

Satu Alatalo

## **HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN VAIKUTUKSET RAKENTAMISEEN**

Case: Oulunsalon kevyen liikenteen väylä

# **HAPPAMIEN SULFAATTIMOIDEN VAIKUTUKSET RAKENTAMISEEN**

Case: Oulunsalon kevyen liikenteen väylä

Satu Alatalo  
Opinnäytetyö  
Kevät 2022  
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennustekniikka, yhdyskuntatekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Satu Alatalo

Opinnäytetyön nimi: Happamien sulfaattimaiden vaikutukset rakentamiseen – Case: Oulunsalon kevyen liikenteen väylä

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Effects of Acidic Sulfate Lands on Construction Process – Case: Oulunsalo Light Traffic Lanes

Työn ohjaaja: Jarmo Erho, Oulun ammattikorkeakoulu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2022

Sivumäärä: 36 + 1 liite

---

Happamat sulfaattimaat ovat maaperässä luontaisesti esiintyviä rikkiptoisia kerrostumia. Ne ovat syntyneet Litorinameren aikakautena 4 000–8 000 vuotta sitten ja niitä esiintyy Suomessa koko länsirannikon alueella. Happamat sulfaattimaat eivät aiheuta haittaa ympäristölle, jos ne pysyvät hapettomassa tilassa pohjaveden pinnan alapuolella, mutta kaikenlainen maankäyttö ja maan muokkaus sulfaattipitoisilla alueilla aiheuttaa riskin. Jos sulfaattimaat pääsevät kosketuksiin hapen kanssa, niistä alkaa liueta metalleja, jotka aiheuttavat vakavia ympäristöongelmia muun muassa happamoittamalla vesistöjä.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli käsitellä happamien sulfaattimaiden syntyä, esiintyvyyttä, luokitelua, tunnistamista sekä riskiluokitusta. Tavoitteena oli myös tuoda ilmi sulfaattimaiden aiheuttamat ympäristöongelmat sekä erilaiset vaikutukset rakentamiseen. Työssä haluttiin nostaa esiin vasta päättynyt Tunnistus-hanke, jonka tavoitteena on ollut kehittää sulfaattimaiden tunnistamista nopeammaksi ja tehokkaammaksi. Nykyinen laboratorioissa tehtävä inkubaatiokoe sulfaattimaille on hyvin hidas ja aiheuttaa monesti rakennushankkeisiin aikataulullisia ongelmia sekä taloudellisia riskejä.

Työssä toteutettiin kaksi sähköpostihaastattelua, joissa haastateltiin työn case-osuuden työmaan vastaavia henkilöitä. Case-työmaana opinnäytetyössä toimi kesällä 2021 toteutettu kevyen liikenteen väylän rakentaminen Oulunsalossa. Kyseisellä alueella todettiin jo maaperätutkimusten perusteella esiintyvän sulfaattimaita. Työssä haluttiin selvittää konkreettisesti esimerkkityömaan avulla, mitä erityistoimia sulfaattimaat aiheuttavat rakennusurakalle. Tällä työmaalla sulfaattimaat oli otettu jo suunnitteluvaiheessa huomioon ja tietyille paaluväleille vesijohtojen ja jäteviemäreiden asennukseen oli valittu työtavaksi suuntaporaus tavanomaisemman auki kaivuun sijaan.

Opinnäytetyössä kävi ilmi, että esimerkkityömaalla sulfaattimaita tavattiin huomattavasti vähemmän kuin maaperätutkimusten perusteella oli etukäteen todettu. Sulfaattimaat eivät näin ollen aiheuttaneet työmaalla mitään odottamattomia yllätyksiä tai hankaluuksia, vaan urakka saatiin suoritettua suunnitelmien mukaisesti aikataulussa. Tulevaisuudessa voisi olla hyvä pohtia mahdollisilla sulfaattimaa-alueilla, olisiko syytä tehdä sulfaattimaaperäselvitys eikä tavallisia maaperätutkimuksia, jotta maaperästä saataisiin mahdollisimman todenmukainen tieto ja sen avulla valittaisiin oikeat työtavat.

---

Asiasanat: happamat sulfaattimaat, rikkihappo, ympäristöongelma, suuntaporaus

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Civil Engineering, Option of Municipal Engineering

---

Author: Satu Alatalo

Title of thesis: Effects of Acidic Sulfate Lands on Construction Process – Case: Oulunsalo Light Traffic Lanes

Supervisor: Jarmo Erho, Oulu University of Applied Sciences

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2022

Number of pages: 36 + 1 appendix

---

Acidic sulfate lands are naturally occurring, sulfur-rich soil sediments. They have formed during the Littorina Sea era approx. 4 000 – 8 000 years ago and are present along the entire Finnish western coast. When situated below the groundwater level in oxygen-free conditions, acidic sulfate lands do not pose a threat to the environment. However, any kind of use and/or tilling of soil in these areas creates a risk. If sulfate lands encounter oxygen, they begin to leak metals that cause significant environmental issues, for example by acidifying surrounding water systems.

The purpose of this thesis was to discuss the emergence, occurrence, classification, identification, and risk assessment of acidic sulfate lands. An additional objective was to bring forward the effects that sulfate lands have on the environment and on construction processes. This thesis specifically acknowledges a recently concluded project called 'Tunnistus', which aimed at developing faster and more effective methods for identification of sulfate lands. Current laboratory-based incubation tests are very slow and frequently pose scheduling and financial risks.

This thesis wanted to uncover what additional measures the presence of sulfate lands causes to the construction process. A case study site in this thesis was the construction of light traffic lanes in Oulunsalo area during the year 2021. Empirical data was collected through two email-based interviews with persons responsible for the site. Soil quality research prior to construction had revealed the presence of sulfate lands. The design phase accounted for this by choosing angle drilling as a working method for installation of water pipes and sewers on certain pile spacings, instead of the more traditional open excavation.

The results revealed that at the case study site, sulfate lands were encountered significantly less than the soil quality research phase had indicated. Sulfate lands thus did not cause any unexpected major risks or challenges at the site, and the process was completed in the original schedule. As a conclusion, this thesis recommends that on areas with sulfate lands, a specific sulfate-oriented soil quality research should be conducted instead of the traditional soil research. This helps in more accurately assessing the potential risks to be encountered during construction, and in choosing the most suitable working methods.

---

Keywords: acidic sulfate lands, sulfur acid, environmental issues, angle drilling

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	HAPPAMAT SULFAATTIMAAT .....	7
2.1	Happamien sulfaattimaiden synty.....	7
2.2	Happamien sulfaattimaiden esiintyvyys.....	8
2.3	Happamien sulfaattimaiden luokittelu .....	10
2.4	Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen.....	10
2.4.1	Happamuuden tutkiminen maaperänäytteistä.....	13
2.4.2	Happamuuden tutkiminen ojavesistä .....	16
2.4.3	Tunnistus-hanke tutkimusmenetelmien kehittämiseksi .....	17
2.5	Sulfaattimaiden suomalainen riskiluokitus .....	18
2.6	Happamien sulfaattimaiden ympäristöhaitat.....	19
2.7	Happamien sulfaattimaiden vaikutukset rakentamiseen.....	20
2.8	Happamien sulfaattimaiden poiskaivu ja läjitys .....	24
3	CASE: OULUNSALON KEVYEN LIIKENTEEN VÄYLÄ .....	26
3.1	Oulun kaupungin ohjeistukset rakentamiseen .....	26
3.2	Esimerkkityömaan yleiset tiedot .....	26
3.2.2	Sulfaattimaiden esiintyvyys työmaa-alueella ennakkotietojen mukaan .....	28
3.2.3	Sulfaattimaiden etukäteisvaikutukset urakkaan .....	28
3.3	Suuntaporaus menetelmänä ja sen haasteet .....	29
3.4	Työmaan haasteet ja onnistumiset.....	30
4	POHDINTA.....	32
	LÄHTEET.....	33
	Liite 1 Haastattelulomake.....	37

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tarkastellaan happamia sulfaattimaita ja niiden vaikutuksia rakentamiseen. Lähtökohtana on selvittää lukijalle happamien sulfaattimaiden yleistietoja, kuten maiden syntyä, esiintyvyyttä ja luokittelua, sekä maiden tunnistusmenetelmiä. Työssä käsitellään myös tuoretta Tunnistus-hanketta, jossa lähtökohtana on ollut kehittää maiden tunnistukseen nopeampia ja helpompia tapoja. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat ympäristöongelmat sekä vaikutukset rakentamiseen tuodaan myös työssä esille.

Työhön on valittu esimerkkityömaaksi Oulunsalon kevyen liikenteen väylä. Kyseisen työmaan on todettu maaperätutkimusten perusteella olevan sulfaattimaaperällä ja sulfaattimaat on otettu jo urakan suunnittelussa huomioon. Sulfaattimaiden on maaperätutkimusten mukaan todettu vaikuttavan erityisesti vesijohdon ja jätevesiviemärin asennukseen, ja asennustavaksi tässä urakassa onkin valittu suuntaporaus. Yleisempi asennustapa olisi tavanomainen auki kaivuu, mutta tässä urakassa maita ei ole haluttu kaivaa ylös mahdollisten ympäristöongelmien vuoksi.

Case-työmaan avulla pyritään selvittämään sulfaattimaiden konkreettisia vaikutuksia väylärakentamiseen. Huomioon otetaan sekä kustannusnäkökulma että työskentelyyn liittyvät asiat. Työssä pureudutaan siihen, mitä työtapoja sulfaattimaiden vuoksi työmaalla valitaan käyttöön ja kuinka hyvin nämä työtavat onnistuvat. Lisäksi arvioidaan, onnistuiko sulfaattimaiden kanssa työskentely odotusarvojen mukaan ja tuliko työmaalla maiden vuoksi eteen yllättäviä tilanteita.

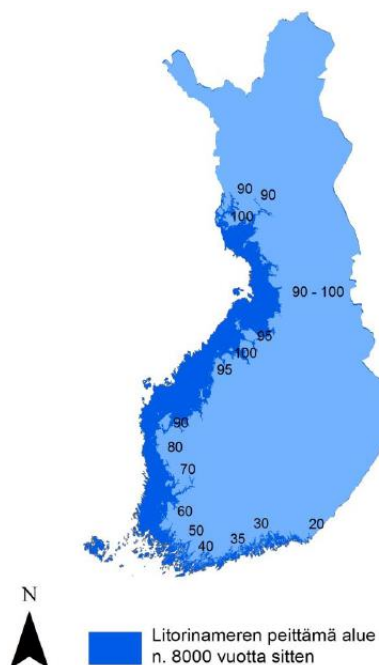
Työn tilaaja on VRJ Pohjois-Suomi Oy, joka on esimerkkityömaan pääurakoitsija. Opinnäytetyön yhteyshenkilönä toimi VRJ Pohjois-Suomi Oy:n työpäällikkö Antti Paksuniemi, joka on työskennellyt esimerkkityömaan työpäällikkönä ja hoitanut myös urakan tarjous- ja jälkilaskennan.

