

# AHOKANGAS

## RAKENNETTAVUUS- JA SULFIDISELVITYS



# AHOKANGAS

Laatija Paula Liisanantti, Veera Isometsä ja Sanna Vienonen  
Päivämäärä 9.6.2022, päivitetty 27.9.2022

Tarkastaja Noora Karjalainen ja Merja Autiola  
Päivämäärä 27.9.2022

Hyväksyjä Minna Koukkula

## SISÄLTÖ

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1.    | YLEISTÄ  | 1  |
| 2.    | TEHDYT TUTKIMUKSET   | 1  |
| 3.    | PINNANMUODOSTUS JA MAAPERÄOLOSUHTEET                               | 2  |
| 4.    | Rakennettavuus   | 3  |
| 4.1   | Katurakenteet  | 4  |
| 4.2   | Kuivatusrakenteet ja routasuojaus                                  | 5  |
| 4.3   | Maa- ja pohjarakennustyöt  | 5  |
| 5.    | Sulfidiselvitys  | 6  |
| 5.1   | Tausta ja tunnistaminen  | 6  |
| 5.2   | Tulokset   | 7  |
| 5.3   | Toimenpidesuositukset jatkosuunnitteluun                           | 8  |
| 5.3.1 | Pohjaveden pinnan alin taso ja alin sallittu kuivatustaso          | 8  |
| 5.3.2 | Massanvaihto ja ylijäämämaiden käsittely                           | 8  |
| 5.3.3 | Putkikaivannot   | 9  |
| 5.3.4 | Maanalaiset rakenteet ja paalutus                                  | 10 |
| 5.4   | Happaman valunnan hallinta   | 10 |
| 5.4.1 | Työnaikaisen kaivannon kuivatus ja väliaikaiset käsittelyratkaisut | 10 |
| 5.4.2 | Pysyvät kuivatusvesien käsittelyratkaisut                          | 10 |
| 6.    | Tiivistelmä  | 12 |

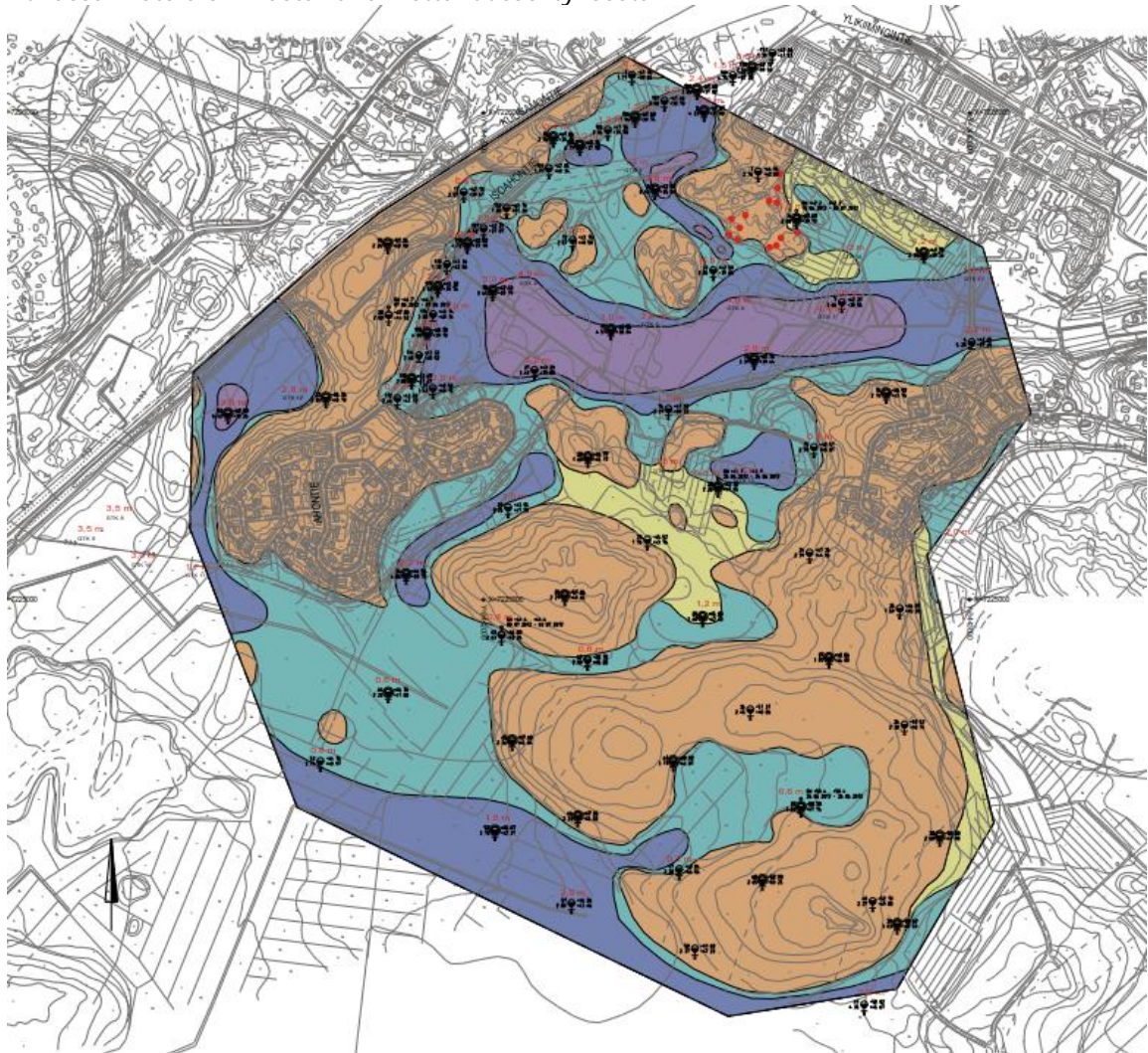
Liitteet Rakennettavuuskartta 67208-G1  
Geotekniset leikkaukset A-A...E-E 67208-G2...G7

## 1. YLEISTÄ

Oulun kaupungin toimeksiannosta Ramboll on laatinut tämän Ahokankaan alueen rakennettavuus- ja sulfidiselvityksen, joka on tehty alueen asemakaavamuutosta varten.

Suunnittelualue sijaitsee Kiimingin kirkonkylän läheisyydessä. Alue on esitetty rakennettavuuskartalla (67208-G1).

Alueelta on tehty rakennettavuusselvitys vuonna 2012 (Hieta-ahon rakennettavuusselvitys, Ramboll 2012), jota on käytetty lähtötietona tämän rakennettavuusselvityksen tekemisessä. Kuvassa 1 ote aiemmasta rakennettavuusselvityksestä.



Kuva 1. Ote vuoden 2012 rakennettavuusselvityksestä (Ramboll 2012)

## 2. TEHDYT TUTKIMUKSET

Tutkimusalueella ja sen lähistöllä on tehty pohjatutkimuksia vuosina 2007-2014. Rakennettavuusselvitystä varten pohjatutkimuksia tehtiin lisää maaliskuussa 2022. Pohjatutkimukset käsittivät painokairauksia (35 kpl), häiriintyneiden maanäytteiden ottoa (18 pisteestä), sulfidinäytteiden ottoa (7 pisteestä) ja pohjavesiputkien (4 kpl) asentamisen.

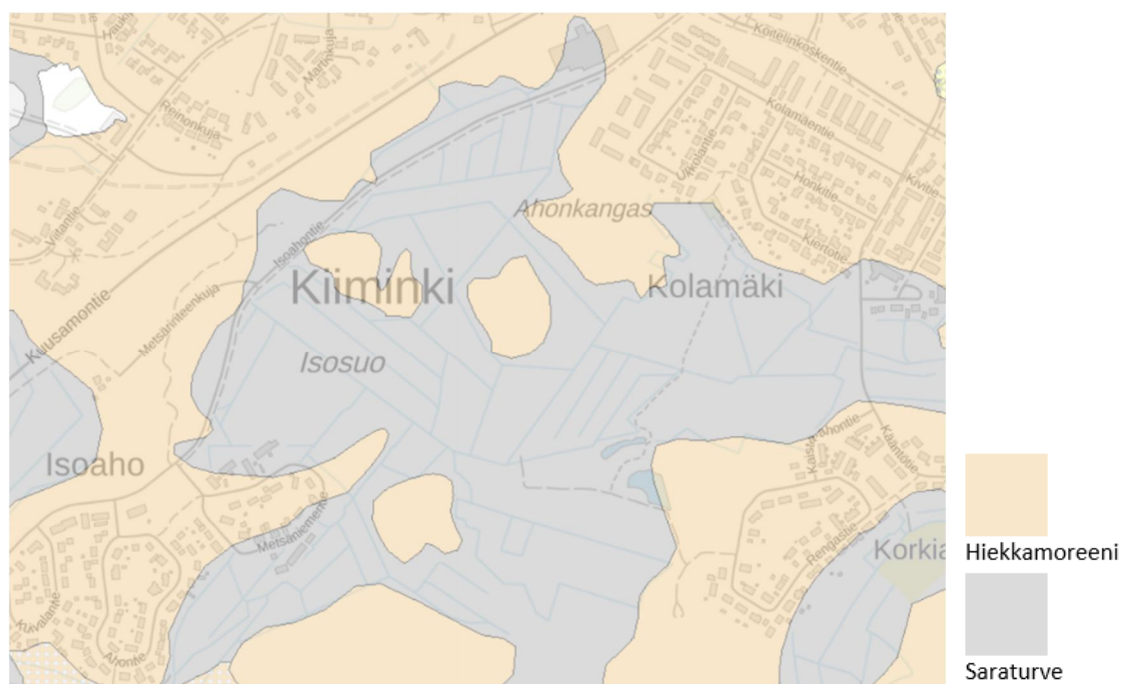
Maanäytteistä määritettiin maalajit, rakeisuudet ja vesipitoisuudet. Pohjatutkimukset teki Oulun kaupunki.

Tutkimuspisteiden sijainnit on esitetty liitteenä olevalla rakennettavuuskartalla. Suunnitelmissa on käytetty ETRS-GK26-koordinaatistoa ja N2000-korkeusjärjestelmää.

### 3. PINNANMUODOSTUS JA MAAPERÄOLOSUHTEET

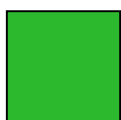
Tutkimusalueella maanpinnan korkeus vaihtelee tasovälillä +41...+50. Alue on pääosin rakentamatonta, paikoin ojitettua metsää/suota.

Kuvassa 2 olevan GTK:n maaperäkartan perusteella tutkimusalueen maaperä on hiekkamoreenia ja saraturvetta.



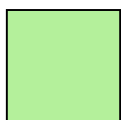
Kuva 2. Ote maaperäkartasta (Maankamara, GTK 2022).

Alueen maaperä- ja rakennettavuusolosuhteet on jaettu tässä selvityksessä 5 eri luokkaan:



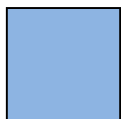
#### Helposti rakennettava

Pohjamaa on pääosin hiekkamoreenia ja soraista hiekkamoreenia. Paikoin esiintyy humusta ja soramoreenia. Maaperä on pääosin tiiviissä tilassa ja se on kantavaa. Paikoin esiintyy löyhempiä maakerroksia, jotka ovat kokoonpuristuvia. Maakerrokset ovat lievästi routivia...routivia. Alueella on tehty havaintoja kivisyydestä 0...3,2 m syvyydellä maanpinnasta. Helposti rakennettavalla alueella pohjamaan alusrakenneluokka on E/F, jolloin routaturpoama  $t = 3...6 \%$  ja E-moduuli on  $35...50 \text{ MN/m}^2$ .



#### Normaalisti rakennettava

Maanpinnassa on korkeintaan 1,6 m paksu löyhä kerros. Pohjamaa on pääosin silttistä hiekkamoreenia, paikoin esiintyy hienoa hiekkaa ja soramoreenia. Maaperä on pääosin tiiviissä tilassa ja se on kantavaa. Paikoin esiintyy löyhempiä maakerroksia, jotka ovat kokoonpuristuvia. Maakerrokset ovat routivia. Kairausten yhteydessä on tehty havaintoja maaperän kivisyydestä 0...3,8 m syvyydessä maanpinnasta. Normaalisti rakennettavalla alueella pohjamaan alusrakenneluokka on H, jolloin routaturpoama  $t = 12 \%$  ja E-moduuli on  $20 \text{ MN/m}^2$ .



#### Vaikeasti rakennettava pehmeikkö

Maanpinnassa on korkeintaan 2,0 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 0,8...3,4 m. Turvekerroksen alapuolella pohjamaa on pääosin silttiä ja silttistä/soraista hiekkamoreenia, paikoin esiintyy savea, soramoreenia ja liejua. Maakerrokset ovat routivia...erittäin routivia. Kairausten yhteydessä on tehty havaintoja maaperän kivisyydestä 0,8...4,8 m syvyydessä maanpinnasta. Vaikeasti rakennettavalla pehmeikköalueella pohjamaan alusrakenneluokka on H/J, jolloin routaturpoama  $t = 12...16 \%$  ja E-moduuli on  $10...20 \text{ MN/m}^2$ .



#### Vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö

Maanpinnassa on korkeintaan 3,0 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 2,4...10 m. Turvekerroksen alapuolella pohjamaa on pääosin hiekaista silttiä ja hiekaista silttimoreenia. Paikoin esiintyy savea ja liejua. Maakerrokset ovat routivia...erittäin routivia. Kairausten yhteydessä on tehty havaintoja maaperän kivisyydestä 1,2...11,2 m syvyydessä maanpinnasta. Vaikeasti rakennettavalla syvällä pehmeikköalueella pohjamaan alusrakenneluokka on H/J, jolloin routaturpoama  $t = 12...16 \%$  ja E-moduuli on  $10...20 \text{ MN/m}^2$ .



#### Erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö

Maanpinnassa on 3,2...3,6 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 3,2...5,8 m. Turvekerroksen alapuolella pohjamaa on pääosin liejua. Maakerrokset ovat routivia. Alueella on tehty havaintoja kivisyydestä 5,2...6,5 m syvyydellä maanpinnasta. Erittäin vaikeasti rakennettavalla syvällä pehmeikköalueella pohjamaan alusrakenneluokka on G, jolloin routaturpoama  $t = 6 \%$  ja E-moduuli on  $10 \text{ MN/m}^2$ .

Alueella pohjavedenpinta on mitattu alueelle asennetuista pohjavesiputkista. Pohjavesiputkien sijainnit esitetty rakennettavuuskartalla (67208-G1). Pohjavesiputkissa pohjavedenpinta on ollut tasolla +41,6...+42,3 eli noin 0,5...1,4 m syvyydessä maanpinnasta mittausajankohtana 15.3.2022–4.4.2022. Kesällä 2012 asennetuissa pohjavesiputkissa pohjavedenpinta on ollut tasolla +42,6...+46,4 eli 0,2...0,5 m syvyydellä maanpinnasta mittausajankohtana 15.6.2012 – 5.6.2014. Turve- ja suoalueilla vesi voi olla maanpinnassa. Moreeniharjanteilla pohjaveden pinta on todennäköisesti syvemmällä.

## 4. RAKENNETTAVUUS

Helposti ja normaalisti rakennettavat alueet soveltuvat hyvin rakentamiseen. Alueilla rakennusten maanvarainen matalaperustus ja kunnallistekniikan rakentaminen on mahdollista ilman erityisiä pohjanvahvistustoimenpiteitä. Helposti ja normaalisti rakennettavilla alueilla kaivannot voidaan lähtökohtaisesti tehdä luiskattuina. Normaalisti rakennettavilla alueilla esiintyy paikoin löyhiä pintamaakerroksia ja tämän vuoksi korkeille, raskaille ja painumaherkille

rakenteille tai rakennuksille on syytä tehdä painumatarkastelu, jonka perusteella tulee tehdä päätös perustamistavasta ja mahdollisista pohjanvahvistuksista.

Vaikeasti rakennettavilla alueilla maanpinnassa on turvetta ja löyhiä maakerroksia. Vaikeasti rakennettava alue soveltuu välttävästi rakentamiseen. Alueet soveltuvat ensisijaisesti ammattirakentajien käyttöön, mutta huolellisella rakentamisella myös yksityisten rakentajien käyttöön. Näillä alueilla rakennukset on mahdollisesti perustettava esirakennus- ja pohjanvahvistustoimenpiteiden avulla, jolloin kysymykseen tulevat perustuksilta pohjamaalle aiheutuvista kuormista riippuen massanvaihto, esikuormitus (hiekkamailla, ei turpeella) ja paalutus. Perustettaessa kevyitäkin rakennuksia ilman pohjanvahvistustoimenpiteitä voivat painumat olla pohjarakennusohjeissa esitettyjä painuman raja-arvoja suurempia. Paaluperustuksissa on suositeltavaa tehdä alapohja kantavana rakennuksen sisäpuolisten täyttöjen aiheuttamien painumien estämiseksi. Paalupituudet tulee varmistaa heijarikairauksilla. Rakennusten massanvaihdon suurin suositeltava syvyys on noin 3...4 m. Vaikeasti rakennettavilla alueilla katu- ja piha-alueiden paksut täytöt voivat aiheuttaa painumia ja tämä tulee huomioida alueen korkotasojen suunniteltaessa. Katujen ja kunnallistekniikan rakentamisessa on varauduttava kaivantojen mahdolliseen tukemistarpeeseen ja pohjanvahvistustoimenpiteisiin, joita voivat olla esim. massanvaihto ja massastabilointi.

Erittäin vaikeasti rakennettavat alueet soveltuvat heikosti rakentamiseen ja alueilla on varauduttava mittavampiin pohjanvahvistustoimenpiteisiin.

Rakentaminen pehmeikkö- ja turvealueelle vaatii huomattavasti enemmän rakennusmateriaaleja ja luonnonvaroja sekä pohjanvahvistustoimenpiteitä. Nämä lisäävät osaltaan merkittävästi rakentamiskustannuksia ja samalla kasvattavat hiilidioksidipäästöjä. Vaikeasti ja erittäin vaikeasti rakennettavat alueet eivät resurssitehokkuus ja luonnon monimuotoisuus huomioiden ole parhaita mahdollisia rakennuskohteita. Vaikeasti ja erittäin vaikeasti rakennettavilla alueilla massanvaihdon syvyys katulinjoilla voi olla jopa 5 metriä. Näin ollen rakentamis- ja pohjanvahvistuskustannukset alueella ovat suuria.

Pohjamaa on paikoin häiriintymisherkkää ja kaivuolosuhteet voivat olla veden vaikutuksesta vaikeat. Pohjanvahvistusten (massanvaihto, stabilointi...) taso ja laajuus tulee varmistaa tarkemmilla pohjatutkimuksilla.

Rakennuksen alapohjarakenteita suunniteltaessa ja rakennettaessa on varmistuttava, ettei maaperän tai täyttösoran radon pääse huonetiloihin.

Alueella pohjavesi on korkealla, joten kellarillisten rakennusten rakentaminen ei ole suositeltavaa tai niiden osalta on varauduttava kuivatusratkaisuihin.

#### 4.1 Katurakenteet

Pihojen ja tonttien sisäisten kulkuväylien rakennekerrokset on suunniteltava tonttikohtaisesti huomioiden tontin käyttötarkoitus ja tasaus.

Katualueiden rakennekerrokset tehdään voimassa olevan "Oulun kaupungin katurakenteiden suunnitteluohjeen" mukaisesti. Rakennekerrosten valinnassa huomioidaan pohjamaan alusrakenne, katuluokat ja teknis-taloudellisesti saavutettava kuivatustaso sekä saatavilla olevat rakennusmateriaalit. Rakennusmateriaalien valinnassa ja katuverkon suunnittelussa on hyvä huomioida kestävä kehitys, hiilineutraalius ja kiertotalous.

Katujen ja kunnallistekniikan rakentamisessa on varauduttava kaivantojen mahdolliseen tukemistarpeeseen ja pohjanvahvistustoimenpiteisiin, joita voivat olla esim. massanvaihto ja

turpeen massastabilointi. Alueilla, joissa turvekerroksen alapuolella on lisäksi paksimmat löyhät maakerrokset, on varauduttava mittavampiin pohjanvahvistustoimenpiteisiin.

#### 4.2 Kuivatusrakenteet ja routasuojaus

Pääsääntöisesti rakennusten perustukset on aina salaojitettava. Pohjaveden kapillaarinen nousu rakenteisiin on estettävä tarkoitukseen soveltuvalla riittävän paksulla täytöllä.

Salaojitus ja tonttialueen kuivatus tehdään julkaisun "RIL 126-2009, Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus" mukaisesti.

Rakennusalueen alueellinen kuivatus ja pihan tasaus suunnitellaan erikseen.

Katurakenteet kuivatetaan salaojituksella tai avo-ojin päällysrakenteen alapinnan tason alapuolelle. Katurakenteiden salaojitus, pintavesien sadevesiviemärointi ja viemärikaivantojen rakentaminen yleensäkin alentaa pohjavedenpinnan tasoa alueella ja parantaa rakentamisolosuhteita.

Kaikki routimattoman perustamissyvyyden yläpuoliset rakenteet tulee routasuojata. Rakennukset ja rakenteet sekä rakennusten sisäänkäyntien portaat yms. suositetaan routaeristettäväksi, ellei niitä perusteta roudattomaan syvyyteen. Routasuojaus mitoitetaan julkaisun "RIL 261-2013 Routasuojaus - rakennukset ja infrarakenteet" mukaan.

Mitoittavana pakkasmääränä käytetään kerran 50 vuodessa toistuvaa pakkasmäärää, joka on Oulussa  $F_{50} = 55\ 000\ \text{Kh}$ .

#### 4.3 Maa- ja pohjarakennustyöt

Humusmaat ja muut pintamaat poistetaan rakennus- ja täyttöalueilta. Turvealueilla on tehtävä pohjanvahvistuksia (massanvaihtoa ja/tai massastabilointia) rakennusten, katujen ja kunnallistekniikan kohdalle, riippuen lopullisista tasoista ja katujen rakennepaksuuksista.

Yli 2 m syvistä kaivannoista on tehtävä erillinen kaivantosuunnitelma. Helposti ja normaalisti rakennettavilla alueilla voidaan lyhytaikaisissa, alle 2,0 m syvissä kaivannoissa käyttää luiskakaltevuutena alustavasti 1:1 kaltevuutta. Vaikeasti ja erittäin vaikeasti rakennettavilla alueilla tulee varautua luiskien loiventamiseen tai kaivannon tukemiseen jo matalammissa kaivannoissa. Kaivantojen tukemiseen tulee varautua myös pohjaveden alapuolelle ulottuvissa kaivannoissa.

Matalissa kaivannoissa työnaikainen kaivannon kuivatus voidaan yleensä hoitaa pumppauskuopista pumppaamalla. Pohjaveden työnaikainen alentaminen pienentää samalla kaivannon pohjan hydraulisen murtumisen vaaraa.

Alueen kaivumassat eivät sovellu käytettäväksi katujen, pihojen tai rakennusten routimattomissa täydyissä. Kaivumassoja voidaan lähtökohtaisesti käyttää kuivana luiskatäyttöihin (hiekkaiset massat) tai maastonmuotoiluun. Turve- ja koheesiomaat vietävä läjitykseen.

Maarakennustöitä suunniteltaessa on huomioitavaa, että silttinen ja moreeninen pohjamaa on märkänä erityisen häiriintymisherkkää. Häiriintyminen voi tapahtua esim. maarakennuskoneiden aiheuttamasta tärinästä ja kaivuutöistä pohjavesipinnan alapuolella.

Putkijohdot perustetaan roudattomaan syvyyteen tai käytetään routaeristeitä. Putkijohtolinjojen rakentamisessa tulee huomioida löyhän ja koheesiomaakerrosten painuminen, mikäli rakentaminen tehdään ennen esirakennus-/pohjanvahvistustoimenpiteitä. Tarvittaessa putkilinjan alle tehdään murskearina. Silttisen pohjamaan alueella murskearinan alla käytetään suodatinkangasta. Vaikeasti rakennettavalla alueella tulee varautua kunnallistekniikan rakentamisessa esim. työnaikaiseen tuentaan, pohjanvahvistustoimenpiteisiin (massanvaihto ja stabilointi) sekä teräslevyarinan käyttöön.

## 5. SULFIDI SELVITYS

### 5.1 Tausta ja tunnistaminen

Happamilla sulfidi/sulfaattimailla tarkoitetaan maaperässä luontaisesti esiintyviä rikkipitoisia sedimenttejä, joista vapautuu hapettumisen seurauksena haitallisia määriä happamuutta maaperään ja vesistöihin. Hapettuminen tapahtuu, kun maaperä pääsee kosketuksiin ilman hapen kanssa. Happamoitumisen seurauksena liukenee maaperästä myös haitallisia metalleja (esim. Al, Cd, Co, Cu, Ni, Zn), jotka kulkeutuvat edelleen vesistöihin. Happamista sulfaattimaista on Suomessa arvioitu huuhtoutuvan vesistöihin jopa enemmän haitallisia metalleja, kuten mangaania, sinkkiä, alumiinia, kuin yhteensä kaikista Suomen teollisuuden jätevesistä.

Kuivana ajanjaksona happamoitumisen seurauksena liuenneet happosuolat ja metallit pidättäytyvät maaperään. Sateiden tai sulamisvesien mukana sulfaattimaiden vedet huuhtoutuvat vesistöihin ja valumien pH voi olla alle 3. Happamissa vesissä sekä eliöstön että kasvillisuuden monimuotoisuus vähenee voimakkaasti, koska harvat lajit pystyvät elämään ja lisääntymään happamoituneissa vesissä. Herkimmät kalat voivat kuolla jo, kun vesistön pH laskee tason 5,5 alle. Happaman veden liuottama alumiini saostuu vesistöissä kalan kiduksissa aiheuttaen kalojen tukehtumista.

Hapan ympäristö myös lisää merkittävästi korroosionopeutta useilla metalleilla – myös teräksillä, mikä vaikuttaa rakentamissuunnitelmiin ja käytettäviin materiaaleihin.

