 45	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 180 Vihreä: 240 Sininen: 155	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 216 Vihreä: 230 Sininen: 248	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 255 Vihreä: 192 Sininen: 0	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 141 Vihreä: 180 Sininen: 226
5a	5b	6	7	8
Värijärjestelmä: RGB Punainen: 47 Vihreä: 117 Sininen: 181	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 255 Vihreä: 0 Sininen: 0	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 130 Vihreä: 60 Sininen: 170	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 190 Vihreä: 190 Sininen: 190	Värijärjestelmä: RGB Punainen: 184 Vihreä: 244 Sininen: 255

6.3 Rakennettavuuden hilamalli

Maaperäsidonnaisten kustannusten arviointi maankäytön suunnittelua varten perustuu maaperäolosuhteiden luokitteluun, joka kuvastaa sille tyypillisesti käytettäviä pohjarakentamisen menetelmiä ja sitä kautta myös rakentamisen kustannuksia. Rakennettavuusluokat on esitetty kohdassa rakennettavuusluokittelu. Maankäyttöalueille voidaan laskea rakennettavuustietojen perusteella pohjarakentamisen kustannusarvio tai muita mahdollisia tunnuslukuja.

Maaperän osuus laskentaprosessiin voidaan esittää rakennettavuusmallilla. Malli voidaan toteuttaa eri tavoin, esim. luokka-alueina polygoneilla rajattuna (kartta-alueet) tai ns. hilamallilla. Maku-Digi –projektissa päädyttiin kokeilussa etenemään hilamallilla. Hilamalliksi tässä kutsutaan mallia, jossa tieto esitetään säännöllisen hilaverkon pisteisiin liitettynä. Rakennettavuuden määrittämiseen tarvittava rakennettavuusluokkatieto liitetään hilan pisteisiin. Sen lisäksi hilapisteiden ominaisuudeksi voidaan liittää ne maaperätiedot, joilla rakennettavuusluokka-arvo on saatu sekä myös paljon muuta tietoa, jolla lisäksi on merkitystä maaperän rakentamisessa (Taulukko 6.3). Tällaista tietoa on esim. maaperän pilaantuneisuus, lohkareisuus, suojeluarvot yms. Hilan tiedot siirretään ASCII –koodattuna tiedostona, jossa yksi rivi vastaa yhden pisteen tietoja.

Mallissa käytettävän hilan ruudun koko voi vaihdella. Yhtenä tarkasteltavana rakennettavuuden tekijänä on rinnekaltevuus. Rinnekaltevuus on laskettu Maku-Digi –projektissa 2 x 2 m, mikä todettiin siihen käyttökelpoisena. Samaa hilakokoa on päädytty käyttämään myös muiden ominaisuustietojen esittämisessä.

Hilatiedoston alkuun liitetään metatietoriveinä tarvittavat tiedot kuvaamaan tiedoston sisältöä. Tarvittavia metatietoja ovat ainakin lista käytetyistä ominaisuustiedoista (esim. Taulukko 6.2 mukaisesti 1010,1020,1040), laatijan nimi, päivämäärä, vapaa kuvaus mallin laadinnasta (sisältäen esim. arvion luotettavuudesta) jne.

Hilan pisteiden ominaisuustiedot on tuotettu eri tavoin. Maaperäkartan maalajialueista kitkaan tieto perustuu kartoittajan havaintoihin ja kairauksiin ja on yleensä varsin luotettava. Sen sijaan pehmeikköpaksuustieto on saatu laskennallisesti (interpoloimalla) pohjatutkimuspisteistä, jolloin luotettavuus (epävarmuus) muodostuu pisteiden välisestä matkasta ja kairautulkinnan epävarmuudesta. Mitä kauempana hilapiste on pohjatutkimuspisteestä, sitä epävarmempi sen kuvaama tieto on. Hilapisteen epävarmuutta voidaan kuvata mm. sen etäisyydellä lähimmästä tunnetusta tutkimuspisteestä.

Hilamallin pisteiden epävarmuutta kuvaamaan on myös ehdotettu Taulukko 6.1 esitettyä luokittelua. Jokaiselle ominaisuustiedolle hilassa annettaisiin kyseisen luokan arvo.

Kuva 6.3 on esitetty esimerkki tekstimuotoisesta hilatiedostosta.

"H.Kallio"
 "29.09.2017"
 "Hilatiedosto laadittu ArcGIS -ohjelmalla 2x2 m ruutuun
 interpoloimalla korkeusmallista ja kairaustiedon perusteella
 laaditusta maaperämallista. Paikoin kairaustiedon määrä
 varsinkin alueen eteläosassa on pieni ja mallissa on pehmeikön
 paksuuden osalta tehty paljon arviointia mistä aiheutuu runsaasti
 epävarmuutta etenkin luokissa 3A ja 4."
 2010,2020,2050,2040,1040,1030,1010,1020
 5.95,HkMr,0.01,0,1,108.53,24496999.15,6823172.274
 6.1,HkMr,0.01,0,1,108.43,24497001.15,6823172.274
 6.58,HkMr,0.02,0,1,108.06,24497003.15,6823172.274
 6.71,HkMr,0.03,0,1,108,24497005.15,6823172.274
 6.88,HkMr,0.04,0,1,107.75,24497007.15,6823172.274
 8.58,HkMr,0.05,0,1,107.87,24497009.15,6823172.274
 13.3,HkMr,0.05,0,2,107.43,24497011.15,6823172.274

Kuva 6.3. Esimerkki tekstimuotoisesta hilatiedostosta.