## 2 HAPPAMAT SULFAATTIMAAT

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan maaperässä luontaisesti esiintyviä rikkipitoisia kerrostumia. Sulfaattimaat ovat tyypillisimmin liejuisia ja hienorakenteisia maita, kuten savea tai silttiä. Myös karkearakeisissa maissa voi olla sulfaattipitoisuutta. Happamat sulfaattimaat eivät aiheuta haittaa ympäristölle silloin, jos ne pysyvät hapettomassa tilassa pohjaveden pinnan alapuolella, mutta kaikenlainen maankäyttö sulfaattipitoisilla alueilla aiheuttaa riskin. (Härkönen & Nieminen 2019, 2; ProAgria Oulu 2020.)

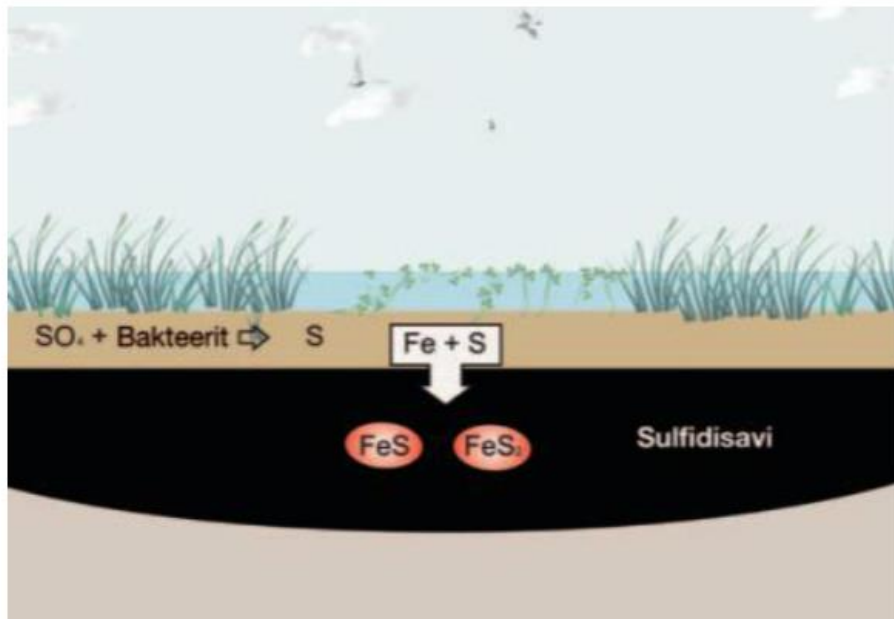
### 2.1 Happamien sulfaattimaiden synty

Happamat sulfaattimaat eli alunamaat ovat muodostuneet Litorinameren aikana noin 4 000–8 000 vuotta sitten. Litorinameren aikaan koko Suomen läntinen rannikkoseutu oli veden peitossa (kuva 1). Merivesi oli tällöin lämpimämpää ja suolaisempaa kuin nyt ja veden olosuhteet olivat vähähappipitoisemmat. Ennen jääkautta syntynyt kasvillisuus alkoi kerrostua merenpohjaan Litorinameren aikakautena. (Hadzic 2018, 2; Härkönen & Nieminen 2019, 9.)



KUVA 1. Litorinameren peittämä alue Suomen rannikolla eli Litorina-alue (Auri 2021, 2)

Kuollut orgaaninen aines sekä rikki, rauta ja bakteerit kerrostuivat merenpohjaan. Hapettomissa olosuhteissa bakteerit hajottivat orgaanista ainesta, jolloin sulfiitti pelkistyi sulfideiksi ( $FeS$ ,  $FeS_2$ ) ja saostui rautasulfideiksi. Lopulta tästä syntyi sulfiittipitoista maa-ainesta (kuva 2). (Hadzic 2018, 2; Härkönen & Nieminen 2019, 5; ProAgria Oulu 2020.)



KUVA 2. Happamien sulfaattimaiden muodostuminen merenpohjassa (Härkönen & Nieminen 2019, 5)

Sulfidisavet ovat nousseet maan kohoamisen seurauksena merenpinnan yläpuolelle eli kuivalle maalle. Rannikolla sulfidisavet ovat nousseet jopa sadan metrin korkeuteen. Maan kohoaminen jatkuu edelleen ja sen seurauksena rikkipitoisia kerrostumia paljastuu rannikkoalueilla jatkuvasti lisää. Litorinameren aikaisten merenpohjien lisäksi sulfidipitoisia sedimenttejä on kerrostunut järviin sekä rannikolla että sisämaassa. (Hadzic 2018, 3; Härkönen & Nieminen 2019, 6; SYKE 2021, 13.)

## 2.2 Happamien sulfaattimaiden esiintyvyys

Suomen sulfaattiesiintymät ovat Euroopan laajimmat ja sulfaattimaita esiintyykin lähes koko rannikkoseudulla Perämeren seudulta itäiselle Uudellemaalle. Laajimmat ja ongelmallisimmat esiin-



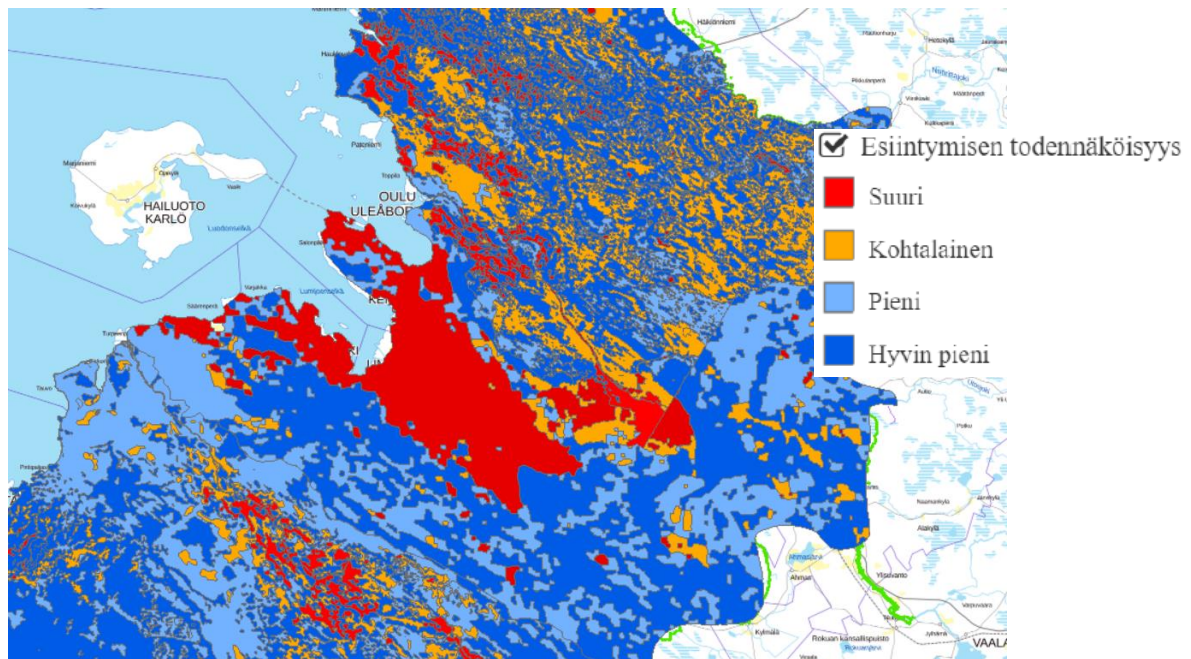
tymät Geologian tutkimuskeskuksen mukaan ovat Pohjanmaan alavalla rannikkoseudulla. Happamia sulfaattimaita esiintyy myös paikoitellen sisämaan mustaliuskealueilla. Kallioperässä esiintyvät mustaliuskealueet sisältävät hiiltä ja rikkiä. Mustaliuskealueet ovat alun perin syntyneet merenpohjaan kerrostuneista liejuista noin kaksi miljardia vuotta sitten. Suomen tunnetuin mustaliuske-esiintymä on Talvivaaran nikkelimalmi (GTK 2020; Hadzic 2018, 3; Härkönen & Nieminen 2019, 10; ProAgria Oulu 2020.)

Maailmanlaajuisesti happamia sulfaattimaita esiintyy yli 24 miljoonan hehtaarin alueella. Eniten sulfaattiesiintymiä on Aasiassa, Kaukoidässä, Australiassa, Länsi-Afrikassa ja Latinalaisessa Amerikassa. Kriteerit, joiden perusteella maita luokitellaan sulfaattimaiksi, vaihtelevat paljon ympäri maailman. Tästä johtuen arviot sulfaattimaiden määristä ja levinneisyydestä vaihtelevat suuresti. (Vertanen 2016, 12.)

Suomessa sulfaattimaiksi luokitellaan syvemmillä olevia maita kuin ulkomailla. Tämä johtuu siitä, että Suomessa kuivatussyvyys on suurempi kuin lämpimämmissä maissa ja näin ollen sulfideja voi hapettua syvemmillä kuin kansainvälisillä kriteereillä tarkastellessa. (Vertanen 2016, 12.)

Happamien sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyyksiä Suomen alueella voi tarkastella esimerkiksi GTK:n (Geologian tutkimuskeskuksen) karttapalvelusta. Karttapalvelussa on sulfaattimaiden esiintymistodennäköisyyksiä, joten sen perusteella ei voi tehdä tilakohtaisia päätelmiä. Karttapalvelu antaa kuitenkin suuntaa antavia tietoja happamuusriskialueista. (ProAgria Oulu 2020.)

Oulun alueella happamia sulfaattimaita voi esiintyä hyvin laajasti (kuva 3). Tyypillisimpiä esiintymisalueita ovat rannikon alavat hienojakoiset maat, erityisesti jokiuomien läheisyydessä esiintyvät liejuiset maat sekä suoalueet, joiden pohjilla esiintyy lajittuneita maalajeja (Oulun kaupunki 2019.)



KUVA 3. Happamien sulfaattimaiden esiintyvyyks Oulun seudun alueella (GTK 2022)

### 2.3 Happamien sulfaattimaiden luokittelu

Happamat sulfaattimaat luokitellaan kahteen ryhmään, todellisiin happamiin sulfaattimaihin ja potentiaalisiin happamiin sulfaattimaihin. Todellisen happaman sulfaattimaan pH-arvo maastossa mitattuna on  $< 4,0$ , joskus jopa  $< 3,0$ . Tällöin maa-aineksessa on yleensä havaittavissa paljon rautasaostumia. (Hadzic 2018, 4; Härkönen & Nieminen 2019, 4.)

