

Voiko peltobioenergiatuotanto vähentää happamilta sulfaattimailta tulevaa vesistökuormitusta?

Seija Virtanen¹⁾, Asko Simojoki¹⁾, Markku Yli-Halla¹⁾ & Matti Ylösmäki²⁾

¹⁾*Soveltavan kemian ja mikrobiologian laitos, 00014 Helsingin yliopisto, seija.virtanen@helsinki.fi, asko.simojoki@helsinki.fi, markku.yli-halla@helsinki.fi,*

²⁾*Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen, matti.ylosmaki@mtt.fi*

Peltoviljelyssä olevista happamista sulfaattimaista purkautuu vesistöihin ajoittain hyvin hapanta ja runsaasti metalleja sisältävää kuivatusvettä. Vähäistä kuivatussyvyyttä vaativan ruokohelven viljely bioenergiatuotantoon saattaisi olla yksi ratkaisu tähän ongelmaan näillä alueilla.

Tutkimus kuivatussyvyyden vaikutuksesta ruokohelven tuotantoon happamilla sulfaattimailta sekä kuivatussyvyyden ja kasvin vaikutuksesta valumaveden laatuun aloitettiin kesällä 2007 osana maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan yhteistutkimushanketta "Peltobioenergiaketjut - raaka-aineen tuotanto ympäristöllisesti ja taloudellisesti kestäväällä tavalla" esikokeilla, joissa selvitettiin, voidaanko happamilta sulfaattimailta otettuja suuria maanäyteliäriöitä käyttää pelto-olojen simulointiin. Esikokeissa pyrittiin luomaan toimiva mittausjärjestelmä ennen laajemman kokeen aloittamista ja kasvullisten jäsenten mukaanottamista. Käytännön toteutukseen kehitettiin häiriintymättömien suurten maapatsaiden ottamisen tekniikka, vedensäätöjärjestelmä ja jatkuvatoimisten mittausten instrumentointi kahden suuren maanäyteliäriön avulla.

Isot maaliäriöt otettiin Viikin koetilan pelloilta, joka on hapanta sulfaattimaata. Samalle peltolohkolle asennettiin pohjavesiputkia pohjaveden laadun ja korkeuden seuraamiseksi. Pohjaveden korkeuden vaihtelun aiheuttamia muutoksia maanäyteliäriöissä verrattiin kasvukauden aikana pelloilta mitattuihin pohjaveden laadun muutoksiin.

Maanäyteliäriöistä mitattiin maan redox-potentiaalia sekä vesipitoisuutta, lämpötilaa ja sähkönjohtavuutta jatkuvatoimisesti 10 minuutin välein muokkauskerroksesta, hapettuneesta kerroksesta ja pelkistyneestä kerroksesta. Aineiston keräämiseen käytettiin dataloggereita (Agilent 34980A) ja (Degacon Em50), josta tulokset siirrettiin tietokoneelle. Maan pH-arvoa ja huokosveden koostumusta seurattiin määrääjoin.

Redox-mittausten toteutus käyttäen suolasilla avulla toteuttua yhteistä referenssielektrodia kaikille Pt-elektrodeille antoi luotettavia tuloksia. Jatkuvatoimisen ja manuaalisen redox-mittauksen keskimääräinen ero oli pienin pelkistyneessä kerroksessa (38 mV) ja hapettuneissa kerroksissa hieman isompi (100 mV). Pohjaveden pH:n, sähkönjohtavuuden ja redox-potentiaalın muutokset pohjaveden korkeuden funktiona pelloilla ja maanäyteliäriöissä olivat samansuuntaisia. Pohjaveden pinnan nousu laski redox-potentiaalia ja sähkönjohtavuutta ja nosti veden/maan pH-arvoa molemmissa.

Esikokeesta saadut alustavat tulokset viittaavat siihen, että maanäyteliäriöllä voidaan simuloida pelloilla tapahtuvia pohjaveden muutoksia ja seurata pohjaveden korkeuden vaikutusta maan ominaisuuksiin. Pohjaveden nostolla oli esitutkimuksessa pH-arvoa nostava vaikutus, kuten aiemmissa happamilla sulfaattimailta tehdyissä tutkimuksissa on havaittu. Ruokohelven kasvu pohjaveden pinnan ollessa korkealla ja kasvin vaikutus maan ominaisuuksiin ja valumaveden laatuun on tutkimuksen seuraava vaihe.