Taulukko 6.2. Hilamallin pisteen epävarmuuden luokittelu:

Luokka	Arvo
mitattu	1
laskettu	2
arvioitu	3
puuttuu	4

Taulukko 6.3. Hilamallin pisteen mahdollisia ominaisuustietoja:

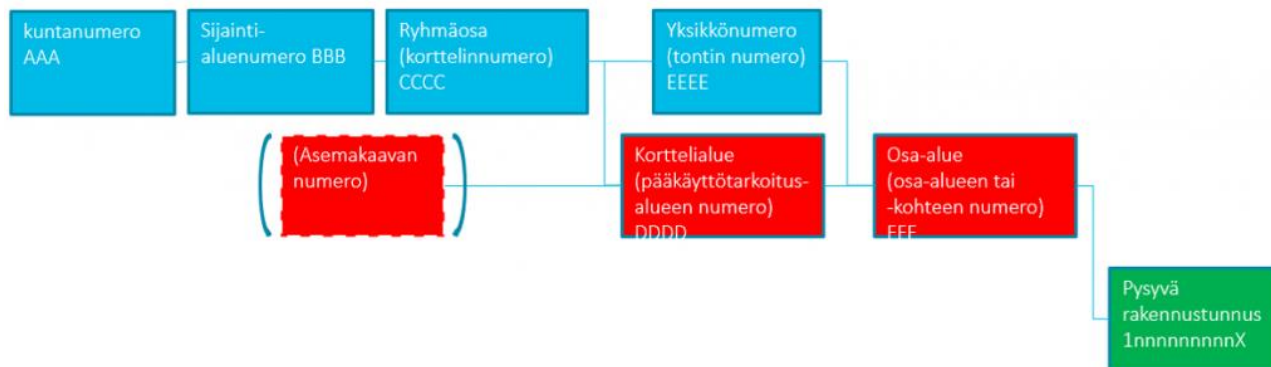
tieto- rivi	otsikko	yksikkö/arvojoukko	laskentaperiaate / lähde
	yhteenveto		
1010	sijainti-x	m/koordinaatti	
1020	sijainti-y	m/koordinaatti	
1030	maanpinnan korkeus	m/koordinaatti	MML 2x2 m korkeusmalli
1040	rakennettavuusluokka	1,2,3a, 3b, 4, 5a, 5b, 6 ,7, 8	
	rakennettavuusluokituksen kri- teerit		
2010	rinnekaltevuus	%	maanpintamallista laskettu. Ei lasketa pehmeiköillä
2020	vallitseva pintamaalaji >1m syvy- dessä	Ka, Sa, Si, Sr, Hk, Mr, Lj, Tv, Tä, Ki	

2030	luokiteltu pintamaalaji	pehmeikkö, kitkamaa, kallio,vesi, täyttö	
2040	turpeen + liejun paksuus	m	
2050	pehmeikön paksuus, Sa + Si	m	
2060	tiivin maakerroksen syvyys	taso m	
2070	kallion pinnan korko	taso m	
	erityisalueet		
3010	täyttö	k/e	
3020	lohkareinen / kivinen alue	k/e	
3030	pilaantunut maa	k/e	
3040	sulfidisavi	k/e	
3050	rakennettu alue	k/e	
3060	paineellinen pohjavesi	k/e	
3070	pohjavesialue	k/e	
3071	1 lk	1	
3072	2 lk	2	
3073	3 lk	3	
3080	radon-alue	k/e	
3090	tulva-alue	k/e	
	vesialueet		
4010	vesialue	k/e	
4020	vedenpinta	taso m	
4021	alin	taso m	
4022	keski	taso m	
4023	ylin	taso m	
4030	syvyys	m	
	maaperämalli		
5010	– maanpinta	taso m	
	– maakerrosrajapinnat		
5110	Sa yläpinta	taso m	
5115	Sa alapinta	taso m	
5210	Si yläpinta	taso m	
5215	Si alapinta	taso m	
5310	Sr yläpinta	taso m	
5315	Sr alapinta	taso m	
5410	Hk yläpinta	taso m	
5415	Hk alapinta	taso m	
	...jne		
6000	Ka yläpinta	taso m	
	– pohjaveden pinta		
7010	alin	taso m	
7020	keski	taso m	
7030	ylin	taso m	
	– orsiveden pinta		
7040	alin	taso m	
7050	keski	taso m	
7060	ylin	taso m	
	Metatiedot		
	laatija	nimi	
	pvm	pvm	
	kuvaus	teksti	

	solukoko	m	
	suunnitellut toimenpiteet		
9100	— massanvaihdon alapinta	m	
9200	— stabiloinnin tavoitetaso	m	
9300	— paalutuksen (eri tyyppisiäkin) tavoitetaso tai tunkeutumistaso		
9400	— PIMA-rajapintoja	m	
9500	— tasaus	m	

6.4 Kaavamalli

Asemakaavan määräykset kohdistuvat käytännössä alueisiin, viivoihin/rajoihin ja kohteisiin, ja sitä kautta niiden ohjausvaikutuksen kääntäminen paikkaan sidotuksi tietokannaksi on mahdollista. Koska asemakaava tietokokonaisuutena liittyy kiinteistötietoon (kiinteistötunnukset, rajat) ja rakennuksiin (pysyvä rakennustunnus), on luonnollista ajatella, että asemakaavan tietosisältö kiinnittyy rakenteellisesti näihin tietoihin. Kuvassa on esitetty malli tietojen liittymisestä toisiinsa. Menetelmää on kuvattu tarkemmin sivulla Kaavatiedon rakenne.



6.4.1 Sijaintialue

Sijaintialue määritellään kylän, asemakaava-alueella kunnanosan, tai muun sellaisen alueen numerolla.

Kukin Suomen kunta on jaettu sijaintialueisiin (maarekisterikyliin).

- Sijaintialue: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/10/Kaava-malli_270917_BBB_sijaintialue.pdf

6.4.2 Asemakaavan korttelinumero (Ryhmäosa)

Asemakaavoitetut korttelit saavat asemakaavan laatimisvaiheessa juoksevan korttelinumeroinnin. Kortteli rajautuu katu-, liikenne- tai puistoalueisiin. Korttelialue voi muodostua useasta pääkäyttötarkoitusalueesta.

- Ryhmäosa: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/10/Kaava-malli_270917_CCC_ryhm%C3%A4osa.pdf

6.4.3 Asemakaava-alue

Kunta antaa kullekin asemakaava-alueelle kaavan laatimisen yhteydessä nimen ja numeron. Lainvoiman saavia kaava-asiakirjoja ovat kaavakartta ja sekä kaavamerkinnät ja -määräykset, jotka ovat kaavakohtaisia. Nämä päivittyvät ajantasa-asemakaavaan, joten niiden osalta asemakaava-alueen rajauksella ei ole merkitystä. Lisäksi kaavaan liitetään lisätietona ei-lainvoimaisia asiakirjoja: kaavaselostus vaikutusten arviointineen ja mahdolliset erikoisselvitykset. Vaikutusten arviointi ja selvitykset ovat kaavahankekohtaisia, minkä vuoksi asemakaava-alue tarvitaan suunnittelun historiatietona.

