



Maria Honkakoski

SULFAATTIMAAN VALUMAVESIEN HALLINTAKEINOT SIIKAJOEN VALUMA-ALUEELLA

SULFAATTIMAAN VALUMAVESIEN HALLINTAKEINOT SIIKAJOEN VALUMA-ALUEELLA

Maria Honkakoski
Opinnäytetyö
Kevät 2013
Maaseutuelinkeinojen ko.
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma, ympäristöhoito

Tekijä: Maria Honkakoski

Opinnäytetyön nimi: Sulfaattimaan valumavesien hallintakeinot Siikajoen valuma-alueella

Työn ohjaajat: Outi Laurinen ja Kaija Karhunen

Työn valmistumislukukausi ja –vuosi: Kevät 2013

Sivumäärä: 32+12

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Ruukin koeaseman sulfaattimaan ojituskokeen tuloksia. Tuloksia tarkastellaan säätösalaoituksen ja säätökastelun sekä kuivatusveden kierrätyksen osalta. Opinnäytetyön tilaaja oli Haku-hanke ja erityisesti hankkeen osatoteuttaja MTT.

Ojituskokeen koekenttä perustettiin Ruukin koeasemalle vuonna 2009. Kentälle kaivettiin salaojat sulfaattikerrokseen, joka on syntynyt n. 8500 vuotta sitten Itämeren Litorina-vaiheen aikana. Ojitusalueita oli kokeella kolme: normaali salaoitus, säätösalaoitus sekä säätökastelu ja kuivatusveden kierrätys. Kokeessa seurattiin salaojakaivojen pinnankorkeutta sekä veden laatua vesinäytteiden avulla. Tässä opinnäytetyössä käsitellään Suomen ympäristöpalvelun vedenlaatutuloksia vuosilta 2010-2011. Tulokset kertovat kaikilta osin alhaisesta pH:sta sekä vaihtelevan suurista metallien määristä salaojakaivojen vedessä.

Säätösalaoitus ja säätökastelu ovat molemmat suhteellisen tehokkaita sulfaattimaiden happamien valumavesien hallintakeinoja mutta säätösalaoitus on huomattavasti edullisempi vaihtoehto. Se vaatii vähemmän sekä investointeja että seurantaa. Säätökastelulla pohjaveden pintaa voidaan säädellä tehokkaammin, mutta se on hallintakeinona huomattavasti kalliimpi vaihtoehto ja vaateliaampi hoitaa. Molemmilla salaoitusmenetelmillä voidaan hallita vesistöihin pääseviä happamuuspiikkejä kovimpien ylivaluntojen aikaan keväällä ja syksyllä.

Opinnäytetyön myötä valmistui myös pieni opaslehtinen, jossa sulfaattimaa-ilmiö on kuvattu yksinkertaisesti. Opaslehtisessä on myös kerrottu pääpiirteittäin säätösalaoituksesta ja säätökastelusta sekä niihin saatavista tukimuodoista. Tarkoituksena oli koota tietoa lähinnä alueen viljelijöiden käyttöön pieneen ja nopeasti luettavaan muotoon. Sulfaattimaiden aiheuttamat vesistöhaitat tulivat suuren yleisön tietoisuuteen vuonna 2006, jolloin poikkeuksellisen kuiva kesä kuivatti maakerrokset syväälle Siikajoen valuma-alueella. Kuivan kauden jälkeiset runsaat vesisateet huuhtoivat happamuutta vesistöihin aiheuttaen mm. kalakuolemia.

Asiasanat: Sulfaattimaat, säätösalaoitus, säätökastelu, veden laatu.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Agricultural and Rural Industries, Environmental Management

Author: Maria Honkakoski

Title of Thesis: Methods of Controlling Drainage Waters in the Siikajoki Acid Sulphate Soil

Supervisors: Outi Laurinen and Kaija Karhunen

Term and year when thesis was submitted: Spring 2013

Number of pages: 32+12

The purpose of this thesis was to study the information gained in the acid sulphate soil drainage experiment carried out at MTT Ruukki. The information surveyed concerns controlled underground drainage, subsurface irrigation and recycling of the drainage waters. The study was commissioned by the Haku-project, specifically by MTT Ruukki, one of the operators in the project.

The experiment field for the project was established at Ruukki MTT in spring 2009. The drains were constructed in a layer of acid sulphate soil born ca. 8500 years ago during the Litorina Period of the Baltic Sea. There were three different drainage areas: conventional underground drainage, controlled underground drainage and subsurface irrigation plus recycling of the drainage waters. During the experiment, the quality, surface levels and overflow of the drains were monitored. The samples from the drainage field were analysed by Suomen ympäristöpalvelu, and this thesis deals with the information thus gained on the water quality of the drainage tanks/wells in the years 2010-2011. The outcome indicates an overall low pH and varying large amounts of metals in the water in the drainage tanks.

Controlled drainage and subsurface irrigation are both relatively efficient means of controlling the drainage waters of acid sulphate soil. However, controlled drainage is a considerably more beneficial alternative as it requires both fewer investments and less monitoring. Through subsurface irrigation the surface levels can be more efficiently controlled but it is a more expensive and more laborous alternative. Both alternatives can be resorted to in controlling high acidity peaks when overflow is strong in spring and autumn.

As a byproduct of the thesis, a 4-page brochure describing the acid sulphate soil phenomenon in a simplistic way was created. The brochure also outlines the main features of the controlled drainage and subsurface irrigation as well as the subsidies available for them. The idea was to have a handy information package for local farmers, for example. The hazards of acid sulphate became well-known in the area after the 2006 drought when the soil dried very deep in the Siikajoki drainage area. Succeeding rains flushed acid soil into waterways causing fish to die, for example.

Keywords: acid sulphate soil, controlled underground drainage subsurface irrigation, water quality

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 HAPPAMAT SULFAATTIMAAT	9
2.1 Sulfaattimaiden synty Suomessa	9
2.2 Sulfaattimaiden aiheuttamat ongelmat	11
2.3 Sulfaattimaat Siikajoen valuma-alueella	13
2.4 Sulfaattimaiden tunnistaminen	13
3 SÄÄTÖSALAOJITUS JA SÄÄTÖKASTELU	14
3.1 Salaojitus Siikajoen valuma-alueella	15
3.2 Sulfaattimaan säätösalojitus ja säätökastelu	16
3.3 Salaojituksen tuet	16
4 RUUKIN KOEKENTTÄ	18
5 AINEISTO JA MENETELMÄT	20
6 VESIANALYYSIEN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	22
6.1 Happamuus	22
6.2 Asiditeetti	23
6.3 Sulfaatti	25
6.4 Alumiini	26
6.5 Vesianalyysien yhteenvetoa ja johtopäätöksiä	28
7 HAPPAMIEN VALUMAVESIEN HALLINNAN KEINOJA	29
7.1 Säätökastelun ja kuivatusveden kierrätyksen kannattavuuden ongelmat happamien vesien hallinnassa	29
7.2 Säätösalojituksen kannattavuus happamien vesien hallinnassa	30
7.3 Muut keinot	31

8 POHDINTA.....	32
LÄHTEET	34
LIITE 1	37
LIITE 2.....	44

1 JOHDANTO

Happamat sulfaattimaat, joita kutsutaan myös alunamaiksi, nousivat suuremman kiinnostuksen kohteeksi jälleen vuonna 2006. Pohjanmaan joissa ilmeni laajoja kalakuolemia, joiden aiheuttajaksi osoittautui kuivan kesän jälkeen syyssateiden maasta vesistöihin huuhtomat, hapettuneiden sulfaattimaiden happamat valumavedet. Sulfaattimaiden ominaisuuksia ja vesistövaikutuksia on viime vuosisadalla tutkittu harvakseltaan ja tieto on hajanaista sekä osittain vanhentunutta. Happaman vesistökuormituksen ehkäisy Siikajoki-Pyhäjoki-alueella 2009-2012-hanke, eli Haku-hanke koottiin selvittämään alueen happamuutta aiheuttavien lähteiden sijaintia sekä niiden ominaisuuksia. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus toimi hankkeessa yhtenä toteuttajana.

Hanke oli jaoteltu viiteen ns. työpakettiin: happamien sulfaattimaiden kartoitukset, alueen virtavesien ja kalataloudellisen sekä vesikemiallisen tilan selvittäminen, sulfaattimaiden hapettumisen ja metallien vapautumisen ehkäisymenetelmät, toimenpidesuosittelujen laadinta ja raportointi sekä hallinnointi ja tiedottaminen. Vastuualueet oli jaoteltu yhteistyökumppaneiden kesken. MTT:n vastuualueena oli ojituskokeen toteuttamisen, seurannan ja hallinnoinnin lisäksi myös selvittää ilmiön sosio-ekonomisia vaikutuksia.

Hanke oli Euroopan aluekehitysrahaston, Siikajoen ja Pyhäjoen kuntien, Raahen kaupungin, Siika-Pyhäjokialueen liiton sekä Revonlahden ja Siikajoen osakaskuntien rahoittama. Yhteistyökumppaneina hankkeessa ovat geologian tutkimuskeskus GTK, Oulun yliopisto, Riista- ja kalatalouden tutkimuskeskus RKTL sekä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus ELY. (MTT 2009, hakupäivä 18.1.2013.)

Haku-hankkeessa toimineen MTT Ruukin tutkimusasemalla testattiin eri toimenpiteiden soveltuvuutta happaman kuormituksen vähentämisessä. Ruukin tutkimusasemalle rakennettiin koekenttä, jolla testattiin eri salaoitusmuotoja happaman kuormituksen ehkäisyssä. Tässä opinnäytetyössä käsitellään osaa Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen ojituskokeen tuloksista. Ojituskokeen tarkemmista koejärjestelyistä on kerrottu sekä kappaleessa 4 että liitteessä 2.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella MTT Ruukin tutkimusasemalla toteutetun happamien sulfaattimaiden ojituskokeen tuloksia säätösalaoituksen sekä säätökastelun ja kuivatusveden kierrätyksen osalta, tehdä päätelmiä ojitusmuotojen soveltuvuudesta happamien sulfaattimaiden valumavesien hallinnan kannalta sekä tuottaa kansankielinen ja ymmärrettävä opas viljelijöille ojitusmuotojen kannattavuudesta ja hyödyistä potentiaalisilla sulfaattimaa-alueilla. Oppaan tarkoituksena on esitellä ilmiö pääpiirteittäin ja sen haittavaikutukset ympäristölle ja lähivesistöille sekä antaa tietoa ojitusmuotojen kannattavuudesta ja ympäristövaikutuksista nimenomaan ongelma-alueilla sekä taloudellisesti, että ympäristön kannalta.

Alkuperäisessä opinnäytetyön suunnitelmassa oli yhtenä osa-alueena tarkoitus selvittää Siikajoen valuma-alueella sijaitsevien säätösalaojitettujen lohkojen sekä säätökastelussa olevien lohkojen määrää ja yhdistää kyseiset ojitusmenetelmien tiedot MTT:n Ruukin yksikön sulfaattimaan ojitusmenetelmävertailusta saatuihin vesien analyysituloksiin. Tällä vertailulla oli tarkoitus arvioida kohtuullisen luotettavasti sulfaattimaan säätösalaoituksen ja säätökastelun valumavesien vaikutukset Siikajoen nykyiseen veden tilaan.

Tämä osoittautui liian suureksi tehtäväksi jo pelkästään sen vuoksi, ettei salaojakeskuksella ollut tiedossa eriteltyjä määriä salaojitusten laadusta. Tietoja oli saatavilla ainoastaan salaojitettujen lohkojen kokonaismäärästä, mutta ei siitä, kuinka suuri prosentti niistä on toteutettu säätösalaoituksena tai säätökasteluna. Myöskään ei voitu pitävästi osoittaa, että tieto salaojitusten määrästä on kovin paikkaansa pitävä, koska salaojituksia tehdään myös omatoimisesti. Toinen ongelmakohta oli se, että GTK:n kartoituksen avulla ei voitu pitävästi osoittaa, mitkä alueet olivat sulfaattimaita, ainoastaan riskialueet. Kartoitustieto on tällä hetkellä hyvin hajanaista ja sen perusteella voidaan tehdä vain oletuksia ja näin suuressa mittakaavassa tuloksia ei voisi pitää millään tavalla luotettavina. On otettava huomioon myös se, että sulfaattimaiden profiilit ovat hyvin yksilöllisiä ja vaihtelevia ja niiden esiintymiseen vaikuttavat useat seikat.

2 HAPPAMAT SULFAATTIMAAT

Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistion mukaan maailmalla on ainakin 24 milj. hehtaaria happamia sulfaattimaita, joista suurin osa sijoittuu Kaakkois-Aasiaan, Länsi-Afrikan rannikoille, Yhdysvaltoihin ja Australiaan. Pohjoismaista Suomen lisäksi myös Tanskassa ja Ruotsissa esiintyy jossain määrin happamia sulfaattimaita mutta Suomen sulfaattiesiintymät ovat kuitenkin Euroopan suurimmat. (Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa. Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi 2009, 8.)

2.1 Sulfaattimaiden synty Suomessa

Viime jääkauden päättyessä n. 8 500 vuotta sitten valtamerten pinta kohosi sulamisvesistä niin, että suolainen merivesi murtautui Tanskan salmien kohdalta nykyisen Itämeren paikalla sijainneeseen Anculysjärveen (Kuvio 1). Vesi muuttui vähitellen suolaiseksi ja Anculysjärven paikalle muodostui Litorinameri, joka sai nimensä meressä eläneen Littorina-kotilon mukaan. Litorinameren suolapitoisuus ja lämpötila olivat huomattavasti korkeampia kuin nykyisen Itämeren. (Penttinen & Niinimäki 2010, 117.)

Litorinavaiheessa jäätikön sulamisvesistä mereen huuhtoutunut happamuus sitoutui merenpohjan rautaan bakteerien hajotustoiminnan seurauksena. Anaerobiset bakteerit käyttivät hapen lähteenään sulfaattia (SO_4^{2-}), joka pelkistyi sulfidiksi (S^{2-}) ja saostui raudan kanssa muodostaen ferrosulfidia eli pyriittiä (FeS_2). Pyriitti on niukkaliukoista, joten se säilyy maaperässä liukenemattomana pitkiä aikoja kunhan se ei joudu kosketuksiin hapen kanssa. Hapettumisreaktioissa vapautuu vety-ioneja ja syntyy rikkihappoa. (Palko, Merilä & Soini 1988, 8; Paasonen-Kivekäs, Peltomaa, Vakkilainen & Äijö 2009, 138.)