Johdanto

Viljanviljelyn vaatima kuivatus ja ympäristönäkökohdat ovat happamilla sulfaattimailla keskenään ristiriidassa. Pohjanmaan happamilla sulfaattimailla viljantuotannon vaatima kuivatussyvyys saattaa pelkistyneitä maakerroksia alttiiksi hapettumiselle. Syksyllä pohjaveden nousu ja runsaat sateet huuhtovat hapettuneista kerroksista vesistöihin hyvin hapanta kuivatusvettä, jossa on myös kohonneita metallipitoisuuksia (Roos ja Åström 2005). Seurauksena on mm. kalakuolemia laskuvesistöissä (Åström ja Björklund 1995).

Pohjaveden korkeuden nostaminen pienentää vesistökuormitusta, mutta sen toteutus esimerkiksi säätösalaajituksella ei aina onnistu (Bärlund et. al. 2005). Tällaisilla alueilla siirtyminen pienempää kuivatussyvyyttä vaativan kasvin viljelyyn voisi poistaa tämän ristiriidan. Bioenergiakasvina kasvatettava ruokohelvi voisi olla näille maille sopiva viljelykasvi. Ruokohelven korjuu tehdään kevättalvella maan ollessa roudassa, joten kuivatusta ei tarvita koneiden kantavuuden takia.

Tutkimuksen eräänä tavoitteena on selvittää kuivatussyvyyden vaikutus ruokohelven kasvuun ja tuottoon happamilla sulfaattimailla sekä erityisesti kuivatussyvyyden ja kasvin vaikutus valumaveden laatuun. Tutkimus koostuu laboratoriossa ja kasvihuoneessa toteutettavista kokeista sekä mittauksista koekentällä. Laboratoriossa tutkitaan maan fysikaalisten ominaisuuksien vaikutusta sulfaattimaiden hapettumiseen, hapettumisen nopeuteen sekä siinä syntyvien haitallisten aineiden määrään. Lisäksi selvitetään haitallisten aineiden liikkumista veden mukana ja maan rakenteen muuttumista hapettumisprosessien seurauksena. Suurten maanäytelieriöiden avulla selvitetään pohjaveden korkeuden vaikutusta maan pelkistymiseen ja hapettumiseen, sekä tämän vaikutusta happamien sulfaattimaiden soveltumiselle ruokohelven kasvualustaksi. Tutkimus on osa maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan yhteistutkimushanketta "Peltobioenergiaketjut - raaka-aineen tuotanto ympäristöllisesti ja taloudellisesti kestäväällä tavalla".