Happamat sulfaattimaat tunnistetaan kenttähavaintojen ja laboratorioanalyysien perusteella. Kentällä tehdään havaintoja maalajista, maaperän kosteudesta, pohjavedenpinnan tasosta sekä mitataan alku-pH. Laboratoriossa analysoidaan happaman sulfaattimaan tunnistamiseksi kokonaisrikki sekä happamoitumispotentiaali (TPA pH) ja potentiaalinen asiditeetti (hapontuottopotentiaali). Lisäksi tehdään tarpeen mukaan tarkempi maalajimääritys pesuseulonalla sekä vesipitoisuus ja hehkutushäviö maaperän happamoitumisluokituksen täsmentämiseksi.

GTK:n ohjeistuksissa koheesiomaat luokituvat happamiksi sulfaattimaiksi, kun niiden kokonaisrikkipitoisuus ylittää 2000 mg/kg (0,2 m-%). Kitkamaalajit luokituvat happamiksi sulfaattimaiksi, jos niiden rikkipitoisuus ylittää 600 mg/kg (0,06 m-%).

Happamat sulfaattimaat voidaan luokitella kahteen ryhmään: 1. Todelliset happamat sulfaattimaat (THS) ja 2. Potentiaaliset happamat sulfidimaat (PHS).

- Todellinen hapan sulfaattimaa (THS) on hapettunut ympäristö, jonka pH on laskenut hapettumisen myötä alle 4,0.
- Potentiaalinen hapan sulfidimaa (PHS) on anaerobisessa tilassa oleva, happamuudeltaan neutraali, rikkipitoinen ympäristö, joka hapettuessaan tuottaa rikkihappoa muuttuen todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi. Potentiaalisella happamalla sulfidimaalla



tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jolla on potentiaalia muuttua todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi, mikäli maaperä pääsee hapettumaan.

## 5.2 Tulokset

Sulfaattimaanäytteet otettiin pohjatutkimusohjelman pisteistä 482, 491, 493, 496, 499, 506 ja 511. Kenttähavaintojen perusteella suoritettiin valituista näytteistä tarkempia analyysejä laboratoriossa. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Pohjavesi tuli vastaan kenttähavaintojen perusteella noin syvyydellä 1...2 m. Kenttä-pH oli välillä 4,36...7,1. Jokaisesta pisteestä tutkittiin laboratoriossa kokonaisrikki, joka vaihteli välillä 0,01...2,08 m-%.

Potentiaalisiksi happamiksi sulfaattimaiksi luokiteltavista näytteissä kokonaisrikkipitoisuus on tyypillisesti yli 0,2 % kuiva-aineesta koheesiomaalajeilla, yli 0,06 % kuiva-aineesta kitkamaalajeilla ja liejulla sekä turpeella 0,5–1,0 %. Tässä kohteessa kyse oli koheesiomaalajista. Kenttähavaintojen ja kokonaisrikin perusteella analysoitiin viiden pisteen näytteistä vielä happamoitumispotentiaali (TPA pH) ja hapontuottopotentiaali. Analyysitulokset vahvistavat aiempia sulfaattimaaselvityksen tuloksia (Ramboll 2015). Tämän rakennettavuus selvityksen mukaiset vaikeasti ja erittäin vaikeasti kaivettavan syvän pehmeikön alueet myötäilevät potentiaalisen happaman sulfaattimaan alueita (ks. liite Sulfaattimaan aluerajaus), joilla sulfaattimaat tulee huomioida suunnittelussa ja rakentamisessa ja tehdä luvussa 5.3 kuvattuja hapanta valuntaa ehkäiseviä toimenpiteitä kuivatustason tai massanvaihtojen ulottuessa turvekerroksen alapuolelle. Alin sallittu kuivatustaso alueella on +39.5...+41.5 riippuen turvekerroksen alapuolen korkotasosta. Pintaturve ei luokituksen mukaan ole merkittävästi happoa tuottavaa, kun rikkipitoisuudet ovat < 1,0 %, joten sen osalta voidaan toimia kuten tavanomaisesti.

Taulukko 1. Yhteenveto tutkimustuloksista.

| Piste | Syvyys (m) | Maalaji kenttähavaintojen perusteella | Värihavainnot kentällä | Kenttä-pH | kokonaisrikki (m-%) | TPA pH | Hapontuottopotentiaali |
|-------|------------|---------------------------------------|------------------------|-----------|---------------------|--------|------------------------|
| 482   | 0...1,3    |                                       | ru                     | 5,33      | 0,28                |        |                        |
|       | 1,3...2    | HHk/Si                                | ha                     | 5,98      | 0,04                |        |                        |
|       | 2...2,5    | HHk                                   | ha                     | 5,49      | 0,04                |        |                        |
| 491   | 0...0,7    | Tv                                    | ru                     | 4,71      | 0,48                |        |                        |
|       | 0,7...1    | HHk                                   | ha                     | 5,73      | 0,14                |        |                        |
|       | 1...1,5    | Si/Sa                                 | ha                     | 5,68      | 0,15                | 3,6    | suuri (235)            |
|       | 1,5...1,7  | Si                                    | ha                     | 7,10      | 0,09                |        |                        |
| 496   | 0...1      | Tv                                    | ru                     | 6,07      | 0,65                |        |                        |
|       | 1...2      | Tv                                    | ru                     | 6,48      | -                   |        |                        |
|       | 2...2,5    | Tv                                    | ru                     | 6,36      | 0,74                |        |                        |
|       | 2,5...3    | Tv/HHk                                | ru/ha                  | 5,88      | 2,22                | 2,2    | suuri (1827)           |
|       | 3...3,5    | Si/Sa                                 | ha/mu                  | 6,63      | 0,74                |        |                        |
|       | 3,5...4    | HHk/Si                                | ha                     | 5,35      | 0,26                |        |                        |
| 499   | 0...1,2    | Tv/Hk                                 | ru                     | 4,36      | --                  |        |                        |
|       | 1,2...2    | HHk/ Si/Sa                            | ha                     | 6,18      | 0,03                |        |                        |
|       | 2...2,5    | Si/Sa                                 | ha                     | 6,20      | 0,01                |        |                        |
|       | 2,5...3    | Si/Sa                                 | ha                     | 6,52      | 0,03                |        |                        |
| 493   | 0...1      | Tv                                    | ru                     | 4,52      | -                   |        |                        |
|       | 1...2      | Tv                                    | ru                     | 5,60      | 0,38                |        |                        |
|       | 2...2,5    | HHk/Si                                | ha                     | 5,99      | 0,46                | 2,7    | suuri (294)            |
|       | 2,5...3    | HHk/Si                                | ha                     | 6,15      | 0,11                |        |                        |
|       | 3...3,5    | HHk/Si                                | ha                     | 5,60      | 0,16                |        |                        |
| 506   | 0...1      | Tv                                    | ru                     | 5,73      | -                   |        |                        |
|       | 1...2      | Tv                                    | ru                     | 5,71      | 0,30                |        |                        |
|       | 2...2,5    | HHk/Si                                | ha                     | 6,49      | 2,08                | 2,2    | suuri (1156)           |

|            |                |        |    |      |      |     |             |
|------------|----------------|--------|----|------|------|-----|-------------|
|            | <b>2,5...3</b> | HHk/Si | ha | 6,54 | 2,08 |     |             |
| <b>511</b> | 0...1          | Tv     | ru | 5,45 | -    |     |             |
|            | 1...1,4        | Tv     | ru | 5,62 | 0,69 |     |             |
|            | <b>1,4...2</b> | HHk/Si | ha | 6,61 | 1,14 | 2,8 | suuri (276) |
|            | <b>2...2,8</b> | HHk/Si | ha | 5,93 | 0,21 |     |             |

### 5.3 Toimenpidesuositukset jatkosuunnitteluun

Sulfidimaiden rikkiyhdisteet muodostavat hapettuessaan rikkihappoa ( $H_2SO_4$ ). Maaperässä liikkuva vesi huuhtoo rikkihapon mukaansa ja vesi happamoituu. Happamoitumisen voimakkuuteen vaikuttaa muodostuneen rikkihapon määrä ja muut mahdollisesti puskuroivat yhdisteet, jotka ovat liuenneet veteen. Maaperän ollessa pohjavedenpinnan alapuolella, on maaperän happipitoisuus hyvin matala ja rikkihappoa ei pääse muodostumaan.

Rakennustöiden yhteydessä tehtävien pohjaveden alennusten myötä happi pääsee maaperään pohjaveden laskeutumisesta ja rikkihapon muodostuminen alkaa. Sadannasta tai sulamisvesistä muodostuva valunta taas huuhtoo hapot mukanaan vastaanottaviin vesistöihin. Happamoitumista ehkäiseviin ja hallitseviin toimiin on syytä varautua jo maanmuokkaustoimia suunniteltaessa.

Rakennustoiminta sulfidimaa-alueella voi aiheuttaa haittoja pohjavedenpinnan laskun seurauksena massanvaihtojen sekä muiden kaivutöiden yhteydessä. Näitä toimintoja suunniteltaessa voidaan sulfidimaiden haitallista vaikutusta ehkäistä ja vähentää erityyppisillä toimenpiteillä, joita on kuvattu tässä kappaleessa.

#### 5.3.1 Pohjaveden pinnan alin taso ja alin sallittu kuivatustaso

Rakentamisalueiden kuivatustasojen muutos on tyypillisimpiä rakentamisen aiheuttamia toimia sulfidimailla. Kuivatustason (eli pohjaveden pinnan alimman tason) alentaminen alueilla, joilla esiintyy happamia sulfidimaita aiheuttaa kuivatetun kerroksen hapettumista ja edelleen happamoitumista. pH:n lasku puolestaan aiheuttaa metallien merkittävää liukenemistä ja huuhtoutumista vesistöön.

Ensisijainen toimenpide, jolla happamien vesien syntyä voidaan ehkäistä, on pohjavedenpinnan tason pitäminen potentiaalisen happaman maakerroksen yläpuolella eli noin 1...2 metrissä. Kuivatustasolla on merkitystä etenkin alueen korkeusmaailman suunnitteluun. Sulfidimaa-alueella kaivutoimenpiteet ja kuivatuksen taso ovat esitettyjä alimpia kuivatustasoja ylempänä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaivuutoimia, jotka ovat pysyviä, ei saa ulottaa pohjavedenpinnan alapuolelle, ellei toteuteta happaman valunnan muodostumisen ehkäisemiseksi tässä luvussa 5.3 esitettyjä toimenpiteitä.

#### 5.3.2 Massanvaihto ja ylijäämämaiden käsittely

Rakentamista ajatellen yleisimmät sulfidipitoiset maalajit kuten savi ja siltti ovat liian heikkolaatuisia kantavuutensa puolesta useimmille rakennustoimenpiteille. Tämän vuoksi savi- ja silttimaat vaativat yleensä pohjanvahvistamista, joka voidaan toteuttaa mm. massanvaihtona. Sulfidipitoisten massojen kaivaminen aiheuttaa niiden hapettumisen ja rikkihapon muodostumisen, jos massat altistuvat tarpeeksi kauan hapelle. Kaivutoimenpiteet avaavat potentiaalisen sulfidimaan kerroksia alttiiksi hapettumiselle.

Riskinhallintakeinoja massankaivukohteissa ovat mm.:

- kaivantovesien mahdollinen käsittely ennen vesistöön ohjaamista

- kaivumassan esikäsitteily ennen kaivua (stabilointi ja neutralointi) mikäli paljastuneet uudet leikkauspinnat jäävät hapellisiin olosuhteisiin
- työn vaiheistus, kaivannon sulkeminen ja koon mitoitus kohteeseen tarkoituksenmukaisella tavalla

Kaivanto, josta massat on nostettu ylös, tulee täyttää mahdollisimman nopeasti, ettei kaivannon reuna-alueilla mahdollisesti sijaitsevat sulfidipitoiset maamassat pääse hapettumaan. Aikataulun kireys on riippuvainen alapuolisen vesistön herkkyydestä ja sulfidisaven hapettumisen nopeudesta. Mitä isompi vesistö sitä suurempi sietokyky sillä on mahdollisille happamille pulseille. Pienemmät purot, joissa on pH-vaihteluita heikosti sietävää eliöstöä tai kasvillisuutta, tulee ottaa erityisesti huomioon kaivantovesien johtamista suunniteltaessa.

Ylijäämämassojen vastaanottoaikalalla tulee olla valmiudet käsitellä tai peittää massat asianmukaisesti, ettei vastaanottoalueelta tule happamia valuntoja. Rikkiä sisältävät, happoa muodostavat maa-ainekset ovat ympäristön kannalta aina turvallisinta sijoittaa syntypaikkaansa vastaaviin olosuhteisiin eli vallitsevan maanpinnan tason alapuolelle, ja jos mahdollista, vesipinnan alapuolelle, jotta rikin hapettuminen ja hapon muodostus olisi mahdollisimman vähäistä. Mikäli näin ei voida toimia, on massan neutralointi, hyötykäyttö esimerkiksi maisemarakenteina, erilaisina penkereinä tai maiseman muotoiluelementteinä ja peittäminen esimerkiksi moreenilla tai turpeella hyvä tapa ehkäistä happamien vesien muodostumista.

