



# Sulfidiselvitys Taanilan asemakaavoitus- alueella Ylivieskassa

Jaakko Auri, Jukka Räisänen ja Pauliina Liwata-Kenttälä



31.8.2018



31.8.2018 / GTK/356/03.02/2018

Tekijät Jaakko Auri Jukka Räisänen Pauliina Liwata-Kenttälä		Raportin laji Tilaustyö	
		Toimeksiantaja Ylivieskan kaupunki	
Raportin nimi Sulfidiselvitys Taanilan asemakaavoitus-alueella Ylivieskassa			
Tiivistelmä Tässä tutkimuksessa kartoitettiin happamien sulfaattimaiden esiintymistä ja ominaisuuksia Taanilan asemakaavoitus-alueella Ylivieskassa. Tutkimus perustui 7 kairaukseen, joilla kuvattiin maaperän maalajit, kerrosjärjestys, mitattiin pH sekä otettiin näytteitä jatkoanalyysijä varten. Laboratoriossa näytteistä analysoitiin kokonaisrikkipitoisuus ja inkuboitu-pH.  Tutkituilla pisteillä oli multamaan alla yleisesti hienoa hietaa ja tämän alla hiesua ja savea. Yhdellä pisteellä oli multamaan alla liejuhiesua, jonka tulkittiin edustavan joen tulvakerrostumaa. Kairaukset ulottuivat 2-3 metrin syvyyteen maanpinnasta. Maanäytteiden maasto-pH -arvot olivat yhtä pistettä lukuun ottamatta selvästi yli neljän. Alle neljän maasto-pH -arvoja (sulfaattimaan raja-arvo) ei mitattu yhdestäkään näytteestä. pH-inkubaatioissa happamoitui maaperä kahdella pisteellä voimakkaasti alle 3 arvoihin. Näillä pisteillä myös rikkipitoisuudet olivat koholla. Yhdellä pisteellä laski pH yhdessä näytteessä niukasti alle neljään, rikkipitoisuuden ollessa alhainen.  Tulosten perusteella kolme pistettä seitsemästä luokitellaan sulfaattimaaksi. Merkittävästi happamoituvat kerrokset sijaitsevat selvitys alueen itäosassa lähimpänä Kalajoen uomaa. Sulfaattimaiden esiintymistä alueella on kuitenkin vaikea rajata tarkemmin. Lisäksi sulfaattimaiden aistinvarainen tunnistaminen alueella on vaikeaa.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Happamat sulfaattimaat, maaperäkairaus, maalajit, pH-mittaukset, kemialliset analyysit			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Pohjois-Pohjanmaa, Ylivieska, Taanila			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä	Kieli Suomi	Hinta	Julkiisuus Ei julkinen
Yksikkö ja vastuualue Ympäristögeologia / Espoo		Hanketunnus	
Allekirjoitus/nimen selvennys  Jaakko Auri		Allekirjoitus/nimen selvennys	



## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>TUTKIMUKSEN TAUSTA</b>	<b>1</b>
1.1	Merkittävää happamoitumista aiheuttavat sulfidisedimentit	1
<b>2</b>	<b>TUTKIMUSALUE</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT</b>	<b>3</b>
3.1	GTK:n aineisto	3
3.2	Maaperäkairaukset ja maastohavainnot	4
3.3	Maasto-pH ja inkuboitu pH	4
3.4	Rikkipitoisuus ja alkuaineanalyysit	4
3.5	Tutkimuspisteiden happamoitumisriskiluokitus	4
<b>4</b>	<b>TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU</b>	<b>5</b>
4.1	Maalajit ja kerrosjärjestys	5
4.2	Rikkipitoisuus	5
4.3	Maasto-pH ja inkuboitu pH tutkimuspisteillä	5
<b>5</b>	<b>SULFAATTIMAIDEN ESIINTYMIEN JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>VIITELUETTELO</b>	<b>7</b>



31.8.2018

## 1 TUTKIMUKSEN TAUSTA

Ylivieskan kaupunki tilasi 9.5.2018 päivätyllä tilauksella GTK:lta happamien sulfaattimaiden selvitystyön Taanilan asemakaavoitus-alueelta Ylivieskassa. Tutkimuksen tarkoituksena selvittää sulfaattimaiden esiintymisen ja ominaisuudet, niin että sulfaattimaiden aiheuttamat riskit voidaan ottaa huomioon alueen maankäytössä.

Sulfidipitoisten maakerrosten tiedetään aiheuttavan maaperän ja vesistöjen happamoitumisriskin mikäli pohjavedenpinnan alapuoliset hapettumattomat sulfidirikipitoiset maakerrokset altistuvat hapettumiselle. Tyypillisesti nämä kerrokset hapettuvat kuivatusojituksen tai maamassojen läjitusten yhteydessä. Sulfidien hapettuessa muodostuu maaperässä rikkihappoa, joka alentaa maaperän pH:ta voimakkaasti (alle neljään).

Sulfaattimaat on havaittu ongelmallisiksi myös rakentamisen kannalta, sillä hapan maaperä syövyttää terä- ja betonirakenteita, aiheuttaen siten lisäkustannuksia materiaalivalinnoissa ja/tai korjauskuluissa. Myös sulfidien syntyyn (sulfaatin pelkistyminen) liittyvä mikrobiologinen toiminta voi aiheuttaa maaperään tavanomaisesta poikkeavat korroosio-olosuhteet, jotka on syytä huomioida rakentamisessa. Hienorakeisilla ja liejuisilla sulfaattimailla on myös yleisesti heikot geotekniset ominaisuudet. Tyypillisiä ongelmia rakentamisessa ovat heikko kantavuus, kokoonpuristuminen ja häiriintyminen jo kaivun aikana.

Taanilan kaavoitusalue sijaitsee noin 53-57 metrin korkeustasolla (m mpy) ja siten selvästi muinaisen Litorina-meren korkeimman rantatason alapuolella. Näillä alueella tavataan muinaisissa sedimentaatioaltaissa yleisesti sulfidipitoisia sedimenttejä, jotka muodostavat tyypillisimmin happamia sulfaattimaita. Alueella on myös yksi tulkittu kallioperän mustaliuskevyöhyke, joka voi lisätä alueen sulfidiriskiä.

Tutkimusmenetelminä työssä käytettiin maaperäkairauksia (7 kpl) joilla kuvattiin maaperän maalajit ja kerrosjärjestys sekä otettiin näytteitä (59 kpl), joista analysoitiin maasto-pH, inkuboitu-pH ja kokonaisrikkipitoisuus.

### 1.1 Merkittävää happamoitumista aiheuttavat sulfidisedimentit

Sulfidisedimentit ovat rikkipitoisia (yleensä > 0,2 % S) kerrostumia, jotka ovat tyypillisesti liejupitoisia ja koostuvat lähinnä hienorakeisista maalajeista (savi, hiesu ja hieno hieta). Paikoin, myös karkeat maalajit (hieta ja hiekka) ja moreeni voivat muodostaa sulfidisedimenttejä. Moreenissa sulfideja voi esiintyä erityisesti kallioperän mustaliuskeiden läheisyydessä. Tyypillisesti hienorakeinen sulfidisedimentti on väriltään hapettumattomana musta tai tumman harmaa. Jos sulfidisedimentit pääsevät hapettumaan, esimerkiksi ruoppaus- ja ojitustilanteessa, syntyy maaperässä rikkihappoa rautasulfidien hapettumisen seurauksena. Mikäli sulfidisedimentin puskurikyky ei riitä neutraloimaan muodostunutta happamuutta, ympäristö voi happamoitua merkittävästi. Yksi tapa määrittää sulfidien läsnäolo sedimentissä ja saada arvio sulfidien hapettumispotentiaalista on suorittaa inkubaatio-koee. Tämä tarkoittaa että sedimentin annetaan hapettua 8 - 19 viikkoa, jonka jälkeen maastossa mitattuja pH-arvoja verrataan hapetuksen jälkeisiin arvoihin. Mikäli pH-arvo on laskenut alle neljään ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä, voidaan näytteissä todeta esiintyvän sulfideja.

Karkearakeiset sulfidisedimentit (hieta, hiekka ja moreeni) sisältävät tyypillisesti huomattavasti vähemmän rikkiä kuin vastaavat hienorakeiset sedimentit. Alhaisesta rikkipitoisuudesta huolimatta nämä karkearakeiset maalajit happamoituvat voimakkaasti inkubaatiossa. Tämä johtuu karkearakeisten maiden luontaisesti



31.8.2018

heikosta puskurikyvystä pH-muutosta vastaan. Vaikka sulfidipitoinen karkearakeinen maaperä happamoi-tuu voimakkaasti hapettuessaan, ei niiden aiheuttamasta vesistöjen tai ympäristön happamoitumisriskistä ole juurikaan tutkimustietoa.

