

L1083

Vastaanottaja
Saija Ränä
Liikenneinsinööri
Oulun Kaupunki

Asiakirjatyyppi
Selvitys

Päivämäärä
11/2018

OULUN KAUPUNKI

RUSKONNIITYN

SULFIDIMAASELVITYS



OULUN KAUPUNKI

RUSKONNIITYN SULFIDIMAASELVITYS

Projekti	Ruskonniityn sulfidimaaselvitys
Projekti nro	1510043737
Vastaanottaja	Saija Räinen, Oulun kaupunki
Asiakirjatyyppi	Selvitys
Versio	01
Päivämäärä	12.11.2018
Laatija	Enni Suonperä, Ramboll Finland Oy
Tarkastaja	Sari Suvanto, Ramboll Finland Oy
Hyväksyjä	Saija Räinen, Oulun kaupunki
Kuvaus	Ruskonniityn suunnittelualan sulfidimaaselvitys

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	3
2.	Happamat sulfaattimaat	4
2.1	Tausta	4
2.2	Luokittelu	5
2.3	Tunnistaminen	6
2.4	Vaikutukset	8
3.	Aiemmat selvitykset	9
4.	Näytteenotto	10
5.	Tulokset	11
5.1	Maalajit	11
5.2	pH-määritykset	11
5.3	Kokonaisrikkipitoisuus	12
5.4	Puskurikapasiteetti	12
6.	Tulosten yhteenveto ja tunnistetut sulfidimaat	12
7.	Happaman valunnan muodostuminen alueella	13
8.	Lyhenteet	13
9.	Kirjallisuusviitteet	14

LIITTEET

Liite 1

Tutkimusohjelma

Liite 2

Tutkimustodistukset

Liite 3

Yhteenveto kenttähavainnoista

Liite 4

Tutkimustulosten yhteenveto

Liite 5

Ruskonniityn rakennettavuusselvitys 2017

1. JOHDANTO

Työn lähtökohtana oli selvittää, esiintyykö Oulun Ruskonniityn suunnittelualueella happamia sulfiditai sulfaattimaita. Tutkimuksia tehtiin kahdesta alueelle sijoitettavien uusien rakenteiden sijoituspaikalta tehdystä koekuopasta. Tässä raportissa on esitetty kootusti sulfidimaaselvityksen tulokset. Sulfaatti- ja sulfidimaat tulee huomioida alueen rakentamista suunniteltaessa niiden happamoittavan vaikutuksen vuoksi. Hapan vesi liuottaa maa-aineksesta metalleja, jotka voivat aiheuttaa haittaa ympäristölle, erityisesti kaloille.

Tutkittu alue sijaitsee Oulun kaupungissa Ruskonniityn kaupunginosassa Raitotien ja jätekeskuksen välisellä alueella. Selvitysalue on tällä hetkellä metsäistä viheraluetta sekä osin kaavoittamatonta aluetta. Kaavoituksen tavoitteena on laajentaa Ruskonniityn teollisuusaluetta pohjoiseen. Alueen laajuus on noin 30 ha. Alueen sijainti on esitetty seuraavassa kuvassa (Kuva 1-1).



Kuva 1-1. Tutkimusalueen sijainti.

Työ on tehty Oulun tilakeskuksen toimeksiannosta, jossa yhteyshenkilönä on toiminut Saija Räinä. Tutkimukset on tehty Ramboll Finland Oy:ssä, jossa työstä ovat vastanneet:

- | | |
|--|------------------|
| - Projektipäällikkö: | Sari Suvanto |
| - Sulfidimaaselvitys ja kartat: | Enni Suonperä |
| - Näytteenotto: | Anne Jokiniemi |
| - Laboratoriotyöt: | Tuomas Suikkanen |

2. HAPPAMAT SULFAATTIMAAT

2.1 Tausta

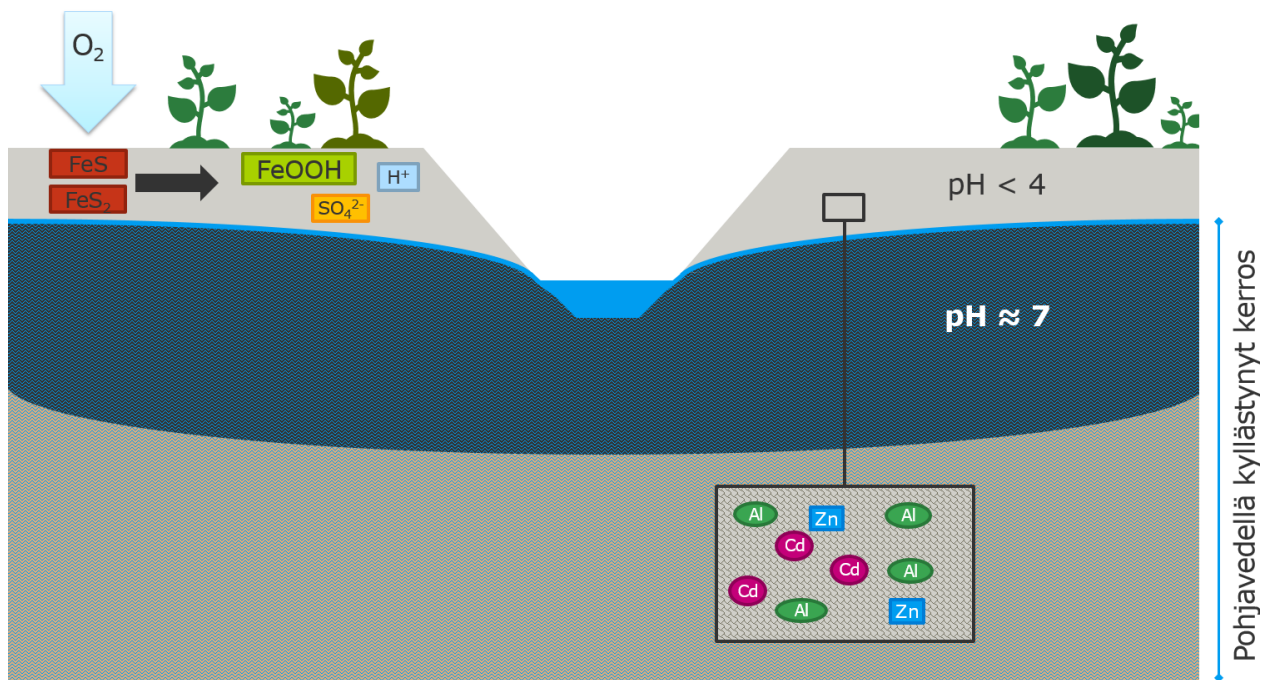
Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan maaperässä luontaisesti esiintyviä rikkipitoisia sedimenttejä, joista vapautuu hapettumisen seurauksena haitallisia määriä happamuutta maaperään ja vesistöihin. Happamoitumisen seurauksena liukenee maaperästä myös haitallisia metalleja (esim. Al, Cd, Co, Cu, Ni, Zn, U), jotka kulkeutuvat edelleen vesistöihin. Maaperän happamoitumiseen on syynä juuri rautasulfidien hapettuminen sedimenttien joutuessa pohjavedenpinnan yläpuolelle maankohoamisen ja maankäyttöön liittyvän kuivatustoiminnan seurauksena. Hapettumisen seurauksena sulfideista muodostuu maaperässä rikkihappoa, joka alentaa maan pH-tasoa.

Rikkipitoiset sedimentit ovat pääasiassa veteen kerrostuneita sedimenttejä, jotka ovat syntyneet ympäristössä, jossa sulfaattipitoiseen veteen, pääasiassa meriveteen, on kerrostunut orgaanista ainesta ja sekoittunut mantereelta kulkeutuneita sedimenttien rautaoksideja. Hapettomissa olosuhteissa bakteerit hajottavat orgaanista ainesta pohjan sedimentissä pelkistäen sulfaatin sulfidiksi, joka saostuu edelleen raudan kanssa rautasulfideiksi (Boman et al. 2008).

Sulfidisedimentit ovat tyypillisesti liejuista silttiä tai savea ja esiintyvät rannikkoseudun alavilla mailla. Ne ovat usein väriltään mustia tai tumman harmaita. Paikoin rikkiä saattaa esiintyä kuitenkin haitallisia määriä myös karkeammassa maalajeissa kuten hiekassa ja hiekkaisessa siltissä. Näille maalajeille on tyypillistä heikko puskurikyky happamoitumista vastaan, jolloin jo pienikin määrä hapettuvaa sulfidia voi alentaa maaperän pH:ta voimakkaasti.

Suomessa sulfidisedimentit ovat kerrostuneet pääasiassa viime jääkauden jälkeisten meri- ja järvivaiheiden aikana ja esiintymien arvioidaan olevan Euroopan laajimmat. Ongelmallisimpia ovat Litorina-merivaiheessa ja sen jälkeen kerrostuneet sedimentit, koska tällöin ympäristöolot ovat olleet suotuisimmat rikkipitoisten kerrostumien muodostumiselle. Litorina-meri on ulottunut noin 9 800 vuotta sitten ylimmillään Perämeren seudulla yli 100 metrin, Pohjanmaalla hieman alle 100 metrin ja Etelä-Suomessa noin 50 metrin korkeudelle nykyisen merenpinnan yläpuolelle.

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. Herkimmät kalat voivat kuolla, jos vesistön pH laskee tason 5,5 alle. Happaman veden liuottama alumiini saostuu vesistöissä kalan kiduksissa aiheuttaen kalojen tukehtumista.



Kuva 2-1. Ylin harmaa maakerros kuvaa jo hapettuneessa tilassa olevaa hapanta sulfaattimaata, joka on vallitsevan pohjavesipinnan yläpuolella. Mustalla kuvattu, pohjavesipinnan alapuolinen kerros on pelkistyneessä tilassa olevaa sulfidimaata. Sulfidimaahan on sitoutuneena metalleja, jotka hapettuneessa sulfaattimaassa pääsevät liukenemaan ja kulkeutumaan vesistöihin.

