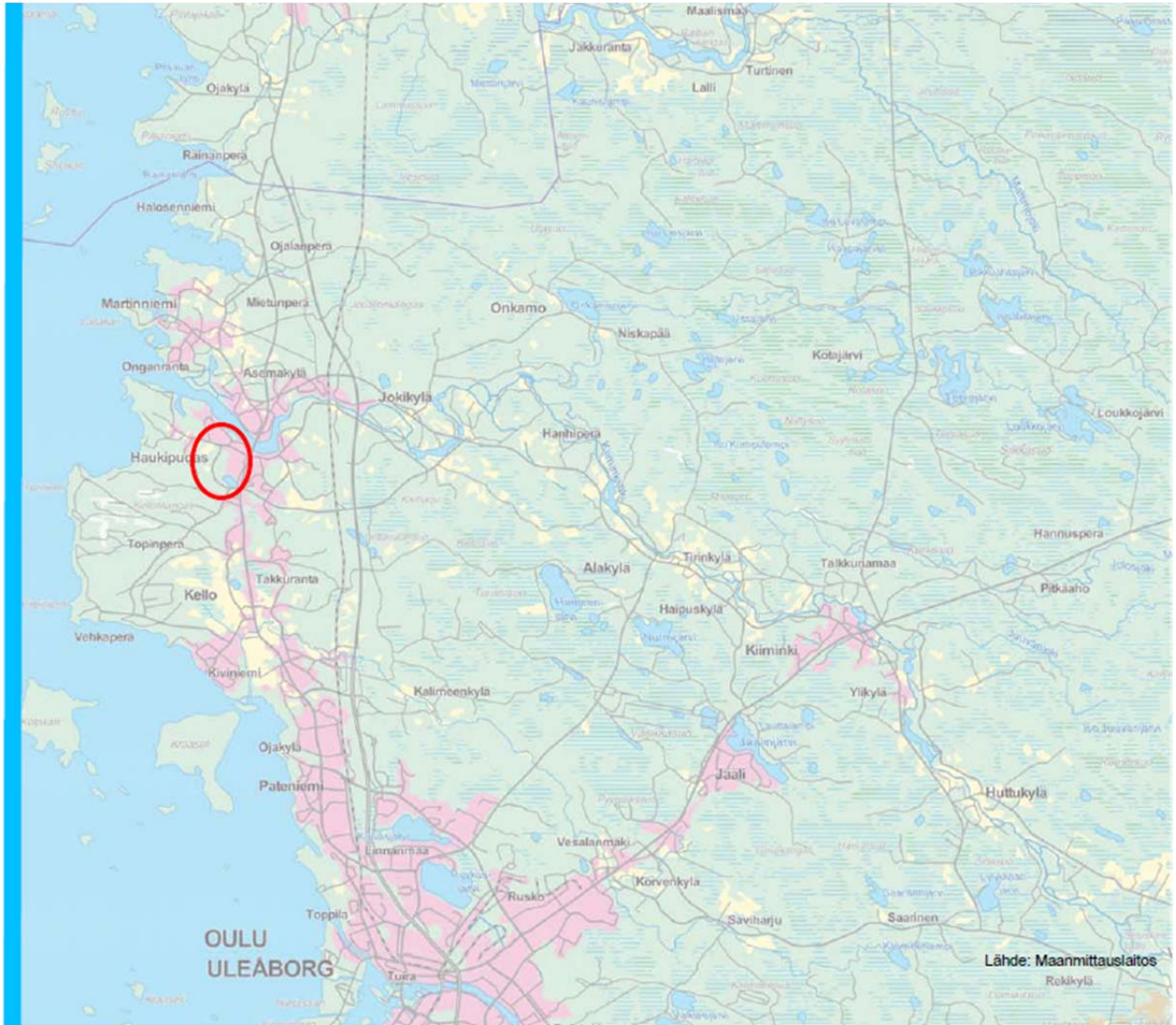
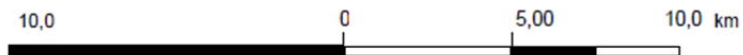