Potentiaalinen hapan sulfaattimaa on sulfidirikkipitoinen maaperä, jolla on potentiaalia muuttua todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi, jos maaperä pääsee hapettumaan. Sulfidirikkipitoisen maan pH-arvo on yleensä  $> 6,0$  ja sulfidirikkipitoisuus on yleensä  $\geq 0,01$  %. Happaman maakerroksen ja sulfidirikkipitoisen maakerroksen välissä olevan pH:n vaihtumiskerros on yleensä ka-pea. (Hadzic 2018, 4; Härkönen & Nieminen 2019, 4.)

### 2.4 Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen

Happamat sulfaattimaat voivat olla joskus helposti tunnistettavissa aistinvaraisesti maaperästä, mutta eivät aina. Potentiaalinen hapan sulfaattimaa on usein väriltään mustaa tai tummansinertävää (kuva 4). Potentiaalisessa happamassa sulfaattimaassa on monesti myös rikin aiheuttama mädäntyneen kananmunan haju. (Vertanen 2016, 23.)



*KUVA 4. Mustaa potentiaalista hapanta sulfaattimaata (Auri 2021, 1)*

Musta tai tummansinertävä sulfidin väri voi esiintyä maaperässä myös raitoina, pilkkuina tai läikittäin. Potentiaalinen hapanta sulfaattimaata on usein liejupitoista savea tai silttiä. (ProAgraria Oulu 2020.)



*KUVA 5. Potentiaalinen hapanta sulfaattimaata, jonka voi tunnistaa mustasta tai tummansinertävästä sävystä (ProAgraria Oulu 2020)*

Todellinen hapanta sulfaattimaata on yleensä väriltään vaaleampaa kuin potentiaalinen hapanta sulfaattimaata. Todellisen happaman sulfaattimaan yleisväri on vaaleanruskea tai vaaleanharmaa ja siinä voi näkyä ruosteen väriä hapettumisessa muodostuneiden rautaoksidien vuoksi. Todellisessa happamassa sulfaattimaassa voi havaita myös myös kellertävää jarosiittia. Todellinen hapanta sulfaattimaata-aines on myös usein liejupitoista savea tai silttiä. Maaprofilia tarkastellessa maa-

aineksessa näkyy usein päällä hapettunut kerros ruskeaa sulfaattimaata, jonka alla on vedenkyl-  
lästämässä tilassa mustaa tai hyvin tummanväristä hapettumatonta sulfidipitoista maata (kuva 6).  
(Vertanen 2016, 23.)



KUVA 6. Potentiaalinen ja todellinen hapan sulfaattimaa maaperässä (Härkönen & Nieminen 2019)

Kun potentiaaliset happamat sulfaattimaat pääsevät tekemisiin hapen kanssa, musta väri vaale-  
nee muutaman tunnin tai päivän kuluessa (kuva 7). Vaaleneminen johtuu siitä, että maaperässä  
olemassa olevat sulfidiyhdisteet hapettuvat ja reaktion seurauksena maa-aines happamoituu.  
Happamat sulfaattimaat eivät kuitenkaan ole aina tunnistettavasti aistinvaraisesti ja tällöin avuksi  
tarvitaan tarkempia maanäytetutkimuksia. (ProAgria Oulu 2020.)



KUVA 7. Hapettuneen happaman maan oranssinruskeita rautasaostumia (ProAgria Oulu 2020)

## 2.4.1 Happamuuden tutkiminen maaperänäytteistä

Sulfaattimaiden tunnistukseen on tällä hetkellä käytössä menetelmiä, jotka voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään: menetelmiin, joilla voidaan yksinkertaisesti tunnistaa, onko maa sulfidipitoista vai eikö ole, ja menetelmiin, joilla voidaan arvioida lisäksi maan ominaisuuksia, kuten hapontuottopotentiaalia. Monen rakennushankkeen alkuvaiheessa voi riittää tieto siitä, onko kyseessä sulfaattimaa vai ei. Hankkeen jatkosuunnittelua varten tarvitaan kuitenkin tarkempaa tietoa maan happamoitumisominaisuuksista sellaisilta alueilta, joilla sulfaattimaita esiintyy. Ominaisuuksien tarkempi selvittäminen on tärkeää, koska sulfaattimaiden ominaisuudet voivat vaihdella suuresti alueittain. Kaikki happamat sulfaattimaat eivät välttämättä vaadi yhtä voimakasta käsitelyä. (Vertanen 2016, 22.)

Sulfaattimaiden laboratoriotunnistamisessa käytetään niin sanottua inkubaatiomenetelmää, jossa maanäytteiden annetaan hapettua huoneenlämmössä 8–16 viikkoa. Näytteet tulee pitää koko ajan kosteana. Kosteutus toteutetaan lisäämällä näytteisiin de-ionisoitua vettä. Vettä ei tule kuitenkaan lisätä niin paljon, että näyte vettyy. Jos näyte vettyy, hapettuminen ei tapahdu toivotulla tavalla. Näytteiden ajoittainen kuivuminen ei aiheuta ongelmaa. (Vertanen 2016, 23–24.)

Yleensä näytteen pH-arvo mitataan inkubointijakson jälkeen. Osa näytteistä voidaan myös asettaa tarkempaan seurantaan, jolloin näytteiden pH-arvoa seurataan viikoittain. Tarkemman pH-seurannan avulla voidaan arvioida inkuboimiseen tarvittavaa aikaa, kun huomataan, milloin pH-arvossa ei enää tapahdu muutoksia. Mikäli tiheää seurantaa ei tehdä ja pH-arvo mitataan yhdeksän viikkoa inkubaation jälkeen ja jos arvo on välillä 4,1–6,4, inkubaatiota jatketaan tämän jälkeen vielä kymmenen viikkoa. (Vertanen 2016, 23–24.)

Mikäli näytteen pH-arvo on inkubaation jälkeen  $< 4,0$  ja pH-arvon pudotusta on tapahtunut 0,5 yksikköä tai enemmän, kyseessä on hapan sulfaattimaa (kuva 8). Jos taas pH-arvo on  $\geq 4,0$ , kyseessä ei ole sulfaattimaa. Tutkimusmenetelmä on hidas ja vaikuttaa monien hankkeiden etenemiseen aiheuttaen näin toimijoille taloudellisia riskejä. Inkubaatiomenetelmän tilalle onkin jo kauan toivottu nopeampia tutkimusmenetelmiä. (Hadzic 2018, 7; SYKE 2020.)



KUVA 8. Hapanta sulfaattimaata (HS.fi 2015)

Inkubaatiomenetelmästä saatava pH-arvo on luotettava tutkimuskeino siihen, ovatko maat happamia sulfaattimaita vai eivät. Inkubaatiossa saatavan pH-arvon avulla ei kuitenkaan voida tehdä happamoitumisen arviota, koska alhainen inkubaatio-pH ei aina lähtökohtaisesti tarkoita sitä, että maan *happamoitumispotentialiaali* olisi suuri. (Vertanen 2016, 24.)

Happamien sulfaattimaiden tunnistamiseen on käytössä myös pikatestejä. Erityisesti Australiassa on käytössä menetelmä, joka perustuu vetyperoksidin (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) aiheuttamaan nopeaan hapettumiseen. Jos aiheutetun reaktion jälkeen pH-arvo on  $\leq 2,5$ , kyseessä on potentiaalinen hapan sulfaattimaa. Epäselvissä tapauksissa tulos tulisi kuitenkin varmistaa laboratoriossa inkuboimalla. Kyseinen menetelmä on helppo ja nopea ja se on mahdollista tehdä suoraan kohteessa. Tässäkin tunnistusmenetelmässä ei kuitenkaan saada selville maan hapontuottopotentialiaalia. Kyseinen menetelmä ei ole ollut Suomessa käytössä, mutta myöhemmin mainittava Tunnistus-hanke on selvittänyt ja kehittänyt myös tämän testin käyttömahdollisuuksia Suomessa. (SYKE 2021, 38; Vertanen 2016, 24.)

Maa-ainekselle voidaan suorittaa pikatesti myös pH-mittauksella ja suolahapolla. Tässä menetelmässä pH-mittaria käytetään sähköisenä tunnistimena ja menetelmän käyttökelpoisuuden edellytyksenä on tarkkaan tehty alkukartoitus. Alkukartoituksessa saatujen lähtötietojen perusteella sulfaattimaaksi arvioidulta alueelta otetaan näytteitä. Näytteet otetaan arvioidun kaivutason yläpuolelta. Tiettyä maakerrosta edustavan näytteen saaminen voi olla haastavaa sulfaattimaille usein tyyppillisen korkean vesipitoisuuden vuoksi. Näytteenoton yhteydessä maata arvioidaan myös koko ajan silmämääräisesti. (Vertanen 2016, 24–25.)

Jos näyte alkaa välittömästi maasta nostamisen jälkeen muuttua vaaleammaksi, se kertoo siitä, että näyte on alkanut välittömästi hapettua, kun se on päässyt ilman kanssa kosketuksiin. Väri­määrityksen lisäksi näytteestä määritetään happamuus sähköisellä pH-anturilla. Näytteen rikkipi­toisuus voidaan varmistaa lisäksi pipetoimalla näytteen pinnalle laimeaa suolahappoa. Hapete­ tusta pinnasta irtoaa rikkivetyä, mikäli maa on sulfidipitoista. Rikkivedyn tyypillinen haju myös yleensä paljastaa sulfidien olemassaolon. Kyseinen menetelmä sopii sulfaattimaiden tutkimiseen silloin, jos halutaan tietää, onko maa sulfaattimaata vai ei, mutta tarkemmat jatkotutkimukset tulee tehdä laboratoriossa. (Vertanen 2016, 24–25.)