2.2 Luokittelu

Happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jossa on sekä hapettunut hapan maakerros, että hapettumaton sulfidirikkipitoinen maakerros, tai vain toinen näistä. Maaperä määritellään happamaksi sulfaattimaaksi maastohavaintojen ja laboratorioanalyysien perusteella, mikäli vähintään yksi seuraavista kriteereistä täyttyy:

- pH < 4,0 mineraalimaassa tai liejussa sulfidien hapettumisen seurauksena; ja/tai
- näytteen pH-inkubaation (hapettunut kosteana 9–19 viikkoa huoneenlämmössä) jälkeen on pH < 4,0

Happamat sulfaattimaat ovat yleisesti liejuisia ja hienorakeisia maalajeja (savi ja siltti), mutta myös karkearakeiset maalajit (silttinen hiekka ja hiekka), joissa kokonaisrikkipitoisuus on alhainen (< 0,2 %, jopa 0,01%) voivat hapettuessaan tuottaa happamuutta huonon puskurikapasiteetin takia (Nieminen et al. 2016).

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

1. Todellinen hapan sulfaattimaa (THS)

- pH < 4,0 maastossa suoraan näytteestä mitattuna hapettuneessa mineraalimaassa tai liejuissa (ei turpeessa) sulfidien hapettumisen seurauksena.
- mikäli savi-/silttinäytteen maastossa mitattu pH on 4,0 – 4,4 eikä alemmasta maakerroksesta ole tehty sulfidisavihavaintoja, jatkotutkimukset ovat tarpeen. Jatkotutkimuksissa tehdään esimerkiksi pH:n määrittäminen inkuboidusta näytteestä (vetyperoksidihapetus) ja/tai kokonaisrikkipitoisuusmäärittäminen.

Happaman maakerroksen ja sulfidirikkipitoisen maakerroksen välillä on tyypillisesti kapea vaihtumisvyöhyke (noin 0–50 cm) missä pH:n vaihtelu voi olla erittäin suurta (noin 4,0–7,0).

2. Potentiaalinen hapan sulfaattimaa (PHS)

Potentiaalisella happamalla sulfaattimalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jolla on potentiaalia muuttua todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi, mikäli maaperä pääsee hapettumaan. Sulfidirikkipitoisen maakerroksen pääpiirteet ovat:

- rikki esiintyy sulfidimuodossa (pelkistyneenä, ei hapettuneena)
- yleensä pH > 6.0
- rikin pitoisuus, $S_{\text{tot}} \geq 0,2 \%$
- inkuboidun näytteen pH < 4,0 (vetyperoksidihapetetun) ja pH:n muutos on yli 0,5 yksikköä verrattuna maastossa mitattuun pH-tulokseen

2.3 Tunnistaminen

Tässä luvussa on kuvattu tässä selvityksessä käytettyjä tunnistusmenetelmiä. Myös muita menetelmiä on kehitetty, mutta ne ovat vähemmän käytettyjä, eikä niitä ole tässä tarkemmin kuvattu.

2.3.1 Kenttähavainnot

pH-mittaus

Maaperän pH mittaus on yksi tärkeimmistä happamien sulfaattimaiden tunnistusmenetelmistä. Eri syvyydeltä tehdyn pH mittauksen avulla voidaan maaperästä määrittää syvyysuuntainen profiili, jonka perusteella voidaan arvioida pintamaan hapettumista. Happamien sulfaattimaiden tapauksessa hapettuneen pintamaan pH laskee yleensä alle 4, jolloin kyseessä on todellinen hapan sulfaattimaa (THS).

Pohjavedenpinnan taso

Pohjaveden pinnan korkeus (tai sen painetaso) sekä kuivatustaso ovat hyödyllisiä tietoja happamien sulfaattimaiden kartoituksessa ja sitä voidaan käyttää apuna yhdessä silmämääräisen tarkastelun kanssa. Pohjaveden pinnan alapuolella huokostilavuuden ollessa veden täyttämä vallitsee hapettomat olosuhteet, jotka estävät sulfidimineraalien hapettumisen.

Silmämääräinen maalajin arviointi

Happamien sulfaattimaiden ja erityisesti sulfidisavien tunnistamiseen on useasti käytetty kentällä tehtävää silmämääräistä arviointia maalajin ja maaperän värin avulla. Sulfidisavet ovat usein mustia, mikä helpottaa niiden visuaalista tunnistamista. Visuaalinen tarkastelu on hyvä apukeino happamien sulfaattimaiden tunnistamisessa, mutta sitä ei tule käyttää ainoana tutkimusmenetelmänä.

2.3.2 Laboratoriotutkimukset

Kokonaisriikki

Maaperän kokonaisrikkipitoisuutta on käytetty sulfidipitoisten maiden tunnistamiseen ja mahdollisen hapontuoton arviointiin laajalti. Kokonaisrikkipitoisuus antaa hyvän kuvan maaperän happamoitumispotentiaalista. Suomessa yli 0,2 m-% kokonaisrikkipitoisuutta on pidetty rajana happamille sulfaattimaille, mutta karkeampien maalajien yhteydessä jo pienemmät rikkipitoisuudet voivat laskea pH:n hyvinkin matalaksi maaperän heikon puskurikyvyn vuoksi. Kokonaisriikki määritetään yleensä polttomenetelmällä esim. LECO uunissa tai kuningasvesiuutto-liuoksesta ICP:llä (esim. SFS-EN ISO 11885).

Inkuboitu pH

pH-inkubaation perusteella voidaan tunnistaa sulfaattimaa ja arvioida sekä ennustaa maaperässä tapahtuvaa happamoitumista. Inkubaatio vastaa kutakuinkin maaperässä luonnossa hapettumisen aikana tapahtuvaa pH-muutosta, ottaen huomioon maaperän luonnollisen puskurikapasiteetin. Inkubaation perusteella ei kuitenkaan voida arvioida suoraan maaperästä lähtevän happamuuskuormituksen määrää.

Inkubaatiossa maaperänäytteiden annetaan hapettua huoneilmassa 9 – 19 viikon ajan (tässä selvityksessä 8 viikkoa). Näytteet pidetään inkubaation ajan ”luonnonkosteina”. Näytteen pH mitataan alkutilanteessa ja hapetusjakson jälkeen. Inkubaation kesto on joko:

- I. Kunnes pH on < 4 ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä maastossa mitattuun pH-arvoon verrattaessa ja/tai
- II. kunnes pH (< 4) stabiloituu vähintään yhdeksän viikon ja korkeintaan 19 viikon jälkeen

Mikäli näytteen pH on yhdeksän viikon inkubaation jälkeen yli 6,5, voidaan todeta, että näytteessä ei esiinny merkittävästi sulfideja ja inkubaatio voidaan lopettaa. Mikäli näytteen pH on 9 viikon inkubaation jälkeen välillä 4,0 - 6,5, jatketaan inkubaatiota vielä 10 viikkoa. Mikäli tämän jälkeen näytteen pH on < 4, voidaan näytteessä todeta esiintyvän sulfideja ja maaperä luokitella sulfaattimaaksi.

NAG-pH ja nettohapontuotto

NAG-pH:n mittausta tehdään vetyperoksidilla hapetetusta maaperänäytteestä. Vetyperoksidin avulla maaperän hapettumista voidaan nopeuttaa verrattuna luonnolliseen hapettumiseen (vrt. inkubointi). Vetyperoksidihapetus voidaan tehdä joko kertalisäyksenä tai useampana eri lisäyksenä, joiden välissä näytettä keitetään 2 tuntia. Hapetuksen jälkeen jäädytetystä näytteestä mitataan hapetetun näytteen pH (NAG-pH). Suomessa happaman sulfaattimaan rajana on yleisesti käytetty pH-tasoa 4,5. Jos näytteen pH on laskenut alle raja-arvon, on näyte happoa tuottavaa. NAG-pH:n avulla voidaan arvioida maaperän happamoitumisesta aiheutuvaa riskiä.

NAG-pH määrittämisen etuna on luonnollista hapettumista nopeampi hapettumisreaktio, joka on eduksi kaikissa rakennusprojekteissa joissa aikataulut ovat yleensä tiukat eikä esimerkiksi 9-19 viikon inkubointiin ole aikaa. Vetyperoksidihapetus on yleensä luonnonolosuhteita voimakkaampi reaktio, jonka vuoksi NAG-pH arvo yleensä kuvaa ääritapausta, jossa lähes kaikki maaperässä oleva rikki pääsee hapettumaan. Luonnonolosuhteissa hapettuminen ei välttämättä ole näin täydellistä ja hapettuneen maaperän pH voi jäädä korkeammaksi kuin NAG-pH. Tämän vuoksi NAG-pH määrittämistä ei suositella käytettäväksi ainoana menetelmänä sulfaattimaiden aiheuttaman happamoitumisriskin arvioinnissa.

Nettohapontuotto määritetään hapetetusta näytteestä titraamalla pH arvoon 4,5 ja laskemalla titrauskulutuksesta hapontuotto. Nettohapontuoton avulla voidaan arvioida maaperän happamoitumisesta aiheutuvaa riskiä. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 2-1) on esitetty nettohapontuoton avulla tehtävä hapontuottopotentiaalin arviointi.

Taulukko 2-1. NAG-pH:n ja nettohapontuoton avulla tehtävä hapontuottopotentiaalin arviointi (GTK, 2015).

NAG-pH	NAG (kg H ₂ SO ₄ /t)	Näytteen hapontuottopotentiaali
4,5	0	Ei happoa tuottava
alle 4,5	0 – 5	Potentiaalisesti happoa tuottavaa, alhainen kapasiteetti
alle 4,5	yli 5	Potentiaalisesti happoa tuottavaa

Maalajimääritys ja rakeisuus

Pelkän maalajin perusteella ei voida arvioida onko maaperä hapanta sulfaattimaata vai ei. Maalajimääritys antaa kuitenkin happamien sulfaattimaiden osalta tärkeää tietoa maaperän puskurikapasiteetista ja hapettumisnopeudesta. Karkeampirakeisilla maalajeilla vedenläpäisevyys on suurta, jolloin huuhtoutuva vesi pääsee leviämään maaperässä nopeasti ja pH voi laskea jo pienillä rikkipitoisuuksilla alhaisiksi olemattoman puskurikapasiteetin vuoksi. Riskinarviointia varten maaperän vedenläpäisevyyttä voidaan arvioida maaperän rakeisuuden perusteella. Maaperän tarkempi vedenläpäisevyys voidaan tarvittaessa todentaa erillisellä laboratoriokokeella.