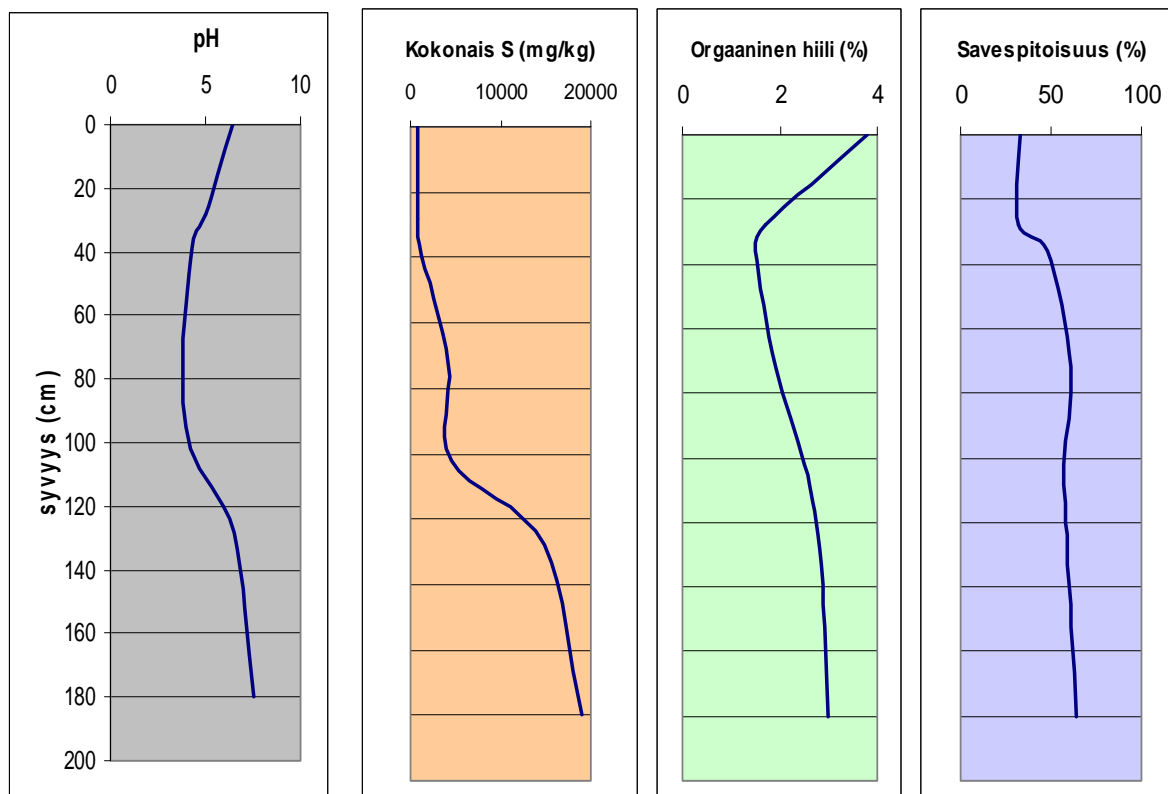
Tutkimus aloitettiin kesällä 2007 esikokeilla, joissa selvitettiin, voidaanko suuria maanäytelieriöitä käyttää pelto-olojen simulointiin. Maanäytelieriöiden etuna kentäkokeisiin verrattuna on vedenkorkeuden muutosten kontrolloitu säätö, mittausten helpompi järjestäminen ja pienemmät perustamiskustannukset. Maanäytelieriöissä tapahtuvien muutosten vastaavuutta pelto-olosuhteissa tapahtuviin muutoksiin selvitettiin vertaamalla lieriöistä saatuja tuloksia pelloilta mitattuihin kasvukauden aikana tapahtuneisiin pohjaveden laadun muutoksiin.

Kenttämittaukset tehtiin samalla pellolla, jolta maanäytelieriöt oli otettu. Happamia sulfaattimaita esiintyy yleisesti Suomen rannikoilla muinaisen Litorina-meren rantaviivan alapuolisilla alueilla (Hartikainen 2001). Esimerkiksi osa Helsingin yliopiston Viikin koetilan pelloista on happamia sulfaattimaita.

Esikokeen toisena tavoitteena oli selvittää tutkimuksen käytännön toteutuksen ongelmia ja luoda toimiva mittausjärjestelmä ennen laajemman useita suuria maanäytelieriöitä käsittävän kokeen aloittamista ja kasvullisten jäsenten mukaanottamista. Käytännön toteutukseen kehitettiin tekniikka häiriintymättömien suurten maapatsaiden ottamiseen, toimiva vedensäätöjärjestelmä ja jatkuvatoimisten mittausten instrumentointi kahden suuren maanäytelieriön avulla.

Aineisto ja menetelmät

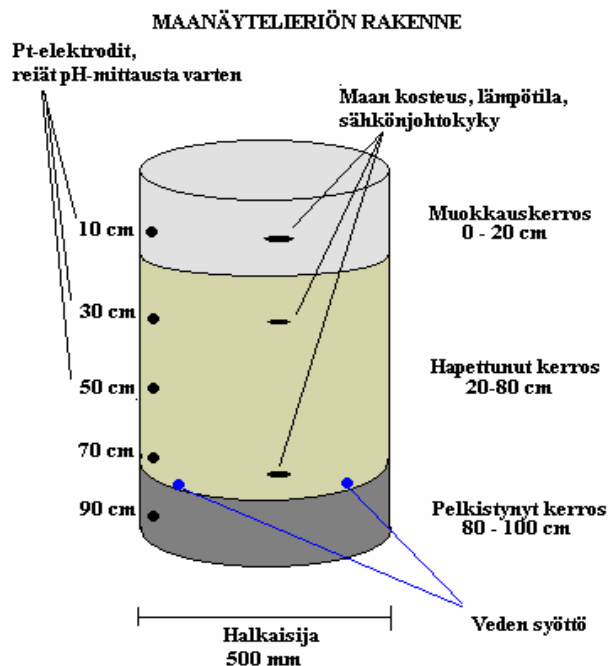
Esikokeeseen maanäytelieriöt otettiin Viikin koetilan Patoniityn pelloilta, jonne asennettiin pohjavesiputkia pohjaveden korkeuden ja laadun seuraamiseksi. Pelto on maalajiltaan liejusavea, jonka savespitoisuus kasvaa maaprofiilissa syvemmälle mentäessä (kuva 1). Patoniityn pelloilla massiivinen pelkistynyt maakerros alkaa 128 cm syvyydestä. Maanäytelieriöt otettiin siten, että lieriön pohjalle saatiin 20 cm massiivista hapettumatonta maata ja sen yläpuolelle 60 cm rakenteellista osittain hapettunutta maata.