# Niittyholman kaava-alueen sulfaattimaaselvitys

Oulun kaupunki



1: 200 000



TIE21191  
Elina Kerko  
Juha Vikiö

14.8.2015

**S** **SITO**

**SISÄLTÖ**

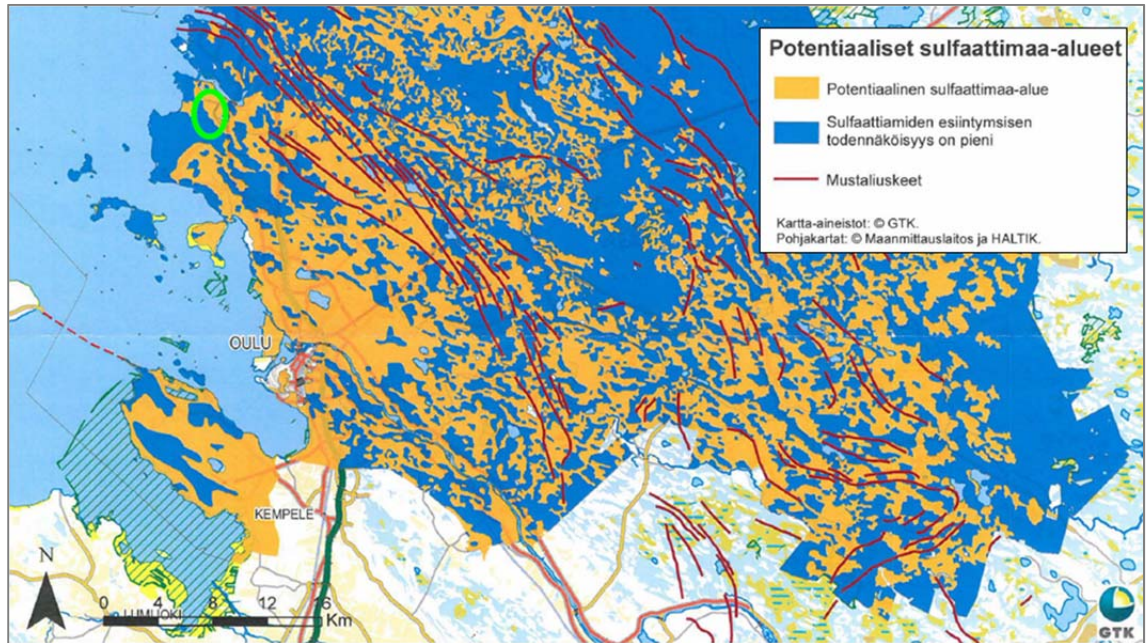
<b>1</b>	<b>TAUSTAA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>YLEISTÄ SULFAATTIMAISTA .....</b>	<b>2</b>
	2.1 Muodostuminen.....	2
	2.2 Määritelmät .....	3
	2.3 Sulfaattimaiden riskiluokittelu.....	3
	2.4 Vaikutukset.....	5
<b>3</b>	<b>TEHDYT TUTKIMUKSET .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ALUEEN POHJAOLOSUHTEET.....</b>	<b>6</b>
	4.1 Maaperä .....	6
	4.2 Pohjavesi.....	6
	4.3 Sulfaattimaaselvitys .....	6
<b>5</b>	<b>SULFAATTIMAI DEN MAIDEN KAIVU JA SIJOITTAMINEN ALUEELLA.....</b>	<b>7</b>
	5.1 Yleistä.....	7
	5.2 Sijoittaminen ja kaivantojen täytöt.....	8
	<b>KIRJALLISUUS.....</b>	<b>10</b>

**LIITTEET**

- Liite 1. Pohjatutkimuskartta  
Liite 2. Laboratorion analyysilomakkeet

## 1 Taustaa

Työssä laadittiin sulfaattimaaselvitys Oulun kaupungin Niittyholman asemakaava-alueetta koskien. Tilaajalta saadun ennakkotiedon perusteella (Kuva 1) alue on osittain potentiaalinen sulfaattimaa-alue. Sulfaattimaiden esiintymisen lisäksi, selvityksessä on käyty läpi sulfaattimaiden sijoittamisessa huomioitavia seikkoja. Sulfaattimaiden vaikutusta rakentamiseen tai rakenteisiin ei selvityksessä ole käsitelty.