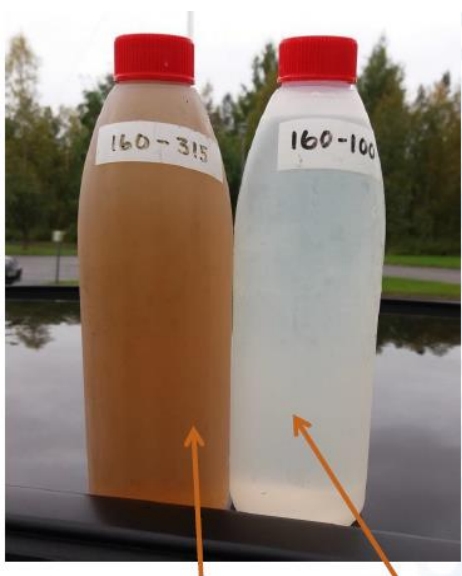
Vertanen on diplomityössään (2016) tehnyt tutkimusmenetelmistä vertailua ja kerännyt vertailu­ tiedot taulukkoon, mikä on nähtävissä alla taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Tutkimusmenetelmien vertailutaulukko (Vertanen 2016, 33–34)

	GTK:n kartoitus	Aistinvarainen tunnistaminen	Pikatestit	Inkubaatio
<b>Luoki- tus- peruste</b>	maaperä-, kallioperä-, lentogeo- fysiikka- ja korkeus- aineistot, maanäyttei- den pH	Väri, haju sekä maan koostumus	pH:n muutos, haju	maanäytteen pH:n muutos, usein li- sänä maanäytteen kokonaisrikkipitoi- suus
<b>Nopeus</b>	Nopea	Nopea, maastos- sa havainnoitava	Nopea, maastossa tehtävissä	Hidas, jopa 9–19 viikkoa
<b>Luotet- tavuus/ tarkkuus</b>	Ei tarpeeksi tarkka tai luotettava ainoaksi tunnistus- menetelmäk- si	Ei luotettava ainoaksi tunnistus- menetelmäksi	Ei kovin luotettava ainoaksi tunnis- tusmenetelmäksi, testien avulla voi- daan määrittää, miltä alueilta on tarpeen tehdä tar- kempia tutkimuk- sia	Luotettava mene- telmä hienojakoi- sen maan luokitte- luun, ei kuitenkaan anna vastausta maan hapontuot- topotentiaaliin.
<b>Käyttö</b>	Lähtö- tilanteen tarkastami- nen	Lähtötilanteen tarkistaminen, työnaikainen ha- vainnointi ja tar- kastus	Lähtötilanteen kartoittaminen. Voisi myös sovel- tua maastossa tehtävään tarkis- tusmuotoiseen havainnointiin	Hitautensa vuoksi ongelmallinen väy- lähankkeilla, so- veltuu alkuvaiheen on/ei ole sulfaat- timaata tyyppi- seen tarkasteluun

## 2.4.2 Happamuuden tutkiminen ojavesistä

Happamuutta voi seurata myös ojaveden pH-arvon avulla, koska happamuus kulkeutuu maaperästä ojien kautta muihin vesistöihin. Vettä kannattaa ottaa pulloon tai lasiin, jos ojaveden pH-arvo on alhainen tai tavallista tasoa alhaisempi (< 5). Ojasta otetun veden väriä tulisi tarkastella, sillä jos vesi on kirkasta tai veden väri kirkastuu yhtäkkisesti, veden happamuus on todennäköisesti happamista sulfaattimaista johtuvaa happamuutta (kuva 9). Mikäli veden väri on selkeästi ruskeaa, happamuus on luultavasti peräisin veden humusaineista eikä siitä tarvitse näin ollen huolestua. Ojavettä havainnoidessa kannattaa tarkastella myös ojien luiskia ja varmistaa, onko niissä happamiin sulfaattimaihien viittaavia värisävyjä. (ProAgria Oulu 2020.)



pH	5,2	3,8
EC	8,2 mS/m	67,40 mS/m
SO <sub>4</sub>	15 mg/l	300 mg/l
TOC	71 mg/l	1,62 mg/l
Asiditeetti	0,50 mmol/l	9,20 mmol/l

KUVA 9. Happamien sulfaattimaihien tunnistaminen ojavesistä (Hadzik 2018, 8)

Samanaikainen matala pH-arvo (<5) ja korkea sähkönjohtavuus (> 20mS/m) viittaavat riskialueilla happamien sulfaattimaihien vaikutukseen. Nämä asiat voidaan todeta vedestä jo maasto-olosuhteissa, mutta laboratoriossa vedestä saadaan vielä lisää arvoja. Tyypillisesti happaman sulfaattimaan vedessä on korkea SO<sub>4</sub> (sulfaattipitoisuus) sekä korkeat pitoisuudet alumiinille (Al), kadmiumille (Cd), koboltille (Co), kuparille (Cu), nikkelille (Ni), sinkille (Zn) ja uraanille (U) sekä



korkea asiditeetti. Asiditeetti kuvaa veden kykyä neutraloida vahva emäs tiettyyn pH-arvoon. (Hadzic 2018, 8; Opetushallitus; ProAgria Oulu 2020.)

### 2.4.3 Tunnistus-hanke tutkimusmenetelmien kehittämiseksi

Tunnistus-hanke on ollut käynnissä 1.8.2017–31.1.2021 ja hankkeen toteuttajina ovat olleet Suomen ympäristökeskus (SYKE), Åbo Akademi ja Geologian tutkimuskeskus (GTK). Hankkeen tavoitteena on ollut kehittää maasto-/kenttälaboratorio-olosuhteissa käyttökelpoisia happamien sulfaattimaiden tutkimusmenetelmiä, joiden avulla sulfaattimaiden luotettava tunnistaminen olisi nykyisiä menetelmiä nopeampaa. Hankkeen tavoitteena on ollut myös kehittää menetelmiä sulfaattimaan *happamoitumispotentiaalin* arviointiin. Esimerkiksi nykyisen inkubaatiomenetelmän avulla happamoitumispotentiaalia ei voida arvioida. (SYKE 2020, 4–7.)

Hankkeessa kehitettiin happamien sulfaattimaiden tunnistamiseen käytettyä *vetyperoksidihapetusmenetelmää*. Menetelmää kehitettiin nopeammaksi, yksinkertaisemmaksi ja Suomen maaperälle soveltuvaksi. Uuden pikatestin avulla sulfaattimaat pystytään tunnistamaan maastossa jopa kahden tunnin kuluessa (kuva 10). Vetyperoksidihapetus ei sovellu maalajeille, jotka sisältävät paljon orgaanista ainesta, kuten liejua tai turvetta. Tällaisille maalajeille suositellaan edelleen tehtäväksi inkubaatio laboratorio-olosuhteissa. Hankkeessa on kuitenkin kehitetty menetelmiä, joiden avulla inkubaatiotakin voidaan hieman nopeuttaa. (SYKE 2021; Ympäristö.fi 2021.)



KUVA 10. Vetyperoksidihapetuksen jälkeinen pH-mittaus (SYKE 2021)

Tunnistus-hankkeessa tehtiin huomio, että maalajilla on suuri vaikutus happaman sulfaattimaan ominaisuuksiin. Hankkeessa tuotettiin maalajikohtaisia tunnistuksen raja-arvoja ja toimenpiderajoja. Raja-arvojen avulla voidaan tunnistaa happamia sulfaattimaita ja toimenpiderajojen avulla voidaan tehdä maihin liittyvää riskienarviointia. Riskienarviointimenetelmän avulla voidaan arvioida, millaisia riskejä maaperän hapettumisesta voisi aiheutua. Riskienarvioinnin perusteella voidaan valita maiden mahdolliset käsittelytoimenpiteet. (SYKE 2021.)

## 2.5 Sulfaattimaiden suomalainen riskiluokitus

Suomessa on käytössä happamien sulfaattimaiden riskiluokitus, jossa luokittelu perustuu kahteen tai kolmeen tekijään. Nämä kyseiset tekijät ovat sulfidipitoisen maakerroksen alkamissyvyys, maastossa mitatun pH-arvon minimi ja rikkipitoisuus. Rikkipitoisuus otetaan huomioon sellaisissa tapauksissa, joissa se on analysoitu. Riskiluokitus on nähtävissä alla olevassa taulukossa 2. (Vertanen 2016, 26–27.)

TAULUKKO 2. Riskiluokittelu kolmen tekijän perusteella (Vertanen 2016, 26–27)

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

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

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 maan alkamissyvyys / minimi-PH / rikkipitoisuus, esimerkiksi 3 / A / II. Riskiluokittelu yletyy kuitenkin vain kolmen metrin syvyyteen eli vain pintakerrokseen. Tämän vuoksi tällainen maan pintaosille tehty luokituskriteeristö ei sellaisenaan sovellu käytettäväksi väylähankkeissa. Väylärakennushankkeissa savikerrosten paksuudet voivat olla jopa useita kymmeniä metrejä, joten luokittelu ei ylety tarpeeksi syväälle. Riskiluokitus ei myöskään ota kantaa maan haponmuodostuspotentiaaliin. (Vertanen 2016, 27.)

Riskiluokitukselle ei ole tehty varsinaista tulkintaohjetta tai toimenpidesuosituksia. Luokitusta voidaan kuitenkin käyttää esimerkiksi maankäytön suunnittelussa sekä hahmoteltaessa sulfidien hapettumisastetta alueittain. (Liikennevirasto 2014, 17.)

## **2.6 Happamien sulfaattimaiden ympäristöhaitat**

Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat happamuus ja metallikuormitus vesistöihin ovat Suomen suurimpia ympäristöongelmia. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat haitat heikentävät sekä vesien ekologista että kemiallista tilaa. Pohjaveden kyllästämät sulfaattimaat ovat ympäristölle harmittomia, mutta jos pohjaveden pinta laskee esimerkiksi ojituksen, ruoppauksen tai maankäivun seurauksena, sulfidisaven sisältämät rikkipitoiset mineraalit joutuvat kosketuksiin ilmakehän hapen kanssa, jolloin mineraalit hajoavat ja muodostavat rikkihappoa. Myös kaikenlainen maaperän kuivatus- ja kaivuutoiminta voi aiheuttaa maaperässä olevan sulfidimuotoisen rikin hapettumista. (Oulun kaupunki 2019; Vertanen 2016, 14.)

Paras keino välttää sulfaattimaiden aiheuttamat ympäristövaikutukset on estää sulfaattimaiden altistuminen ilmakehän hapelle. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että maata ei kaiveta ylös eikä pohjaveden pintaa alenneta. Jos kaivaminen ja pohjaveden pinnan alentaminen on kuitenkin välttämätöntä, parasta olisi sijoittaa kaivetut maat veteen tai pohjaveden pinnan alapuolelle. Mikäli nämä vaihtoehdot eivät ole mahdollisia, maiden altistuminen hapelle tulisi minimoida ja maa tulisi pitää vedellä kyllästettynä. Tämä onnistuu parhaiten peittämällä sulfaattimaat asianmukaisesti maalla, jolla on pieni ilmanläpäisevyys. (Vertanen 2016, 36.)

Rikkihappo on voimakas syövyttäjä ja liuottaa maaperän luontaisesti sisältämiä metalleja. Kuivana aikana happosuolet ja metallit pysyvät maaperässä eivätkä aiheuta ongelmia, mutta sateiden

tai sulamisvesien mukana sulfaattimaiden vedet huuhtoutuvat vesistöihin ja aiheuttavat ympäristöongelmia. Happamat piikit kuivatusveden laadussa ajoittuvat pääsääntöisesti loppukesään eli hellekauden jälkeisten sateiden ajalle, jolloin kuivan kauden hapettumistuotteet huuhtoutuvat veteen. (Hadzic 2018, 5; Oulun kaupunki 2019.)