SYKE:n hallinnoimassa ”Sulfaattimailla syntyvän happaman kuormituksen ennakointi- ja hallintamenetelmät” –hankeessa (SuHE) (Hadzic ym. 2014) todettiin, että useiden turvetuotantoalueilta otettujen moreeninäytteiden pH laski inkubaatiossa merkittävästi, vaikka asiditeetti ja kokonaisrikkipitoisuudet olivat lähes normaalilla tasolla. Tämä todettiin selittyvän karkeamman maalajin heikolla puskurikyvyllä. Samalla arvi-oiittiin, että käytännössä hapan kuormitus tällaisesta maasta on vähäisempää. Hadzic ym. 2014 myös totea-vat, että alhaisen puskurikyvyn vuoksi moreenien pH voi olla luonnostaan alhainen ja että näiden maiden riskiluokittelussa tulee ottaa huomioon pH-arvojen muutosten suuruus inkubaatiossa. Hadzic ym. 2014 mu-kaan moreenit, joissa pH laskee inkubaatiossa kolmen ja neljän välille ja laskua on tapahtunut yli yhden yksikön ( $\Delta\text{pH} > 1$ ), aiheuttavat todennäköisesti suhteellisen pientä kuormitusta. Mikäli pH laskee inkubaa-tiossa alle kolmeen ja pudotusta tapahtuu yli yhden yksikön ( $\Delta\text{pH} > 1$ ), arviointiin happaman kuormituksen riski suurella todennäköisyydellä merkittäväksi.

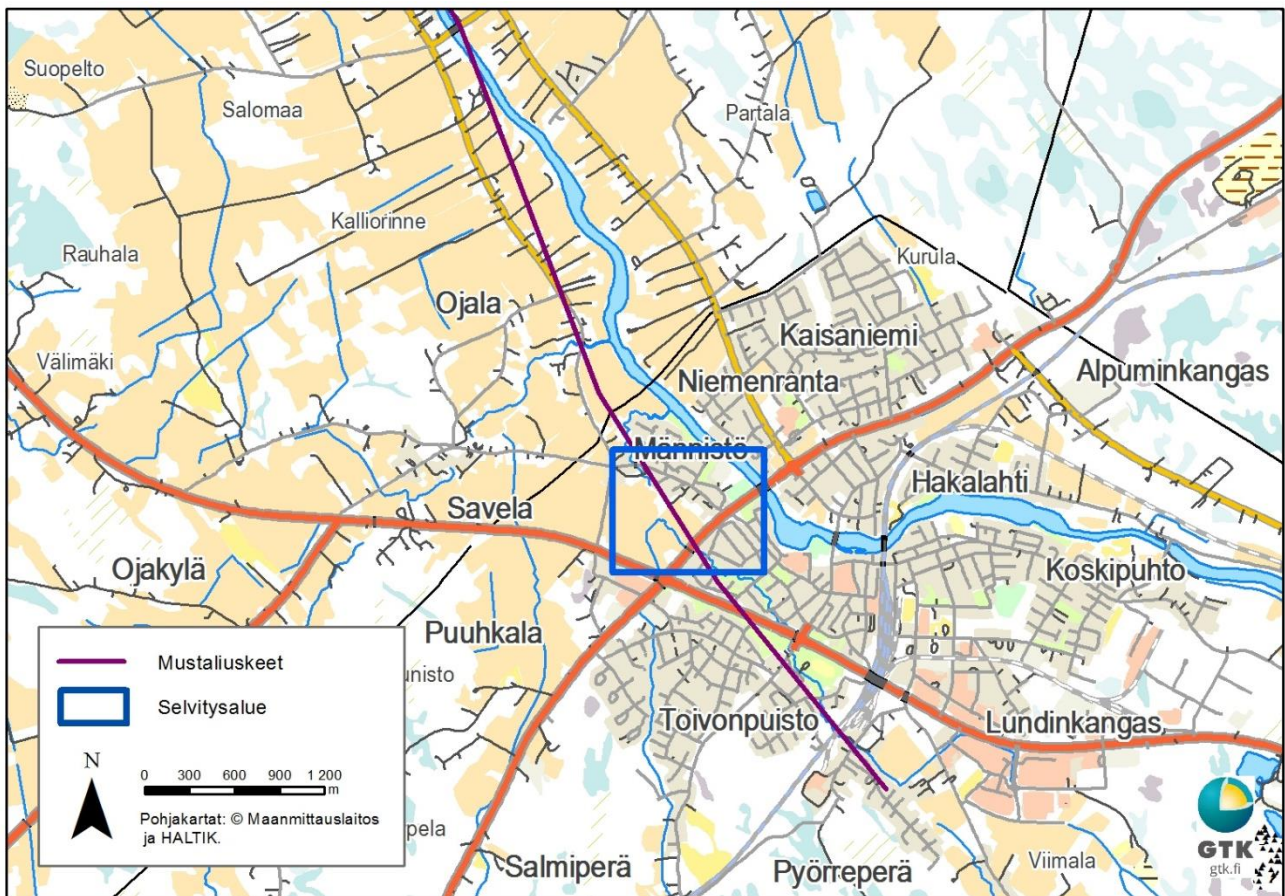
Australialaisen ”Queensland Acid Sulfate Soil Technical Manual: Soil Management Guidelines” -julkaisun (Dear et al. 2014) mukaan hapettuvan sulfidipitoisen materiaalin raekoko vaikuttaa merkittävästi happa-moitumisriskiin. Julkaisun mukaan sulfidipitoiset hiekat voivat happamoitua hyvin nopeasti hienorakeisia maalajeja paremman läpäisevyyden ja heikomman puskurikyvyn vuoksi. Vesi myös liikkuu hiekassa tehokkaasti, minkä vuoksi niistä voi vapautua suuria volyymeja hapanta ja liuenneilla metalleilla kontami-noitunutta vettä. Hiekkojen sulfidipitoisuus on yleensä huomattavasti alhaisempi kuin vastaavien hienora-keisten materiaalien.

## 2 TUTKIMUSALUE

Taanilan kaavoitusalue Ylivieskassa (kuva 1) on pinta-alaltaan noin 16 ha ja sijaitsee noin 53-57 metrin korkeustasolla (m mpy). Muinaisen Litorinameren korkein rantataso on alueella noin 100 metrin tasossa ja siten tutkimusalue sijaitsee selvästi tämän alapuolella.



31.8.2018



**Kuva 1.** Taanilan selvitysalueen sijainti.

Maaperäkartan (1:20 000) mukaan alueen maaperä on hienoa hietaa ja hiesua. Kallioperä on alueella intermediääristä hiekkakiveä/konglomeraattia. Alueen halki kulkee myös yksi tulkittu mustaliuskevyöhyke (kuva 1).

GTK:n happamien sulfaattimaiden yleiskartan (1:250 000) mukaan sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on Taanilan tutkimusalueella alueella pieni tai kohtalainen. Tutkimusalueelle ei kuitenkaan osu yhtään kairauspistettä ja arvio sulfaattimaiden esiintymisestä perustuu tulkintaan lähimmistä kairauspisteistä, maaperäkartan tietoihin, sekä GTK:n aerogeofysikaaliseen aineistoon.

### 3 TUTKIMUSAINIESTO JA -MENETELMÄT

#### 3.1 GTK:n aineisto

Tässä tutkimuksessa kerätyn aineiston lisäksi hyödynnettiin tutkimuksen suunnittelussa ja happamien sulfaattimaiden esiintymisen tulkinassa seuraavia aineistoja:

- GTK:n mustaliuskevektoritaso (tulkinta-aineisto)
- GTK:n kallioperä- ja maaperäaineisto

31.8.2018

GTK:n mustaliuskekartoitusaineisto perustuu pääasiassa aerogeofysikaalisen (aerosähkö- ja magneettinen) aineiston tulkintaan ja kuvaa mustaliuskeiden esiintymisen melko karkeasti.

### 3.2 Maaperäkairaukset ja maastohavainnot

Maaperäkairaukset (7 kpl) tehtiin näytteenottosuunnitelman mukaisilla kohteilla (kuva 2). Kairaukset tehtiin moottoritärykairaamattomalla maaperänäytteenottomella, jolla saatiin jatkuvat näytesarjat 100 cm osissa. Kairaukset ulotettiin joko 3 metrin syvyyteen maapinnasta tai kovaan pohjamaahan saakka (moreeni). Kairauspisteillä tehtiin jatkuva litostratigrafinen havainnointi (maalajimääritys, rakenteet, rajapinnat, väri) ja aistihavaintoihin perustuva tulkinta sulfidin esiintymisestä. Näytteitä (yhteensä 58 kpl) otettiin noin 20- 40 cm osissa kattavasti jokaisesta kerrosyksiköstä. Maalajit nimettiin RT-luokituksen mukaisesti. Kairauspisteet on nimetty tunnuksella JPRA-2018-x (esim. JPRA-2018-1007) ja kultakin pisteeltä otetut näytteet tunnuksella EN\_JPRA-2018-x.x (esim. EN\_JPRA-2017-1007.1).