Litorinameren vaiheessa Suomen länsirannikko oli vielä veden peitossa, joten syntyneet sulfidikerrostumat sijoittuvat maankohoamisesta johtuen pääosin Pohjanmaalle Oulu-Närpiö-välille, mutta niitä on myös eteläisemmässä Suomessa

(Maaseutuverkosto 2009, hakupäivä 20.11.2012). Pohjanmaalla sulfaattiesiintymät sijaitsevat jopa 100 metriä merenpinnan yläpuolella kun taas eteläisemmän Suomen esiintymät sijaitsevat pääasiassa korkeuskäyrässä 40:n metrin alapuolella (GTK 2012, hakupäivä 20.11.2012).



KUVIO 1. Litorinameri ulottui nykyisen pohjanmaan rannikon päälle.

Myös rannikkoalueiden sekä sisämaan järviuivioilla esiintyy muita rikkiä sisältäviä maita. Tällöin rikkiä sisältävien maita aiheuttajana on yleensä mustaliuske, joka on muodostunut n. 2000 miljoonaa vuotta sitten orgaanista hiiltä sisältävistä savisedimenteistä. (Loukola-Ruskeeniemi 1990, 95.)

Hapettomassa tilassa olevat sulfidikerrokset eivät aiheuta ongelmia ympäristölleen vaan niiden pH voi olla jopa lähellä neutraalia. (Palko ym. 2009, 138). Ongelmat syntyvät kun sulfidikerrokset reagoivat hapen kanssa. Tämän jälkeen voidaan puhua happamista sulfaattimaista. Sulfaattimaista voidaan puhua kahdella käsitteellä: potentiaaliset sulfaattimaat, jotka ovat vielä hapettomassa tilassa ja aktiiviset sulfaattimaat, joissa hapettuminen on jo tapahtunut. Sulfidikerrosten hapettuessa maaperän pH saattaa laskea rajusti ja aiheuttaa ongelmia sekä maaperässä että varsinkin vesistöissä. Normaalisissa tilanteissa, jossa maata ei raivata tai muokata, sulfidikerrokset peittyvät luonnollisesti humuskerroksen alle. (Eden 11.12.2012, Haku-päätösseminaari.)

Maankohoamista on tapahtunut Litorina-vaiheen jälkeen niin kauan, että rannikosta kauempana olevien, vanhempien maiden happamuus on jo osittain huuhtoutunut. Nykypäivän suurimmat ongelmat aiheutuvat uusista, lähempänä rannikkoa olevista maista, joissa happamuusongelmat ovat huomattavasti tuoreempia. Toisaalta maankohoaminen on nykyään hitaampaa, joten uusia ongelmamaita paljastuu aikaisempaa vähemmän ja maakerros kasvaa paksuutta koko ajan.

Sellaisilla alueilla, joilla maankäyttöä on enemmän ja hapettomissa oloissa olevaa sulfidikerrosta kaivetaan esiin esimerkiksi peltojen raivauksessa, ojituksessa sekä metsäojituksessa, ongelmat realisoituvat (Palko ym. 2009, 138). Viljelyssä olevien happamien sulfaattimaiden määrästä Suomessa on erilaisia arvioita, mutta luotettavin lienee happamia sulfaattimaita käsittelevän Catermass-hankkeen arvio, joka on 100 000-200 000 hehtaaria (Suomen ympäristökeskus 2010, hakupäivä 28.11.2012). Arvio sulfaattimaiden määrästä tarkentunee kartoitusten edetessä.

2.2 Sulfaattimaiden aiheuttamat ongelmat

Pintamaalle sulfaatin aiheuttamaa alhaista pH:ta voidaan parantaa säännöllisellä kalkituksella, jolloin saadaan kasveille sopiva kasvualusta (Maaseutuverkosto 2009, hakupäivä 20.11.2012). Pintamaan kalkitus ei kuitenkaan paranna tilannetta maan alemmissa kerroksissa, joista happamuutta huuhtoutuu vesistöön mm. salaojien

kautta. Pellon alempien kerrosten sulfidikerrosten ongelmat korostuvat varsinkin kuivina kesinä, jolloin pohjaveden pinta laskee ja hapettomissa oloissa olleet sulfidikerrostumat pääsevät reagoimaan hapen kanssa kun maa halkeilee kuivuessaan sulfidikerrokseen asti. Sulfidikerrokset happamoituvat ja sateet huuhtovat maassa olevan happamuuden ja haitalliset raskasmetallit sekä mm. vesieliöille ja kaloille erittäin haitallisen alumiinin valumavesien mukana vesistöihin. Vesien happamuus on suurimmillaan kevät- ja syystulvien aikaan kun sade- ja sulamisvedet huuhtovat happamuutta vesistöihin. (Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa. Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi 2009, 8.)

Vuonna 2006 ongelma tuli tunnetuksi Pohjanmaan rannikkoalueen vesieliöiden ja kalojen massakuolemista, joista pahiten Pohjois-Pohjanmaalla kärsivät Siikajoki ja Luohuanjoki sekä monet muut vesistöt aina Pyhäjoelle saakka (MTT 2009, hakupäivä 20.11.2012). Kyseisenä vuonna kasvukauden äärimmäinen kuivuus kuivatti maata syväälle, jolloin hapettomassa tilassa olleet potentiaaliset sulfaattimaat hapettuivat ja syksyn sateet huuhtoivat happamuuden vesistöihin tuhoisin seurauksin.

RKTL:n tutkijan Alpo Huhmarniemen mukaan alueen jokivesistöt kärsivät tilanteesta jonkin verran edelleen sähkökalastuksessa saatujen tietojen perusteella. Alueen jokien toipumisessa on eroja. Joidenkin vesistöjen kohdalla tilanne on parantumassa mutta vesistöt ovat edelleen kalastoltaan köyhiä tai lähes kalattomia. Siikajoen sähkökalastuksessa saatujen tietojen mukaan Siikajoen kivisimppujen ja kivennuoliaisten kannassa ei ole tapahtunut juurikaan parannusta nykypäivään vuodesta 2006 ja muutoinkin lähes kalattomia alueita tavattiin. Tällaisen rajun ilmiön jälkeen kalakanta palaa vesistöön hitaasti. Joen kalatilannetta tutkittaessa kivisimppu ja kivennuoliaiset ovat hyviä jokiveden indikaattoreita, koska ne elävät koko ikänsä joessa vaeltamatta. (Huhmarniemi 11.12.2012, Haku-päätösseminaari.)

2.3 Sulfaattimaat Siikajoen valuma-alueella

Geologien tutkimuskeskus GTK on vuosien 2009-2012 aikana kartoittanut maastossa happamia sulfaattimaita koekairauksin Siikajoki-Pyhäjoki-alueella. Näytepisteitä oli yli 2000 kappaletta, joista 800 näytettä analysoitiin tarkemmin. Näytteiden perusteella Siikajoen valuma-alueella suurin osa maista kuuluu ryhmään, jossa on pieni tai hyvin pieni mahdollisuus esiintyä happamia sulfaattimaita mutta myös kohtalaisen ja suuren potentiaalin omaavia maita havaittiin (Kuvio 2).

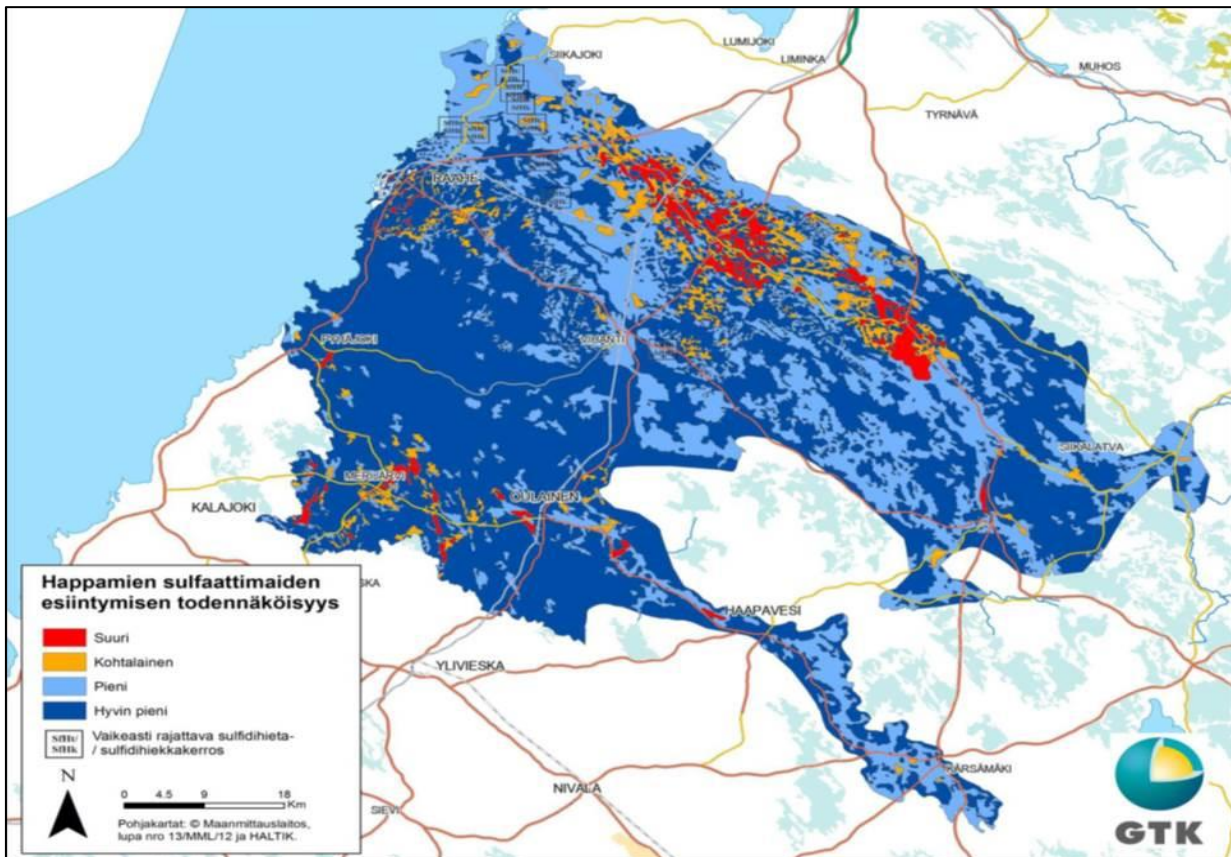
Sulfaattimaiden esiintyvyys voi vaihdella paljon jo pelkästään yhden viljelylohkon sisällä eikä rikkipitoinen kerrostuma ole tasainen, koska se noudattaa vanhan merenpohjan muotoja. Se voi olla eri kohdissa eri syvyyksissä ja esiintymät ovat usein hyvin paikallisia. Tämän vuoksi täysin paikkaansa pitävää kartoitusta ei voida tehdä vaan GTK:n tekemiä karttoja voidaan käyttää tukena kun halutaan tietää todennäköisyys sille, onko alueella mahdollisia potentiaalisia sulfaattimaita. (Eden 2013, Haku-päätösseminaari 11.12.2013.) Yleisimmin sulfaattimaat löytyvät alavilta mailta, kuten esimerkiksi jokien vieruksilta (Suomela 2013, keskustelu 22.3.2013). Happamalla sulfaattimaalla sijaitsevan pellon rikkipitoinen kerrostuman profiiliin vaikuttaa myös pellon viljelyhistoria ja varsinkin ojitus. Vanhimmillä viljelysmailla happamuutta on voinut huuhtoutua jo pidemmän aikaa.

2.4 Sulfaattimaiden tunnistaminen

Sulfaattimaat ovat yleensä savea tai silttiä, mutta uusimpien GTK:n tutkimuksien mukaan happamuutta voi ilmetä myös muissa maalajeissa mm. hiekoissa ja hiedoissa. Ne ovat kuitenkin ominaisuuksiltaan poikkeavia verrattuna happamiin sulfaattimaihin. MTT:n tutkijan Raija Suomelan (2013) mukaan Siikajoen valuma-alueen happamat sulfaattimaat ovat pääasiassa hiesusavea.

Potentiaaliset maat, eli vielä hapettumattomat sulfaattimaat ovat yleensä väriltään mustia tai tummanharmaita, niissä on usein myös sinertävä sävy. Jo hapettuneessa sulfaattimaassa, josta happamuutta on jo esim. sulamisvesien mukana huuhtoutunut, väri on yleensä harmaata tai ruskeanharmata. Siinä on nähtävissä oransseja tai

ruskeita rautasaostumia. Varsinkin vasta potentiaalisessa vaiheessa olevissa maissa on havaittavissa voimakastakin rikin hajua, hapettuneissa maissa harvemmin. Potentiaalisissa sulfaattimaissa pH on yleensä hyvä, jopa 6,0 kun taas hapettumisen yhteydessä pH laskee herkästi jopa alle 3,5. (GTK 2011, hakupäivä 18.1.2013.)



KUVIO 2. GTK:n kartta Siika- ja Pyhäjoen valuma-alueen sulfaattimaiden esiintymisen todennäköisyydestä (Eden 2012, Haku-päätösseminaari 11.12.2013).

3 SÄÄTÖSALAOJITUS JA SÄÄTÖKASTELU

Ojitus on pellon kantokyvyn kannalta tärkeää varsinkin kylvötöiden aikaan keväällä ja kyntöaikaan syksyllä. Samoihin ajankohtiin osuvat suurimmat virtaamat lumensulamisvesien myötä keväällä ja syyssateiden tullessa syksyllä. Kuitenkin erityisesti kuivina kesinä kuivatus saattaa olla liiankin tehokasta ja veden pinta maassa saattaa laskea kasvien kasvun kannalta liian alas.

Veden pintaa voidaan salaojapelloissa padota halutulle tasolle kokoojaojiin asennettavilla säätökaivoilla, jolloin kyseessä on säätösalaajitus. Salaojaputkistoon voidaan myös johtaa tarvittaessa lisävettä esim. joesta tai järvestä, jolloin kyseessä on säätökastelu. (Maaseutuverkosto 2009, hakupäivä 16.11.2012.) Kun padotus poistetaan, ojasto toimii tavanomaisen salaajituksen tavoin (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 318).