Kuva 1. Maan pH sekä kokonaisrikin, orgaanisen hiilen ja saveksen pitoisuus maaprofilissa Viikin Patoniityllä.

Maanäyteliöiden ottaminen

Maanäyteliöt valmistettiin ulkohalkaisijaltaan 500 mm ja seinämän paksuudeltaan 14,6 mm PVC - maaviemäriputkesta. Maaviemäriputki sahattiin 1000 mm mittaisiksi ja lieriön seinämiin reiät vedensyöttöjärjestelmää varten ja osa antureiden läpivienneistä (kuva 2).

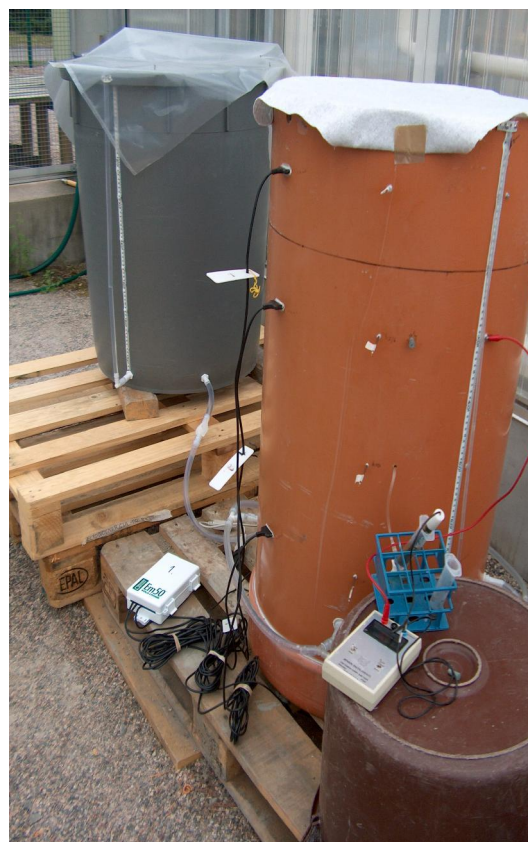


Kuva 2. Rakennekuva maanäyteliöistä

Matti Ylösmäki suunnitteli ja teki teräsputkesta leikkausterän, johon oli hitsattu harjaterästangot näytteen ylösvetämistä varten, sekä teräskannen, jolla kaivurin kauhan aiheuttama paine saatiin jakautumaan tasaisesti lieriön kehälle (kuva 3). Sen varmistamiseksi, että lieriöihin saatiin halutunlainen maanäyte, kaivettiin kaivinkoneella 70 cm:n kerros pintamaata pois. Näytteet otettiin siten, että leikkausterä asetettiin haluttuun syvyyteen kaivettun kaivannon pohjalle ja PCV:stä tehty maalieriö laskettiin leikkausterän päälle. Viimeiseksi lieriön päälle nostettiin teräskansi. Maanäytelieriö päällä olevaa teräskantta kaivinkoneen kauhan kärjellä painaen lieriö upotettiin maahan lieriön ulkokehälle piirrettyyn merkkiin (80 cm) asti. Maanäyte irrotettiin maasta kaivamalla kaivurilla lieriön vierestä maa-aines pois ja kallistamalla lieriötä sivusuunnassa niin, että maapatsas leikkautui lieriön alareunasta. Lieriö vedettiin kuopan reunaa pitkin maanpinnalle kuormalavan päälle. Kuormalavalla leikkausterä ja teräskansi irrotettiin, ja lieriön alareuna puhdistettiin maa-aineksesta ja suljettiin maaviemäriputkea varten valmistetulla tulpalla. Lieriö nostettiin pystyyn kuormalavalle ja ylin 20 cm lieriöstä täytettiin muokkauskerroksen maalla. Toinen lieriö otettiin samalla tavoin ja molemmat kuljetettiin kuormalavalla verkkohalliin.