Kuva 1. Potentiaaliset sulfaattimaa-alueet. Kaava-alueen sijoittuminen on merkitty vihreällä ovaalilla.

Selvityksen ovat laatineet Sito Oy:stä vanhempi asiantuntija Elina Kerko ja vanhempi suunnittelija Sanna Anttila sekä tarkastaneet johtava asiantuntija Esa Patjas ja ins. Juha Vikiö. Tilaajan, Oulun kaupungin edustajina on toiminut Seppo Kuoppala.

## 2 Yleistä sulfaattimaista

### 2.1 Muodostuminen

Happamat sulfaattimaat ovat maaperässä luonnollisesti esiintyviä rikkipitoisia sedimenttejä, jotka ovat tyypillisesti kerrostuneet muinaiselle merenpohjalle, merenlahtiin tai jokisuistoihin (Geologian tutkimuskeskus). Suomen kannalta merkittävimmät happamat sulfaattimaat ovat pääasiallisesti muodostuneet Itämeren muinaisen Litorinamerivaiheen aikana noin 4 000–8 000 vuotta sitten kerrostuneista rikkipitoisista sedimenteistä. Litorinamerivaiheen aikana muodostuneisiin sedimentteihin rikki on varastoitunut sulfidirikkinä mikrobien pelkistäessä meriveden sulfaattia sulfidiksi.

Sulfaattimaakerroksien pinnalla esiintyy usein vaihtelevan paksuisina kerroksia multamaata, turvetta tai esimerkiksi karkeaa silttiä tai hiekkaa. Hapettumattomat rikkipitoiset kerrostumat esiintyvät keskimäärin 1–2 metrin syvyydellä maanpinnasta ja niiden paksuus vaihtelee alle puolesta metrillä useisiin metreihin. (Geologian tutkimuskeskus)

## 2.2 Määritelmät

Sulfaattimaassa voi olla sekä hapettunut maakerros (todellinen hapan sulfaattimaa) että hapettumaton sulfidirikkipitoinen maakerros (potentiaalinen hapan sulfaattimaa) tai vain toinen näistä (Edén ym. 2012). Hapettunut maakerros syntyy potentiaalisesti happaman sulfaattimaan joutessa kosketuksiin ilmakehän hapen kanssa, jolloin sulfidit alkavat hapettua ja todellinen hapan sulfaattimaa syntyy.

Todellisessa happamassa sulfaattimaassa (THS) (actual acid sulphate soil, AASS) pH on maastossa suoraan näytteestä mitattuna < 4,0 sulfidien hapettumisen seurauksena silloin, kun kyseessä on hapettunut mineraalimaa tai lieju (ei turve). Jos pH on 4,0–4,4 eikä ole selvää havaintoa sulfidien läsnäolosta, selvitetään asiaa lisämäärityksillä (inkubaatio tai rikkipitoisuus). (Edén ym. 2012)

Väritään todellinen hapan sulfaattimaa on yleensä (ruskean) harmaata savea ja silttiä, yleensä se on myös liejupitoista. Maa saattaa sisältää runsaasti oransseja ja mahdollisesti myös kellertäviä (jarosiitti) rautasaostumia. (Geologian tutkimuskeskus)

Potentiaalisessa happamassa sulfaattimaassa (PHS) (potential acid sulphate soil, PASS) rikki on sulfidimuodossa (pelkistynyt, ei hapettunut) ja pH on yleensä yli 6,0. Rikkipitoisuus (S(tot)) on  $\geq 0,2$  % kuivapainosta eli  $\geq 2\,000$  mg S/kg, hiekassa rikkipitoisuus on  $> 0,01$  % kuivapainosta eli  $> 100$  mg S/kg. Inkuboitu pH on  $\leq 4,0$  ja pudotusta on vähintään 0,5 yksikköä maastossa mitattuun pH-arvoon verrattuna. (Edén ym. 2012)