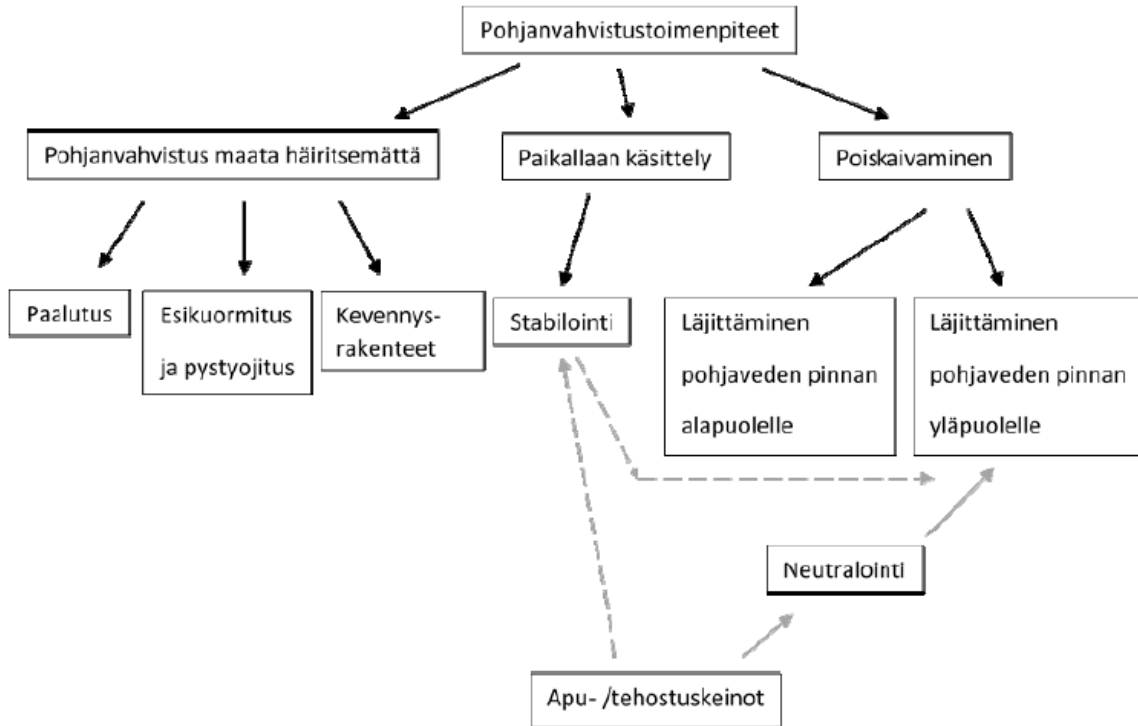
Happamat ja metallipitoiset valumavedet sisältävät erityisesti jo aiemminkin mainittuja alumiinia, kadmiumia, kobolttia, kuparia, nikkeliä, sinkkiä ja uraania. Näiden metallien päästöt vesistöihin olivat vuosina 1978–2002 tehdyn seurannan mukaan korkeammat kuin koko Suomen teollisuuden aiheuttamat päästöt. Näitä alkuaineita sisältävät valumavedet aiheuttavat haittaa kuivatusalueen alapuolisen vesistön eliöstölle ja pahimmillaan valumavedet voivat aiheuttaa laajoja kala-kuolemia. Edellinen iso happamuuspiikki on ollut länsirannikolla talvella 2006–2007, jolloin kala-kuolemia raportoitiin useilta isoilta joiltakin. Herkimmät kalat kuolevat vesistön pH-arvon laskiessa alle 5,5:n, mutta monien kalalajien lisääntyminen häiriintyy jo veden pH-arvon ollessa 5,75. Happamissa olosuhteissa metallit ovat eliöstölle kaikkein myrkyllisimmässä eli liukoisessa muodossaan. Alumiinin ja alhaisen pH-arvon haitallinen yhteisvaikutus on sitä suurempi, mitä happamampaa vesi on. (Hadzic 2018, 9; SYKE 2021, 13; Oulun kaupunki 2019.)

Happamista sulfaattimaista aiheutuvien happamuushaittojen ennakoidaan lisääntyvän ilmastonmuutoksen seurauksena, koska kuivien jaksojen jälkeiset rankkasateet ja kuivia kesiä seuraavat sateiset syksyt lisääntyvät (SYKE 2021, 13).

## **2.7 Happamien sulfaattimaiden vaikutukset rakentamiseen**

Rakentamisessa happamien sulfaattimaiden mahdollinen olemassaolo olisi tärkeää tiedostaa jo maankäytön suunnitteluvaiheessa, sillä ne aiheuttavat ympäristöongelmien lisäksi monenlaisia haasteita myös rakentamisessa. Happamat sulfaattimaat ovat hyvin vesipitoisia ja ne sisältävät paljon orgaanista ainesta. Tämän vuoksi maat ovat hyvin heikosti kantavia ja kokoonpuristuvat runsaasti. Happamille sulfaattimaille rakentaminen voi vaatia erilaisia toimenpiteitä, kuten maamassojen neutralointia tai massanvaihtoa sekä happoa kestävien kalliimpien rakennusmateriaalien käyttämistä. (SYKE 2021; Oulun kaupunki 2019; SYKE 2021, 13.)

Sulfaattimaille rakennettaessa maille voidaan joutua tekemään pohjanvahvistusta. Maat voidaan vahvistaa paikallaan, jolloin sulfaattimaita ei häiritä ollenkaan, tai vaihtoehtoisesti maat voidaan kaivaa ylös, minkä jälkeen sulfaattimaat tulee käsitellä ja lajitella voimassa olevien ohjeistusten mukaisesti. Pohjanvahvistustapoja on useita erilaisia ja vaihtoehdot ovat nähtävissä alla olevassa kuvassa (kuva 11). (Vertanen 2016, 14.)



KUVA 11. Pohjanvahvistusvaihtoehdot happamille sulfaattimaille (Vertanen 2016, 36)

Vertanen (2016, 44–45) on tehnyt pohjanvahvistusvaihtoehdoista myös vertailutaulukon (taulukko 3). Taulukossa on vertailtu keskenään paalutusta, stabilointia, esikuormitusta/pystyjoitusta, kevennysrakenteita, massanvaihtoa, maamassojen neutralointia ja vesien neutralointia. Taulukossa on tuotu esille jokaisen vaihtoehdon hyvät ja huono puolet. Taulukko on nähtävissä alla.

TAULUKKO 3. Pohjanvahvistusvaihtoehtojen vertailua (Vertanen 2016, 44–45)

Paalutus	Stabilointi	Esikuormitus/ pystyjoitus	Kevennysrakenteet
+ vältetään sulfaattimaiden kaivaminen	+ voidaan käyttää joko parantamaan maan rakennetta- vuutta tai massan- vaihdon yhteydessä helpottamaan muualle läjittämistä	- edullinen menetelmä	+ vältetään sulfaattimaiden kaivaminen
- korkeat kustannukset	- sulfaattimaat stabiloituvat huonohkosti -> sideainemäärät kasvavat -> kustannukset kasvavat	- sopii vain ohuille sulfaatti- maakerroksille	+ nopea ja joustava menetelmä
- sulfaattimaa voi syövyttää teräs- ja betonirakenteita	- vaatii huolellista tutkimusta, mikä sideaine toimii juuri tietyn kohteen sulfidimaalle  - epävarmuus voi aiheuttaa yllättäviä kustannuksia	- savimaassa hidasta	- ei yksistään kovin usein riitä pehmeille savimaille
Massanvaihto	Maamassojen neutralointi	Vesien neutralointi	
+ perinteinen, paljon käytetty menetelmä savimaille rakennettaessa	-/+ sellaisenaan tehoton menetelmä, voidaan kuitenkin käyttää parantamaan läjityksen onnistumismahdollisuuksia	+ ympäristön vesistöjen nopea korjaustoimenpide	
+ oikeaoppisen peittämisen jälkeen maa voi palata pelkistyneeseen muotoon, jolloin happamuus häviää	- vaikuttaa vain vähän alueelta tulevien vesien happamuuteen	+ läjitysalueelle kerääntyvien vesien neutralointi järkevää ennen ympäristöön päästämistä	
- läjitysalueen valinta ja rakentaminen tehtävä todella huolellisesti	- sekoittaminen syvälle märkään, paakkuiseen ja tiiviiseen maahan vaikeaa	+ sopii massanvaihdon lisäksi parantamaan toimivuutta	
- poiskaivettujen maamassojen kuljettamiseen kiinnitettävä erityis- huomiota		- neutralointi-laitteistot jäävät turhiksi happamoitumisen loputtua, turhan raskaita rakenteita tulee välttää	

Sulfaattimailla voidaan hyödyntää muun muassa massastabilointia. Massastabiloinnilla muutetaan pehmeän maan teknisiä ja ympäristöllisiä ominaisuuksia niin, että se mahdollistaa sen päälle tehtävän rakentamisen tai käsiteltyä maata voidaan hyödyntää muun muassa meluvälleissa ja maisemointitöissä. Nykyisellä tekniikalla massastabilointi tehdään käyttäen kuivaa sideainetta. (Ramboll Oy 2014, 5.)

Stabiloinnilla voidaan vähentää sulfaattimaiden aiheuttamia ympäristövaikutuksia, koska stabiloidulla sulfidisavella ei ole enää merkittävää happamoitumispotentiaalia. Sulfaattimaiden on todettu lujittuvan sementtiä, kalkkia, kipsiä ja lentotuhkaa sisältävillä sideaineseoksilla, mikäli stabilointi tehdään ennen hapettumista. Sulfidisavea voidaan sekä massastabiloida että pilaristabiloida silloin, kun maa-aines on pohjanveden pinnan alapuolella hapettomissa olosuhteissa (kuva 12). Hapettumisen jälkeen sulfidisaven stabiloimiseen tarvittava sideainemäärä kasvaa merkittävästi. Jos sulfaattimaa halutaan vain käsitellä happamoitumisriskin pienentämiseksi eikä erityisiä lujuusvaatimuksia ole asetettu, stabilointi voidaan suorittaa pelkällä lentotuhkalla. (Ramboll Oy 2014, 28; Vertanen 2016, 38.)



KUVA 12. Vasemmallä musta potentiaalinen hapan sulfaattimaa syvällä kuopassa. Oikealla kuvassa potentiaalista mustaa hapanta sulfaattimaa vasemmallä ja ruskeaksi muuttunutta todellista hapanta sulfaattimaa oikealla (Ramboll Oy 2014)

Muita sulfaattimaiden aiheuttamia ongelmia rakentamiseen ovat rautahydroksien saostuminen salaojaputkiin sekä alhaisen pH-arvon aiheuttama korroosio teräs- ja betonirakenteissa, kuten silloissa, paalulaatoissa ja muissa taitorakenteissa. Alhaisen pH-arvon lisäksi korroosiota voivat

aiheuttaa sulfaatteja pelkistävät bakteerit, jolloin korrosio on mikrobiologista. Nämä edellä mainitut bakteerit pelkistävät sulfaatin takaisin sulfidiksi, joka reagoi vedyn kanssa muodostaen syövyttävää rikkivetyä tai rautapitoisilla alueilla ferrosulfidia. (Vertanen 2016, 15.)

## **2.8 Happamien sulfaattimaiden poiskaivu ja läjitys**

Sulfaattimaan poiskaivamisessa on otettava huomioon, että kaivuvaiheessa potentiaalisessa tilassa oleva sulfaattimaa joutuu kosketuksiin hapen kanssa. Maan reagoidessa hapen kanssa sulfidit hapettuvat sulfiiteiksi ja tällöin maasta tulee todellista hapanta sulfaattimaata. Todellisen happaman sulfaattimaan pH-arvo on todella alhainen ja tällöin maasta alkaa liueta metalleja. (Oulun kaupunki 2019.)