Säätökastelussa ojastosta kasvukauden aikana ylivirranneita kuivatusvesiä voidaan kerätä myös erilliseen varastoaltaaseen, josta vesi pumpataan salaojaputkiston kautta takaisin pellolle. Tätä kutsutaan kuivatusveden kierrätykseksi. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 319.) Useimmiten ei kuitenkaan ole mahdollista varastoida kaikkea tarvittavaa vettä varastoaltaaseen koska riittävän suurelle varastoaltaalle on usein hankala löytää tarpeeksi suurta alaa ja lisävettä joudutaan johtamaan ulkopuolelta kastelutarpeen kattamiseksi (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 319).

Kasvien vesitalouden ja pellon kantokyvyn parantamisen lisäksi säätösalaajituksella ja –kastelulla voidaan estää rautasaostumien kertymistä salaojiin sekä estää mahdollisten happamien sulfaattimaiden hapettuminen pitämällä veden pintaa sulfidikerroksen yläpuolella. Säätösalaajituksen on todettu vähentävän myös ravinne- ja torjunta-ainehuuhtoutumia pinta- ja pohjavesiin. (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 317.)

3.1 Salaajitus Siikajoen valuma-alueella

Siikajoen valuma-alueella on salaajitettuja viljelylohkoja 15 082 kpl ja hehtaarinäärinä salaajitettuja peltoja on 39891. Koko Siikajoen valuma-alueen

peltoalasta on salaojitettuna 38 %. Säättösalaojitusten tai säätökastelulohkojen määrää ei ole erikseen tilastoissa eritelty. (Äijö 28.11.2012, puhelinkeskustelu.) Viljelijät toteuttavat salaojitusta myös jonkin verran omatoimisesti, joten voidaan olettaa, että täysin tarkkaa salaojitusten määrää ei ole mahdollista saada selville.

3.2 Sulfaattimaan säättösalaojitus ja säätökastelu

Säättösalaojitus ja säätökastelu ovat sulfaattimailla järkeviä vesistö päästöjen aiheuttamien haittojen vähentämiskeinoja. Potentiaalisten sulfaattimaiden hapettumisen ehkäisemisen kannalta veden pinnan pitäminen korkeammalla tasolla säättösalaojituksella on suhteellisen edullinen vaihtoehto varsinkin viljelijän kannalta tarkasteltuna. Säätökastelun ja kuivatusveden kierrätyksen käyttöä happamien sulfaattimaiden päästöjen torjuntakeinona rajoittavat niiden kustannukset ja käyttöön sekä seurantaan tarvittava vaihtelevan suuri työmäärä. Peltojen pohjaveden korkeus määrää paljon kastelutarvetta siten, että alueilla, joilla pohjaveden korkeus on luonnollisesti korkeammalla, kastelutarve on vähäisempää ja toisaalta taas alueilla, joilla pohjavesi on alempana, kastelutarve kasvaa. (Suomela 22.3.2013, keskustelu.) Sulfaattimaan salaojituksen yksi ongelma ovat happamuuden irrottamat metallit ja metalliyhdisteet esim. rauta, jotka saattavat saostua salaojan ympärysaineeseen, salaojanputken reikiin tai itse salaojaputkeen ja estää veden kulkeutumisen salaojissa. Tukkeutuneita salaojia voidaan kuitenkin huuhdella tarvittaessa ja sellaisilla mailla, joissa metallien irtoaminen on voimakasta, huuhtelua voidaan joutua tekemään säännöllisesti muutaman vuoden välein. (Salaojien kunnossapito-opas 2000, 18, 35.)

3.3 Salaojituksen tuet

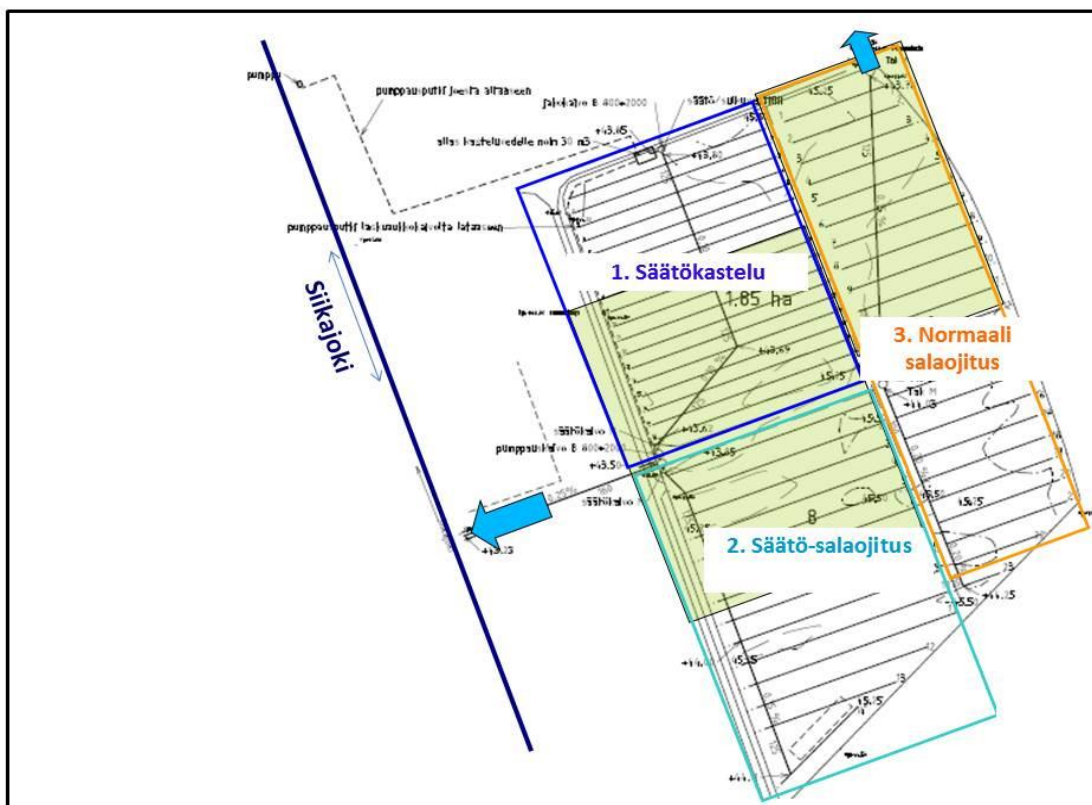
Salaojitukseen on mahdollista hakea maatalouden investointitukea. Tuen enimmäismäärä vuonna 2013 on A, B ja C-alueilla 70 % korkotukilainan hyväksyttävistä kustannuksista, 20 % korkotuen hyväksyttävistä kustannuksista sekä 20 % hyväksyttävistä kustannuksista, joita voidaan korottaa 10 % kun tuen saaja täyttää nuoren viljelijän tuen edellytykset ja tilanpidon aloittamisesta ei ole kulunut viittä vuotta. Pienpumppaamoihin ei investointitukea myönnetä. Tuen määrä on joko

3,20 €/salaojitusmetri tai 3200 €/hehtaari. (Mavi 2013a, hakupäivä 26.2.2013.)
Lisäksi sääätosalaojitukseen, sääätökasteluun ja kuivatusvesien kierrätykseen on mahdollista hakea maatalouden ympäristötuen erityistukea. Erityistukisopimuksessa viljelijä sitoutuu toteuttamaan omilla viljelyksillään em. ojitusmuotojen hoitotoimenpiteitä. Erityistuella ei rahoiteta käsittelyjärjestelmien rakentamista vaan niiden täytyy olla jo rakennettuina tai rakenteilla kun tukea haetaan. Samalla sopimusosalalla voidaan toteuttaa vaan yhtä toimenpidettä kerrallaan. Tukiehtoihin kuuluu myös pellon enintään kahden prosentin kaltevuus ja ehtona tuen maksamiselle on myös salaojitetun lohkon tietyt maalajit. Hyväksyttäviä maalajeja ovat hiekka- tai hietapitoinen maa ja liejusavi. (Mavi 2009, hakupäivä 26.2.2013.)

Erityistuen määrään vaikuttavat kustannukset ja alueelta saatava hyöty. Kustannuksiksi hyväksytään suunnittelu ja hoitopäiväkirjan pitäminen sekä sääätosalaojituksessa sääätökaivon ja pohjavesiputken säädön hoito. Sääätökastelussa hyväksyttäviä kustannuksia ovat pumppaus, säädön seuranta ja hoito sekä kastelun seuranta ja hoito. Kuivatusvesien kierrätyksessä kustannuksiksi hyväksytään pumppaus sekä säädön seuranta ja hoito. Erityistuen maksatusta on haettava vuosittain. (Mavi 2009, hakupäivä 26.2.2013.) Erityistuen enimmäismäärät ovat sääätosalaojituksen hoidossa 54 €/hehtaari, sääätökastelun hoidossa 108 €/hehtaari ja kuivatusvesien kierrätyksestä 140 €/hehtaari (Mavi 2013b, hakupäivä 26.2.2013). Myös sulfaattimaiden sääätökaivoille on mahdollista anoa tukea.

4 RUUKIN KOEKENTTÄ

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) Ruukin yksikön n. kuuden hehtaarin alueelle, jossa sulfaattimaata tiedettiin olevan, rakennettiin koekenttä vuonna 2009. Alue on jaettu kolmeen osaan siten, että yhdellä alueista on normaali salaojitus, toisella säätösalojitus ja kolmannella on käytössä säätökastelu ja kuivatusveden kierrätys. Koeruutujen välissä on n. 10 metriä leveä ojittamaton alue, jotta reunavaikutuksilta välttyttäisiin. Jokainen pääalue on jaettu vielä kahteen alaruutuun siten, että toiselle puolikkaalle on levitetty kuonaa ja toiselle ei. Näin ollen pellolla on kuusi koeruutua, joista tässä opinnäytetyössä keskitytään kahteen pääruuduista, joista toisella ojitusmuotona oli säätösalojitus ja toisella säätökastelu sekä kuivatusveden kierrätys. (Liite 2.)



KUVIO 3. Ruukin salaojituskoekentän kartta. Siniset nuolet kuvaavat valumavesien poistumisreitit lohkolta. (Happaman vesistökuormituksen ehkäisy Siika-Pyhäjoki-alueella 2009-2012. Tutkimussuunnitelma 2009-2012. Liite 2.)

Kasteluvesi johdetaan viereisestä Siikajoesta pumppaamalla. Kasteluveden kierrätykseen on koealueen laidalle kaivettu kooltaan 30 m²:n varastoallas, jonka laidalle asetetulla merkkitikulla veden pintaa seurataan kesäisin.

Ojitus Ruukin koelohkoilla on tehty tavanomaista syvemmälle, jotta ojitus varmasti ulottuisi hapettumattomiin ongelmakerroksiin. Ojitussyvyudeksi tuli n. 130 cm, kun se tavallisesti on n. 100 cm ja Siikajoen valuma-alueella usein vielä matalampi, jopa vain 70-90 cm. Ruukin koekentällä ojaväli säätökastelulohkolla on 8 metriä ja muualla 12 metriä. Pohjaveden padotuskorkeus pellon säätöalueella oli n. 70-80 cm maanpinnasta ja padotus oli päällä ympäri vuoden. (Suomela 22.3.2013, keskustelu.) Pellolla viljeltiin ensimmäisenä vuotena (2009) ohraa. Toisena vuotena kylvettiin nurmi suojaviljaan, joka oli ohraa ja joka korjattiin kokoviljana. Kolmantena vuotena lohkolta korjattiin kaksi nurmisatoa.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

Ruukkiin syksyllä 2009 perustetulla koealueella oli tarkoitus testata eri salaojamenetelmien vaikutusta pelloilta poistuvan veden laatuun vuosina 2010-2012. Kokeella haluttiin selvittää myös salaojitusmenetelmien vaikutusta maan viljelyllisiin ominaisuuksiin. Testattavia ojitusmenetelmiä olivat säätökastelu, säätösalojitus ja tavanomainen salaojitus. Tuloksissa käsittelyyn otettiin säätösalojitus ja säätökastelu.

Koekentän salaojakaivoihin asennettiin pinnankorkeutta mittaavat loggerit, jotka mittasivat pinnankorkeuden kaivoissa automaattisesti 15 minuutin välein vuorokauden ympäri. Tämän lisäksi kaivoja seurattiin manuaalisesti joka päivä. Tällöin koealueen kaivoista mitattiin pH kenttämittarilla sekä kaivojen pinnankorkeus käsimitalla. Samalla tarkistettiin myös koealueen omasta sademittarista sademäärä sekä ylivirtaaman aikana vesimittarit. Vesimittarit valjastettiin mittaamaan joko pelloilta ulos lähtevän veden määrää tai kesäaikaan kuivatusveden kierrätystä. Lisäksi ylivirtaamaa seurattiin astiamittauksella myös Siikajoen rannassa olevan purkuputken päästä, josta pelloilta tuleva vesi laskee Siikajokeen. Purkuputken päästä tulevasta vedestä mitattiin myös pH kenttämittarilla. Astiamittauksessa käytettiin ylivalunnan määrästä riippuen joko kymmenen litran tai litran astiaa sekä sekuntikelloa, joiden avulla virtaama/sekunnissa voitiin määrittää.

Koealueen salaojakaivoista sekä purkuputken päästä otettiin myös vesinäytteitä, varsinkin silloin, kun ylivirtaamaa oli tapahtunut eli keväällä ja syksyllä vuosina 2010-2011. Näytteenotto tapahtui MTT:n työntekijöiden toimesta. Näytteet analysoitiin Suomen ympäristöpalvelussa Oulussa, jonne ne toimitettiin vajaan vuorokauden sisällä näytteenotosta. Vesinäytteistä analysoitiin pH, johtoluku, alkaliniteetti, asiditeetti ja sulfaatti. Osasta näytteitä analysoitiin edellisten lisäksi myös alumiini, nikkeli, sinkki, kadmium ja rauta. Koeruuduilta otettiin myös satonäytteet sadonkorjuun yhteydessä, mutta niitä ei käsitellä tässä opinnäytetyössä tarkemmin, kuten ei myöskään koeruuduilta vuosittain otettujen maanäytteiden tuloksia. Veden laatua käsitellään Suomen ympäristöpalvelulta saatujen tulosten perusteella.