Vesipitoisuus ja hehkutushäviö

Hehkutushäviön avulla saadaan määritettyä näytteen sisältämän palavan aineksen osuus. Happamien sulfaattimaiden osalta hehkutushäviön avulla voidaan arvioida maaperän puskurikapasiteettia, koska humuksella on tunnetusti pH:ta puskuroivia ominaisuuksia.

Rikkipitoiselle happamalle sulfaattimaalle on havaittu olevan ominaista myös korkea vesipitoisuus. Vesipitoisuus ei yksinään kerro maaperän rikkipitoisuudesta, koska myös humuspitoisuus ja rakeisuus vaikuttavat siihen suuresti, mutta se voi olla yksi indikaattori korkealle rikkipitoisuudelle.

2.4 Vaikutukset

2.4.1 Korroosio

Todellinen hapan sulfaattimaa (THS) on hapettunut ympäristö, jonka pH on laskenut hapettumisen myötä alle 4,0. Hapan ympäristö lisää merkittävästi korroosionopeutta useilla metalleilla – myös teräksillä. Todellisilla happamilla sulfaattimailla maanalaisten rakenteiden korroosio aiheutuukin suurelta osin matalan pH:n ja paikallisten happikonsentraatioerojen seurauksena. Korroosionopeutta lisää sähköjohtavuus, jonka edellytyksiä ovat riittävä vesipitoisuus ja liukoisten ionien määrä.

Potentiaalinen hapan sulfaattimaa (PHS) on anaerobisessa tilassa oleva, happamuudeltaan neutraali, rikkipitoinen ympäristö, joka hapettuessaan tuottaa rikkihappoa muuttuen todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi. Korroosioympäristönä potentiaalisesti hapan sulfaattimaa on ongelmallinen metalleilla etenkin teräkselle sulfaatinpelkistäjäbakteerien mahdollisen vaikutuksen vuoksi. SRB mikrobit käyttävät hengittämiseen hapen sijaan sulfaattia tuottaen muun muassa sulfideja ja rikkivetyä (H₂S), vettä ja hiilidioksidia. Raudan ja orgaanisen aineksen läsnäolo (myös ihmisen rakentamat teräsrakenteet) lisäävät SRB mikrobin aktiivisuutta.

Kahden erilaisen korroosioympäristön rajavyöhyke on yleisesti ottaen voimakkaammin syövyttävä kuin kumpikaan korroosioympäristö yksin. Veden pinnan muutokset rajavyöhykkeellä voivat

aiheuttaa aikaisempaa syövyttävämmät olosuhteet mm. hapontuoton sekä elektrolyysiveden läsnäolon seurauksesta.

2.4.2 Vesistövaikutukset

Happamilta sulfaattimailta syntyvä valumavesi sisältää yleensä runsaasti sulfidimineraalien hapettumisesta peräisin olevia sulfaatteja sekä liukoisia metalleja, jotka nostavat veden sähkönjohtavuutta. Happamista sulfaattimaista on Suomessa arvioitu huuhtoutuvan vesistöihin jopa enemmän haitallisia metalleja, kuten mangaania, sinkkiä, alumiinia, kuin yhteensä kaikista Suomen teollisuuden jätevesistä (Sutela et al. 2012). Veden happamuuden laskiessa alle 5,5 voidaan vesistön happamuustilaa pitää kriittisenä.

Vesielióstölle ja useimmille kalalajeille erityisen haitallisia vaikutuksia syntyy silloin, jos happamia sulfaattimaiden esiintymisalueilla tehdään maankäsittelyä, esimerkiksi ojitusta, kuivan kauden aikana. Kuivan kauden jälkeen esimerkiksi syysateiden aiheuttama runsas huuhtoutuminen aiheuttaa happaman ja metallirikkaan pulssin vastaanottavaan vesistöön. Hapan pulssi voi aiheuttaa laajoja kalakuolemia, joita on raportoitu rannikkoalueiden vesistöissä ympäri Suomen. Veden laadun seurannassa on tärkeää huomioida vuositasolla mitatut alimmat pH-tasot eikä seurata pelkästään veden keskimääräistä pH:ta.

Happamien sulfaattimaiden synnyttämä happaman valunnan vaikutus on erityisen voimakasta pahimpien sulfaattimaa-alueiden pienissä puroissa ja joissa, joissa veden virtaus on hidasta. Hitaan virtaaman vuoksi pienten purojen veden pH voi pysyä matalana pitkään, toisin kuin isommissa joissa, joissa happamuus pääsee laimenemaan suureen vesimäärään. Happamissa vesissä sekä eliöstön että kasvillisuuden monimuotoisuus vähenee voimakkaasti, koska harvat lajit pystyvät elämään ja lisääntymään happamoituneissa vesissä.

3. AIEMMAT SELVITYKSET

Rakennettavuusselvitys 2017

Geobotnia Oy teki vuonna 2017 rakennettavuusselvityksen Oulun kaupungin Ruskonniityn kaupunginosaan. Alueella aiemmin vuonna 2017 tehtyjen pohjatutkimusten perusteella tehtiin uusi pohjatutkimusohjelma täydentämään alueen maaperätietoja. Rakennettavuusselvitykseen liittyvät pohjatutkimukset tehtiin elokuussa 2017 Oulun kaupungin toimesta painokairauksena 17 pisteessä ja ottamalla häiriintyneitä maanäytteitä 10 pisteestä, yhteensä 29 kpl. Kaikille maanäytteille tehtiin rakeisuus- ja vesipitoisuusmääritys. Alueella on selvityksen perusteella maanpinnasta lähtien routivaa löyhää hienoa hiekkaa, jonka paksuus maanpinnasta vaihtelee välillä 1,0...3,3 m. Tällä alueella löyhän hienon hiekan vesipitoisuus vaihtelee välillä 12...14 m-%. Alueella tiivis hiekka/hiekkamoreeni alkaa tasoväliltä +10,9...+19,1 (N2000; 0,7...4,8 m maanpinnasta). Rakennettavuusselvitys liitteineen on esitetty tämän raportin liitteessä 5.

Alueelle on ennen rakennettavuusselvitystä asennettu 5 kpl pohjavesiputkia. Rakennettavuusselvityksen yhteydessä alueelle asennettiin uusia pohjavesiputkia 2 kpl, joista mitattiin pohjavesipinnat. Alueelle asennetuissa uusissa pohjavesiputkissa pohjavedenpinta oli 29.8.2017 tasovälillä +13,36...+13,66 (N2000; 0,29...0,35 m maanpinnasta).

Rakennettavuusselvityksen yhteydessä rakeisuuden ja vesipitoisuuden perusteella valittiin näytteistä mahdollisia sulfaattimaanäytteitä yhteensä 3 kpl. Näytteistä analysoitiin sähkönjohtokyky, humuspitoisuus, pH, rikkipitoisuus ja hapontuotto. Näytteet otettiin savisesta silttikerroksesta 2 m syvyydeltä maanpinnasta. Otettujen tulosten perusteella kaikissa tutkimuspisteissä kokonaisrikkipitoisuus oli yli 2 000 mg/kg (0,2 m-%). Tulosten perusteella maa-

aineksen todettiin olevan potentiaalisesti happoa tuottavaa ja näin ollen alueella havaitut saviset siltit voivat viitata potentiaalisesti happamaan sulfaattimaahan.

4. NÄYTTEENOTTO

Näytteenotto suoritettiin koekuoppamenetelmällä 11.9.2018. Näytteenotosta vastasi Ramboll Finland Oy. Näytteitä otettiin tutkimusohjelman (liite 1) mukaisesti puolen metrin välein määräsyvyyteen saakka. Näytteenotto ulotettiin noin 3 metriin. Yksittäisiä näytteitä otettiin yhteensä 11 kpl, joista 10 kpl toimitettiin laboratorioon tarkempia tutkimuksia varten. Kaikista näytteistä määritettiin silmämääräinen maalaji ja vesipitoisuus. Laboratorioon lähetetyistä näytteistä määritettiin vesipitoisuus ja hehkutushäviö. Tulosten perusteella osa näytteistä valittiin lisäanalyysiin, joihin lukeutui NAG-pH, inkuboitu pH, nettohapontuotto ja kokonaisrikkipitoisuus.

Näytteet pakattiin kaasutiiviisiin muovipusseihin (Rilsa) joista puristeltiin ilmat pois, suljettiin tiiviisti ja säilytettiin viileässä laboratorioon toimittamiseen saakka. Tutkimusalueen ja tutkimuspisteiden sijainti on esitetty liitteessä 1. Kenttähavainnot on esitetty liitteessä 3 ja kaikkien tutkimustulosten yhteenveto liitteessä 4.



Kuva 4-1. Vasemmalla tutkimuspiste P1 ja oikealla tutkimuspiste P2.

5. TULOKSET

5.1 Maalajit

Selvitysalueella esiintyy tutkimuksen perusteella ohuen turvekerroksen (n. 10 cm) alla silttisiä hiekkakerroksia (SiHk), joiden alla on silttistä moreenia (SiMr). Moreenin laatu vaihtelee hiekkamoreenista silttiseen hiekkamoreeniin. Maa-aineksen vesipitoisuus vaihteli silttisissä hiekkakerroksissa välillä 12...18,1 % ja moreenissa välillä 9,9...11,3 %. Hehikutushäviö oli näytteissä verrattain pieni vaihteluvälin ollessa 0,2...0,9 %. Mainittakoon, että liejuisiksi maalajeiksi luokitellaan maakerrokset, jossa orgaanisen aineksen osuus on yli 6 %. Sulfidisedimentit ovat tyypillisesti liejuista silttiä tai savea.

5.2 pH-määritykset

Kaikista tässä selvityksessä tutkituista näytteistä määritettiin maastossa pH-taso. Lisäksi näytteistä 10 kpl valittiin inkubointiin ja edelleen 6 näytettä NAG-pH määrittämiseen. NAG-pH määrittämiseen valituista näytteistä ei määritetty nettohapontuottoa, sillä näytteiden pH ei laskenut vetyperoksidilla hapettaessa alle 4,5. Näytteitä ei siis luokitella happoa tuottaviksi. Laboratoriossa tutkittujen näytteiden pH-tasot on esitetty seuraavassa taulukoissa (Taulukko 5-1).