Sulfaattialueilla kaivutyöt tulisi lähtökohtaisesti tehdä niin, että ne eivät ylety maaperän sulfaattikerroksiin. Jos kaivutyöt joudutaan ulottamaan sulfaattimaihin asti ja maita kaivetaan ylös, maiden säilytyksessä ja läjityksessä tulee olla huolellinen ja hoitaa se asianmukaisesti. Tärkeintä sulfaattimaiden läjittämisessä on estää maiden hapettuminen ja hapann metallipitoinen valunta vesistöihin. Hapettumisen estäminen tehdään estämällä sulfidimaiden pääsy kosketuksiin ilmakehän hapen kanssa sekä maan kuivuminen. (Vertanen 2016, 39.)

Sulfaattimaiden läjitysalueilla on joitakin erityispiirteitä verrattuna tavallisiin läjitysalueisiin. Sulfaattimaiden läjitysalueelle rakennetaan reunavallit kantavan pohjamaan varaan. Reunavallit rakennetaan vettä pidättävästä materiaalista, kuten moreenista. Vaihtoehtoisesti voidaan myös rakentaa reunapenger murskeesta sekä verhoilemalla reunavallin sisäreuna vettä pidättävällä materiaalilla, kuten savella tai moreenilla. Reunavallien avulla estetään sulfaattimaiden leviäminen alueen ulkopuolelle sekä estetään myös veden virtaus alueelta pois (kuva 12). Sulfaattimaiden läjitysalueella pinta tasataan niin, että kallistukset suuntautuvat keskeltä ulospäin eikä alueelle näin ollen jää painanteita, jotka keräisivät vettä. (Vertanen 2016, 52.)





KUVA 12. Sulfaattimaiden läjitysalue (Vertanen 2016, 52)

Kun sulfaattimaiden läjitys päättyy ja maiden pintaosat ovat kuivuneet, sulfidisaven päälle levitetään noin puolen metrin kerros heikosti vettä läpäisevää materiaalia. Tämän maamateriaalin tehtävänä on estää sadeveden pääsy kosketuksiin sulfidimaiden kanssa. Sulfaattimaiden läjitysalueilta tulevat vedet johdetaan hallitusti purkuojien kautta viivytyrakenteisiin. Viivytyrakenteista veden eteenpäin pääsyä selkeytsaltaaseen säännellään sulkukaivolla. (Vertanen 2016, 52.)

Selkeytsaltaasta vesi virtaa ensin kalkkikiviainespadon läpi neutralointialtaaseen. Tämän jälkeen vesi virtaa toisen kalkkikiviainespadon läpi ja siitä eteenpäin sulkukaivon kautta laskuojaan. Sulfaattimaiden läjitysalueilta tulevien vesien neutralointi toteutetaan kalkkikiviainespadoilla. Kyseinen neutraloimismenetelmä ei aiheuta pH-arvon nousua vesistöjen luontaisen vaihteluvälin yläpuolelle. Tämän lisäksi vettä voidaan tarvittaessa neutraloida lisäksi esimerkiksi kalkkikivijauheella tai kalkkimaidolla. (Vertanen 2016, 52.)

Läjittämisessä yleisesti on huomioitavaa, että sulfaattimassojen kantavuus on huono ja niiden päällä on mahdoton ajaa. Toisaalta massat leviävät läjitysalueelle hyvin itsekseen, eikä niiden erillistä läjittämistä välttämättä tarvita. Ajan kuluessa savi lujittuu ja tällöin esimerkiksi läjitysalueen verhoilu on helpompaa. (Vertanen 2016, 39.)

### **3 CASE: OULUNSALON KEVYEN LIIKENTEEN VÄYLÄ**

Opinnäytetyöhön valittu esimerkkityömaa on vuonna 2021 urakoitu Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristöviraston rakennuttama jalankulku- ja pyöräilyväylä välillä Salonpääntie – Riutunkarin lauttaranta Oulussa. Urakan suunnittelu- ja laskentavaiheessa on jo todettu työmaan olevan sulfaattimaaperällä ja happamat sulfaattimaat on pitänyt ottaa huomioon työvaiheiden suunnittelussa sekä tarjouslaskennan kustannuksissa. (WSP Finland Oy 2020, 10.)

#### **3.1 Oulun kaupungin ohjeistukset rakentamiseen**

Oulun kaupunki on antanut rakentamisen yleisohjeen siitä, että pohjaolosuhteet on selvitettävä aina ennen rakennushankkeeseen ryhtymistä. Pohjaolosuhteiden tutkinnassa tulee ottaa huomioon rakennushankkeen koko ja tutkimukset tulee tehdä riittävässä laajuudessa hankkeen kokoon nähden. Pohjatutkimusta tehdessä Oulun alueella tulisi ottaa huomioon myös sulfaattimaiden tutkiminen ja niiden vaikutukset rakentamiseen. (Oulun kaupunki 2020.)

Joissakin kaavoissa Oulun alueella edellytetään sulfaattimaiden ottamista huomioon rakentamisessa, jos alueelle suunnitellaan saviseen silttiin asti ulottuvia kaivutöitä tai pohjanveden alentamista. Tällöin alueella tulee tutkia tarkemmin mahdolliset sulfaattimaiden esiintyvyydet. Vaikka kaavamääräystä asiasta ei olisikaan, tulee happamien sulfaattimaiden vaikutukset ottaa kuitenkin huomioon. (Oulun kaupunki 2020.)

#### **3.2 Esimerkkityömaan yleiset tiedot**

Opinnäytetyössä esimerkkikohteena käytetty työmaa sijaitsee Oulussa, Oulunsalon kaupunginosassa, välillä Salonpääntie–Riutunkarin lauttaranta. Urakan tarkoituksena oli rakentaa uusi jalankulku- ja pyöräilyväylä, joka on kokonaispituudeltaan 4,86 kilometriä. Urakan työkohtaisessa työselostuksessa annettiin yksityiskohtaiset tiedot koko rakennushankkeesta, hankkeen teknisistä vaatimuksista ja muista urakkaa koskevista asioista. (WSP Finland Oy 2020, 4.)

Työn tilaajana urakassa toimi Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristövirasto ja pääurakoitsijana toimi VRJ Pohjois-Suomi Oy. VRJ Pohjois-Suomi Oy on vuonna 1981 perustettu perheyritys, jolla on jo 40 vuoden kokemus erilaisista infrahankkeista. (vrj.fi.)

Urakoitsijan työpäällikkönä kohteessa toimi Antti Paksuniemi, joka hoiti kohteen tarjous- ja jälkilaskennan, hoiti urakkaan liittyvää turvallisuus- ja laatudokumentointia sekä toimi vastaavan työnjohtajan tukena. Paksuniemellä on infra-alalta työkokemusta jo yli 15 vuoden ajalta, mutta hänen työmaillaan ei aiemmin ole tullut vastaan sulfaattimaita, joten niiden kanssa työskenteleminen oli uutta. (Paksuniemi 2022.)

Vastaavana työnjohtajana urakassa toimi Tapio Tuomaala, joka on työskennellyt infra-alalla jo 27 vuotta, mutta Tuomaalakaan ei ollut ennen tätä työmaata ollut tekemisissä sulfaattimaiden kanssa. Tuomaala toimi vastaavan työnjohtajan roolissa koko urakan toteutumisaajan. Tapio Tuomaala on myös kuvannut työmaata aktiivisesti koko urakan ajan ja työssä on käytetty Tuomaalan ottamia valokuvia. Kuvassa 13 on esimerkki työmaan rakennekerrosten työvaiheesta (kuva 13). (Tuomaala 2022.)



*KUVA 13. Rakennekerrosten rakentamista työmaalla (Tuomaala 2021)*

### 3.2.1 Sulfaattimaiden esiintyvyys työmaa-alueella ennakkotietojen mukaan

Työselostuksen maaperätietojen mukaan työmaan alueella paaluvälillä 1 050–2 700 esiintyisi kairaajan tulkinnan mukaan sulfidimaita (sulfidihiekkaa ja sulfidisavea) noin 1,2 metrin syvyydeltä alaspäin. Kairaajan tulkinnan mukaan sulfidimaakerroksen paksuus vaihtelisi välillä 0,6...2,2 metriä. Suunnittelualueella ei kuitenkaan tehty varsinaista sulfaattimaaselvitystä. Työselostuksen mukaan väylien rakentaminen tulisi toteuttaa niin, että töiden aikana pyrittäisiin välttämään pohjamaan kaivamista sulfaattimaakerrokseen asti eikä suunnittelualueen pohjavedenpintaa alennettaisi. Vesihuoltolinjojen rakentaminen aiemmin mainitulla paaluvälillä vaatisi kuitenkin sulfittikerrokseen asti kaivamista. (WSP Finland Oy 2020, 10.)

Työselostuksessa ohjeistettiin, että urakoitsijan on työskentelyn aikana tehtävä jatkuvaa aistinvaraista tarkkailua näkö- ja hajuhavainnoin mahdollisista potentiaalisista sulfaattimaista. Aina kun sulfaattimaita rakennusaikana havaitaan, tulee maat käsitellä erillisten ohjeiden mukaan eikä maita voi käsitellä tavallisten kaivumaiden tapaan. Sulfaattimaista aiheutuva haitta tulisi ottaa erityisesti huomioon vesihuoltolinjoja rakennettaessa. (WSP Finland Oy 2020, 17.)

### 3.2.2 Sulfaattimaiden etukäteisvaikutukset urakkaan

Ennakkotietojen mukaan sulfaattimaat olisivat niin syvällä, että niitä ei jouduttaisi leikkaamaan pois väylän rakennekerrosten vuoksi. Putkikaivannoissa sulfaattimaita voisi mahdollisesti tulla vastaan, mutta lähtökohtaisesti ne voitaisiin palauttaa takaisin kaivantoon eikä niitä tarvitsisi ajaa työmaalta pois. (Paksuniemi 2022.)

Vesihuoltotöiden työselostuksen mukaan vesijohto asennettaisiin sulfaattimaiden vuoksi **suunta-poraamalla** paaluvälillä 1030–2710 ja 3820–4450. Myös jätevesiviemäriä asennettaisiin **suunta-poraamalla** paaluvälillä 1030–1531. Suuntaporauksessa maaperää ei kaiveta auki, vaan tehdään pelkästään pienet kaivannot vedon alku- ja loppupäähän. Suuntaporauksen avulla vältetään sulfaattimaiden ylös kaivu ja hapettuminen, eli säästytään ympäristöongelmilta. (WSP Finland Oy 2021, 9; Kivirock.fi 2019.)