Varsinaisen koelohkon havainnoimisen lisäksi seurattiin harvakseltaan myös muiden Ruukin tutkimusaseman peltojen salaojakaivojen pH:ta sekä käsin mittaamalla että

vesinäytteiden avulla. Näille pelloille GTK teki 51 maanäytteen avulla kartoituksen vuonna 2012 ja saaduissa tuloksissa useimmilla lohkoista havaittiin sulfaattimaita.

6 VESIANALYYSIEN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

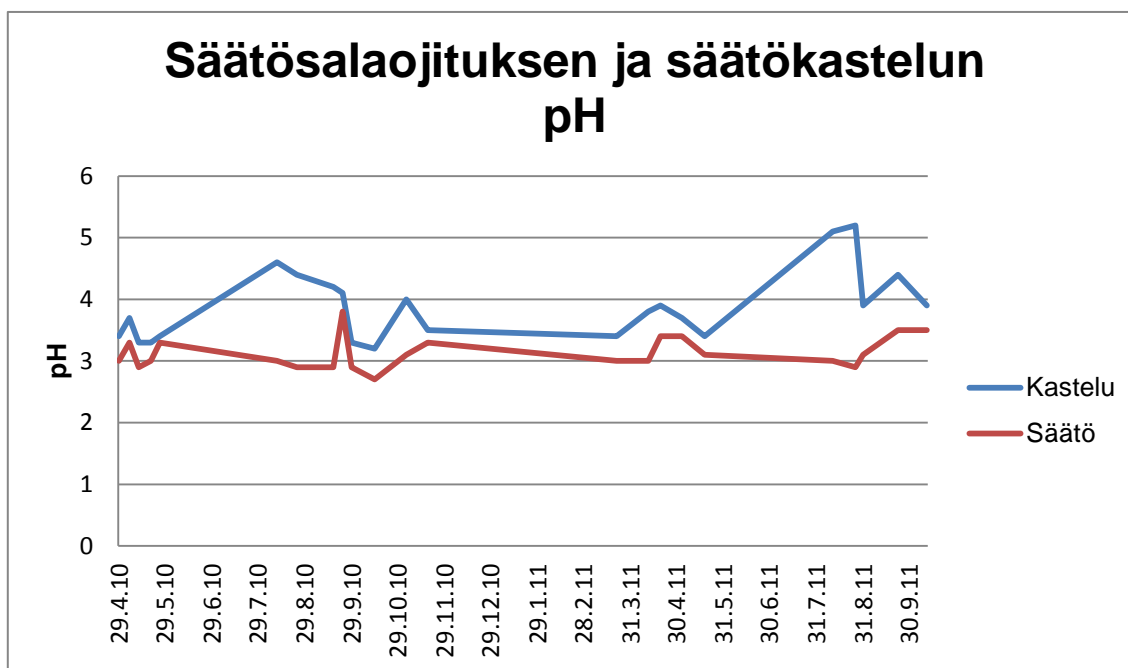
Laboratorioanalyysiin lähetettyjä vesinäytteitä otettiin pääasiallisesti vain ylivalunnan aikana keväällä ja syksyllä, joitakin elokuussa. Kaikista näytteistä analysoitiin pH, alkaliniteetti, johtoluku, sulfaatti sekä asiditeetti. Osasta näytteitä analysoitiin kerran ylivaluntakauden aikana edellisten lisäksi myös alumiini, nikkeli, sinkki, kadmium ja rauta. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin pH-arvoa sekä alumiinin, sulfaatin ja asiditeetin määrää vedessä esimerkkinä siitä, kuinka korkeita arvoja ja kuinka paljon haitallisia aineita sulfaattimaiden hapettumisen jälkeen valumavesissä esiintyy.

6.1 Happamuus

Koelohkon ojitusveden happamuus (pH) vaihteli koeruuduittain, mutta kaikilta ruuduilta saadut tulokset kertoivat todella alhaisesta pH:sta, varsinkin ylivaluntojen aikaan keväisin ja syksyisin. Kesäkaudella touko-elokuussa säätokastelualueella mitatut arvot eivät olleet yhtä matalia kuin ylivaluntojen aikana (Kuvio 4).

Säätokastelualueella salaojakaivosta otetuissa vesinäytteissä pH:n vaihteluväli oli vuosina 2010-2011 5,2-3,2. Alhaisimmat pH-arvot mitattiin kevään ylivalunnoissa sekä vuonna 2010 että vuonna 2011. Korkeammat pH-arvot mitattiin elokuussa kun kastelua oli suoritettu kesän aikana.

Säätosalaojitusalueen valumavesissä pH-arvojen keskiarvoissa ei ole kevään ja syksyn välillä juuri minkäänlaisia eroja vuosina 2010-2011. Myös elokuussa mitatut arvot olivat yhtä alhaisia kuin kovimpien ylivaluntakausien aikana. Säätosalaojitusalueelle lisävettä ei ollut kesän aikana johdettu

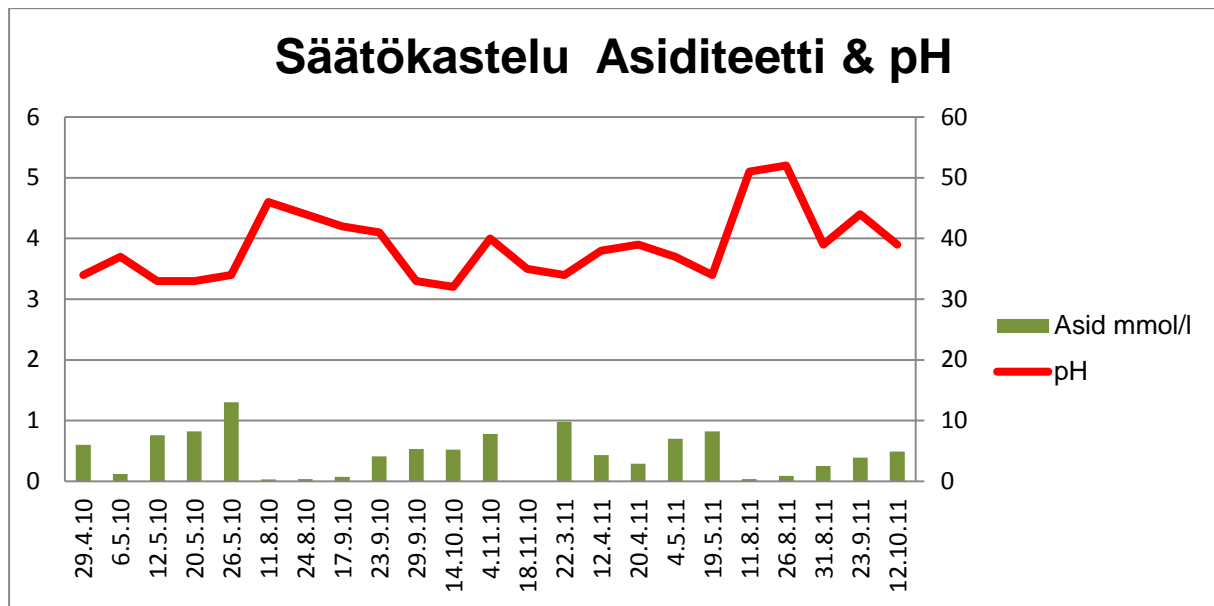


KUVIO 4. Säätösalaojituksen ja –kastelun salaojaveden pH:n vaihtelut vuosina 2010-2011

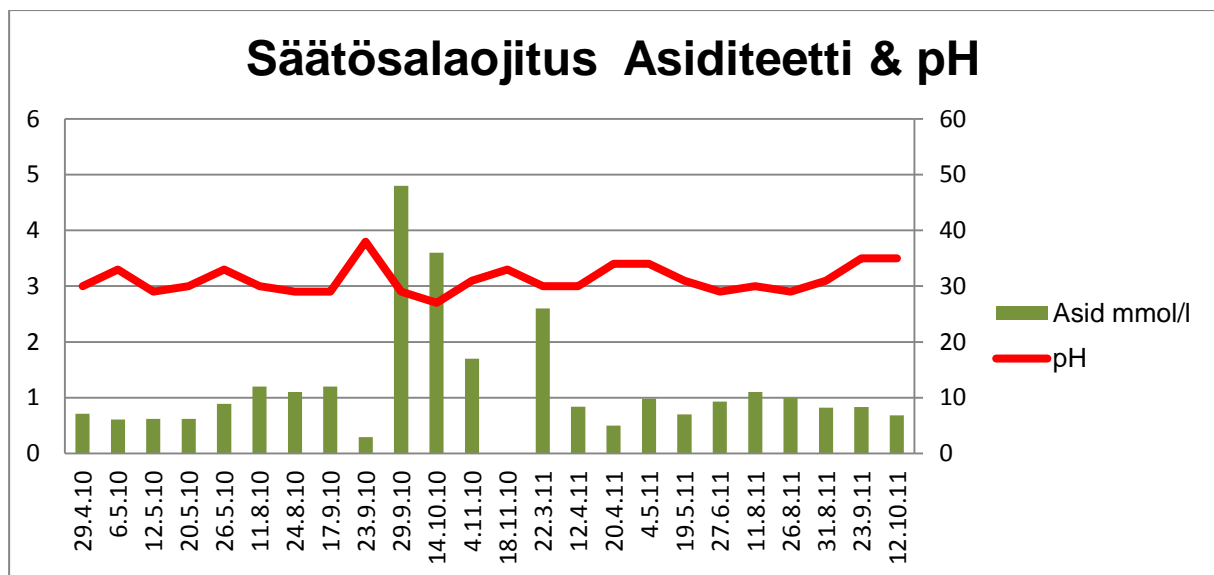
6.2 Asiditeetti

Asiditeetilla tarkoitetaan vedessä olevien happamien yhdisteiden kokonaismäärää ja se kuvastaa veden kykyä vastustaa pH:n muutosta (Valtion ympäristöhallinnon verkkosivusto 2011, hakupäivä 22.1.2013).

Koealueelta otetuissa vesinäytteissä asiditeetin vaihteluväli säätökastelualueella oli 0,28 mmol/l – 9,8 mmol/l (Kuvio 5). Säätösalaojitusalueella vaihteluväli oli kastelualueetta huomattavasti korkeammalla tasolla 2,9 mmol/l – 48 mmol/l (Kuvio 6). Molemmilla alueilla oli nähtävissä selkeä yhteys pH:n laskun ja happamien yhdisteiden määrän kasvun välillä.



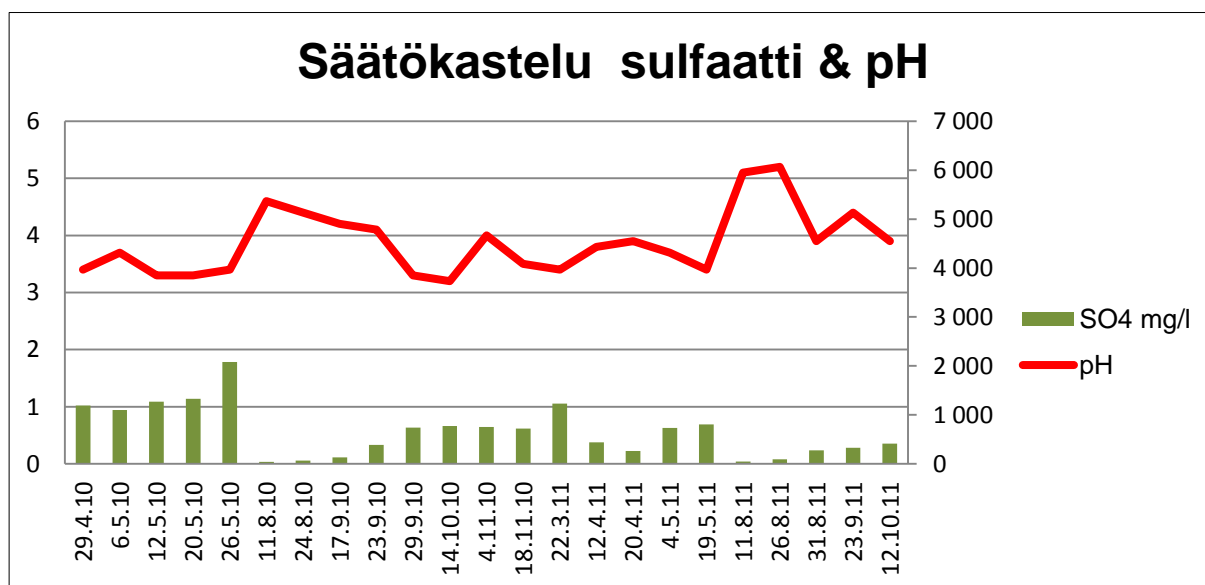
KUVIO 5. Säätökastelualueen salaojaveden asiditeetin määrä ja pH:n vaihtelu vesinäytteessä.



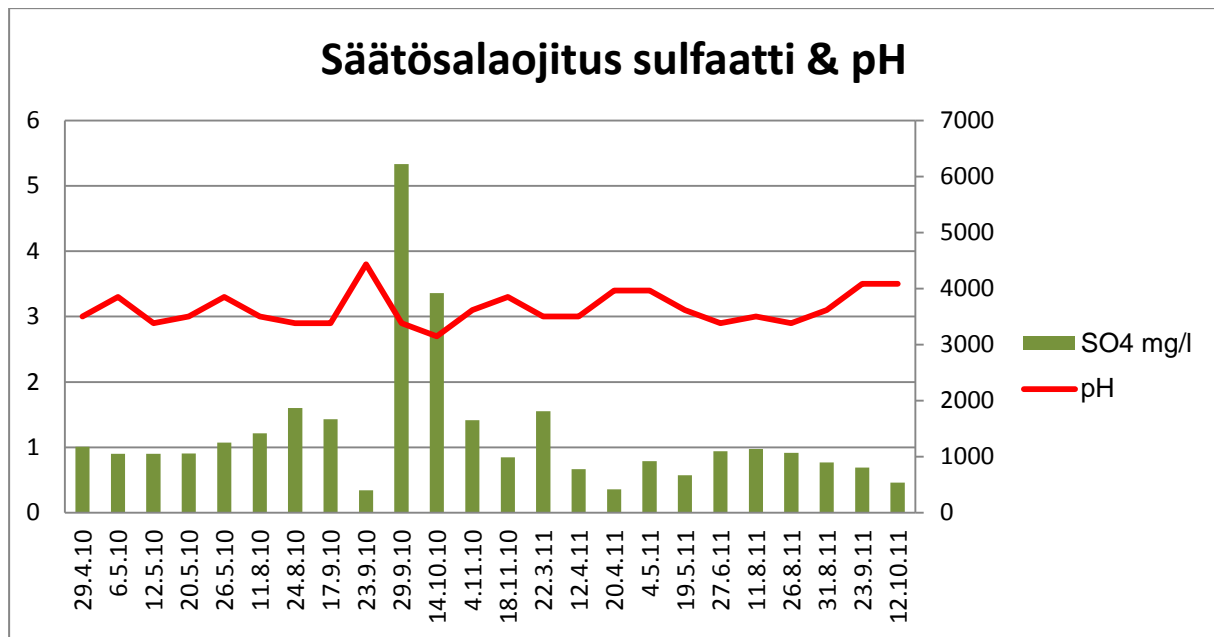
KUVIO 6. Säätösaloitusalueen salaojaveden asiditeetin määrä ja pH:n vaihtelu vesinäytteessä vuosina 2010-2011.