### 3.3 Maasto-pH ja inkuboitu pH

Maasto-pH mitattiin suoraan maaperänäytteiden pinnalta maastossa. Maasto-pH:n ollessa mineraalimaanäytteessä alle 4,0, voidaan maaperä luokitella happamaksi sulfaattimaaksi. pH-inkubaatioissa maaperänäytteiden annettiin hapettua huoneilmassa 10 viikon ajan. Näytteet pidettiin kosteana lisäämällä tarvittaessa deionisoitua vettä. pH-arvo mitattiin alkutilanteessa ja hapetusjakson jälkeen. Mikäli pH inkubaation jälkeen mineraalimaanäytteessä on alle 4,0 ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä lähtötilanteeseen nähden, voidaan inkubaation perusteella todeta näytteessä olevan sulfidia. Turpeen voidaan tulkita aiheuttavan happamoitumiskuormitusta, mikäli maastossa mitattu pH on alle 3, inkuboitu pH < 3 tai inkuboitu pH < 3,5 ja pH laskenut inkubaation yhteydessä yli yhden yksikön.

### 3.4 Rikkipitoisuus ja alkuaineanalyysit

Näytteistä (12 kpl) analysoitiin rikkipitoisuus ICP-OES-tekniikalla. Näytteet esikäsiteltiin kuivamalla ja jauhamalla, sekä liuotettiin kuningasvedellä. Kaikki analyysit tehtiin Labtium Oy:ssä.

### 3.5 Tutkimuspisteiden happamoitumisriskiluokitus

Tutkimuspisteet luokiteltiin tässä työssä arvioidun happamoitumisriskin perusteella neljään luokkaan: merkittävä, kohtalainen, pieni, hyvin pieni. Luokituksessa otettiin huomioon happamoituvan kerroksen maalaji ja paksuus ja se perustui ensisijaisesti inkubaatio-pH-arvoihin ja arvojen alenemisen määrään, sekä näytteiden rikkipitoisuuteen. Hienorakeisen maaperän happamoitumisriski arvioidaan pääsääntöisesti merkittäväksi, mikäli pH on laskenut inkubaatioissa alle neljään ja pudotusta on tapahtunut yli yhden yksikön ( $\Delta\text{pH} > 1$ ). Karkearakeisen ja vähärikkisen maaperän happamoitumisriski arvioidaan pääsääntöisesti merkittäväksi, mikäli pH on laskenut inkubaatioissa alle kolmeen ja pudotusta on tapahtunut yli yhden yksikön ja kohtalaiseksi, mikäli inkuboitu pH on välillä 3 ja 4 ja pudotusta on tapahtunut yli yhden yksikön. Happamoitumisriski syntyy, mikäli pohjavedenpinnan alapuolista sulfidipitoista maata kuivatetaan tai maamasoja läjitetään pohjavedenpinnan yläpuolelle.

31.8.2018

## 4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

Kairausten maalaji- ja kerrosjärjestyshavaintotiedot, pH-mittaustulokset, rikki-pitoisuudet ja kuvataan sanallisesti alla ja pistekohtaisesti taulukkomuodossa sekä profiilikuvina liitteissä 1 ja 2. Kaikki alkuaineanalyysitulokset esitetään taulukkomuodossa liitteessä 3. Sulfaattimaiden pistekohtainen happamoitumisriski esitetään kuvassa 2.

### 4.1 Maalajit ja kerrosjärjestys

Kaikilla kairauspisteillä oli pintamaana multamaata, jonka kerrospaksuus vaihteli 25 – 70 cm välillä. Tämän alapuolella oli tyypillisesti (viidellä pisteellä) hienoa hietaa, jossa oli rautasaostumia merkinä hapettumisesta. Pisteillä JPRA-2018-1010 ja JPRA-2018-1013 havaittiin keltaista jarsiitti-saostumia, jotka ovat tyypillisiä sulfaattimaalle, indikoiden happamia olosuhteita. Yhdellä pisteellä oli heti turpeen alla liejuhiesua (JPRA-2018-1011) ja yhdellä hietaa (JPRA-2018-1013). Myös nämä kerrokset olivat hapettuneita. Hapettumissyvyys/pohjavedenpinta vaihteli pisteillä karkeasti arvioiden 1,2 – 1,8 metrin välillä.

Syvemmillä profiileissa maalajit hienonivat tyypillisesti ensin hiesuksi ja tämän jälkeen saveksi. Kolmella pisteellä kairaus päättyi ennen kolmen metrin syvyyttä moreenikerrokseen. Pisteellä JPRA-2018-1010 oli hiesu pohjalla musta harmaata ja pisteellä JPRA-2018-1013 savi yhdellä syvyydellä tumman harmaata. Muutoin savi- ja hiesukerrosten väri vaihteli harmaasta punertavaan, eikä niissä havaittu aistinvaraisesti sulfideja.

Kairatut kerrossarjat edustavat todennäköisesti melko tyypillistä ylöspäin karkenevaa jokisuiston kerrossarjaa.

### 4.2 Rikkipitoisuus

Kokonaisrikkipitoisuutta ei analysoitu kaikista näytteistä, vaan näytteet valittiin valikoiduilta syvyyksiltä tukemaan pH-inkubaatio -tuloksia. Pääasiassa analyysiin valittiin näytteitä hapettumattomasta kerroksesta, sillä hapettuneesta kerroksesta rikki on jo saattanut osin huuhtoutua pois, eikä se siten välttämättä kuvaa todellista riskiä. Analysoidut rikkipitoisuudet vaihtelivat 0,01 – 0,46 % välillä. Korkeimmat pitoisuudet mitattiin pisteen JPRA-2018-1009 hiesukerroksesta. Myös pisteellä JPRA-2018-1010 oli hiesukerroksessa niukasti yli 0,2 % rikkiä, mitä pidetään yleisesti merkittävänä pitoisuutena hienorakeisissa maalajeissa. Analysoidut rikkipitoisuudet eivät anna viitteitä alueella sijaitsevasta kallioperän mustaliuskeesta.

### 4.3 Maasto-pH ja inkuboitu pH tutkimuspisteillä

Maasto-pH –arvot olivat selvästi alhaisia kahdella kairauspisteellä (JPRA-2018-1009 ja JPRA-2018-1010). Alle neljän pH-arvoja ei kuitenkaan mitattu kummallakaan pistellä, eikä pisteillä siten ole luokituksen mukaisia todellisia, aktiivisia happamia sulfaattimaita. Alimmillaan pH oli tasan neljä, mikä kuitenkin indikoi sulfidiperäistä happamoitumista ja antaa viitteitä siitä, että alueella voi olla myös todellisia happamia sulfaattimaita. Pohjavedenpinnantason alapuolella maasto –pH:t olivat yleisesti hieman yli kuuden.

pH-inkubaatioissa happamoitui maaperä merkittävästi vastaavilla kahdella pisteellä, joilla maasto-pH:t olivat alhaisia. Happamoituvat maalajit hienoa hietaa ja hiesua, joissa myös rikkipitoisuudet olivat muita pisteitä korkeammat. Molemmilla pisteillä pH laski reilu metrin syvyydellä alle kolmeen ja happamoitumisriski arvioidaan molemmilla pisteillä merkittäväksi. Myös pisteellä JPRA-2018-1011 laski pH hiesukerroksessa yhdessä näytteessä niukasti alle neljään (3,9). Kyseisen näytteen rikkipitoisuus oli kuitenkin alhainen ja pisteen happamoitumisriski arvioidaan tämän perusteella kohtalaisen pieneksi.





31.8.2018

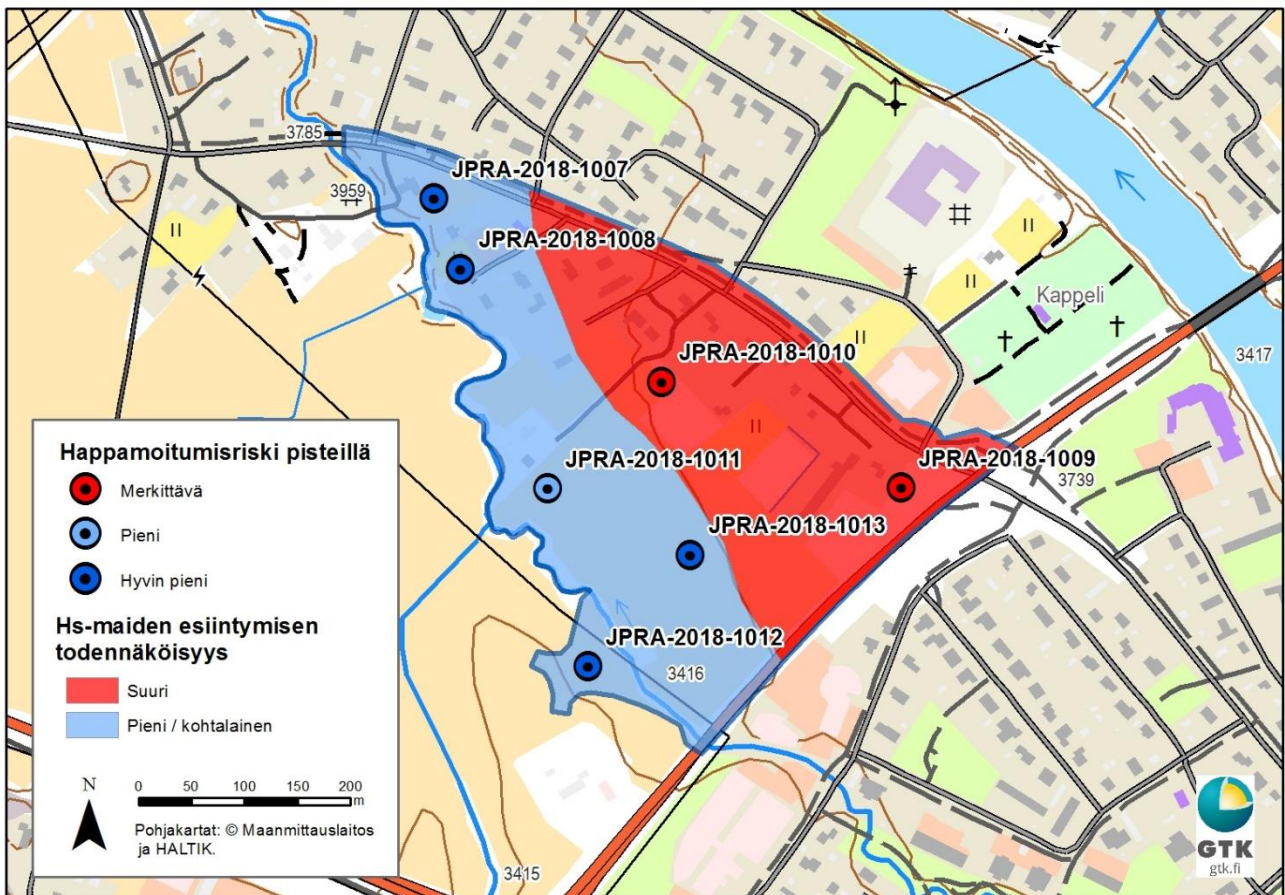
## 5 SULFAATTIMAI DEN ESIINTYMIEN JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Maasto-pH -arvojen perusteella alueella ei havaittu happamia hapettuneita maakerroksia, vaikkakin hapettuneesta maasta tunnistettiin satunnaisesti aistinvaraisesti jarsiitti-saostumia, jotka tyypillisesti indikoivat happamuutta. Kaikkien mineraalimaanäytteiden pH-arvot olivat 4 tai yli.