Maastossa näytteenoton yhteydessä mitattu pH oli kaikissa näytteissä välillä 4,9...7,1. Näytepisteen P2 pintamaan suhteellisen matala pH 4,9 selittyy todennäköisimmin pinnassa havaitun turvekerroksen vaikutuksella. Turpeissa pH on luonnostaan kivennäismaalajeja matalampi johtuen humushappojen happamoittavasta vaikutuksesta. Inkuboinnin jälkeen yhdessä näytteessä ei havaittu pH-tason 4 alittavaa pH:ta. Koska inkuboidun näytteen pH on $\geq 4,0$, voidaan todeta, että näytteessä ei esiinny merkittävästi sulfideja.

Taulukko 5-1. Osanäytteiden pH-määritysten tulokset näytteenottohetkellä, 8 viikon inkubaation jälkeen ja vetyperoksidilla hapetetuista näytteistä (NAG-pH).

Näyte	pH maastossa	Inkuboitu pH	NAG-pH
P1 (0,0-0,5)	5,6	5,4	-
P1 (0,5-1,0)	5,9	-	-
P1 (1,0-1,5)	6	5,5	5,4
P1 (1,5-2,0)	6,4	5,5	-
P1 (2,0-2,5)	6,3	5,5	-
P2 (0,0-0,5)	4,9	-	-
P2 (0,5-1,0)	5,7	4,9	-
P2 (1,0-1,5)	6,5	5,3	4,8
P2 (1,5-2,0)	6,7	6,5	5,2
P2 (2,0-2,5)	7,1	-	-
P2 (2,5-3,0)	7	7,5	6

5.3 Kokonaisrikkipitoisuus

Laboratoriossa tutkittujen näytteiden kokonaisrikkipitoisuudet on esitetty seuraavassa taulukossa (Taulukko 5-2). Näytteet kuivattiin ennen määrittystä 60 °C lämpötilassa. Potentiaalisiksi happamiksi sulfaattimaiksi luokiteltavista näytteissä kokonaisrikkipitoisuus on yli 0,2 % (kuiva-aineesta). Laboratoriomäärityksistä tähän kategoriaan ei kuulunut yksikään Ruskonniityn tutkimusalueen näytteistä.

Taulukko 5-2. Laboratoriossa tutkittujen näytteiden kokonaisrikkipitoisuus ja inkuboitu pH.

Näyte	Kokonaisrikkipitoisuus		pH maastossa	Inkuboitu pH
	S_{tot} (m-%)			
P1 (0,0-0,5)	<0,03		5,6	5,4
P1 (0,5-1,0)	-		5,9	-
P1 (1,0-1,5)	<0,03		6	5,5
P1 (1,5-2,0)	<0,03		6,4	5,5
P1 (2,0-2,5)	<0,03		6,3	5,5
P2 (0,0-0,5)	-		4,9	-
P2 (0,5-1,0)	<0,03		5,7	4,9
P2 (1,0-1,5)	0,032		6,5	5,3
P2 (1,5-2,0)	0,037		6,7	6,5
P2 (2,0-2,5)	-		7,1	-

5.4 Puskurikapasiteetti

Kaikkiaan 10 näytteestä määritettiin hehikutushäviö, joka korreloi näytteen sisältämän orgaanisen aineksen määrän kanssa. Hehikutushäviötä voidaan käyttää hienojakoisen maa-aineksen (savi, siltti) puskurikapasiteetin arvioimiseen (Pousette 2007). Mitä suurempi hehikutushäviö ja orgaanisen aineksen määrä, sitä suurempi on puskuroiva vaikutus, joka puolestaan pienentää happamoittavaa vaikutusta. Aiempien tutkimusten perusteella hehikutushäviön ylittäessä 8 % on puskuroiva vaikutus merkityksellinen ja happamoittava vaikutus pienenee suhteessa vähemmän orgaanista ainesta sisältävään maa-ainekseen.

Ruskonniityn tutkituissa maanäytteissä hehikutushäviö oli kaikissa näytteissä alle 1 % eli puskurikapasiteetti ei ole merkittävää. Näytteiden keskimääräinen hehikutushäviö oli 0,4 % (0,2...0,9 %).

6. TULOSTEN YHTEENVETO JA TUNNISTETUT SULFIDIMAAT

Maastossa näytteenoton yhteydessä mitattu pH oli kaikissa näytteissä välillä 4,9...7,1. Näin ollen yhtään näytteistä ei luokiteltu todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi (THS). Myöskään potentiaalisiksi happamaksi sulfaattimaaksi (PHS) ei luokiteltu yhtään näytettä. Inkuboinnin jälkeen yhdessä näytteessä ei havaittu pH-tason 4 alittavaa pH:ta. Rikkipitoisuudet

analysoiduissa näytteissä olivat kauttaaltaan alhaisia, alittaen analyysin määrittämissä suurimmassa osassa näytteitä.

7. HAPPAMAN VALUNNAN MUODOSTUMINEN ALUEELLA

Ruskonniityn suunnittelualueella ei havaittu todellisia tai potentiaalisia happamia sulfaattimaita kummassakaan tutkimuspisteessä. Hapontuottokapasiteettia alueen tutkimuspisteistä ei voitu määrittää lainkaan, sillä vetyperoksidilla hapetettuna näytteiden pH ei laskenut tasolle $\leq 4,5$, mikä vaaditaan määrittämiseksi. Näin ollen voidaan todeta, että alueen maaperä ei ole happoa tuottavaa, eikä näin ollen aiheuta happaman valunnan muodostumisriskiä.

8. LYHENTEET

NAG	Nettophapontuotto (net acid generation), ilmoitetaan yleensä yksikössä kg H ₂ SO ₄ /tonni
NAG-pH	Vetyperoksidihapetetusta näytteestä mitattu pH
H₂SO₄	Rikkihappo
PHS	Potentiaalinen hapan sulfaattimaa (rikki pelkistyneenä sulfidimuodossa)
THS	Todellinen hapan sulfaattimaa (rikki hapettuneena sulfaattimuodossa)
Hh (LoI)	Hehkutushäviö (Loss on Ignition). Massaprosenttiosuus, joka uunikuivatusta (105 °C) näytteestä häviää hehkutuksen aikana. Hehkutuksen lämpötila on tyypillisesti 550 °C tai 800 °C
Inkuboitu pH	Huoneilmassa 9 – 19 viikon ajan hapetetusta näytteestä mitattu pH. Näytteet pidetään hapetuksen aikana kosteana
TOC	Orgaanisen hiilen (Total Organic Carbon) kokonaispitoisuus, m-%
HCl	Suolahappo
H₂O₂	Vetyperoksidi, kemikaali jota käytetään mm. näytteiden hapetuksessa
S_{tot}	Kokonaisrikkipitoisuus, ilmoitetaan yleensä m-% tai ppm

9. KIRJALLISUUSVIITTEET

Boman, A., Astrom, M. & Frojdo, S., 2008. Sulfur dynamics in boreal acid sulfate soils rich in metastable iron sulfide - The role of artificial drainage. *Chemical Geology*, Osa/vuosikerta 255, pp. 68-77.

GTK tiedonanto, 2018. Sähköinen ja suullinen tiedonvaihto happamista sulfaattimaista. s.l.:s.n.

Nieminen, T. M., Hölkkä, H., Ihalainen, A. & Finér, L., 2016. Metsänhoito happamilla sulfaattimailla, Helsinki: Luonnonvarakeskus.

Pousette, K., 2007. Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor, s.l.: Luleå tekniska universitet.

Sutela, T. ym., 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa, Helsinki: Edita Prima Oy.

LIITE 1
TUTKIMUSOHJELMA

TUTKIMUSOHJELMA

Projekti **Ruskonniityn sulfidimaaselvitys**
 Asiakas **Oulun kaupunki**
 Versio **01**
 Laatiija **Enni Suonperä, Ramboll Finland Oy**
 Tarkastaja **Sari Suvanto, Ramboll Finland Oy**

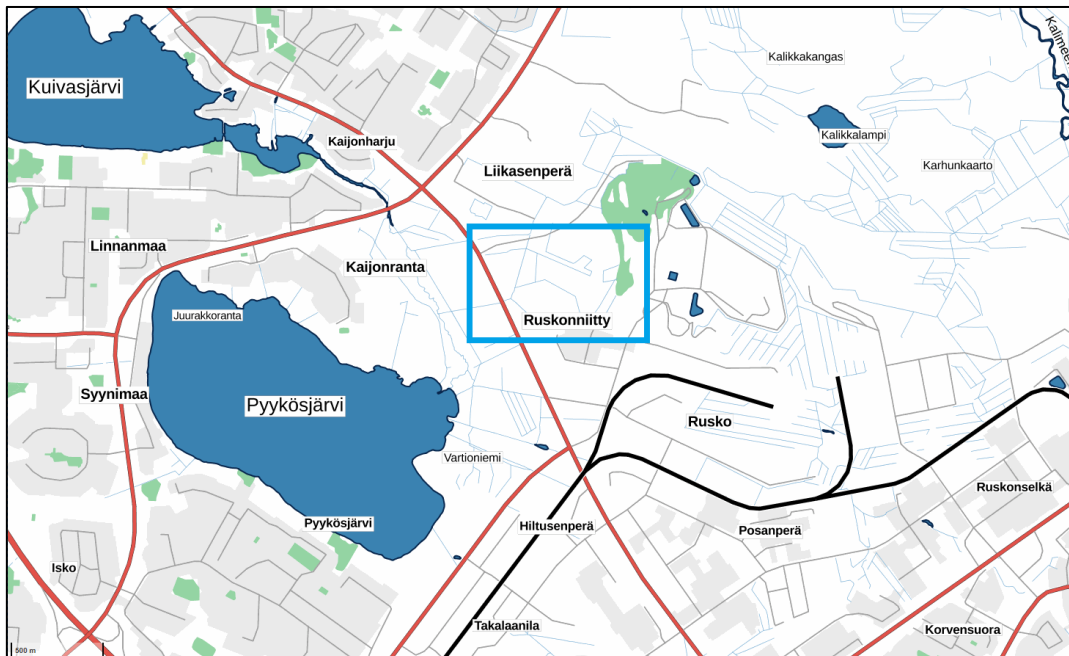
Tausta

Päivämäärä 24.8.2018

Työssä laaditaan Ruskonniityn alueelle sulfidimaaselvitys, jonka tuloksena esitetään alueet ja maakerrokset, joilla esiintyy happamia sulfaattimaakerroksia. Sulfidimaaselvitys sisältää näytteiden laboratoriotutkimukset. Sulfidimaaselvityksen tuloksena laaditaan raportti, jossa esitetään tutkimusmenetelmät ja - tulokset. Lisäksi raportin liitteenä toimitetaan kartta, jossa on esitetty sulfidimaa-alue sekä kuivatustaso, joka voidaan alueella sallia ilman happaman valunnan muodostumisen vaaraa. Raportissa esitetään myös toimenpiteet, joilla estetään happaman valunnan muodostuminen tai hallitaan mahdollista hapanta valuntaa. Raportissa esitetään rakentamiselle aiheutuvat rajoitteet.