Mikäli alueiden rakentaminen sisältää paljon potentiaalisia massanvaihtokohteita, kannattaa sulfidimaa-alueella harkita myös massastabilointia pehmeikköjen rakennettavuuden parantamiseen. Stabilointi vähentää merkittävästi massanvaihdon tarvetta (turve, lieju, savi, siltti) ja vähentää hankkeen välillisiä kustannuksia sekä ympäristövaikutuksia. Hankkeen kokonaisuuteen kuuluvat massanvaihdot, massojen kuljetukset soveltuville läjitysalueille sekä rakenteisiin sopivien useimmiten neitseellisten materiaalien kuljetus kohteeseen ovat kuluja, joista saadaan säästöjä, jos alueen sisäistä massataloutta voidaan suunnitella normaalia pidemmällä aikajänteellä.

Massastabilointi tulee usein kustannustehokkaaksi menetelmäksi jo 5 000 m<sup>3</sup> stabilointikohteissa. Katurakenteiden pohjanvahvistuksena massastabilointi toimii joko sellaisenaan tai sitten massanvaihdon yhteydessä, jolloin poiskaivettavan massan happamoituminen ja sen aiheuttamat ympäristöriskit pienenevät. Myös stabiloidun massan kuljetus- ja läjitystyö on helpompaa.

### 5.3.3 Putkikaivannot

Putkikaivannot suositellaan perustettavaksi sulfidipitoisten maiden yläpuolelle ja jäätyminen estetään routasuojauksilla, sekä tarvittaessa saattolämmityksillä. Mikäli putkikaivanto joudutaan ulottamaan sulfidikerrokseen asti, tulee kaivantoon asentaa virtausesteet sulfidialueen molempiin päihin. Virtausesteenä voidaan käyttää 500 mm moreeni- tai savikerrosta, joka ulottuu kaivannon pohjalta 0,5 m sulfidikerroksen yläpuolelle. Virtauskatkolla estetään veden virtaus kaivantoa pitkin ja happamien vesien purkautuminen kaivannon alueelta.

Putkilinjoja perustettaessa sulfidimaille tulee putkimateriaalina käyttää muovia (PE) ja kiinnitystarvikkeissa ja toimilaitteissa happamia olosuhteita kestäviä materiaaleja, esim. hapon kestävästä teräksestä (HST). Rakennussuunnittelussa tulee varmistaa käytettävien materiaalien soveltuvuus sulfidimaille.

#### 5.3.4 Maanalaiset rakenteet ja paalutus

Mikäli sulfidipitoisilla alueilla perustusrakenteita kuten paalutuksia tulee sulfidimaakerrokseen, tulee huomioida maaperän potentiaalinen happamuus perustusmateriaaleja valittaessa. Lisäksi tulee huolehtia, ettei perustusrakenteet mahdollista pohjaveden purkautumista hallitsemattomasti alueelta. Mikäli perustusalue kuivatetaan, tulee varautua erittäin happamiin olosuhteisiin materiaaleja valittaessa.

#### 5.4 Happaman valunnan hallinta

Selvitysalueella rakentamisen yhteydessä ei todennäköisesti voida täysin välttyä kaivamiselta tai pohjavedenpinnan alentamiselta sulfidipitoisen kerroksen alapuolelle. Kaivannon kuivatuksesta tulevat valunnat tulee hallita asianmukaisesti, ettei happamat valunnat pääse vesistöön, ellei alueella suoriteta laajamittaista massanvaihtoa/neutralointia. Hapoa muodostavien kaivumassojen käsittely on esitetty kohdassa 5.3.2. Selvitysalueella tulee kaikissa pohjaveden alentamistoimissa ja kaivuutöissä varautua kuivatusvesien käsittelyyn ennen niiden vesistöön johtamista.

##### 5.4.1 Työnaikaisen kaivannon kuivatus ja väliaikaiset käsittelyratkaisut

Määritellyillä sulfidimaa-alueilla tulee varautua kuivatusvesien käsittelyyn, mikäli kuivatustaso ulottuu turvekerroksen alapuolelle. Työnaikainen kuivatus tapahtuu kaivannoista pumppaamalla, jolloin kontti- tai kaivomallinen suodatin on helposti toteutettavissa ja tarvittaessa siirrettävissä eri kohtaan tai toiselle työmaalle. Kaivon voidaan toteuttaa kalkkikivisuodatin, jossa tulovesi syötetään kaivon pohjalle, josta vesi leviää tasaisesti suodatinmateriaaliin. Vesi virtaa suodatinmateriaalin läpi ja neutraloituu reagoidessaan kalkkikiven kanssa. Vesi purkautuu suodattimen yläosasta ja se suositellaan johdettavaksi vielä laskeutusaltaan kautta ennen vesistöön purkua.

Suodattimen toiminnassa on huomioitava, että tulovirtaaman tulee olla riittävän suuri suodatinpinta-alan ja materiaalin suhteen, jotta suodatinmateriaali alkaa liikkua virtaavan veden mukana. Neutralointiprosessissa muodostuu kipsiä ja neutraloidusta vedestä voi saostua metalleja, jotka voivat peittää kalkkikiven. Kalkkikiven liikkeessä virtaaman voimasta saadaan mekaanisesti rikottua mahdolliset pintasaostumat, jotka estäisivät neutraloinnin tapahtumisen.

Lisäksi kalkkikivi tulee erottaa verkolla purkuputkista, jottei kalkkikivi pääse huuhtoutumaan purkuputkiin tai muilla keinoin estää hienoaineksen kulkeutuminen purkuveden mukana. Järjestelmään tulee liittää minimissään poistoveden pH seuranta, jolloin voidaan todeta neutraloinnin toimivan toivotulla tavalla. Kuivatusvesistä voidaan mitata pH:ta myös tulevasta vedestä ja ohjata vain happamat vedet käsittelyyn. Muut ei-happamat vedet voidaan johtaa suoraan vesistöön. Happamuuden raja-arvona voidaan pitää pH:ta 5,5. Mikäli valunnan pH on alle 5,5, tulee vedet neutraloida kalkkivisuodatuksella tai vastaavalla menetelmällä. Mikäli tuloveden pH on yli 5,5 voidaan valunta johtaa ilman neutralointikäsittelyä vesistöön.

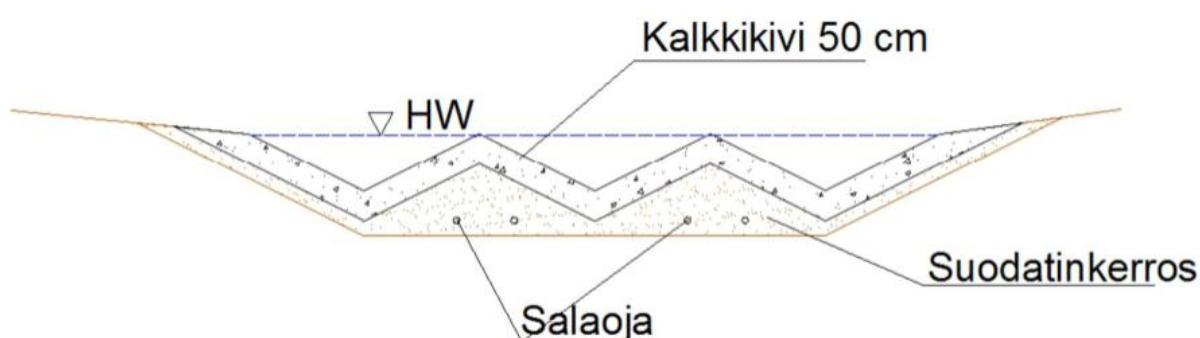
##### 5.4.2 Pysyvät kuivatusvesien käsittelyratkaisut

Mikäli rakentaminen ja perustusten kuivatus tulee ulottumaan sulfidimaakerrokseen, tulee varautua pitkäaikaiseen kuivatusvesien käsittelyyn. Järjestelmän toteuttamisen kannalta on tärkeintä pitää happamat vedet erillään ns. neutraaleista vesistä ennen käsittelyä. Tällöin saadaan pidettyä neutralointilaitteen mitoitus kohtuullisena.

Pysyvissä kuivatuskohteissa voidaan käyttää vastaavaa kaivoratkaisua kuin työaikaisissakin järjestelyissä. Rakenteissa ja materiaalivalinnoissa tulee tällöin kiinnittää erityistä huomiota

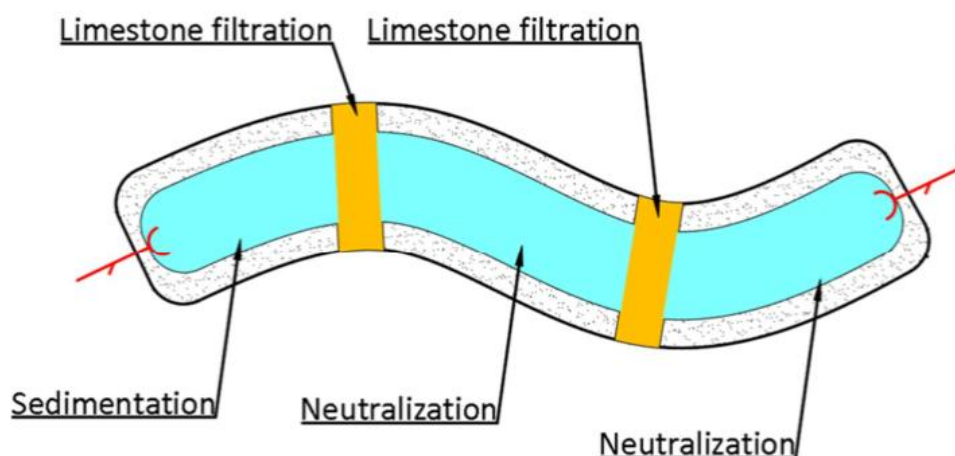
rakenteiden korroosion kestävyys. Suosittelemme toimilaitteiden ja kiinnitystarvikkeiden materiaaliksi tällöin haponkestävää terästä (HST). Putki- ja kaivomateriaalit voidaan toteuttaa muovisina (PE).

Pysyvänä neutralointirakenteena voidaan toteuttaa maapohjainen suotopato kalkkikivirouheesta. Suotorakenteen periaatepiirros on esitetty oheisessa kuvassa (Kuva 5). Tällöin suotovedet ohjataan maanpäälliseen avoaltaaseen, josta vesi suotautuu kalkkikivimurskeen läpi ja kerätään murskeen alla olevassa salaojakerroksessa putkistoon, josta vesi johdetaan laskuojaan tms. vesistöön. Myös tässä rakenteessa tulee huomioida, että rakenteeseen johdetaan vain happamoitumisriskin alueilta tulevia vesiä ja muut pintavaluntana syntyvät neutraalit vedet johdetaan suodatinkentän ohitse. Tällöin päästään käsittelemään pienempiä vesimääriä ja suuremman väkyyden omaavaa vettä, jolloin neutralointiprosessi toimii tehokkaammin.



Kuva 5. Periaatepiirros neutraloivan suodatinkentän rakenteesta.

Kalkkisuotopato voidaan myös yhdistää laskeutusallasrakenteeseen, jolloin sedimentaatio saadaan keskitettyä helposti huollettaviin altaisiin, joiden yhteyteen asennettavat suotopadot neutraloivat hapanta valuntaa. Periaatekuva tällaisesta rakenteesta on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 6).



Kuva 6. Periaatepiirros laskeutusallas-suotopato -yhdistelmärakenteesta.

Sulfidimaa sisältää määrätyn verran rikkihappoa tuottavaa rikkisulfaattia ja tästä voidaan laskennallisesti määrittää tarvittavan kalkkisuodatuksen koko ja kalkkimäärä. Tällöin pyrittäisiin toteuttamaan kalkkisuodatin kertatoimisena, jolloin suodatinrakenne pystyisi neutraloimaan kaiken kuivatusalueelta syntyvän valunnan ja tämän jälkeen alueelta ei tulisi enää happamia

valuntoja. On kuitenkin mahdollista, että maaperän hapettuminen on hidasta ja suodatinkentän tekninen käyttöikä saavutetaan ennen kuin kaikki rikki on hapettunut rikkihapoksi maaperässä. Tällöin suodatinkenttä täytyy saneerata tarvittaessa. Suodatinkentän tekniseksi käyttöikäksi arvioidaan 5– 10 vuotta.

## 6. TIIVISTELMÄ

Ahokankaan pohjois- ja keskiosissa sijaitsevat helposti- ja normaalisti rakennettavat alueet soveltuvat hyvin rakentamiseen (rakennettavuuskartassa vihreät alueet). Rakennukset voidaan pääasiallisesti perustaa maanvaraisesti ja kunnallistekniikka rakentaa ilman erityisiä pohjanvahvistustoimenpiteitä. Korkeille, raskaille ja painumaherkille rakenteille tai rakennuksille suositellaan tekemään tarvittaessa painumatarkastelu.