Rikkipitoisuuksien ja pH-inkubaation perusteella 3 pistettä 7:stä luokitellaan happamaksi sulfaattimaaksi (kuva 2). Kahdella näistä happamoitumisriski arvioidaan merkittäväksi, mikäli pohjavedenpinnan alapuoleinen maaperä pääsee hapettumaan. Happamoituva maaperä on harmaata hienoa hietaa tai hiesua, joka saattaa olla myös mustan harmaata. Sulfaattimaa ei kuitenkaan ole välttämättä helposti tunnistettavissa aistinvaraisten havaintojen perusteella.

Merkittävästi happamoituvat pisteet sijaitsevat selvitysalueen itäosassa (kuva 2). Happamoituvien sedimenttien esiintymistä on kuitenkin vaikea rajata alueella tarkasti, mutta mahdollisesti ne rajautuvat Kala-joen uomaa lähellä oleviin kerrosyksiköihin.

Pisteet, joilla ei ollut merkittävästi happamoituvia kerroksia, ovat hieman alemmalla korkeustasolla kuin kaksi happamoituvaa pistettä (vrt. korkeuskäyrä). Tämän perusteella on mahdollista, että sulfaattimaita esiintyy enemmän tämän korkeuskäyrän ja jokuoman välissä. Tulosten perusteella ei kuitenkaan voida sulkea kokonaan pois sulfaattimaiden esiintymistä myös tämän alueen ulkopuolella.



**Kuva 2.** Havaintopisteiden happamoitumisriskiluokitus ja tulkittu hs-maiden esiintymistodennäköisyys.

31.8.2018

## 6 VIITELUETTELO

**Dear, S-E., Ahern, C. R., O'Brien, L. E., Dobos, S. K., McElnea, A. E., Moore, N. G. & Watling, K. M., 2014.** Queensland Acid Sulfate Soil Technical Manual: Soil Management Guidelines. Brisbane: Department of Science, Information Technology, Innovation and the Arts, Queensland Government.

**Hadzic, M., Postila, H., Österholm, P., Nystrand M., Pahkakangas, S., Karppinen, A., Arola, M., Nilivaara-Koskela, R., Häkkinen, K., Saukkoriipi, J., Kunnas, S. ja Ihme, R. 2014.** Sulfaattimailta syntyvän happaman kuormituksen ennakointi- ja hallintamenetelmät – SuHE-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 17/2014. 88 s

**Herranen, T. 2009.** Turpeen rikkipitoisuus Suomessa. Geologian tutkimuskeskus. Turvetutkimusraportti 451.

**Ignatius, H., Kukkonen, E. & Winterhalter, B. 1968:** Notes on a pyritic zone in upper Ancyclus sediments from the Bothnian Sea. - Bull. Geol. Soc. Finland vol. 40: 131-134.

**Papunen, 1968 H.** On the sulphides in the sediments of the Bothnian Sea, Bull. Geol. Soc. Finland 40 (1968), pp. 51–57.

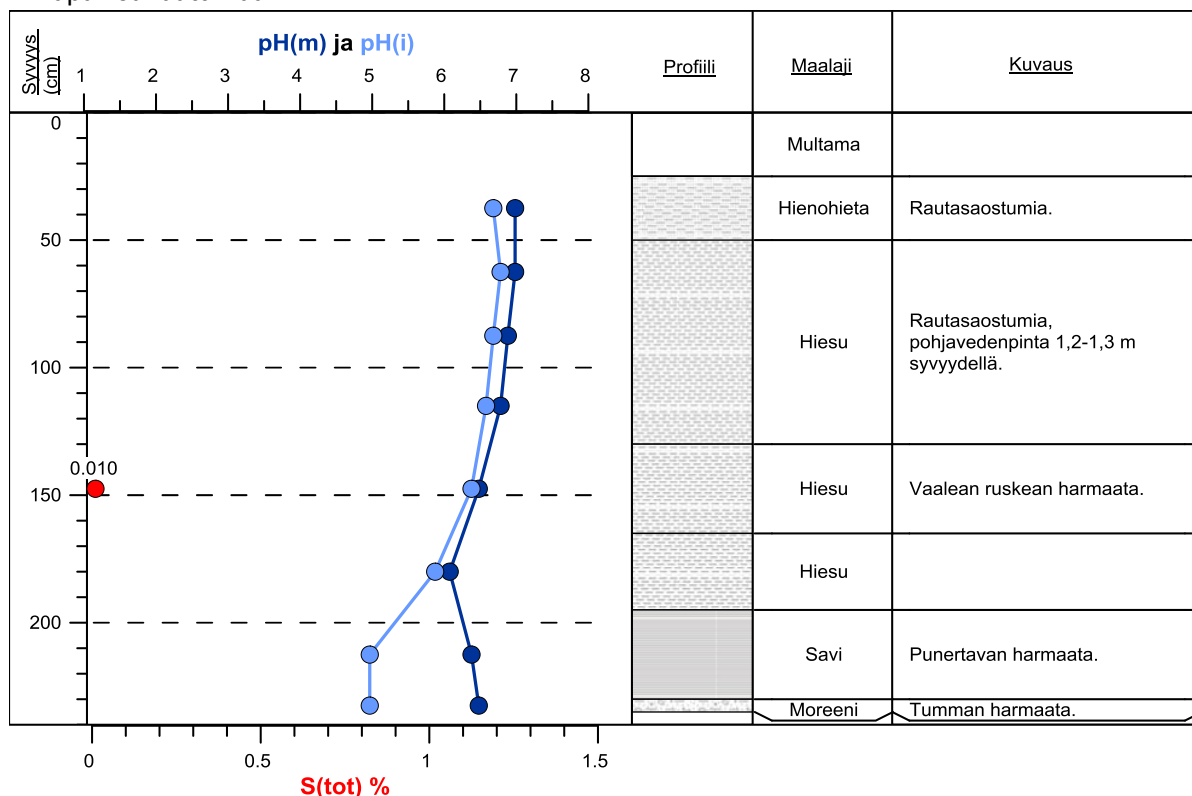
**Spiridonov, M., Ryabchuk, D., Kotilainen, A., Vallius, H., Nesterova, E. & Zhamoida, V. 2007.** The Quaternary deposits of the Eastern Gulf of Finland. Geological Survey of Finland, Special Paper 45, 7–19

**Sillan Geotekninen suunnittelu.** Liikenneviraston ohjeita 11/2012. Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