Potentiaalinen hapan sulfaattimaa on usein väritään mustaa tai tumman (likaisen) harmaata. Tosin myös väritään vaalea savi voi olla hyvin sulfidipitoista. Maalaji on yleensä savea tai silttiä, usein myös liejupitoista, harvoin hienoa hiekkaa. Maassa on yleensä selvä rikin haju. (Geologian tutkimuskeskus 2013)

## 2.3 Sulfaattimaiden riskiluokittelu

Suomessa laadittu sulfaattimaista käytettävä riskiluokittelu (Edén ym. 2012) perustuu yhteensä kolmeen tekijään:

- sulfidipitoisen kerroksen alkamissyvyys maanpinnasta (Taulukko 1),
- kenttämittausten pH-arvon minimi (Taulukko 2) ja
- rikkipitoisuus (jos analysoitu) (Taulukko 3).

Taulukko 1. Sulfidin esiintyminen.

Luokka 1	Potentiaalisen sulfaattimaan alkamissyvyys, m
1	0–1,0
2	1,0–1,5
3	1,5–2,0
4	2,0–3,0
5	sulfidit ovat kokonaan hapettuneet
6	ei sulfideita 0–3 m syvyydellä

Taulukko 2. Maastossa mitattu pH-arvon minimi.

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

Taulukko 3. Rikkipitoisuus.

Lisäluokitus	Kokonaisrikkipitoisuus, %
I	$S(\text{tot}) \geq 1,0$
II	$0,6 \leq S(\text{tot}) < 1,0$
III	$0,2 \leq S(\text{tot}) < 0,6$
IV	$S(\text{tot}) < 0,2$

Luokittelu näytteelle annetaan muodossa: sulfidien alkamissyvyys /  $pH_{\text{min}}$  /  $S(\text{tot})$  esimerkiksi seuraavasti: 2 / A / II.

Edellä esitettyyn luokitteluun liittyen ei ole laadittu soveltamisohjeita. Em. luokittelu eroaa jossain määrin esimerkiksi ruotsalaisen Pousetten (2007) luokittelusta. Luokittelussa tarkastellaan mm. rikin kokonaispitoisuutta, rikin ja raudan suhdetta, hehkutushäviötä, sulfaattimaiden määrää sekä pH minimiä. Rikin kokonaispitoisuuden perusteella voidaan arvioida happamoittamispotentiaalia (Taulukko 4), hehkutushäviön (orgaanisen aineksen määrä) avulla maan puskuroiva vaikutusta (Taulukko 5) ja pH minimin avulla happamoittamistehoa.

Taulukko 4. Rikin kokonaispitoisuus vs. happamoittamispotentiaali (Pousette 2007).

Rikin kokonaismäärä, mg/kg kuiva-ainetta	Happamoittamispotentiaali
> 10 000	erittäin korkea
5 000–10 000	korkea
600–5 000	keskimääräinen
< 600	matala

Taulukko 5. Hehkutushäviö vs. puskuroiva vaikutus (Pousette 2007).

Hehkutushäviö, %	Puskuroiva vaikutus
0–3	ei ole
3–5	ei ole
5–8	mahdollisesti

Hekkutushäviö, %	Puskuroiva vaikutus
> 8	todennäköisesti

Taulukko 6. Happamoittamisteho (Pousette 2007).

pH minimi*	Happamoittamisteho
<3	erittäin korkea
3–4	korkea
4–5	kohtalainen
> 5	matala

\* määrittäminen eroaa tässä työssä käytetystä

E18 Hamina–Vaalimaa –elinkaarihankkeeseen liittyvissä tutkimuksissa (Envitop 2014) on ensisijaisesti käytetty taulukon (Taulukko 7) mukaisia luokituskriteereitä arvioitaessa sulfaattimaiden hapontuottoa.