Alueen etelä- ja itäosat ovat pääosin vaikeasti ja erittäin vaikeasti rakennettavia pehmeikkö-/turvealueita, jotka soveltuvat välttävästi tai heikosti rakentamiseen (rakennettavuuskartassa siniset alueet). Alueella pehmeikön paksuus vaihtelee noin 2...6 metrin välillä. Vaikeasti rakennettavilla alueilla rakennukset on perustettava esimerkiksi massanvaihdon, paalujen tai esikuormituksen (hiekkamaat, ei turvealueille) avulla. Katujen ja kunnallistekniikan rakentamisessa on varauduttava kaivantojen mahdolliseen tukemistarpeeseen ja pohjanvahvistustoimenpiteisiin, joita voivat olla esim. massanvaihto ja pehmeikön paksuudesta riippuen massa- tai pilaristabilointi. Erittäin vaikeasti rakennettaville alueille rakennettaessa on varauduttava mittavampiin pohjanvahvistustoimenpiteisiin, sekä eri toimenpiteiden yhdistämiseen. Rakentaminen pehmeikkö- ja turvealueelle vaatii huomattavasti enemmän resursseja, rakennusmateriaaleja ja luonnonvaroja sekä pohjanvahvistustoimenpiteitä. Nämä lisäävät osaltaan merkittävästi rakentamiskustannuksia ja samalla kasvattavat hiilidioksidipäästöjä. Kustannusten ja luonnon monimuotoisuus huomioiden turvealueet eivät ole parhaita mahdollisia rakennuskohteita.

Tässä selvityksessä esitetyt maaperäolosuhteiden rajat ovat ohjeellisia. Alueen rakennussuunnitteluvaiheessa pohjatutkimuksia tulee täydentää katurakenteiden ja suunnitteluratkaisujen tarkentamiseksi.

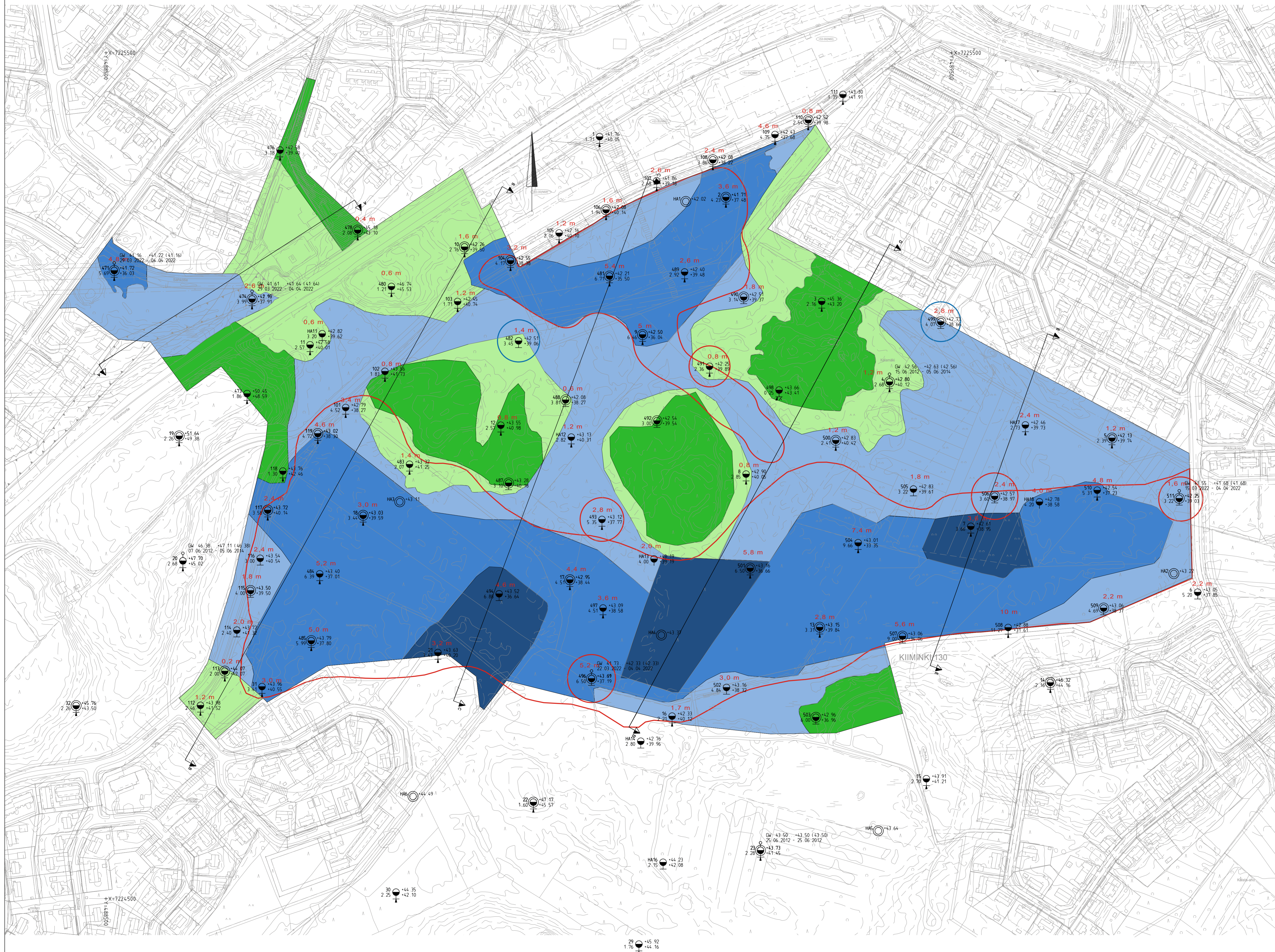
Kunkin rakennuksen osalta on tehtävä tonttikohtainen pohjatutkimus lopullisen perustamistavan ja mahdollisen pohjanvahvistuksen määrittämistä varten. Kunkin hankkeen pohjarakennussuunnittelija määrittää tapauskohtaisesti lopullisen perustamistavan, sallitun pohjapaineen ja painuman sekä vaadittavat pohjanvahvistustoimenpiteet, kuten massanvaihdot turvealueilla. Tarkentavat painuma- ja kantavuuslaskelmat tulee tehdä, kun alueen tasaus ja rakennusten ja rakenteiden alustavat kuormat ovat tiedossa

Tämän rakennettavuusselvityksen mukaiset vaikeasti ja erittäin vaikeasti kaivettavan syvän pehmeikön alueet myötäilevät potentiaalisen happaman sulfaattimaan alueita, joilla sulfaattimaat tulee huomioida suunnittelussa ja rakentamisessa ja tehdä ohjeistettuja hapanta valuntaa ehkäiseviä toimenpiteitä kuivatustason tai massanvaihtojen ulottuessa turvekerroksen alapuolelle; alin sallittu kuivatustaso alueella on +39.5...+41.5 riippuen turvekerroksen alapuolen korkotasosta. Pintaturve ei ole analyysien perusteella happoa tuottavaa, joten niiden käsittelyssä voidaan toimia normaalilla tavalla. Pohjavesipinnan tasoa on syytä seurata jatkosuunnittelun aikana, ja koko suunnittelualueella tulee välttää pohjavedenpinnan laskua rakentamisen seurauksena.

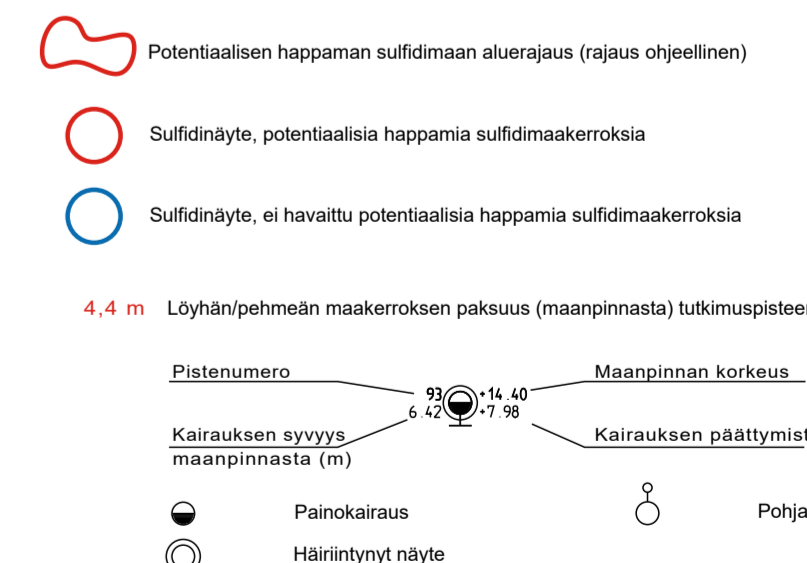
Happamien sulfaattimaiden osalta kaavamääräysehdotus:

Potentiaalinen hapan sulfaattimaa-alueella alin sallittu kuivatustaso alueella +39.5...+41.5 (N2000) riippuen turvekerroksen alapuolen korkotasosta, joka vaihtelee ja on määriteltävä

tonttikohtaisesti. Happamoitumisriski on otettava huomioon rakenteiden suunnittelussa, kaivutöissä, massanvaihoissa ja maa-aineksen läjityksessä turvekerroksen alapuolisissa maakerroksissa happamoitumishaittojen ennaltaehkäisemiseksi. Pohjaveden pintaa ei saa alentaa. Kellareiden rakentaminen alueella on kielletty.

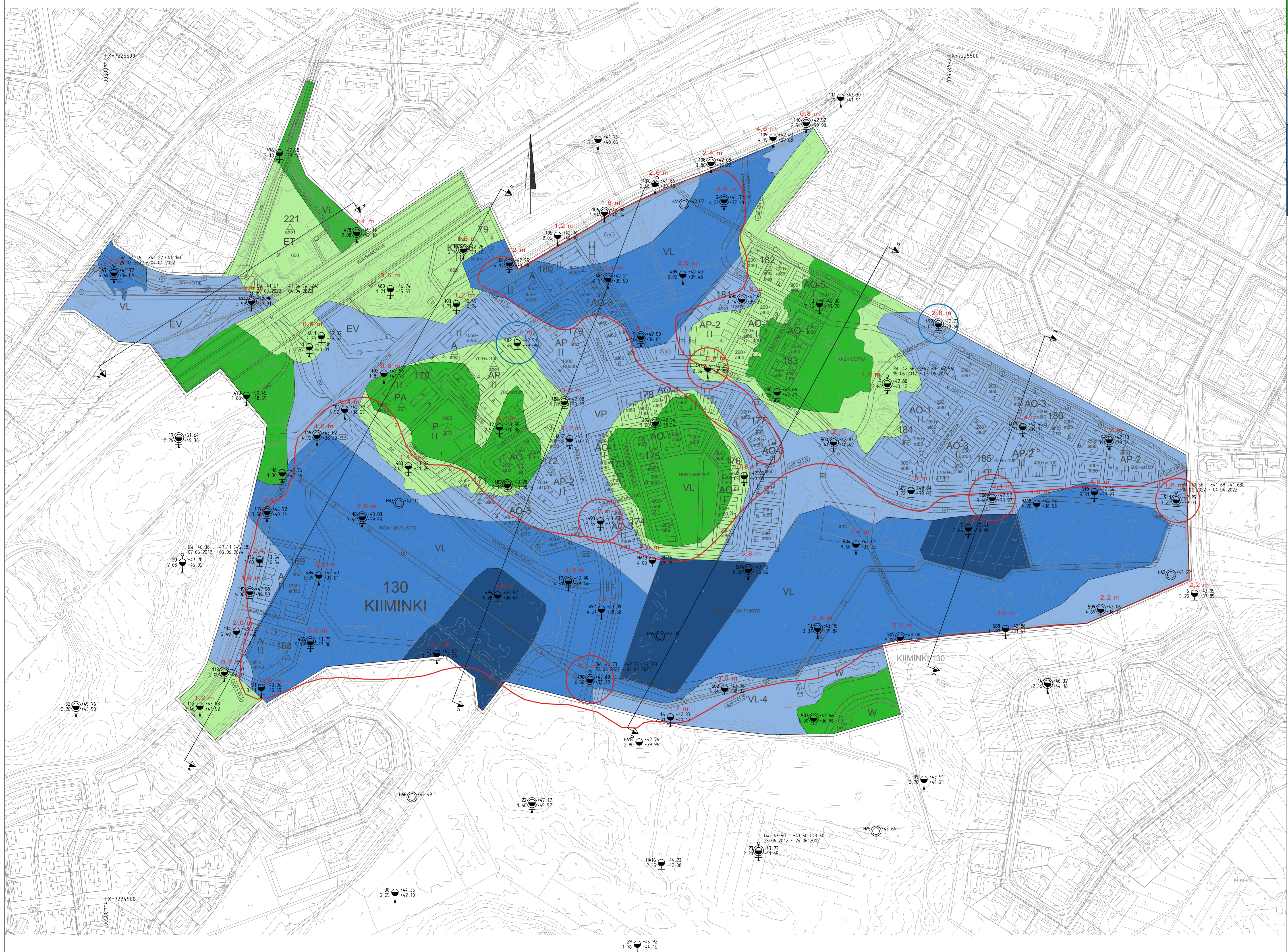


| Rakennettavuusluokka                                  | Rakennettavuusluokan kuvaus   |
|---|---|
| <b>Helposti rakennettava</b>                          | -Kantava pohjamaa hiekkamoreenia ja soraista hiekkamoreenia<br>-Tasainen maasto, kaltevuus alle 10 %<br>-Alustava geotekninen kantavuus käyttörajatilassa 200 kPa<br>-Rakennusten maanvarainen perustamisyyvyys alle 1 m<br>-Katu- ja pihojen ja teiden päälysrakenteen maanvaraisesti<br>-Putkiinjat maanvaraisesti, tukematonta kaivanto mahdollinen kaivannon syvyys huomioiden              |
| <b>Normaalisti rakennettava</b>                       | -Kantava pohjamaa pääosin siltistä hiekkamoreenia, paikoin hienoa hiekkaa ja soramoreenia<br>-Alustava geotekninen kantavuus käyttörajatilassa 200 kPa<br>-Rakennusten maanvarainen perustamisyyvyys alle 2 m<br>-Katu- ja pihojen ja teiden päälysrakenteen maanvaraisesti<br>-Putkiinjat maanvaraisesti sora- tai murskearvalla, tukematonta kaivanto mahdollinen kaivannon syvyys huomioiden |
| <b>Vaikeasti rakennettava pehmeikkö</b>               | -Pohjamaa pääosin siltistä ja siltistä/soraista hiekkamoreenia. Maan pinnassa korkeintaan 2,0 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 0,8...3,4 m<br>-Rakennusten perustaminen paalulla kantavaan maahan tai massanvaihto<br>-Katu- ja pihojen sekä kunnallistekniikan perustaminen mahdollisesti pohjanvahvistus-toimenpiteiden avulla<br>-Putkiinjoilla tuettu kaivanto                  |
| <b>Vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö</b>          | -Pohjamaa pääosin hiekkaisista siltistä ja hiekkaisista siltimoreenia. Maan pinnassa korkeintaan 3,0 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 2,4...10 m<br>-Rakennusten perustaminen paalulla kantavaan maahan tai massanvaihto<br>-Katu- ja pihojen sekä kunnallistekniikan perustaminen mahdollisesti pohjanvahvistus-toimenpiteiden avulla<br>-Putkiinjoilla tuettu kaivanto            |
| <b>Erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö</b> | -Pohjamaa pääosin leijua. Maan pinnassa 3,2...3,6 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 3,2...5,6 m<br>-Rakennusten perustaminen paalulla kantavaan maahan<br>-Katu- ja pihojen sekä kunnallistekniikan perustaminen mahdollisesti pohjanvahvistus-toimenpiteiden avulla<br>-Putkiinjoilla tuettu kaivanto   |