**GTK**

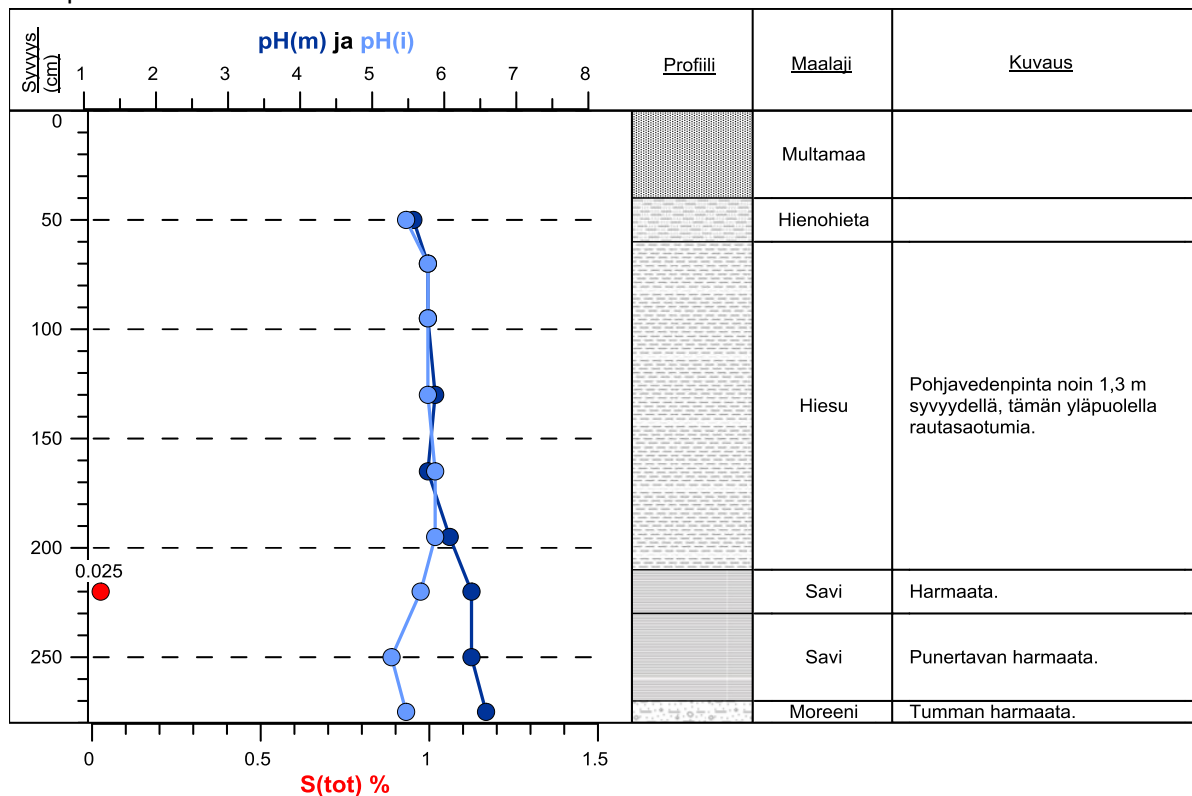
## JPRA-2018-1007, korkeustaso 54.8 m mpy

Ei hapan sulfaattimaa.



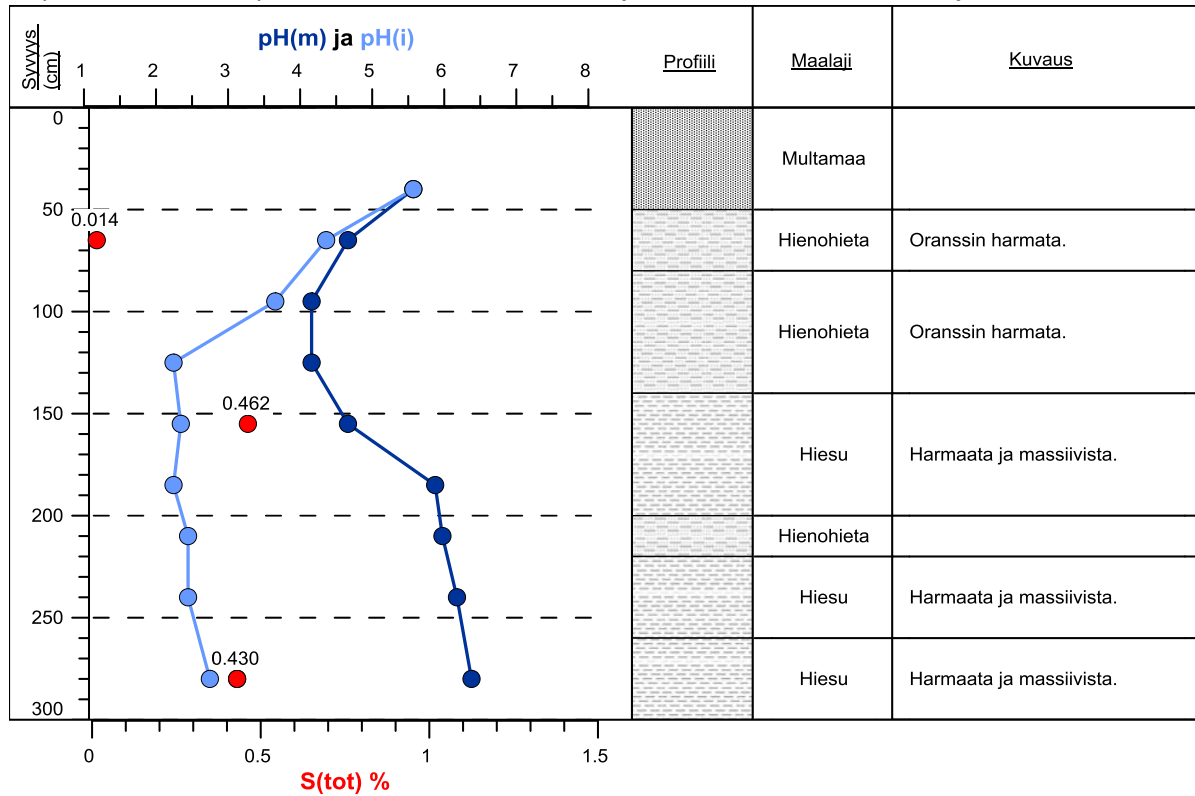
## JPRA-2018-1008, korkeustaso 55.3 m mpy

Ei hapan sulfaattimaa



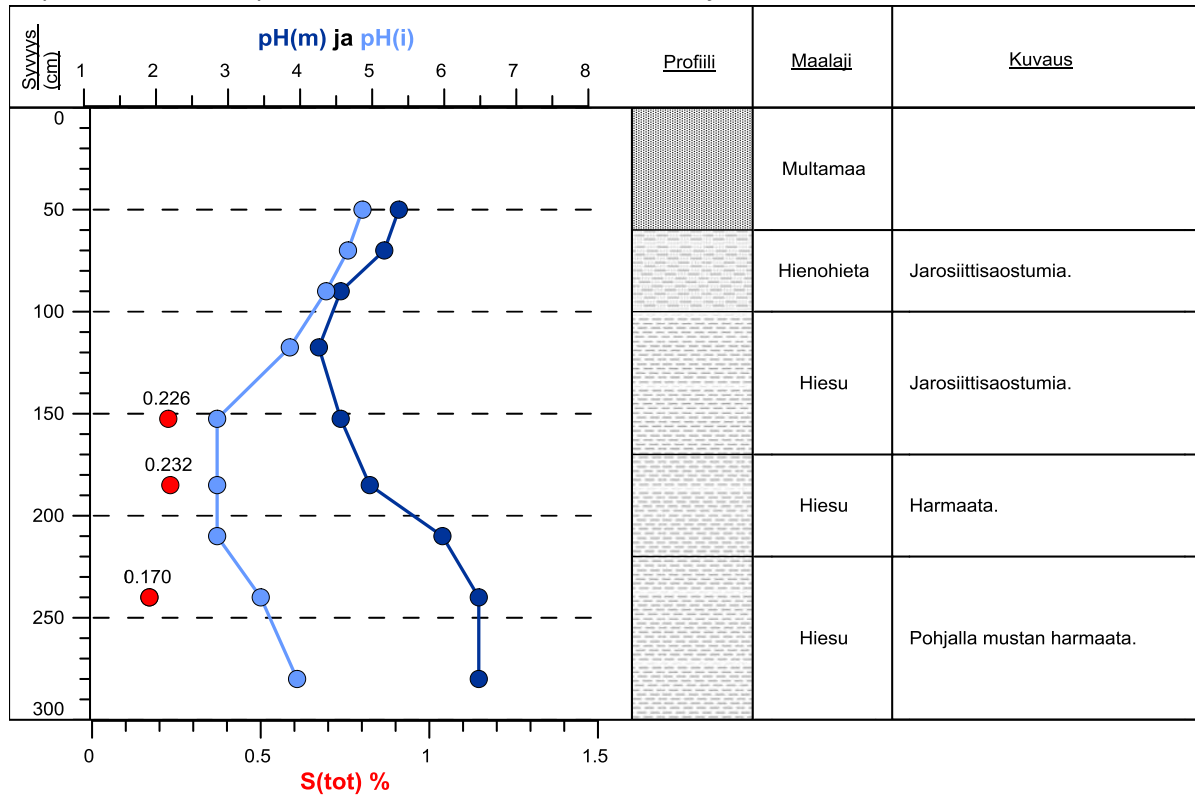
**JPra-2018-1009**, korkeustaso 56.2 m mpy

Hapan sulfaattimaa. pH-inkubaatio -arvot hiesussa ja hienossa hiedassa alle neljän.



