

23.4.2015



Happamien sulfaattimaiden esiselvitys Oulussa

Jaakko Auri



23.4.2015



GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS

KUVAILULEHTI

23.04.2015/ M21L2015

Tekijät Jaakko Auri		Raportin laji Tilaustyö	
		Toimeksiantaja Oulun kaupunki, Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut	
Raportin nimi Happamien sulfaattimaiden esiselvitys Oulussa			
Tiivistelmä Tässä työssä tuotettiin yleistietoa happamista sulfaattimaista Uuden Oulun yleiskaavaa varten, sekä arvioitiin sulfaattimaiden esiintymistä alueella. Sulfaattimaiden esiintymisen arvioinnissa hyödynnettiin GTK:n maaperä- ja kallioperätietokantoja ja olemassa olevia hanke- ja tutkimustietoja alueelta. Varsinaista sulfaattimaiden kartoitusta alueelta ei ole tehty. Aineistojen perusteella voidaan arvioida, että yleiskaava-alueella voi esiintyä hyvin laajasti sulfaattimaita. Todennäköisesti tyypillisimpiä esiintymisalueita ovat rannikon alavat hiekkavaltaiset maat, erityisesti jokiuomien läheisyydessä esiintyvät liejuiset maat sekä suoalueet, joiden pohjilla esiintyy lajittuneita maalajeja. Työssä myös arvioitiin, että sulfaattimaista ja niiden aiheuttamista haitoista ja haittojen ehkäisymenetelmistä olisi hyvä esittää kuvaus yleiskaavan tekstiosassa. Sulfaattimaiden yleismittakaavainen esiintymiskartta, joka valmistunee myös Oulun alueelta lähivuosina, olisi hyvä liittää yleiskaavan liitekartaksi ja sen perusteella voidaan ohjata maankäyttöä niin, että sulfaattimaiden aiheuttamia haittoja pystytään ennaltaehkäisemään. Tarvittaessa kartan perusteella voidaan myös kohdentaa tarkempia selvityksiä ja tutkimuksia, mikäli sulfaattimaille suunnitellaan maankäyttöä. Tässä työssä tuotettu sulfaattimaakartta ei sovellu yleiskaavatasoiseen tarkasteluun, mutta sitä voidaan käyttää teemakarttana osittamaan millä alueilla sulfaattimaita voi todennäköisimmin esiintyä.			
Asiasanat (kohde, menetelmät jne.) Uuden Oulun yleiskaava-alue, happamat sulfaattimaat, mustaliuskeet, yleiskaava			
Maantieteellinen alue (maa, lääni, kunta, kylä, esiintymä) Pohjois-Pohjanmaa, Oulu			
Karttalehdet			
Muut tiedot			
Arkistosarjan nimi		Arkistotunnus	
Kokonaissivumäärä 20 s. + 2 liitettä	Kieli Suomi	Hinta	Julkisuus
Yksikkö ja vastuualue LSY / 322		Hanketunnus 1533043	
Allekirjoitus/nimen selvennys 		Allekirjoitus/nimen selvennys	



GTK



Sisällysluettelo

Kuvailulehti

1	TUTKIMUKSEN TAUSTA	1
2	HAPPAMAT SULFAATTIMAAT JA NIIDEN ESIINTYMINEN SUOMESSA	1
3	SULFAATTIMAIDEN MÄÄREET SUOMESSA	3
4	SULFAATTIMAIDEN AIHEUTTAMAT HAITAT JA HALLINTAMENETELMÄT	4
4.1	Sulfaattimaiden aiheuttamat haitat	4
4.2	Sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen ehkäisy	6
4.2.1	Maatalous	6
4.2.2	Metsätalous	7
4.2.3	Turvetuotanto	7
4.2.4	Rakentaminen	7
5	SULFAATTIMAIDEN YLEISKARTOITUS GTK:SSA	8
6	TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT	10
6.1	GTK:n aineistot	10
6.2	Muu sulfaattimaita koskeva tutkimus- ja hankeaineisto	11
6.3	Kartan piirto	11
7	TUTKIMUSALUE	12
8	SULFAATTIMAIDEN ESIINTYMINEN OULUN KAUPUNGIN ALUEELLA	12
9	HAPPAMAT SULFAATTIMAAT YLEISKAAVASSA	13
10	OHJEITA HANKESELVITYKSIIN JA JATKOKAAVOITUKSEEN	14
11	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO	15

KIRJALLISUUSLUETTELO



23.4.2015

1 TUTKIMUKSEN TAUSTA

Oulun kaupunki tilasi GTK:lta 16.2.2015 päivätyllä tilauksella esiselvityksen happamista sulfaattimaista koko kaupungin alueelta Uuden Oulun yleiskaavan perusselvitykseksi. Työn tarkoituksena on esittää alustava arvio sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyydestä alueella, sekä kertoa yleisellä tasolla sulfaattimaiden ominaisuuksista ja niiden aiheuttamista haitoista ja hallintamenetelmistä. Oulun kaupungin-alueelta on toistaiseksi hyvin vähän olemassa olevaa kartoitustietoa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä. Lisäksi työssä arvioidaan, mitä tietoja sulfaattimaista olisi hyvä esittää yleiskaavassa, niin selitteessä kuin liitekartallakin. Työssä annetaan myös ohjeita siitä, kuinka sulfaattimaat olisi hyvä huomioida hankeselvityksissä sekä uusien alueiden kaavoituksessa (osayleiskaavat ja asemakaavat).

Arvio sulfaattimaiden potentiaalisesta esiintymisestä tutkimusalueella perustuu olemassa olevan tulkinta-aineiston käyttöön. Arvioinnissa on hyödynnetty erityisesti GTK:n maa- ja kallioperäkartoja, turvetutkimustietoja sekä lentogeofysikaalista aineistoa. Lisäksi työssä on kerätty ja hyödynnetty olemassa oleva hanke- ja tutkimustieto sulfaattimaista Oulun alueelta.

2 HAPPAMAT SULFAATTIMAAT JA NIIDEN ESIINTYMINEN SUOMESSA

Happamilla sulfaattimailla tarkoitetaan maaperässä luontaisesti esiintyviä rikkipitoisia sedimenttejä, joista vapautuu hapettumisen seurauksena haitallisia määriä happamuutta maaperään ja vesistöihin. Happamoitumisen seurauksena liukenee maaperästä myös haitallisia metalleja (esim. Al, Cd, Co, Cu, Ni, Zn, U), jotka kulkeutuvat edelleen vesistöihin. Rikkipitoiset sedimentit ovat pääasiassa veteen kerrostuneita sedimenttejä, jotka ovat syntyneet ympäristössä, jossa sulfaattipitoiseen veteen, pääasiassa meriveteen, on kerrostunut orgaanista ainesta ja sekoittunut mantereelta kulkeutuneita sedimenttien rautaoksiedeita. Hapettomissa olosuhteissa bakteerit hajottavat orgaanista ainesta pohjan sedimentissä pelkistäen sulfaatin sulfidiksi, joka saostuu edelleen raudan kanssa rautasulfideiksi. (esim. Dent ja Pons 1995, Boman et al. 2008).

Maaperän happamoitumiseen on syynä juuri rautasulfidien hapettuminen sedimenttien joutuessa pohjavedenpinnan yläpuolelle maankohoamisen ja maankäyttöön liittyvän kuivatustoiminnan seurauksena (Österholm ja Åström 2004 ja Österholm 2005). Sulfidien hapettuminen on monivaiheinen prosessi, jossa on mukana bakteeritoimintaa samoin kuin sulfaatin pelkistymisessä (Harmanen 2007). Hapettumisen seurauksena sulfideista muodostuu maaperässä rikkihappoa, joka alentaa maan pH arvoa. Happamuus liuottaa maaperästä edelleen raskasmetalleja, jotka kulkeutuvat pohjavesien mukana pintavesistöihin aiheuttaen ongelmia kasvistossa ja eliöstössä. (Palko 1994, Dent ja Pons 1995, Åström ja Björklund 1995).

Sulfidisedimentit ovat tyypillisesti liejuista hiesua tai savea ja esiintyvät rannikkoseudun alavilla mailla. Ne ovat usein väriltään mustia tai tumman harmaita, mikä johtuu sulfidin esiintymisestä rautamonosulfideina (Boman et al. 2008) (kuva1). Paikoin rikkiä saattaa esiintyä kuitenkin haitallisia määriä myös kar-



23.4.2015

keammissa maalajeissa kuten hiekassa ja hiedassa. Näille maalajeille on tyypillistä heikko puskurikyky happamoitumista vastaan, jolloin jo pienikin määrä hapettuvaa sulfidia voi alentaa maaperän pH:ta voimakkaasti. Sulfidisedimentit haisevat usein selvästi rikiltä maanpinnalle nostettuna, esim. kaivukasoissa. Joskus niistä voi lähteä hyvin voimakas ”mädäntyneen kananmunan” haju, joka johtuu rikkivetykaasusta, jota muodostuu bakteerien hajottaessa orgaanista ainesta hapettomissa olosuhteissa.