MIETINTÄÄN: voitaisiinko vaikutusten arviointi liittää paikkatietona ajantasakaavaan kaavan laatimisen työtapaa muuttamalla, jolloin asemakaava-alueen rajauksesta voitaisiin historiatietona luopua?

HUOM: viiva on 3 m kaava-alueen ulkopuolella, joten siitä ei voida suoraan lukea asemakaava-alueen geometriaa. 3m etäisyys sisällytettävä kuvaustapaan eikä suoraan polylinen geometriaan.

- Asemakaava-alue: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/10/Kaava-malli_270917_asebakaavaalue.pdf

6.4.4 Asemakaavan korttelialuemerkinnt

Asemakaavan kortteli jakautuu pääkäyttötarkoituksen mukaan korttelialueisiin. Pääkäyttötarkoituksiluokkia (kaavamerkinntän ensimmäinen kirjain) täsmentävät kaavakohtaiset kaavamerkinntän lisämääreet (esim. asuinkerrostalojen korttelialue AK) sekä kuntakohtaiset indeksinumerot. Kaavamerkinntää voidaan täydentää useita korttelialueita koskevalla lisämääreellä (esim. pohjavesialue AK/pv).

Kaavamerkinntään voidaan liittää lisämääräyksiä kaava- tai kuntakohtaisesti määrättyllä indeksinumerolla (esim. AK-5).

MIETINTÄÄN: lisämääreet ja -määräykset voisi erottaa tietokantarakenteessa pääkäyttötarkoituksesta korttelikohtaiseksi lisätiedoksi.

MIETINTÄÄN: puistorakenteiden perustamislukitus on puutteellinen tällaiseen tarkasteluun.

MIETINTÄÄN: onko mielekästä tapaa erottaa eri katuluokat toisistaan? Nykyisin asemakaavassa ei määrätä katuluokkia, lieneekö tarpeen.

HUOM: ovatko eri katuluokkien perustamistavat riittävän lähellä toisiaan, että niiden perustamiskustannukset voidaan olettaa samaksi?

- Korttelialuemerkinntät: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/10/Kaava-malli_270917_DDDD_korttelialue.pdf

6.4.5 Asemakaavan osa-alueemerkinntät

Osa-alueemerkinntät ovat korttelialueen sisäisiä alue-, viiva- tai kohdemerkinnttöjä.

Aluemerkinntät voivat olla rajaukseltaan määrääviä tai ohjeellisia. MAKUDIGI-tarkoitukseen oletetaan kaikki alueet sitoviksi, ja niistä hyödynnetään pinta-alageometriaa.

- Asemakaavan osa-alueemerkinntät: http://makudigi.fi/wp-content/uploads/2017/10/Kaavamalli_270917_AK_osa_aluemerkinnt%C3%A4t.pdf

6.5 Tunnistetut epävarmuustekijät ja haasteet

Pohjarakentamiskustannusten arvioinnin tarkkuus on luonnollisesti sidoksissa lähtötietojen määrään ja laatuun. Etenkin kaavoituksen alkuvaiheessa suunnittelun ja lähtötietojen tarkkuustaso voi olla melko karkeaa. Esimerkiksi tieto maaperäolosuhteista tarkentuu tyypillisesti suunnittelun edetessä sitä mukaa kun pohjatutkimuksia teetetään lisää ja tiheämmin pistevälein. Tällöin tarkentuu myös tieto maaperän rakennettavuuteen vaikuttavista tekijöistä, joita ovat mm. maaperän kerrosrakenne (maalajit, niiden kerrospaksuudet ja geotekniset ominai-

suudet), kallionpinnan sijainti, maanpinnan kaltevuus sekä kuivatettavuus. Näiden ominaisuuksien lisäksi pohjarakentamiskustannuksiin voi merkittävästi vaikuttaa joukko muita tekijöitä, joita ovat esimerkiksi:

- alueelle suunniteltu tasaus, joka vaikuttaa mm. perustamistapoihin ja massatalouteen
- massatalous: kaivumaat ja niiden laatu mm. lohcareisuus ja hyödyntämiskelpoisuus, täytöt, kuljetusetäisyydet
- mahdolliset pilaantuneet maa-ainekset
- sulfidisavi, (radon)
- pohjavesi, erityisesti paineellinen
- kaavoitettavan alueen mahdollinen jo olemassa oleva infrastruktuuri ja täytöt
- vesialueelle rakennettaessa sedimenttikerroksen mahdollinen pilaantuneisuus, alueellinen vakavuus, merelliset olosuhteet, tulvasuojelu
- lisäksi eri pohjanvahvistusmenetelmien käytössä voi olla kaupunkikohtaisia eroja, joilla voi olla pienehköjä kustannusvaikutuksia.

Pohjarakentamiskustannusten arviointiin liittyy siis hyvin monia asioita, joita voi suunnittelu- vaiheen tarkkuustasosta riippuen olla vaikeaa huomioida. Kustannusarvioita laadittaessa tulee kuitenkin selkeästi tuoda ilmi havaitut puutteet ja epävarmuustekijät, jotta ne osataan ottaa huomioon seuraavissa suunnitteluvaiheissa.

Merkittävä kustannuslaskentaan liittyvä haaste on myös ajantasaisen kustannustiedon saatavuus ja paikkaansa pitävyys. Alalla olisikin tarvetta kustannustiedon rajapinnalle, jonka kautta voitaisiin hakea tiettyä nimikkeistön mukaista rakennusosaa vastaava ajantasainen yksikkökustannus, jolloin toimintaa saataisiin sujuvoitettua ja kustannuslaskennalle tyypillistä käsityötä vähennettyä – olettaen, että järjestelmä toimisi edes jossain määrin tietomallipohjaisuutta ja automaatiota hyödyntäen.