Ramboll
 Pitkänsillankatu 1
 67100 KOKKOLA

P +358 20 755 611
 F +358 20 755 6201
www.ramboll.fi



Kuva 1. Ruskonniityn tutkimusalueen sijainti.

Tutkimusohjelma

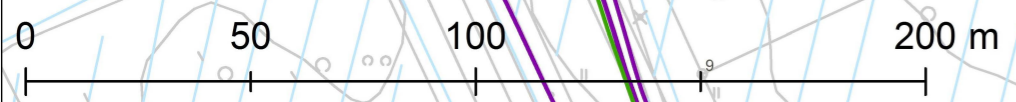
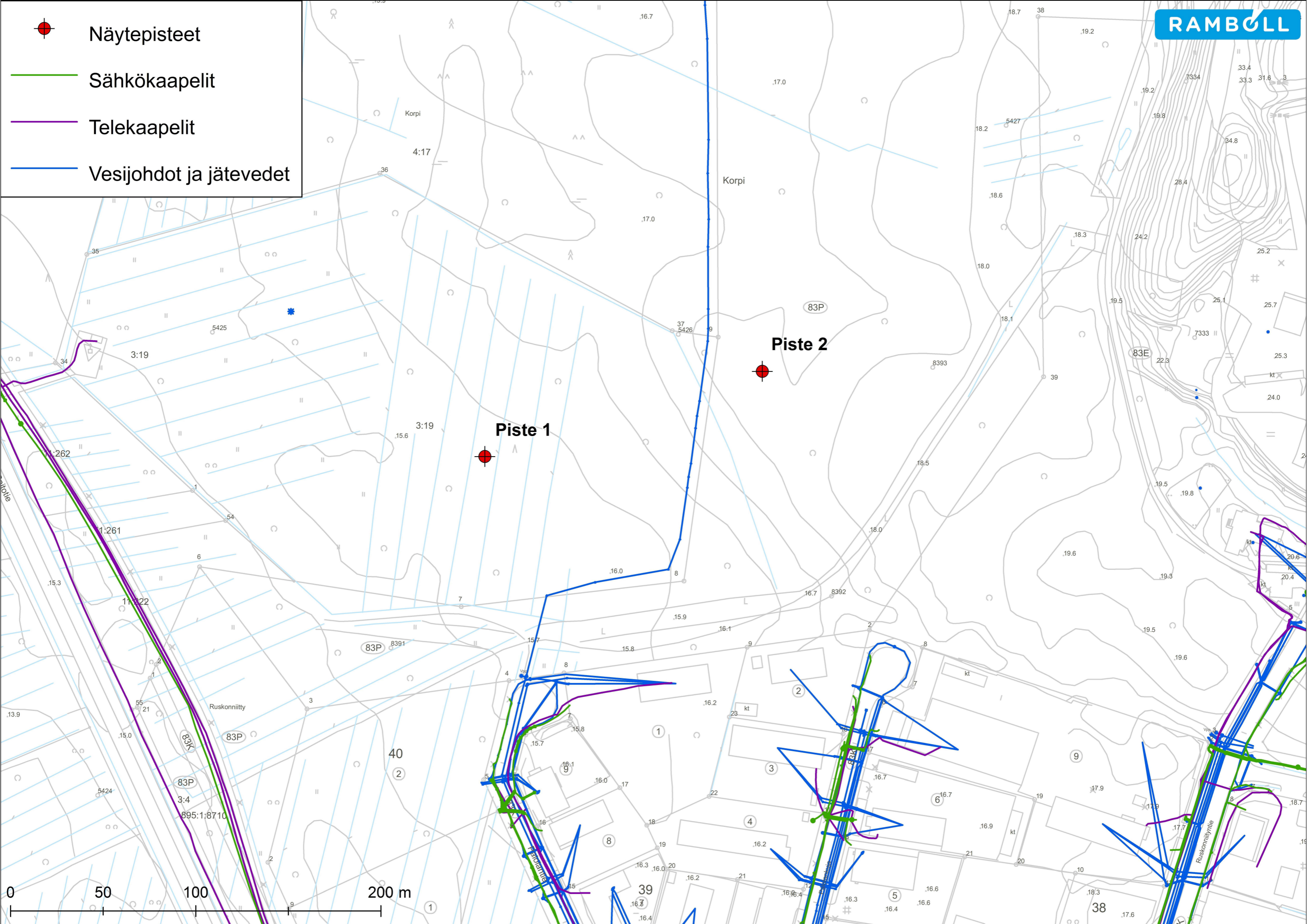
Työn aluksi on laadittu happamien sulfaattimaiden tutkimiseksi tämä tutkimusohjelma, jonka perusteella näytteenotto suoritetaan.

Näytteenotto suoritetaan kahdesta eri pisteestä (Piste 1 ja Piste 2, liitteen tutkimuskartta) ja näytteenottoisyvyys ulotetaan noin kolmeen metriin. Alueella on tehty aiemmin pohjatutkimuksia, joiden tulokset huomioidaan nyt tehtävässä selvityksessä. Näytteet otetaan lähtökohtaisesti 0,5 m välein (yhteensä noin 12 näytettä). Maastotöiden yhteydessä näytteistä kirjataan ylös aistinvaraiset havainnot (maalaji, haju, väri, kosteus). Kentällä mitataan myös näytteiden pH. Mahdolliset havainnot pohjavedenpinnan tasosta kirjataan tarkoin ylös. Seuraavassa taulukossa (Taulukko 1) on esitetty näytepisteiden koordinaatit (ETRS-GK26FIN) ja näytteenottoisyvyudet. Tutkimus tehdään koekuoppamenetelmällä kaivinkoneella. Tutkimusalue on metsää ja näytteenoton yhteydessä voidaan joutua kaatamaan puita. Kaadettujen puiden lukumäärä pyritään minimoimaan ja se ilmoitetaan näytteenoton jälkeen tilaajalle. Näytepisteiden sijainnit ja maanalaiset rakenteet on esitetty liitekartassa.

Taulukko 1. Näytepisteiden koordinaatit (ETRS-GK26FIN) ja näytesyvyys.

Näytepiste	X	Y	Syvyys
Piste 1	477730	7217825	3 m
Piste 2	477879	7217873	3 m

-  Näytepisteet
-  Sähkökaapelit
-  Telekaapelit
-  Vesijohdot ja jätevedet



LIITE 2

TUTKIMUSTODISTUKSET

Tutkimustodistus

1/1

Projekti: 1510043737/1

Ramboll Finland Oy / Luopioinen
 Tuomas Suikkanen
 Vohlisaarentie 2 B
 36760 LUOPIOINEN

Tutkimuksen nimi: Ruskonniitty sulfidisavinäytteet

Näytteenottopvm: 11.9.2018

Näyte saapui: 14.9.2018

Näytteenottaja:

Analysointi aloitettu: 14.9.2018

Maanäytteet

						Yksikkö	Menetelmä	
Näytteenottopisteet	P1	P1	P1	P1	P2			
	0-0,5 m	1,0-1,5 m	1,5-2,0 m	2,0-2,5 m	0,5-1,0 m			
Näyttenumero	18YN	18YN	18YN	18YN	18YN			
	00089	00090	00091	00092	00093			
Kuivaus ilmoitetussa lämpötilassa	60	60	60	60	60	°C	EF1040	V
Rikki (S), vedetön	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	m-%	EF1039	V

Maanäytteet

						Yksikkö	Menetelmä	
Näytteenottopisteet	P2	P2	P2					
	1,0-1,5 m	1,5-2,0 m	2,5-3,0 m					
Näyttenumero	18YN	18YN	18YN					
	00094	00095	00096					
Kuivaus ilmoitetussa lämpötilassa	60	60	60			°C	EF1040	V
Rikki (S), vedetön	0,032	0,037	0,036			m-%	EF1039	V

Eurofins Environment Testing Finland Oy



Eliisa Hatanpää

Tutkimuskemisti, FM, +358 40 075 9657

Laboratoriot V Analysoitu Vantaalla

Jakelu tuomas.suikkanen@ramboll.fi; sari.suvanto@ramboll.fi

Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain tutkittua näytettä.