Taulukko 7. Sulfaattimaiden luokittelu (Envitop 2014)

Johtopäätös	Kriteerit				
	S kok	Fe/S	NAG	SO4-S (NAG)	NAG pH
Vähän tai ei ollenkaan happoa tuottava materiaali	< 600	< 60	0–2	< 334	> 5,0
Kohtalaisesti happoa tuottava materiaali	600–10 000		2–50	334–6676	2,5–5,0
Voimakkaasti happoa tuottava materiaali	>10 000	< 3	> 50	> 6676	< 2,5

Selitteet:  
S kok: rikin kokonaispitoisuus (%-kuiva-ainetta kohti)  
Fe/S: raudan ja rikin suhde  
NAG: nettohapontuottopotentiaali, hapetuksen jälkeen (kg H2SO4/t kuiva-ainetta)  
SO4-S: sulfaattirikkipitoisuus  
NAG pH: minimi-pH hapetuksen jälkeen

## 2.4 Vaikutukset

Veden kyllästäminen sulfaattimaat eivät aiheuta ongelmia ympäröivälle luonnolle. Sulfidit alkavat hapettua ja happamoituminen käynnistyy, kun sulfidipitoiset kerrokset joutuvat vedenpinnan yläpuolelle ja pääsevät kosketuksiin ilmakehän hapen kanssa. Pohjavedenpinnan aleneminen voi seurata esimerkiksi maankohoamisesta, ojituksesta (etenkin salaojituksesta), maankaivamisesta tai rakenteiden kuivatusjärjestelyistä. Myös kaivutöiden yhteydessä ja massojen läjityksessä aiemmin hapettomissa olosuhteissa olleet sulfidipitoiset maa-ainekset joutuvat usein hapellisiin olosuhteisiin. (Kerko ym. 2014). Hapettumisen seurauksena syntyy rikkihappoa, joka on tehokas syövyttäjä ja liottaa maaperästä sen luontaisesti sisältämiä metalleja (Geologian tutkimuskeskus 2009).

Happamien sulfaattimaiden merkittävimmät vaikutukset liittyvät yleensä pintavesien laadun heikkenemiseen (pH:n muutokset ja haitallisten alkuainepitoisuuksien kasvu)

ja sen seurauksena vaikutukset vesistöjen eliöstöön tai kalastoon (Liikennevirasto 2015). Ihmiselle ei ole vaikutuksia.

### 3 Tehdyt tutkimukset

Alueelta on laadittu rakennettavuusselvitys vuonna 2014. Rakennettavuusselvityksen laatimisen yhteydessä on tehty pohjatutkimuksia kattavasti koko alueelta. Lisäksi sulfaattimaaselvityksen laatimisen yhteydessä keväällä 2015 on tehty paino- ja porakonekairaukset kahdesta pisteestä. Kairauspisteistä on myös otettu häiriintyneet maanäytteenä. Alueelle rakennettavan paineviemäriinjan kohdalle on lisäksi tehty 6 koekuoppaa, joista on otettu häiriintyneet maanäytteenä.

Sulfaattitutkimuksia varten otettujen näytepisteiden sijainnit on esitetty pohjatutkimuskartassa (Liite1).

### 4 Alueen pohjaolosuhteet

#### 4.1 Maaperä

Maanpinnan korkeus vaihtelee tasovälillä +3,5...12,6. Maaperä alueella on pääosin moreenia, jonka päälle on kerrostunut hienojakoisia hiekka- ja silttikerroksia.

Vuonna 2014 tehdyssä rakennettavuusselvityksessä (Sito Oy 2014) alueen pohjaolosuhteet on kuvattu yksityiskohtaisesti.

#### 4.2 Pohjavesi

Alueen keskiosassa on mitattu pohjavedenpinta tasolla +7.11 eli 0,35 metrin syvyydessä maanpinnasta. Alueen pohjoisosassa pohjavedenpinta on mittauksen perusteella +1,8 eli 1,7 metriä maanpinnan alapuolella ja alueen eteläosassa pohjavedenmuodostumisalueella tasolla +9,5 eli 1,4 metriä maanpinnan alapuolella.