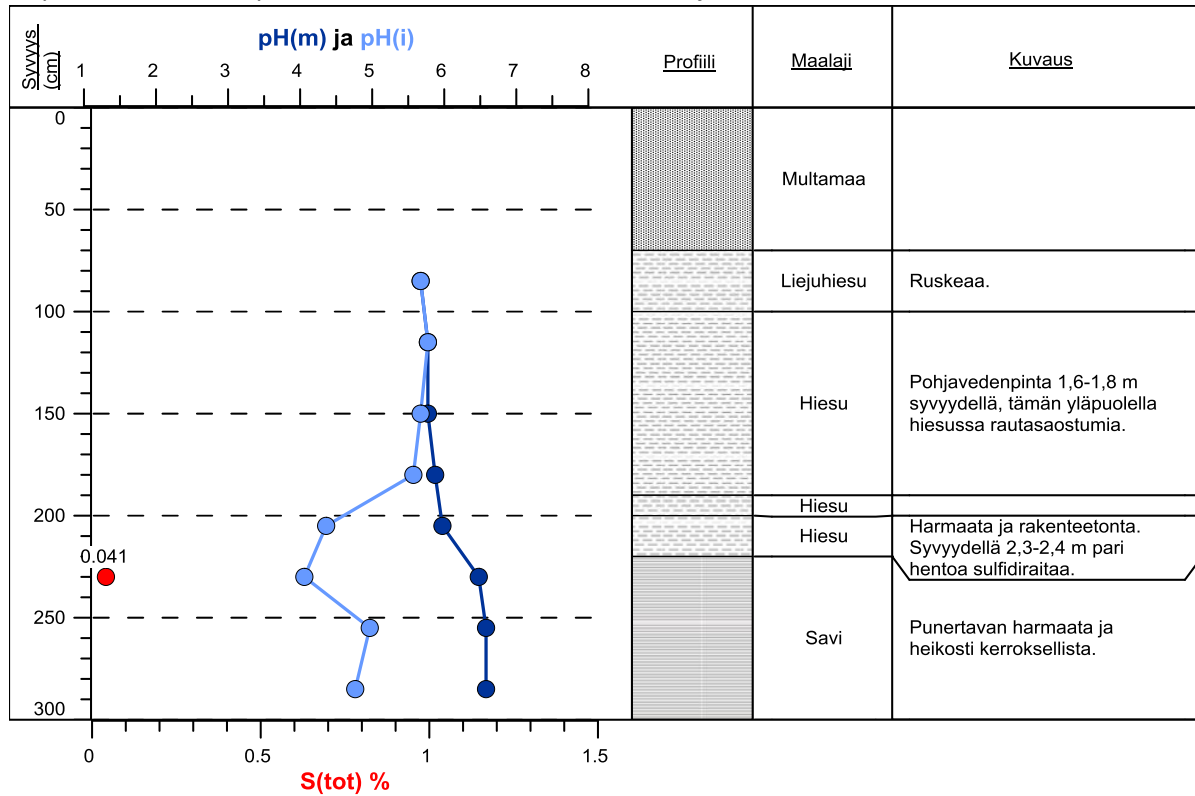
**JPra-2018-1010**, korkeustaso 55.4 m mpy

Hapan sulfaattimaa. pH-inkubaatio -arvot hiesussa alle neljän.



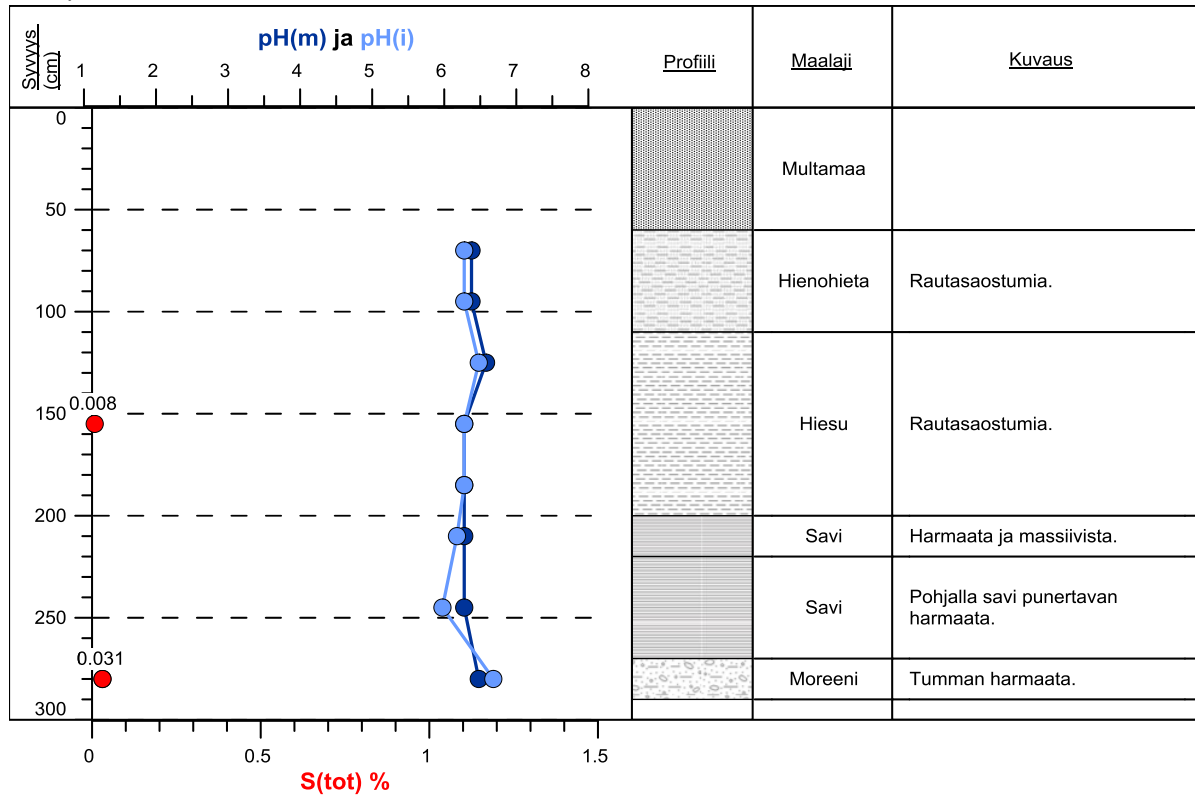
**JPRA-2018-1011**, korkeustaso 54.8 m mpy

Hapan sulfaattimaa. pH-inkubaatio -arvo hiesussa alle neljän.



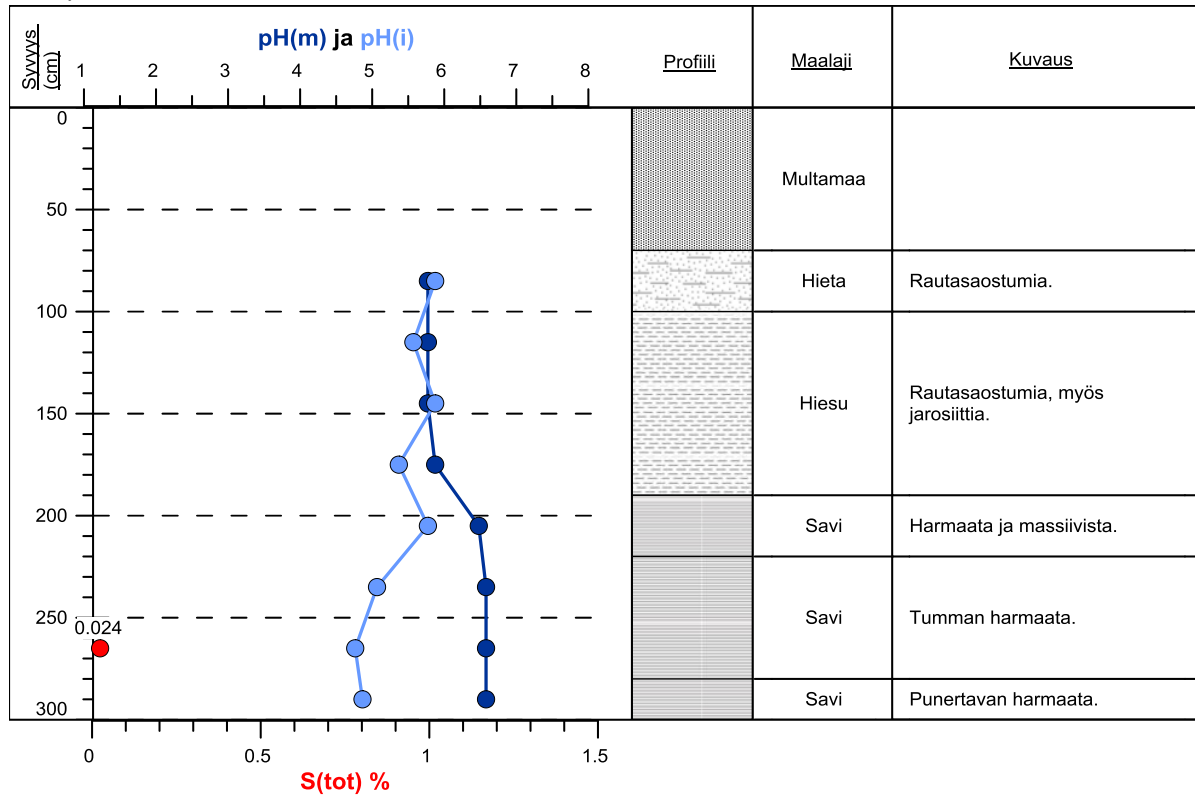
**JPRA-2018-1012**, korkeustaso 55.3 m mpy

Ei hapan sulfaattimaa.