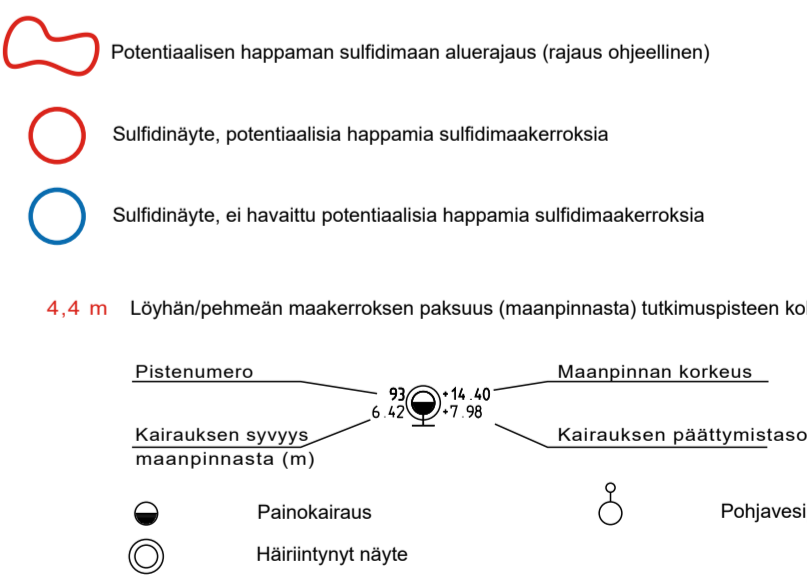


| Merkki   | Muutos   | Pvm          | Suunn.                              | Tark.   |                |  |             |                                     |
|--|--|--------------|-------------------------------------|---------|----------------|--|-------------|-------------------------------------|
| Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK26 ja N2000   |  |              |                                     |         |                |  |             |                                     |
| Teema  | Geotekniikka   | Kaupunginosa | 130 Kiiminki                        |         |                |  |             |                                     |
| Hanki  | Ahokankaan rakennettavuus- ja sulfinnäilyt                     |              |                                     |         |                |  |             |                                     |
| Kunde  | Ahokangas  |              |                                     |         |                |  |             |                                     |
| Alaasiainio  | Rakennettavuuskartta   |              | Mittakaava                          | 1:2000  |                |  |             |                                     |
| <table border="0"> <tr> <td><b>RAMBOLL</b></td> <td>Ramboll<br/>Keskustienkatu 1A<br/>80200 Oulu<br/>puh. 020 755 611</td> <td><b>OULU</b></td> <td>YHDYSKUNTA- JA<br/>YMPÄRISTÖALUELLUT</td> </tr> </table> |  |              |                                     |         | <b>RAMBOLL</b> | Ramboll<br>Keskustienkatu 1A<br>80200 Oulu<br>puh. 020 755 611 | <b>OULU</b> | YHDYSKUNTA- JA<br>YMPÄRISTÖALUELLUT |
| <b>RAMBOLL</b>   | Ramboll<br>Keskustienkatu 1A<br>80200 Oulu<br>puh. 020 755 611 | <b>OULU</b>  | YHDYSKUNTA- JA<br>YMPÄRISTÖALUELLUT |         |                |  |             |                                     |
| Suunnittelija  | Paula Lisanantti   | Hyväksyjä    | Minna Koukkula                      |         |                |  |             |                                     |
| Hyväksyjä  | Noora Karjalainen  | Pvm          | 10.6.2022                           | Piir.no |                |  |             |                                     |
| Piir.no  | 67208-G1   |              |                                     |         |                |  |             |                                     |

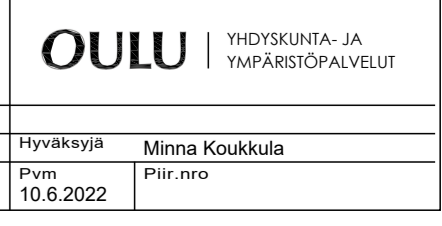




| Rakennettavuusluokka                                  | Rakennettavuusluokan kuvaus   |
|---|---|
| <b>Helposti rakennettava</b>                          | -Kantava pohjamaa hiekkamoreenia ja soraista hiekkamoreenia<br>-Tasainen maasto, kaltevuus alle 10 %<br>-Alustava geotekninen kantavuus käyttörajatilassa 200 kPa<br>-Rakennusten maanvarainen perustamisyyvyys alle 1 m<br>-Katu- ja pihojen ja teiden päällysrakenteen maanvaraisesti<br>-Putkiinjat maanvaraisesti, tukematont kaivanto mahdollinen kaivannon syvyys huomioiden              |
| <b>Normaalisti rakennettava</b>                       | -Kantava pohjamaa pääosin siltistä hiekkamoreenia, paikoin hienoa hiekkaa ja soramoreenia<br>-Alustava geotekninen kantavuus käyttörajatilassa 200 kPa<br>-Rakennusten maanvarainen perustamisyyvyys alle 2 m<br>-Katu- ja pihojen ja teiden päällysrakenne maanvaraisesti<br>-Putkiinjat maanvaraisesti sora- tai murskearinnalla, tukematont kaivanto mahdollinen kaivannon syvyys huomioiden |
| <b>Vaikeasti rakennettava pehmeikkö</b>               | -Pohjamaa pääosin siltistä ja siltistä/soraista hiekkamoreenia. Maan pinnassa korkeintaan 2.0 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 0.8 - 3.4 m<br>-Rakennusten perustaminen paalulla kantavaan maahan tai massanvaihto<br>-Katu- ja pihojen sekä kunnallistekniikan perustaminen mahdollisesti pohjanvahvistus-toimenpiteiden avulla<br>-Putkiinjoilla tuettu kaivanto                  |
| <b>Vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö</b>          | -Pohjamaa pääosin hiekkaisista siltistä ja hiekkaisista siltimareenia. Maan pinnassa korkeintaan 3.0 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 2.4 - 10 m<br>-Rakennusten perustaminen paalulla kantavaan maahan tai massanvaihto<br>-Katu- ja pihojen sekä kunnallistekniikan perustaminen mahdollisesti pohjanvahvistus-toimenpiteiden avulla<br>-Putkiinjoilla tuettu kaivanto            |
| <b>Erittäin vaikeasti rakennettava syvä pehmeikkö</b> | -Pohjamaa pääosin liejuja. Maan pinnassa 3.2 - 3.6 m turvetta, löyhän kerroksen kokonaispaksuus 3.2 - 5.6 m<br>-Rakennusten perustaminen paalulla kantavaan maahan<br>-Katu- ja pihojen sekä kunnallistekniikan perustaminen mahdollisesti pohjanvahvistus-toimenpiteiden avulla<br>-Putkiinjoilla tuettu kaivanto  |

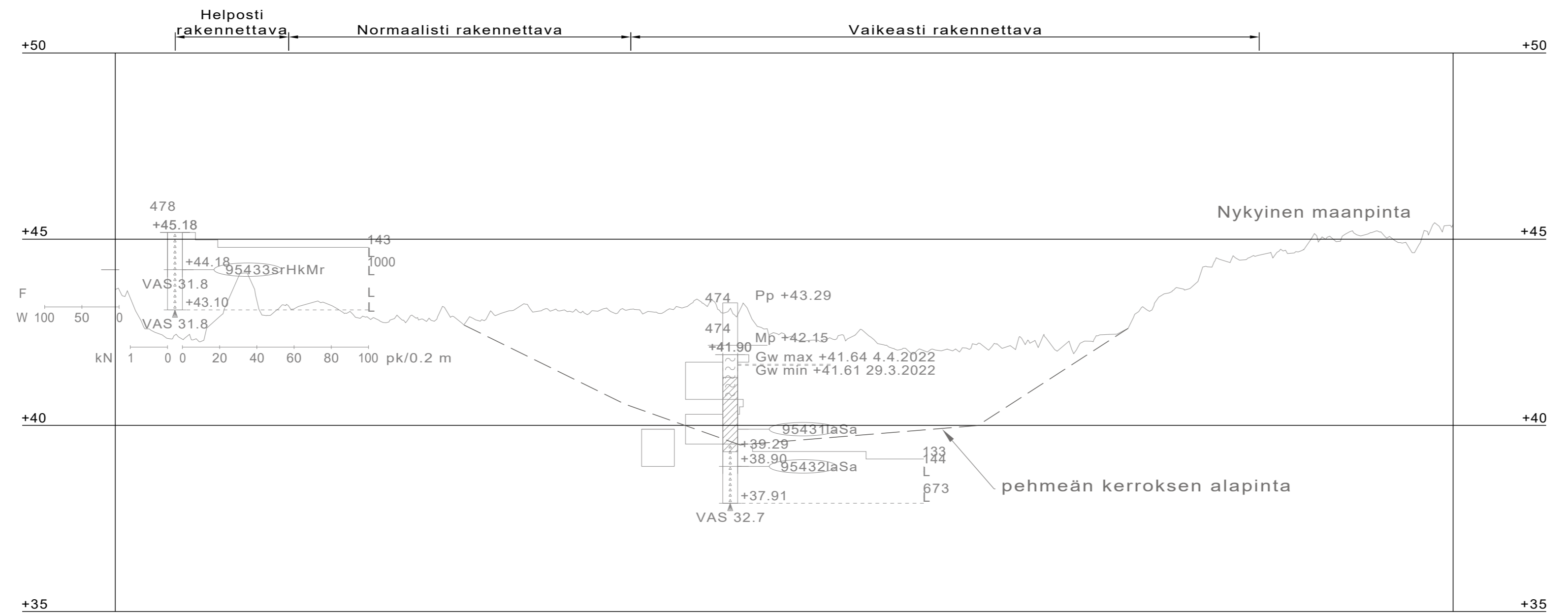


| Merkki        | Muutos   | Pvm                       | Suunn.         | Tark. |
|---------------|--|---------------------------|----------------|-------|
| Koordinatit   | ETRS-GK26 ja N2000   |                           |                |       |
| Teema         | Geotekniikka   | Kaupunginosa 130 Kiiminki |                |       |
| Hanki         | Ahokankaan rakennettavuus- ja sulfididäilytys                  |                           |                |       |
| Kuusi         | Ahokangas  |                           |                |       |
| Alaasiainio   | Rakennettavuuskartta   |                           |                |       |
| Ramboll       | Ramboll<br>Rakennettavuus LA<br>90230 Oulu<br>puh. 020 755 611 |                           |                |       |
| Suunnittelija | Paula Lisanantti   | Hyväksyjä                 | Minna Koukkula |       |
| Hyväksyjä     | Noora Karjalainen  | Pvm                       | 10.6.2022      |       |
| Piir.no       | 67208-G1   | Piir.zero                 |                |       |