6.3 Sulfaatti

Sulfaatin vaihteluväli säätokastelualueella oli vuosina 2010-2011 15,7 mg/l - 2080 mg/l (Kuvio 7) ja säätosalaajitusalueella huomattavasti suurempi 540 mg/l – 6220 mg/l (Kuvio 8). Säätosalaajitusalueella kaikkein suurin sulfaatin määrä oli mitattu samaan aikaan kuin pH:n alin mitattu arvo. Myös sulfaatin määrä vedessä kasvoi tuhatkertaiseksi pH:n laskiessa alaspäin. Esimerkkinä tällaisen sulfaattimäärän haitallisuudesta vedessä voidaan mainita tielaitoksen korroosioraja-arvo sulfaatille, joka on >250 mg/l, jonka Ruukin koelohkon vesinäytteiden sulfaattimäärät ylittävät moninkertaisesti (Välimäki 2.4.2013, sähköpostiviesti).



KUVIO 7. Sulfaatin määrä ja pH:n vaihtelu säätokastelualueen salaojavedessä vuosina 2010-2011.



KUVIO 8. Sulfaatin ja pH:n vaihtelu säätösalaojitusalueen salaojavedessä vuosina 2010-2011.

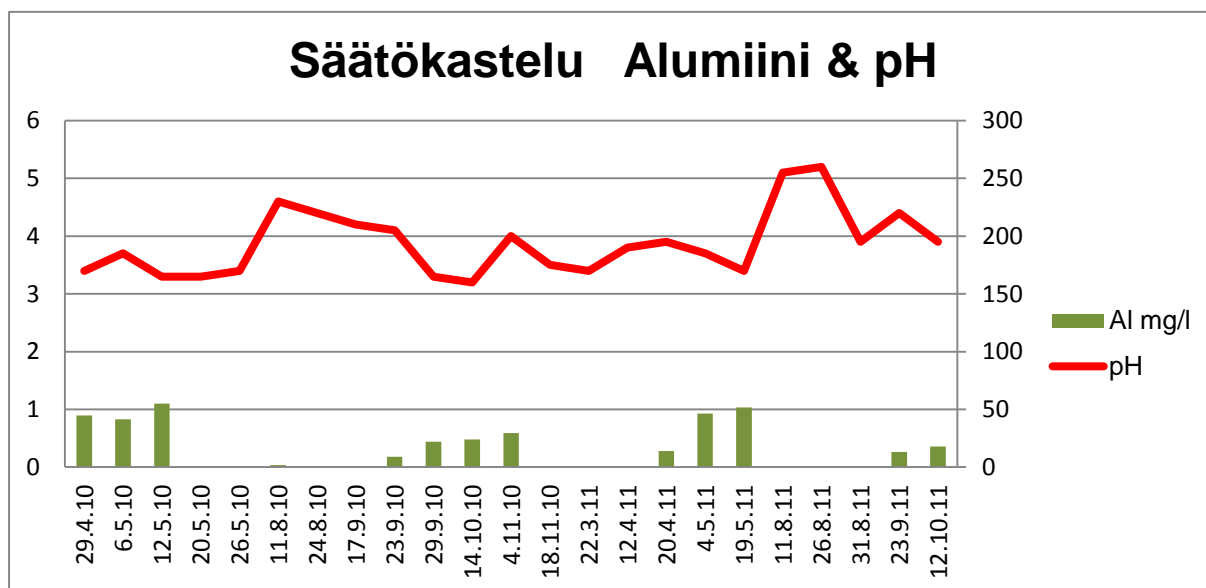
6.4 Alumiini

MTT:n koekentältä otettujen vesinäytteiden alumiinipitoisuus vaihteli säätökastelualueella 0,24 mg/l – 54,9 mg/l riippuen vuodenajasta ja veden pH-arvosta (Kuvio 9). Säätösalaojitusalueella vaihteluväli oli huomattavasti korkeampi, mikä oli ennustettavissa säätöalueen säännöllisesti alemman pH-arvon vuoksi (Kuvio 10). Alumiinin määrän vaihteluväli oli 21,8 mg/l - 270 mg/l.

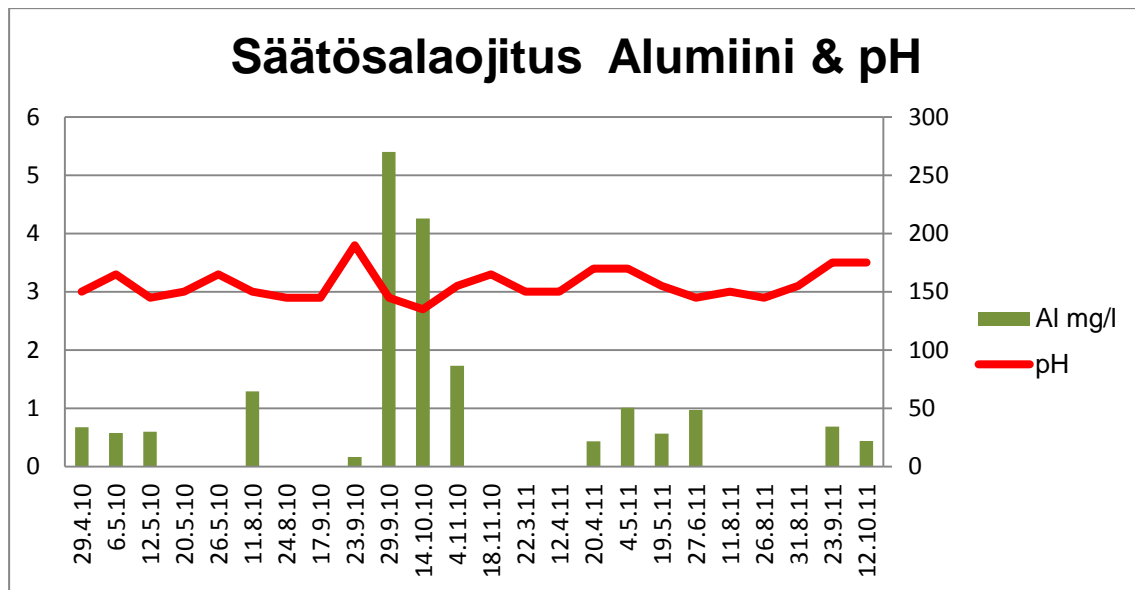
Vuosina 2010-2011 säätösalaojitusalueen korkeimmat arvot on mitattu syksyllä jonkin verran ylivalunnan alkamisen jälkeen ja kastelualueella päinvastoin keväällä. Alumiinin määrä vedessä oli selvästi sidoksissa pH:n laskuun. Lähes kaikkia vesinäytteistä mitattuja alumiinin määriä voidaan pitää vesieliöille ja kaloille erittäin haitallisina (Valtion ympäristöhallinnon verkkosivusto 2011, hakupäivä 22.1.2013).

Alumiinin toksisuus varsinkin vesieliöille kasvaa pH:n laskiessa, joten alumiinin määrän toksisuuden vedessä määrittää veden happamuus.

Kaloille toksisia vaikutuksia aiheuttava alumiinin määrä on jo 0,1 mg/l jos pH on lähellä niiden sietorajaa (pH alle 5,0). Alumiini saostuu kalojen ja pohjaeläinten kidusten pinnoille ja vaikeuttaa niiden hengitystoimintaa. (Valtion ympäristöhallinnon verkkosivusto 2011, hakupäivä 22.1.2013.)



KUVIO 9. Säätökastelualueen salaojaveden alumiinin määrä ja pH-arvo vesinäytteessä vuosina 2010-2011.



KUVIO 10. Säätösalojitusalueen alumiinin määrä ja pH-arvo salaojavedessä vuosina 2010-2011.

6.5 Vesianalyysien yhteenvetoa ja johtopäätöksiä

Vesianalyyseistä saadut tulokset noudattavat linjaa, jossa pH:n laskiessa haitallisten aineiden ja yhdisteiden arvot nousevat kun happamuus irrottaa maaperästä metalleja ja muita yhdisteitä. Säätöojitusalueen tulokset ovat lähes kaikelta osaltaan huonommat kuin kastelualueen, mikä oli odotettavissa huomattavasti alhaisempien pH-lukemien vuoksi. Alhaiset lukemat taas johtuvat siitä, että vuonna 2010 kesällä maaperä kuivui jo alkukesästä syvälle Ruukin koeaseman pelloilla. Patoamisesta huolimatta säätösalojitusalueella pohjavesi vajosi hetkellisesti 130 cm:n syvyydessä sijaitsevan sulfidikerroksen alapuolelle keskikesällä ja osin hapettuneeseen kerrokseen pidemmäksi aikaa. Tämä kuivuminen aiheutti hapettumista rikkipitoisissa kerrostumissa ja loppukesän sateet saivat happamuutta ja muita haitallisia yhdisteitä liikkeelle. Säätökastelualueella samankaltainen kuivuminen saatiin estettyä valtavalla kastelumäärällä. Pohjaveden pinta ei vajonnut kertaakaan sulfaattimaahan asti kastelualueella ja siksi vesinäytteiden tuloksetkaan eivät ole arvoiltaan yhtä haitallisia. Kaiken kaikkiaan pellolta tuleva vesi on lähes kaikilta arvoiltaan vesistölle erittäin haitallista.

7 HAPPAMIEN VALUMAVESIEN HALLINNAN KEINOJA

Tärkeimpiä lähtökohtia happamien valumavesien hallinnassa on sulfidikerrosten hapettumisen estäminen, jolloin voidaan estää happamien kuormitusten lähteminen liikkeelle maaperästä. Hyvinä keinoina voidaan pitää säätösalaojitusta sekä säätökastelua. Hapettumisen estämisen lisäksi säätösalaojituksella voidaan ylivalunnan aikana hallita happamuuspiikkejä kun kaikkea vettä ei tarvitse päästää liikkeelle kerralla. Pienempinä määrinä happamasta sulfaattimaasta liikkeelle lähtevä vesi ei aiheuta niin paljon haittaa vesistöissä kun sen vaikutus laimenee suuremmissa vesimassoissa.

Ongelmaksi muodostuu se, että kaikki nämä toimenpiteet vaativat investointeja sekä seuranta- ja hoitoa vaihtelevissa määrin riippuen toimenpiteestä eivätkä tukitasot riitä kattamaan kustannuksia. Säätösalaojitustakin voidaan toteuttaa vain oikeanlaisille lohkoille, jotka soveltuvat salaojitukseen, joten kaikenkattava ratkaisu sekään ei ole. MTT:n tutkijan ja Haku-hankkeen projektipäällikön Raija Suomelan tekemän maanomistajahaastattelun mukaan viljelijät eivät ole kovin halukkaita osallistumaan sulfaattimaiden valumavesien hallinnan kustannuksiin ilman riittävää tukikäytäntöä. Säätökastelun toteuttamisessa halukkuutta on vielä selvästi vähemmän kuin säätösalaojituksen. (Suomela 11.12.2013, Haku-päätösseminaari.)

7.1 Säätökastelun ja kuivatusveden kierrätyksen kannattavuuden ongelmat happamien vesien hallinnassa

Ongelma on myös säätökastelussa tarvittavan veden määrä. Pellolle pumpattava vesi saadaan yleisimmin läheisestä vesistöstä ja kun kastelutarve on kovimmillaan kuivana kautena, sen riittävyys luonnonvesissäkin voi olla koetuksella. Kastelua muilla keinoin voidaan pitää kannattamattomana. Kuivimpina kesinä pelkkä säätösalaojitus voi olla riittämätön toimenpide kun padottu vesi vajoaa alempiin kerroksiin aiheuttaen sulfidikerrosten hapettumista. Säätökastelussa ja kuivatusveden kierrätyksessä kustannukset nousevat ja seurannan tarve on suurempi, mutta vettä voidaan mahdollisuuksien mukaan johtaa salaojaputkistoon

lisää kuivana aikana ja näin ollen pitää veden pinta sulfidikerrosten yläpuolella. Tukien määrässä kasvava työmäärä on otettu huomioon, mutta toisaalta rakentamisvaiheessa tulevia lisäinvestointeja ei korvata. Joissakin tapauksissa säätokastelusta voidaan saada sadonlisäystä verrattuna muihin ojitusmenetelmiin (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 320) ja tämä lienee yksi ainoista keinoista, joka kompensoi viljelijälle kastelun aiheuttamaa kustannusten kasvua ja lisääntynyttä työmäärää.

Sulfaattimaan säätokastelusta puhuttaessa ei voida puhua normaalista altakastelusta kun kastelun määrää säätelee pääasiassa sulfaattikerrostumat. Kerrostumat ovat epätasaisia ja kastelun hyödyn saavuttamiseksi pitäisi tietää kasteltavan lohkon rikkipitoisten kerrostumien profiili, joka taas tarkoittaa, että kastelun suunnittelu täytyisi suunnitella lohkoittain, jotta voitaisiin varmistua siitä, että rikkipitoiset kerrostumat saadaan pidettyä veden pinnan alapuolella.