6.5.1 Epävarmuustekijöitä

Kaava-alueen maaperästä aiheutuvien kustannusten arviointiin liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Sinällään esitetty kustannuslaskentamenetelmä ei ole tarkoitettu tarkkaan rakentamisen kustannusten laskentaan, vaan maankäytön suunnittelun työkaluksi käytettäväksi siinä vaiheessa, kun tarvitaan alustavaa arviointia mahdollisista maaperästä aiheutuvista kustannuksista maankäytön yksiköiden sijoittelun tueksi. Jotta menetelmän antamia tuloksia voitaisiin ymmärtää oikein, tulisi malleista ja visualisoinneista tai järjestelmistä ilmetä tai olla esitettävissä tuloksen ja tietojen epävarmuus.

Epävarmuus muodostuu useasta eri tekijästä. Käytettyjen lähtötietojen (havaintojen, mittauksen) epävarmuus on riippuvainen käytetystä menetelmästä ja teknisestä toteutuksesta. Mallin epävarmuus on suoraan verrannollinen havaintopisteiden määrään (välimatkaan), mitä kauempana ollaan tunnetusta pisteestä mallissa, sen epävarmempaa tieto on. Kustannustarkasteluissa epävarmuutena ovat ympäristön tekijät, jotka eivät sisälly käytettyyn rakennettavuusluokittelumenetelmään, kuten esim. pilaantuneen maan esiintyminen, lohcareisuus, tulvarisakit, erilaiset stabiiliteettiongelmat jne. Myöskin laskennassa käytettävät arvioidut standardit rakentamismenetelmät voivat käytännössä poiketa oletetusta. Samoin hintatiedoissa on epä-tarkkuutta ja puutteita, ja myöskin määrälaskennassa aiheutuu virheitä. Käytettäessä laskentaprosessissa lähtökohtana maaperämallia, voidaan yksikkömäärien virhettä pienentää verrattaessa puhtaasti kerrosten paksuustiedon perusteella tapahtuvaan määrän arviointiin.

Rakennettavuusmallissa tiedon epävarmuus voi vaihdella runsaasti. Rakennettavuuden arvioinnissa rinnekaltevuus on yksi määräävistä tekijöistä. Yleensä rinnekaltevuuden määrittäminen perustuu maanpintamalliin (korkeusmalliin) joka on tuotettu laserkeilaamalla. Mallit ovat tarkkoja, ja niiden avulla tuotettu digitaalinen rinnekaltevuustieto on erittäin luotettavaa.

Tieto maaperästä perustuu maaperäkartaan (pinnan osalta) ja maaperäkairauksiin. Rakennettavuusluokituksessa kantavat maat ja kallioalueet muodostavat omat luokkansa (1, 2, 3b, 5b). Niiden osalta kartoitustieto on varsin luotettavaa ja rakennettavuusmallia voidaan myös pitää luotettavana. Muissa luokissa sen sijaan luokka-arvo määräytyy pehmeän tai orgaanisen maakerrostuman paksuuden perusteella. Kerrostuman paksuus voidaan määrittää puhtaasti tulkitsemalla maaston muotojen perusteella, geofysiikan menetelmien avulla ja pohjatutkimuksin. Pohjatutkimuksin saatu tieto on luotettavaa tutkimuspisteessä, mikäli havainto tai tulkinta on oikein suoritettu. Maaperän kerrostumien kolmiulotteisen jatkuvuuden luotettava määrittäminen perustuu riittävään määrään tutkimuspisteitä niin, että pisteiden väli saadaan luotettavasti tulkittua. Riittävä pistemäärä vaihtelee myös kohteittain, mikäli kerrosjatkuvuudessa ei ole paljon vaihtelua, riittää vähäinenkin pistemäärä.

6.5.2 Epävarmuuden esittäminen

Epävarmuuden esittämiselle mallissa on olemassa matemaattisia tarkastelutapoja. Tässä yhteydessä on nähty oleelliseksi esittää yksinkertaisia visuaalisia ja helppokäyttöisiä mahdollisuuksia tuoda esille mallin epävarmuutta.

Pistekohtaisen epävarmuuden esittäminen voidaan esittää tuottamalla kartta, jossa on esitetty tunnetut pisteet ja hila-mallin pisteet värjätty sen mukaan mikä niiden etäisyys on tunnetuista pisteistä. Yksinkertaisimmillaan jo pelkkä tutkimuspisteiden esittäminen visualisointituotteissa antaa kuvan luotettavuudesta.

Hila-mallin yhteydessä on esitetty mahdollisuus liittää kullekin hilapisteen ominaisuudelle sitä kuvastava luokka-arvo sen mukaan, miten tieto on saatu.

Laadittaessa rakennettavuuden hila-mallin tekstimuotoista siirtotiedostoa, on epävarmuudet mallin muodostamisessa syytä kuvata tiedoston alussa metatietoriveinä. Laadittaessa malleista visualisointeja tai laskentamalleja, voisivat metatiedon epävarmuuskuvaukset kulkea aina mukana ja olla näkyvissä tulosteissa tai järjestelmissä.

Rakennettavuusmallin epävarmuuden esittämiseksi on syytä pyrkiä yksinkertaiseen ratkaisuun. Epävarmuus voisi olla esitettynä rakennettavuuskartan erillisenä tasona, joka järjestelmässä voidaan kytkeä pois tai päälle tarvittaessa. Tasossa voisivat olla esitettynä rakennettavuusmallin alueille kolmiportainen varmuuden luokittelu.

6.5.3 Haasteet

Maaperäsidonnaisten kustannusten arvioinnissa suurimmat haasteet liittyvät maaperän kolmiulotteisen rakenteen määrittämiseen. Yleensä järjestelmän käytölle olisi suurin tarve suunnittelun alkuvaiheessa, milloin yleensä käytettävä pohjatutkimustieto on vähäistä mutta jolloin saatetaan myös lyödä lukkoon huomattavia kustannuksia. Haasteena on, miten kyetä tuottamaan riittävän luotettavaa 3D-maaperätietoa vähillä tutkimustiedoilla.