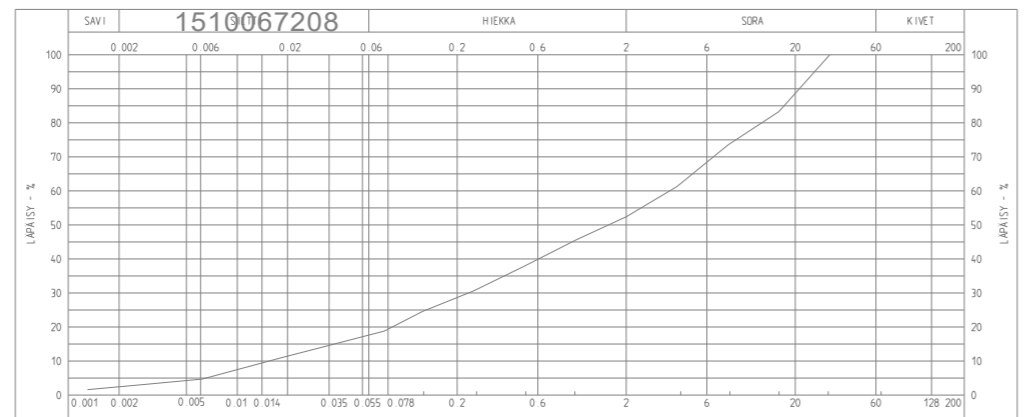


29  
1.76 +45.92  
+44.16

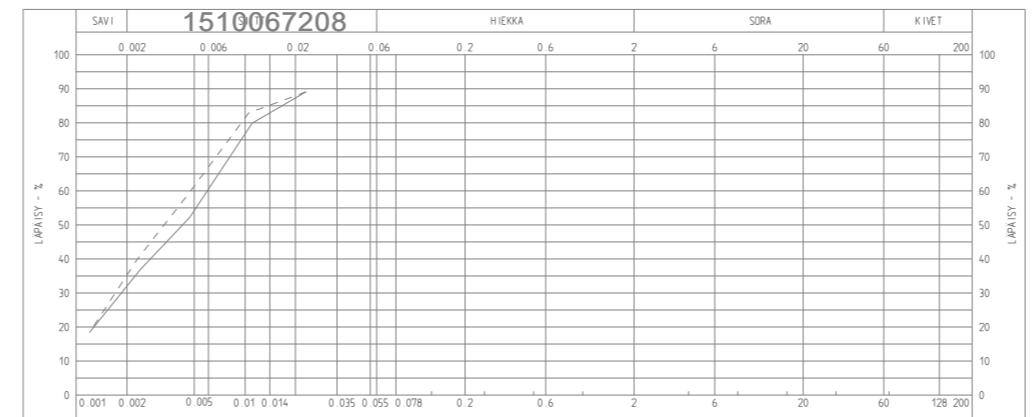
LEIKKAUS A - A  
1:1000/1:100



478  
Näyte 95433



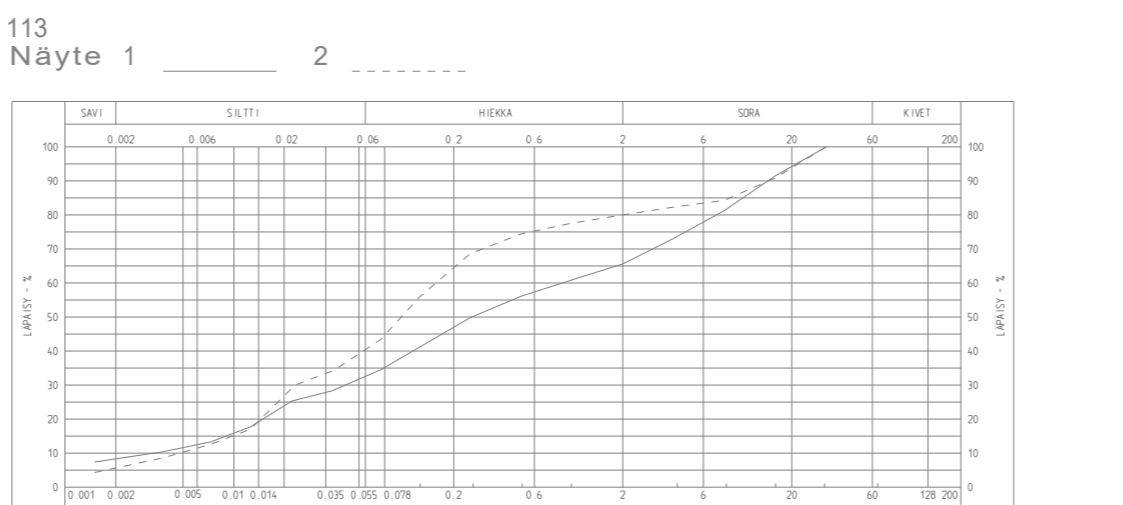
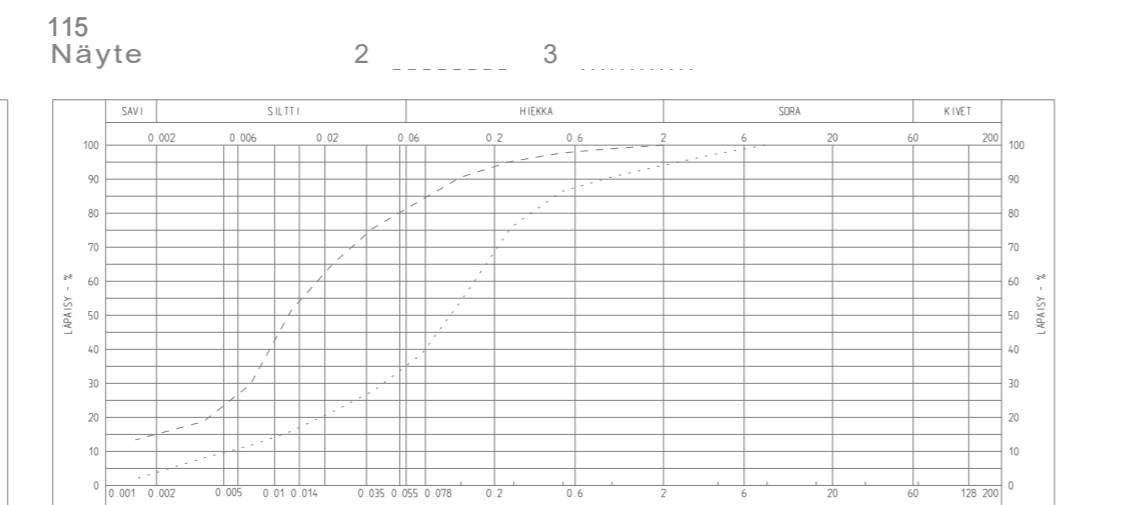
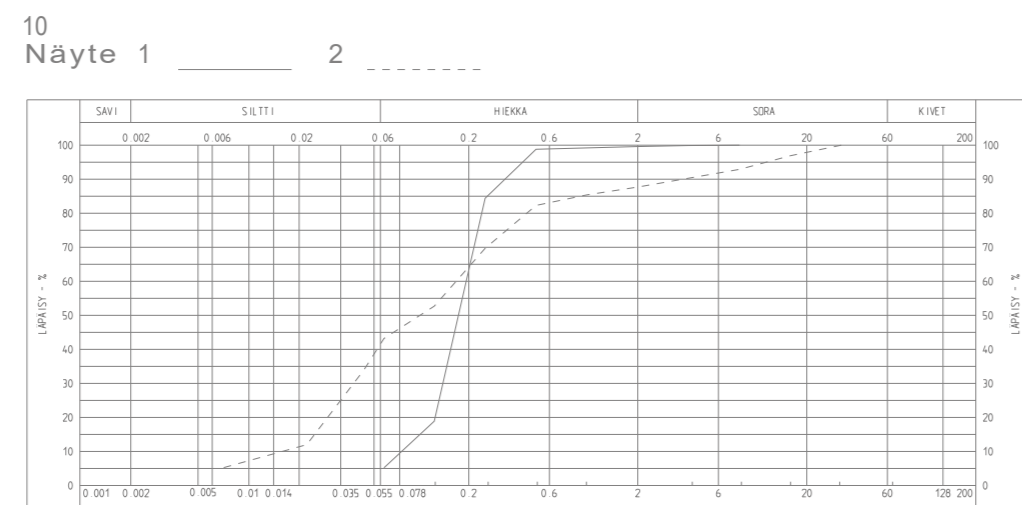
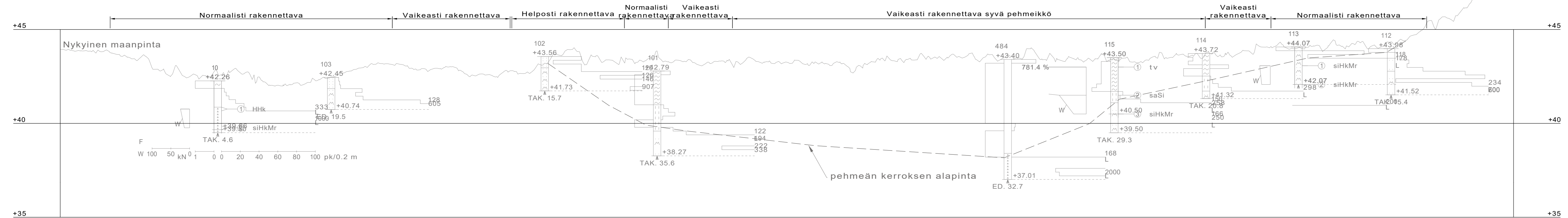
474  
Näyte 95431 95432



|                         |   |                    |              |                                |
|-------------------------|---|--------------------|--------------|--------------------------------|
| Merkki                  | Muutos  | Pvm                | Suunn.       | Tark.                          |
| Koordinaattijärjestelmä |   | ETRS-GK26 ja N2000 |              |                                |
| Teema                   | Geotekniikka                                  | Kaupunginosa       | 130 Kiiminki |                                |
| Hanke                   | Ahokankaan rakennettavuus- ja sulfidiselvitys |                    |              | HYVÄKSYNYT<br>KAUP. INS.<br>\$ |
| Kohde                   | Ahokangas                                     |                    |              | YHDYSKUNTA LTK<br>\$           |
| Asiasisältö             | Geotekninen leikkaus A-A                      |                    |              | Mittakaava<br>1:1000/1:100     |
| Suunnittelija           |   | Paula Liisanantti  |              |                                |
| Hyväksyjä               |   | Noora Karjalainen  |              |                                |
| Piir.nro                |   | 67208-G2           |              |                                |
| Suunnittelija           |   | Paula Liisanantti  |              |                                |
| Hyväksyjä               |   | Minna Koukkula     |              |                                |
| Piir.nro                |   | 67208-G2           |              |                                |
| Pvm                     |   | 10.6.2022          |              |                                |
| Piir.nro                |   |                    |              |                                |

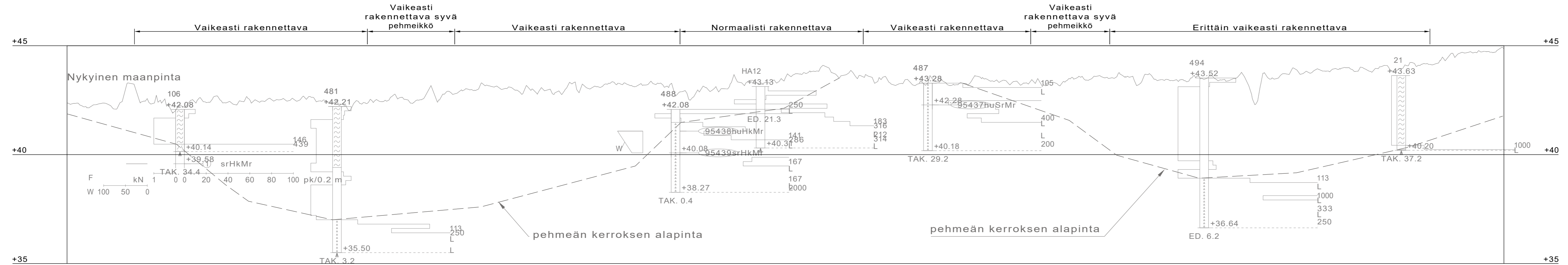


LEIKKAUS B - B  
1:1000/1:100

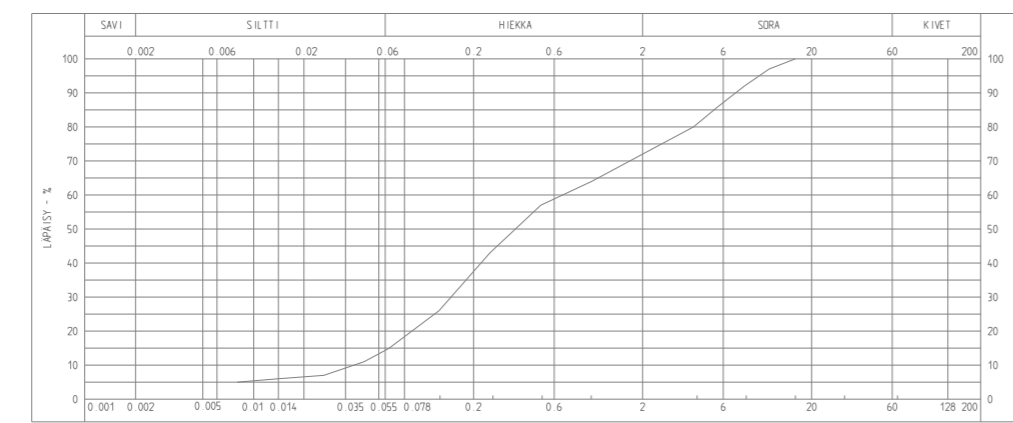


|                                |   |   |        |       |
|--------------------------------|---|---|--------|-------|
| Merkki                         | Muutos  | Pvm   | Suunn. | Tark. |
| Koordinaattijärjestelmä        |   | ETRS-GK26 ja N2000  |        |       |
| Teema                          |   | Geotekniikka Kaupunginosa 130 Kilminki                    |        |       |
| Hanke                          | Ahokankaan rakennettavuus- ja sulfidiselvitys | HYVÄKSYNYT KAUP. INS. §                                   |        |       |
| Kohde                          | Ahokangas                                     | YHDYSKUNTA LTK §  |        |       |
| Asiasisältö                    | Geotekninen leikkaus B-B                      | Mittakaava 1:1000/1:100                                   |        |       |
| Suunnittelija Paula Lisanantti |   | Ramboll Kiviharjuntienkatu 1A 90220 Oulu puh. 020 755 611 |        |       |
| Hyvaksyjä Noora Karjalainen    | Piir.nro 67208-G3                             | OULU YHDYSKUNTA- JA YMPÄRISTÖPALVELUT                     |        |       |
| Hyvaksyjä Minna Koukkula       | Pvm 10.6.2022                                 | Piir.nro  |        |       |