Kuva 1. Monosulfidien mustaksi värjäämää hienorakeista sulfidisedimenttiä, jota esiintyy yleisesti Pohjanlahden rannikolla.

Suomessa maaperä on yleensä luontaisesti hieman hapanta, pH:n ollessa kuitenkin keskimäärin yli 5,0. Happamilla sulfaattimaa-alueilla pohjavedenpinnan alapuolisessa sulfidisedimentissä pH-arvot ovat tyypillisesti yli 6,0, mutta hapettumisen seurauksena pH saattaa laskea kuitenkin jopa alle 3,0.

Ominaisuuksiensa vuoksi nämä maat ovat hyvin käyttökelpoisia viljelyskäyttöön ja valtaosa niistä onkin raivattu peltomaaksi. Viljelysmaiden lisäksi sulfaattimaita tavataan yleisesti suoalueilla, turvepeitteisillä metsäalueilla sekä pienempialaisten soistumien alla maaston painanteissa. Sulfidisedimenttien esiintymiseen liittyy usein myös muita maaperäkerroksia ja maalajeja, jotka vaikeuttavat niiden kartoittamista maastossa. Tyypillisimmin niitä peittävät vaihtelevan paksuiset karkeammat hiekka- tai hietakerrokset, joissa rikkipitoisuus on alhainen. Peittävät kerrokset ovat tyypillisesti kerrostuneet maankohoamisen ja merenpinnanlaskun seurauksena ranta- tai jokiympäristössä.

Suomessa sulfidisedimentit ovat kerrostuneet pääasiassa viime jääkauden jälkeisten meri- ja järvivaiheiden ns. Yoldia-merivaiheen, Ancyclus-järvivaiheen, Litorina-merivaiheen sekä nykyisen Itämeren aikana ja esiintymien arvioidaan olevan Euroopan laajimmat (Palko 1994, Yli-Halla et al. 1999). Ongelmallisim-

23.4.2015

pia ovat Litorina-merivaiheessa ja sen jälkeen kerrostuneet sedimentit, koska tällöin ympäristöolot ovat olleet suotuisimmat rikkipitoisten kerrostumien muodostumiselle (vertaa Yli-Halla et al. 1999). Litorina-meri on ulottunut noin 9 800 vuotta sitten ylimmillään Perämeren seudulla yli 100 metrin, Pohjanmaalla hieman alle 100 metrin ja Etelä-Suomessa noin 50 metrin korkeudelle nykyisen merenpinnan yläpuolelle. Ancyclus-järven kerrostumat ulottuvat tätäkin korkeammalle merenpinnasta ja sedimenteissä tavataan yleisesti mustia (kerroksellisia/pistemäisiä) sulfidihorisontteja (esim. Spridonov et al. 2007, Ignatius et al. 1968 ja Papunen 1968), mutta niiden rikkipitoisuus on usein melko pieni.

Muinaisen merenpohjan lisäksi sulfidipitoisia sedimenttejä tiedetään kerrostuneen rannikkoseudun järviin, joissa rikki esiintyy sitoutuneena kasviainekseen (Palko et al. 1985). Kuivatuksen seurauksena myös näistä on muodostunut happamia sulfaattimaita. Rikkipitoisia sedimenttejä voi esiintyä yleisesti myös sisämaassa järvien pohjilla (Pihlaja 2001). Lisäksi rikkipitoisten sedimenttien on todettu aiheuttavan ongelmia kallioperän mustaliuskejaksojen alueilla, myös muinaisten merivaiheiden korkeimpien rantojen ulkopuolella (esim. Lavergren et al. 2009). Rannikkoseudullakin mustaliuskealueet saattavat näkyä sedimenttien poikkeuksellisen korkeina rikkipitoisuuksina.

Ongelmallisimmat sulfaattimaa-alueet sijaitsevat nykyisen tutkimustiedon (esim. Kivinen 1950, Purokoski 1959, Erviö 1975, Palko 1994, Puustinen et al. 1994) ja GTK:n kartoitusten perusteella Pohjanmaan alavalla rannikkoseudulla alle 60 metriä nykyisen merenpinnan yläpuolella. Koko rannikkoseutua kattavia yhtenäisin menetelmin tehtyjä happamien sulfaattimaiden kartoituksia ei kuitenkaan ole tehty ennen GTK:n vuonna 2009 käynnistämää valtakunnallista yleiskartoitusta (Edén et al. 2012), jota ei kuitenkaan ole vielä suoritettu Oulun seudulla.

3 SULFAATTIMAIKEN MÄÄREET SUOMESSA

Happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jossa esiintyy sekä **hapettunut hapan maakerros** mineraalimaassa, että **hapettumaton sulfidirikkipitoinen maakerros**, tai **vain toinen näistä**. Maaperä määritellään happamaksi sulfaattimaaksi maastohavaintojen ja laboratorioanalyysien perusteella, mikäli kairauksissa korkeintaan 3,0 metrin syvyydellä maanpinnasta vähintään yksi seuraavista kriteereistä täyttyy:

- pH < 4,0 mineraalimaassa (ei turpeessa) sulfidien hapettumisen seurauksena; *ja/tai*
- näytteen pH on inkubaation (hapettunut kosteana 9–19 viikkoa huoneenlämmössä) jälkeen < 4,0 ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä maastossa mitattuun pH-arvoon verrattaessa; *ja/tai*
- kokonaisrikkipitoisuus (S_{tot}) on $\geq 0,2$ %; *ja/tai*
- aistinvarainen havainto sulfidista (musta tai harmaanmusta väri).

Happamat sulfaattimaat ovat yleisesti liejuisia ja hienorakeisia maalajeja (savi, hiesu, hienohieta) mutta myös karkearakeiset maalajit (hieta ja hiekka), joissa kokonaisrikkipitoisuus on alhainen (< 0,2 %), voivat hapettuessaan tuottaa happamuutta huonon puskurikyvyn takia.



23.4.2015

Happamat sulfaattimaat voidaan luokitella kahteen ryhmään **(1) todelliset happamat sulfaattimaat** ja **(2) potentiaaliset happamat sulfaattimaat**.

(1) Todellinen hapan sulfaattimaa

Todellisen happaman sulfaattimaan tärkeimmät piirteet ovat:

- pH < 4,0 maastossa suoraan näytteestä mitattuna hapettuneessa mineraalimaassa tai liejuissa (ei turpeessa) sulfidien hapettumisen seurauksena.
- usein paljon rautasaostumia ja joskus myös keltaista jarosiittia

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

(2) Potentiaalinen hapan sulfaattimaa

Potentiaalisella happamalla sulfaattimaalla tarkoitetaan sulfidirikkipitoista maaperää, jolla on potentiaalia muuttua todelliseksi happamaksi sulfaattimaaksi, mikäli maaperä pääsee hapettumaan. Suomessa käytettävien luokituskriteerien perusteella maaperän katsotaan sisältävän sulfideja, mikäli inkubaatiossa näytteiden pH laskee < 4,0 ja pudotusta maastossa näytteestä mitattuun pH-arvoon verrattuna on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä. Sulfidirikkipitoisen maakerroksen pääpiirteet ovat:

- yleensä pH > 6,0.
- musta tai tumman harmaa väri (johtuu rautasulfideista).
- rikki sulfidimuodossa (FeS ja/tai FeS₂) ja kokonaisrikkipitoisuus yleensä ≥ 0,2%.

4 SULFAATTIMAIDEN AIHEUTTAMAT HAITAT JA HALLINTAMENETELMÄT

4.1 Sulfaattimaiden aiheuttamat haitat

Sulfaattimaiden aiheuttamat haitat liittyvät yleisesti maankäyttöön, jolloin hapettomissa olosuhteissa olevat sulfidirikkipitoiset maakerrokset pääsevät hapettumaan ja happamoitumaan. Happamoitumisen seurauksena maaperästä liukenee ympäristölle haitallisia metalleja, kuten alumiinia, kadmiumia, kuparia, nikkeliä ja mangaania. Tyypillisesti sulfidipitoiset kerrokset hapettuvat kuivatusojitusten yhteydessä tai kaivettujen maamassojen läjityksen yhteydessä (ruoppaukset, rakentaminen, ojamassat).