Jo urakan laskentavaiheessa otettiin huomioon myös se, että työmaalle voitaisiin joutua hankki-  
maan kalkkia sulfidimaiden takia. Työmaalla varauduttiin tekemään rakeistetusta kalkista suoto-  
patoja, mikäli happamia kuivatusvesiä jouduttaisiin pumppaamaan maastoon. Myös mahdollisesti  
pois ajettaviin sulfaattimaihin varauduttiin etukäteen hankkimalla työmaalle kalkkia säkkitavarana.  
(Paksuniemi 2022.)

Kaivinkoneenkuljettavat ja maanrakentajat ohjeistettiin etukäteen havainnoimaan mahdollisia  
sulfaattimaita. Oli myös etukäteen sovittu, että jos sulfaattimaita ilmenee, työskentelytavat katso-  
taan tilanteen mukaan. (Tuomaala 2022.)

### 3.3 Suuntaporaus ja sen haasteet

Urakassa käytettiin vesihuollon paineputkien asennusmenetelmänä suuntaporausta suunnitel-  
mien mukaisesti niillä osuuksilla, joilla ennakoarvioiden perusteella sulfaattimaita esiintyisi.  
Suuntaporaus ei kuitenkaan menetelmänä täysin soveltunut kyseiselle alueelle. Ongelmia po-  
raukselle aiheutti paikoitellen liian ylhäällä sijainnut tiivis kerros, johon suuntapora ei uponnut  
(kuva 14). Tällöin putkien peittosyvyys jäi vajaaksi ja niitä jouduttiin eristämään jälkikäteen routa-  
levyillä. (Paksuniemi 2022.)



KUVA 14. Suuntaporaukseen käytetty poravaunu työmaalla (Tuomaala 2021)

Ongelmia aiheuttivat myös alueella sijainneet nykyiset vesijohdot. Suuntaporauksen kulkiessa olemassa olevien putkien läheltä pora ikään kuin hakeutui maan pehmeämpään kohtaan eli putken kylkeen ja repi sen rikki. Tästä aiheutui muutama vedenjakelukatkos lähialueelle. Suuntaporaus ei näin ollen sovellu menetelmänä sellaiseen maaperään, jossa on jo valmiiksi vesijohtoa tai viemäreitä. Tämä asia korostuu etenkin, jos putkien sijainnista ei ole tarkkaa tietoa. Tällä työmaalla putkien tarkat sijainnit eivät aina olleet tiedossa. (Paksuniemi 2022.)

### **3.4 Esimerkkityömaan haasteet ja onnistumiset**

Sulfaattimaita havaittiin työmaan alueella merkittävästi ennakkotietoja vähemmän. Tämä johtui luultavastikin siitä, että alueella ei ollut tehty varsinaista sulfaattimaaselvitystä vaan ennakoarviot perustuivat kairaajan aistinvaraisiin havaintoihin. (Paksuniemi 2022.)

Aiemmin mainitut suuntaporaamalla tehtävät paaluvälit suoritettiin suurin osa poraamalla, mutta suuntaporaus ei menetelmänä soveltunut kokonaisuudessaan määritellyille paaluväleille ja osa putkista jouduttiin asentamaan kaivumenetelmällä. Kaivetuilla osuuksilla selkeitä sulfaattimaita löytyi vain noin sadan metrin matkalta putkikaivannosta. Kyseisen alueen maat palautettiin putkien asennuksen jälkeen viipymättä takaisin kaivantoon alkuperäiseen syvyyteen. (Paksuniemi 2022.)

Väylien leikkaustasoissa sulfaattimaita ei havaittu, vaikka muutamassa kohdassa sulfaattipitoinen kerros oli lähellä leikkauspohjaa. Muutamia poisvietäviä maakuormia kalkittiin varotoimenpiteenä, vaikka maa-aines ei niissä ollut aistinvaraisesti havainnoiden sulfaattimaita. Kalkitus suoritettiin sekoittamalla kalkkia reilusti kauhalla kyseisiin maihin. Kaivannon kuivatusta pumppaamalla tarvittiin työmaan aikana vain muutamassa paikassa ja, koska maa-aines kyseisissä kaivannoissa ei vaikuttanut sulfaattimaalta (kuva 15), kalkkisuotopatoja veden happamuuden alentamiseksi ei tarvinnut rakentaa ollenkaan. (Paksuniemi 2022.)



KUVA 15. Työmaalla esiin tulleita maita, jotka eivät suurelta osin olleet sulfaattimaita (Tuomaala 2021)

Happamat sulfaattimaat eivät aiheuttaneet työmaalla odottamattomia yllätyksiä tai ongelmia, koska sulfaattimaita esiintyi huomattavasti vähemmän ennakkotutkimuksien arvioihin nähden. Työmaalle hankittuja kalkkeja jäi yli ja niitä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa muissa kohteissa. Sulfaattimaat lisäsivät hankkeen kustannuksia, mutta kokonaisuudessaan vaikutus oli kuitenkin vähäinen. Suuntaporaus on putkien asennuksessa hieman kaivuumenetelmää kalliimpaa, mutta tässä urakassa asennusmenetelmällä ei kuitenkaan ollut suurta vaikutusta kokonaiskustannuksiin. Urakka onnistui urakoitsijan näkökulmasta kaikinensa hyvin ja työmaa saatiin valmiiksi aikataulussa. Alla esimerkkikuva 16 valmiista kevyen liikenteen väylästä. (Paksuniemi 2022.)



KUVA 16. Valmis kevyen liikenteen väylä (Tuomaala 2021)

## 4 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli määritellä yleisesti happamat sulfaattimaat ja esittää niiden pääpiirteet sekä synty ja esiintyvyys. Tavoitteena oli myös tuoda esille sulfaattimaiden aiheuttamat ympäristöongelmat sekä maiden vaikutukset rakentamiseen. Sulfaattimaiden vaikutusta rakentamiseen haluttiin tässä työssä tutkia käytännönläheisemmin esimerkkityömaan avulla. Työmaaksi valittiin kesällä 2021 urakoitu kevyen liikenteen väylä, jonka alueella maaperätutkimusten mukaan olisi sulfaattimaita.

Kevyen liikenteen väylän urakka onnistui kaikkienensa hyvin ja urakoitsija oli tyytyväinen urakan kokonaiskulkuun ja lopputulokseen. Suunnitteluvaiheessa urakkaan oli jo valittu tietyille paaluväleille putkien asennusmenetelmäksi suuntaporaus, koska alueella olisi sulfaattimaita ja maita ei haluttaisi nostaa ylös, koska tällöin voisi syntyä ympäristöongelmia. Työmaa sijaitsee hyvin lähellä vesistöjä, joten mahdollinen happamien vesien kulkeutuminen isompiin vesistöihin piti estää.

Työn edetessä työmaalla kuitenkin selvisi, että sulfaattimaita on alueella todella vähän ja niitä tarvattiinkin vain noin sadan metrin välillä, ja silloinkin maat pystyttiin palauttamaan nopeasti kaivantoon eikä niitä tarvinnut suojata tai kuljettaa työmaalta pois. Näin ollen voidaankin miettiä, olisiko ollut hyvä teettää työmaan alueelle sulfaattimaaselvitys. Työmaan alueella tehtiin vain tavallisia maaperätutkimuksia, mutta ei nimenomaista sulfaattimaaselvitystä. Jos tutkimuksiin olisi panostettu enemmän, työtapana olisi voitu käyttää pelkästään kaivumenetelmää ja suuntaporaus olisi voitu jättää pois.

Suuntaporaus aiheutti työmaalla muutamia ongelmia, koska se ei soveltunut kaikenlaiseen maaperään käytettäväksi. Muutamassa kohtaa pora hakeutui olemassa olevien putkien lähelle ja repi ne rikki, jolloin työmaalta aiheutui lähialueille vedenkäyttökatkoksia muutaman kerran. Näiltä suuntaporaus aiheuttamilta ongelmilta olisi ollut mahdollista välttyä, jos työtapana olisi käytetty tavanomaista kaivumenetelmää.



## LÄHTEET

Auri, Jaakko 2021. Happamien sulfaattimaiden yleiskartta – työkalu maankäytön suunnittelussa. Geologian tutkimuskeskus. Hakupäivä 20.1.2022.

<https://www.syke.fi/download/noname/%7B258DB4E1-F2E8-47EA-88CE-0E5D00F96416%7D/165068>.

Forsman, Juha, Jyrävä, Harri, Lahtinen, Pentti, Niemelin, Tarja & Hyvönen, Ilkka 2014. Massastabilointikäsikirja. Ramboll Oy. Hakupäivä 21.2.2022.

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjxN37uZD2AhWAAxAIHTbpBN8QFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uusiomaarakentaminen.fi%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fimages%2FMassastabilointik%25C3%25A4sikirja%2520YLEISVERSIO%2520-%25202014\\_06\\_24.pdf&usg=AOvVaw1UNOxRfHpMxsFD-TaVRkT8](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjxN37uZD2AhWAAxAIHTbpBN8QFnoECAQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.uusiomaarakentaminen.fi%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fimages%2FMassastabilointik%25C3%25A4sikirja%2520YLEISVERSIO%2520-%25202014_06_24.pdf&usg=AOvVaw1UNOxRfHpMxsFD-TaVRkT8).

Geologian tutkimuskeskus 2022. Happamien sulfaattimaiden esiintyvyysskartta. Hakupäivä 17.1.2022. <https://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>.

Hadzic, Mirkka 2018. Happamat sulfaattimaat ja niiden tunnistaminen. Suomen ympäristökeskus, SYKE. Vesistökuunnostuksen vuosiseminaari 2018. Hakupäivä 14.2.2022.

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjlxKvT-bD1AhXx-SoKHdctC1wQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B941CBDAE-EE4D-4C18-A1C1-FD9C55753983%257D%2F138411&usg=AOvVaw3CEsxn5UPsfszwhRJC\\_ju](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjlxKvT-bD1AhXx-SoKHdctC1wQFnoECAMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B941CBDAE-EE4D-4C18-A1C1-FD9C55753983%257D%2F138411&usg=AOvVaw3CEsxn5UPsfszwhRJC_ju).

Härkönen, Laura & Nieminen, Tiina M. 2019. Mitä ovat happamat sulfaattimaat? Tapio Oy, LUKE. Hakupäivä 23.2.2022.

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiL98q\\_x5X2AhVExosKHbWOADYQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Ftapio.fi%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F10%2FMita\\_ovat\\_happamat\\_sulfaattimaat-Harkonen\\_ja\\_Nieminen-1.pdf&usg=AOvVaw1ABCucM0WH0coXDXTTv8nl](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiL98q_x5X2AhVExosKHbWOADYQFnoECAYQAQ&url=https%3A%2F%2Ftapio.fi%2Fwp-content%2Fuploads%2F2019%2F10%2FMita_ovat_happamat_sulfaattimaat-Harkonen_ja_Nieminen-1.pdf&usg=AOvVaw1ABCucM0WH0coXDXTTv8nl).