Kuva 3. Suuret maanäytelieriöt sahattiin maaviemäriputkesta ja niiden maahan upottamista varten teetettiin teräsestä leikkausterä ja teräskansi alaspäin suuntautuvan paineen jakamiseksi lieriön reunoille (Kuva A.Simojoki 2007).



Kuva 4. Suuriin maanäytelieriöihin asennettiin vedensyöttöjärjestelmä massiivisen ja rakenteellisen maan rajapinnan yläpuolelle (kuva: S. Virtanen, 2007)

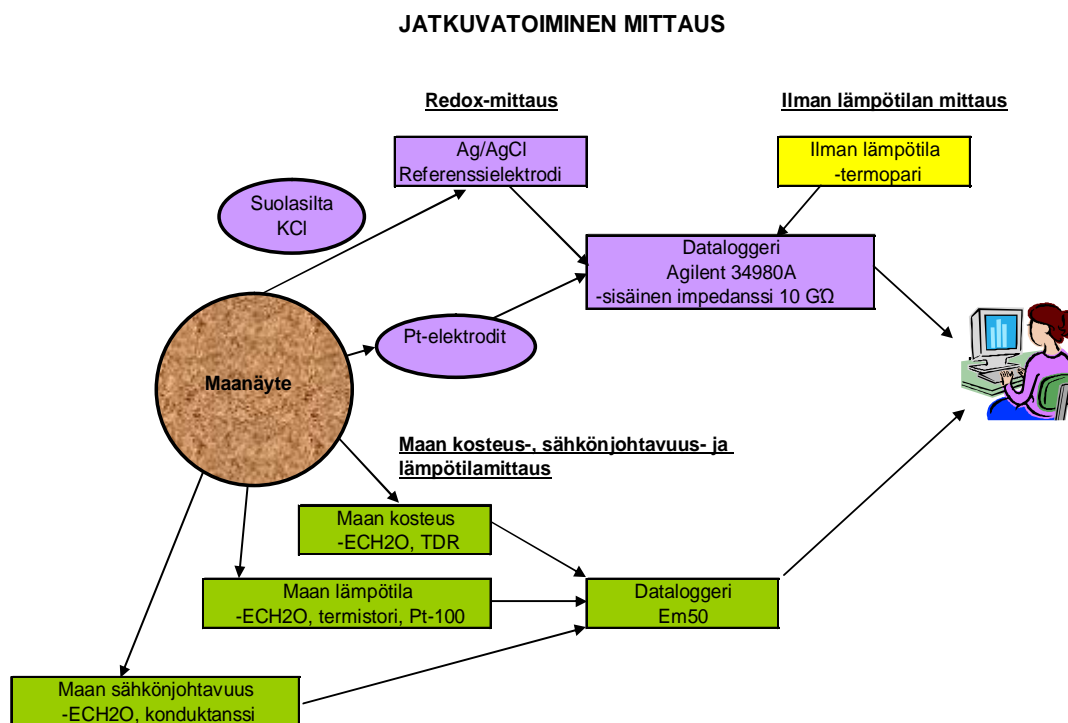
Maanäytteiden vedensäätöjärjestelmä

Verkkohallissa maanäytelieriöihin asennettiin veden säätöjärjestelmä (kuva 4). Vedensyöttöä varten lieriöihin oli porattu ennen näytteiden ottamista reiät 20 cm korkeudelle lieriön pohjasta. Tähän kohtaan maanäytettä otettaessa pyrittiin saamaan massiivisen ja rakenteellisen eli pelkistyneen ja hapettuneen maakerroksen rajapinta. Vedensyötön sijoitus valittiin maakerrosten rajapintaan, koska massiivisen pohjamaan vedenjohtokyky on lähes nolla ja rakenteellisen maan taas huomattavasti

suurempi. Vesi syötetään lieriöön neljästä tasavälein sen kehälle asennetusta liittimestä, joihin vesi ohjataan viereisestä vesisäiliöistä. Vedenpinnan korkeutta säiliöissä seurattiin säiliöiden seinämiin asennetun pohjavesiputken avulla.