Sulfaattimaiden aiheuttamia haittoja ovat maaperän happamoituminen ja valumavesien ekologisen ja kemiallisen tilan heikkenemiseen. Maaperän alhainen pH vaikuttaa erityisesti maanviljelyyn, jolloin viljely edellyttää runsasta kalkitusta. Lisäksi maaperän happamuus syövyttää betoni- ja teräsrakenteita rakentamisessa. Sulfaattimailla syntyvä valumavesien happamuus ja metallikuormitus on heikentänyt monia paikallisesti ja alueellisesti tärkeitä kalakantoja sekä heikentänyt yleisesti vesistöjen luonnon monimuotoi-

23.4.2015

suutta. Äärimmäisissä tapauksissa sulfaattimailta vesistöihin kulkeutuneet happamuuspiikit ovat aiheuttaneet laajoja kalakuolemia (Sutela 2012). Valumavesien happamuus saattaa aiheuttaa myös pohjaveden happamuusongelmia pohjavesialueilla, mikäli vedet pääsevät imeytymään harjukerroksiin.

Sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen ajallinen kesto riippuu paljon kuivatuksen tehokkuudesta ja maaperän ominaisuuksista, kuten maalajista. Österholmin ja Åströmin (2004) mukaan tyypillisellä sulfaattimaalla rikkivarasto puoliintuu noin 30 vuodessa, kun sulfidikerros altistuu hapettumiselle kuivatuksen seurauksena. Tämän ajanjakson jälkeen valumavesien rikki- ja metallikuorma vähenee, mutta voi jatkua ympäristölle haitallisena selvästi pidempään. Karkearakeisessa maaperässä (hiekkä ja hieta) happamoituminen ja happamuuden huuhtoutuminen voi kuitenkin olla huomattavasti lyhytaikaisempaa maaperän hyvän vedenläpäisevyyden ja nopean huuhtoutumisen vuoksi. Vastaavasti lyhytkestoisemmat happamoitumispiikit voivat olla hienosedimenttejä voimakkaampia hiekan heikon puskurikyvyn vuoksi.

Maataloudessa sulfaattimaiden aiheuttamat haitat liittyvät maaperän tehokkaaseen kuivatukseen. Nykyaikainen viljely edellyttää paikalliskuivatukseksi yleensä salaojitusta, jonka kuivatusvaikutus voi ulottua kuivana kesäaikana jopa 2- 3 metrin syvyyteen maapinnasta, jolloin jo varsin syvälläkin olevat maakerrokset pääsevät hapettumaan. Tämän jälkeen maaperässä syntynyt happamuus pääsee ylivirtaamien aikana edelleen huuhtoutumaan vesistöihin. Ilmastonmuutoksen myötä yleistyneiden kuivien ja sateisten jaksojen on todettu pahentavan happamuusongelmaa sulfaattimaa-alueiden valumavesissä. Sulfaattimailta olevien salaojavesien sulfaattipitoisuuden on arvioitu olevan 1,5-10 -kertainen verrattuna avo-ojien pitoisuuksiin (Manninen 1972, Palko 1988, Edén et al. 1999).

Metsätalousalueilla maaperän ja valumavesien happamoitumisriski on jonkin verran pienempi kuin peltomailta johtuen erilaisesta kuivatustarpeesta ja tekniikasta. Metsätalousalueilla käytetään maankuivatusmuotona vain avo-ojia, joiden syvyys on tyypillisesti enimmillään 120 cm ja kuivatusvaikutus siten salaojitusta pienempi. Tästä huolimatta metsätalousalueiltakin saattaa vapautua merkittäviä määriä happamuutta ja metalleja vesistöihin.

Turvetuotannossa happamoitumisriski liittyy erityisesti tuotannon kuntoonpano- ja aloitusvaiheeseen, jolloin rakennetaan mineraalimaahan saakka ulottuvat kokoojajot ja laskeutusaltaat. Tuotannon aikana voi syntyä happamuuskuormaa erityisesti, jos sarkajot ulottuvat sulfidirikkipitoiseen pohjamaahan saakka. Myös tuotannon loppuvaiheessa voi turpeenalainen mineraalimaa päästä hapettumaan sarkajien ulottuessa turvekerroksen alapuolelle. Tuotannon jälkeen myös alueen jälkikäyttö voi aiheuttaa merkittävän happamoitumisriskin, mikäli jälkikäyttö edellyttää maaperän kuivatusta.

Sulfaattimaat ovat myös rakentamisen kannalta ongelmallisia. Hapan maaperä syövyttää betoni- ja teräsrakenteita ja aiheuttaa siten lisäkustannuksia materiaalivalinnoissa ja/tai korjauskuluissa. Hienorakeiset ja liejuiset sulfaattimaat ovat myös geoteknisiltä ominaisuuksiltaan heikkoja. Tyypillisiä ongelmia rakentamisessa ovat heikko kantavuus, kokoonpuristuminen ja häiriintyminen jo kaivun aikana. Rakentamisella sulfaattimaa-alueilla voi olla myös vesistövaikutuksia, sillä teiden ja asutusalueiden rakentaminen voi edellyttää maaperän kuivatusta, joka voi lisätä vesistöjen happamuus- ja metallikuormitusta.

23.4.2015

4.2 Sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen ehkäisy

Happamista sulfaattimaista aiheutuvien happamoitumishaittojen ehkäisyä on käsitelty muun muassa Maa- ja metsätalousministeriön julkaisemassa strategiassa sekä tätä edeltävässä työryhmämuistiossa (Maa- ja metsätalousministeriö 2009 ja 2011). Seuraavassa esitellään lähinnä näihin perustuen eri toimenpiteitä/menetelmiä, joilla happamuushaittoja voidaan ehkäistä niin maatalousalueilla kuin metsätaloudessa ja turvetuotannossakin.

Tärkeimpänä menetelmänä happamuushaittojen ehkäisyssä on ennaltaehkäisy, joka edellyttää sulfaattimaiden esiintymisen ja ominaisuuksien kartoittamista riittävällä tarkkuudella. Mikäli sulfaattimaa-alueelle kohdistuu maankäyttöpaineita, tehokkaimmin haittoja ehkäistään minimoimalla sulfidipitoisen maakerroksen hapettuminen. Hapettuminen maaperässä ehkäistään välttämällä turhaa kuivatussyvyyden lisäämistä ja pitämällä pohjavedenpinta riittävän lähellä maanpintaa. Kaivettujen maamassojen hapettumista voidaan lisäksi ehkäistä ja hidastaa läjittämällä ne pohjavedenpinnan alapuolelle tai peittämällä ne tiiviillä maakerroksella, kuten turpeella tai savella. Maanpinnalle läjitettyjen maamassojen pidemmän ajan happamoitumisriskin ja metallipitoisten suotovesien ehkäiseminen edellyttää kuitenkin neutralointia esimerkiksi kalkilla.

4.2.1 Maatalous

Ongelmallisella viljelysalueella maankäytön ja kuivatustavan muutoksilla on mahdollista vähentää tehokkaasti sulfaattimaiden happamuus- ja metallikuormaa. Muutosten vaikutus voi kuitenkin olla maatalouselinkeinolle ja yksittäiselle viljelijälle huomattava, eikä siten muutostoimenpiteitä voida ottaa laajamittaisesti ainakaan ilman tukitoimia käyttöön. Maankäytön muutokset tulevat lähinnä harkittavaksi vain happamoitumisriskin kannalta vaikeimmilla alueilla. Elinkeinoituminnan kannalta edullisempaa olisi viljellä ongelmallisimmilla alueilla kasveja, jotka vaativat mahdollisimman pienen kuivatussyvyyden.

Maataloudessa toimiviksi happamuutta ehkäiseviksi vesiensuojelutoimenpiteiksi on havaittu peltomaiden säätösalaajitus, säätökastelu ja kuivatusvesien kierrätys. Myös avo-ojien säilyttäminen suhteessa salaajitukseen vähentäisi hapanta valumaa. Nykyaikainen viljelystekniikka kuitenkin käytännössä edellyttää tehokkaampaa kuivatusta ja salaajitusta. Ojien pohjapadoilla tai putkipatoratkaisuilla voidaan myös pyrkiä pitämään pohjavedenpintaa lähempänä maanpintaa, erityisesti säätösalaajituksen yhteydessä, ja siten vähentää happamoitumisongelmia. Peltomaiden kalkitus nostaa maaperän pintaosan pH:ta ja parantaa siten kasvuominaisuuksia, mutta sen neutraloiva vaikutus ei ulotu juuri pintamaata syvemmälle, eikä sillä siten ole juuri merkitystä happamuutta ehkäisevänä vesiensuojelutoimenpiteenä. Happamuudesta kärsivien vesistöjen laajamittainen kalkitseminen on hyvin kallista ja siitä voi aiheutua myös kalkin ja metallien haitallista saostumista. Kohteellisesti kalkitsemisesta voi olla hyötyä lähinnä luontoarvoiltaan merkittävässä pienialaisissa vesistöissä ja uomissa.