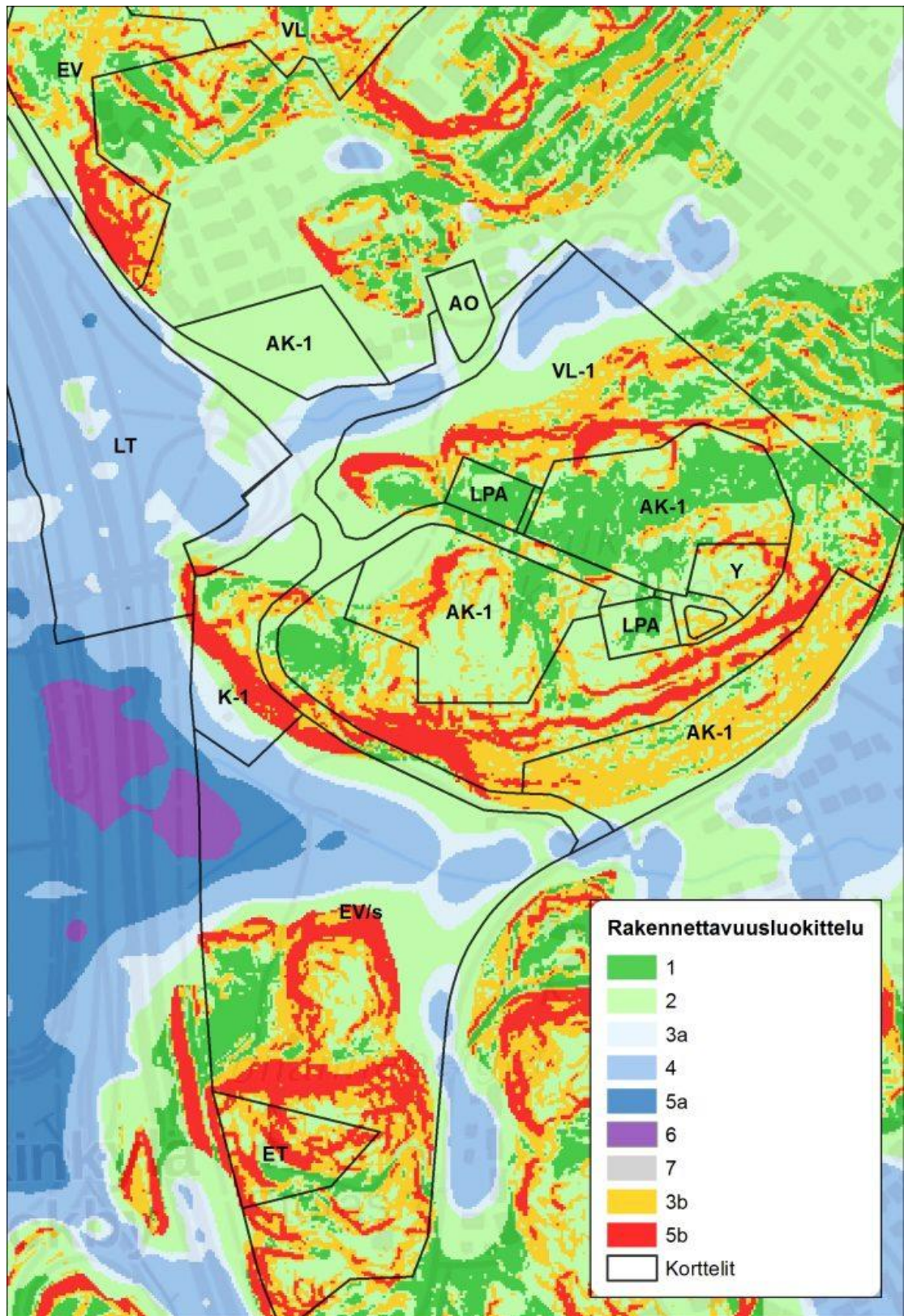
Maankäytön suunnittelun alkuvaiheessa on hyväksyttävä, että tiedot ovat hyvin puutteellisia ja pitkälti suuntaviivoja antavia. Tällöin tulee ottaa käyttöön ”rohkeita” tulkintoja sekä näkemyksiä maaperän luonteesta ja tuoda mallissa selvästi esille tiedon epävarmuus. Tätä vaihetta voisi kutsua alustavaksi rakennettavuusmallintamiseksi.

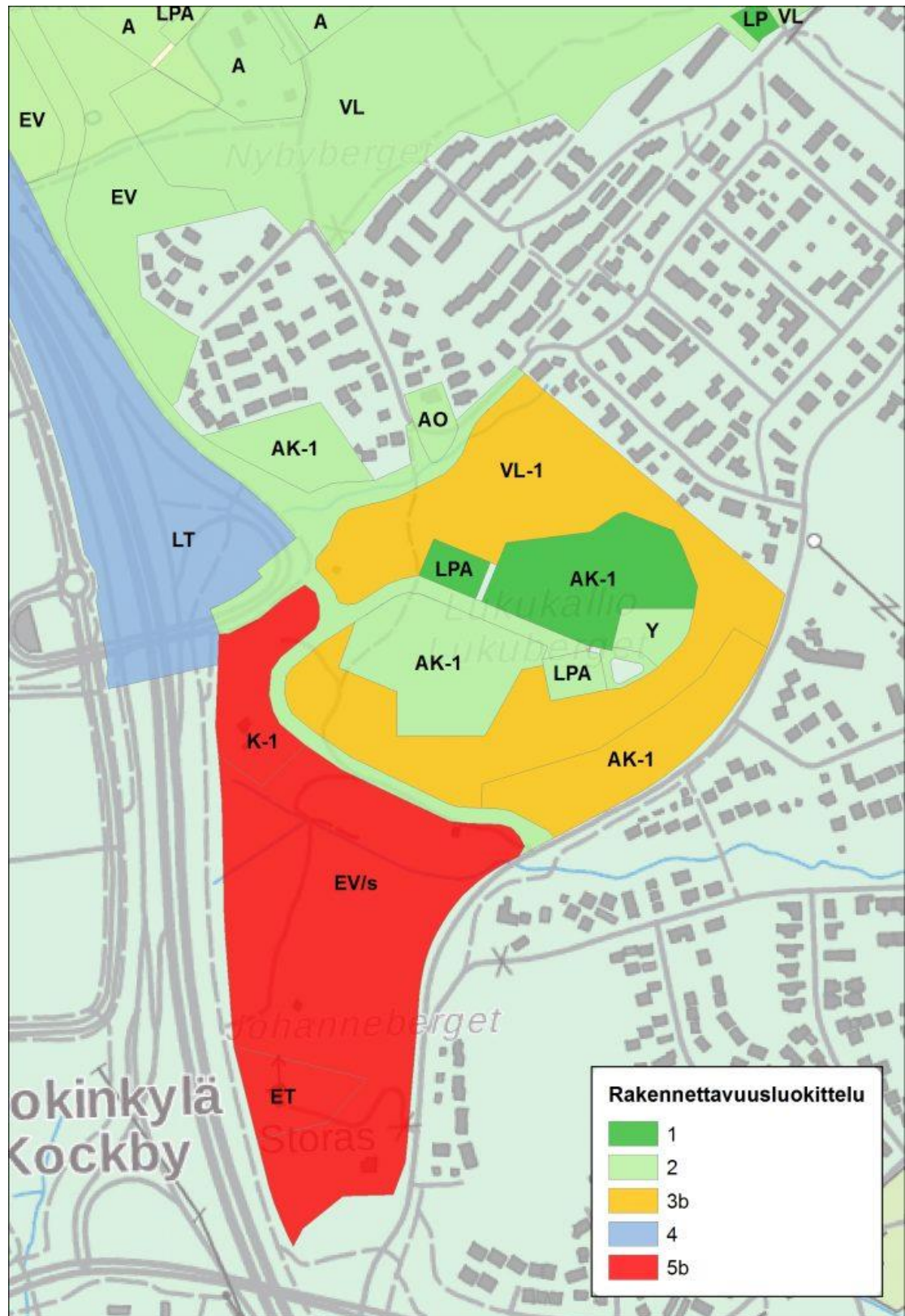
Kun suunnittelutyö etenee, tulevat maaperätutkimukset pohjatutkimuksineen ajankohtaisiksi ja vähitellen tiedon määrä lisääntyy maaperän 3D-rakenteesta. Alustava rakennettavuusmalli palvelee tällöin tutkimusten suunnittelussa. Tutkimuksia on syytä ohjata alueille, joissa mallin varmuus on heikko. Tutkimustiedon lisääntyessä rakennettavuusmallin luotettavuus lisääntyy.