**JPra-2018-1013**, korkeustaso 55.2 m mpy

Ei hapan sulfaattimaa.



Liite 2

Koordinaatit ETRS-TM35FIN ja maanpinnan (mp.) korkeustaso N2000

Taanila	Maalaji RT-luokitus	Kerros­paksuus (m)	Kuvaus	Näytetunnus	Näytesyvyys (m) ja maalaji	pH	pH	S(tot) %	Happamoitumis­riski
						Maasto	Inkubaatio		
Havaintotunnus: <b>JPRA-2018-1007</b>	Multamaa (Mm)	0-0.25	Pohjavedenpinta 1,2-1,3 m	EN_JPRA-2018-1007.1	0.25-0.5 (HHT)	6,8	6,5		Hyvin pieni
Havaintopäivä: 19.6.2018	hieno Hieta (HHT)	0.25-0.5	syvyydellä, tämän yläpuolella	EN_JPRA-2018-1007.2	0.5-0.75 (Hs)	6,8	6,6		Hyvin pieni
X-koordinaatti: 378495	Hiesu (Hs)	0.5-1.3	rautasaostumia. Hapettumaton	EN_JPRA-2018-1007.3	0.75-1 (Hs)	6,7	6,5		Hyvin pieni
Y-koordinaatti: 7108205	Hiesu (Hs)	1.3-1.65	hiesu vaalean ruskean	EN_JPRA-2018-1007.4	1-1.3 (Hs)	6,6	6,4		Hyvin pieni
Korkeustaso (mp.) 54,8	Hiesu (Hs)	1.65-1.95	harmaata, savi punertavan	EN_JPRA-2018-1007.5	1.3-1.65 (Hs)	6,3	6,2	0,01	Hyvin pieni
	Savi (Sa) RT	1.95-2.3	harmaata. Savi ja hiesu	EN_JPRA-2018-1007.6	1.65-1.95 (Hs)	5,9	5,7		Hyvin pieni
	Hiekkamoreeni (Mr)	2.3-2.35	rakenteettomia. Moreeni	EN_JPRA-2018-1007.7	1.95-2.3 (Sa)	6,2	4,8		Hyvin pieni
			tumman harmaata.	EN_JPRA-2018-1007.8	2.3-2.35 (Mr)	6,3	4,8		Hyvin pieni
Havaintotunnus: <b>JPRA-2018-1008</b>	Multamaa (Mm)	0-0.4	Pohjavedenpinta noin 1,3 m	EN_JPRA-2018-1008.1	0.4-0.6 (HHT)	5,4	5,3		Hyvin pieni
Havaintopäivä: 19.6.2018	hieno Hieta (HHT)	0.4-0.6	syvyydellä, tämän yläpuolella	EN_JPRA-2018-1008.2	0.6-0.8 (Hs)	5,6	5,6		Hyvin pieni
X-koordinaatti: 378521	Hiesu (Hs)	0.6-2.1	rautasaostumia. Ylempi savi	EN_JPRA-2018-1008.3	0.8-1.1 (Hs)	5,6	5,6		Hyvin pieni
Y-koordinaatti: 7108139	Savi (Sa)	2.1-2.3	harmaata ja alempi punertavan	EN_JPRA-2018-1008.4	1.1-1.5 (Hs)	5,7	5,6		Hyvin pieni
Korkeustaso (mp.) 55,3	Savi (Sa)	2.3-2.7	harmaata. Moreeni tumman	EN_JPRA-2018-1008.5	1.5-1.8 (Hs)	5,6	5,7		Hyvin pieni
	Hiekkamoreeni (Mr)	2.7-2.8	harmaata.	EN_JPRA-2018-1008.6	1.8-2.1 (Hs)	5,9	5,7		Hyvin pieni
				EN_JPRA-2018-1008.7	2.1-2.3 (Sa)	6,2	5,5	0,03	Hyvin pieni
				EN_JPRA-2018-1008.8	2.3-2.7 (Sa)	6,2	5,1		Hyvin pieni
				EN_JPRA-2018-1008.9	2.7-2.8 (Mr)	6,4	5,3		Hyvin pieni
Havaintotunnus: <b>JPRA-2018-1009</b>	Multamaa (Mm)	0-0.5	HHT 1,4 m syvyydelle hieman	EN_JPRA-2018-1009.1	0.3-0.5 (Mm)	5,4	5,4		Hyvin pieni
Havaintopäivä: 20.6.2018	hieno Hieta (HHT)	0.5-0.8	oranssin harmata. Hiesu	EN_JPRA-2018-1009.2	0.5-0.8 (HHT)	4,5	4,2	0,01	Hyvin pieni
X-koordinaatti: 378938	hieno Hieta (HHT)	0.8-1.4	harmaata ja massiivista.	EN_JPRA-2018-1009.3	0.8-1.1 (HHT)	4	3,5		Merkittävä
Y-koordinaatti: 7107931	Hiesu (Hs)	1.4-2		EN_JPRA-2018-1009.4	1.1-1.4 (HHT)	4	2,1		Merkittävä
Korkeustaso (mp.) 56,2	hieno Hieta (HHT)	2-2.2		EN_JPRA-2018-1009.5	1.4-1.7 (Hs)	4,5	2,2	0,46	Merkittävä
	Hiesu (Hs)	2.2-2.6		EN_JPRA-2018-1009.6	1.7-2 (Hs)	5,7	2,1		Merkittävä
	Hiesu (Hs)	2.6-3		EN_JPRA-2018-1009.7	2-2.2 (HHT)	5,8	2,3		Merkittävä
				EN_JPRA-2018-1009.8	2.2-2.6 (Hs)	6	2,3		Merkittävä
				EN_JPRA-2018-1009.9	2.6-3 (Hs)	6,2	2,6	0,43	Merkittävä
Havaintotunnus: <b>JPRA-2018-1010</b>	Multamaa (Mm)	0-0.6	HHT:ssa jarosiittisaostumia ja	EN_JPRA-2018-1010.1	0.4-0.6 (Mm)	5,2	4,7		Hyvin pieni
Havaintopäivä: 20.6.2018	hieno Hieta (HHT)	0.6-1	hiesussa 1,7 m syvyydelle	EN_JPRA-2018-1010.2	0.6-0.8 (HHT)	5	4,5		Hyvin pieni
X-koordinaatti: 378711	Hiesu (Hs)	1-1.7	jarosiittisaostumia. Tämän alla	EN_JPRA-2018-1010.3	0.8-1 (HHT)	4,4	4,2		Hyvin pieni
Y-koordinaatti: 7108032	Hiesu (Hs)	1.7-2.2	hiesu ensin harmaata ja sitten	EN_JPRA-2018-1010.4	1-1.35 (Hs)	4,1	3,7		Kohtalainen
Korkeustaso (mp.) 55,4	Hiesu (Hs)	2.2-3	pohjalla mustan harmaata.	EN_JPRA-2018-1010.5	1.35-1.7 (Hs)	4,4	2,7	0,23	Merkittävä
				EN_JPRA-2018-1010.6	1.7-2 (Hs)	4,8	2,7	0,23	Merkittävä
				EN_JPRA-2018-1010.7	2-2.2 (Hs)	5,8	2,7		Merkittävä
				EN_JPRA-2018-1010.8	2.2-2.6 (Hs)	6,3	3,3	0,17	Merkittävä
				EN_JPRA-2018-1010.9	2.6-3 (Hs)	6,3	3,8		Merkittävä
Havaintotunnus: <b>JPRA-2018-1011</b>	Multamaa (Mm)	0-0.7	LjHs ruskeaa. Pohjavedenpinta	EN_JPRA-2018-1011.1	0.7-1 (LjHs)	5,5	5,5		Hyvin pieni
Havaintopäivä: 20.6.2018	Liejuhiesu (LjHs)	0.7-1	1,6-1,8 m syvyydellä, tämän	EN_JPRA-2018-1011.2	1-1.3 (Hs)	5,6	5,6		Hyvin pieni
X-koordinaatti: 378603	Hiesu (Hs)	1-1.9	yläpuolella hiesussa	EN_JPRA-2018-1011.3	1.3-1.7 (Hs)	5,6	5,5		Hyvin pieni
Y-koordinaatti: 7107931	Hiesu (Hs)	1.9-2.2	rautasaostumia. Alapuolella	EN_JPRA-2018-1011.4	1.7-1.9 (Hs)	5,7	5,4		Hyvin pieni
Korkeustaso (mp.) 54,8	Hiesu (Hs)	2.2-2.7	hiesu harmaata ja	EN_JPRA-2018-1011.5	1.9-2.2 (Hs)	5,8	4,2		Hyvin pieni
			rakenteetonta. Syvyydellä 2,3-						