Säätokastelun kannattavuutta syövät kunnollisen suunnittelun, seurannan ja hoidon lisäksi myös rakentamiskustannukset sekä pumppaukseen tarvittavan energian määrä. Kesän sääolosuhteista riippuen pumppausta voidaan joutua suorittamaan valtavasti määrää. Sitä tukikäytännöissä ei ole huomioitu riittävästi vaan tukea saa ainoastaan seurantaan ja hoitoon. Haku-hankkeen maanomistajahaastattelun mukaan halukkuutta säätokastelun toteuttamiseen ei juuri ole, varsinkaan nykyisillä tukikäytännöillä ja –määrillä kun samaan aikaan vijelystä saatavat tulot ovat alhaiset (Suomela 11.12.2013, Haku-päätösseminaari).

7.2 Säätosalaojituksen kannattavuus happamien vesien hallinnassa

Säätosalaojitus happamien sulfaattimaiden valumavesien hallintakeinona on kastelua huomattavasti potentiaalisempi vaihtoehto viljelijän kannalta. Säätosalaojituksessa veden pinnan säätelyä hoitaa em. padotusjärjestelmä, jonka säädön piirissä voi olla hyvinkin laajoja alueita kerrallaan, jolloin sen hoitaminen on vaivattomampaa (Paasonen-Kivekäs ym. 2009, 317). Säätosalaojituksen toteuttaminen vaatii kustannuksia sitä perustettaessa, mutta ei vaadi jatkuvaa säätämistä ja

energiankäyttöä verrattuna säätökasteluun. Seuranta- ja hoitokustannuksia kattaa jonkin verran ympäristötukisopimuksen erityistuki.

7.3 Muut keinot

Happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentämiseen tähtäävä Catermass-hanke on kokeillut omalla koelohkollaan sulfaattimaalla sijaitsevan pellon ympäröimistä muovilla, jolloin vesi yritetään pitää ongelmalohkolla patoamalla myös piiriojiin pellolta mahdollisesti tapahtuva ohivirtaus. Kestävä muovikalvo asennettiin 1,8 metrin syvyyteen siten, että maan pinnalle jäi kuitenkin n. 30 cm:n syvyinen muokkauseros ilman muovitusta. (Catermass 2010, hakupäivä 3.4.2013.) Kokeilun onnistumisesta saadaan tietoja lähitulevaisuudessa. Maahan laitettava materiaali ei kuitenkaan voi olla mitä tahansa, koska tiettävästi hapan vesi syövyttää ajan kuluessa tehokkaasti eri materiaaleja.

Yhtenä vaihtoehtona voidaan pitää myös kalkkisuodinoitusta, jolloin pellolta lähtevä vesi neutraloidaan ennen sen pääsyä luonnonvesistöihin. Kalkkisuotimia tehtäessä ojakaivantoihin sekoitetaan maan ja poltetun kalkin seosta, joka poistaa pellolta lähtevästä vedestä happamuutta. Lisäksi kalkkisuotimella voidaan vähentää pellolta lähtevän fosforin määrää. (Salaojituksen tavoiteohjelma 2020, 2002, 19.)

Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistiossa eräänä keinona pohditaan pienempää kuivatussyvyyttä vaativien kasvien viljelyä riskialueilla. Esimerkkinä työryhmämuistiossa mainitaan energiakasvien kuten ruokohelven viljely sekä nurmen viljely. (Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa. Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi 2009, 16.)

8 POHDINTA

Sulfaattimaat ovat ongelmana vielä pitkään, varsinkin alueellamme, jossa viljelystä on harjoitettu vielä suhteellisen vähän aikaa ja happamat maat eivät ole ehtineet huuhtoutua. Aivan rannikolla uusia potentiaalisia sulfaattimaita paljastuu koko ajan lisää ja ongelma on lähempänä maan pintaa koska ravinnekerrosta ei ole ehtinyt vielä muodostua kovin paljon.

Happamien sulfaattimaiden aiheuttamia ongelmia ei voida sivuuttaa ja se on selvää, ettei happamien valumavesien hallintaan ole yhtä oikeaa ratkaisua, joka sopisi kaikkialle. Ympäristölle vaarallisten happamien vesien hallintaan on ehdotettu useita keinoja, joista osa on laajastikin toteutettavissa ja osa on toteutettavissa selvästi aivan marginaalisilla, erityisillä ongelma-alueilla. Nurmen viljely pienempää kuivatussyvyyttä tarvitsevana kasvina on ehdotus, jossa ei välttämättä täysin ole otettu huomioon sitä, että nurmen viljelyyn käytettävät koneketjut ovat nykyisin raskaita ja konekoko kasvaa koko ajan. Nurmi korjataan ja lannoitetaan useamman kerran kesän aikana, joten pellon kantokyvyn täytyy säilyä hyvänä koko kasvukauden. Liian märkä pelto ei kannata raskaita koneita ja tiivistyminen haittaa pellon kasvukuntoa.

Säätökastelu vesistöjen läheisyydessä oleville pelloilla kuulostaa ihanteelliselta ratkaisulta sen säätömahdollisuuksien mukaan. Kustannukset tekevät siitä kuitenkin lähes mahdottoman toteuttaa, jos siitä ei ole viljelyksessä muuta hyötyä kuin pitää sulfidikerrostumat veden alla. Säätökastelu vaatii jatkuvaa seurantaa ja kuivina kesinä tarvitaan pitkiä pumppausjaksoja, jotka vievät paljon sähköä. Toisaalta jos kastelu toteutetaan kertaluontoisena ja lisävetä on mahdollista johtaa ojastoon vain muutamia kertoja kesän aikana, sen kannattavuus kasvaa. Varsinkin jos lisäveden lähde on lähellä.

Tukitasojen täytyisi kasvaa huomattavasti ja tuen tulisi kattaa perustamisesta aiheutuvia investointeja ja myös pumppaukseen käytettävän energian kustannuksia. Tällä hetkellä viljelijälle jäisi aivan liian suuret kulut itse maksettavaksi, mikä taas söisi entisestään viljelijöiden tuloa. Sulfaattimaa on myös esiintymissyvyydeltään niin epätasainen, että lohkoittainen suunnittelu olisi säätökastelussa ehdottoman tärkeää.

Säätösalaajitus taas on keinona huomattavasti edullisempi ja helpompi toteuttaa. Sen vaatima työmäärä ei ole niin suuri, eikä lähistöllä tarvitse olla vesistöä, josta lisävettä voisi pumpata. Säädot voidaan asettaa korkeuteen, joka sallii peltotyöt ja sadonkorjuun ja jonka alapuolelle sulfidikerrosten tiedetään varmasti jäävän. Säättöjen voidaan luontaisesti matalan pohjaveden omaavilla alueilla antaa olla päällä vaikka koko vuoden. Säätösalaajituksen ongelmana on se, että se ei välttämättä kuivimpina kesinä riitä patoamaan vettä riittävästi vaan maa kuivuu potentiaaliseen sulfaattimaahan asti ja hapettuminen tapahtuu. Toisaalta taas säätösalaajituksella kevättulvien ja syyssateiden aikaan voidaan happamuuspiikkiä pienentää kun kaikki vesi ei pääse kerralla pellolta vesistöön.

Uskoisin, että ratkaisuksi suositellaan useiden eri toimenpiteiden käyttöä mutta sitä ennen tukien täytyisi muuttua kattavammiksi ainakin riskialueilla. Ongelma ei ole viljelijöiden aiheuttama vaan luonnon muovaama ja hyvin pitkälti kesän sääolosuhteista riippuvainen, joten viljelijöiden halukkuutta osallistua toimenpiteisiin pitäisi tukea enemmän. Esimerkiksi ympäristötuen erityistukia voisi riskialueella tulevaisuudessa nostaa. Varsinkin jos toimenpiteet ovat viljelijän sadontuotannon kannalta merkityksettömiä.

Opinnäytetyön kehittämistehtävänä syntyi lyhyehkö opas, jonka tarkoitus on tutustuttaa lukija nopeasti ilmiöön. Sen ideana oli olla mahdollisimman helppolukuinen mutta kuitenkin kattava. Nopealla lukemisella oppaasta saa tietoa sulfaattimaa-ilmiön synnystä, sen aiheuttamista ongelmista, säätösalaajituksesta ja kastelusta ja mahdollisista tukimuodoista. Se on suunnattu nimenomaan alueen viljelijöille ja jaettavaksi esimerkiksi kesän viljelijätilaisuuksissa. Opas on myös helposti kopioitavissa ja näin ollen edullinen jakaa.

LÄHTEET

Catermass 2013. Koepellon rakentaminen. Hakupäivä 3.4.2013.
<http://www.catermass.fi/koekentta/koekentan-rakentaminen/?lang=fi>

Eden, P. Ympäristögeologi. Geologian tutkimuskeskus. 2012. Haku-hankkeen päätösseminaarin muistiinpanot 11.12.2012. Tekijän hallussa.

GTK 2011. Happamat sulfaattimaat. Tunnistaminen. Hakupäivä 18.1.2013.
http://www.gtk.fi/export/sites/fi/tutkimus/tutkimusohjelmat/merigeologia/tunnistus_2011.pdf

GTK 2013. <http://weppi.gtk.fi/aineistot/sanasto/litorina.htm>. (KUVA 1.)

GTK. 2012. Happamat sulfaattimaat – riskit ja kartoitus. Hakupäivä 20.11.2012.
<http://www.gtk.fi/tutkimus/tutkimusohjelmat/ yhdyskuntarakentaminen/sulfaattimaat.html>

Happaman vesistökuormituksen ehkäisy Siika-Pyhäjoki-alueella 2009-2012. Tutkimussuunnitelma 2009-2012.

Huhmarniemi, A. Tutkija. Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 2012. Haku-hankkeen päätösseminaarin muistiinpanot 11.12.2012. Tekijän hallussa.

Kohti happamien sulfaattimaiden hallintaa. Ehdotus happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivoiksi. 2009. Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio.
www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=9758. Hakupäivä 20.11.2012

Loukola-Ruskeeniemi, K. 1991. GTK.
arkisto.gtk.fi/m19/3344/m19_3344_91_1_30.pdf. Hakupäivä 20.11.2012

Maaseutuverkosto. 2009. Happamat sulfaattimaat.
http://www.maaseutu.fi/attachments/verkostoyksikko/5HZoFCNKU/happamat_sulfaattimaat_B5_LOW.PDF. Hakupäivä 20.11.2012

Mavi 2009. Säättosalaojituksen, säätökastelun ja kuivatusveden kierrätyksen hoitotoimenpiteet. Hakupäivä 26.2.2013.
http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/5FyGvxJE6/Salaojitus_2009_suomi.pdf

Mavi 2013a. Maatalouden investointitukien tukimuodot ja tuen enimmäismäärät vuonna 2013. Hakupäivä 26.2.2013.
http://www.mavi.fi/attachments/mavi/maaseudunrahoitus/6E1lsRDgJ/MAATALOUDEN_INVESTOINTITUKIEN_TUKIMUODOT_JA_TUEN_ENIMMAISMAARAT2013.pdf

Mavi 2013b. Valumavesien käsittelymenetelmät – Ympäristötuen erityistukisopimus. Manner-Suomen kehittämisohjelma 2007-2013. Hakupäivä 26.2.2013.
http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/65Fd3QUHe/esite14_valumavesien_kasittelymenetelmat_a4.pdf

MTT 2009. HaKu. Hakupäivä 18.1.2013.
<https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/esittely/toimipaikat/ruukki/Ruukin%20hankkeet/HaKu>

Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Vakkilainen, P. & Äijö, H. 2009. Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Jyväskylä:Gummerus.

Palko, J., Merilä, E. & Soini, H. 1988. Maankuivatuksen suunnittelu happamilla sulfaattimailla. Vesi- ja ympäristöhallitus.

Penttinen K. & Niinimäki J. 2010. Vesiensuojelun perusteet ja vesistöjen kunnostus. Tampere: Juvenes Print – Tampereen yliopistopaino.

Salaojien kunnossapito-opas 2000. Jäsenjulkaisu 2/99. Helsinki: Salaojakeskus ry.

Salaojituksen tavoiteohjelma 2020. 2002. Helsinki: Salaojakeskus ry.

Suomela, R. Tutkija. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 2013. Keskustelu. 22.3.2013. Tekijän hallussa.

Suomela, R. Tutkija. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 2013. Haku-hankkeen päätösseminaarin muistiinpanot 11.12.2012. Tekijän hallussa.

Suomen ympäristökeskus. 2010. Happamien sulfaattimaiden ympäristöriskien vähentäminen -sopeutumiskeinoja ilmastomuutokseen. Catermass. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=419040&lan=FI>. Lukupäivä. 29.11.2012.

Valtion ympäristöhallinnon verkkosivusto 2011. Alumiini jokivesistöissä. Hakupäivä 22.1.2013. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=12518&lan=fi>
www.maaseutu.fi/.../happamat_sulfaattimaat_B5_LOW.PDF

Välimäki, I. Laboratoriopäällikkö. Suomen ympäristöpalvelu Oy. Sähköpostiviesti 2.4.2013. Tekijän hallussa.

Äijö, H., Paasonen-Kivekäs, M. & Peltomaa, R. 2009. Säättosalaojitus. Hakupäivä 16.11.2012 www.maaseutu.fi/attachments/.../saatosalaojitus_kevyt_resoluutio.pdf

Äijö, H. Toiminnanohjaaja. Salaojayhdistys. 2012. Puhelinkeskustelu 28.11.2012. Tekijän hallussa.

Tietoa Siika- ja Pyhäjokialueen viljelijöille

Säätösalaajitus ja -kastelu happamalla sulfaattimailla



Mitä ovat sulfaattimaat?

Sulfaattimaat ovat entistä merenpohjaa jääkauden jälkeiseltä ajalta. Itämeren paikalla sijaitsi tuhansia vuosia sitten Litorina-meri, joka peitti alleen nykyiset rannikkoseudut. Meressä olleet bakteerit sitoivat jäätikön sulamisvesistä huuhtoutunutta happamuutta meren pohjaan.

Luonnollisessa tilassa happamat kerrostumat peittyvät ajan saatossa maakerrosten alle.

Maankohoamisen seurauksena vanhaa merenpohjaa paljastuu edelleen. Rannikolla sulfaattimaat ovatkin huomattavasti lähempänä pintaa kuin kauempana sijaitsevat, vanhemmat maat.