23.4.2015

4.2.2 Metsätalous

Metsätaloudessa voidaan maaperän ja valumavesien happamuusriskiä pienentää pidättäytymällä kunnostusojituksista ja kuivatussyvyyden lisäämisestä ongelmallisimmilla alueilla. Yleisesti myös tihentämällä ja madaltamalla ojitusta voidaan päästä hyvään kuivatushyötyn samalla vähentäen happamoitumisriskiä. Peruskuivatusuomien pohjapadoilla sekä tapauskohtaisesti myös kalkkirouhepadoilla voidaan ehkäistä happamuuskuormaa.

4.2.3 Turvetuotanto

Turvetuotannossa happamoitumisen ehkäisemiseksi suositeltavaa on välttää ojien kaivamista turpeen alaiseen pohjamaahan ja jättää tuotantosaroille vähintään 20-30 cm paksu suojaava turvekerros tuotannon jälkeen. Muita sovellettavia happamuusriskiä pienentäviä toimenpiteitä ovat muun muassa ojien pohjapadot, kaivumassojen kalkitus ja vesiensuojelurakenteiden toteutustavat. Vesiensuojelurakenteista muun muassa lietsyvennysten ja lasketusaltaiden osalta tulisi välttää niiden kaivamista turpeen alaiseen pohjamaahan. Tuotantoalueen jälkikäyttöön liittyen tehokkaimmin happamoitumista voidaan ehkäistä soistamalla alue tai muuttamalla se kokonaan vesialueeksi (Maa- ja metsätalousministeriö 2009). Myös luontaisen kasvillisuuden palauttamisella voidaan ehkäistä happamuuskuorman syntyä (Hadzic ym. 2014).

4.2.4 Rakentaminen

Rakentamisessa sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen ehkäisy edellyttää maaperän ja sulfidikerroksen esiintymisen yksityiskohtaisempaa kartoitusta ja tapauskohtaista pohjarakenteiden suunnittelua. Mikäli rakentamisen yhteydessä joudutaan kuivattamaan sulfidipitoista maaperää, tulisi kuivatusvesien/valumavesien happamuus pyrkiä neutraloimaan. Myös kaivettujen maamassojen happamoitumisriski tulisi minimoida neutraloimalla ne esimerkiksi kalkilla. Sulfaattimaiden geoteknisiä ongelmia, kuten painumista ja häiriintymistä, voidaan korjata muun muassa esikuormituksella ja kuivatuksella, massa- ja pilaristabiloinnilla, paalutuksella ja syvätiivistyksellä. Joissain tapauksissa koko ongelmallinen maaperäkerros voidaan poistaa ja korvata sopivammalla maa-aineksella (massanvaihto). Poistettu sulfidipitoinen maa-aines tulee edelleen neutraloida happaman valuman ehkäisemiseksi. Vaihtoehtoisesti hapettuminen ja happamoitumista voidaan ehkäistä tai hidastaa läjittämällä maa-aines kuoppaan pohjavedenpinnan alapuolelle tai peittämällä se tiiviillä hapettumisen estävällä peitteellä. Myös läjityspaikka tulee valita tapauskohtaisesti viranomaisohjeiden ja lakien (mm. vesilaki ja luonnonsuojelulaki) pohjalta niin, että massoista aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa ympäristölle. Läjityspaikka ei saisi sijaita pohjavesialueella (vesilaki), luonnonsuojelulaissa mainituilla suojelukohteilla, eikä liian lähellä vesistöjä. Kaavoitetulla alueella läjityspaikkojen valintaa ohjaa myös rakennuslaki.

23.4.2015

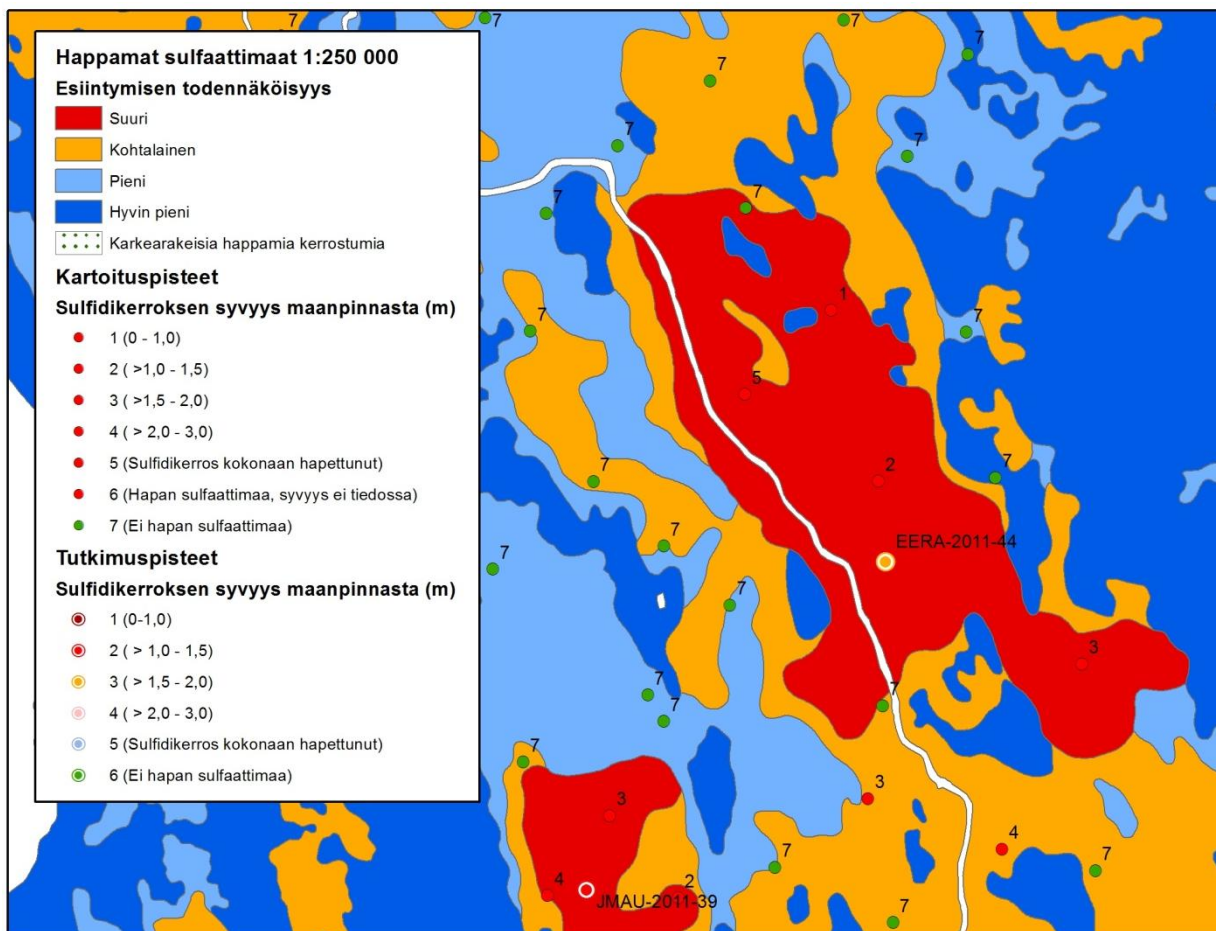
5 SULFAATTIMOIDEN YLEISKARTOITUS GTK:SSA

GTK aloitti happamien sulfaattimaiden yleiskartoituksen vuonna 2009, tavoitteenaan tukea vesienhoidon suunnittelua ja toimenpideohjelmia sekä EU:n vesipuitteidirektiivien mukaisia vaatimuksia rannikon vesistöjen laadun parantamisessa. Lisäksi kartoituksen on tarkoitus tukea yleiskaavatasoista sulfaattimaat huomioon ottavaa maankäytön suunnittelua. 1:250 000 mittakaavaisella kartalla esitetään tietoa happamien sulfaattimaiden esiintymisestä ja ominaisuuksista Suomen rannikkoalueilta ja rannikkoalueiden valuma-alueilta karkeasti muinaisen Litorina-meren korkeimpaan rantatasoon saakka. Aineisto julkaistaan elektronisessa muodossa GTK:n verkkosivujen karttapalvelussa (<http://gtkdata.gtk.fi/hasu/index.html>) ja se sisältää seuraavat tasot:

- Happamat sulfaattimaat 1:250 000 karttojen aluetasot
 - o Sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys
 - o Karkearakeisten sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys
- Happamat sulfaattimaat 1:250 000 karttojen tutkimuspisteet
- Happamat sulfaattimaat 1:250 000 karttojen pistekortit

Aineiston avulla saadaan yleiskäsitys happamien sulfaattimaiden ominaisuuksista ja esiintymisalueista Suomessa. Sulfaattimaiden alueellinen esiintyminen esitetään kartalla aluemaisena tasona luokiteltuna neljään esiintymisen todennäköisyyttä kuvaavaan luokkaan: suuri, kohtalainen, pieni ja hyvin pieni (Kuva 2.).