Projektin nimi				Projektin numero									
Ruskonniitty sulfidimaaselvitys				1510043737									
Näytepiste / pvm	Syvyys [m]	Silmämääräinen arvio		NAG-pH	inkubointi pH	Nettohapon- tuotanto [kg H ₂ SO ₄ /tonni]	Stot [m-%]	w [%]	H _n [%]	Rakeisuusmääritys			Muu tutkimus
		Maalaji*	Routivuus							Pesuseul.	Kuivaseul.	Areom.	
P1 / 11.9.2018	0-0,5	Hk/siHk			5,4		<0,03	10,2	0,9				
	1,0-1,5	siHk		5,4	5,5		<0,03	12,0	0,3				ruosteen väriä
	1,5-2,0	HkMr			5,5		<0,03	9,9	0,2				
	2,0-2,5	HkMr			5,5		<0,03	10,1	0,3				
P2 / 11.9.2018	0-0,5	Hk						8,8	0,7				kasvin osia
	0,5-1,0	siHk			4,9		<0,03	15,0	0,7				ruosteen väriä
	1,0-1,5	siHk/hkSi		4,8	5,3		0,032	18,1	0,2				
	1,5-2,0	siHk/hkSi		5,2	6,5		0,037	12,8	0,2				
	2,0-2,5	siHk/HkMr						11,2	0,2				
	2,5-3,0	HkMr		6,0	7,5		0,036	11,3	0,4				
* Silmämääräisessä maalajimäärityksessä on käytetty GEO-luokitusta. ** Rakeisuuden perusteella tehdyn maalajimäärityksen yhteydessä on esitetty sekä ISO- että GEO-luokituksen mukaiset tulokset (GEO-luokitus suluisissa).				Ramboll Finland Oy, Luopioinen Terhi Aittokumpu Tuomas Suikkanen Tutkija Tark. 8.11.2018 Pvm									

Testit on suoritettu seuraavien standardien tai ohjeiden mukaisesti:	
Vesipitoisuuden määrittäminen	SFS 179-2 - CEN ISO/TS 17892-1:fi
Hehkutushäviön määrittäminen	SFS-EN 1997-2 5.6
Pesu- ja kuivaseulonta	SFS 179-2 - CEN ISO/TS 17892-4:fi
Areometrikoe	SFS 179-2 - CEN ISO/TS 17892-4:fi
Maalajimääritys (ISO-luokitus)	SFS 2008 179-1 - EN ISO 14688-1
Maalajimääritys (GEO-luokitus)	Korhonen, K-H., Gardemeister, R. & Tamminrinne, M. 1974. Geotekninen maalajiluokitus. VTT.
pH-määritys	SFS-EN 1997-2 5.6

LIITE 3

YHTEENVETO KENTTÄHAVAINNOISTA

Ruskonniityn sulfidimaaselvitys

Liite 3. Kenttähavainnot

Näytteenotto: 11.9.2018

Näytteenottaja: Antti Eskelinen, Ramboll Finland Oy

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	Väri ¹	Kosteus ²	Muuta
P1 <i>Tutkimuskartan "Piste 2"</i>	0,0 - 0,5	hHk	5,6	R	0	
	0,5 - 1,0	siHk	5,9	R/H	0	
	1,0 - 1,5	siHk	6	H	1	
	1,5 - 2,0	siMr	6,4	H	1	Kivinen
	2,0 - 2,5	siMr	6,3	H	1	

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	pH	Väri ¹	Kosteus ²	Muuta
P2 <i>Tutkimuskartan "Piste 1"</i>	0,0 - 0,5	hHk	4,9	R	0	Turvepaksuus n. 10 cm
	0,5 - 1,0	hHk/siHk	5,7	R	0	
	1,0 - 1,5	siHk	6,5	R	1	
	1,5 - 2,0	siHk/siMr	6,7	R/H	2	Kivinen, pohjavesihavainto n. 1,5 m maanpinnasta
	2,0 - 2,5	siMr	7,1	H	2	
	2,5 - 3,0	siMr	7	H	2	

¹ R = ruskea, H = harmaa

² Kosteus arvioitu asteikolla 0 - 3, jossa 0 = kuiva ja 3 = märkä

LIITE 4

TUTKIMUSTULOSTEN YHTEENVETO

Ruskonniityn sulfidimaaselvitys

Liite 4. Tutkimustulosten yhteenveto

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	Hehkutushäviö H _n %	Vesipitoisuus w %	Maasto-pH	NAG-pH	Nettophosphorituotto kg H ₂ SO ₄ /tonni	Inkuboitu-pH	Rikkipitoisuus S _{tot} m-%
P1 <i>Tutkimuskartan "Piste 2"</i>	0,0 - 0,5	hHk	0,9	10,2	5,6	-	-	5,4	<0,03
	0,5 - 1,0	siHk	-	-	5,9	-	-	--	-
	1,0 - 1,5	siHk	0,3	12,0	6	5,4	-	5,5	<0,03
	1,5 - 2,0	siMr	0,2	9,9	6,4	-	-	5,5	<0,03
	2,0 - 2,5	siMr	0,3	10,1	6,3	-	-	5,5	<0,03

Piste	Syvyys (m)	Maalaji	Hehkutushäviö H _n %	Vesipitoisuus w %	Maasto-pH	NAG-pH	Nettophosphorituotto kg H ₂ SO ₄ /tonni	Inkuboitu-pH	Rikkipitoisuus S _{tot} m-%
P2 <i>Tutkimuskartan "Piste 1"</i>	0,0 - 0,5	hHk	0,7	8,8	4,9	-	-	-	-
	0,5 - 1,0	hHk/siHk	0,7	15,0	5,7	-	-	4,9	<0,03
	1,0 - 1,5	siHk	0,2	18,1	6,5	4,8	-	5,3	0,032
	1,5 - 2,0	siHk/siMr	0,2	12,8	6,7	5,2	-	6,5	0,037
	2,0 - 2,5	siMr	0,2	11,2	7,1	-	-	-	-
	2,5 - 3,0	siMr	0,4	11,3	7	6,0	-	7,5	0,036

LIITE 5
RUSKONNIITYN RAKENNETTAVUUSSELVITYS 2017

Plaana Oy
Tyrnäväntie 12
90400 OULU

Työ n:o 11944
27.11.2017

Plaana Oy

Ruskonniityn asemakaava-alueen rakennettavuus selvitys

Oulu

SISÄLLYS

1	TEHTÄVÄ.....	1
2	TUTKIMUKSET	1
2.1	Rakennettavuusselvitystä varten tehdyt kairaukset ja näytteenotto	1
2.2	Pohjavesiputket	1
2.3	Alueella tehdyt mittaukset.....	1
2.4	Sulfaattimaatutkimukset.....	1
3	TUTKIMUSTULOKSET	1
3.1	Kohdekuvaus	1
3.2	Geotekninen kuvaus	2
3.3	Pohjavesi	2
3.4	Sulfaattimaaselvitys	3
3.41	<i>Sulfaattimaan luokitteluperusteet</i>	<i>3</i>
3.42	<i>Tulokset.....</i>	<i>4</i>
3.43	<i>Sulfaattimaan vaikutus ympäristöön</i>	<i>4</i>
3.5	Radonriski.....	4
3.6	Maaperän pilaantuneisuus.....	5
4	RAKENNETTAVUUS	5
4.1	Perustamistavat alueittain.....	5
4.2	Perustamis- ja pohjanvahvistustapojen periaatteet	5
4.21	<i>Maanvarainen perustaminen.....</i>	<i>5</i>
4.22	<i>Massanvaihto</i>	<i>6</i>
4.23	<i>Paalutus.....</i>	<i>6</i>
4.24	<i>Esikuormitus.....</i>	<i>6</i>
4.3	Routasuojaus.....	6
4.4	Salaojitus	7
5	KUNNALLISTEKNIikka JA KADUT	7
5.1	Putkijohdot ja kaivannot.....	7
5.2	Kadut	7
6	JATKOTOIMENPITEET	8

1 TEHTÄVÄ

Plaana Oy:n toimeksiannosta on Geobotnia Oy tehnyt maaperän rakennettavuusselvityksen Oulun kaupungin Ruskonniityn kaupunginosaan. Alueella on tehty pohjatutkimuksia Oulun kaupungin toimesta elokuussa 2017. Rakennettavuusselvitystä tullaan käyttämään asemakaavan laatimisen perusselvitysaineistona.

2 TUTKIMUKSET

2.1 Rakennettavuusselvitystä varten tehdyt kairaukset ja näytteenotto

Alueella on aikaisemmin tehty pohjatutkimuksia. Näiden tutkimusten perusteella tehtiin uusi pohjatutkimusohjelma täydentämään alueen maaperätietoja. Pohjatutkimukset tehtiin elokuussa 2017 Oulun kaupungin toimesta painokairauksena 17 pisteessä ja ottamalla häiriintyneitä maanäytteitä 10 pisteestä, yhteensä 29 kpl. Kaikille maanäytteille on tehty rakeisuus- ja vesipitoisuusmääritys.

Tutkimuspisteiden sijainnit on sidottu ETRS-GK26 ja N2000-korkeusjärjestelmään. Tutkimuspisteiden sijainti ja mittaustulokset on esitetty liitteenä olevassa pohjatutkimuskartassa, piir. n:o 1.

2.2 Pohjavesiputket

Alueelle on aikaisemmin asennettu 5 kpl pohjavesiputkia. Tämän tutkimuksen yhteydessä alueelle asennettiin 2 kpl pohjavesiputkia, joista on mitattu pohjavesipinnat. Pohjavesiputket on esitetty pohjatutkimuskartassa ja pohjatutkimusleikkauksissa.

2.3 Alueella tehdyt mittaukset

Tutkitulla alueella on mitattu tutkimuspisteiden korkeudet.

2.4 Sulfaattimaatutkimukset

Rakeisuuden ja vesipitoisuuden perusteella valittiin näytteistä mahdollisia sulfaattimaanäytteitä yhteensä 3 kpl. Näytteistä analysoitiin sähkönjohtokyky, humuspitoisuus, pH, minimi pH, rikkipitoisuus ja hapontuotto.

3 TUTKIMUSTULOKSET

3.1 Kohdekuvaus

Tutkittu alue sijaitsee Oulun kaupungissa Ruskonniityn kaupunginosassa Raitotien ja jätekeskuksen välisellä alueella sekä osin Raitotien lounaispuolella. Selvitysalue on tällä hetkellä metsäistä viheraluetta (VP, VL Palolanpuisto, EV) sekä osin kaavoittamatonta aluetta. Kaavoituksen tavoitteena on laajentaa Ruskonniityn teollisuusaluetta pohjoiseen. Alueen laajuus on noin 32,5 ha. Alueen sijainti- ja kiinteistörekisterikartta on esitetty liitteenä.

Tutkittu alue on jaettu pohjatutkimustulosten perusteella kahteen maaperältään erilaiseen alueeseen. Alueet 1 ja 2 on merkitty Maaperä- ja rakennettavuuskarttaan, piir. n:o 5.

Alue 1

Alue 1 sijaitsee tutkimusalueen länsiosassa Raitotien molemmin puolin ja on kooltaan noin 12,5 ha. Alue on pääosin metsää. Alueella tutkimuspisteiden korkeudet vaihtelevat välillä +13,44...+14,51. Maanpinta viettää lännen suuntaan.

Alue 2

Alue 2 sijaitsee alueen itäosassa Oulun jätekeskuksen läheisyydessä ja on kooltaan noin 20 ha. Tutkitulla alueella mitatut tutkimuspisteiden korkeudet vaihtelevat välillä +15,25...+19,39. Maanpinta viettää lännen suuntaan.