Kerko, Elina, Rantanen, Taina, Patjas, Esa & Huhtonen, Sanna 2014. Sulfaattimaat väylähankkeissa. Liikennevirasto, esiselvitys. Hakupäivä 21.2.2022.

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjQiOPnppD2AhUVv4sKHdbKD0wQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.vayla.fi%2Fpdf8%2FIts\\_2014-49\\_sulfaattimaat\\_vaylahankkeissa\\_web.pdf&usg=AOvVaw14b1J9inJdoeXOfZ6szXXj](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjQiOPnppD2AhUVv4sKHdbKD0wQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.vayla.fi%2Fpdf8%2FIts_2014-49_sulfaattimaat_vaylahankkeissa_web.pdf&usg=AOvVaw14b1J9inJdoeXOfZ6szXXj)

Kivirock.fi 2019. Suuntaporaus on tehokas työmenetelmä – onnistuu myös kivisessä maaperässä. Hakupäivä 21.1.2022. <https://www.kivirock.fi/uutiset.html?a100=150587>.

Loukola-Ruskeenieniemi, Kirsti, Hyvönen, Eija & Lerssi, Jouni 2020. Mustaliuskeiden vaikutus vesistöihin. Hakupäivä 21.1.2022.

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwibu8yrrz8L1Ah-VroosKHbh6B7EQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257BE8877174-06BD-4846-AEB4-8B6C2F6D71C1%257D%2F162670&usg=AOvVaw2ioJx5A4devMXQdN8K0-aG>

Nilivaara, Ritva 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille (Tunnistus). Loppuseminaari 12.1.2021. Suomen ympäristökeskus. Hakupäivä 20.1.2022. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B37D6ED73-1871-4E2C-A816-A501672B3207%7D/165065>.

Oulun kaupunki, 2019. Pohjarakenteet, sulfaattimaat. Hakupäivä 20.1.2022. <https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/pohjarakenteet>.

Oulun kaupunki, 2020. Happamat sulfaattimaat huomioitava rakentamisessa. Hakupäivä 17.1.2022. [https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/ajankohtaista/-/asset\\_publisher/GXQVQkozdxQv/content/happamat-sulfaattimaat-huomioitava-rakentamisessa](https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/ajankohtaista/-/asset_publisher/GXQVQkozdxQv/content/happamat-sulfaattimaat-huomioitava-rakentamisessa).

Paksuniemi, Antti 2022. Työpäällikkö. VRJ Pohjois-Suomi Oy. Sähköpostihaastattelu 31.1.2022.

Rasila, Urpo. Veden alkaliteetin ja asiditeetin määrittäminen potentiometrisesti. Opetushallitus. Hakupäivä 20.1.2022.

[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit\\_veden\\_alkaliteetti\\_ja\\_asiditeetti.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/laboratorio/ymparistoanalyysit_veden_alkaliteetti_ja_asiditeetti.html).

Suomen ympäristökeskus 2020. Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen on mahdollista jo kentällä. Hakupäivä 17.1.2022. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/Happamien\\_sulfaattimaiden\\_tunnistaminen\\_\(56449\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiskirjeet/Vesistokunnostusverkosto/Happamien_sulfaattimaiden_tunnistaminen_(56449)).

Suomen ympäristökeskus 2021. Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen on nyt entistä nopeampaa. Hakupäivä 20.1.2022. [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Happamien\\_sulfaattimaiden\\_tunnistaminen\\_\(61902\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Happamien_sulfaattimaiden_tunnistaminen_(61902)).

Tuomaala, Tapio 2022. Vastaava työnjohtaja. VRJ Pohjois-Suomi Oy. Sähköpostihaastattelu 1.2.2022.

Vertanen, Elina 2016. Sulfaattimaiden tunnistaminen, riskienhallinta ja käsittely väylähankkeissa. Oulun Yliopisto. Teknillinen tiedekunta. Diplomityö. Hakupäivä 21.1.2022. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiA1POvtML1AhXokosKHaZqA\\_0QFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.vayla.fi%2Fpdf8%2Fopin\\_2016-07\\_sulfaattimaiden\\_tunnistaminen\\_web.pdf&usq=AOvVaw1hSz5J\\_q9BMKISF2IFDmDa](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiA1POvtML1AhXokosKHaZqA_0QFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fjulkaisut.vayla.fi%2Fpdf8%2Fopin_2016-07_sulfaattimaiden_tunnistaminen_web.pdf&usq=AOvVaw1hSz5J_q9BMKISF2IFDmDa).

Visuri, Mirikka 2020a. Happamat sulfaattimaat – kaikkien maankäyttömuotojen yhteinen ongelma. ProAgria Oulu. Hakupäivä 17.1.2022. <https://www.proagriaoulu.fi/fi/happamat-sulfaattimaat/>.

Visuri, Mirikka 2020b. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille (Tunnistus). Suomen ympäristökeskus. Hakupäivä 24.2.2022. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjYlSm7Zf2AhVKxosKHdIZAUAQFnoECAwQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.syke.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257BC2485258-D226-4883-BAE2-3835E139CC04%257D%2F161830&usq=AOvVaw1r1UW2m77yxdKDRQVBpZn4>.

Visuri, Mirikka, Nystrand, Miriam, Auri, Jaakko, Österholm, Peter, Nilivaara, Ritva, Boman, Anton, Räisänen, Jukka, Mattbäck, Stefan, Korhonen, Anne & Ihme, Raimo 2021. Maastokäyttöisten

tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistus-hankkeen loppuraportti. Suomen ympäristökeskus. Hakupäivä 21.2.2022. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/336344>.

WSP Finland Oy 2020. Maantien 816 Hailuodontie jalankulku- ja pyöräilyväylä välillä Salonpääntie – Riutunkarin lauttaranta, Oulu. Tierakennustöiden työkohtainen työselostus. Rakennussuunnitelma.

WSP Finland Oy 2021. Hailuodontien jkpp-tie välillä Salonpääntie-Lauttaranta. Vesihuoltotöiden työkohtainen työselostus.

Ympäristö.fi 2021. Happamien sulfaattimaiden tunnistaminen on nyt entistä nopeampaa. Hakupäivä 10.1.2022.

[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Happamien\\_sulfaattimaiden\\_tunnistaminen\\_\(61902\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Happamien_sulfaattimaiden_tunnistaminen_(61902)).

Öster, Harriet 2015. Suomea piinaa maailman viheliäisin maalaji, joka syö betonia ja tappaa kalat. Helsingin Sanomat. Hakupäivä 21.1.2022. <https://www.hs.fi/tiede/art-2000002836591.html>

**HAASTATTELULOMAKE KOSKIEN OPINNÄYTETYÖTÄ, JONKA AIHEENA ON  
”HAPPAMIEN SULFAATTIMAIEN VAIKUTUKSET RAKENTAMISEEN – CASE: OULUNSA-  
LON KEVYEN LIIKENTEN VÄYLÄ”**

Opinnäytetyön tekijä: Satu Alatalo, Oulun Ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyön ohjaaja: Jarmo Erho, Oulun Ammattikorkeakoulu

Opinnäytetyön valmistumisajankohta: Kevät 2022

Haastateltavat: Työpäällikkö Antti Paksuniemi ja vastaava työnjohtaja Tapio Tuomaala, VRJ Pohjois-Suomi Oy

Haastattelu suoritetaan sähköpostitse ja haastattelun vastauksia käytetään lähdetietona opinnäytetyössä. Haastateltavia pyydetään vastaamaan kysymyksiin kokonaisuudessaan ja selkein lausein, jotta vastaukset ovat lähdekelpoisia. Haastattelulomakkeet lisätään mahdollisesti opinnäytetyön liitteisiin.

Osa haastattelukysymyksistä on osoitettu molemmille haastateltaville, mutta osa on osoitettu vain toiselle. Kysymyksiin on merkitty haluttu vastaaja.

Haastatteluvastaukset pyydetään palauttamaan sähköpostitse opinnäytetyön tekijälle viimeistään 10.2.2022.

1. (Molemmat haastateltavat)  
Haastateltavan perustiedot: kertoisitko nimesi, työnimikkeesi ja työtehtäväsi VRJ Pohjois-Suomi Oy:ssä, koulutuksesi ja aiemman työkokemuksen infra-alalla.
  
1. (Molemmat haastateltavat)  
Opinnäytetyössä käsitellään casena urakkaa ”maantien 816 Hailuodontie jalankulku- ja pyöräilyväylä välillä Salonpääntie – Riutunkarin lauttaranta, Oulu”, mutta työssä urakasta käytetään lyhennettyä nimeä ”Oulunsalon kevyen liikenteen väylä”. Mikä oli roolisi kyseisessä urakassa ja olitko mukana urakassa koko sen toteutumisaikana?
  
2. (Molemmat haastateltavat)  
Onko happamien sulfaattimaiden kanssa työskentely sinulle tuttua? Oletko aiemmin työskennellyt työmaalla, jossa happamia sulfaattimaita on ollut? Jos olet, jouduttiinko silloin tekemään erityistoimenpiteitä maiden suhteen?
  
3. (Antti Paksuniemi)  
Miten happamat sulfaattimaat otettiin huomioon urakan tarjouslaskennassa? Vaikuttiko maiden olemassaolo urakan laskentakustannuksiin?
  
4. (Antti Paksuniemi)  
Mitä erityisiä työtapoja työmaalle suunniteltiin etukäteen happamien sulfaattimaiden takia?
  
5. (Molemmat haastateltavat)  
Onnistuivatko etukäteen suunnitellut työtavat happamien sulfaattimaiden suhteen? Jouduttiinko työtapoja muuttamaan urakan edetessä? Mitä työtapoja maiden suhteen lopulta käytettiin?
  
6. (Tapio Tuomaala)  
Minkälaista havainnointia ja varovaisuutta happamien sulfaattimaiden olemassaolo vaati työmaalla työskenteleviltä henkilöiltä? Oliko työntekijöitä ohjeistettu havainnoimaan mahdollisia happamia sulfaattimaita aistinvaraisesti?

7. (Molemmat haastateltavat)  
Aiheuttiko happamat sulfaattimaat työmaalla mitään ongelmia tai odottamattomia yllätyksiä? Oliko työmaan alueella happamia sulfaattimaita tehtyjen tutkimuksien mukaisesti vai oliko maita enemmän tai vähemmän kuin oletettiin?
  
8. (Molemmat haastateltavat)  
Onnistuttiinko työmaalla työskentelemään happamien sulfaattimaiden kanssa suunnitellusti ja ympäristöä suojellen?
  
9. (Antti Paksuniemi)  
Vaikuttivatko happamat sulfaattimaat lopulta urakan kustannuksiin? Jos vaikuttivat, niin miten? Oliko vaikutus negatiivinen vai positiivinen?
  
10. (Molemmat haastateltavat)  
Vapaa kommentointi. Voit kertoa tämän alle vapaasti, jos Sinulla tuli mieleen jotain olennaista urakkaan tai happamiin sulfaattimaihin liittyvää, mikä ei tullut aiempien haastattelukysymysten kautta ilmi.