23.4.2015



Kuva 2. Esimerkki happamien sulfaattimaiden yleiskartasta.

Näiden lisämääreenä esitetään tietoa aluemaisena tasona siitä, mikäli hapan sulfaattimaa on karkeata maalajia (hieta, hiekka), sillä näiden ominaisuudet poikkeavat merkittävästi tyypillisistä hienorakeisista sulfaattimaista. Tutkimuspisteiden (kairauspisteiden) havainto- ja analyysitiedot esitetään karttapohjalla aluetason päällä pistemäisenä aineistona sekä pistekorttien muodossa. Maastokartoitusmittakaava on 1:20 000 – 1:50 000. Havaintopistetiheys on keskimäärin 1-2 pistettä / 2 km² ja aluemaisen kuvion minimikoko on yleensä 6 ha. Kartoitusten yhteydessä on kerätty havaintoja maaperän maalajeista, kerrosjärjestyksestä, sulfidin esiintymisestä ja esiintymissyvyydestä sekä maan pH-arvoista. Kartoitussyvyys on kolme (3) metriä. Laboratorioanalyysiin kuuluvat muun muassa alkuainemääritykset ICP-OES-menetelmällä ja pH-inkubaatio.

Happamien sulfaattimaiden 1:250 000 aineisto soveltuu käytettäväksi yleismittakaavaisessa maankäytön suunnittelussa, vesienhoidon suunnittelun ja toimenpideohjelmien laadinnassa ja toteutuksessa, sekä pintavesien tilan seurannassa ja happamoitumista sekä metallikuormitusta ehkäisevässä työssä.

23.4.2015

6 TUTKIMUSAINEISTO JA MENETELMÄT

6.1 GTK:n aineistot

Happamien sulfaattimaiden esiintymisen tulkinnassa Oulun kaupungin alueella hyödynnettiin GTK:n maaperäkartoitustietoja, kairaustietoja, mustaliuskekarttoja, turvetutkimustietoja sekä lentogeofysikaalista mittausaineistoa.

Maaperäkartat

Oulun kaupungin alueelta on olemassa tarkempia 1:20 000 mittakaavaisia maaperäkarttoja noin 21 karttalehden alueelta, jotka kattavat karkeasti noin puolet alueen maa-alasta. Maaperän yleiskartta 1:200 000 kattaa koko alueen. Potentiaalisimpia sulfaattimaiden esiintymisalueita maaperäkartoilla ovat liejuiset hienorakeiset maalajialueet. Sulfaattimaita saattaa kuitenkin esiintyä melko yleisesti karkeammassakin maalajeissa ja maaperäkarttojen mukaisilla savikkoalueilla, joissa ei esiinny liejua. Maaperäkarttojen perusteella voidaan moreeni- ja kallioalueet tulkita alueiksi, joilla ei esiinny sulfaattimaita.

Kairaustiedot

GTK on tehnyt tutkimusalueella joitakin maaperä- ja kallioperäkairauksia, joissa on kuvattu sulfidipitoisten sedimenttien esiintyminen. Kairaukset liittyvät tutkimushankkeisiin, maaperäkartoitukseen ja GTK:n omiin sulfaattimaatutkimuksiin. Esim. Oulun Hiukkavaaran alueella tiedetään esiintyvän sulfidisedimenttejä noin 5-6 metriä paksujen joki- ja rantakerrostumahiekköjen alapuolella (maaperäkartoitustietoja 2006-2007).

Mustaliuskekartat

GTK:n mustaliuskekartalla kuvataan kallioperän mustaliuskejaksojen tulkittu esiintyminen Suomessa. Tulkinta perustuu GTK:n lentogeofysikaalisen aineistoon ja kallioperäkartoitustietoihin. Mustaliuskeet ovat hyviä sähkönjohteita ja erottuvat siten tyypillisesti hyvin sähkömagneettisessa matalalentoaineistossa. Mustaliuskeet sisältävät myös magneetikiiusia ja erottuvat siten myös magneettisessa aineistossa. Tulkittu kartta-aineisto sisältää 5130 rajattua mustaliuskealuetta valtakunnallisesti.

Turvetutkimustiedot

GTK:n turvetutkimustiedoista tässä työssä on hyödynnetty turpeen pohjamaalajitietoja, joista suurin todennäköisyys sulfidien esiintymiselle on hienorakeisissa ja liejuisissa sedimenteissä. Moreenipohjaisilla soilla sulfidien esiintymisen todennäköisyys voidaan tulkita hyvin pieneksi (poislukien mustaliuskealueet). Turvevarojen kartoitus on tehty käytännössä koko Oulun kaupungin alueelta jo ennen 2000-lukua.



23.4.2015

Lentogeofysiikan aineisto

Sulfaattimaiden esiintymisen tulkinnassa voidaan hyödyntää erityisesti aerosähkömagneettista aineistoa, sillä sulfaattimaat sisältävät tyypillisesti suoloja (elektrolyyttejä) ja erottuvat siten hyvinä sähköjohteina ympäristöstään. Myös muut savikot, hiesut ja turpeet voivat kuitenkin näkyä aineistossa vastaavina sähköjohteina ja sulfaattimaiden erottaminen niistä voi olla joskus mahdotonta. Paikallisesti menetelmän on kuitenkin todettu ennustavan sulfaattimaiden esiintymistä ja käytettynä yhdessä muun tulkinta-aineiston kanssa, olevan avuksi esiintymisen tulkinnassa.

6.2 Muu sulfaattimaita koskeva tutkimus- ja hankeaineisto

Kangas (2010) on käsitellyt diplomityössään sulfaattimaiden luokitukseen ja luokitusmenetelmiin liittyviä ongelmia. Työssä arvioitiin eri laboratoriomenetelmien toimivuutta luokituksessa Sanginjoen valuma-alueelta otetuista näytteistä. Tulosten perusteella on tulkittu myös sulfaattimaiden esiintymisestä, että valuma-alueen maa aiheuttaa vain vähän happamuutta ja että Sanginjoessa havaittu happamuus on todennäköisesti peräisin muualta kuin maaperästä. Tulkinta perustuu kuitenkin vain havaintoihin kuudelta näytteenottoapaikalta, eikä tämän perusteella voida tehdä kovin yksiselitteistä tulkintaa koko valuma-alueen osalta.

Sanginjoen veden ajoittainen happamuus on todettu myös muun muassa SYKE:n ”Happamuuden aiheuttamat vesistöhaitat ja niiden torjuntakeinot Sanginjoella” julkaisussa (Tertsunen ym. 2012). Happamuuden lähdettä ei ole selvitetty maaperänäytteiden perusteella, mutta tulkinnan mukaan happamuus on peräisin sulfaattimailta (merisedimentit ja mustaliuskeet)

Hadzic et al. (2014) tutkivat sulfaattimailta syntyvän happaman kuormituksen ennakointi- ja hallintamenetelmiä SYKE:n hallinnoimassa SuHE-hankeessa. Työssä tutkittiin sulfaattimaiden esiintymistä 15 turvetuotantoalueella, joista kolme sijoittuu Oulun kaupungin alueelle. Kaikilla näistä (Hautasuo, Hangasuo, Hakasuo) esiintyi pohjamaan rikkipitoisuuksien ja ph-inkubaatioiden perusteella happamia sulfaattimaita.