Mittausjärjestelmän instrumentointi

Maassa tapahtuvia pohjaveden korkeuden vaihtelun aiheuttamia muutoksia seurattiin eri syvyyksille asennettujen mittausantureiden avulla. Antureilla mitattiin maan vesipitoisuutta, lämpötilaa, redox-potentiaalia ja sähkönjohtavuutta jatkuvatoimisesti 10 minuutin välein muokkauskerroksesta, hapettuneesta kerroksesta ja pelkistyneestä kerroksesta. Maan vesipitoisuus, lämpötila ja sähkönjohtavuus mitattiin 50 mm pituisilla ECH20-TE antureilla (Decagon Devices). Redox-potentiaalia mitattiin platinaelektrodeilla yhteisen referenssielektrodin (Ag/AgCl) ja suolasillan (kylläinen KCl) avulla viidestä eri mittaussyvyydestä. Maan pH-arvon muuttumista ja huokosveden koostumusta (Eijkelkamp Rhizon MOM 10 cm) seurattiin samoista syvyyksistä kuin redox-potentiaalia määräajoin tehtävin mittauksin. Jatkuvatoimisissa mittauksissa aineiston keräämiseen käytettiin dataloggereita (Agilent 34980A, Degacon Em50), joista tulokset siirrettiin tietokoneelle (kuva 5).



Kuva 5. Kaaviokuva maanäytelieriöiden jatkuvatoimisesta mittauksesta.

Tulokset

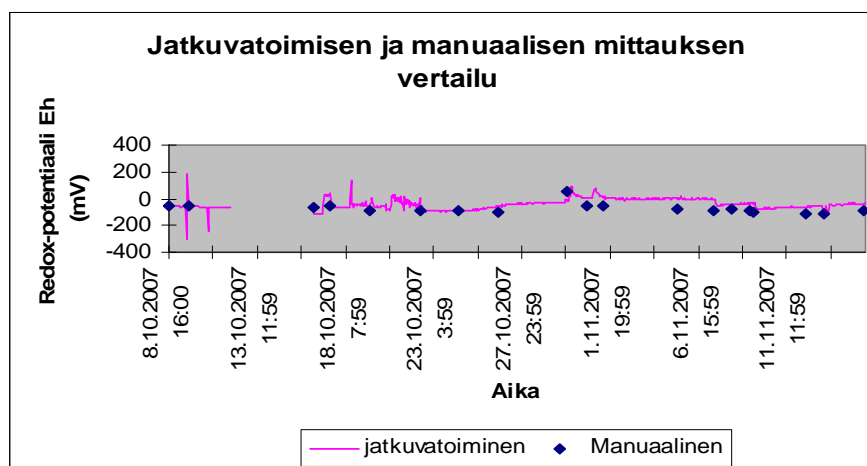
Kokemuksia näytteiden otosta ja järjestelmän teknisestä toteutuksesta

Esitutkimuksessa todettiin leikkaavan terän ja painetta tasapainottavan teräskannen tarpeellisuus, sillä lieriöiden maahan painaminen tasaisesti vaati koneen käyttäjältä ammattitaitoa. Teräskannen sileään pintaan sorvattu ura helpottaisi kaivinkoneen kauhan kärjen paikallaan pysymistä ja lieriön tasaista maahan painamista. Vedensyöttöjärjestelmän suunniteltu sijoitus maakerrosten rajapintaan oli ehdoton edellytys vedenkorkeuden säätelyn onnistumiselle. Toinen lieriö oli painunut muutaman sentin liian syvään, minkä vuoksi vedensäätöjärjestelmä jouduttiin myöhemmin siirtämään ylemmäs, jotta säätely saatiin toteutetuksi. Mittausantureiden läpivientien huolellinen tiivistäminen ja kierrelukitteen käyttö kierteissä estivät vuodot. Kunitulppa osoittautui kaikissa läpivienneissä tiiviiksi, mutta silikonimassa

ei pysynyt tiiviinä jäätyminen jälkeen. Suolasiltoihin kerääntyvät ilmakuplat aiheuttivat ajoittain jatkuvatoimisen mittauksen keskeytymisen.