Koska sulfaattimaat ovat epätasaista vanhaa merenpohjaa, niiden esiintymissyvyys jopa yhden lohkon sisällä voi vaihdella suuresti.

Sulfaattimaiden aiheuttamat haitat

Maan sisässä, hapettomissa oloissa olevien sulfaattimaiden pH saattaa olla jopa 6. Ongelmat tulevatkin esille vasta kun kerrokset maan kuivuessa reagoivat hapen kanssa. Sulfaattimaan pH laskee hapettumisen jälkeen tavallisesti hyvin alas, jopa 3,5:een ja siitä huuhtoutuva happamuus ja metallit ovat vesistöille ja niiden eliöistöille, kuten kaloille, erittäin haitallisia.

Vuonna 2006 kesä kuivatti Siikajokilaaksossa maakerrokset syvälle ja hapettomissa oloissa olleet sulfaattimaat pääsivät kosketuksiin hapen kanssa. Kuivaa kesää seuranneet syyssateet huuhtoivat happamuutta (pH jopa alle 4,0) ja happamuuden maaperästä irrottamia metalleja vesistöihin tuhoisin seurauksin.

- Sulfaattimaat ovat vanhaa merenpohjaa
- Sulfaattimaat tunnetaan myös nimellä alunamaat
- Maankohoamisen seurauksena sulfaattimaita paljastuu koko ajan lisää
- Sulfaattikerrostuma pohjamaassa on epätasainen ja saattaa vaihdella eri syvyyksissä pienelläkin alueella

Miten tunnistan sulfaattimaat?

Rikkipitoiset, happamat sulfaattimaat ovat useasti Siikajoen valuma-alueella hiesusavea. Varmimmin sulfaattimaita löytyy alavilta alueilta, kuten jokien varsilta ja rannikolta. Sulfaattimailla on joitakin ominaisuuksia, joiden avulla ne on mahdollista tunnistaa silmämääräisestikin esim. ojankaivuun yhteydessä.

Hapettuneet sulfaattimaat:

- Maan kuivamisen seurauksena hapettuneet, lähempänä maan pintaa olevat kerrostumat
- Harmaita tai ruskeanharmaita
- Ruskeita tai oransseja rautasaostumia
- Sekä maan että veden pH jopa alle 3,5

Hapettumattomat sulfaattimaat:

- Pohjaveden alapuolella, veden peitossa.
- Saattavat tulla näkyville esim. ojia kaivettaessa
- Mustia tai tummanharmaita
- Myös sinertäviä
- Voimakas rikin haju
- pH yleensä hyvä, jopa 6,0.

Säätösalaojitus ja säätökastelu

Pohjaveden pintaa voidaan salaojapelloissa padota halutulle tasolle kokoojaojiin asennettavilla säätökaivoilla, jolloin kyseessä on säätösalaojitus. Salaojaputkistoon voidaan myös johtaa tarvittaessa lisävettä esim. joesta tai järvestä, jolloin kyseessä on säätökastelu.

Kuivatusveden kierrätyksessä säätösalaojitetun pellon kuivatusvesiä voidaan kerätä myös erilliseen varastoaltaaseen, josta vesi pumpataan salaojaputkiston kautta takaisin pellolle.

Sulfaattimaiden säätösalaojitus ja säätökastelu

Sulfaattimaiden hapettumisen ehkäisy on yksi tärkeimpiä torjuntakeinoja kun hapanta kuormitusta ei haluta pelloilta vesistöihin. Säätösalaojituksessa veden pinta pyritään patoamalla pitämään sulfaattikerroksen yläpuolella siinä määrin kun se on viljelyn kannalta mahdollista. Säätökastelussa pohjaveden pinnan pysymistä sulfaattikerroksen yläpuolella voi edesauttaa lisäkastelulla.

Säätösalaojitus

- + Vähäisempi seurannan määrä verrattuna säätökasteluun
- + Pienemmät perustamiskustannukset
- + Ei tarvitse energiaa toimiakseen
- Kuivimpina kesinä voi olla riittämätön

Säätökastelu

- + Kuivina kesinä sulfaattimaat saa varmemmin pidettyä pohjavedenpinnan alapuolella kuin pelkällä padotuksella
- Kastelun kustannukset (perustaminen, seuranta ja käyttö)
- Vaatii enemmän seurantaa verrattuna säätösalaojitukseen
- Suunniteltava lohko kohtaisesti sulfidikerroksen esiintymisen mukaan

Salaojituksen tuki ja ympäristötuen erityistuki

Salaojitukseen on mahdollista hakea investointitukea jonka määrät vuonna 2013 ovat:

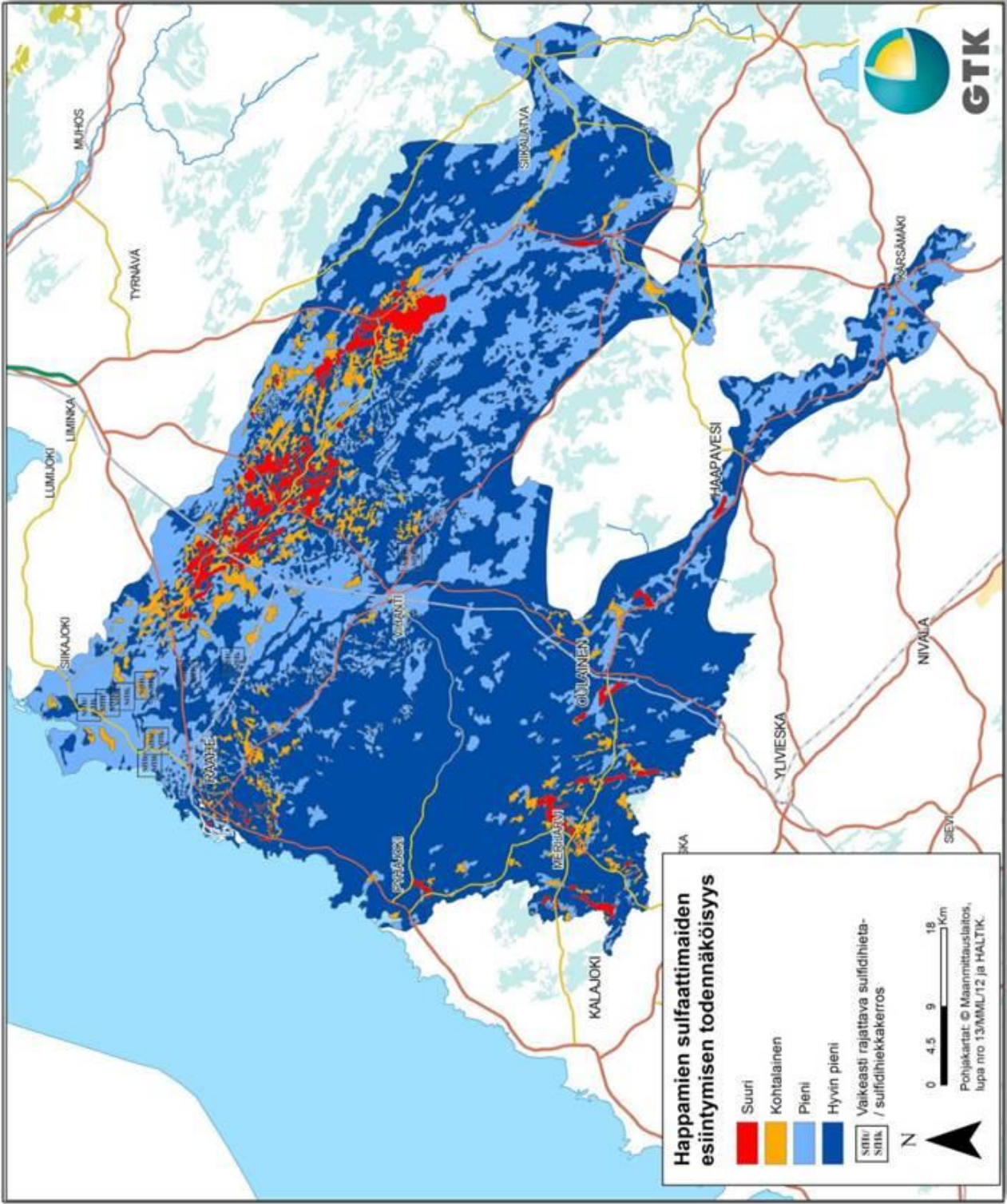
- 70 % korkotukilainan hyväksyttävistä kustannuksista
- 20 % korkotuen hyväksyttävistä kustannuksista
- 20 % hyväksyttävistä kustannuksista, jota voidaan korottaa 10 % kun tuen saaja täyttää nuoren viljelijän tuen edellytykset ja tilanpidon aloittamisesta ei ole kulunut viittä vuotta.

Lisäksi säätosalaojitukseen, säätokasteluun ja kuivatusvesien kierrätykseen on mahdollista hakea maatalouden ympäristötuen erityistukea, jonka enimmäismäärät vuonna 2013 ovat:

- | | |
|------------------------------------------------------|----------|
| ▪ Säätosalaojituksen seurannasta ja hoidosta | 54 e/ha |
| ▪ Säätokastelun seurannasta ja hoidosta | 108 e/ha |
| ▪ Kuivatusveden kierrätyksen seurannasta ja hoidosta | 140 e/ha |

Samalla sopimusosalalla voidaan toteuttaa vain yhtä toimenpidettä kerrallaan ja pellon täytyy täyttää salaojituksen tuen maksamiselle asetetut ehdot.

Erityistuella ei rahoiteta järjestelmien rakentamista vaan niiden täytyy olla jo rakennettuna tai rakenteilla kun tukea haetaan. Pienpumppaamoille tukea ei makseta.



Teksti ja toteutus: Maria Honkakoski

Kuvat: Raija Suomela

LIITE 2.

HAPPAMAN VESISTÖKUORMITUKSEN EHKÄISY SIIKA-PYHÄJOKI - ALUEELLA 2009-2012

TUTKIMUSSUUNNITELMA 2009-2012

MTT Ruukin tutkimusasemalle (N 64° 41,2', E 25° 5,3') perustettiin syksyllä 2009 koealue, jossa testattiin vuosien 2010-2012 ajan erilaisten salaojamenetelmien vaikutusta pellolta poistuvaan vedenlaatuun ja maan viljelyllisiin ominaisuuksiin. Koealue (kuva 1) sijaitsee Siikajoen läheisyydessä noin 45 m merenpinnan yläpuolella, ja koealueen maaperä on alueelle tyypillistä sulfaattimaata. Kyntökerros testilohkolla on erittäin runsasmultaista karkeaa hietaa tai multamaata (orgaanisen aineksen pitoisuus keskimäärin 18 %), ja pohjamaa on pääasiassa hienoa hietaa tai hiesusavea. Noin 100 vuotta viljelyssä olleen peltolohkon hapettumaton sulfideja sisältävä maakerros alkaa nykyisin yleensä 1,3-1,6 m syvyydellä maanpinnasta.

Testattavat ojitusmenetelmät olivat 1) säätökastelu, jossa pohjavedenkorkeus pyrittiin kasvukaudella pitämään kastelun avulla korkealla, 2) säätösalojitus, jossa pohjavettä padottiin salaojaverkostossa ja 3) tavanomainen salaojitus ilman veden patoamista. Kukin ojituslohko oli kooltaan noin 2 ha. Ojitusyvyys oli noin 1,3 m, mikä on selvästi syvempi kuin alueella tyypillinen 1,0 m ojasvyvyys. Ojituksen haluttiin selvästi ulottuvan ongelmalliseen pohjamaahan. Oli myös tarkoituksenmukaista tehdä tehokas ojitus, koska lohkoilla oli aiemmin ollut selkeitä vesitaloudellisia ongelmia. Imuojien väli oli säätösalojitusalueella ja tavanomaisesti ojitetulla alueella 10 m ja säätökastelualueella 8 m tasaisen kasteluveden jakautumisen varmistamiseksi. Peltolohkon alimman kohdan (kastelualueella) ja ylimmän kohdan (tavanomaisesti salaojitettu alue) kaltevuusero oli 0,14 astetta (korkeusero 0,69 m). Koekentän korkeusero vierellä virtaavaan Siikajokeen oli 2-3 m? (visuaalinen arvio)

Säätökastelualueella kasteluvesi pumpattiin Siikajoesta teholtaan 400W uppopumpulla ojituslohkon yläosassa olevaan kastelualtaaseen (30 m³). Erittäin kuumana ja kuivana kesänä 2010 kastelua tehostettiin hetkellisesti kiinteällä sähköpumpulla (22 kW). Kasteluvesi siirtyi kastelualtaasta ns. jakokaivon kautta säätösalojaverkostoon. Säätökastelualueen pohjaveden korkeus pyrittiin pitämään kastelun avulla lähellä alueen säätökaivon padotuskorkeutta, noin 80-90 cm maanpinnasta. Kastelu ajoitettiin yleensä virtalähteeseen liitetyllä ajastimella, ja kastelu aika suunniteltiin sääennusteiden perusteella. Vuonna 2010 kasteluvesimäärä mitattiin kasteluputkeen liitetyllä vesimittarilla, joka itse asiassa hieman heikensi pumppaustehoa, mutta vuonna 2011 vesimäärä arvioitiin pumpun keskimääräisellä tuotolla ja sen tarkalla käyttöajalla. Kastelualueella mahdollinen kasvukauden aikainen ylivirtaama ohjattiin pumppukaivoon, josta se pumpattiin takaisin kastelualtaaseen (ns. kuivatusveden kierrätys). Kasvukauden ulkopuolella ylivirtaama ohjattiin laskuaukkokaivon kautta pois peltoalueelta.

Säätöojitusalueen padotuskorkeus oli 70-80 cm maanpinnasta. Säätöalueen ylivirtaama ohjattiin säätökaivosta laskuaukon kautta pois pellolta. Säätöalueella ei ollut kuivatusveden kierrätysmahdollisuutta tai salaojakastelua. Kevään 2010 jälkeen säätökastelualueen ja säätösalojitusalueen padotukset pidettiin jatkuvasti (myös talvikaudet) päällä. Syksyn 2011 ylivirtaamakauden jatkuttua tammikuulle todettiin, ettei talviaikaisesta padotuksesta todennäköisesti ollut haittaa, ja säädöt jätettiin odottamaan kevään ylivirtaamaa. Myöhemmin nähtiinärkevänä pitää

padotus säädetyllä kohtuullisella tasolla vuosien yli, jottei padotus myöhästyisi tai ettei sitä unohdettaisi hoitaa.