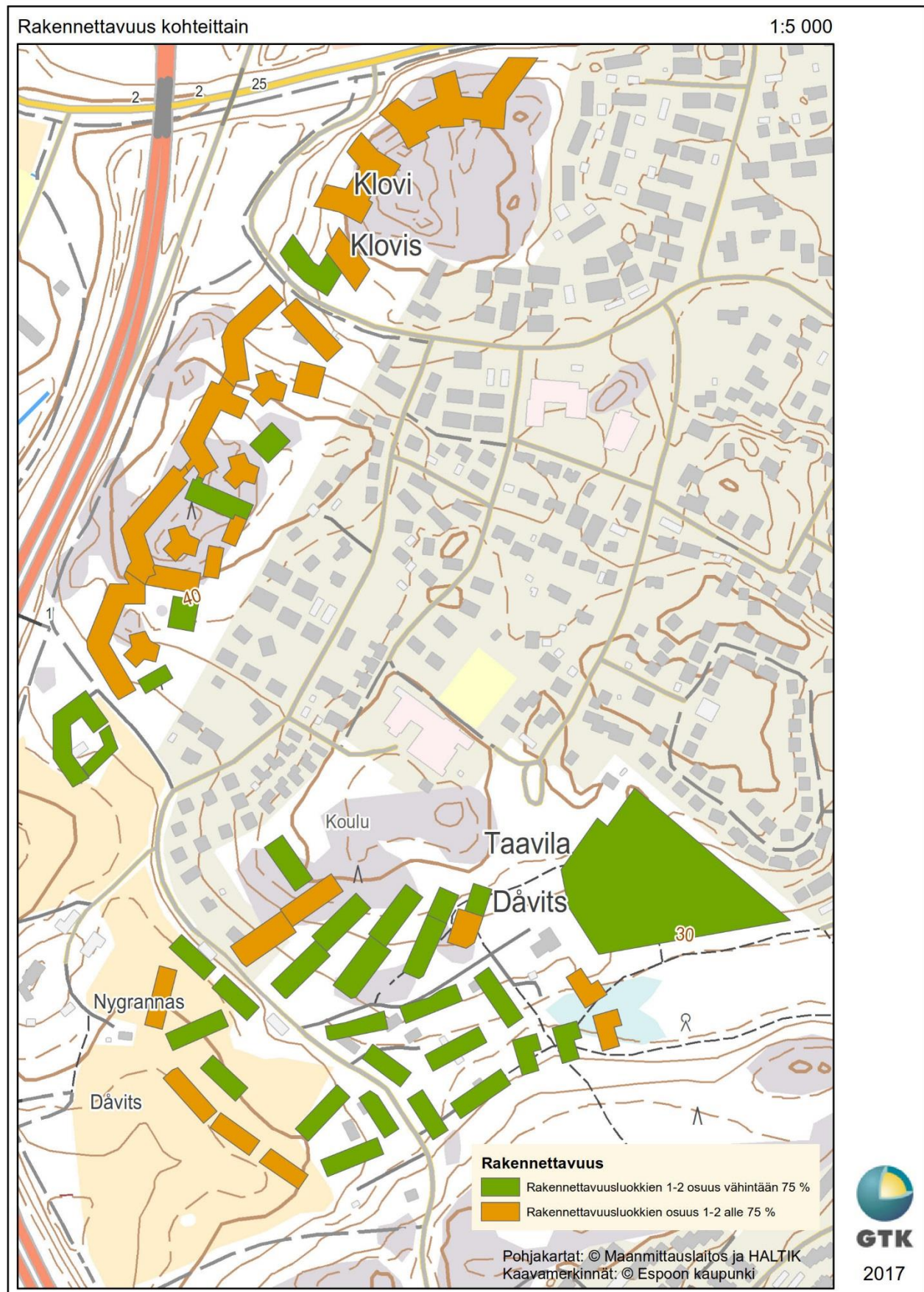
Tarvittavien pohjatutkimusten määrä vaihtelee alueen geologisen luonteen mukaisesti. Varsinaisen rakennettavuusmallin tulee antaa riittävän hyvä lähtökohta erilaisten kaava-alueen ratkaisujen kustannustasojen vertailuun. Kolmantena vaiheena voitaisiin erottaa tarkennettu rakennettavuusmalli, joka antaisi pohjan jo melko luotettavalle asemakaavatasoiselle kustannuslaskennalle.