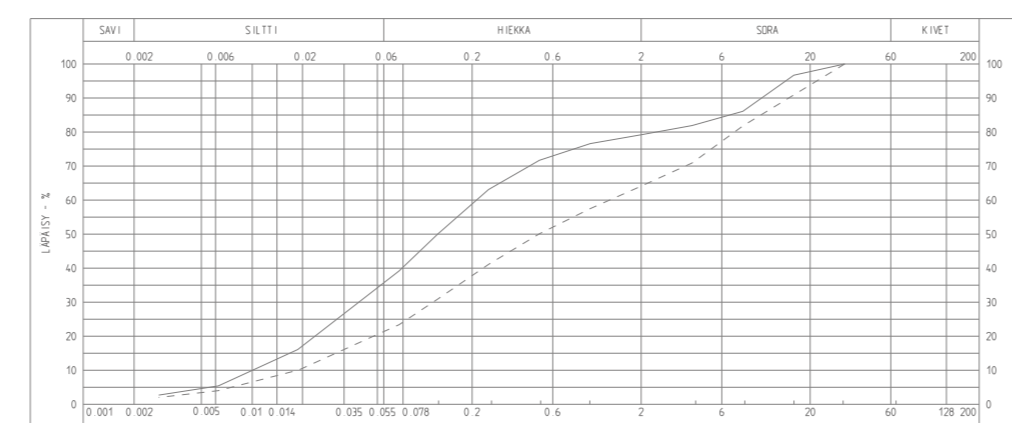
LEIKKAUS C - C  
1:1000/1:100



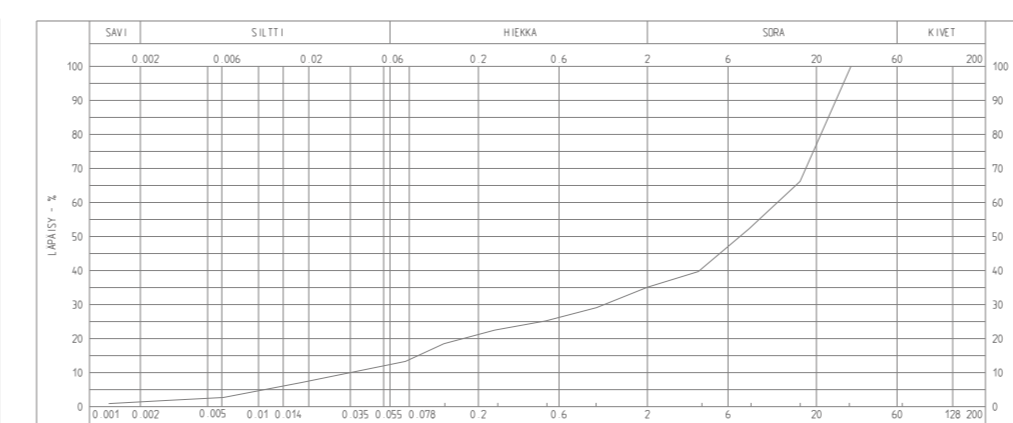
106  
Näyte 1



488  
Näyte 95438 95439



487  
Näyte 95437

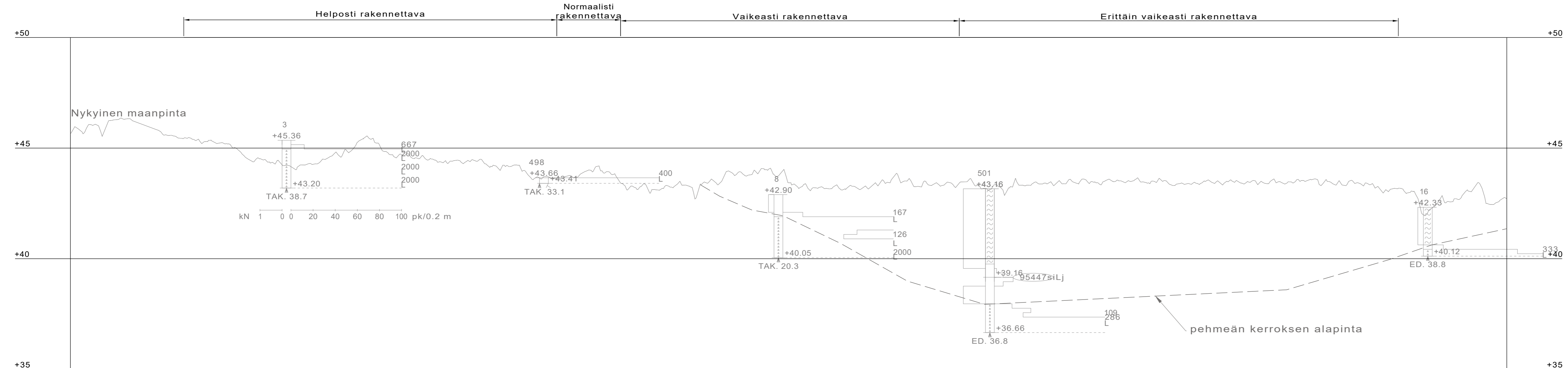


|                         |   |                    |                |                            |
|-------------------------|---|--------------------|----------------|----------------------------|
| Merkki                  | Muutos  | Pvm                | Suunn.         | Tark.                      |
| Koordinaattijärjestelmä |   | ETRS-GK26 ja N2000 |                |                            |
| Teema                   | Geotekniikka                                  | Kaupunginosa       | 130 Kiiminki   |                            |
| Hanke                   | Ahokankaan rakennettavuus- ja sulfidiselvitys |                    |                | HYVÄKSYNYT<br>KAUP. INS.   |
| Kohde                   | Ahokangas                                     |                    |                | — \$ —<br>— \$ —<br>\$     |
| Asiasisältö             | Geotekninen leikkaus C-C                      |                    |                | Mittakaava<br>1:1000/1:100 |
| Suunnittelija           |   | Paula Liisananti   |                |                            |
| Hyväksyjä               |   | Noora Karjalainen  |                |                            |
| Piir.nro                | 67208-G4                                      | Hyväksyjä          | Minna Koukkula |                            |
|                         |   | Pvm                | 10.6.2022      |                            |
|                         |   | Piir.nro           |                |                            |

**RAMBOLL** Ramboll  
Kiviharjunlenkki 1A  
90220 Oulu  
puh. 020 755 611

**OULU** | YHDYSKUNTA- JA  
YMPÄRISTÖPALVELUT

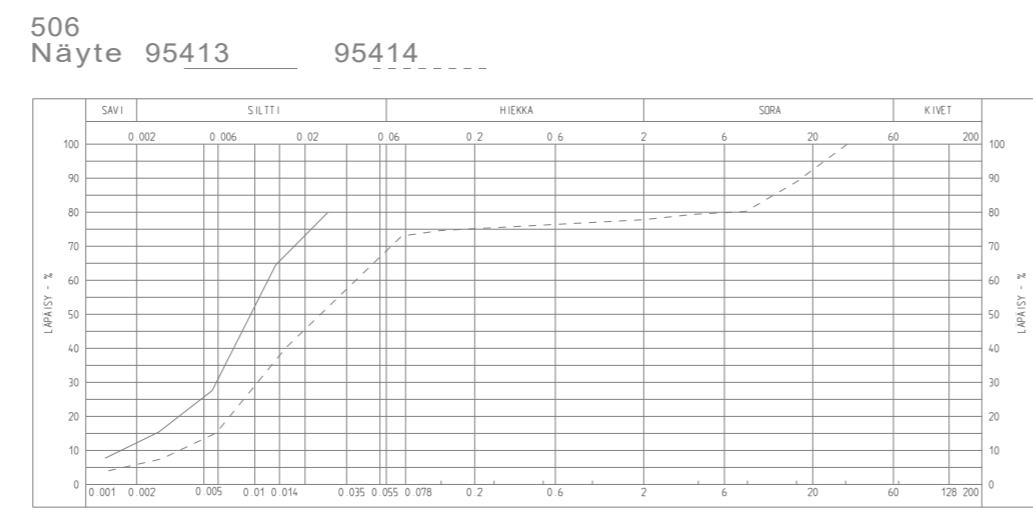
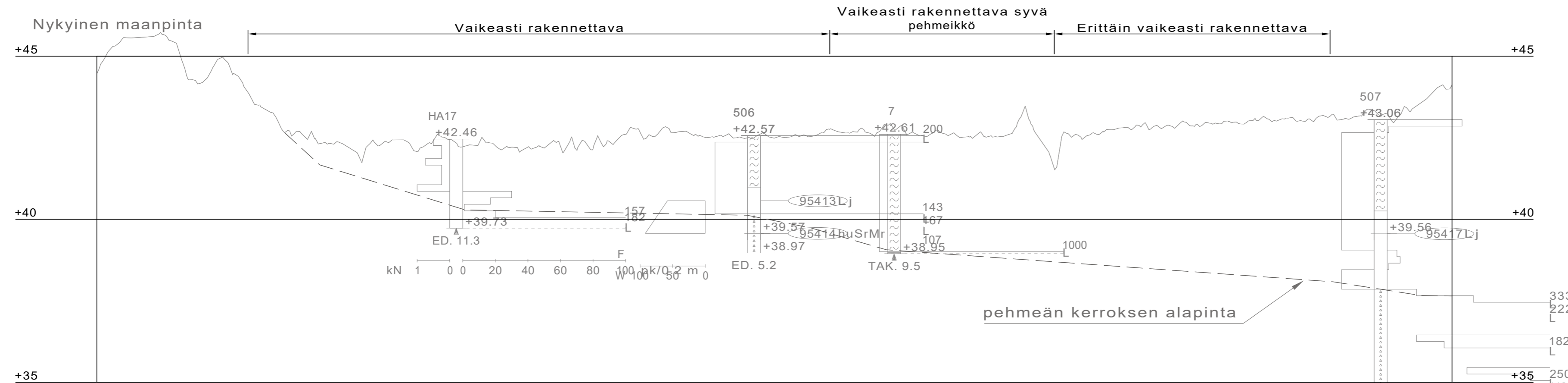
LEIKKAUS D - D  
1:1000/1:100



| Merkki                  | Muutos | Pvm   | Suunn. | Tark.                    |
|-------------------------|--------|---|--------|--------------------------|
| Koordinaattijärjestelmä |        | ETRS-GK26 ja N2000                            |        |                          |
| Teema                   |        | Geotekniikka                                  |        |                          |
| Hanke                   |        | Kaupunginosa 130 Kiiminki                     |        | HYVÄKSYNYT KAUP. INS.    |
| Kohde                   |        | Ahokankaan rakennettavuus- ja sulfidiselvitys |        | \$                       |
| Asiasisältö             |        | Geotekninen leikkaus D-D                      |        | YHDYSKUNTA LTK \$        |
| Suunnittelija           |        | Paula Liisananti                              |        | Mittakaava 1:1000/1:100  |
| Hyväksyjä               |        | Noora Karjalainen                             |        | Hyväksyjä Minna Koukkula |
| Piir.nro                |        | 67208-G5                                      |        | Pvm 10.6.2022 Piir.nro   |



LEIKKAUS E - E  
1:1000/1:100



|  |   |   |                                  |                                |
|--|---|---|----------------------------------|--------------------------------|
| Merkki                                     | Muutos  | Pvm   | Suunn.                           | Tark.                          |
| Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK26 ja N2000 |   |   |                                  |                                |
| Teema                                      | Geotekniikka                                  | Kaupunginosa  | 130                              | Kliminki                       |
| Hanke                                      | Ahokankaan rakennettavuus- ja sulfidiselvitys |   |                                  | HYVÄKSYNYT<br>KAUP. INS.<br>\$ |
| Kohde                                      | Ahokangas                                     |   |                                  | YHDYSKUNTA LTK<br>\$           |
| Asiasisältö                                | Geotekninen leikkaus E-E                      |   |                                  | Mittakaava<br>1:1000/1:100     |
| Suunnittelija Paula Liisanantti            |   | Ramboll Kiviharjunenki 1A 90220 Oulu puh. 020 755 611 |                                  |                                |
| Hyväksyjä Noora Karjalainen                | OULU  |   | YHDYSKUNTA- JA YMPÄRISTÖPALVELUT |                                |
| Piir.nro 67208-G6                          | Hyväksyjä Minna Koukkula                      | Pvm 10.6.2022   | Piir.nro                         |                                |