Alue sijoittuu eteläosaltaan Kellokankaan (tunnus 11084004) vedenhankintaan soveltuvalle pohjavesialueelle (luokka 2). Kellokangas on tyypiltään antikliininen eli vettä ympäristöönsä purkava. Pohjaveden päävirtaussuunta muodostuman pohjoisosassa on länsiluoteeseen. (OIVA – ympäristö- ja paikkatietopalvelu)

#### 4.3 Sulfaattimaaselvitys

Alueella on otettu häiriintyneitä maanäytteitä kahdesta kairauspisteestä (KP152 ja KP153) ja kuudesta koekuopasta. Näytteet on otettu kairauspisteistä 1 m välein 5 m syvyyteen asti ja koekuopista maalajikerroksittain 1 kpl / maalajikerros.

Näytteistä analysoitiin laboratoriossa vesipitoisuus, humuspitoisuus, sähkönjohtavuus, kokonaisrikkipitoisuus, pH, minimi-pH ja hapontuotto. Näytteistä tehtiin myös aistinvarainen arviointi. Yhteenveto tuloksista on taulukossa (Taulukko 8). Taulukon on korostettu keltaisella ne näytteet, joiden on tulkittu kohdan 2.2. määritelmien mukaan olevan sulfaattimaata. Koekuopista otetuista näytteistä tehtiin laboratoriossa aistinvarainen arvio, jonka perusteella koekuopista S202 (syvyys 0,30–1,70 m), S204 (syvyydet 1,0 m, 2,0 m, 3,0 m), S205 (syvyys 2,30 m) ja S206 (syvyys 3,0 m) otetuista näytteistä todettiin rikkivedyn hajua.

Laboratorion analyysilomakkeet ovat liitteenä 2.

Taulukko 8. Yhteenvedo tuloksista. Keltaisella korostettuna sulfaattimaaksi tulkitut näytteet.

Näyte- piste ja syvyys	Maalaji ja aistinva- rainen ar- vio	Kui- va- aine, %	Humus- pitoi- suus, %	Sähkön- johtavuus, mS/cm	Rikkipitoi- suus, mg/kg (%)	pH	minimi- pH	Hapontuotto, mol/kg
KP152 / 1,0	musta Hk, rikkivedyn haju	71,4	1,70	0,18	1 700 (0,17)	5,10	2,89	0,054
KP152 / 2,0	Hk, rikkive- dyn haju	83,3	0,40	0,25	330 (0,033)	3,40	2,89	0,057
KP152 / 3,0	Si, rikkivedyn haju	87,4	0,40	0,05	360 (0,036)	6,30	4,12	0,014
KP152 / 4,0	Si, ei rikkive- dyn hajua	90,4	0,60	0,03	240 (0,024)	7,90	4,22	0,015
KP152 / 5,0	Si, ei rikkive- dyn hajua							
KP153 / 1,0	Hk, rikkive- dyn haju	80,4	0,40	0,10	580 (0,058)	4,00	2,92	0,027
KP153 / 2,0	Hk, rikkive- dyn haju	81,9	0,40	0,06	270 (0,027)	4,20	3,19	0,016
KP153 / 3,0	Hk, rikkive- dyn haju	83,1	0,15	0,06	160 (0,016)	4,10	3,24	0,017
KP153 / 4,0	Hk, ei rikki- vedyn hajua	84,9	0,15	0,12	200 (0,020)	3,80	3,03	0,034
KP153 / 5,0	Hk, ei rikki- vedyn hajua							

Tulosten tulkinnan perusteella kaikki analysoidut näytteet ovat sulfaattimaata. E18 Hamina–Vaalimaa –elinkaarihankkeeseen liittyvissä tutkimuksissa käytettyjen kriteerien (Taulukko 7) perusteella analysoidut näytteet ovat kohtalaisesti, vähän tai ei ollenkaan happoa tuottavia.