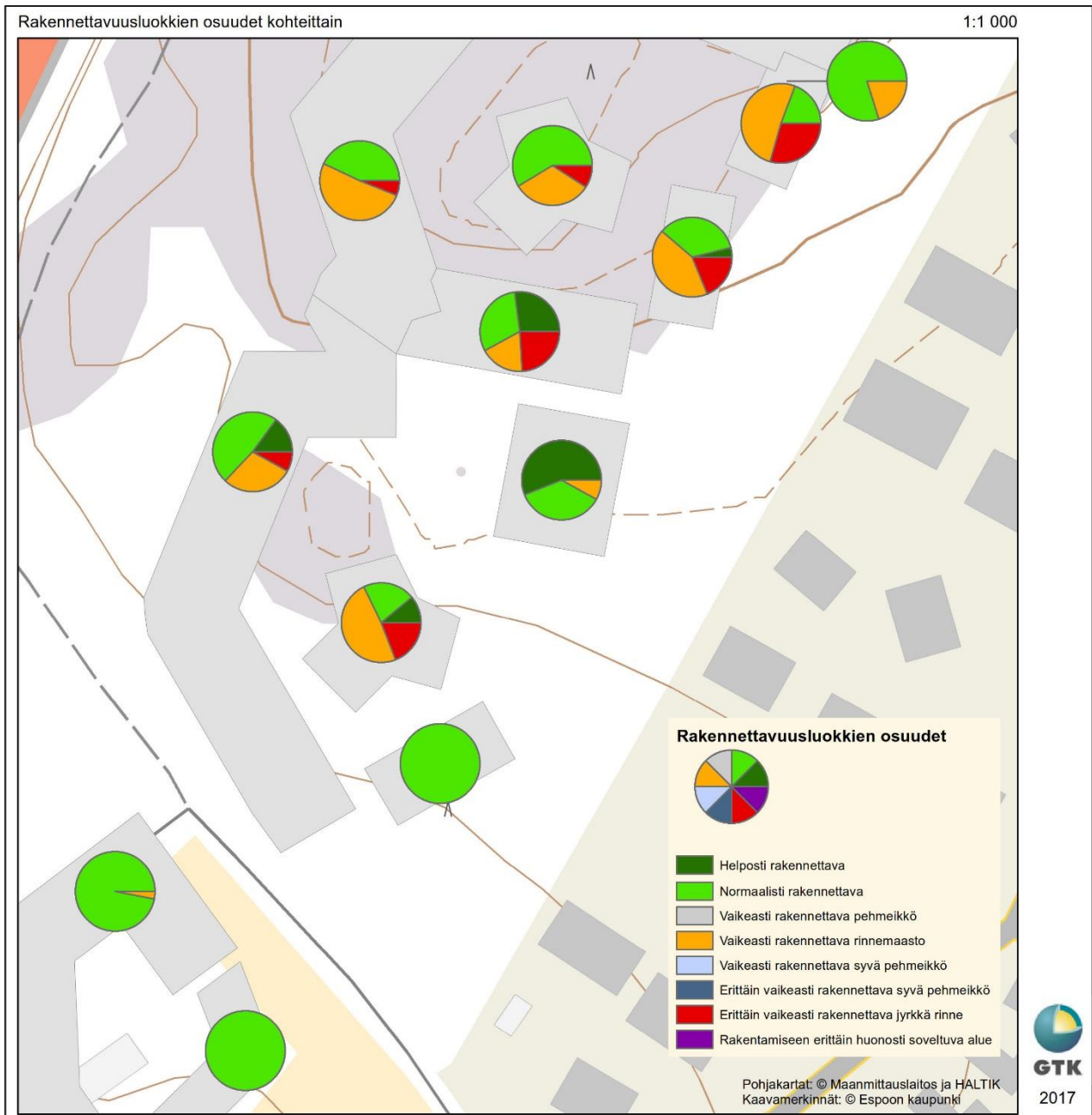
Haasteena kustannuslaskennassa on hyvin erilaisten tekijöiden huomioiminen ja niiden vaikutusten saaminen ”hinnoiteltua”. Esitetty malli on yksinkertaistettu ja perustuu kolmeen asiaan, kantavan pohjan syvyyteen, rinnekaltevuuteen ja pehmeikön paksuuteen. Hilamallin mahdollisina ominaisuustietoina on esitetty suuri joukko erilaista tietoa, jota laskennassa voitaisiin käyttää. Suunnittelun alkuvaiheessa voi olla hyvä, että toimitaan alustavilla malleilla ja kun tieto lisääntyy, voidaan mallia täydentää lisätiedoilla.