6.3 Kartan piirto

Tässä työssä laaditulla kartalla kuvataan Oulun kaupungin alueen potentiaalisimmat happamien sulfaattimaiden esiintymisalueet. Alue on luokiteltu kahteen luokkaan; ”Potentiaalinen sulfaattimaa-alue” ja ”Sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on pieni”. Kartan mittakaava on 1:250 000. Kuviorajojen pohjana on käytetty maaperän yleiskartan maalajirajauksia, joita on tarpeen mukaan muokattu. Maaperäkartan mukaiset moreeni- ja kallioalueet on luokiteltu jälkimmäiseen, pienen esiintymistodennäköisyyden luokkaan. Muutoin aineisto on luokiteltu tulkitseamalla rinnakkain aerogeofysiikkaa, turvetutkimustietoja, kairaus tietoja ja maaperäkartoja. Mustaliuskeiden esiintyminen on esitetty kartassa omana tasonaan tulkintakartan päällä. Kartalla esitetään myös pistetaso edellä mainituissa tutkimuksissa esiintyvät havainto-/kairauspisteet, joissa on todettu esiintyvän sulfidisedimenttejä.

23.4.2015

7 TUTKIMUSALUE

Oulun kaupungin alueesta ainoastaan aivan itäisimmät osat sijaitsevat muinaisen Litorina-meren korkeimman rannan yläpuolella ja siten alueella voi esiintyä laajalti merivaiheessa kerrostuneita sulfidisedimenttejä. Litorina-meren korkein ranta on alueella noin 100 m korkeustasossa merenpinnasta (Liite 1.).

GTK:n maaperäkarttojen (1:20 000 ja 1:200 000) mukaan alueen maaperän pintaosassa esiintyy hyvin yleisesti turvetta, moreenia ja karkearakeisia lajittuneita maalajeja (Liite 1.). Karkearakeisia maalajeja esiintyy GTK:n turvetutkimustietojen mukaan hyvin yleisesti myös soiden pohjamaalajina. Karkearakeiset maalajit ovat pääsääntöisesti harjukerrostumia, harjujen liepeillä esiintyviä rantakerrostumia tai muinaisten jokisuistojen sedimenttejä. Hienorakeisia lajittuneita sedimenttejä (savi ja hiesu) esiintyy alueella pintakerroksena melko vähän. Eniten niitä esiintyy Oulujoen varrella.

GTK:n mustaliuskekartan perusteella yleiskaava-alueella esiintyy yleisesti kallioperän mustaliuskeita. Mustaliuskeet esiintyvät alueella ohuina ja pitkänomaisina luode-kaakkosuuntaisina vyöhykkeinä erityisesti Haukiputaan pohjoispuolelta kohti Muhosta kulkevalla ns. Kiimingin liuskejaksolla (Liite 1.).

8 SULFAATTIMAI DEN ESIINTYMINEN OULUN KAUPUNGIN ALUEELLA

Tässä työssä tuotetulla kartalla (Liite 2) kuvataan alueet, joilla todennäköisimmin voi esiintyä happamia sulfaattimaita. Kartta ei siis esitä sulfaattimaiden maastotutkimuksilla todennettua esiintymistä ja niitä saattaa myös esiintyä potentiaalisesti alueeksi rajatun alueen ulkopuolella. Käytettyjen aineistojen perusteella voidaan arvioida, että sulfaattimaita voi esiintyä Oulun kaupungin alueella hyvin laajasti. Puutteellisista havainto-/kartoitustiedoista johtuen esiintymisen arviointi on kuitenkin hyvin suurpiirteistä erityisesti Litorina-meren korkeinta rantaa lähestyttäessä, jossa voi esiintyä merkittävää vaihtelua sulfaattimaiden jakaantumisessa. Tuotettu kartta ei suoraan sovellu yleiskaavamittakaavaiseen tarkasteluun tai maankäytön ohjaukseen, mutta sitä voidaan käyttää teemakarttana yleiskaavassa arviona sulfaattimaiden potentiaalisista esiintymisalueista.

Tutkimusalueella pintamaana laajalti esiintyvät karkearakeiset maalajikerrostumat sekä turve vaikeuttavat sulfaattimaiden esiintymisen tulkintaa. GTK on havainnut tekemissään sulfaattimaakartoituksissa, että sulfidien esiintyminen erityisesti maaperässä, jossa esiintyy hiekka-, hieta- ja hienohieta-yksiköitä, voi olla hyvin paikallista ja vaihdella niin esiintymissyvyyden kuin alueellisen esiintymisen suhteenkin. Sulfidit voivat esiintyä tällaisilla alueilla joko itsenäisesti karkeammassa maalajeissa, tai sitten hienorakeisimmassa maalajeissa karkeiden maalajien alla. GTK:n tekemissä kairauksissa on havaittu, että sulfidikerroksia voi esiintyä yleisesti jopa yli viiden metrin paksuisen hiekkakerroksen alapuolella (esim. Hiukka-vaaran alue). Tällaisilla kerroksilla ei ole juurikaan maankäytöllistä riskiä, koska kuivatussyvyys ei yleensä ulotu näin syvälle. Rakentamisessa näinkin syvällä esiintyvät sulfidikerrokset voidaan kuitenkin joutua



23.4.2015

ottamaan huomioon. Oulun kaupungin lähiseuduilla tehtyjen sulfaattimaakartoitusten perusteella voidaan kuitenkin olettaa, että erityisesti rannikon läheisyydessä myös karkearakeisissa maalajeissa sulfidien esiintymisen todennäköisyys on merkittävä.

Sulfideja esiintyy Oulun kaupungin alueella todennäköisesti yleisesti myös soiden pohjien hienorakeisissa liejuisissa merisedimenteissä. Muun muassa kaikilla SuHE-hankkeessa (Hadzic et al. 2014) tutkituilla kolmella turvetuotantoalueella esiintyi sulfidisedimenttejä. Tuotantoalueista Hautasuo sijaitsee noin 60 m mpy korkeustasolla, Hangassuo noin 70 m mpy korkeustasolla ja Hakasuo noin 90 m mpy korkeustasolla merenpinnasta. Hautasuolla ja Hangassuolla happamoituvat sulfidisedimentit ovat pääasiassa liejuista savea tai hiesua, kun taas korkeammalla tasolla esiintyvällä Hakasuolla happamoituva sedimentti on pääasiassa hiekkaa. Suuri todennäköisyys sulfaattimaiden esiintymiselle on myös jokivarsien liejuisissa hienorakeisissa kerrostumissa, joita esiintyy satunnaisesti muun muassa Oulujoen varrella. Näistä kerrostumista GTK:lla on muutama yksittäinen kairaushavainto. Sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on hyvin pieni GTK:n maaperäkartojen mukaisilla moreeni- ja kallioalueilla. Sulfaattimaita esiintyy todennäköisesti vain vähän myös Litorina-meren korkeimman rannan yläpuolella sekä suoalueilla, joiden pohjamaalaji on moreenia.

Arvioitaessa sulfaattimaiden esiintymistä ja maaperän sekä vesistöjen happamoitumisriskiä, on tutkimusalueella otettava huomioon myös kallioperän mustaliuskeet. Mustaliuskeet ovat metamorfoituneita kivilajeja, jotka esiintyvät tyypillisesti kallioperän liuskejaksoissa ohuina ja pitkänomaisina vyöhykkeinä. Mustaliuskeiden alkuperä on liejupitoisissa merikerrostumissa ja siten ne sisältävät tyypillisesti runsaasti hiiltä ja rikkiä, sekä myös monia muita suurina pitoisuuksina ympäristölle haitallisia alkuaineista (muun muassa arseenia, kobolttia, nikkeliä, kuparia, sinkkiä, lyijyä ja uraania). Mustaliuskeet myös rapautuvat helposti ja voivat aiheuttaa paikallisesti ympäristöhaittoja. Mustaliuskeiden rapautumisesta aiheutuvia ympäristöhaittoja ovat maaperän ja vesistöjen happamoituminen sekä korkeat metallipitoisuudet. (Loukola-Ruskeeniemi, 1999, Virtanen ja Lerssi 2006). Mustaliuskeet rapautuvat tehokkaasti kuitenkin vain esiintyessään kalliopaljastumina, sillä pohjavedellä kyllästynyt maapeite hidastaa rapautumista merkittävästi. Soiden pohjalla mustaliuskeet saattavat kuitenkin rapautua tehokkaammin turpeen sisältämien humushapojen vaikutuksesta. Mustaliusketta saattaa esiintyä kallioperän lisäksi myös moreenissa ja paikoitellen myös harjuaineksessa. Tällöin mustaliuskeen rapautumista ja siitä aiheutuvia ympäristöhaittoja saattaa esiintyä varsinaista kallioperän mustaliuskealuetta laajemmalla alueella.