Mittausjärjestelmän toimivuus

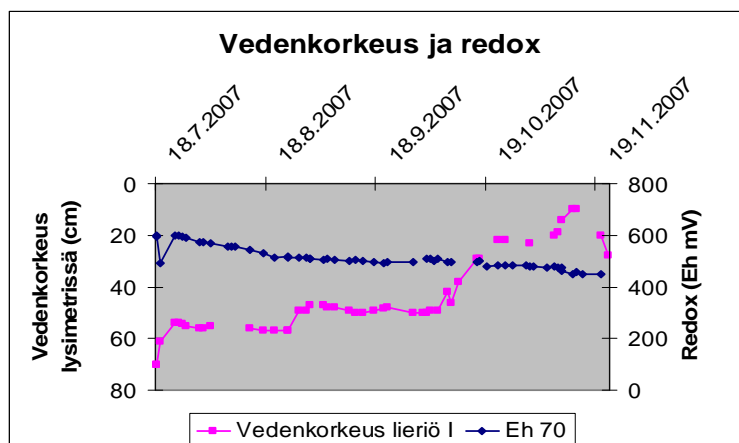
Redox-potentiaalin mittauksissa käytettiin yhteistä referenssielektroodia, mikä edellytti suolasillan käyttöä (Linebarger 1975). Ennen suolasillan rakentamista selvitettiin referenssielektrodin ja platinaelektrodin etäisyyden vaikutusta mitattuun redox-potentiaaliin arvoon. Suolasillan ja platinaelektrodien välinen etäisyys on lieriöissä suurimmillaan 70 cm. Maanäytelieriöissä referenssielektrodin etäisyydestä aiheutuva vaihtelu (3 mV) oli pienempi kuin rinnakkaisten mittausten välinen vaihtelu (6 mV). Jatkuvatoimisessa mittauksessa Pt-elektrodin ja referenssielektrodin välinen jännite-ero mitattiin sisätiloihin sijoitetulla Agilentin 34980A dataloggerilla. Jännite-ero välitettiin mittaussyksikköön Pt-elektrodeista lattakaapelin ja referenssielektrodista koaksiaalikaapelin avulla, siirtoetäisyys oli keskimäärin 6 m. Siirrossa tulokseen aiheutuvan kohinan suuruuden määrittämiseksi mitattiin redox-potentiaali manuaalisesti suoraan Pt- ja referenssielektrodista ja verrattiin vastaavana ajankohtana mittaussyksikön antamia tuloksia. Pelkistyneessä kerroksessa keskimääräinen ero mittausten välillä oli pienin 38 mV (kuva 6). Muissa kerroksissa keskimääräinen ero oli noin 100 mV, joka on suuruusluokaltaan sama kuin van Bochoven tutkimuksissa (van Bochove et al. 2002).



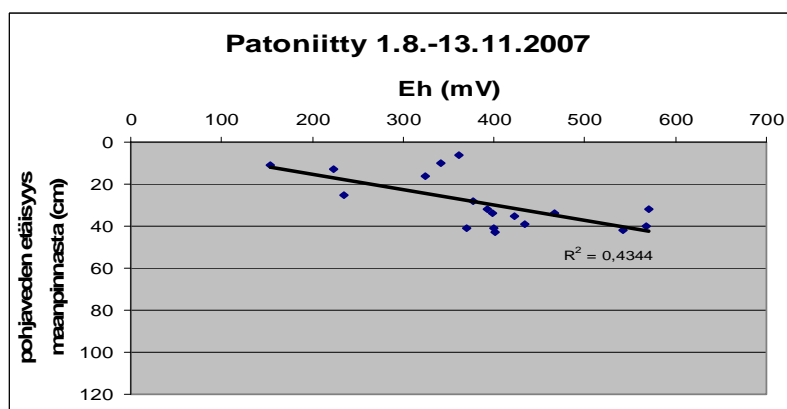
Kuva 6. Maanäytelieriössä 1 redox-potentiaali mitattuna Agilentin 34980A dataloggerilla ja manuaalisesti 90 cm:n syvyydessä.