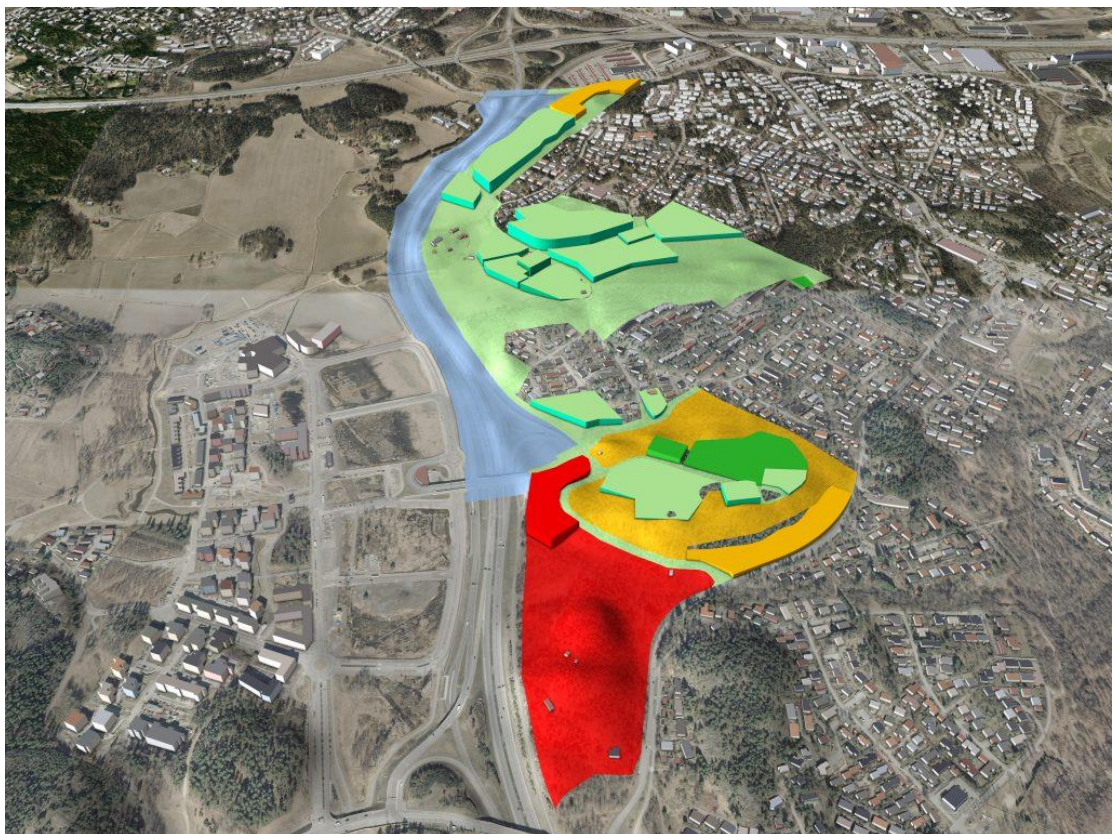
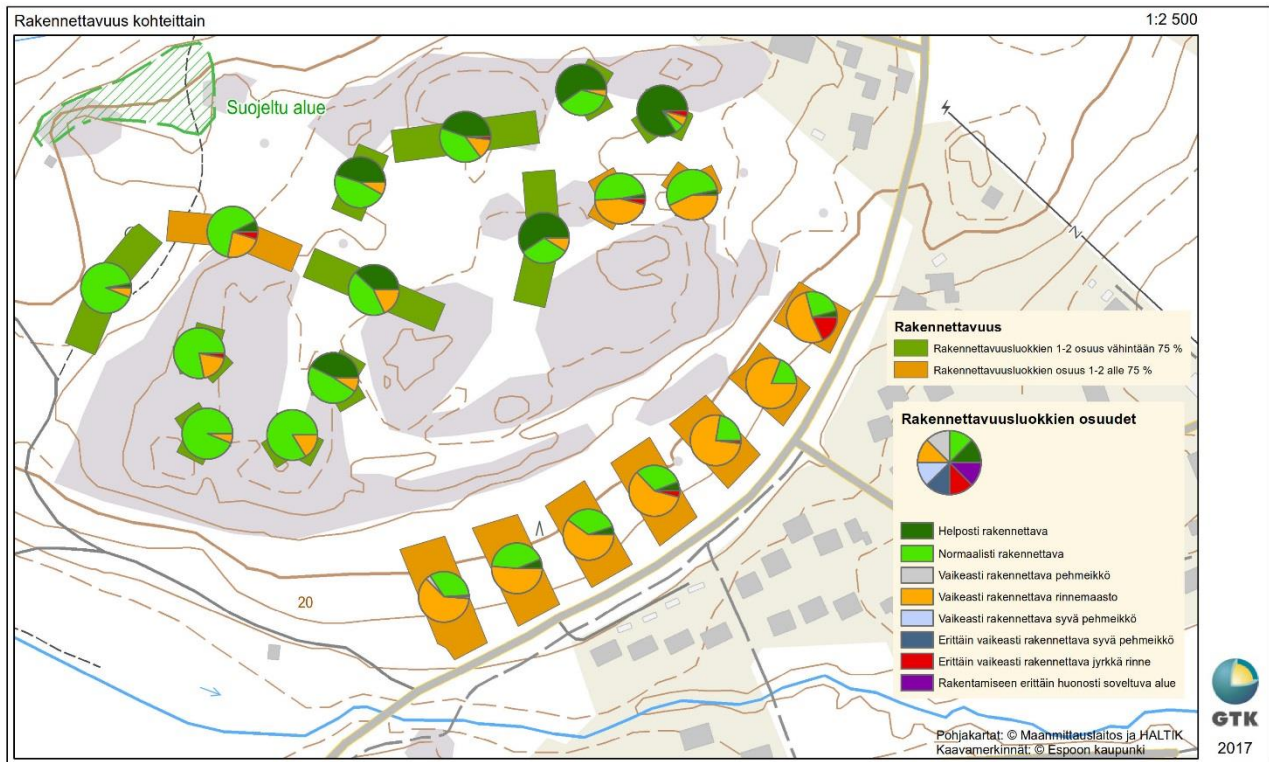
6.6 Esimerkkejä visualisoinnista











7 Yhteystiedot

Anssi Savisalo, palvelupäällikkö, Sito Oy
+358 41 5389 353
anssi.savisalo@sito.fi

Sanna Mäyrä, asiakkuuspäällikkö, Sito Oy
+358 40 5812915
sanna.mayra@sito.fi

Juha Liukas, Johtava asiantuntija, tietomallinnus, Sito Oy
+358 40 725 8103
juha.liukas@sito.fi

Ossi Ikävalko, erikoisasiantuntija, geologi, GTK
Puh. 029 503 2121
GSM: 050 3492 982
ossi.ikavalko@gtk.fi

Hilkka Kallio, geologi, GTK
GSM: 0400 537 758
hilkka.kallio@gtk.fi

Liikenneviraston ja kaupunkien yhteyshenkilöt:

Päivi Ahlroos, Espoon kaupunki
paivi.alhroos@espoo.fi

Markku Savolainen, Helsingin kaupunki
markku.savolainen@hel.fi

Tarmo Savolainen, Liikennevirasto
tarmo.savolainen@liikennevirasto.fi

Jori Lehtikangas, Tampereen kaupunki
jori.lehtikangas@tampere.fi

Heikki Kangas, Vantaan kaupunki
heikki.kangas@vantaa.fi

Lisää tietoa KIRA-digistä: kiradigi.fi