Laaditussa kartassa kallioperän mustaliuskeiden esiintyminen kuvataan omana tasonaan sulfaattimaiden esiintymisen tulkinnan päällä. Näillä alueilla ja niiden läheisyydessä tulisi huomioida, että maaperässä saattaa esiintyä myös mustaliuskeperäisiä happamoitumis- ja alkuaineongelmia.

9 HAPAMAT SULFAATTIMAAT YLEISKAAVASSA

Tieto happamien sulfaattimaiden levinneisyydestä ja laadusta voidaan katsoa merkittäväksi yleiskaavatasoisessa maankäytön suunnittelussa, sillä sulfaattimailta peräisin olevilla ympäristöhaitoilla (happamuus

23.4.2015

ja metallit) voi olla merkittävä vaikutus alueelliseen elinkeinotoimintaan (kalatalous, maatalous, metsätalous, turvetuotanto) ja vesienhoitosuunnitelmien toteuttamiseen. Sulfaattimaista vesistöihin kulkeutuvan happamuuden, raudan, alumiinin ja muiden metallien vuoksi etenkin Suomen länsirannikolla ei voida täyttää EU:n vesipuitedirektiivin vaatimuksia pintavesien hyvästä tilasta vuoteen 2015 mennessä (eikä todennäköisesti myöskään 2021 mennessä). Sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen ehkäisemisestä on laadittu strategia (Maa- ja metsätalousministeriö 2011), jossa todetaan että tavoitteena on sulfaattimaiden huomioiminen kaikessa maankäytössä ja että maankäytön suunnittelu perustuu riittävään tietoon happamien sulfaattimaiden sijainnista ja laadusta sekä niiden aiheuttamasta riskistä. Strategian mukaan uusien toimintojen sijoittumisen ohjaamisen tavoitteena on, että vältetään kuivatustarpeen lisääntyminen erityisesti ongelmallisimmilla alueilla. Strategian päätoimilinjoihin todetaan, että ”happamat sulfaattimaat ja niiden vaikutukset otetaan erikseen huomioon kaikissa sellaisissa valtakunnallisissa ja alueellisissa ohjelmissa, joilla vaikutetaan vesien tilaan tai maan kuivatustilaan” ja että ”Vastuu happamien sulfaattimaiden huomioonottamisesta kaavoituksessa on maakunnanliitoilla ja kunnilla”

Strategian päätoimenpiteiden mukaisesti sulfaattimaiden aiheuttamat riskit tulee ottaa huomioon kaikessa maankäytössä. Maankäytön suunnittelua varten pyritään saamaan riittävästi tietoa sulfaattimaiden esiintymisestä, ominaisuuksista ja niiden aiheuttamista riskeistä. Uusien toimintojen sijoittumista ohjataan niin, että vältetään suuria kuivatustoimenpiteitä maaperän happamuuden kannalta ongelmallisimmilla alueilla. Lupakäsittelyssä hankkeille on tarpeen määrittellä riittävät kuormituksen estämis- ja vähentämistoimenpiteet.

Tämän työn perusteella arvioidaan, että happamista sulfaattimaista ja niiden aiheuttamista ongelmista olisi hyvä esittää yleiskuvaus Uuden Oulun yleiskaavan selostuksen ”Ympäristöhäiriöt, -haitat ja -riskit” -osiossa. Näin yleiskaavan mukana välittyisi tietämystä sulfaattimaista ja siitä kuinka ne vaikuttavat maankäytön eri muotoihin. Lisäksi tarkoituksena olisi myös kertoa yleisellä tasolla, miten mahdollista happamoitumisriskiä voidaan ehkäistä sulfaattimaa-alueilla. Tässä työssä tuotettu sulfaattimaakartta ei kuitenkaan sovellu suoraan yleiskaavatasoiseenkaan maankäytön tarkasteluun, sillä se perustuu hyvin suppeaan primäärihavaintoaineistoon. Karttaa voi kuitenkin käyttää alustavana arviona sulfaattimaiden esiintymisestä. Valmistuessaan GTK:n tekemä sulfaattimaiden yleiskartta olisi kuitenkin hyvä esittää yleiskaavan liitekarttana ja se osoittaisi alueet, joilla sulfaattimaat tulisi erityisesti ottaa huomioon maankäytön suunnittelussa. Tavoitteena on saattaa valtakunnallinen happamien sulfaattimaiden kartoitusohjelma loppuun arviolta vuoteen 2017 mennessä. Yksityiskohtaisempi maankäytön suunnittelu vaatii edelleen tarkempia kartoituksia ja tutkimuksia.

10 OHJEITA HANKESELVITYKSIIN JA JATKOKAAVOITUKSEEN

Maankäytön hankeselvityksissä ja yleiskaavoitusta tarkemmassa maankäytön suunnittelussa voidaan hyödyntää yleiskaavatasoista sulfaattimaiden esiintymiskarttaa. Kartan perusteella voidaan kohdentaa tarkempia tutkimuksia, mikäli kohde sijaitsee potentiaalisella sulfaattimaa-alueella.



23.4.2015

Jatkotutkimusten laatu ja laajuus riippuvat suunnitellun maakäytön luonteesta ja kohteen geologisista ominaisuuksista. Rakennettavilla alueilla tarvitaan yleisesti syvempiä kairauksia ja tiheämpää kairaustiheyttä, kun taas esim. turvetuotantoalueilla riittää yleensä pienempi havaintopistetiheys (esimerkiksi 1 havainto / 10 ha). Maatalousalueilla voi riittää vielä tätäkin pienempi havaintotiheys. Kohdetutkimuksissa havaintopistetiheyttä ei kannata kuitenkaan määrätä tarkoin etukäteen, sillä optimaalinen ja kustannustehokkain menetelmä määrittyy kohteen geologisten ominaisuuksien perusteella.

Tärkein tutkimusmenetelmä pienialaisissa kohteellisissa sulfaattimaatutkimuksissa ovat kairaukset, joista pyritään ottamaan jatkuvat näytesarjat tarvittavalle syvyydelle. Näytteitä tulee kuitenkin ottaa vähintään pohjavedenpinnanalaisesta hapettumattomasta maaperästä. Kaikista näytteistä mitataan maasto-pH ja inkuboitu-pH, minkä perusteella voidaan luotettavasti arvioida maaperän happamoitumispotentialiaalia.

11 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Tässä työssä tuotettiin yleistietoa happamista sulfaattimaista Uuden Oulun yleiskaavaa varten, sekä arviointiin sulfaattimaiden esiintymistä alueella sanallisesti ja kartalla. Työssä käytetyn aineiston perusteella on todennäköistä, että Oulun kaupungin alueella esiintyy laajasti sulfaattimaita. Potentiaalisimpia esiintymisalueita ovat rannikon läheisyyden hiekkavaltaiset alueet, jokivarsien liejupitoiset sedimentit sekä suoalueet, joiden pohjilla esiintyy laajittuneita maa-aineksia. Litorina-meren korkeimman rannan (noin + 100 m mpy) yläpuolisilla alueilla esiintymisen todennäköisyys on sen sijaan pieni. Tuotettu kartta perustuu ainoastaan tulkintaan eikä se siten suoraan sovellu yleiskaavamittakaavaiseen tarkasteluun tai tarkempaan maankäytön ohjaukseen. Karttaa voidaan kuitenkin käyttää yleiskaavan teemakarttana, arvioitaessa sulfaattimaiden potentiaalisia esiintymisalueita.

KIRJALLISUUSLUETTELO

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

Dent, D. L. & Pons, L. J. 1995. A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma* 67: 263-276.

Edén P, Weppling K & Jokela S. 1999. Natural and land use induced load of acidity, metals, humus and suspended matter in Lestijoki, a river in western Finland. *Boreal Environmental Research* 4:31 – 43.

Edén, P., Auri, J., Rankonen, E., Martinkauppi, A., Österholm, P., Beucher, A., & Yli-Halla, M., 2012: Mapping Acid Sulfate Soils in Finland – methods and results. In: Österholm, P., Yli-Halla, M. & Edén,



23.4.2015

P. (eds.) 2012. 7th International Acid Sulfate Soil Conference in Vaasa, Finland 2012. Towards Harmony between Land Use and the Environment, Proceedings volume. Geological Survey of Finland, Guide 56. Pp. 31-33.

Erviö, R. 1975: Kyrönjoen vesistöalueen rikkipitoiset viljelysmaat. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland. Maataloustieteellinen Aikakauskirja. Vol. 47: 550-561.