3.2 Geotekninen kuvaus

Alue 1

Alueella on maanpinnasta lähtien routivaa löyhää hienoa hiekkaa/silttistä hiekkaa 0...3,4 m paksuudelta. Maakerroksesta otettujen näytteiden vesipitoisuus vaihtelee välillä 17...30 paino-%.

Routivan, löyhän hienon hiekan alla on routivaa pehmeää savista silttiä/silttiä, jonka paksuus vaihtelee 0,5...1,6 m. Savisen siltin/siltin vesipitoisuus vaihtelee välillä 43...62 paino-%.

Savisen siltti/siltin alla on paikoin routivaa keskitiivistä hiekkaa/silttistä hiekkaa, jonka paksuus vaihtelee 0...2,6 m. Keskitiiviin hiekan/silttisen hiekan vesipitoisuus vaihtelee välillä 19...20 paino-%.

Tiivis hieno hiekka/hiekkamoreeni alkaa länsiosassa tasoväliltä +9,5 ...+13,1 (0,5...4,9 m maanpinnasta).

Alue 2

Alueella on maanpinnasta lähtien routivaa löyhää hienoa hiekkaa, jonka paksuus maanpinnasta vaihtelee välillä 1,0...3,3 m. Tällä alueella löyhän hienon hiekan vesipitoisuus vaihtelee välillä 12...14 paino-%.

Alueella tiivis hiekka/hiekkamoreeni alkaa tasoväliltä +10,9...+19,1 (0,7...4,8 m maanpinnasta).

Kaikki alueella tehdyt kairaukset päättyivät tasovälille +6,82...+14,51 (2,8...7,6 m maanpinnasta). Kairausten päättymisessä oli tiivis maakerros tai kivi/lohkare.

3.3 Pohjavesi

Alueella on tehty pohjavedenpinnan tarkkailua vuosina 1993...1999 olemassa olevista pohjavesiputkista. Putkissa pohjavedenpinta on vaihdellut tasovälillä +14,47...+19,00 (0,05...1,89 m maanpinnasta). Alueelle asennetuissa uusissa pohjavesiputkissa pohjavedenpinta oli 29.8.2017 tasovälillä +13,36...+13,66 (0,29...0,35 m maanpinnasta).

Pohjaveden virtaussuunta on idästä länteen (Ruskon Jätekeskukselta kohti Pyykösjärveä).

Tutkimustulokset on esitetty pohjatutkimusleikkauksissa piir. n:o 2, 3 ja 4.

3.4 Sulfaattimaaselvitys

3.4.1 Sulfaattimaan luokitteluperusteet

Suomessa mm. GTK on käyttänyt sulfaattimaiden tunnistamiseen riskiluokittelua, jossa happamien sulfaattimaiden luokittelu perustuu kahteen tai kolmeen tekijään. Nämä tekijät ovat: Sulfidipitoisen maakerroksen alkamissyvyys (taulukko 1), maastossa mitatun pH:n minimi (taulukko 2.) ja rikkipitoisuus (taulukko 3.).

Taulukko 1. Sulfidimaakerroksen alkamissyvyys.

Luokka 1	Sulfidipitoisen maan alkamissyvyys [m]
1	0-0,1
2	1,0-1,5
3	1,5-2,0
4	2,0-3,0
5	sulfidi täysin hapettunut
6	ei sulfidia

Taulukko 2. Potentiaalisesti happaman sulfaattimaan minimi pH maastossa mitattuna.

Luokka 2	Minimi-pH 0-3 m syvyydellä
A	<3,5
B	3,5-3,9
C	4,0-4,4
D	≥ 4,5

Taulukko 3. Potentiaalisesti happaman sulfaattimaanäytteen rikkipitoisuus.

Täydentävä luokka	Sulfidikerroksen ylimmän 40 cm kokonaisrikkipitoisuuden keskiarvo [%]
I	≥ 1,0
II	0,6-0,99
III	0,2-0,59
IV	< 0,2

Riskiluokka ilmoitetaan muodossa sulfidipitoisen maakerroksen syvyys/pH_{min}/S(tot). Esimerkiksi 3 / A / II. Luokitus ei ota kantaa maan haponmuodostumispotentiaaliin. Luokittelun yhteydessä ei ole kerrottu, mitkä luokat edustavat ns. haitallista sulfaattimaata ja mitkä luokat eivät vaadi toimenpiteitä.

Tässä työssä näytteistä selvitettiin laboratoriossa myös NAG eli nettohapontuotto ja siihen liittyvä minimi-pH eli NAG-pH. Näiden perusteella voidaan arvioida maaperän hapontuottoa. Taulukossa 4 on esitetty käytetyt raja-arvot.

Taulukko 4. Maan hapontuotto NAG:n perusteella.

NAG pH	NAG [kgH ₂ SO ₄ /t]	
≥ 5	0-2	maa tuottaa vähän tai ei ollenkaan happoa
2,5-5	2-50	maa tuottaa kohtalaisesti happoa
≤ 2,5	> 50	maa tuottaa voimakkaasti happoa

3.42 Tulokset

Alueella tehtiin pohjatutkimus ja näytteistä määritettiin rakeisuus ja vesipitoisuus. Näiden tulosten perusteella lähetettiin laboratorioon kolme näytettä. Pohjatutkimusten perusteella alueella on maanpinnassa hienoa hiekkaa/silttistä hiekkaa, jonka paksuus vaihtelee 0...3,4 m. Hienon hiekan/silttisen hiekan alla pehmeä savinen silttikerros, joka on potentiaalinen sulfaattimaa. Näytteet otettiin savisesta silttikerroksesta 2 m syvyydeltä maanpinnasta. Pohjavedenpinta on hyvin lähellä maanpintaa, joten näytteet otettiin pohjavedenpinnan alapuolelta.

Taulukko 5. Tutkittujen maanäytteiden tulokset.

Tutkimuspiste	Syvyys [m]	Sähkönjohtokyky [mS/m]	Humuspitoisuus [%]	pH	NAG pH	NAG [kgH ₂ SO ₄ /t]	Rikki, S [mg/kg], (%)
P144	2,0	34	2,2	5,4	3,4	2,0	2300 (0,23)
P147	2,0	24,6	2,5	5,6	3,2	2,5	2300 (0,23)
P150	2,0	33,9	2,3	5,2	2,9	6,4	4010 (0,401)

Otettujen tulosten perusteella pisteissä P144 ja P147 kokonaisrikkipitoisuuden perusteella näytteet kuuluvat riskiluokkaan III. Pisteestä P150 otetussa näytteessä kokonaisrikkipitoisuus on yli 4000 mg/kg, jonka vuoksi näyte kuuluu riskiluokkaan I. Näytteiden perusteella maa tuottaa kohtalaisesti happoa. Saatujen tulosten perusteella alueella olevat saviset siltit voivat viitata potentiaalisesti happamaan sulfaattimaahan. Erityisesti alueen eteläosassa sijaitsevassa pisteessä P150 pitoisuudet olivat suuremmat ja sitä myöten riski on isompi.

3.43 Sulfaattimaan vaikutus ympäristöön

Sulfaattimaan haitallisten ympäristövaikutusten välttäminen voidaan estää sillä, että maat eivät pääse hapettumaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että maata ei kaiveta eikä pohjavedenpintaa alenneta. Alueella, jossa on savinen silttikerros (kartassa 11944-05 vaaleanpunainen alue), ei suositella rakennushankkeita, joissa lasketaan pohjavedenpintaa tai savista silttikerroksesta kaivetaan. Näin ollen kyseinen potentiaalinen sulfaattimaa ei pääse hapettumaan rakennustöiden seurauksena ja aiheuttamaan happamia valumia ympäristöön.

3.5 Radonriski

Säteilyturvakeskuksen mukaan uudisrakentamisen tavoitteena on mahdollisimman alhainen radonpitoisuus. Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto) sekä sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen perusteella uudet rakennukset tulee suunnitella ja rakentaa siten, että sisäilman radonpitoisuus on alle 200 becquereliä kuutiometrissä (Bq/m³).

Säteilyturvakeskuksen tekemien mittausten mukaan Oulu kuuluu vähäisen säteilyriskin alueeseen. Alueella tehtyjen tutkimusten perusteella radonpitoisuus asunnoissa alittaa enimmäisarvon 200 Bq/m³ säännönmukaisesti. Siten rakenteiden suunnittelussa ei ole tarpeen huomioida radonin esiintymistä.

3.6 Maaperän pilaantuneisuus

Alueella on ollut monenlaista teollisuustoimintaa ja alue rajautuu Oulun jätekeskukseen. Teollisuustoiminta ja jätteenkäsittely on voinut aiheuttaa maaperän ja pohjaveden pilaantumista alueella. Oulun jätekeskuksen läheisyydessä esitetään maaperän pilaantuneisuustutkimuksia maaperänäytteenotolla ennen rakentamista.

4 RAKENNETTAVUUS

4.1 Perustamistavat alueittain

Tutkitun alueen rakennettavuuteen vaikuttaa pääasiassa hienorakeisten kerrosten paksuus ja etäisyys maanpinnasta. Alue on jaettu maaperä- ja rakennettavuusolosuhteitaan kahteen osa-alueeseen. Jaon perusteena on hienorakeisten maakerrosten paksuus ja etäisyys maanpinnasta. Perustamistapa-alueet on esitetty maaperä- ja rakennettavuuskartassa, piirustus n:o 5.

Alueella 1 esiintyy pehmeä savinen siltti/siltti kerros, jonka kerrospaksuus vaihtelee 0...1,6 m. Pehmeän maakerroksen alapinta on vähemmän kuin 3,5 metriä maanpinnasta. Tällä alueella suositeltavana perustamistapana on massanvaihto hienorakeisen kerroksen alapintaan. Myös paalutus voi tulla kyseeseen alueilla, joissa hienorakeisten kerroksen alapinta on yli 3 m syvyydessä. Kellarillisissa rakennuksissa massanvaihto on taloudellisempi ratkaisu, sillä kellareita varten alueelle joudutaan tekemään joka tapauksessa kaivanto. Kevyet ja / tai painumia sietävät rakenteet voidaan mahdollisesti perustaa maanvaraisesti.