Ylivirtaaman määrää mitattiin sekä kastelu- että säätojitusalueelta aluksi käsin astiamenetelmällä, mutta myöhemmin pumppaamalla ylivirtaamavesi uppopumpulla vesimittarin läpi. Tavanomaisesti salaojitetulla alueella virtaamamittaus oli koeteknisistä syistä haasteellista, eikä hankkeen aikana kyseiseltä ojitusalueelta saatu luotettavia virtaamatuloksia; tällä alueella esiintyi ajoittain tulvaa piiriojiin kertyvän veden takia.

Pohjavedenpinnankorkeutta mitattiin salaojakaivoista TruTrack WT-HR pinnankorkeusloggereilla 15 tai 30 minuutin pinnankorkeushavaintojen keskiarvoina sekä arkipäivisin (1 mittaus /vrk) käsin mittaamalla. Loggerien mittaustuloksia tarkistettiin ja tarvittaessa täydennettiin käsimittaustulosten perusteella. Tilanteissa, joissa pohjavedenpinta meni ojitussyvyyttä alemmas, pohjaveden todellista korkeutta ei tiedetty. Tällainen tilanne vallitsi suurimman osan aikaa tavanomaisesti salaojitetulla alueella.

Veden pH mitattiin salaojakaivoista kannettavalla pH -mittarilla (FennoLab Multi 3410). Mittaus tehtiin kerran päivässä keväällä ja syksyllä virtaamien ollessa voimakkaimmillaan ja 2-3 kertaa viikossa keskikesällä ylivirtaamien päätyttyä. Salaojakaivoista pyrittiin mittaamaan pH myös pH-loggereiden (TruTrack PH-HR) avulla, mutta ilmeisesti veden erittäin matalan pH:n, korkean suolapitoisuuden (johtoluvun) ja metallipitoisuuksien takia loggerit alkoivat hyvin nopeasti antaa epäluotettavia tuloksia ja /tai lakkasivat toimimasta kokonaan. Loggereiden tuloksia ei pystytty hyödyntämään koejaksolla lainkaan.

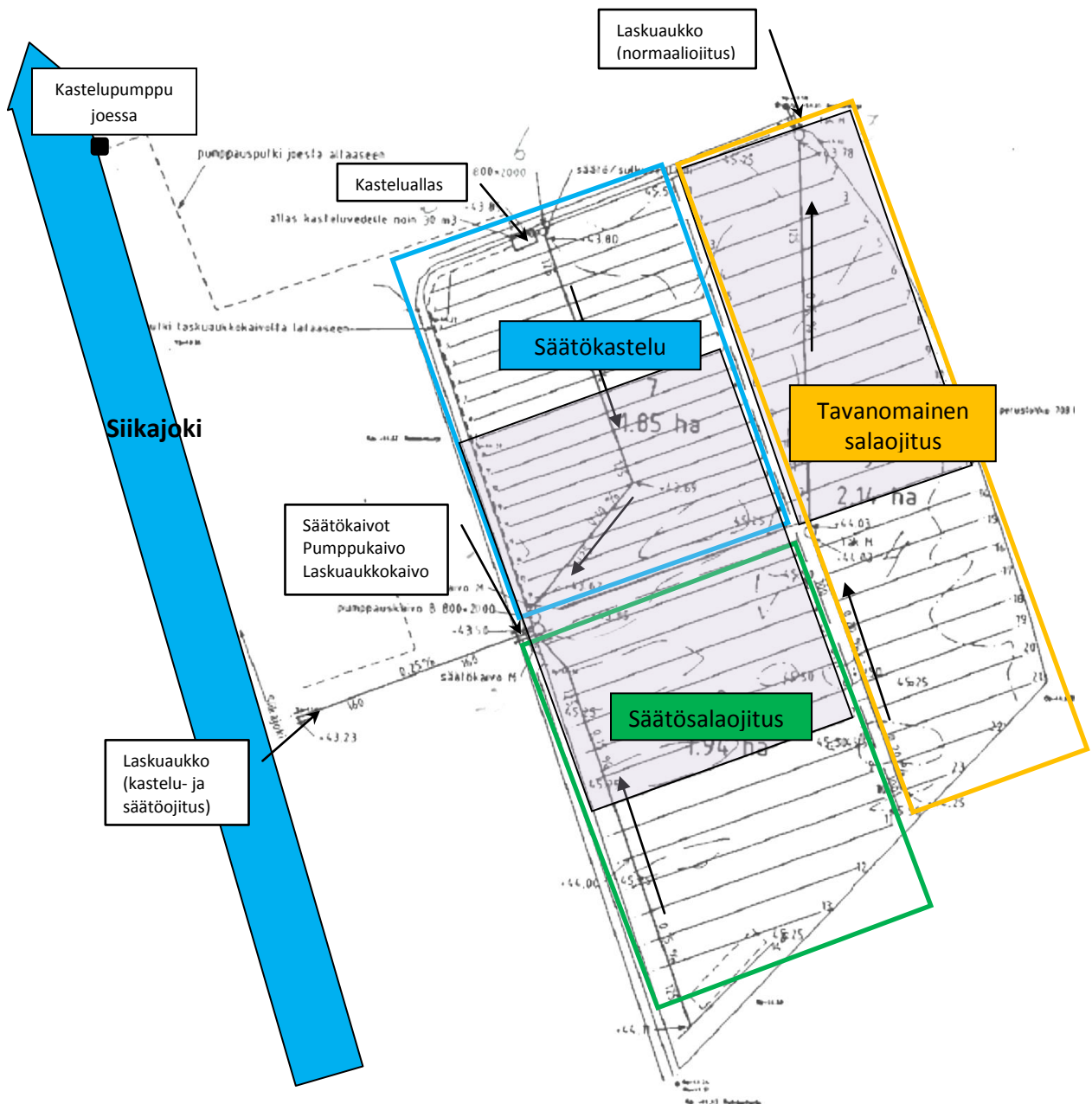
Vesinäytteitä otettiin salaojakaivoista huhtikuun ja joulukuun välisenä aikana. Voimakkaimman ylivirtaama-aikaan näytteenottotiheys oli jopa yksi näyte viikossa, mutta virtaaman ollessa vähäisempää näytteenottotiheys oli noin kerran kuukaudessa. Näytteet otettiin 0,5 l muoviasiastioihin ja niistä analysoitiin Suomen Ympäristöpalvelussa johtoluku, pH, alkaliniteetti ja asiditeetti sekä sulfaatti-, alumiini-, rauta-, koboltti- ja mangaanipitoisuudet (menetelmäkuvaukset liite 1a).

Koekentällä mitattiin myös ojitusmenetelmien vaikutusta alueelta saatavaan satoon. Samalla testattiin ojituksen yhteydessä tehdyn kuonakalkituksen vaikutusta saataviin satotuloksiin. Keväällä 2010 ennen kylvämuokkauksia levitettiin kynnökselle teräskuonaa (liite 1b) n. 9 t /ha puolelle kunkin ojitusalueen pinta-alasta. Kolme pääruutua sadonmäärityksessä olivat siis ojitusmenetelmät, ja osaruudut olivat "ei kalkitusta" ja "kalkitus". Koevuosien lannoitukset toteutettiin ympäristötukiehtojen lannoitussuositusten mukaisesti (liite 1c). Vuonna 2010 ohrasato puitiin tarkasti mitatuilta 0,5 ha alueilta talouspuimurilla ja viljakuormat punnittiin kuormava'alla. Vuoden 2011 kokoviljasadot ja vuoden 2012 kaksi nurmisatoa punnittiin korjuun yhteydessä Haldrup-koeruutuniittokoneella. Kyseisinä vuosina kunkin kojäsenen alalta niitettiin neljä kertaa noin 20 m² alue satomääritystä varten. Tarkka sadonkorjuuala määritettiin mittaamalla korjuualue tarkasti käsimitalla heti niiton jälkeen. Sadon laatua kuvaavia muuttujia määritettiin Suomen Ympäristöpalvelussa seuraavasti: kuiva-aine-, typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium-, magnesium-, rikki-, mangaani-, koboltti- ja nikkelpitoisuudet (g kg⁻¹).

Kuonakalkituksen vaikutuksia maahan selvitettiin syksyisin eri syvyyksistä otettujen maanäytteiden avulla. Näytteenottosyvyydet maanpinnasta olivat 0-10 cm, 10-25 cm ja 25-50 cm. Maanäytteistä tehtiin Suomen Ympäristöpalvelussa viljavuusanalyysin perustutkimus: pH, johtoluku (10*mS cm⁻¹) ja happamaan (pH 4,65) ammoniumasetaattiliuokseen uuttuva fosfori, kalium, rikki, kalsium, ja magnesium (mg l⁻¹maata). Lisäksi analysoitiin alumiini-, rauta- ja mangaani pitoisuudet (mg l⁻¹maata) käyttäen ammoniumasetaatti/EDTA (0,02M) -uuttoa.

Geologian tutkimuskeskus tutki koelohkon maaperää tekemällä yhteensä 10 kpl maaperäkairausta kasvukausien 2009 ja 2012 aikana. Näytteenotto- /kairaustiheys oli siis noin 1,7 kairausta hehtaarille. Kolmen metrin syvyyteen kairatut profiilinäytteet jaettiin 20 cm osanäytteisiin. Maan pH mitattiin heti maastossa pH (pH(m)), ja laboratoriossa määritettiin näytteiden kokonaisrikkipitoisuus (S_{tot} %) liuottamalla rikki typpihappoon tai kuningasveteen ja mittaamalla se plasmaemissiospektrometrillä (ICP-OES). Vuonna 2012 profiilinäytteistä määritettiin pH myös inkuboinnin jälkeen (pH(i)).

Kairattuja maanäytteitä pidettiin kosteina hapellisissa oloissa 8 - 16 viikkoa, niissä mahdollisesti oleva sulfidimuotoinen rikki hapettui, mikä saa aikaan pH:n laskun. Inkuboinnin jälkeen mitattuja pH-arvoja verrattiin maastossa mitattuihin pH-arvoihin. Mikäli pH oli laskenut neljään tai alle ja pudotusta on tapahtunut vähintään 0,5 yksikköä, voitiin näytteissä todeta esiintyvän sulfideja ja maaperä luokitella happamaksi sulfaattimaaksi. Happamaksi sulfaattimaaksi luokitellun maan hapettumattoman sulfidirikkipitoisen kerroksen kokonaisrikkipitoisuuden tuli olla $\geq 0,2$ % kuivapainosta. Maalajit määritettiin aistinvaraisesti ja nimettiin RT-luokituksen mukaisesti.



Kuva 1. Salaojamenetelmien vertailukenttä, jossa oli kolme eri kuivatusmenetelmää sekä kyseisten alueiden sisällä jako kuonakalkittuun (harmaa alue) tai kalkitsemattomaan alueeseen.

Testilohkojen tarkka kartoitus paljasti, että hapettumattoman sulfidikerroksen ja happaman maakerroksen esiintyminen voivat vaihdella paljon, vaikka pelto olisi tasainen muodoltaan ja samanlainen ojitus- ja viljelyhistorialtaan. Tavanomaisesti salaojitetun alueen pohjamaa poikkesi selvästi säätökastelu- ja säätösalojituslohkoista niin, että maaperän kokonaisrikkipitoisuudet olivat tavanomaisesti salaojitetulla alueella aina säätökastelu- ja säätöojitusaluetta selvästi pienemmät. Lisäksi hapettumaton sulfidikerros havaittiin tavanomaisella ojituslohkolla vain alueen keskiosassa kairatussa näytteessä (kuva 2). Ojitusalueen ulkoreuna (noin puolet tavanomaisen ojitusalueen alasta) olikin todennäköisesti syvälle hapettunut. Kyseisen alueen maaprofiilissa ei havaittu hapettumatonta sulfidikerrosta lainkaan, mutta minimi pH:ksi mitattiin noin 100 cm syvyydellä pH hieman alle 4. Tämä alhainen pH kertoo siitä, että maassa on todennäköisesti ollut jonkin verran sulfidia mutta se on

jo kokonaan hapettunut ja hapettumistuotteet ovat huuhtoutuneet pois. Tämä lohko sijaitsi kauempana joesta ja maastossa hieman ylempänä kuin kaksi muuta koelohkoa, mikä selittää myös maaperän ominaisuuksissa havaitun eron.

Säätökastelu- ja säätösalaajalohkoilla hapettumaton sulfidikerros alkoi yleensä noin 160 cm syvyydellä (kuvat 4 ja 5). Salaojituksen yhteydessä syksyllä 2009 selvisi, että tällainen kerros saattoi kyseisillä ojitusalueilla tulla vastaan paikoin jo alle 150 cm maan pinnasta. Säätökastelu- ja säätöojitusalue olivat maaprofiileiltaan kohtuullisen samanlaisia, vaikka esimerkiksi kastelualueella maan kokonaisrikkipitoisuus oli yleensä hieman suurempi kuin säätöojitusalueella.

MTT:n vuonna 1992 ottamista maanäytteistä selviää, että jankon yläosan (30 – 40 cm maanpinnasta) pH oli tuolloin 3,4. Tällaisesta todella matalasta pH-arvosta voi päätellä pellon olleen hyvin märkä hyvin pitkään ennen 1980-luvulla tehtyä (tiiliputki)salaojitusta, ja että ennen 1980-luvun salaojitusta sulfideja on ollut hyvinkin voinut esiintyä lähempänä kuin 1 m maan pinnasta. Nykyinen maaprofiili testilohkolla ja testilohkon lähetyvillä sijaitsevilla peltolohkoilla, joissa hapettuminen on edennyt noin 150 cm syvälle, on siis todennäköisesti muodostunut pitkälti viimeisten 20 vuoden aikana (kuvat 6 ja 7). Esimerkiksi Limingan Tupoksessa, jossa sijaitsi 1980-luvulla sulfaattimaiden kuivatustutkimusta varten tehty koekenttä, sulfidikerrokset alkoivat vain 30-65 cm syvyydellä (Yli-Halla 1997).