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

Harmanen, H. 2007. Sulfaattimaat ja seleeni. Lisensiaatintutkimus Kasvinviljelytiede & Maanviljelyskemia ja -fysiikka. Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta 2007

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

Kivinen, E. 1950. Sulphate soils and their management in Finland. Transactions of the Fourth International Congress of Soil Science. Amsterdam, 259-262.

Lavergren, U., Åström, M.E., Falk, H. Ja Bergbäck, B. 2009: Metal dispersion in groundwater in an area with natural and processed black shale – Nationwide perspective and comparison with acid sulfate soils. Applied Geochemistry 24. 359-369.

Virtanen, K. ja Lerssi, J. 2006. Mustaliuskekilajin vaikutus turpeen alkuainepitoisuuksiin. Arkistoraportti, GTK 2006

Loukola-Ruskeeniemi, K., 1999: Origin of Black Shales and the Serpentine-Associated Cu-Zn-Co Ores at Outokumpu, Finland. Economic Geology 94, 1007-1028

Manninen H. 1972. Maankuivatustoimenpiteiden vaikutus veden laatuun lähinnä Kyrönjoen vesistöalueella. Diplomityö. Vaasan vesipiiri. Vesihallitus. 133 s

Palko J., Räsänen M. & E. Alasaarela 1985. Happamien sulfaattimaiden esiintyminen ja vaikutus veden laatuun Sirppujoen vesistöalueella. Vesihallitus. Tiedotus 260. 95 s.
Palko J. 1988. Happamien sulfaattimaiden kuivatus ja kalkitus Limingan koekentällä 1984 – 1987. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja 19. 84 s.

Palko, J. (1994) Acid Sulphate Soils and Their Agricultural and Environmental Problems in Finland. Academic Dissertation. Water and Environment District of Oulu and Laboratory of Hydraulic and Water Resources Engineering, University of Oulu.

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







23.4.2015

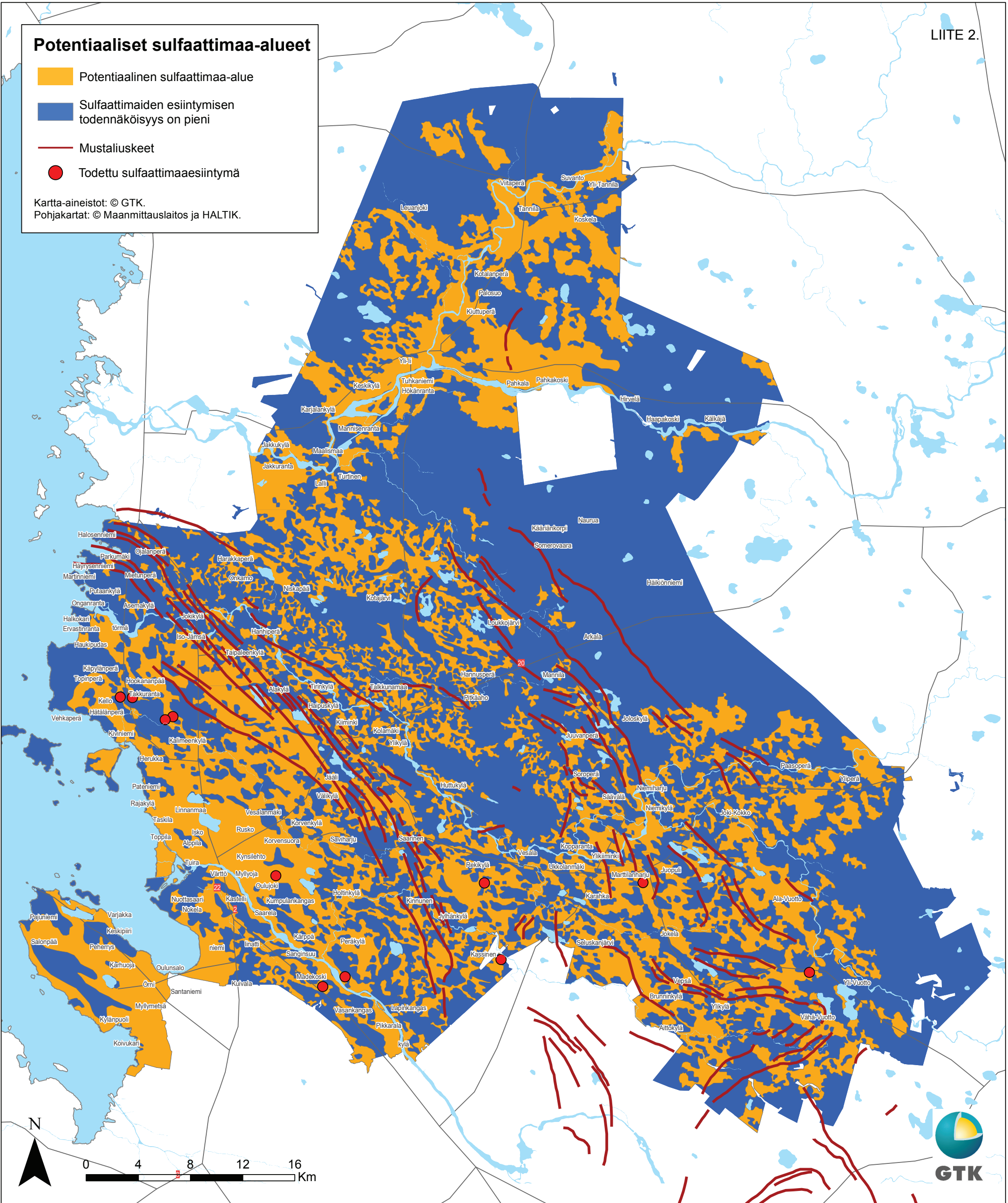
- Pihlaja, J. 2001. Sedimenttien fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista 31 Suomen järvessä. Geologian tutkimuskeskus, Maaperätutkimukset P34.4.034
- Purokoski, P. 1959. Rannikkoseudun rikkipitoisista maista. Referat: Über die schwefelhaltigen Böden an der Küste Finnlands. *Agrogeologische Publicationen*, 74, Helsinki.
- Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljely- käytännöt ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Summary: Drainage level, cultivation practices and factors affecting load on waterways in Finnish farmland. National Board of Waters and Environment, Research report A198.
- 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
- Sutela, T., Vuori, K.-M., Louhi, P., Hovila, K., Jokela, S., Karjalainen, S. M., Keinänen, M., Rask, M., Teppo, A., Urho, L., Vehanen, T., Vuorinen, P. J. ja Österholm, P. 2012. Happamien sulfaattimaiden aiheuttamat vesistövaikutukset ja kalakuolemat Suomessa. Suomen ympäristö 14/2012
- Virtanen, K. ja Lerssi, J. 2006. Mustaliuskekilvilajin vaikutus turpeen alkuainepitoisuuksiin. Arkistoreportti, GTK 2006.
- Yli-Halla M., Puustinen, M., & Koskiahio, J. (1999). Area of cultivated acid sulphate soils in Finland. *Soil Use and Management* 15: 6267.
- Åström, M., & Björklund, A. (1995). Impact of acid sulphate soils on stream water geochemistry in western Finland. *Journal of Geochemical Exploration*, 55, 163–170.
- Österholm, P., Åström, M., (2004) Quantification of current and future leaching of sulfur and metals from Boreal acid sulfate soils, western Finland. *Aust. J. Soil Res.* 42, 547–551
- Österholm, P. (2005) Previous, Current and Future Leaching of Sulphur and Metals from Acid Sulphate Soils in W. Finland. PhD thesis. Åbo Akademi University, 35 pp.













Potentiaaliset sulfaattimaa-alueet

-  Potentiaalinen sulfaattimaa-alue
-  Sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyys on pieni
-  Mustaliuskeet
-  Todettu sulfaattimaaesiintymä

Kartta-aineistot: © GTK.
Pohjakartat: © Maanmittauslaitos ja HALTIK.



Maaperätiedot, mustaliuskeet ja Litorina-meren korkein ranta

-  Kalliopaljastuma
-  Kalliomaata, maanpeite enintään 1m
-  Sekalajitteinen maalaji
-  Karkearakeinen maalaji
-  Hienojakoinen maalaji
-  Paksu turvekerros
-  Täytemaa (Ta)
-  Kartoittamaton (0)
-  Vesi (Ve)
-  Litorina-meren korkein ranta
-  Mustaliuskeet

Kartta-aineistot: © GTK.
Pohjakartat: © Maanmittauslaitos ja HALTIK.