Yhteenvedon tuloksista voi todeta, että yleisesti sulfaattimaiksi näytteiden rikkipitoisuutta ja hapontuottoa voi pitää alhaisena.

## 5 Sulfaattimaiden maiden kaivu ja sijoittaminen alueella

### 5.1 Yleistä

Hallinnollisesti sulfaattimaat ymmärretään yleisesti ns. tavallisena maana eikä esimerkiksi pilaantuneena maana. Näin myös kaivettuja sulfaattimaita voidaan käsitellä tavallisina kaivumassoina, jolloin niiden sijoittamiseen vaikuttavat lähtökohtaisesti samat reunaehdot. Ottaen huomioon sulfaattimaiden mahdolliset vaikutukset, tulee niiden sijoittamiseen kiinnittää kuitenkin huomiota. Sulfaattimaita koskien ei ole käytössä yleisiä sijoitus- tai käsittelyohjeita. Tästä huolimatta sulfaattimaiden sijoittami-



sesta on hyvä keskustella kunnan ympäristöviranomaisen kanssa, etenkin jos sijoitettavat massamäärät ovat suuria ja kyseessä ei ole esimerkiksi ympäristöluvan omaava maankaatopaikka.

Sulfaattimaiden esiintyminen alueella tulee tiedostaa suunniteltaessa ja toteutettaessa kaivutöitä.

## 5.2 Sijoittaminen ja kaivantojen täytöt

Alueelta kaivettujen maa-ainesten sijoittaminen alueella esimerkiksi maastonmuotoiluun ja käyttö täyttöihin alueella tulee suunnitella ja harkita tapauskohtaisesti sulfaatin/sulfidin vuoksi. Sulfaattimaita koskien ei ole käytössä yleisiä kaivu-, sijoitus- tai käsittelyohjeita. Ruopattavia sulfaattisedimenttejä on käsitelty Ympäristöministeriön Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohjeessa (Ympäristöministeriö 2015a). Ohjeen mukaisesti sulfidisedimenttien maalle läjittämisen haittavaikutuksia voidaan vähentää kalkitsemalla ruoppausmassat. Ruopattu sulfidisavi voidaan myös läjittää takaisin mereen heti ruoppauksen jälkeen tai kuoppaan pohjavesipinnan alapuolelle, jolloin muuntumista happamaksi sulfaattimaaksi ei tapahdu.

### Kaivantojen täytöt

Lähtökohdaksi tapauskohtaiseen harkintaan suositellaan otettavaksi työn kesto ja kaivalueen koko (pinta-ala ja syvyys) eli käytännössä kaivettavien sulfaattimaiden määrä. Kaivutöiden ollessa lyhytkestoisia myös massojen varastointiajat ovat lyhyitä (viikkoja), jolloin kaivetuissa maa-aineksissa olevat sulfidit ehtivät hapettua vain lyhyen ajan. Mikäli kaivettujen maa-ainesten varastointiaika on lyhyt, niiden käytölle esimerkiksi kaivantojen täytössä sellaisenaan ei nähdä estettä, mikäli maa-aines muutoin soveltuu täyttömateriaaliksi. Mikäli kaivettuja maa-aineksia varastoidaan pitkään (useampia kuukausia), suositellaan niiden kalkitsemista ennen niiden käyttöä kaivantojen täyttöihin. Ympäristöministeriön kaivettuja maa-aineksia, niiden jäteluonnetta ja käsittelyä koskevan muistion (Ympäristöministeriö 2015b) perusteella maa-aineksen pelkää kalkitsemista muulla kuin jätteeksi luokitelluilla materiaaleilla ei pidetä jätelain (646/2011) 5 §:n tarkoittamana muuntamistoimena ts. kalkitseminen ei muuta kaivettua sulfaattimaata jätteeksi.