Maanäytelieriöiden ja kenttämittausten vertailu

Koepellolla pohjaveden korkeuden vaihteluväli oli mittausjaksolla keskimäärin 45 cm. Vain Patoniityn alavimmilla osilla pohjaveden pinta nousi maanpinnan tasolle muutamaksi päiväksi kesän ja syksyn rankkasateiden seurauksena. Alavimmalla osalla pohjavesi oli korkeimmillaan 6 cm maanpinnan alapuolella ja korkeammalla sijaitsevalla alueella 30 cm maan pinnan alapuolella. Maanäytelieriöissä pohjavesi säädettiin aluksi etäisyydelle 50 cm lieriön yläreunasta. Vedenpintaa nostettiin kolmesti, siten että se oli korkeimmillaan noin 6 cm:n etäisyydellä lieriön yläreunasta. Pohjaveden pH:n, sähkönjohtavuuden ja redox-potentiaalin muutokset pohjaveden korkeuden funktiona pellolla ja maanäytelieriöissä olivat samansuuntaisia. Kummassakin tapauksessa korkea pohjavedenpinta laski redoxpotentiaalia ja sähkönjohtavuutta ja nosti veden/maan pH-arvoa. Maanäytelieriössä 1, jossa 70 cm syvyydessä oleva maa-aines jäi pohjaveden pinnan alle heti kokeen alussa, redoxpotentiaali laski 150 mV ja pH nousi arvosta 0,5 yksikköä. Tästä kerroksesta otetun huokosveden sähkönjohtavuus oli alussa 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ja pohjaveden ollessa korkeimmillaan 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Patoniityn alavimmalla osalla pohjaveden nousu maan pintaan nosti pohjaveden pH-arvon lähelle neutraalia arvosta 4,5 ja sähkönjohtavuus laski 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ keskikesällä mitatusta 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arvosta. Redox-potentiaalin ja pohjaveden korkeuden muutoksen välinen yhteys maanäytelieriössä 1 ja Patoniityn peltolohkon alavimmalla osalla on esitetty kuvissa 7 ja 8.



Kuva 7. Pohjaveden korkeuden vaikutus maan redoxpotentiaaliin 70 cm:n syvyydessä maanäytelieriössä 1.



Kuva 8. Pohjaveden korkeuden ja redoxpotentiaalin välinen yhteys Patonniityn alavimmalla osalla tehtyjen mittausten perusteella.

Johtopäätökset

Esikokeesta saadut alustavat tulokset viittaavat siihen, että maanäytelieriöllä voidaan simuloida pellolla tapahtuvia pohjaveden muutoksia ja seurata pohjaveden korkeuden vaikutusta maan ominaisuuksiin. Pohjaveden nostolla oli esitutkimuksessa pH-arvoa nostava vaikutus kuten aiemmissa happamista sulfaattimaista tehdyissä tutkimuksissa on havaittu. Ruokohelven kasvukyky pohjaveden pinnan ollessa korkealla ja kasvin vaikutus maan ominaisuuksiin ja valumaveden laatuun on tutkimuksen seuraava vaihe.

Kirjallisuus

- Bärlund, I., Tattari, S., Yli-Halla, M. & Åström, M.** 2005. Measured and simulated effects of sophisticated drainage techniques on groundwater level and runoff hydrochemistry in areas of boreal acid sulphate soils. *Agricultural and Food Science* 14(1): 98-111.
- Hartikainen, H.** 2001. Maaperä. Julkaisussa: Heinonen, R. (toim.). *Maa, viljely ja ympäristö*. 3. painos. WSOY, Porvoo. s. 9-89.
- Linebarger, R. S., Whisler, F. D., Lance, J.C.** 1975. A new technique for rapid and continuous measurement of redox potentials. *Soil Sci. Soc.Amer. Proc.* 39:375-377.
- Roos, M. & Åström, M.** 2005. Hydrochemistry of rivers an acid sulphate soil hotspot area in western Finland. *Agricultural and Food Science* 14 (1): 24-33.
- van Bochove, E., Beaushemin, S. & Theriault, G.** 2002. Continious Multiple Measurement of Soil Redox Potential Using Platinum Microelectrodes *Soil Sci. Soc.Amer. Proc.* 66:1813-1820.
- Åström, M. & Björklund, A.** 1995. Impact of acid sulfate soils on stream water geochemistry in western Finland. *Journal of Geochemical Exploration* 55: 163-170.