Alueella 2 esiintyy maanpinnassa kerros löyhää/keskiitiivistä hienoa hiekkaa/silttistä hiekkaa ja kerroksen alapinta vaihtelee 0,5...3,0 m maanpinnasta. Löyhä hieno hiekka/silttinen hiekka saattaa painua rakentamisen aikana jonkin verran. Tällä alueella rakennukset voidaan pääsääntöisesti perustaa maanvaraisesti. Mikäli alueelle rakennetaan raskaita teollisuushallirakenteita, maanvarainen perustaminen pitää tarkastella tapauskohtaisesti. Hyvin raskaat ja painumille herkäät rakenteet voidaan joutua esikuormittamaan ennen rakentamista. Muita vaihtoehtoisia pohjanvahvistustapoja ovat massanvaihto ja paalutus.

4.2 Perustamis- ja pohjanvahvistustapojen periaatteet

4.2.1 Maanvarainen perustaminen

Maanvaraisessa perustamisessa rakennus perustetaan seinä- ja/tai pilarianturoilla pohjamaan varaan. Rakennuksen alueelta on poistettava maanpinnassa oleva humusmaakerros. Perustusten korkeusasemasta riippuen voi olla tarpeellista tehdä perustusten alle alustäyttö, mikäli perustamistaso on ylempänä kuin maanpinta humusmaakerroksen poiston jälkeen. Perustusten alle suositellaan työteknisistä syistä tehtäväksi vähintään 0,15 m paksu alustäyttö kalliomurskeesta 0/32.

Alapohjat perustetaan maanvaraisesti. Alapohjat voidaan vaihtoehtoisesti tehdä myös ryömintätilallisina tuulettuvina alapohjina. Maanvaraisen alapohjien alle on tehtävä kapillaarisen vedennousun katkaiseva kerros salaojasorasta. Kerroksen paksuuden on oltava suurempi kuin materiaalin kapillaarisen vedennousukorkeus, kuitenkin vähintään 0,2 m.

4.22 Massanvaihto

Massanvaihdossa poistetaan rakennuksen alueelta painuva maakerros, joka korvataan kerroksittain tiivistetyllä hiekka-, sora- tai mursketäytöllä. Massanvaihdon alapinta ulotetaan sivusuunnassa 2:1-linjassa (tai loivemmassa) anturan reunasta rakennuksesta pois päin. Massanvaihto on teknis-taloudellisesti järkevä pohjanvahvistusmenetelmä, kun painuvan kerroksen alapinta on kohtalaisen lähellä maanpintaa (tyypillisesti alle 3 m syvyydessä).

4.23 Paalutus

Paksujen hienorakeisten maakerrosten esiintymisalueella painuma-arat ja / tai raskaat rakenteet suositellaan perustettavaksi paaluperustusten varaan. Alapohjat tehdään tällöin pääsääntöisesti kantavina. Myös maanvarainen alapohja on mahdollinen maanpinnan alapuolelle ulottuvissa tiloissa (kellareissa). Paalutus on yleensä taloudellisempi kuin massanvaihto, kun vaihdettavan maakerroksen paksuus on yli 3 metriä. Paaluina esitetään käytettäväksi teräsbetonisia lyöntipaaluja, jotka lyödään tukipaaluiksi. Paalukoko valitaan kuormien perusteella; mahdollisia paalukokoja ovat alustavasti 250*250 mm² ja 300*300 mm². Paaluina voidaan käyttää myös lyötäviä tai porattavia teräspaaluja. Maaperän korroosio-ominaisuudet tulee selvittää teräspaalujen rakenteellista mitoitusta varten.

4.24 Esikuormitus

Mikäli arvioidut painumat ylittävät rakennukselle sallittavat painumat, voidaan pohjanvahvistustapana mahdollisesti käyttää esikuormitusta. Erikuormituksen käyttökelpoisuus on selvitettävä täydentävien pohjatutkimusten ja painumalaskelmien perusteella. Laskelmien avulla määritetään tarvittava esikuormituksen suuruus, laajuus ja kuormitusaika niin, että esikuormituksen jälkeen syntyvät painumat ja painumaerot eivät ylitä rakenteille sallittuja painumia.

Esikuormitus tehdään maapenkereellä. Esikuormituspenkereen alaosa on edullista tehdä lattian alustäytöksi soveltuvalla materiaalilla (routimattomasta hiekasta tai sorasta) valmiiksi kerroksittain tiivistettynä. Penkereen yläosa voidaan haluttaessa tehdä muusta karkearakeisesta kivennäismaasta, esimerkiksi moreenista. Esikuormitusajan jälkeen ylimääräiset penkereen massat voidaan käyttää piha-alueen täyttöihin. Esikuormituspenkereen painumista on seurattava mittauksilla, jotta voidaan varmistua riittävästä esikuormitusajasta. Esikuormituksen jälkeen rakenteet perustetaan normaalisti maanvaraisesti, kuten kohdassa 4.21 on kuvattu.

4.3 Routasuojaus

Tutkimusalueen alueen maalajit ovat pääsääntöisesti routivia. Routimaton perustamis-
syvyys on seuraava:

- lämmin rakennus, ulkoseinälinja; 1,6 metriä
- lämmin rakennus, nurkka; 2,0 metriä (vähintään 2,0 metrin päähän nurkasta)
- kylmä rakenne; 2,5 metriä

Kaikki em. tason yläpuolelle perustetut rakenteet, sokkelipalkit, yms. on eristettävä ulkopuolisella routaeristeellä, tai tehtävä massanvaihto ko. kohdalla routimattomaan syvyyteen routimattomalla hiekalla tai soralla. Routaeristeet mitoitetaan perustamissyvyyden ja alapohjan lämmönvastuksen mukaan kerran viidessäkymmenessä (50) vuodessa toistuvalla pakkasmäärällä $F_{50} = 50\ 000\ \text{Kh}$.

4.4 Salaojitus

Alueen rakennukset suositellaan salaojitettavaksi lähellä maanpintaa olevan pohjavesipinnan sekä maaperän heikon vedenläpäisevyyden takia. Salaojat tehdään muovisesta salaojaputkesta $\varnothing 110/95$, lujuusluokka SN8. Salaojat sijoitetaan pääsääntöisesti ulkoseinälinjoille. Salaojien ympärille ja alapohjan alle on tehtävä yhtenäinen kapillaarisen vedennousun katkaiseva salaojituskerros, jonka paksuus on vähintään 0,20 metriä.

5 KUNNALLISTEKNIikka JA KADUT

5.1 Putkijohdot ja kaivannot

Putkijohdot perustetaan pääsääntöisesti tavanomaisin menetelmin maanvaraisesti. Putkijohtojen alle tehdään 150 mm paksuinen asennusalusta sorasta, hiekasta, murskeesta tai kuonatuotteista. Alustäytön maksimirakoko määräytyy täytön materiaalin, putkityypin ja putkihalkaisijan perusteella. Koska selvitysalueen pehmeiköt ovat varsin ohuita, putkijohtojen painumat ovat pehmeiköilläkin yleisesti ottaen kohtalaisen vähäisiä, yleensä alle 50...80 mm.

Rakennus- ja putkijohtokaivannot voidaan pääsääntöisesti tehdä luiskattuina. Pohjaveden virtaus hiekkakerroksesta tai silttisestä hiekkakerroksesta kaivantoihin voi olla kohtalaista ja aiheuttaa kaivantojen luiskien sortumista. Yli 1,0 m pohjavesipinnan alapuolelle ulottuvissa putkijohtokaivannoissa on varauduttava pohjaveden alentamiseen siiviläputkilla ennen kaivutöitä.

Putkijohtokaivantojen alustavat luiskakaltevuudet ovat:

- 2:1, kun kaivannon syvyys on $\leq 1,7\ \text{m}$
- 1:1, kun kaivannon syvyys on 1,7...2,5 m tai kun kaivu ulottuu pohjavesipinnan alapuolelle tai silttikerrokseen
- 1:1,5, kun kaivannon syvyys on 2,5...3,5 m
- yli 3,5 m syvien kaivantojen stabiliteetti on selvitettävä tapauskohtaisesti

5.2 Kadut

Kadut voidaan perustaa maanvaraisesti. Katujen suunnittelussa on kuitenkin otettava huomioon savisen siltin ja siltin kokonpuristumisesta aiheutuvat painumat. Arvioitu konsolidaatiopainuma on maksimissaan noin 50...80 mm, kun kadun taso on noin 1,0 m nykyistä maanpintaa ylempänä.

Katujen routa- ja kantavuusmitoituksessa voidaan käyttää seuraavia ominaisuuksia:

- Alue 1
 - pohjamaan E-moduuli 10...20 MPa
 - pohjamaan routatupoama 16 %
- Alue 2
 - pohjamaan E-moduuli 20 MPa
 - pohjamaan routatupoama 12 %.

6 JATKOTOIMENPITEET

Tämä rakennettavuusselvitys on laadittu alueen rakennettavuuden arvioimiseksi sekä rakennusten perustamistapojen alustavaa arviointia varten. Kunkin rakennuksen osalta on ennen rakentamista arvioitava lisäpohjatutkimusten tarve perustamisen yksityiskoh- taista suunnittelua varten.

Mikäli alueelle, jossa on savinen silttikerros, suunnitellaan myöhemmin saviseen silttiin asti ulottuvia kaivutöitä tai pohjaveden alentamista, tulee alueella tarkemmin selvittää sulfaattimaiden esiintyminen.

Tämä rakennettavuusselvitys on tarkistettava, mikäli tarkastelualueen laajuudessa tai rakennusten tyypeissä tapahtuu muutoksia.

Geobotnia Oy



Janne Herva, DI



Katja Puolitaival, DI

- Liitteet:**
- Sijaintikartta, 1 s.
 - Pohjatutkimusmerkinnät, 1 s.
 - Pohjatutkimuskartta, piir. n:o 1
 - Pohjatutkimusleikkaukset A-A ja B-B, piir. n:o 2
 - Pohjatutkimusleikkaukset C-C ja D-D, piir. n:o 3
 - Pohjatutkimusleikkaukset E-E, F-F ja G-G, piir. n:o 4
 - Maaperä- ja rakennettavuuskartta, piir. n:o 5
 - Laboratorion testausseleste, 2 s.