Mikäli kaivannon ulottuvat pohjavedenpinnan alapuolelle, tulee pohjaveden pinnan alapuolelta kaivettu maa-aines mahdollisuuksien mukaan sijoittaa kaivannon täytössä pohjaveden pinnan alapuolelle. Vastaavasti pohjaveden pinnan yläpuolelta kaivettu maa-aines tulisi sijoittaa pohjaveden pinnan yläpuolelle.

### Maastonmuotoilu

Sulfaattimaiden hyödyntämiselle maastonmuotoilussa ei lähtökohtaisesti nähdä estettä. Hyödyntämisen suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa huomioon ympäristökuormitusta ehkäiseviä tekijöitä, kuten maiden peittäminen, kalkitseminen ja/tai hulevesien käsittely. Myös ympäristöolosuhteet, kuten esimerkiksi pohjavedenpinnan taso ja pintavesiolosuhteet tulee ottaa huomioon.

Esimerkiksi E18 Hamina–Vaalimaa -elinkeuhankkeessa Sulfidisavien käsittely ja sijoittaminen – menettelyohjeen (Liikennevirasto 2015) mukaan läjitysalueilla sulfaattisavien päälle levitetään noin 0,5 m paksuinen kerros heikosti vettä läpäisevää täyttömateriaalia, jolla estetään sadevesien pääseminen kosketuksiin sulfaattisaven kanssa. Tämän päälle levitetään lisäksi 0,5–2,0 m vahvuinen kerros kasvualustaksi. Hankkeessa varaudutaan myös läjitysalueilta tulevien pinta- ja suotovesien neutralointiin. Ruotsalaisen ohjeistuksen (Vägverket 2007) mukaisesti voimakkaan happamoittamispotentiaalain maille peittomaakerroksen paksuussuositus on  $\geq 0,5$  m kun massamäärä alittaa  $50 \text{ m}^3$  ja  $\geq 1$  m massamäärän ylittäessä  $50 \text{ m}^3$ .



## Kirjallisuus

Edén, P., Rankonen, E., Auri, J., Yli-Halla, M., Österholm, P., Beucher, A. ja Rosendahl, R. 2012. Definition and classification of Finnish Acid Sulfate Soils. Julkaisusta: Österholm, P., Yli-Halla, M. ja Edén, P. (toim.) Towards Harmony between Land Use and the Environment, 7th International Acid Sulfate Soil Conference in Vaasa, Finland 2012, Proceeding volume. Geological Survey of Finland. Guide 56: 29–30.

Envitop 2014. Tutkimusraportti. Maanäytteiden haponmuodostuspotentiaalin tutkiminen vt7 Hamina–Vaalimaa kohteessa (KP20003-20027). 26.11.2014.

Geologian tutkimuskeskus 2009. Happamien sulfaattimaiden haitat hallintaan. Geofoorumi 2/2009.

Geologian tutkimuskeskus 2013. Esiintyminen ja tunnistaminen (esite).

Kerko, E., Rantanen, T., Patjas, E. ja Huhtonen, S. 2014. Sulfaattimaat väylähankkeissa. Esiselvitys. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 49/2014. Liikennevirasto, Helsinki 2014.

Liikennevirasto 2015. Sulfidisavien käsittely- ja sijoittaminen, Menettelyohje. E18 Hamina–Vaalimaa -elinkaarihankkeen (PPP) palvelusopimus. 1.12.2015. 12TTS/16-1, Rev B. Helsinki.

OIVA – ympäristö- ja paikkatietopalvelu, www-sivun osoite: <https://www.wp2.ymparisto.fi> (vierailtu 11.8.2015).

Sito Oy 2014. Niittyholman kaava-alueen rungon mukaisen liikenteen ja ympäristön yleissuunnitelma, rakennettavuusselvitys

Vägverket 2007. Råd och rekommendationer för hantering av sulfidjordsmassor. Publication 2007:100.

Ympäristöministeriö 2015a. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2015. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto.

Ympäristöministeriö 2015b. Kaivetut maa-ainekset – jäteluonne ja käsittely. Muistio 3.7.2015. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto.