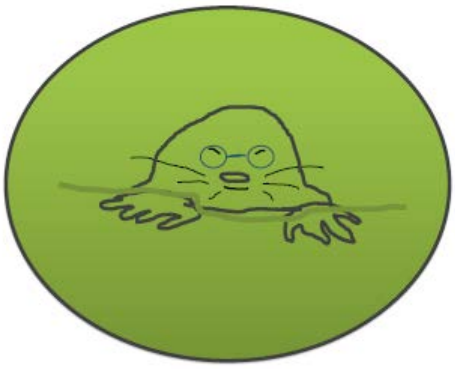
Pro Terra

No. 61 / 2013



VII Maaperätieteiden päivien abstraktit

Toimittajat
Jaana Leppälammi-Kujansuu, Päivi Merilä, Katri Rankinen, Tapio Salo, Helena Soinne ja Pekka Hänninen

Toimituskunta
Sessio I Bioenergian tuotannon maaperävaikutukset
Jaana Leppälammi-Kujansuu, Päivi Merilä, Sanna Kanerva ja Marjo Palviainen

Sessio II MaaManipulaatio
Pekka Hänninen, Mika Kähkönen, Tiina Nieminen ja Helena Soinne

Sessio III Kaavoitus
Kati Hakala, Janne Kankkunen ja Petra Tallberg

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA
HELSINGIN YLIOPISTO
ELINTARVIKE- JA YMPÄRISTÖTIETEIDEN LAITOS

Helsinki, 2013

SISÄLLYSLUETTELO

Esitelmät

sivu

Viekää sitten vaikka risut ja männyn kävytkin! - Eli mitä metsämaassa tapahtuu, kun metsistä hankitaan lisää uusiutuvaa energiaa 9
Hannu Ilvesniemi

Miten viljely muokkaa maan ominaisuuksia? 11
Laura Alakukku

Tarjoaako kaupunkimaaperä ekosysteemipalveluita? 12
Heikki Setälä

Sessio I: Bioenergian tuotannon maaperävaikutukset

Kantojen korjuun vaikutukset maaperän biologiaan ja kasvillisuuteen 14
Jari Haimi, Saana Kataja-aho, Hannu Fritze, Taina Pennanen ja Aino Smolander

Hakkuutähteiden korjuun vaikutukset maan ominaisuuksiin 16
Pekka Tamminen, Anna Saarsalmi, Aino Smolander, Mikko Kukkola ja Heljä-Sisko Helmisaari

Runkopuu- ja kokopuukorjuussa poistuvat ravinnemäärät 18
Marjo Palviainen ja Leena Finér

Päätehakkuussa tehtävän kokopuunkorjuun pitkäaikaisvaikutukset maaperän ominaisuuksiin OMT –kuusikossa 20
Lilli Kaarakka, Heljä-Sisko Helmisaari, Pekka Tamminen, Anna Saarsalmi ja Andrew Burton

Orgaanisella maalla tuotetun ruokohelven ilmastolliset vaikutukset 22
Niina P. Hyvönen, Narasinha J. Shurpali ja Pertti J. Martikainen

Raetuhkan vaikutukset koneellisesti istutetun kuusentaimikon maaperään 23
Jouni Nieminen

Sessio II: MaaManipulaatio

Suomen kivennäismaapeltojen maannokset WRB-järjestelmän mukaan 25
Markku Yli-Halla ja Åge Nyborg

Maaperän hiilen vähentyminen suomalaisilla peltomailla 1974-2009 27
Kristiina Regina, Jaakko Heikkinen, Elise Ketoja ja Visa Nuutinen

Happamien sulfaattimaiden haitat ja kartoitus 28
Peter Edén, Jaakko Auri ja Anton Boman

Puulajin vaikutus metsikkösadannan, vajoveden ja maaperän kemialliseen koostumukseen **30**
Antti-Jussi Lindroos, Kirsti Derome ja Aino Smolander

Ilmaston lämpenemisen vaikutuksia eteläisen ja pohjoisen suon metanogeeni- ja metanotrofiyhteisöihin **32**
Krista Peltoniemi, Heli Juottonen, Raija Laiho, Mikko Peltoniemi, Timo Penttilä, Henri Siljanen, Tero Tuomivirta ja Hannu Fritze

Arseenin kulkeutuminen Yara Suomi Oy:n Siilinjärven tehdasalueella **34**
Kaisa Turunen, Soile Backnäs ja Antti Pasanen

Mikrobit PAH saasteen indikaattoreina: malliesimerkkinä vanha puukyllästämö kohde Kaakkois-Suomessa **36**
Kim Yrjälä, Pauli Siivonen, Cosme Lloret Quesada, Pertti Pulkkinen ja Shinjini Mukherjee

Sessio II: Kaavoitus

Euroopan komission ohjeet parhaista käytännöistä rajoittaa, vähentää tai kompensoida maaperän sulkemista rakentamisella **38**
Teija Haavisto ja Kaarina Laakso

Maatalouspolitiikan tarjoamat keinot sopeutua ilmastonmuutokseen **40**
Katri Rankinen, Pirjo Peltonen-Sainio, Mikko Laapas, Kalle Sippel, Kirsti Granlund, Pentti Seuri ja Juha Helenius

Metsätalous ja pohjavesi **42**
Sirpa Piirainen

Havaintoja katupuiden kasvualustojen hiilivarastosta **43**
Anu Riikonen

Ravinteiden huuhtoutuminen puhdistamolietekomposteista valmistetuista kasvualustoista **45**
Tapio Salo, Petri Kapuinen ja Ari Kangas

ICECREAM-mallin yhdistäminen WSFS-VEMALA-malliin pelloilta vesistöihin tulevan fosforikuormituksen mallintamiseksi **47**
Vanamo Seppänen ja Markus Huttunen

Posterit

sivu

Sessio I, Bioenergian tuotannon maaperävaikutukset

Hiedan ja biohiilen kasvualustaseos ei osoittanut haitallisia vaikutuksia kuusentaimille kasvukammiokokeessa 49
Juha Heiskanen, Priit Tammeorg ja Kasten Dumroese

Saharan eteläpuolisen Afrikan maaperän mikroravinnekartoitus 51
Riikka Keskinen, Mercy Nyambura, Martti Esala ja Keith Shepherd

Liukoisen orgaanisen aineen kemiallinen luonnehdinta ja raskasmetallipitoisuudet metsätalouskäytössä olevien soiden turvekerroksissa 53
Oili Kiikkilä, Tiina M. Nieminen, Mike Starr ja Liisa Ukonmaanaho

Puutuhkalannoitus lisää koivikon biomassatuotosta suonpohjalla 55
Jyrki Hytönen ja Lasse Aro

Puutuhkalannoituksen vaikutukset turpeen ominaisuuksiin sekä metaani ja dityppioksidipäästöihin suometsässä 57
Marja Maljanen, Maarit Liimatainen, Jyrki Hytönen ja Pertti J. Martikainen

Puutuhkan vaikutus turpeen hiilidioksidipäästöihin ja puuston hiilensidontaan ojitetulla rämeellä 59
Mikko Moilanen, Jyrki Hytönen ja Mirva Leppälä

Humuspitoisten vesinäytteiden esisuodatuksen vaikutus kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrään 61
Tiina M. Nieminen, Liisa Ukonmaanaho ja Marita Turunen

Testimenetelmät uusien orgaanisten lannoitevalmisteiden lannoitusvaikutuksen määrittämiseen 63
Tapio Salo, Petri Kapuinen ja Tiina Tontti

Hakkuutähteen korjuun pitkäaikainen vaikutus metsämaan orgaanisen aineen laatuun 65
Aino Smolander, Bartosz Adamczyk, Veikko Kitunen, Mikko Kukkola ja Pekka Tamminen

Symbionttiset juuristosienet ja kuusentaimien kasvu 66
Irmeli Vuorinen, Sannakajsa Velmala, Tiina Rajala, Tuula Piri ja Taina Pennanen

Sessio II, MaaManipulaatio

Arseenin geokemiaa Kittilän Suurikuusikon kultakaivoksen ympäristössä – Luontainen vs. antropogeeninen kuormitus **68**
Soile Backnäs, Kaisa Turunen ja Antti Pasanen

Männyn juurakoiden hajotusdynamiikka metsäojitetulla suolla **70**
Tiina Badorek, Soili Kojola, Raija Laiho, Kari Minkkinen ja Timo Penttilä

Fluatsinamin käyttäytyminen maassa **72**
Kati P. Hakala, Päivi Tuomainen, Markku Yli-Halla ja Helinä Hartikainen

Arvio Lammin Pääjärven valuma-alueen puuston ja maaperän hiilen määrästä **74**
Markus Hartman, Mike Starr ja Liisa Ukonmaanaho

Männyn ektomykorritsasienten vaikutus kasvin fotosynteesiin **75**
Jussi Heinonsalo, Eija Juurola, Aki Linden ja Jukka Pumpanen

Vanhojen metsäojitusalueiden kiintoainekuormituksen jatkuvatoiminen seuranta **76**
Pia Högmander ja Päivi Saari

Kasvidiversiteetin vaikutus denitrifikaatioon, dityppioksidipäästöön ja mikrobiyhteisöihin maatalousmaassa **78**
Heli Juottonen, Brendan O'Neill, Tracy Teal, Stuart Grandy ja Thomas Schmidt

Mikrobeille helppokäyttöisen hiilen vaikutus boreaalisen metsämaan typen kierron prosesseihin **80**
Sanna Kanerva, Tapio Kotiaho, Veikko Kitunen ja Aino Smolander

Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö kevätvehnän kasvinravitsemuksessa **82**
Petri Kapuinen

Artificial stimulation of soil amine production by addition of organic carbon and nitrogen transforming enzymes **84**
Antti-Jussi Kieloaho, Jevgeni Parshintsev, Marja-Liisa Riekkola, Markku Kulmala, Jukka Pumpanen ja Jussi Heinonsalo

Nanohopean, nanogalliumin ja nanoindiumin vaikutus sienten kasvuun ja entsyymien tuottoon **86**
Beata Kluczek-Turpeinen, Annele Hatakka ja Mika A. Kähkönen

Laskeutusallas-kosteikosta poistettavan sedimentin peltolevitys **88**
Johanna Laakso, Risto Uusitalo ja Markku Yli-Halla

Tulevaisuuden maaperän muodostuminen merenpohjan sedimenteistä Olkiluodon ympäristössä **90**
Anne-Maj Lahdenperä ja Ari Ikonen

Maaperän pitkäaikaisen lämmittämisen ja ravinteiden lisäämisen vaikutukset kuusen hienojuuriin sekä kariketuotantoon **92**
Jaana Leppälammi-Kujansuu, Maija Salemaa, Dan Berggren Kleja, Sune Linder ja Heljä-Sisko Helmisaari

Ojitettujen turvemaiden N2O-päästöjen, maaperän ominaisuuksien ja mikrobiologisten prosessien yhteys **93**
Maarit Liimatainen, Pertti J. Martikainen ja Marja Maljanen

Maaveden nitraattipitoisuuden nouseva trendi kuusikossa alhaisen typpilaskeuman alueella **95**
Päivi Merilä, Kirsti Derome Antti-Jussi Lindroos, Seppo Nevalainen, Maija Salemaa ja Tiina M. Nieminen

Turvetuotannossa olleen sulfaattimaapohjaisen pellon ominaisuuksia **96**
Jaakko Mäkelä ja Markku Yli-Halla

Toimintamalli orgaanisten lannoitevalmisteiden ja biostimulanttien vaikutusten arvioimiseksi kasvien kasvuun ja ravitsemukseen **98**
Ansa Palojärvi, Sanna Kukkonen, Mauritz Vestberg, Liisa Maunuksela, Päivi Parikka ja Tapio Salo

Sijaintipaikka, maan syvyys vai maataloustoimenpiteet - mikä vaikuttaa peltomaan mikrobiyhteisöihin? **99**
Timo Sipilä, Kim Yrjälä, Laura Alakukku ja Ansa Palojärvi

Metsäojitetun suon ennallistamisen mikrobiologiset indikaattorit **100**
Anuliina Putkinen, Heli Juottonen, Eeva-Stiina Tuittila, Krista Peltoniemi, Anne Tolvanen, Tero Tuomivirta, Kim Yrjälä ja Hannu Fritze

Maatalouden menetelmien hiilensidonta kahdella tutkimusalueella Etiopiassa **102**
Karoliina Rimhanen, Helena Kahiluoto, Markku Yli-Halla ja Elise Ketoja

Maan fosforitilan muutokset pitkäaikaisessa viljelyssä **104**
Into Saarela

Maan voimakkaan tiivistämisen pitkäaikaiset vaikutukset hietasavimaan muokkauskerroksen kaasunkuljetusominaisuuksiin **106**
Asko Simojoki, Minna Mäkelä ja Laura Alakukku

Maankäytön ja orgaanisen hiilen vaikutus savimaan mururakenteen kestävyyteen **108**
Helena Soinne Jari Hyväluoma ja Eila Turtola

Voidaanko happamien sulfaattimaiden kuormitusta vähentää säätämällä pohjaveden pinnan tasoa? **110**
Jaana Uusi-Kämppä, Kristiina Regina, Seija Virtanen, Peter Österholm, Merja Mäensivu, Rainer Rosendahl, Markku Yli-Halla, Kari Ylivainio ja Eila Turtola

Happaman sulfaattimaan valumaveden asiditeetti ja alumiinipitoisuudet lysimetrikokeessa ja Söderfjärdenin koekentällä **112**
Seija Virtanen, Asko Simojoki, Jaana Uusi-Kämppä, Peter Österholm ja Markku Yli-Halla

Sessio III, Kaavoitus

Changes in Nitrogen and Phosphorus Concentration and Loads between 1985-2006 in 22 Finnish Rivers **114**
José Enrique Cano Bernal and Katri Rankinen

Ihmisen toiminnan vaikutuksia pinta- ja pohjaveden sähkönjohtavuuteen ja lämpötilaan **116**
Pekka Hänninen, Janne Kankkunen, Juha Majaniemi ja Raimo Sutinen

Östersundomin Husövegenin EM routaseuranta talvella 2012 **118**
Pekka Hänninen ja Juha Majaniemi

Bakteeri-bioreportterit: Helppo ja nopea menetelmä haitta-aineiden biosaatavan fraktion määrittämiseksi maasta **120**
Johanna Muurinen ja Marko Virta

Alfaproteobakteerit maaperässä: miten ne ovat valmistautuneet hiilivetysaasteisiin **122**
Sajan C. Raju, Shinjini Mukherjee ja Kim Yrjälä

Luikonlahden kaivosalueen hydrologinen mallintaminen **124**
Antti Pasanen, Lauri Solismaa, Soile Backnäs ja Pekka Forsman

DOCin vaihtelu rantavyöhykkeeltä puroveteen eri maankäyttöalueilla **126**
Liisa Ukonmaanaho, Martin Forsius, Lauri Arvola, Markus Hartman ja Mike Starr

Viekää sitten vaikka risut ja männyn kävytkin! - Eli mitä metsämaassa tapahtuu, kun metsistä hankitaan lisää uusiutuvaa energiaa

Hannu Ilvesniemi

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa, hannu.ilvesniemi@metla.fi

Suomen kallioperän ikä ja geologisten ilmiöiden aikataulu on arkikokemukselle käsittämättömän pitkä, kallioperämme vanhimpien kivettyneiden mineraalien ikä kun voi olla jopa 3,1 miljardia. Peruskallion päällä oleva maaperämme on kallioperäämme verrattuna hyvin nuorta, mutta kuitenkin noin 10 000 vuotta. Geologisten ilmiöiden rinnalla monet ihmisen aikaansaamat muutokset, myös kokopuun korjuun aiheuttamat, ovat aika pieniä.

Ihmiskunnan käyttämän energian määrä on lisääntynyt viimeisten kahden vuosisadan ajan kiihtyvällä nopeudella. Valtaosa siitä on tuotettu fossiilisilla polttoaineilla. Palamisessa vapautuva hiilidioksidi lisää ilmakehän kykyä pidättää lämpösäteilyä, ja sen seurauksena maapallon ilmasto muuttuu. Yhtenä ratkaisuna energiahuollon sekä ilmastonmuutoksen muodostaman ongelmakokonaisuuden hallitsemiseen on esitetty biomassojen laajamittaista hyödyntämistä energian raaka-aineena.
Suomen metsät kasvavat runkopuuta vuodessa noin sata miljoonaa kuutiometriä. Jos puuston koko nykyinen vuotuinen kasvu käytettäisiin energiantuotantoon, sillä voitaisiin korvata noin puolet vuotuisesta energian kokonaiskäytöstämme. Metsistä teollisuuden sivutuotteena saatavan energian lisäksi Suomen tavoitteena on lisätä pienpuuna, hakkuutähteinä ja kantoina saatavan bioenergian käyttöä nykyiseltä 7,5 miljoonan kuutiometrin tasolta kaksinkertaiseksi vuoteen 2020 mennessä.
Metsien käsittely vaikuttaa kasvillisuuden määrään ja lajistoon, joka puolestaan vaikuttaa maan orgaanista ainesta synnyttävän karikkeen määrään ja laatuun ja mahdollisesti myös rapautumisolosuhteisiin. Maannokseen energiapuun korjuutoimenpiteistä vaikuttaa voimakkaimmin kantojen nosto, joka yhdessä uudistamisalalle tehtävän maanmuokkauksen kanssa rikkoo mekaanisesti maannoksen yläosan kerrosrakenteen varsin suurelta osalta hakkuualaa. Avohakkuu vähentää metsien vettä haihduttavan lehvästön määrää ja lisää sen seurauksena maan kosteutta. Kokopuun korjuun vaikutukset maan vesitalouteen ilmenevät haihduttavan kasvillisuuden muutosten, maanpinnan rikkoutumisen ja lisääntyneen koneilla tapahtuvan liikkumisen aiheuttamia uria myöten tapahtuvan pintavalunnan lisääntymisen kautta. Kohteen asema rinteessä vaikuttaa merkittävästi veden liikenopeuteen ja liikkuvan veden aiheuttamaan eroosioon.

Merkittävä osa kasvillisuuteen sitoutuneesta typestä on kasvien vihreissä osissa. Jos kokopuun korjuu kohdistuu myös neulasiin ja lehtiin, merkittävä osa tästä kasveille hajotuksen kautta käyttökelpoisesta typpivarastosta poistuu kasvupaikalta. Suomalaisissa metsäekosyteemeissä kasveille käyttökelpoisen typen määrä vaikuttaa varsin suoraviivaisesti kasvuun ja sen myötä myös metsien hiilen sidontaan.

Maaveteen liuenneet ravinteet, jotka eivät kationinvaihdossa sitoudu maahan tai joita kasvit eivät ota, voivat huuhtoutua pohjaveteen ja vesistöihin. Jos energiapuun korjuun yhteydessä korjataan myös kasvin vihreitä osia, kasvupaikalle jäävien ja huuhtoutumisriskissä olevien ravinteiden määrä ja samalla myös metsien kasvu alenee. Metsien kestävän käytön kannalta onkin tärkeää käyttää ja kehittää korjuutapoja, joissa metsiin jätetään ravinnerikkaimmat vihreät kasvinosat, jolloin korjuun vaikutukset metsien kasvuun jäävät vähäisemmiksi. Hakkuutähteiden korjuu vähentää kasveille käytettävissä olevan typen määrää ja typestä hyötyvien lajien, kuten maitohorsman ja vadelman, kasvua. Se vapauttaa kasvutilaa muille kasvilajeille. Metsien ravinnetalouden ylläpitämiseksi poltossa syntyvän tuhkan kierrättämistä

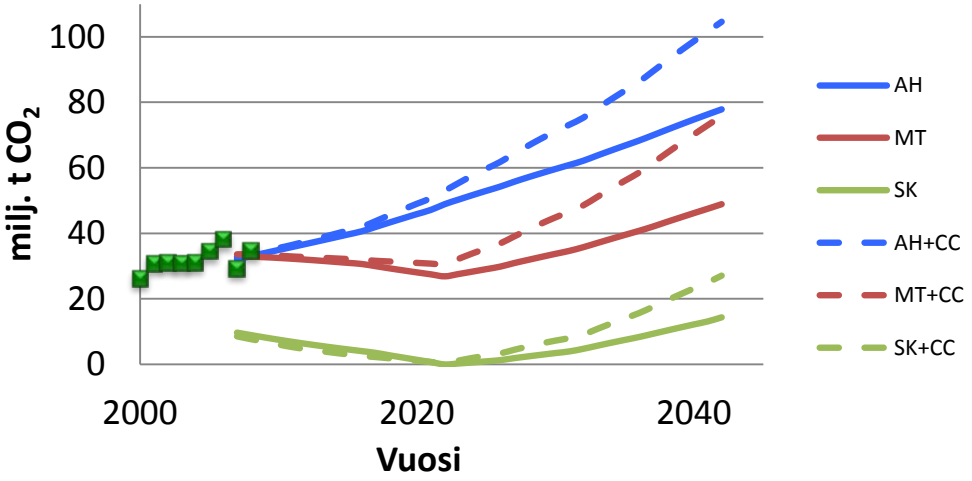
takaisin metsiin tulee myös lisätä. Kantopuun korjuu energiakäyttöön tulee tehdä menetelmillä, joissa maan pintaa rikotaan mahdollisimman vähän. On luultavaa, että kantojen nosto vaikuttaa myös lahopuusta riippuvaisten hyönteisten määriin, koska se vähentää suuriläpimittaisen lahoavan puun määrää metsässä. Lahopuun väheneminen on merkittävin yksittäinen talousmetsien monimuotoisuutta vähentävä tekijä.
Metsien tulevaa kasvua kuvaavat skenaariolaskelmat osoittavat, että jos jatkamme metsien hoitoa ja käyttöä nykyisten käytäntöjen mukaisesti, metsiemme puuvarannot kasvavat myös tulevaisuudessa. Samalla metsämme tihentyvät ja ikääntyvät. Puustopääoma nousee nykyisestä 2,2 miljardista kuutiometristä yli 3 miljardiin kuutiometriin, ja jopa intensiivisimmässä metsien käyttövaihtoehdossa metsien hiilinielu säilyy.
Nykyoloissa metsiemme hiilitase on selvästi positiivinen, eli metsät sitovat kasvavaan puustoon ilmakehästä hiilidioksidia enemmän kuin sitä vapautuu takaisin ilmakehään hajotuksen ja metsien käytön seurauksena. Metsien hiilen sidonta kattaa keskimäärin noin 40 % Suomen nykyisistä vuotuisista kasvihuonekaasupäästöistä. Ilmastonmuutos todennäköisesti kasvattaa metsiemme hiilinielua, koska puiden kasvu ja kariketuotos lisääntyvät enemmän kuin karikkeen hajotus.

Johtopäätöksiä

Suomen energia- ja ilmastopolitiikassa metsille asetetut korkeat tavoitteet ovat saavutettavissa sekä uusiutuvan energian tuotannon että ilmastonmuutoksen hillinnän näkökulmasta.
Käytännön metsätaloudessa on huomioitava lisääntyvästä bioenergian käytöstä aiheutuvat riskit metsien kasvun ja metsätuhojen osalta asianmukaisella suunnittelulla ja toteutuksella.
Puubiomassan tuotantoa ja käyttöä on mahdollista kasvattaa ilman että metsien hiilinielua ja luonnon monimuotoisuutta vaarannetaan.
Koska pitkällä aikavälillä tapahtuvia suuriakin muutoksia on vaikea havaita, on myös tulevaisuudessa huolehdittava metsien tilan seurannasta. Vain siten pystymme reagoimaan uhkiin ennen kuin ongelmat laajenevat hallitsemattomiksi.

Taustalukemistoa:

- Asikainen, Antti, Ilvesniemi, Hannu, Sievänen, Risto, Vapaavuori, Elina & Muhonen, Timo (toim.) Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät, http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.htm
- Kuusinen, M. ja Ilvesniemi, H. T Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset: http://www.metsavastaa.net/raportti



Kuva 1. Metsien hiilinielu vuosina lähivuosikymmeninä erilaisissa metsien käyttöä kuvaavissa skenaariolaskelmavaihtoehdoissa. AH skenaariossa puun käyttö on nykytasoa vähäisempää, MT skenaariossa ainespuun hakkuut ovat nykytasolla, ja metsähaketta käytetään enemmän kuin uusiutuvan energian velvoitepaketti edellyttää ja SK skenaariossa metsiä hakataan täysimääräisesti suurimman kestävän hakkuutason mukaisesti, ja metsähakkeessa ylitetään uusiutuvan energian velvoitepaketin taso. Katkoviiva merkitsee, että IPCC:n A1B skenaarion mukaiset vuoden keskilämpötilan, sadannan ja ilman hiilidioksidikonsentraation muutokset on otettu laskelmassa huomioon. Vihreät neliöt ovat kasvihuonekaasuinventaariossa vuosille 2000-2008 raportoidut arvot.
Lähde:http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2012/mwp240.htm

Miten viljely muokkaa maan ominaisuuksia?

How does cultivation till soil properties?

Laura Alakukku

Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Koetilantie 5, 00014 Helsingin yliopisto

Viljelytoimet ja niiden yhteydessä tehtävät valinnat vaikuttavat peltomaan fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin ominaisuuksiin. Suurin muutos maan ominaisuuksissa on kuitenkin tapahtunut todennäköisesti silloin, kun luonnontilainen maa on otettu viljelyyn. Muun muassa kuivatus, kalkitus, lannoitus, muokkaus, peltoliikenne ja kasvinvuorotuksessa tehtävät valinnat vaikuttavat maaprofiilin ominaisuuksiin. Tässä esityksessä tarkastellaan, miten kuivatus, muokkaus ja tiivistäminen vaikuttavat peltomaan ominaisuuksiin ja toimintoihin, kuinka syvälle vaikutukset ulottuvat ja kuinka pitkäaikaisia ne ovat.

Viljelykasvit eivät kasva ja pellon viljely on hankalaa, jos maa on jatkuvasti märkää. Suomessa kevät- ja syyssateet ovat suuria verrattuna haihduntaan. Toimiva perus- ja paikalliskuivatus ovat tärkeitä, jotta kylvötöihin päästään aikaisin, pellot kantavat sadonkorjuun aikaan ja maan ilmanvaihto toimii sateisenakin kasvukautena. Maannostutkimuksen yhteydessä on todettu, että salaojitus on vaikuttanut ratkaisevasti suomalaisten savimaiden kehitykseen kuivattaessaan maata syvemmältä kuin se luonnontilaisessa savimaassa olisi todennäköisesti tapahtunut eli noin metrin syvyyteen. Jäykkiin savimaihin on muodostunut prismamainen rakenne kuivumisen ja sitä seuranneen kutistumisen myötä.

Mekaaninen muokkaus luo maahan makrohuokosia ja rikkoo kokkareita pienemmiksi muruiksi. Samalla se kuitenkin rikkoo maan luontaisen rakenteen, sekoittaa kivennäis- ja eloperäistä ainesta ja muuttaa eliöstön elinolosuhteita. Liian voimakas muokkaus huonontaa maan rakennetta. Se lisää liettymisen, kuorettumisen ja eroosion riskiä sekä kiihdyttää helposti hajoavan eloperäisen aineksen mikrobiologista hajotusta.

Kynnettäessä maan ominaisuudet ovat samanlaiset suuremassa maatilavuudessa kuin sänkimuokattaessa tai suorakylvettäessä (kasvuston perustaminen esikasvin sänkeen). Kyntö kuohkeuttaa pintamaata ja lisää sen hetkellistä veden varastointikykyä, mikä vähentää pintavalunnan riskiä, kun pohjamaa läpäisee vettä hitaasti. Mittausten mukaan kynnetyn savimaan lämpötilan vaihtelut ovat suurempia ja nopeampia kuin suorakylvetyn maan.

Muokkaussyvyyden madaltaminen on vaikuttanut myös muihin maan ominaisuuksiin. Kun muokkaussyvyys kenttäkokeissa madaltui, eloperäisen aineksen ja kasveille käyttökelpoisen fosforin pitoisuus pintamaassa kasvoi kynnettyyn maahan verrattuna. Suorakylvetyssä maassa mikrobiyhteisön rakenne oli 0–5 senttimetrin syvyydessä erilainen kuin 10–20 senttimetrissä. Kynnetyssä maassa näytteenottosyvyys ei vaikuttanut merkittävästi mikrobiyhteisön rakenteeseen. Kynnöstä luopumisen on todettu muuttavan myös lierolajistoa. Kasvustojätettä maan pinnalta syövät lierolajien, etenkin onki- ja kastelieron, osuus lierostosta kasvoi kevennettäessä muokkausta.

Maa voi tiivistyä haitallisesti, kun pellolla ajetaan raskailla koneilla maan ollessa märkää. Tiivistyminen pienentää maan makrohuokosten tilavuutta ja myös katkoo jatkuvia huokosia, mikä voi haitata mm. veden ja ilman liikkumista märässä maassa. Muokkauskerroksen alapuolella tiivistymä on säilynyt mitattavana ruotsalaisessa karkeassa maassa 15 vuotta ja suomalaisessa savimaassa 30 vuotta. Tiivistynyt märkä pohjamaa läpäisi ilmaa selvästi hitaammin kuin tiivistämätön.

Tarjoaako kaupunkimaaperä ekosysteemipalveluita?

Do urban soils provide ecosystem services?

Heikki Setälä

Helsingin yliopisto, ympäristötieteiden laitos, ympäristöekologian osasto, Niemenkatu 73, 15140 Lahti, heikki.setala@helsinki.fi

Taustaa

Urbanisaatio on maailmanlaajuinen megatrendi, jonka näkyvimmät vaikutukset kytkeytyvät maankäyttöön. Koska maankäyttö (*land use*) tarkoittaa käytännössä samaa kuin maaperän käyttö (*soil use*), kaupungistumisen ongelmat ja niiden ratkaisut ovat paitsi kaavoittajien myös maaperätutkijain intressipiirissä. Viimeaikoina virinnyt keskustelu luonnon ekosysteemipalveluista on herättänyt myös kaupunkitutkijat, joskin päämielenkiinto on kohdistunut lähinnä puistojen kykyyn parantaa kaupunki-ilman laatua [1]. Vähemmälle huomiolle ovat jääneet kaupunkimiljöölle tyypillisen maaperän pinnoittamisen vaikutukset maaperän toimintaan ja ekosysteemipalveluihin. Maaperätutkijoiden piirissä maaperä käsitetään yleisesti resurssiksi, jolla on hajotustoiminnan ja ravinnekierron kautta suora kytkös tuotantopalveluihin, kuten perustuotantoon. Rakennetuissa kaupunkiekosysteemeissä maaperän rooli on erilainen liittyen lähinnä veden kiertoon liittyviin sääteleviin ekosysteemipalveluihin. Tunnetuimpana esimerkkinä lienee kaupunkimaaperän heikentynyt kyky vastaanottaa sadevettä (imeytymiseen liittyvät ongelmat) ja siitä aiheutuvat kaupunkitulvat ja heikentynyt pinta- ja pohjavesien laatu. Näissäkin ekosysteemipalveluihin liittyvissä ongelmissa maaperän merkitys konkretisoituu elävän, ”vapaasti hengittävän” maaperän häviämisenä.

Esitän seuraavaksi muutamia kaupungistuneiden valuma-alueiden maaperään liittyviä tutkimuksia, joissa tavoitteena oli selvittää häiriöityneen kaupunkimaaperän kykyä toimittaa ekosysteemipalveluja.

Maankäytön intensiteetti, veden kierto ja maaperän ekosysteemipalvelut

Hulevesiä, maan pintaa pitkin valuvia sadevesiä, voidaan käyttää indikaattorina tutkittaessa valuma-alueen maankäytön (häiriöitymisen) vaikutuksia veden kiertoon. Voidaan esittää hypoteesi: mitä häiriöityneempi maaperä on sitä runsaammin hulevesiä muodostuu ja sitä heikompilaatuisia ne ovat. Hypoteesia tutkittiin kuudella maankäytön intensiteetiltään vaihtelevilla valuma-alueilla Helsingissä ja Lahdessa kahden vuoden ajan. Valuma-alueiden pinnoitetun maanpinnan osuus vaihteli 90% (ydinkeskusta, intensiivinen maankäyttö) ja 15% (omakotitaloalue, vähäinen maankäyttö) välillä. Hulevesien määrää ja laatua mitattiin jatkuvatoimisesti hulevesiasemilla, jotka sijoitettiin hulevesiviemäreihin. Hypoteesin mukaisesti elävän, pinnoittamattoman maaperän (puistot, kaupunkimetsät, nurmikot) osuudella oli selvä vaikutus valuma-alueelta poistuvan veden määrään ja laatuun. Mitä suurempi oli pinnoittamattoman, ”luonnollisen” maaperän osuus, sitä vähemmän vettä poistui valuma-alueelta ja sitä parempi laatuista (ravinteiden, raskasmetallien, hiilen, kiintoaineen määrä) vesi oli. Tutkimus osoitti kaupunkimaaperällä olevan selkeä rooli ekosysteemipalvelujen tuottajana [2].

Kasvillisuuden rakenteen vaikutus kaupunkimaaperän ekosysteemipalveluihin

Hulevesitutkimukset osoittivat kuinka ihmistoimien rasittaman maaperän kyky tuottaa ekosysteemipalveluja heikkenee maaperän häiriöasteen kasvamisen myötä. Voiko jäljelle jäävää, rakentamatonta maaperää käyttää järkevästi niin, että hulevesiin liittyviä ongelmia voidaan lieventää? Voidaanko puistojen ja nurmien, tienpenkkojen ja muiden päällystämättömien alueiden maaperää hyödyntää ”ekosysteemipalvelukeitaina”? Onko kasvillisuuden laadulla/ määrällä vaikutusta kaupunkialueille tyypillisten, veden mukana kulkeutuvien saastukkeiden pitoisuuksiin? Näitä kysymyksiä ratkottiin kokeellisesti

maaperään kaivettujen valuvesiä keräävien lysimetrialtaiden avulla Lahdessa kahdella eriasteisesti urbanisoituneella alueella. Hypoteesina oli että – riippumatta maaperän rakenteesta – hitaasti hajoavaa kariketta tuottavat kasvit (havupuut ja varvut) muodostavat maaperään sienipohjaisen hajottajaravintoverkon joka imee vettä ja pidättää ravinteita tehokkaasti. Toisaalta nopeasti hajoavaa, ”hyvälaatuista” kariketta tuottavat heinät ja ruohot stimuloivat bakteerivaltaisen ravintoketjun syntymistä maaperään, jonka kyky pidättää ravinteita on heikko. Kahden vuoden seurannan aikana havaittiin – hypoteesien mukaisesti – että havupuut ja varvut stimuloivat sienivaltaisen hajottajaravintoverkon muodostumista maaperään bakteerivaltaisen hajottajaravintoverkon kustannuksella. Oletusten mukaisesti sienivaltainen kaupunkimaaperä pidätti sadevettä ja siihen liuenneita ravinteita paremmin kuin kasviton kontrollimaaperä tai heiniä ja varpuja kasvava, bakteerivaltainen maaperä. Myös hajottajaravintoverkon mikrobeja ja kariketta hyödyntävän trofiaportaan rakenne vaihteli kasvilajiston mukaan [3].

Päätelmät

Vaikka valtaosa kaupunkien maaperästä on pinnoitettu vettä läpäisemättömillä materiaaleilla, pinnoittamattomilla, ”vapaasti hengittävillä” maaperälaikuilla voi olla merkittävä vaikutus ekosysteemipalveluiden tuottajina. Pienelläkin laikulla voi olla merkitystä esimerkiksi hulevesien imeyttäjinä – erityisesti silloin, kun niitä esiintyy tasaisesti eri puolilla valuma-aluetta. Laikkujen tehokkuutta ekosysteemipalveluiden tuottajina voidaan parantaa vaikuttamalla niiden kasvillisuuteen ja sen rakenteeseen. Kasvien ja maaperän välinen palautejärjestelmä (*plant – soil feedback*) osoitettiin toimivaksi myös kaupunkimaaperässä, jossa eloperäisen aineen osuus on hyvin vähäinen. Tutkimuksemme osoittivat, että ihmistoimien muokkaama ja häiriöittämä kaupunkimaaperä voi tuottaa asukkaiden hyvinvointia tukevia ekosysteemipalveluita, mikäli osa valuma-alueiden maaperästä on pinnoittamatonta.

Kirjallisuus

[1] Setälä, H. Viippola, V. Rantalainen, A-L. Pennanen, A. and Yli-Pelkonen, V. 2012. Urban vegetation has little influence in mitigating air pollution in northern conditions. *Environmental Pollution* (accepted)

[2] Valtanen, M. Sillanpää, N and Setälä, H. 2012. Effects of land use intensity on stormwater runoff and its temporal occurrence in cold climates. Hydrological Processes (accepted).

[3] Vauramo, S. and Setälä, H. 2010. Urban belowground food-web responses to plant community manipulation – impacts on nutrient dynamics. *Landscape and Urban Planning* 97: 1-10.

Kantojen korjuun vaikutukset maaperän biologiaan ja kasvillisuuteen

Effects of stump removal on soil biology and vegetation

Jari Haimi[1], Saana Kataja-aho[1], Hannu Fritze[2], Taina Pennanen[2] ja Aino Smolander[2]

[1]Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, jari.m.haimi@jyu.fi
[2]Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimipaikka

Johdanto

Kantojen korjuu on vakiintumassa Suomessa merkittäväksi biopolttoaineen hankintatavaksi. Kantoja korjataan lähinnä kuusivaltaisilta aloilta päätehakkuun jälkeen kaivinkoneisiin liitetyillä ja tarkoitukseen kehitetyillä kauhoilla. Korjuuteknologia on kehittynyt huomattavasti viimeisten vuosien aikana, ja kannot saadaan irrotettua maasta aiheuttamalla aiempaa rajoitetumpia vaurioita metsämaalle. Toiminta on silti voimaperäisesti maan rakennetta rikkovaa eikä sen ympäristövaikutuksia tunneta vielä läheskään riittävästi.

Tämän tutkimushankkeen tavoitteena on ollut selvittää miten kantojen korjuu vaikuttaa suomalaisen metsämaaperän hajottajaeliöyhteisöön ja hakkuualan kasvillisuuteen ensimmäisen kymmenen vuoden aikana. Tämän lisäksi hankkeessa on tutkittu kantojen korjuun vaikutuksia maaperän ravinnetalouteen, maaperästä vapautuvien kasvihuonekaasujen määriin, uudistusalalle istutettujen puuntaimien kasvuun sekä taimien sienijuurten kehittymiseen. Tutkituilla hajottajaeliöillä (mikrobit, mikro- ja makroniveljalkaiset sekä sukkula- ja änkyrimadot) ovat keskeinen rooli metsäekosysteemin toiminnassa, sillä ne ylläpitävät elintoimintojensa ja vuorovaikutustensa kautta eloperäisen aineen hajotusta ja ravinteiden kiertoa. Hajottajien toiminnan myötä ravinteet vapautuvat kuolleesta eloperäisestä aineesta uudelleen kasvien käytettäväksi. Tämän takia maaperässä tapahtuvat muutokset heijastuvat helposti hajottajien runsauden, monimuotoisuuden ja toiminnan kautta koko ekosysteemin toimintaan. Kannot tarjoavat elinpaikan myös monille lahopuusta suoraan riippuvaisille selkärangattomille eläimille ja suurelle joukolle erilaisia sieniä.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksessamme verrattiin kannonkorjuualojen hajottajaeliöyhteisöjä ja alueelle hakkuiden jälkeen kehittyvää kasvillisuutta perinteisesti laikkumätästettyjen hakkuualojen (kontrollien) eliöstöön käsittelyistä kuluneiden ensimmäisten vuosien aikana. Tutkittavat metsiköt sijaitsevat Keski-Suomessa Jyväskylän, Jämsän ja Oriveden kuntien alueilla, ja ne ovat hyvätuottoisia moreenimailla kasvavia kuusivaltaisia kangasmetsiä. Kaikilta tutkimusaloilta kerättiin noin 70 % hakkuutähteistä ennen muita käsittelyitä. Kannot kerättiin joko koko avohakkuualalta tai joissakin tapauksissa osalta hakkuualaa, jolloin jäljelle jäävä hakkuuala laikkumätästettiin (ja se toimi tutkimuksessa kontrollina). Kantojenkorjuualat täydennyslaikutettiin tarvittaessa. Ensimmäiset tutkimusalat käsiteltiin vuonna 2001 ja viimeiset 2005. Vertailukohteena mittauksissa käytettiin myös hakkuukypsiä metsiä.

Käsittelyissä paljastuneen mineraalimaan laajuus arvioitiin kummallakin käsittelytavalla mahdollisimman pian käsittelyiden jälkeen. Maaperäeläimet eroteltiin laboratoriossa kullekin ryhmälle sopivalla menetelmällä kaksi kertaa vuodessa (touko- ja syyskuu) maastosta kerätyistä maanäytteistä. Lisäksi maanpinnalla aktiivisesti liikkuvista selkärangattomista eläimistä kerättiin näytteet kuoppapyydysmenetelmällä. Eläinnäytteet otettiin erikseen ehjäksi jääneeltä maapinnalta ja paljastuneesta mineraalimaasta. Lisäksi maanäytteitä kerättiin vuonna 2005 käsitellyiltä aloilta ravinneanalyysejä varten sekä tehtiin kaasumittauksia kammiomenetelmää käyttäen. Kenttä- ja pohjakerrosten kasvillisuus inventoitiin tutkimusaloilla vuosittain heinäkuussa.

Tulokset ja niiden tarkastelu

Itse kantojenkorjuulla ei havaittu olevan merkittäviä ja pysyviä vaikutuksia hajottajaeliöstöön käsittelyistä kuluneiden ensimmäisten vuosien aikana, kun verrattiin ehjäksi jäänyttä metsämaata tai paljastunutta mineraalimaata kantojenkorjuualojen ja laikkumätästettyjen alojen välillä. Änkyrimatojen yksilömäärät olivat (sekä ehjäksi jääneessä maassa että mineraalimaassa) pienempiä kantojenkorjuualoilla verrattuna laikkumätästettyihin aloihin. Toisaalta kantojenkorjuu selkeästi lisäsi mineraalimaan typen määrää sekä typen mineralisaatiota ja nitrifikaatiota verrattuna laikkumätästykseen. Myös mikrobiston aktiivisuus (hiilidioksidituotto) oli korkeampi kantojenkorjuualoilla. Nämä vaikutukset olivat kuitenkin lyhytaikaisia.

Kantojenkorjuualoilla paljastuneen mineraalimaan osuus oli keskimäärin 70 % maa-alasta, kun laikkumätästetyillä aloilla osuus jäi n. 40 %:iin. Kantojen korjuu aiheutti siten selkeästi isomman häiriön metsämaaperälle kuin pelkkä laikkumätästys. Kun käsittelyissä rikkoutuneen maanpinnan laajuus otettiin huomioon, kantojen korjuu vähensi merkittävästi kaikkien hajottajaeliöryhmien määriä hakkuualalla. Tämä johtuu siitä, että mineraalimaa on selvästi heikkolaatuisempi elinympäristö useimmille hajottajaeliöille, ja siksi siinä elää selvästi vähemmän eliöitä kuin ehjäksi jääneessä maassa [1]. Jo pelkkä avohakkuu on huomattava häiriö metsämaan eliöstölle, se muuttaa hajottajaeliöstön elinympäristöä ja sitä kautta eliöstön runsautta ja monimuotoisuutta, ja edelleen maan ravinnetaloutta [2]. Tässäkin tutkimuksessa esimerkiksi hyppyhäntäisten ja hämähäkkien yhteisörakenne sekä muurahaisten lajirunsaus poikkesivat selkeästi verrattaessa avohakkuualoja hakkaamattomaan metsään. Hajottajaeläinyhteisö muuttui myös hakkuualan ikääntyessä. Kasvillisuus oli sen sijaan runsaampaa ja monimuotoisempaa kantojenkorjuualoilla verrattuna laikkumätästettyihin aloihin [3]. Voimakkaampi maan muokkautuminen ja suurempi paljastuneen mineraalimaan määrä kannonnostoaloilla mahdollistivat sekä tehokkaamman maaperän siemenpankin aktivoitumisen että alueelle kulkeutuvien siementen paremman itämisen.

Kokonaisia hakkuualoja tarkasteltaessa voidaan selkeästi todeta, että vaikka useimmat hajottajaeliöryhmät eivät maaperästä kantojen korjuun seurauksena häviäkään, niin hajotustoiminta maassa muuttuu, koska hajottajia on kantojenkorjuualoilla vähemmän kuin laikkumätästetyillä aloilla. Tämä on vakavasti otettava riski, kun tarkastellaan vaikutuksia metsämaan ravinnetalouteen ja esimerkiksi puiden kasvuun pidemmällä aikavälillä. Lisäksi on syytä huomioida myös ravinteiden kohonnut huuhtoutumisriski kantojenkorjuualoilla. Yhteenvetona voidaan todeta, että kantojenkorjuun maaperän eliöstölle ja sen toiminnalle aiheutuvat vaikutukset voitaisiin minimoida minimoimalla korjuussa rikkoutuneen maaperän laajuus.

Kirjallisuus

[1] Siira-Pietikäinen, A., Haimi, J., and Fritze, H. 2003. Organisms, decomposition, and growth of pine seedlings in boreal forest soil affected by sod cutting and trenching. Biol. Fertility Soils 37: 163-174.

[2] Siira-Pietikäinen, A. and Haimi J. 2009. Changes in soil fauna 10 years after forest harvestings: Comparison between clear felling and green-tree retention methods. – Forest Ecology and Management 258: 332-338.

[3] Kataja-aho, S., Fritze, H. and Haimi, J. 2011. Short-term responses of soil decomposer and plant communities to stump harvesting in boreal forests. - Forest Ecology and Management 262: 379-388.

Hakkuutähteiden korjuun vaikutukset maan ominaisuuksiin

The effect of logging residue harvesting on soil properties

Pekka Tamminen[1], Anna Saarsalmi[1], Aino Smolander[1], Mikko Kukkola[1], Heljä-Sisko Helmisaari[2]

1 Metsäntutkimuslaitos, PL 18, (Jokiniemenkuja 1), 01301 Vantaa
2 Metsätieteiden laitos, PL 27 (Latokartanonkaari 7), 00014 Helsingin yliopisto

Hakkuutähteitä hyödynnetään biopolttoaineena yhä enemmän, mutta hakkuutähteiden käyttö ei ole kuitenkaan ongelmatonta. Havupuiden neulasten ja oksien ravinnepitoisuudet ovat niin paljon korkeammat kuin runkopuun, että kokopuun korjuussa voidaan viedä kasvupaikalta 2-4 kertaa niin paljon ravinteita kuin runkopuun korjuussa [1]. Hakkuutähteiden korjuun merkitys riippuu paitsi hakkuutähteiden korjuun intensiteetistä, myös kasvupaikasta ja puuston kehitysvaiheesta.

Metsämaan pintakerroksiin, erityisesti orgaaniseen kerrokseen, on kertynyt noin 10 000 vuoden aikana runsaasti orgaanista ainetta ja ravinteita. Eräässä päätehakkuuikäisessä kuusikossa hakkuutähde sisälsi typpeä 247, fosforia 29, kaliumia 89 ja kalsiumia 183 kg/ha [2]. Kun uudistuskypsän kuusikon orgaanisessa kerroksessa on keskimäärin 741 kg kokonaistyppeä, 65 kg kokonaisfosforia, 62 kg kokonaiskaliumia ja 222 kg kokonaiskalsiumia hehtaarilla (julkaisematon Metlan aineisto), niin hakkuutähteen ravinnemäärien suhde humuskerroksen ravinnemääriin olisi päätehakkuuikäisessä kuusikossa: N 0,33; P 0,45; K 1,44 ja Ca 0.82. Vastaavasti kaksi kertaa harvennetuissa kuusikoissa hakkuutähteiden ja humuskerroksen ravinnemäärien suhteiden arvioitiin olleen N 0,21; P 0,44; K 1,41 ja Ca 0.68 [3]. Näiden lukujen perusteella hakkuutähteen korjuun vaikutuksen pitäisi ilmetä erityisesti kaliumin ja kalsiumin määrissä mutta vähemmän fosforin ja typen määrissä.

Taulukko 1. Korjuun intensiivisyyden vaikutus humuskerroksen happamuustunnuksiin ja uuttuviin ja kokonaisravinnemääriin Rautavaaralla, Pohjois-Savossa. Avohakkuusta oli kulunut kokeella 614 25 v ja kokeella 615 23 v. RK = runkopuun korjuu ja KK = kokopuun korjuu (runkopuu + hakkuutähteet). p = kovarianssianalyysin F-testin tilastollinen merkitsevyys (ks. viite [4]).

	Koe 614			Koe 615		
Muuttuja	RK	KK	p	RK	KK	p
n	24	24		12	12	
pHvesi	3,6	3,7	,374	3,5	3,6	,327
Al, mmol kg^{-1}	5,4	9,3	,000	10,4	11,0	,785
Ca/Al	9,8	7,1	,006	9,0	6,5	,042
C/N	37	36	,144	39	40	,323
	Vaihtuvat/uuttuvat ravinnemäärät					
Ca, kg ha^{-1}	109	84	,002	66	61	,659
K, kg ha^{-1}	44	43	,425	28	28	,888
Mg, kg ha^{-1}	18	18	,853	10	11	,752
P, kg ha^{-1}	11,4	9,5	,012	8,3	7,3	,123
	Kokonaisravinnemäärät					
C, Mg ha^{-1}	24	21	,007	16	15	,686
N, kg ha^{-1}	662	590	,045	414	395	,648
Ca, kg ha^{-1}	175	136	,006	105	100	,768
K, kg ha^{-1}	52	48	,320	27	29	,672
Mg, kg ha^{-1}	36	38	,782	15	17	,259
P, kg ha^{-1}	47	45	,520	28	28	,819

Avohakkuun yhteydessä tehdyn hakkuutähteen korjuun vaikutuksia männyn taimiin ja maahan tutkittiin kahdella metsänviljelykokeella Pohjois-Savossa [4]. Koemetsiköt aurattiin ennen mäntyjen istutusta. Maanäytteet otettiin koskemattomalta maalta auranvakojen välistä. Taimien kasvuun tai neulasten ravinnepitoisuuksiin hakkuutähteen korjuu ei vaikuttanut, mutta toisessa kokeessa koealoilla, joilta hakkuutähteet oli korjattu, havaittiin vähäistä happamoitumista, ts. alumiinipitoisuus oli noussut ja kalsiumpitoisuus ja Ca/Al suhde oli laskenut. Lisäksi koealoilla, joilta hakkuutähteet oli korjattu, hiilen, kokonaistypen ja –kalsiumin sekä uuttuvan fosforin määrät olivat pienempiä (Taulukko 1). Näytti siltä, että kokopuun korjuu vaikutti humuskerroksen tunnuksiin, mutta hyvin lievästi, koska vain toisessa kokeessa näkyi eroja käsittelyjen välillä.

Harvennushakkuiden yhteydessä tehdyn hakkuutähteiden korjuun vaikutuksia maahan tutkittiin 13 kokeella. Hakkuutähteiden korjuu näytti keskimäärin alentavan emäskationien määriä, sitä enemmän, mitä enemmän hakkuutähteitä oli korjattu (Taulukko 2).

Taulukko 2. Korjuun intensiivisyyden vaikutus humuskerroksen vaihtuvien/uuttuvien ravinteiden määriin 13 harvennushakkuukokeella 3-30 vuotta ensimmäisen harvennuksen jälkeen. Kokeista 10 oli harvennettu kahdesti ja 3 kerran, mukana 9 männikköä ja 4 kuusikkoa. RK = runkopuun korjuu ja KK = kokopuun korjuu (runkopuu + hakkuutähteet). p = kovarianssianalyysin F-testin tilastollinen merkitsevyys (ks. viite [3]).

Muuttuja	RK	KK	p
pH_{vesi}	3,8	3,8	,573
Ca, kg ha^{-1}	66	60	,020
K, kg ha^{-1}	28	27	,029
Mg, kg ha^{-1}	9,2	8,2	,006
P, kg ha^{-1}	9,1	8,7	,178
Emäskationit, kmol ha^{-1}	5,0	4,5	,014

Kirjallisuus

[1] Mälkönen, E. 1977. Betydelsen av helträdsutnyttjandet i skogens näringhushållning. Skogsbruket 1977(6): 124-125.

[2] Mälkönen, E., Kukkola, M. & Finér, L. 2001. Energiapuun korjuu ja metsämaan ravinnetase. Julkaisussa: Nurmi, J. & Kokko, A. (toim.). Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitos. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816. s. 31-52.

[3] Tamminen, P., Saarsalmi, A., Smolander, A., Kukkola, M. & Helmisaari, H.-S. 2012. Effects of logging residue harvest in thinnings on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. Forest Ecology and Management 263: 31-38.

[4] Saarsalmi, A., Tamminen, P., Kukkola, M. & Hautajärvi, R. 2010. Whole-tree harvesting at clear-felling: Impact on soil chemistry, needle nutrient concentrations and growth of Scots pine. Scandinavian Journal of Forest Research 25(2): 148-156.

Runkopuu- ja kokopuukorjuussa poistuvat ravinnemäärät

Nutrient removals in stem-only and whole-tree harvesting

Marjo Palviainen[1] ja Leena Finér[2]

[1]Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Metsäntutkimuslaitos, Itä-Suomen alueyksikkö, PL 68, 80101 Joensuu

Johdanto

Kokopuukorjuu, jossa poistetaan runkojen lisäksi latvusmassaa bioenergian lähteeksi, on yleistynyt voimakkaasti. Kansallisen metsäohjelman tavoitteena on kasvattaa vuotuinen metsähakkeen käyttö 10-12 miljoonaan m^3 vuoteen 2015 mennessä. Intensiivisempi biomassan korjuu lisää kasvupaikan ravinteiden menetystä, mikä voi vähentää puuntuotoskykyä [1]. Tässä työssä laadittiin yhtälöt, joilla voidaan laskea männyn, kuusen ja koivun runkopuun ja maanpäällisen biomassan (runko ja latvus) sisältämät typen, fosforin, kaliumin ja kalsiumin määrät metsikön tilavuuden funktiona. Yhtälöitä käytettiin arvioitaessa kasvupaikan ravinteiden menetystä kokopuukorjuussa, metsikön eri kehitysvaiheissa ja eri puulajien metsiköiden välillä.

Aineisto ja menetelmät

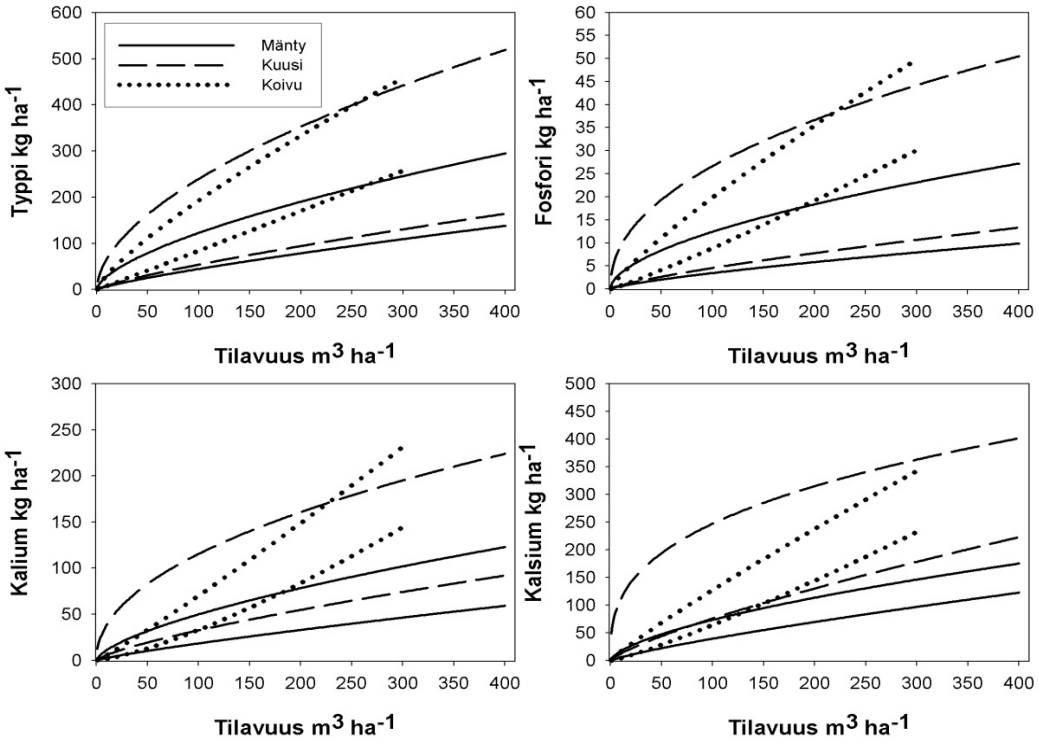
Aineistona käytettiin Suomessa ja Ruotsissa tehtyjen tutkimusten tuloksia 34 männiköstä, 26 kuusikosta ja 5 koivikosta [2]. Yhtälöt ovat muotoa $Y= aX^b$, missä Y on ravinnemäärä (kg ha^{-1}), X on metsikön tilavuus (m^3 ha^{-1}) ja a ja b ovat parametreja. Yhtälöillä laskettiin hakkuissa korjatun puuston sisältämät ravinnemäärät kiertoajan aikana tyypillisissä Etelä-Suomalaisissa männiköissä, kuusikoissa ja koivikoissa. Korjatun puuston tilavuus laskettiin MOTTI-mallilla. Ravinnepoistumia verrattiin kirjallisuudessa esitettyihin laskeuma-, rapautumis- ja huuhtouma-arvioihin sekä maaperän ravinnevaroihin.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Yhtälöt selittivät puulajista ja ravinteesta riippuen 61-99% runkojen ja 56-87% maanpäällisen biomassan sisältämistä ravinnemääristä. Tehtyjen laskelmien mukaan ravinnepoistumien suuruus riippuu hakkuun intensiteetistä, metsikön kehitysvaiheesta ja puulajista. Kokopuukorjuu lisää huomattavasti ravinnepoistumia runkopuukorjuuseen verrattuna (Kuva 1). Runkopuu- ja kokopuukorjuun aiheuttamat ravinnepoistumat hakattua puukuutiometriä kohden ovat pienemmät männiköissä kuin kuusikoissa ja koivikoissa. Latvuksen osuus maanpäällisestä ravinnemäärästä vähenee metsikön tilavuuden kasvaessa. Kokopuukorjuun aiheuttamat ravinnepoistumat korjattua runkopuukuutiometriä kohden ovat näin ollen suuremmat nuorissa tilavuudeltaan pienissä metsiköissä.

Metsikön koko kiertoajan kattavat ravinnetasetarkastelut osoittivat, että useimmissa tapauksissa metsikön ravinnetase on negatiivinen jos puunkorjuu toteutetaan kokopuukorjuuna. Koivikoissa fosforin ja kaliumin tase voi muodostua negatiiviseksi jo pelkässä runkopuun korjuussa. Toteutettaessa korjuu kokopuukorjuuna ovat typen poistumat kivennäismailla ja fosforin ja kaliumin poistumat turvemailla suuria verrattuna maan juuristokerroksen ravinnevaroihin. Runkopuukorjuun ja etenkin kokopuukorjuun aiheuttamat ravinnepoistumat kiertoajan aikana ovat myös suuria verrattuna kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määriin juuristokerroksessa. Kokopuukorjuun aiheuttamia ravinnemenetyksiä voidaan vähentää suhteessa eniten korjattua biomassayksikköä kohti korjaamalla energiapuuta päätehakkuumetsiköistä nuorten harvennusmetsiköiden sijaan, koska nuorissa metsissä runsaasti ravinteita sisältävä latvus kattaa suhteellisesti suuremman osan biomassasta

Laaditut ravinneyhtälöt, joissa käytetään metsikön tilavuutta riippumattomana muuttujana, ovat helppokäyttöisiä arvioitaessa runkojen ja maanpäällisen biomassan ravinnemääriä boreaalisissa männiköissä, kuusikoissa ja koivikoissa. Yhtälöt perustuvat kuitenkin vielä varsin pieneen aineistoon ja lisäaineistoa tarvitaan niiden parantamiseen ja validointiin.



Kuva 1. Ravinneyhtälöiden avulla ennustettu typen, fosforin, kaliumin ja kalsiumin määrä (kg ha^{-1}) männyn, kuusen ja koivun runkopuussa (alempi viiva) ja maanpäällisessä (runko ja latvus) biomassassa (ylempi viiva) runkotilavuuden (m^3 ha^{-1}) funktiona.

Kirjallisuus

[1] Wall, A. 2012. Risk analysis of effects of whole-tree harvesting on site productivity. Forest Ecology and Management 282: 175-184.

[2] Palviainen, M. and Finér, L. 2012. Estimation of nutrient removals in stem-only and whole-tree harvesting of Scots pine, Norway spruce, and birch stands with generalized nutrient equations. European Journal of Forest Research 131: 945-964.

The long-term effects of whole-tree harvest at final felling on soil properties in a Norway spruce (*Picea abies* (L) *Karts*.) stand

Päätehakkuussa tehtävän kokopuunkorjuun pitkäaikaisvaikutukset maaperän ominaisuuksiin OMT-kuusikossa

Lilli Kaarakka[1,3], Heljä-Sisko Helmisaari[1], Pekka Tamminen[2], Anna Saarsalmi[2] and Andrew Burton[3]

[1] University of Helsinki, Department of Forest Sciences, Helsinki, Finland
[2] Finnish Forest Research Institute, Vantaa, Finland
[3] Michigan Technological University, Houghton, MI, USA

Introduction

Increased demand for forest-derived biomass has resulted in changes in harvest intensities in Finland. Conventional stem-only harvest (CH) has to some extent been replaced with whole-tree harvest (WTH). The latter involves a greater removal of nutrients from the forest ecosystem, as all the above ground biomass is exported from the site. This has raised concerns that WTH could result in large changes in the nutrient dynamics of a forest stand and could eventually lower its site productivity. A number of studies conducted in the boreal region have demonstrated that WTH could result in growth losses in both thinnings [1,2] and final harvest [3-6]. It has also been reported that WTH can have an impact on nutrient pools and acidity [7-15]. The objective of this study was to compare differences in soil properties after CH and WTH in a fertile Norway spruce (*Picea abies* (L) *Karst*.) stand in Southern Finland. The site was clear-felled in August 2000 and spruce seedlings were planted in the following summer. Soil sampling in the form of systematic randomized sampling was carried out in May 2011. Changes in base saturation, cation exchange capacity, elemental pools (total and exchangeable) and acidity were studied in both, organic and mineral horizons.

Materials and methods

The experimental site (Trial 727) utilized for this study was established by the Finnish Forest Research Institute as a part of a trial examining the long-term effects of whole-tree harvest on tree growth and soil properties. Soil chemical analysis was completed at the Finnish Forest Research Institute and University of Helsinki. Means of the sampling points in each plot were used for all analyses. ANOVA (Analysis of variance) was used to test the effects of treatment on the selected soil properties.

Results

WTH reduced significantly the amount of organic matter (LOI %) ($p < 0.002$) and the total pool of Ca ($p < 0.011$) in the organic layer. Also, WTH decreased the pools of exchangeable Ca, K and Mg (kg ha^{-1}) in the organic layer, whereas the pools of exchangeable Al and Fe increased. The change was significant for Al ($p < 0.000$), Fe ($p < 0.001$) and Ca ($p < 0.009$). The pools of exchangeable Ca ($p < 0.000$) and Mg ($p < 0.003$) declined significantly in the mineral soil as result of WTH. Harvest methods had no significant effect on pH in either soil horizon. However, effective cation exchange capacity (ECEC, $cmol_{(+)}kg^{-1}$) ($p < 0.009$) and base saturation (BS %) ($p < 0.000$) were both lower after WTH in the organic layer. Correspondingly, exchangeable acidity (EA, $cmol_{(+)}kg^{-1}$) ($p <0.002$) increased significantly in the organic layer as result of WTH. Significant treatment effect on ECEC and BS was also detected in the mineral soil ($p < 0.016$ and $p < 0.004$, respectively).

Conclusions

The results of this study indicate that whole-tree harvest can exacerbate loss of nutrient cations and soil acidification, particularly in the organic layer of the soil ten years after final harvest in a fertile Norway spruce stand in comparison to conventional harvest. Exchangeable

acidity, exchangeable Al concentration and Ca/Al-ratio increased significantly in the organic layer at the plots from which the logging residues were removed. Significant reductions in the effective cation exchange capacity and base saturation were also observed across the upper soil layers after WTH. The removal of logging residues did not affect the C/N ratio or total pools of carbon and nitrogen in either soil layer. Pools of exchangeable and total Ca were significantly reduced as a result of WTH. These findings suggest that WTH can cause depletion of base cations from the upper soil layers and that although the stand possesses significant pools of nutrients at present, WTH, if continued, could have long-term effects on site productivity.

Literature

[1] Helmisaari, H., Hanssen, K. H., Jacobson, S., Kukkola, M., Luiro, J., Saarsalmi, A., Tamminen, P. & Tveite, B. 2011. Logging residue removal after thinning in Nordic boreal forests: Long-term impact on tree growth. Forest Ecology and Management 261(11): 1919–1927.

[2] Jacobson, S., Kukkola, M., Mälkönen, E. & Tveite, B. 2000. Impact of whole-tree harvesting and compensatory fertilization on growth of coniferous thinning stands. Forest Ecology and Management 129(1-3): 41–51.

[3] Proe, M. F. & Dutch, J. 1994. Impact of Whole-Tree Harvesting on Second-Rotation Growth of Sitka Spruce: the First 10 Years. Forest Ecology and Management 66(1): 39–54.

[4] Wall, A. & Hytönen, J. 2011. The long-term effects of logging residue removal on forest floor nutrient capital, foliar chemistry and growth of a Norway spruce stand. Biomass and Bioenergy 35(8): 3328–3334.

[5] Walmsley, J. D., Jones, D. L., Reynolds, B., Price, M. H. & Healey, J. R. 2009. Whole tree harvesting can reduce second rotation forest productivity. Forest Ecology and Management 257(3): 1104–1111.

[6] Egnell, G. 2011. Is the productivity decline in Norway spruce following whole-tree harvesting in the final felling in boreal Sweden permanent or temporary? Forest Ecology and Management 261(1): 148–153.

[7] Olsson, B. A., Staaf, H., Lundkvist, H., Bengtsson, J. & Rosen, K. 1996. Carbon and nitrogen in coniferous forest soils after clear-felling and harvests of different intensity. Forest Ecology and Management 82(1-3): 19–32.

[8] Olsson, B. A., Bengtsson, J. & Lundkvist, H. 1996. Effects of different forest harvest intensities on the pools of exchangeable cations in coniferous forest soils. Forest Ecology and Management 84(1–3): 135–147.

[9] Tamminen, P., Saarsalmi, A., Smolander, A., Kukkola, M. & Helmisaari, H. 2012. Effects of logging residue harvest in thinnings on amounts of soil carbon and nutrients in Scots pine and Norway spruce stands. Forest Ecology and Management 263:31–38.

[10] Olsson, B., Lundkvist, H. & Staaf, H. 2000. Nutrient status in needles of Norway spruce and Scots pine following harvesting of logging residues. Plant and Soil 223(1): 163–175.

[11] Thiffault, E., Pare, D., Belanger, N., Munson, A. & Marquis, F. 2006. Harvesting Intensity at Clear-Felling in the Boreal Forest: Impact on Soil and Foliar Nutrient Status. Soil Science Society of America Journal 70(2): 691–701.

[12] Vanguelova, E., Pitman, R., Luiro, J. & Helmisaari, H. 2010. Long term effects of whole tree harvesting on soil carbon and nutrient sustainability in the UK. Biogeochemistry 101(1-3): 43–59.

[13] Mälkönen, E. 1976. Effect of whole-tree harvesting on soil fertility. Silva Fennica 10(3): 157–164.

[14] Helmisaari, H., Makkonen, K., Kellomäki, S., Valtonen, E. & Mälkönen, E. 2002. Below- and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland. Forest Ecology and Management 165(1-3): 317-326.

[15] Smolander, A., Kitunen, V., Tamminen, P. & Kukkola, M. 2010. Removal of logging residue in Norway spruce thinning stands: Long-term changes in organic layer properties. Soil Biology and Biochemistry 42(8): 1222–1228.

Orgaanisella maalla tuotetun ruokohelven ilmastolliset vaikutukset

Atmospheric impact of reed canary grass cultivation on an organic soil

Niina P. Hyvönen[1], Narasinha J. Shurpali[1] ja Pertti J. Martikainen[1]

[1] Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteenlaitos, PL 1627, 70211 Kuopio

Abstrakti

Viljelykäytössä olevat orgaaniset maat ovat osoittautuneet erittäin ongelmallisiksi tarkasteltaessa niiden ilmastollisia vaikutuksia. OECD onkin suositellut, ettei orgaanisia maita saisi käyttää bioenergiakasvien viljelyyn, koska suuret hiilidioksidi- (CO_2) ja dityppioksidipäästöt (N_2O) mitätöivät bioenergiakasveista saatavan hyödyn [1]. Tässä tutkimuksessa määritimme turvetuotannosta poistetulla alueella tuotetun ruokohelven kasvihuonekaasutaseet (CO_2, N_2O ja metaani (CH_4)) käyttämällä mikrometeorologista eddy kovarianssi-, kammio- ja lumigradienttimenetelmiä. Vuomittaukset tehtiin sekä saroilta että kuivatusojista. Lisäksi määritimme ruokohelven biomassan (korsi- ja juuribiomassa) sekä viljelyalueelta syntyvän hiilen ja ravinteiden valunnan.

Tämä tutkimus osoittaa, että viljeltäessä monivuotista ruokohelpeä, on olemassa orgaanisia maita joissa N_2O-päästöt ovat matalat ja vuositasolla viljelmä toimii hiilen nieluna toisin kuin aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu yksivuotisia kasveja viljeltäessä [2, 3]. Ruokohelpiviljelmän kokonaishiilen ja -typen valunnat olivat alhaisempia kuin turvetuotantoalueen valunnat keskimäärin ja kokonaistypen ja -fosforin valunnat oli pienempää kuin maatalousmailta keskimäärin [4]. Huomioiden koko tuotantoketju (mm. maatalouskoneet ja biomassan kuljetus polttolaitokselle), kasvihuonekaasupäästöt tuotettua energiayksikköä (sähkö-lämpö) kohden vaihtelevat säätekijöiden mukaan. Tuottamalla ruokohelpeä bioenergiaksi on mahdollista päästä kivihiilellä tuotettua energiaa alhaisempaan päästöön [4].

Kirjallisuus

[1] OECD. 2007. Biofuels: Is the Cure Worse than the Disease? *OECD Sustainable Development Studies. OECD Publications, Paris.*

[2] Shurpali N.J, Hyvönen N.P, Huttunen J.T, Clement R, Reichstein M, Nykänen H, Biasi C, Martikainen P.M. 2009 Perennial grass for bioenergy on a boreal organic soil - carbon sink or source? *Global Change Biology Bioenergy* 1: 35-50. doi: 10.1111/j.1757-1707.2009.01003.x

[3] Hyvönen N.P., Huttunen J.T, Shurpal, N.J, Tavi N.M., Repo M.E. and Martikainen P.J. 2009. Fluxes of nitrous oxide and methane on an abandoned peat extraction site: Effect of reed canary grass cultivation. *Bioresource Technology* 100: 4723-4730. doi:10.1016/j.biortech.2009.04.043

[4] Hyvönen N.P., Shurpali N.J., Lind S.E., Repo M.E., Heitto L. and Martikainen P.J. 2013. Importance of drainage ditches in greenhouse gas emissions and leaching losses from cultivation of a perennial bioenergy crop on a cutaway peatland. *Boreal Environment Research* 18: xx-xx. *(in print)*

[5] Shurpali NJ., Strandman H., Kilpeläinen A., Huttunen J., Hyvönen N., Biasi C., Kellomäki S. and Martikainen P.J. 2010. Atmospheric impact of bioenergy based on perennial crop (reed canary grass, Phalaris arundinaceae, L.) cultivation on a drained boreal organic soil. *Global Change Biology Bioenergy* 2: 130-138.

Raetuhkan vaikutukset koneellisesti istutetun kuusentaimikon maaperään

Effects of granulated wood ash on the soil of machine-planted Norway spruce plantations

Jouni Nieminen[1]

[1] Bio- ja ympäristötieteiden laitos, PL 35, 40014 Jyväskylän yliopisto

Johdanto

Vaikka energiapuun korjuu tehostuu, vain pieni osa voimalaitoksilla syntyvästä puuntuhkasta kierrätetään takaisin metsäekosysteemiin[1,2]. Erityisen puutteellisesti tunnetaan rakeistetun puuntuhkan vaikutukset avohakkuualoille perustetuissa nuorissa kuusentaimikoissa[3] sekä tuhkalannoituksen ja maanpinnan käsittelyn yhteisvaikutukset maaperän eliöstöön.

Raetuhkalannoituksen ja kääntömätästyksen yhteisvaikutuksia kuusentaimikon maaperäeläimiin, maan ammoniumtyppipitoisuuteen ja kasvillisuuteen tutkittiin taimikon perustamista seuraavina kahtena syksynä. Yleisten häiriöekologisten teorioiden nojalla oletimme tuhkalannoituksen ja mätästyksen lisäävän bakteerinsyöjäsukkulamatojen määriä sekä nostavan ammoniumtyppipitoisuutta ja edelleen kuusenneulasten typpipitoisuutta.

Aineisto ja menetelmät

Koe perustettiin kesällä 2009 kahteen edellisenä talvena avohakattuun kuusentaimikkoon Viitasaarella ja Ähtärissä. Koeala jakautui kummallakin hakkuualalla kolmeen 15*15 m lohkoon, joiden sisään arvottiin satunnaisesti kolme toistoa kutakin käsittelykombinaatiota. Tutkimusyksikkönä oli kuusentaimi lähiympäristöineen. Yhteensä 72 kuusentainta istutettiin säännölliseen ruudukkoon istutuskoneilla M-Planter ja Bräcke. Puolet taimista istutettiin mätästäen ja puolet ilman mätästystä. Puolet mätästäen ja mätästämättä istutetuista taimista lannoitettiin raetuhkalla. Tuhka (314 g/taimi, vastaten 4 tn/ha) siroteltiin käsin mahdollisimman tasaisesti puolen metrin säteelle taimesta. Käsittelyt muodostavat täydellisen faktorikokeen, faktoreina tuhkalannoitus ja kääntömätästys.

Raetuhka oli valmistettu puun ja turpeentuhkan (< 20 %) seoksesta, joka sisälsi 200 g kg^{-1} Ca, 22 g kg^{-1} K, 11 g kg^{-1} P, 10 mg kg^{-1} Cd, 20 mg $kg^{-}1$ As. Raetuhkan pH oli 9.16 ± 0.17 (keskiarvo ± SD, n = 3). Sadan tuhkarakeen digitaalisella työntömitalla mitattu keskimääräinen minimihalkaisija oli 7.8 ± 4.2 mm ja massa 0.6 ± 1.2 g.

Syyskuussa 2009 ja 2010 jokaisen taimen luota otettiin kaksi orgaanisen kerroksen syvyistä maanäytettä 57 mm kairalla änkyrimato- ja mikroniveljalkaismäärityksiin ja yksi 35 mm kairalla sukkulamato- ja fysikaalis-kemiallisia määrityksiä varten. Änkyrimadot, sukkulamadot ja mikroniveljalkaiset eroteltiin maanäytteistä ja niiden populaatiotiheydet laskettiin tavanomaiseen tapaan[4]. Lisäksi erotellun sukkulamatonäytteen osasta määritettiin bakteerinsyöjien osuus (% sukkulamatojen kokonaismäärästä). Orgaanisen maan kosteus määritettiin gravimetrisesti. Lisäksi määritettiin maan tuhkapitoisuus (4 h 550□C:ssa).

Kunkin kuusentaimen kuluvan vuoden versosta otettiin kolme haaraa kasvukauden päätyttyä marraskuussa 2010. Kuivattujen ja jauhettujen neulasten typpipitoisuus määritettiin Suomen Ympäristöpalvelu Oy:n laboratoriossa. 5 g tuoretta maanäytettä sekoitettiin veteen ja suodatettiin ensin 1.6 µm lasikuitu- ja sitten 0.45 µm kalvosuodattimen läpi. Suodoksesta määritettiin NH_4-N standardin SFS-EN ISO 11732:2005 mukaisesti, sekä pH ja sähkönjohtavuus Jyväskylän yliopiston Ambiotica-laboratorioissa ja PP laboratoriopalveluissa.

Käsittelyjen vaikutukset testattiin PASW(R) 18.0 -ohjelmalla lineaarisia sekamalleja käyttäen.

Tulokset
Vain kääntömätästys lisäsi bakteerinsyöjäsukkulamatojen määrää ja suhteellista osuutta. Sen sijaan puuntuhka odottamatta lisäsi hyppyhäntäisten kokonaismäärää tilastollisesti merkitsevästi sekä änkyrimatojen biomassaa, punkkien lukumäärää ja vuonna 2010 myös sukkulamatojen kokonaismäärää melkein merkitsevästi.

Raetuhka nosti maan ammoniumtypen pitoisuutta 24 % syksyllä 2009 ja kääntömätästys nosti sitä 190 % syksyllä 2010. Sekä raetuhka että kääntömätästys nostivat toisistaan riippumatta kuusenneulasten typpipitoisuutta. Kääntömätästys laski maan gravimetristä kosteutta, kun taas puuntuhka näytti lisäävän sitä erityisesti Ähtärissä, joka oli alunperin maaperältään kuivempi.

Tulosten tarkastelu
Havaittu maaperäeläinpopulaatioiden kasvu tuhkalannoitetuksen seurauksena liittyy todennäköisesti maan kosteusprosentin nousuun. Niukkaliukoinen raetuhka näyttää toimineen orgaanisessa metsämaassa samaan tapaan kuin epäorgaaninen kate kuten sora, jonka tiedetään parantavan maan vedenpidätyskykyä[5]. Koska mikrobisto sekä lisää maaperän vedenpidätyskykyä, että hyötyy vedenpidätyskyvyn kasvusta, emme tiedä onko kosteus syy vai seuraus. Toisin kuin nyt, aiemmissa tutkimuksissa raetuhka ei ole vaikuttanut maan tai kuusenneulasten N-pitoisuuteen[3]. Osasyy eroaviin tuloksiin voi olla pitempi viive sekä hakkuun ja lannoituksen, että lannoituksen ja näytteenoton välillä aiemmissa tutkimuksissa. Jos raetuhkalla oli katevaikutusta hakkuualalla, se on todennäköisesti suurimmillaan ennen kasvillisuuden ilmaantumista. Emme havainneet niukkaliukoisen raetuhkan vaikuttavan maan happamuuteen, eikä sitä ole havaittu muissakaan tutkimuksissa[6]. Kaiken kaikkiaan raetuhka aiheutti lannoituksen jälkeisenä vuotena kääntömätästykseen verrattuna vain vähäisiä muutoksia kuusentaimikon maaperässä.

Kiitos
Maj ja Tor Nesslingin säätiölle rahoituksesta, UPM Kymmenelle koealoista sekä Mikko Räisäselle ja Jari Haimille yhteistyöstä.

Kirjallisuus
[1] Finnish Statistical Yearbook of Forestry, 2008.
[2] Finnish Forest Industries Federation, 2008. Forest Industry's Environmental Statistics. Statistics for 2006. www.forestindustries.fi.
[3] Wang, P., Olsson, B.A. and Lundkvist, H. 2007. Effects of wood ash, vitality fertilizer and logging residues on needle and root chemistry in a young Norway spruce stand. *Scand. J. For. Res.* 22: 136-148.
[4] Nieminen, J.K., Räisänen, M. and Haimi, J. 2012. Spot mounding and granulated wood ash increase inorganic N availability and alter key components of the soil food web in clear-cut Norway spruce forests. *For. Ecol. Manage.* 263: 24-30.
[5] Kraus, H.T. 1998. Effects of Mulch on Soil Moisture and Growth of Desert Willow. *HortTechnology* 8: 588-590.
[6] Wang, P., Olsson, B.A., Arvidsson, H. and Lundkvist, H. 2010. Short-term effects of nutrient compensation following whole-tree harvesting on soil and soil water chemistry in a young Norway spruce stand. *Plant Soil* 336: 323-336.

Suomen kivennäismaapeltojen maannokset WRB-järjestelmän mukaan

Soil classes of agricultural mineral soils according to the WRB system

Markku Yli-Halla[1] ja Åge Nyborg[2]

[1]Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Norsk institutt for skog og landskap, Box 115, 1431 Ås, Norge

Maannosnimet pystyvät ilmaisemaan maan ominaisuuksia monipuolisesti. Märkyys on yksi Suomen peltojen pysyvistä viljelyrajoitteista. Pelloistamme on salaojitettuja 60 %, avo-ojitettuja 26 % ja vain 14 %:n osuutta, joka koostuu karkeista maista, viljellään ojittamatta. Tätä meille itsestään selvää maan ominaisuutta ei ole kuitenkaan tähän asti ilmaistu viljelymaillemme World Reference Base for Soil Resources (WRB) –järjestelmän [1] mukaan annetuissa maannosnimissä [2], ja käytössä olevat nimet antavat maistamme todellista kuivemman vaikutelman. Suomesta laadituissa 1:1000 000- ja 1:250 000 –mittakaavaisissa maannoskartoissa [3, 4] vain turvemaiden maannosnimi Histosols (29 % pinta-alasta) ja liejuisten maiden nimi *Gleysols* (2 %) kertovat maan märkyydestä. Savimaiden nimi *Vertic Cambisol* ei ilmaise märkyyttä, eivät myöskään karkeampien kivennäismaiden maannosnimet *Eutric/Dystric Cambisol* tai podsoloituneiden maiden *Haplic Podzol*. Norjassa, jossa on tehty maaperäkartoituksen kenttätöitä intensiivisesti toistakymmentä vuotta, märkyys käy maannosnimistä selvästi ilmi. Etelä-Suomen pellot muistuttavat Kaakkois-Norjan viljelymaita, jossa yleisimpiä WRB–järjestelmän maannoksia ovat *Stagnosols* ja *Planosols* sekä *Luvisols ja Albeluvisols,* joiden märkyys voidaan ilmaista *gleyic*- ja *stagnic*-attribuuteilla. Suomen maannoskartoilla peltomaiden valtamaannos *Cambisols* esiintyy Norjassa lähinnä vain keskikarkeilla, luontaisesti hyvässä kuivatustilassa olevilla mailla.

Norjan ja Suomen maannosnimissä havaitun ilmeisen ristiriidan [5] takia kesäkuussa 2012 tutkittiin yhteistyössä kivennäismaaprofiileja Helsingissä (2 maata), Jokioisilla (5) ja Juupajoella (1). Maaprofiilien morfologisten ominaisuuksien ja aikaisemmin tehtyjen maa-analyysien perusteella maat luokiteltiin WRB-järjestelmän mukaan.

Lähes kaikissa maissa oli *”stagnic colour pattern”* [1]. Niissä siis oli ruskeita ruostelaikkuja osoittamassa hapellisten ja hapettomien olojen vaihtelua. Savimaiden maannosnimeksi tulee tästä syystä usein *Stagnosols* (Taulukko 1). Matalimmissa maastonkohdissa savimaat voivat olla myös *Gleysols*-maannosta, joka syntyy korkean pohjaveden vaikutuksesta. Siinä maakokkareet ovat sisältä yhtenäisen harmaita heti muokkauskerroksen alapuolelta lähtien. ”*Stagnic colour pattern*” esiintyy usein myös silloin, kun pintamaa on hietaa ja sen alla on huonosti vettä läpäisevää savea. Tällainen ominaisuuksien yhdistelmä johtaa *Planosols*-maannokseen. Tällaisissa maissa näyttää usein olevan ”*mollic epipedon*” (hyvin tumma muokkauskerros, lähes neutraali pH) ja kaikilla syvyyksillä kationinvaihtopaikoista suurin osa Ca^{2+}:n ja Mg^{2+}:n miehittämiä. Välillä ne luokiteltiin *Phaeozems*-maannokseksi [2, 6], mutta koska pintamaan korkea pH johtuu kalkituksesta eikä ole siis pysyvä ominaisuus, nyt katsotaan paremmaksi lukea nämä maat *Planosols*-luokkaan.

Suomessa on usein todettu, että varsinkin savimaiden jankko on väriltään hieman vaaleampi kuin sen alapuolella oleva pohjamaa. Tämä ilmiö viittaa siihen, että jankosta on huuhtoutunut savesta ja rapautumistuotteita syvempiin maakerroksiin. Kun jankko on riittävän vaalea, se täyttää *albic*-horisontin tunnusmerkit. Jos syvemmällä on lisäksi kokkareiden pinnoilla savesfilmejä (”*illuvial clay*”, *Luvisols*-maannoksen tunnusmerkki), maa voi olla *Albeluvisols*-maannos. Viitteitä tästä on olemassa, sillä Peltovuori et al. [7] tunnistivat Suomesta *Aeric Cryaquepts* –maannoksen, joka amerikkalaisessa Soil Taxonomy-järjestelmässä [8] sisältää monia samoja ominaisuuksia kuin WRB-järjestelmän *Albeluvisols*-maannos. Monet Suomen savimaat, joissa on ”*stagnic colour pattern*”, täyttävät myös *Luvisols*-maannoksen

tunnusmerkit [9]. Mutta koska WRB-järjestelmän määrityskaavassa *Stagnosols* tulee ennen *Luvisols*-maannosta, tuollainen maa voi saada nimen *Luvic Stagnosols*, jossa saveksen kulkeutuminen maaprofiilissa alaspäin ilmaistaan siis attribuutilla. MTT:n Kotkaonjan huuhtoutumiskenttä näyttää kuitenkin kuuluvan *Luvisols-ryhmään*, koska siitä puuttui ”*stagnic colour pattern*”.

Tutkittu hiesumaa Juupajoella oli pedogeenisesti erittäin heikosti kehittynyt, ja siinäkin oli ”*stagnic colour pattern*”, joka ei kuitenkaan ollut riittävän lähellä (<50 cm) maan pintaa ollakseen nimeämisessä määräävin ominaisuus. Tämä maa saikin nimen *Stagnic Regosols*, mutta maastossa alempana olevien hiesumaiden arveltiin olevan *Stagnosols*-maannoksia. Hienot hiedat ja hietamoreenit ovat usein *Cambisols*-maannoksia, ja karkeammat podsoloituneet maat *Podzols*-maannoksia.

Taulukko 1. Yleistys viljeltyjen kivennäismaidemme maannoksista. Märkyys näkyy kursivoidussa nimen osassa.

Suomalainen maalaji	**Uusi maannosnimi**
Savimaa	Vertic *Endogleyic* Luvic *Stagnosols*
Savimaa, matalimmat märät maastonkohdat	Luvic *Gleysols*
Hieta, syvemmällä savi	*Endogleyic* Luvic *Planosols*
Hiesu	*Stagnic* Regosols
Hieno hieta tai hietamoreeni	*Endogleyic* Cambisols
Selvästi podsoloituneet maat	*Gleyic* Podzols

Edellä mainittujen *Luvisol-* ja *Albeluvisol*-maannosnimien käyttö ilman maaprofiilin ominaisuuksien tarkempaa tutkimista ei ole toistaiseksi suositeltavaa, koska näiden maannosten esiintymisen laajuudesta Suomessa ei ole vielä riittävästi tietoa. Yksittäistapauksissa ne tulevat epäilemättä kysymykseen, kunhan nimeä antava tutkija pystyy tunnistamaan kyseisten maannosten diagnostiset ominaisuudet.

Kirjoittajat kiittävät Salaojituksen Tutkimusyhdistys ry:tä ja MMM:n rahoittamaa VEHMAS-hanketta, joilta saatu rahoitus mahdollisti tämän tutkimuksen tekemisen.

Kirjallisuus

[1] FAO, 2006. World Reference Base for Soil Resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication. *FAO Soils Bulletin* 103. 128 s.
[2] Yli-Halla, M., Mokma, L., Peltovuori, T. & Sippola, J. 2000. Suomalaisia maaprofiileja. *Maatalouden tutkimuskeskus. Sarja A* 78. 104 p.
[3] European Soil Bureau 1998. Soil geographical data base of Europe, at scale 1:1000 000.
[4] Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T. & Tamminen, P. 2009. Suomen maannostietokanta. Käyttöopas versio 1.0. *MTT Tiede* 6. 77 s.
[5] Yli-Halla, M. 2011. Märkyyden ilmaiseminen maannosnimien avulla. Maaperätieteen Päivät. *Pro Terra* 52: 18-19.
[6] Greve, M.H., Yli-Halla, M., Nyborg, A. & Öborn, I. 2000. Apprisal of World Reference Base for Soil Resources – from a Nordic point of view. *Danish Journal of Geography* 100: 15-26.
[7] Peltovuori, T., Uusitalo, R. & Kauppila, T. 2002. Phosphorus reserves and apparent phosphorus saturaton in four weakly developed cultivated pedons. *Geoderma* 110: 35-47.
[8] Soil Survey Staff, 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th Ed. USDA. 337 s.
[9] Yli-Halla, M., Mokma, D.L., Alakukku, L., Drees, L.R. & Wilding, L.P. 2009. Coupled pedogenic and anthropogenic influences on a clayey Luvisol/Alfisol in Southwestern Finland. *Agricultural and Food Science* 18: 366-379.

Maaperän hiilen vähentyminen suomalaisilla peltomailla 1974-2009

Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974-2009

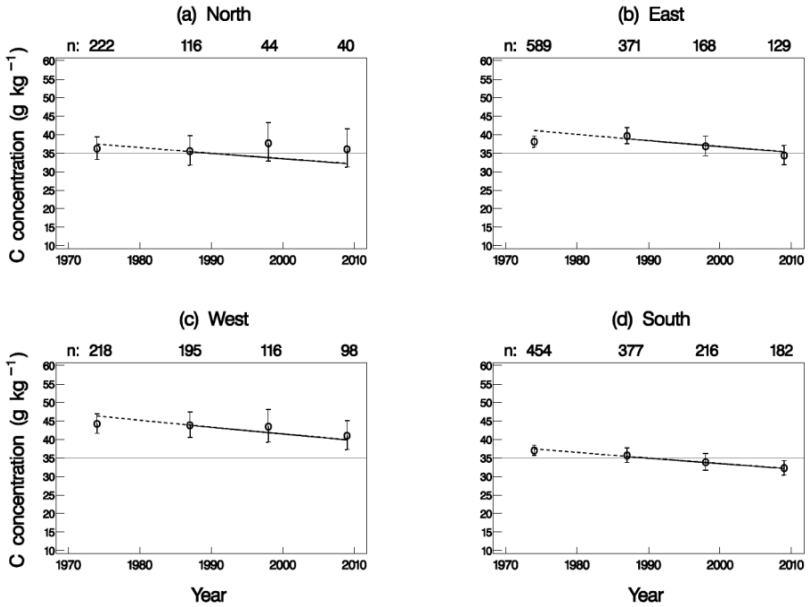
Kristiina Regina, Jaakko Heikkinen, Elise Ketoja ja Visa Nuutinen

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, 31600 Jokioinen

Maailmanlaajuisesti maaperään on varastoitunut enemmän hiiltä kuin kasvillisuuteen ja ilmakehään yhteensä [1]. Pienilläkin maaperän hiilivarastomuutoksilla voi siten olla suuri vaikutus ilmakehän hiilidioksidipitoisuuteen ja ilmaston mahdolliseen lämpenemiseen. Maatalousmaiden hiilen tutkimus on erityisen tärkeää koska ihmisen toiminnan vaikutus maatalouskäytössä olevaan maaperään on huomattavaa [2]. Riippuen viljelymenetelmistä maatalousmaat voivat toimia hiilinieluina tai -lähteinä. Maan orgaaninen aines on myös tärkeä tekijä maaperän laadun ja kestävän ruuantuotannon kannalta. Tutkimuksemme tavoitteena oli selvittää Suomen peltomaiden hiilivarasto ja siinä viime vuosikymmeninä tapahtuneet muutokset käyttäen valtakunnallista peltomaiden tilan seuranta-aineistoa.

MTT on vuodesta 1974 lähtien seurannut maatalousmaissa tapahtuvia kemiallisia muutoksia valtakunnallisen maaperäseurannan avulla. Näytteenotto on toistettu 1987, 1998 ja 2009 ottamalla maanäytteet samoilta näytealoilta kuin 1974. Alun perin verkostoon kuului 2042 koealaa, mutta koealojen lukumäärä on pienentynyt ollen 611 tuoreimmassa näytteenotossa. Maanäytteet otettiin pellon muokkauskerroksesta (n. 0-15cm). Näytteistä määritettiin hiili- ja ravinnepitoisuudet ja vuonna 2009 myös maan tilavuuspaino. Aineisto luokiteltiin maalajin, alueen ja viljelyhistorian (1995-2009) perusteella. Tilastolliseen analysointiin käytettiin yleistettyjä lineaarisia sekamalleja.

Peltomaiden pintaosaan (0-15 cm) on kokonaisuudessaan varastoitunut hiiltä noin 161 Tg. Seurannan aikana hiilen määrä on vähentynyt sekä kivennäis- että orgaanisilla mailla. Kivennäismailla vähenemä on ollut keskimäärin 0,4 % yr^{-1}(Kuva 1), mikä vastaa noin 220 kg ha^{-1} yr^{-1}. Tulosten perusteella yksivuotisten kasvien viljelyn yleistyminen on yksi hiilen vähenemiseen vaikuttanut tekijä. Laskeva suuntaus kuitenkin johtuu todennäköisesti myös muista tekijöistä, kuten ilmaston lämpenemisestä tai pellonraivauksen pitkäaikaisista vaikutuksista.



Kuva 1. Maaperän hiilipitoisuuden muutos kivennäismaan pelloilla seurantajakson (1974-2009) aikana Suomen eri osissa (n = näytealojen määrä)

[1] Grace, J. 2004. Understanding and managing the global carbon cycle. *Journal of Ecology* 92:189-202.
[2] Lal, R. 2004. Agricultural activities and the global carbon cycle. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 70: 103-116.

Happamien sulfaattimaiden haitat ja kartoitus

Acid Sulfate Soils: Harmful effects and mapping

Peter Edén, Jaakko Auri ja Anton Boman

Geologian tutkimuskeskus GTK, Länsi-Suomen yksikkö, PL 97, 67101 Kokkola
peter.eden@gtk.fi

Happamat sulfaattimaat (HS-maat) kattavat aikaisempien arvioiden mukaan 100 000 – 150 000 ha pitkin Suomen rannikkoalueita [1], eli eniten koko Euroopassa. Sulfidi-pitoisia hienosedimenttejä on kerrostunut viime jääkauden jälkeen meren pohjalle Suomen ja Ruotsin välillä alkaen n. 8 000 vuotta sitten Litorinameren aikana. Nopea maankohoaminen (yli 200 m mannerjään sulamisen jälkeen, tänä päivänä 8 mm vuodessa) on nostanut näitä sedimenttejä merenpinnan yläpuolelle. Nämä liejupitoiset sedimentit ovat mitä sopivimpia maita maataloustarkoituksiin. Ne ovat kuitenkin alavat ja kosteat ja vaativat siten kuivatusta että niitä voidaan viljellä. Erityisesti salaojitus, metsäojitus, turvetuotanto, ruoppaus ja voimistunut rakentaminen altistavat paksut sulfidikerrokset hapettumiselle (maaperässä syntyy rikkihappoa), mistä syntyy happamia ja metallirikkaita valumavesiä sekä vesistöjen ja jokisuistojen pilaamista. Rakentamisessa aiheutuu rakenteiden syöpymistä ja geotekniset ominaisuudet ovat heikot.

Happamat sulfaattimaat on tunnettu pitkään, mutta 1970-luvulle asti niitä pidettiin ensisijaisesti maataloustuotantoa haittaavana ongelmana. Tehostetun kuivatuksen eli salaojituksen myötä haitat lisääntyivät selvästi ja HS-maista tulivat vesistöjä pilaava ympäristöongelma. Pohjavedenpinnan alapuolella sulfidipitoiset sedimentit eivät aiheuta haittaa. Maankäytön eli kuivatuksen myötä ne hapettuvat, jolloin maaperässä eri reaktioiden kautta syntyy rikkihappoa, maan pH laskee jopa alle 3,5 ja maaperästä liukenee metalleja, kuten Al, Cd, Co, Cu, Ni, Zn ja U. Happamuus ja metallit huuhtoutuvat vesistöihin aiheuttaen niiden tilan heikkenemistä, mm. kalakuolemia. Vesipuitedirektiivin mukaisessa luokittelussa varsinkin Pohjanmaan jokivesistöt ovat ekologiselta tilaltaan korkeintaan tyydyttäviä ja kemialliselta tilataan hyvää huonompia.

HS-maat esiintyvät muinaisen Litorinameren ylimmän rantaviivan alapuolella, joka tänään on pohjoisessa n. 100 m ja Etelä-Suomessa 30-40 m mpy, muodostaen yli 5 miljoonan hehtaarin alueen. HS-maiden esiintymisestä tehtiin hajanaisia, paikallisia selvityksiä 1950-luvulla [2] ja 1970-luvulla [3] ja myöhemmin Palko ja muut [4] tekivät useita selvityksiä. Puustinen et al. [5] tekivät ensimmäisen arvion HS-maiden esiintymistä Suomessa päätyen 336 000 hehtaariin. Yli-Halla et al. [1] laskivat myöhemmin samasta aineistosta pinta-alaksi korkeintaan 180 000 ha käyttäen kansainvälisiä kriteereitä. Kaikki nämä työt tehtiin käyttäen vaihtelevia menetelmiä ja kriteereitä.

Viimeisten kymmenen vuoden aikana on kuitenkin alkanut tapahtua. Laajat kalakuolemat 2006-2007 ja EU:n vesipuitedirektiivi saivat aikaan eri toimijoiden laajan yhteistyön, jonka tuloksena viime vuosina on alettu selvittää HS-maiden esiintymistä ja laatua sekä kehittää menetelmiä haittojen vähentämiseksi. Maa- ja metsätalousministeriö ja Ympäristöministeriö laativat 2011 kansallisen strategian HS-maiden haittojen vähentämiseksi [6] ja samana vuonna valmistui Vesienhoidon toteutusohjelma 2010 – 2015 [7]. Näissä painotetaan HS-maiden kartoituksen nopeaa toteuttamista GTK:n toimesta edellytyksenä saavuttaa Länsi-Suomessa pintavesien hyvää tilaa. HS-maat on tunnustettu valtakunnalliseksi ongelmaksi.

HS-maiden systemaattinen kartoitus ja luokitus alkoi 2009 GTK:n toimiessa vastuullisena ja yhteistyössä Åbo Akademin ja Helsingin yliopiston tutkijoiden kanssa. Samalla on myös kehitetty kartoitusmenetelmiä, jotka vastaavat sulfaattimaiden kansainvälisiä määreitä ja

tuovat esiin ongelma-alueet. Työ jatkui vuoden 2012 loppuun kahden hankkeen puitteissa: CATERMASS LIFE+ SYKE:n koordinoimana ja HaKu EAKR –hanke (Siikajoki-Pyhäjoki) MTT:n koordinoimana. Molemmissa on ollut GTK:n vetämä kartoitusosio. TEM ja GTK ovat sopineet HS-maiden yleiskartoituksen suorittamisesta koko rannikkoalueella vuoden 2015 loppuun mennessä.

Ensimmäinen yleiskartta (1:250 000) on valmistunut Kyrönjoen valuma-alueelta. Kartat, raportit ja havaintopisteiden tiedot (3 metrin syvyyteen) julkaistaan kaikille avoimessa verkkopalvelussa. Tehdään myös sulfidikerroksen syvyyteen, pH-arvoon ja rikkipitoisuuteen perustuva riskiluokitus, jota tarvitaan esimerkiksi jos joudutaan muuttamaan maankäyttöä joillakin alueilla.

Tuloksista on hyötyä kansallisessa ja alueellisessa suunnittelussa ja päätöksenteossa (YM, MMM, maakuntaliitot, kunnat, ELY-keskukset, AVI:t), maa- ja metsätaloudessa (maanviljelijät, MTK, ProAgria, metsäkeskukset, ojitusyhtiöt), turveteollisuudessa, maarakentamisessa ja konsulttifirmoissa.

Kirjallisuus

[1] Yli-Halla, M., Puustinen, M. & Koskiaho, J. 1999. Area of cultivated acid sulfate soils in Finland. Soil Use and Manage, 15:62-67.
[2] Purokoski, P. 1959. Rannikkoseudun rikkipitoisista maista. On the S-rich sediments in coastal areas of Finland. Agrogeol. Julk. 74:7-23.
[3] Erviö, R. 1975. Kyröjoen vesistöalueen rikkipitoiset viljelysmaat. Cultivated sulphate soils in the drainage basin of river Kyrönjoki. J.Scient.Agric.Soc.Finl. vol. 47:550-561.
[4] Palko, J. 1994. Acid sulphate soils and their agricultural and environmental problems in Finland. Ph.D. Thesis, Acta Univ. Oul. C 75.
[5] Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. & Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallituksen julkaisuja - Sarja A 198.
[6] Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020. Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö. Maa- ja metsätalousministeriö 2/2011.
[7] Vesienhoidon toteutusohjelma 2010 – 2015. Valtioneuvoston periaatepäätös. Ympäristöministeriö. Suomen ympäristö 8/2011.

Puulajin vaikutus metsikkösadannan, vajoveden ja maaperän kemialliseen koostumukseen

The effect of tree species on the chemical composition of stand throughfall, percolation water and forest soil

Antti-Jussi Lindroos[1], Kirsti Derome[2] ja Aino Smolander[1]

[1]Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa
[2]Metsäntutkimuslaitos, PL 413, 90014 Oulun yliopisto

Puulajilla on havaittu olevan tärkeä vaikutus metsikkösadannan, maaveden ja metsämaan kemialliseen koostumukseen [1, 2, 3]. Kuusella on esimerkiksi raportoitu olevan metsämaan happamuutta lisäävä ja vaihtuvien ravinteiden pitoisuuksia alentava vaikutus [esim. 3], kun taas koivulla voi olla maaperän happamuutta lieventävä ja ravinteisuutta edistävä vaikutus [esim. 4]. Puulajin vaikutusta metsäekosysteemin läpi kulkevan veden ja maaperän kemialliseen koostumukseen voidaan parhaiten tutkia puulajikokeilla, joissa muiden tekijöiden kuin puulajin vaikutus on eliminoitu. Tällaisia puulajikokeita on Suomessa perustettu mm. Kivaloon Pohjois-Suomeen [2, 5]. Tässä esiteltävän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää koivun, kuusen ja männyn vaikutus metsikkösadannan, vajoveden ja metsämaan kemialliseen koostumukseen Kivalon puulajikokeella. Tutkimus on osa Metsäntutkimuslaitoksen hanketta ”Puulaji ja metsämaan ominaisuudet”.

Kivalon puulajikoe koostuu vierekkäisistä koivu-, kuusi- ja mäntyvaltaisista metsiköistä. Metsiköt sijaitsevat samalla geomorfologisella muodostumalla, joten alkuperäiset maaperäominaisuudet ja ilmasto-olot ovat olleet samat kaikissa metsiköissä. Maannostyyppi on podsoli, ja maaperä koostuu pääasiassa moreenista. Tutkimusmetsiköt on perustettu noin 70 vuotta sitten kuusikon päätehakkuun ja kulotuksen jälkeen. Kunkin puulajin metsikköön on perustettu 3 koealaa (1 ala, 25 m x 25 m). Maanäytteet on otettu maannoshorisonteittain ja niistä on määritetty pH, C- ja N-pitoisuus, vaihtuvat emäskationit ja happamuus [2]. Jokaisen puulajimetsikön yhdeltä koealalta on kerätty metsikkösadantaa 20 laskeumakeräimellä ja vajovettä kolmelta koealalta yhteensä 15 vajovesilysimetrillä orgaanisen kerroksen (O) ja huuhtoutumiskerroksen (E) alta. Vesinäytteistä on määritetty pH sekä DOC-, Ca-, Mg-, Na-, Al- ja Si-pitoisuudet ja tehty vajovesinäytteille Al-fraktiointi [2]. Vesinäytteistä on lisäksi määritetty NH_4-N-, NO_3-N- ja DON-pitoisuudet.

Korkeimmat metsikkösadannan, vajoveden ja maaperän pH-arvot mitattiin koivualalla [2]. Alustavien tulosten mukaan metsikkösadannan ja vajoveden DON-, NH_4-N- ja NO_3-N-pitoisuuksissa ei ollut suuria eroja eri puulajien välillä. Vajoveden NO_3-N-pitoisuudet olivat hyvin matalia kaikilla puulajeilla ja vertailukelpoisia suomalaisista metsämaista yleensä mitattaviin arvoihin [6]. DON oli vajovedessä vallitseva typen muoto. Puulajilla ei ollut myöskään suurta vaikutusta vajoveden DOC-pitoisuuksiin. Koivikon, kuusikon ja männikön vajoveden kokonais-Al-pitoisuudesta pääsosa koostui orgaanisista Al-komplekseista [2]. Vaikka esimerkiksi maan hiilen ja typen kierron prosesseissa on havaittu eroja puulajien välillä, puulajin vaikutus oli tässä työssä mitattujen useiden tunnusten osalta melko vähäinen. Koivun happamuutta lieventävä vaikutus tuli kuitenkin selvästi esille.

Kirjallisuus

[1] Hyvärinen, A. 1990. Deposition on forest soils - effects of tree canopy on throughfall. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. and Kenttämies, K. (toim.), *Acidification in Finland*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, s. 199-213.

[2] Lindroos, A.-J., Derome, J., Derome, K. and Smolander, A. 2011. The effect of Scots pine, Norway spruce and silver birch on the chemical composition of stand throughfall and upper soil percolation water in northern Finland. *Boreal Environment Research* 16: 240-250.

[3] Priha, O. and Smolander, A. 2000. Role of tree species in determining soil fertility. Teoksessa: Mälkönen, E. (toim.), *Forest Condition in a Changing Environment - The Finnish Case*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. s. 289-295.
[4] Smolander, A. and Kitunen, V. 2011. Comparison of tree species effects on microbial C and N transformations and dissolved organic matter properties in boreal forest floors. *Applied Soil Ecology* 49: 224-233.
[5] Smolander, A. and Kitunen, V. 2002. Soil microbial activities and characteristics of dissolved organic C and N in relation to tree species. *Soil Biology & Biochemistry* 34: 651-660.
[6] Derome, J., Lindroos, A.-J., Derome, K. and Niska, K. 2001. Soil solution - an indicator of nutrient availability, soil acidification, and soil-forming processes. *The Finnish Forest Research Institute, Research Papers* 824: 89-100.

Ilmaston lämpenemisen vaikutuksia eteläisen ja pohjoisen suon metanogeeni- ja metanotrofiyhteisöihin

Microbial communities of methane cycle in boreal peatlands under a warming climate

Krista Peltoniemi[1], Heli Juottonen[2], Raija Laiho[1], Mikko Peltoniemi[1], Timo Penttilä[1], Henri Siljanen[4], Tero Tuomivirta[1] ja Hannu Fritze[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Vantaa
[2] Biotieteiden laitos, Helsingin yliopisto
[4] Ympäristötieteiden laitos, Itä-Suomen yliopisto

Johdanto

Suot ovat tärkeitä hiilen varastoja ja ilmakehän hiilen lähteitä. Soiden hiiltä vapautuu ilmakehään mikrobitoiminnan tuloksena hiilidioksidina ja metaanina. Metaanin säteilypakote on noin 25 kertaa suurempi kuin hiilidioksidin, mikä tekee siitä voimakkaan kasvihuonekaasun. Soiden metaanin kiertoa ja sen pääsyä ilmakehään säätelevät sitä tuottavat anaerobiset metanogeeniset arkit ja sen hapetuksesta vastaavat aerobiset metanotrofiset bakteerit. Suon luonnostaan korkea vedenpinnan taso voi ilmaston lämpenemisen seurauksena alentua [1, 2], mikä voi aiheuttaa muutoksia metaanin kiertoon. On arvioitu, että kolmen asteen muutos lämpötilassa alentaisi boreaalisen suon vedenpintaa noin 14-22 cm [3]. Lämpötilan kohoamisen tiedetään vaikuttavan suoraan soiden metaanivuohon [4], mutta ilmaston lämpenemisen suorista ja epäsuorista vaikutuksista metaania tuottaviin ja sitä hapettaviin mikrobiyhteisöihin on yhä vähän tietoa. Tutkimuksessa selvitettiin soiden metaanin kiertoon osallistuvien mikrobiryhmien toiminnan ja yhteisörakenteen muutoksia ilmaston lämpenemisen vaikutuksia jäljittelevän kenttäkokeen avulla.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen kohteeksi valittiin kaksi runsasravinteista avointa saranevaa: eteläinen Lakkasuo (61°48' N; 24°19' E) ja pohjoinen Lompolojänkkä (67°60' N; 24°12' E). Kenttäkokeessa suon pintaa on lämmitetty vuodesta 2008 ylhäältä avoimilla pleksimuovista tehdyillä kammioilla (open-top-chambers, OTC), joiden passiivinen lämmitys jäljittelee ilmaston lämpenemistä [5, 6]. Koealue muodostuu luonnontilaisesta käsittelemättömästä kontrollialasta ja alasta, jonka vedenpinnan taso on kevyesti ojittamalla alennettu jäljittelemään ilmaston lämpenemisen aiheuttamaa vedenpinnan tason alenemista. Sekä kontrollialan että kevyesti ojitettu ala sisältää kolme kammiolämmitysalaa ja niiden lämmittämätöntä kontrollialaa. Kaikilta aloilta otettiin 2011 turvekairanäytteet, jotka jaettiin 10 cm:n osanäytteisiin syvyyden mukaan. Metaanin tuotto- ja hapetuspotentiaalit mitattiin kaasukromatografisesti. Mikrobien lukumäärä näytteissä arvioitiin kvantitatiivisella PCR-menetelmin metanotrofeille ja metanogeeneille spesifisten *pmoA*- ja *mcrA*- merkkigeenien avulla. Kunkin turvekairan kaikkein aktiivisimmin metaania tuottavasta ja hapettavasta osanäytteestä eristettiin *pmoA* ja *mcrA*-geenien lähetti-RNA:ta, joista komplementaariseksi käännetyn DNA:n avulla määritettiin aktiiviset metanotrofit mikrosirutekniikalla (microrarray) ja metanogeenit T-RFLP-sormenjälkimenetelmällä. Suon pinnan lämmityksen ja vedenpinnan alentamisen vaikutuksia kaasupotentiaaleihin ja geenikopiomääriin arvioitiin lineaaristen sekamallien avulla (R-ohjelmisto). Yhteisörakennetta tarkasteltiin binaarimatriisidatasta redundanssianalyysillä (RDA) (CANOCO).

Tulokset ja tarkastelu

Vedenpinnan alentaminen pienensi molempien soiden metaanin tuottopotentiaalia ja pohjoisen suon metaanin hapetuspotentiaalia. Tyypin II metanotrofimäärät ($2.6 \times 10^5 – 1.3 \times 10^2$ *pmoA* kopiota grammassa kuivaa turvemaata) ja metanogeenimäärät ($1.0 \times 10^7 – 1.5 \times 10^4$ *mcrA* kopiota grammassa kuivaa turvemaata) korreloivat kaasuaktiivisuustulosten kanssa vain eteläisellä suolla. Mikrobien spatiaaliset erot turvenäytteissä johtuen kolmen rinnakkaisen

näytepaikan heterogeenisyydestä voivat selittää ainakin osaksi heikkoa korrelaatiota pohjoisella suolla. Suon pinnan lämmitys tai vedenpinnan alentaminen ei vaikuttanut aktiivisimman metanogeeniyhteisön rakenteeseen kummallakaan suolla, mutta vedenpinnan tason aleneminen selitti noin 20% suon aktiiviseen metanotrofiyhteisön vaihtelusta pohjoisella suolla. Suon pinnan lämmitys ei suoraan vaikuttanut kaasupotentiaaleihin, eikä mikrobiyhteisöjen rakenteeseen. Mikrobiyhteisöt eivät osoittaneet erityistä herkkyyttä muutaman asteen suon pinnan lämpötilan muutokselle tai passiiviseen lämmitykseen perustuvan kammiomenetelmä ei riitä aiheuttamaan mikrobiyhteisön muutoksia pintaa syvemmälle ainakaan lyhyellä aikavälillä. Vaste lämpenemiseen saattaa tulla esille vasta pidemmän ajan kuluttua kasvillisuuden muutosten kautta, koska mikrobien aktiivisuuden ja yhteisön muutoksia havaittiin kuitenkin koealoilla, jossa vedenpinnan tasoa oli alennettu. Tulokset osoittivat pohjoisen ja eteläisen metanotrofi- ja metanogeenilajiston välillä olevan eroja. Vaikka tyypin II metanotrofit olivat vallitseva ryhmä molemmilla soilla, pohjoiselta suolta löytyi havaintoja tyypin 1a ja 1b metanotrofeihin, joita ei eteläiseltä suolta havaittu. Myös pohjoisen ja eteläisen metanogeenilajiston välillä havaittiin alustavia eroja, vaikka lajisto tarkentuu vasta kloonikirjastojen sekvenssianalyysin jälkeen. Tutkimustuloksemme antavat viitteitä siitä, että pohjoisen suon metanotrofiyhteisöt olisivat alttiimpia muutoksille, joita suon vedenpinnan tason aleneminen aiheuttaa. Varmuudella ei voida sanoa, voivatko erot eteläisen ja pohjoisen suon aktiivisten mikrobiyhteisöjen välillä viitata sopetumiseen tiettyihin ilmasto-olosuhteisiin tai muihin ympäristötekijöihin soiden välillä.

Kirjallisuus

[1] Gorham, E. 1991. Northern peatlands: role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. *Ecological Applications* 1: 182-195.

[2] Roulet, T., Moore, J., Bubier, J. ja Lafleur, P. 1992. Northern fens: methane flux and climate change. *Tellus* B 44**:** 100–105.

[3] Moore, P.D. 2002. The future of cool temperate bogs. *Enviromental Conservation* 29: 3–20.

[4] Whalen S.C. 2005. Biogeochemistry of methane exchange between natural wetlands and the atmosphere. *Environmental Engineering Science*. 22: 73-94.

[5] Marion, G.M., Henry, G.H.R., Freckman, D.W., Johnstone, J., Jones, G., Jones, M.H., Levesque, E., Molau, U., Mølgaard, P., Parsons, A.N., Svoboda, J. ja Virginia R.A. 1997. Open-top designs for manipulating field temperature in high-latitude ecosystems. *Global Change Biology* 3 (Suppl. 1): 20–32.

[6] Hollister, R.D. ja Webber, P.J. 2000. Biotic validation of small open-top chambers in a tundra ecosystem. *Global Change Biology* 6: 835-842.

Arseenin kulkeutuminen Yara Suomi Oy:n Siilinjärven tehdasalueella

Migration of arsenic in Yara Suomi Oy industrial area at Siilinjärvi

Kaisa Turunen[1], Soile Backnäs[1] ja Antti Pasanen[1]

[1]Geologian tutkimuskeskus, PL 1237, 70211 Kuopio. kaisa.turunen@gtk.fi

Arseeni (As) on puolimetalli, joka muodostaa luonnossa kompleksisia anioneja ja orgaanisia yhdisteitä. Arseeni on herkkä hapetus-pelkistysprosesseille ja liukoinen laajalla hapetusastevälillä. Maaperässä arseenin liikkumista rajoittavat voimakas sitoutuminen savekseen, hydroksideihin, vesipitoisiin oksideihin ja orgaaniseen ainekseen. Ympäristön arseenipitoisuus riippuu pääosin kallioperän arseenipitoisista mineraaleista. Arseenia esiintyy yleisesti malmi- ja teollisuusmineraaleissa, eikä sen käsittelyä voida välttää kaivosprosesseissa tai maa- ja kiviainestuotannossa. Arseeni voi kaivannaistoiminnan seurauksena kuitenkin vaarantaa veden laadun ja aiheuttaa merkittävän terveysriskin ihmiselle sekä ekologisen riskin ympäristölle[1].

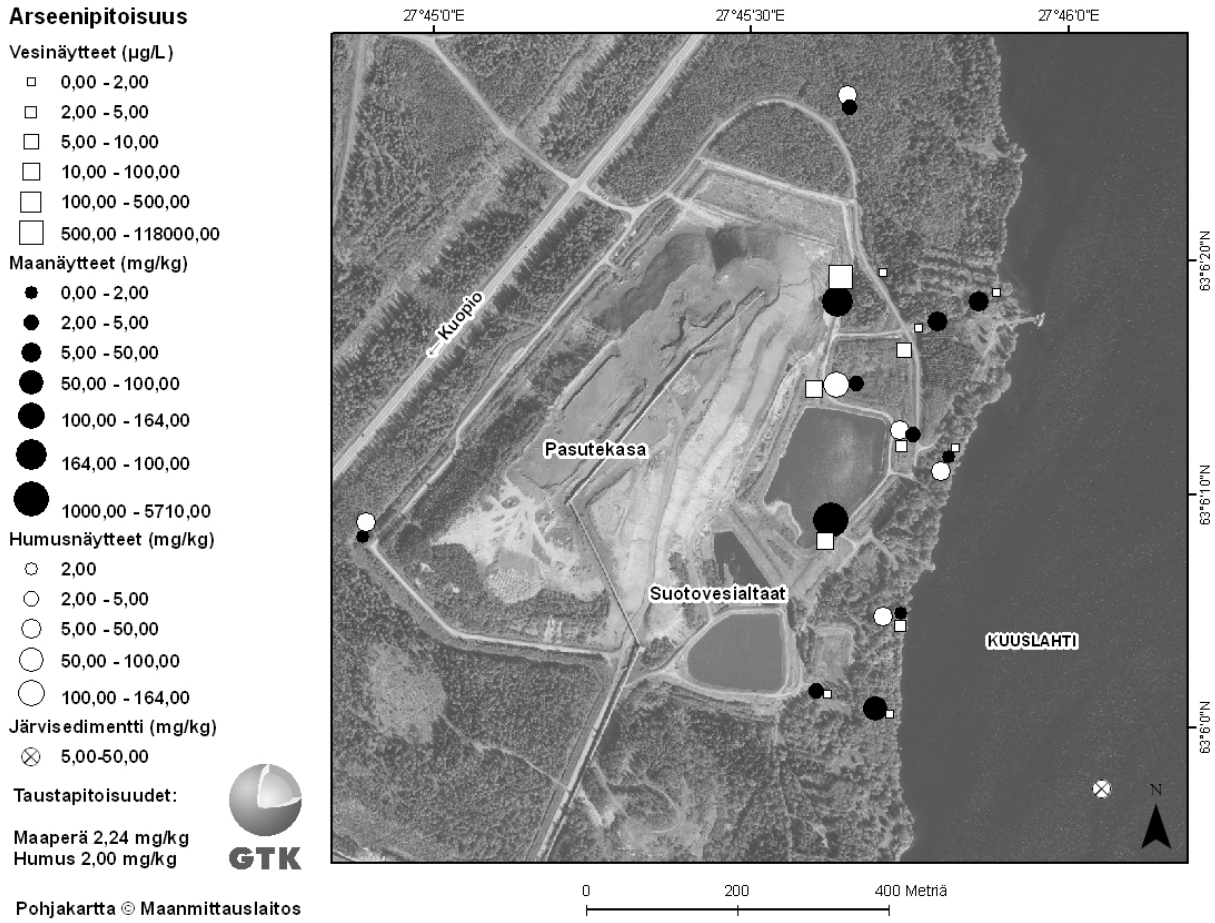
Tutkimuksen kohde Yara Suomi Oy:n tehdasalue ja apatiittikaivos, sijaitsevat Siilinjärvellä noin 20 km Kuopiosta pohjoiseen. Tehdas aloitti toimintansa vuonna 1969 ja avolouhos vuonna 1979. Tehtaassa tuotetaan pääasiallisesti lannoitteita sekä rikkihappoa. Siilinjärven tehtaalla syntyy rikkihapon valmistuksen sivutuotteena noin 250 000 t/v rautapasutetta (Fe_2O_3), jota on läjittettynä tehdasalueelle 6–7 milj. tonnia. Pasutteesta 66 % on rautaa ja sen arseenipitoisuus 500 mg/kg ylittää maaperälle asetetun ylemmän ohjearvon (100 mg/kg)[2]. Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia pasutekasan ympäristön arseenipitoisuuksia ja verrata niitä taustapitoisuuteen. Lisäksi kartoitettiin arseenin kulkeutumisreittejä ympäristöön sekä selvitettiin arseenin kulkeutumisesta kaivosalueen ulkopuolelle aiheutuvia riskejä.

Pasutekasaa ympäröivät kaksinkertaiset kierto-ojat, joista sisempi oja kerää pasutteen suoto- ja valumavedet suotovesialtaisiin (kuva 1). Ympäristön valumavedet ohjataan ulompaan ojaan ja tästä edelleen kahden tarkkailuojan kautta Juurusveden Kuuslahteen. Pasutekasan ja altaiden alla olevassa kallioperässä on ruhje, johon kerääntyy likaantunutta pohjavettä pasutekasalta. Haitta-aineiden suotautumista ruhjeen kautta ympäristöön estetään suojapumppausten avulla[2]. Alueen kallio- ja maaperä ovat luontaisesti arseeniköyhiä. Pasutekasan alueen kallioperä koostuu pääasiallisesti arkeeisesta pohjagneissikompleksista. Alueen maaperä on pääasiassa hienoaines- ja hiekkamoreenia. Tutkimusalueelta kerättiin 55 maaperä- ja sedimenttinäytettä sekä 14 vesinäytettä. Taustanäytteet otettiin 5 km tutkimusalueesta pohjoiseen. Näytteiden kuningasvesi-, ammoniumoksalaatti- ja ammoniumasetaattiuuttojen avulla tutkittiin alkuaineiden pitoisuuksia, saostumiin sitoutuneen arseenin määrää sekä biosaatavuutta[1]. Pohja-, oja- ja järvivesinäytteistä analysoitiin metallien ja metalloidien kokonais- ja liukoiset pitoisuudet, anionit, DOC, TOC, pH, redox ja alkaliniteetti. Metallien esiintymismuotoja pinta- ja pohjavesissä mallinnettiin PhreeqC-ohjelmalla.

Arseenia esiintyy merkittävimmin humuksessa ja maannosvyöhykkeessä, mikä johtuu pasutekasan pölyvaikutuksista. Maaperälle asetettu ylempi ohjearvo (100 mg/kg) ylittyi vain sisemmän kierto-ojan sedimenttinäytteessä, suotovesialtaan pohjasedimenttinäytteessä sekä pasutekasan läheltä otetussa humusnäytteessä (kuva 1). Maanäytteissä asetaatti- ja oksalaattiliukoisen arseenin määrät olivat keskimäärin 5–15 % ja 20–45 % kuningasvesiliukoisen arseenin määrästä. Ojasedimenteissä asetaatti- ja oksalaattiliukoisen arseenin pitoisuudet kuningasvesiliukoisesta arseenista olivat noin 10 % ja 0–45 %, joten arseenin kokonaispitoisuudesta huomattava osa on kasveille saatavaa sekä kemiallisesti adsorboituneena maaperän saostumiin. Kuuslahden pohjasedimentin arseenipitoisuus ylittää

ruoppausmassoille asetetun 1 tason laatukriteerin (15 mg/kg), muttei ylitä alempaa ohjearvoa (50 mg/kg).

Vaikka arseenia esiintyy korkeinakin pitoisuuksina pasutekasan välittömässä ympäristössä, pohja- ja pintavesien pitoisuudet ovat alhaisia. Arseenille asetetut talousveden raja-arvo (10 µg/l) sekä pohjaveden ympäristönlaatunormi (5 µg/l) ylittyivät vain pasutekasan suotovedessä, suojapumppauksen vesissä sekä yhdessä pohjavesiputkessa. Järviveden arseenipitoisuus oli Kuuslahdessa vain noin 0,3 µg/l. Geokemiallisen mallinnuksen perusteella arseenia esiintyy pohja- ja pintavedessä sekä kolmen että viidenarvoisena. Kun pohjaveden pH oli alle 6, arseenia esiintyi pääasiassa kolmenarvoisena arseenihappona (H_3AsO_3), kun taas pH nousi arvoon 6,2, noin 88 % arseenista esiintyi viidenarvoisena arsenaattina ($H_2AsO_4^-$). Arseeni esiintyy suojapumppauksien vesissä sekä oja- ja järvivedessä pääasiassa viidenarvoisina arsenaatti-yhdisteinä ($H_2AsO_4^-$ ja $HAsO_4^{2-}$) riippumatta veden happamuudesta. Koska As(V) on vähemmän toksinen kuin As(III) ja Kuuslahteen laskevien ojien suussa arseenin pitoisuus on alhainen, siitä ei näyttäisi aiheutuvan vaaraa vesieliöille. Arseenin huuhtoutuminen pinta- ja pintakerrosvalunnan kautta sekä pölypäästöt ovat merkittävimmät kulkeutumisreitit Kuuslahteen. Pasutekasan ympäristövaikutusten kannalta onkin tärkeää minimoida kasan pölypäästöjä ja estää myös jatkossa suotovesien kulkeutumista ympäristöön suojapumppausten avulla.



Kuva 2. Pasutekasa ja näytepisteet Yara Suomi Oy:n tehdasalueella Siilinjärvellä**.**

Kirjallisuus

[1] Loukola-Ruskeeniemi K. ja Lahermo P. 2004. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus, 135–152.

[2] Itä-Suomen ympäristölupavirasto 2006. Kemphos Oy, Kemira Oyj ja Minelco Oy, yhtiöiden Siilinjärven tuotantolaitoksia koskeva ympäristölupa ja Kemphos Oy:n vesitalouslupa, Siilinjärvi. Päätös 79/06/02. Dnro ISY-2004-Y-272.

Mikrobit PAH saasteen indikaattoreina: malliesimerkkinä vanha puukyllästämö kohde Kaakkois-Suomessa

Microbes as proxies for PAH pollution: case study of an old creosote polluted site in Southeastern Finland

Kim Yrjälä[1], Pauli Siivonen[1], Cosme Lloret Quesada[1], Pertti Pulkkinen[2] ja Shinjini Mukherjee[1]

[1] MYM-ryhmä, Biotieteiden laitos, 00014 Helsingin Yliopisto
[2] Metsäntutkimuslaitos, Haapastensyrjän yksikkö, Haapastensyrjäntie 34, FI-12600 Läyliäinen

Introduction

Creosotes have commonly been used as wood preservatives for railroad ties/ railway sleepers. Primary chemicals of concern with harmful health effects are polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), phenols, and creosols. An old wood preservation facility in Somerharju, Finland, was studied where creosote oil has been used to impregnate railroad sleepers 1947-1958 resulting in high concentrations of creosote in the adjacent soil causing also ground water contamination. A phytoremediation project has been started (2012) for cleaning up the polluted soil by METLA and the University of Helsinki. The environmental pre-evaluation of the site has been done and the level and spread of contamination in the area is known. The activities of the polluted soil were studied. Hybrid poplars suited for rhizoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils will be planted on the site.