		Savi (Sa)	2.7-3	2,4 pari hentoa sulffidiraitaa. Savi punertavan harmaata ja heikosti kerroksellista.	EN_JPRA-2018-1011.6	2.2-2.4 (Hs)	6,3	3,9	0,04	Pieni
					EN_JPRA-2018-1011.7	2.4-2.7 (Hs)	6,4	4,8		Hyvin pieni
					EN_JPRA-2018-1011.8	2.7-3 (Sa)	6,4	4,6		Hyvin pieni
Havaintotunnus:	<b>JPRA-2018-1012</b>	Multamaa (Mm)	0-0.6	HHT:ssa ja hiesussa	EN_JPRA-2018-1012.1	0.6-0.8 (HHT)	6,2	6,1		Hyvin pieni
Havaintopäivä:	20.6.2018	hieno Hieta (HHT)	0.6-1.1	rautasaostumia. Hiesu ja savi	EN_JPRA-2018-1012.2	0.8-1.1 (HHT)	6,2	6,1		Hyvin pieni
X-koordinaatti:	378641	Hiesu (Hs)	1.1-2	harmaata ja massiivista. Pohjalla	EN_JPRA-2018-1012.3	1.1-1.4 (Hs)	6,4	6,3		Hyvin pieni
Y-koordinaatti:	7107762	Savi (Sa)	2-2.2	savi punertavan harmaata.	EN_JPRA-2018-1012.4	1.4-1.7 (Hs)	6,1	6,1	0,01	Hyvin pieni
Korkeustaso (mp.)	55,3	Savi (Sa)	2.2-2.7	Moreeni tumman harmaata.	EN_JPRA-2018-1012.5	1.7-2 (Hs)	6,1	6,1		Hyvin pieni
		Hiekkamoreeni (Mr)	2.7-2.9		EN_JPRA-2018-1012.6	2-2.2 (Sa)	6,1	6,0		Hyvin pieni
					EN_JPRA-2018-1012.7	2.2-2.7 (Sa)	6,1	5,8		Hyvin pieni
					EN_JPRA-2018-1012.8	2.7-2.9 (Mr)	6,3	6,5	0,03	Hyvin pieni
Havaintotunnus:	<b>JPRA-2018-1013</b>	Multamaa (Mm)	0-0.7	Hiedassa ja hiesussa	EN_JPRA-2018-1013.1	0.7-1 (Ht)	5,6	5,7		Hyvin pieni
Havaintopäivä:	20.6.2018	Hieta (Ht)	0.7-1	rautasaostunია, hiesussa myös	EN_JPRA-2018-1013.2	1-1.3 (Hs)	5,6	5,4		Hyvin pieni
X-koordinaatti:	378739	Hiesu (Hs)	1-1.9	jarosiittia. Savi 2,2 m syvyydelle	EN_JPRA-2018-1013.3	1.3-1.6 (Hs)	5,6	5,7		Hyvin pieni
Y-koordinaatti:	7107868	Savi (Sa)	1.9-2.2	harmaata ja massiivista, tämän	EN_JPRA-2018-1013.4	1.6-1.9 (Hs)	5,7	5,2		Hyvin pieni
Korkeustaso (mp.)	55,2	Savi (Sa)	2.2-2.8	alla aluksi tumman harmaata ja	EN_JPRA-2018-1013.5	1.9-2.2 (Sa)	6,3	5,6		Hyvin pieni
		Savi (Sa)	2.8-3	sitten pohjalla punertavan	EN_JPRA-2018-1013.6	2.2-2.5 (Sa)	6,4	4,9		Hyvin pieni
					EN_JPRA-2018-1013.7	2.5-2.8 (Sa)	6,4	4,6	0,02	Hyvin pieni
					EN_JPRA-2018-1013.8	2.8-3 (Sa)	6,4	4,7		Hyvin pieni



Suorite			511P *	511P *	511P *	511P *
Suorituksen kuvaus			Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla
Parametri			Ag *	Al *	As *	B *
Määrittäjä			1	20	5	5
Asiakkaan näytetunnus		Näytteen kuvaus	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
EN_JPRA-2018-1007.5			<1	23300	8,3	6
EN_JPRA-2018-1007.5 (2)			<1	22600	9,4	6
EN_JPRA-2018-1008.7			<1	24300	10,2	6
EN_JPRA-2018-1009.2			<1	6220	7	<5
EN_JPRA-2018-1009.5			<1	7960	<5	<5
EN_JPRA-2018-1009.9			<1	15600	8,3	5
EN_JPRA-2018-1010.5			<1	16100	10,6	<5
EN_JPRA-2018-1010.6			<1	16700	8,5	7
EN_JPRA-2018-1010.8			<1	15300	8,3	6
EN_JPRA-2018-1011.6			<1	23700	9,1	7
EN_JPRA-2018-1012.4			<1	19500	10,2	5
EN_JPRA-2018-1012.9			<1	13900	8,1	<5
EN_JPRA-2018-1013.7			<1	24800	10,4	7
18022258		QCSOKEA	<1	<20	<5	<5
18022259		QCMCS	<1	5720	7,7	7
18022260		QCTILL2	<1	26300	26,1	<5
18022261		QCGBMS304-6	6	16200	2800	<5

511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *
Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla
Ba *	Be *	Ca *	Cd *	Co *	Cr *	Cu *	Fe *
1	0,2	50	1	1	1	1	50
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
155	1,08	5420	<1	12,8	58,9	34	34000
150	1,06	5290	<1	12,6	57,6	33,1	32700
167	1,09	7680	<1	16,7	65,8	38,8	39500
60	0,25	3210	<1	2,1	27,2	20,8	15600
50	0,35	4150	<1	6	28,1	13,4	15400
100	0,69	5400	<1	11	47,3	24,1	31100
96	0,69	4580	<1	16,8	46,1	31,6	24000
91	0,67	4760	<1	16,4	46,3	22,5	25100
98	0,62	5630	<1	9,6	45,8	23,7	28800
158	1,1	5730	<1	13,2	59,9	35	35400
127	0,85	5570	<1	11,7	51,7	26,2	33300
104	0,48	4310	<1	8,9	47,1	23,9	24800
179	1,14	5620	<1	13	61,9	37,7	37300
4	<0,2	<50	<1	<1	<1	<1	<50
21	0,41	18700	<1	3,6	17,8	5,1	11100
95	1,43	1560	<1	11,6	34,5	141	31800
158	0,45	65700	7,4	120	210	4280	63300

511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *
Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla
K *	La *	Li *	Mg *	Mn *	Mo *	Na *	Ni *
100	1	1	50	1	1	50	2
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
6540	39,9	34,2	10600	365	<1	682	32,8
6380	39,5	33,7	10300	353	<1	663	31,8
6340	44,3	34,4	13300	524	<1	955	35,6
1100	19	5,7	2110	127	1,1	560	14,8
2470	19	11	4040	213	<1	588	17,1
4600	31,5	23,1	8090	449	<1	656	27,1
4300	31,2	21,9	7160	268	<1	591	37,7
4380	32,7	22,3	7360	280	<1	597	33
4430	31	21,1	7790	377	1,1	720	24,7
6950	40,5	32,8	11000	427	1	804	33,5
5310	35,9	26,1	8860	497	<1	644	27,3
4380	22,6	18,1	7850	558	<1	615	22,2
7150	41,2	36,1	11400	455	<1	816	34,6
<100	<1	<1	<50	<1	<1	97	<2
1260	8	9,9	3790	268	<1	148	12,7
3340	33,1	32,7	6730	591	11,8	378	29,9
3590	22,3	11,2	14100	667	11,8	1160	2190

511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *	511P *
Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla
P *	Pb *	S *	Sb *	Sc *	Sr *	Th *	Ti *
50	5	20	20	0.5	0.5	10	1
mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
695	15,8	101	<20	8,77	29	12	2530
684	15	95	<20	8,54	28,2	14	2470
820	17,2	255	<20	9,7	34,7	12	2920
1090	7,2	139	<20	2,58	31,9	<10	1000
769	7,7	4620	<20	3,5	16,2	<10	1370
847	11,9	4300	<20	6,46	23,8	<10	2060
759	12,4	2260	<20	6,43	20,6	<10	2050
813	12,2	2320	<20	6,34	20,7	<10	2060
867	12	1700	<20	6,31	24,9	<10	2120
715	16,5	411	<20	8,7	28,8	11	2520
796	13,7	78	<20	7,65	28,4	<10	2330
641	8,6	308	<20	5,41	18,8	<10	1710
710	16,2	238	<20	9,09	28,2	14	2610
<50	<5	24	<20	<0.5	<0.5	<10	<1
325	14,3	919	<20	1,57	50,3	<10	142
553	27,7	329	<20	4,6	13,6	10	1260
819	355	20900	131	8,55	108	<10	670

511P *	511P *	511P *
Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla	Monialkuainemääritys ICP-OES-tekniikalla
V *	Y *	Zn *
1	0.5	1
mg/kg	mg/kg	mg/kg
70,1	21,2	91
68	20,7	93
80,3	22,9	92
30,1	9,7	14
28,9	13,1	41
54,5	17,6	63
52,7	18,4	73
55	19,6	73
53,3	17,6	60
70,3	20,7	91
61,4	19,6	80
46,9	11,8	43
72,1	21,5	113
<1	<0.5	<1
14,5	5,4	41
41,7	11,7	107
116	14,8	1260