Materials and Methods

The area of the wood preservation site is ca 7 hectares of which ca. 1.7 hectares is polluted. The intensively polluted zone has been divided to 20 x 20 m^2 plots and outside the intensive zone in 40 x 40 m^2 plots. A detailed analysis of 15-20 different PAHs, oil hydrocarbons and heavy metals was carried out by Golder Associates. Thirty-two soil sampling points were chosen from the 20x20 m^2 plots representing all the polluted plots of the intensive zone. Five subsamples were collected from each single plot and mixed to a composite sample; depth of sampling was 10-50 cm.

Mapping of vegetation was performed and soil nutritional and physical parameters were determined for the whole area.

Fluorescein diacetate is used to measure enzymatic activity from soil samples [1]. Potential nitrification activity is measured from soil samples by incubating soil in $NH4^+$ containing solution. Produced NO_2 content is measured colorimetrically using the Griess reagent. Soil respiration is measured by GC. Plate count is done for five different soil pollution levels. Tryptic Soy Agar, R2A Agar and Bushnell Hass media were chosen to represent both rich and poor nutrient sources. In the BH agar phenanthrene and fluorene were the only sources of carbon [2].

The inherent biodegradation potential was assessed by analysing structural and functional microbial diversity [3,4]. Bacterial community structure was determined by T-RFLP fingerprinting of 16S rRNA genes. For an in-depth investigation of the bacterial populations and catabolic potential of the site, 454 amplicon sequencing of 16S rRNA, *bphC* and *alkB* genes is being carried out.

Results and Discussion

The soil of the area is mainly fine sand. Scots pines together with some birches, aspens and willows constitute the vegetation of the site. Ground vegetation is mainly lichens, and some hay species, indicating that the soil has low nutrient and moisture levels. Chemical data analysis revealed pollution gradients of PAHs and oil hydrocarbons. Soil respiration measurements indicated that at medium PAH pollution levels soil respiration is low, whereas high pollution levels seem to induce an increase in soil respiration rates. Analysis of bacterial

community structures showed changing communities across gradients and in different soil strata (layers).

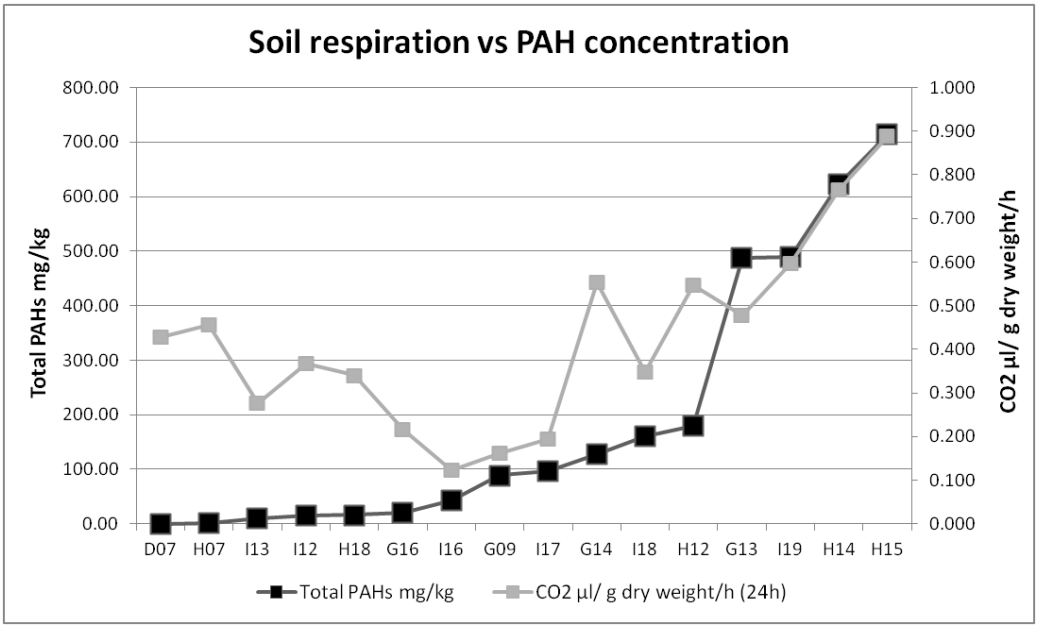


Fig. 1: The effect of PAH pollution on soil respiration rate. The sample squares of the polluted area are marked with numbered capital letters. The respiration values are mean values of two replicate analyses.

References

[1] Green, V., Stott, D. and Diack, M. 2006. Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: optimization for soil samples. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 693-701.

[2] Bushnell, L. and Haas, H. 1941. The utilization of certain hydrocarbons by microorganisms. *Journal of Bacteriology* 41: 653.

[3] Sipilä, T.P., Keskinen, A.K., Åkerman, M.L., Fortelius, C., Haahtela, K., and Yrjälä, K. 2008. High aromatic ring-cleavage diversity in birch rhizosphere: PAH treatment-specific changes of IE 3 group extradiol dioxygenases and 16S rRNA bacterial communities in soil. *The ISME journal* 2: 968-981.

[4] Yrjälä, K., Keskinen, A.K., Åkerman, M.L., Fortelius, C., and Sipilä, T.P. 2010. The rhizosphere and PAH amendment mediate impacts on functional and structural bacterial diversity in sandy peat soil. *Environmental Pollution* 158:1680-1688.

Euroopan komission ohjeet parhaista käytännöistä rajoittaa, vähentää tai kompensoida maaperän sulkemista rakentamisella

Commission Staff Working Document – Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing

Teija Haavisto[1] ja Kaarina Laakso[2]

[1] Suomen ympäristökeskus
[2] Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto

Johdanto

Maaperän sulkeminen rakentamisella tarkoittaa tietyn alueen ja sen maaperän pysyvää peittämistä läpäisemättömällä keinotekoisella materiaalilla, kuten asfaltilla tai sementillä.

Euroopan komission maaperänsuojelustrategiassa [1] maaperän sulkeminen rakentamalla katsottiin yhdeksi merkittävimmistä maaperän huonontumisprosesseista. Komissio pyrkii edistämään maaperänsuojelustrategian toteutumista integroimalla maaperänsuojelua osaksi eri yhteiskunnan osa-alueita koskevia politiikkoja. Tiedonannossa Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa [2] ehdotetaan muun muassa, että rakentamattoman maan ottaminen rakennuskäyttöön lopetetaan vuoteen 2050 mennessä. Vuonna 2012 komissio julkaisi ohjeet parhaista käytännöistä rajoittaa, vähentää tai kompensoida maaperän sulkemista rakentamisella [3]. Valmistelutyön yhteydessä kerättiin tietoja EU-jäsenmaiden maankäytön suunnittelusta, maaperän suojelusta ja rakennusteknisistä ratkaisuista, jotka on koottu julkaisuksi. [4] Tässä esityksessä esitellään annettua komission ohjetta.

Maaperän sulkeminen rakentamisella Euroopassa

Eurooppa on yksi maailman kaupungistuneimmista maanosista. Noin 75 % Euroopan väestöstä asuu nykyään kaupunkialueilla ja vuonna 2020 osuuden arvioidaan olevan 80 % [5]. 1950-luvun puolivälistä kaupunkien pinta-ala on kasvanut 78 % , kun väestö on kasvanut vain 33 % [6] Kaupunkirakenteen hajautuminen ja harvan kaupunkirakenteen leviäminen ovat kestävän aluekehityksen suurimpia uhkia mm. maaperän ekosysteemipalveluiden heikentymisen ja luonnon monimuotoisuuden vähenemisen vuoksi.

Komission ohjeet

Komission valmisteluasiakirjan aluksi luvussa 2 määritellään keskeisiä käsitteitä, tarkastellaan nykytilannetta ja kehityssuuntia sekä tekijöitä, jotka lisäävät maaperän sulkemista. Luvussa 3 tarkastellaan maaperän sulkemisen vaikutuksista ja tarkastelua täydentää liite 4. Jäsenvaltioiden, alueiden ja kuntien parhaista käytännöistä esitellään esimerkkejä luvussa 4. Esitettyjen ratkaisujen yhteisiä piirteitä tarkastellaan luvussa 5. Luvuissa 6, 7 ja 8 tarkastellaan rajoittamis-, lievennys- ja kompensointitoimenpiteitä. Ohjeen lopuksi luvussa 9 käsitellään keinoja lisätä tietoa ja tietoisuutta maaperän luonnontaloudellisesta ja yhteiskunnallisesta merkityksestä, maankäytön suunnittelusta sekä maaperän sulkemisesta.

Maaperän sulkemisen *rajoittamisella* tarkoitetaan rakentamattomien alueiden käyttötarkoituksen muuttamisen ja niiden maaperän (tai osan sitä) umpeen rakentamisen estämistä. Tämä käsite voi sisältää myös ympäristövaurioalueiden ja muiden jo rakennettujen alueiden uudelleenkäytön. Maaperän umpeen rakentamista rajoitetaan myös luomalla kannustimia tyhjillään olevien rakennusten vuokraamiselle.

Lievennystoimenpiteillä pyritään säilyttämään osa maaperän toiminnoista ja vähentämään ympäristölle ja ihmisten hyvinvoinnille aiheutuvia merkittäviä suoria tai välillisiä haittoja, silloin kun maaperän sulkemista rakentamisella ei voi välttää. Tällaisia toimenpiteitä voivat

olla esimerkiksi läpäisevien materiaalien käyttö sementin tai asfaltin sijaan, vihreän infrastruktuurin suosiminen sekä luonnonmukaisten veden johtamisjärjestelmien käytön lisääminen.

Jos rakentamispaikalla toteutettuja vähentämistoimenpiteitä ei pidetä riittävinä, pyritään *kompensointitoimenpiteillä* säilyttämään tai palauttamaan tietyllä alueella maaperän toimintakyky – tai suurin osa siitä esimerkkisi ennallistamalla tai parantamalla maaperän toimintakykyä toisaalla tietyn alueen sisällä.

Kirjallisuus

[1] Komission tiedonanto, neuvostolle, Euroopan parlamentille, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle - Maaperän suojelua koskeva teemakohtainen strategia (KOM(2006) 231)

[2] Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle - Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa (KOM(2011) 571).

[3] Komission yksiköiden valmisteluasiakirja – Ohjeet parhaista käytännöistä, joilla rajoitetaan, vähennetään tai kompensoidaan maaperän sulkemista rakentamisella. SWD(2012) 101 final/2
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/FI%20-%20Sealing%20Guidelines.pdf

[4] Prokop, G., Jobstmann, H. & Schönbauer, A. 2011. Overview of best practices for limiting soil sealing or mitigating its effects in EU-27. Technical Report - 2011 – 050. European commission,environment.
http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/sealing/Soil%20sealing%20%20Final%20Report.pdf

[5] EEA 2010. The European environment – State and Outlook 2010: Urban environment. European environment Agency.

[6] EEA 2006. Urban sprawl in Europe – The ignored challenge. European Environment Agency report 10/2006.

Maatalouspolitiikan tarjoamat keinot sopeutua ilmastonmuutokseen

Adaptation to climate change by agri-environmental policy

Katri Rankinen[1], Pirjo Peltonen-Sainio[2], Mikko Laapas[3], Kalle Sippel[1], Kirsti Granlund[1], Pentti Seuri[4] ja Juha Helenius[5]

[1]Finnish Environment Institute. PL 140, FI-00251 Helsinki
[2]Agrifood Research Finland
[3]Finnish Meteorological Institute
[4]Agrifood Research Finland
[5]University of Helsinki

Abstract

An agri-environmental subsidy program that states water protection as one of its main objectives has been in place in Finland since 1995. The programme is also the main tool within Water Framework Directive (WFD) to control nutrient load from agricultural areas. The annual agri-environmental support totals some 300 M€ and forms a significant part of Finland's environmental policy expenses. Policy can attempt to influence agricultural practices such as crop choice, set aside, fertilizer application rates, tillage system, and the adoption of water protection measures. Recently, Prime Minister Matti Vanhanen set a national target for nutrient re-cycling in Finland (Baltic Sea Action Summit 2010) recognising the problem that energy and nutrients are resources not to be wasted.

Risks for surface and groundwater quality are seen in Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change. Expected increase in temperature by 3-6 ^{o}C and precipitation by 10-20% will lead to milder winters and increase in non-point source loading from catchments dominated by agriculture due to enhancing runoff, floods and decay of organic matter. As a result eutrophication of waters will increase. At the same time conditions during growing season will change leading to changes in agriculture and crop production.

In this work we created story-lines for agricultural production influenced by climate change (Figure 1) on a small agricultural catchment in southern Finland. We used dynamic, catchment scale model to simulate the influence of increased precipitation and temperature on runoff (Figure 2) and nutrient leaching with and without different water protection methods, including the changes in production and field use.

By 2040-2069 maximum increase in nutrient and suspended sediment loading due to climate change is moderate (Figure 3). Inorganic N loading may increase by 10% in storyline *Protein cro,s* and suspended sediment loading in storyline *Monoculture*. On the other hand, this study showed that it is also possible to decrease both inorganic N and suspended sediment loading by correct combination of crop and water protection methods. The most effective method to reduce inorganic N loading is *Nutrient cycling* (organic farming) though that happens on the cost of yield. If the target is to reduce suspended sediment loading, considerably, more effective and/or targeted measures are needed.

Acknowledgements

We would like to thank EU LIFE+ project VACCIA and EU Baltic Region project BERAS for financing this study.

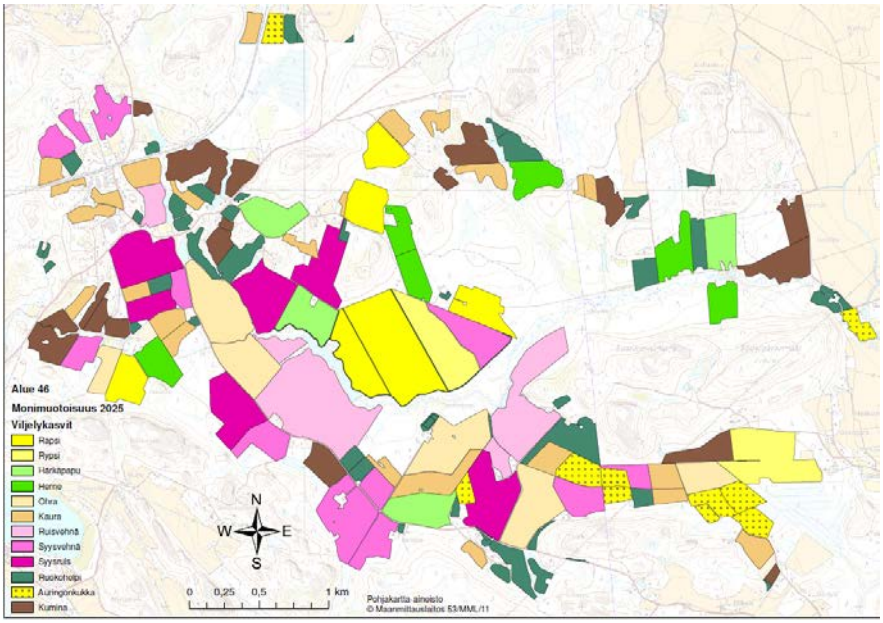


Figure 1. Scenario of crop diversification in 2025

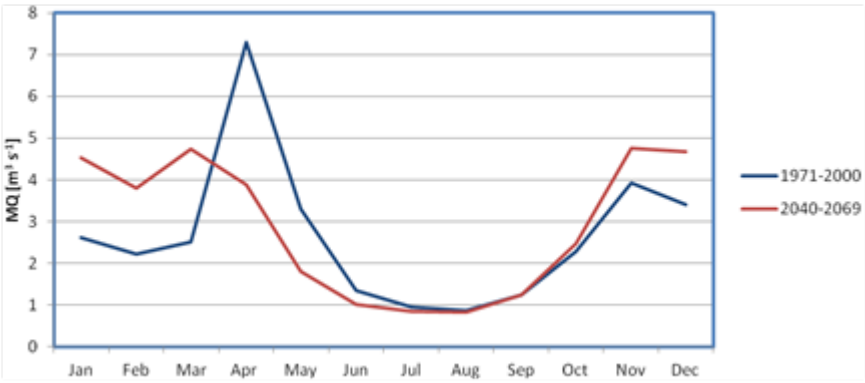


Figure 2. Simulated change in discharge

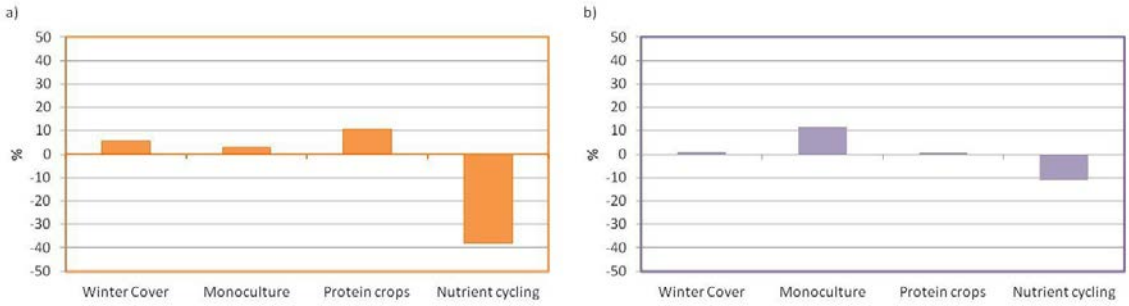


Figure 3. Changes in inorganic nitrogen and suspended sediments loading

Metsätalous ja pohjavesi

Forestry operations and groundwater

Sirpa Piirainen[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Joensuun yksikkö, PL 68, 80101 Joensuu, puh. 0503913188, email: sirpa.piirainen@metla.fi

Juomakelpoinen pohjavesi on yksi tärkeimmistä metsiemme ekosysteemipalveluista, sillä pohjaveden varassa on 60 % Suomen talouksista ja määrän ennustetaan nousevan. Metsätalous on pääasiallinen maankäyttömuoto luokitelluilla (I,II ja III-luokka) pohjavesialueilla, sillä suurin osa sijaitsee metsätalousmaalla. Koko metsätalousmaan alasta pohjavesialueet kattavat vain n. 3 %. Eri metsätalouden toimijoiden metsänkäsittelyohjeissa ja –suosituksissa pohjavesialueiden erikoisluonne on otettu huomioon, sillä pohjavettä suojellaan pilaantumiselta sekä Ympäristösuojelulailla että Vesilailla. Viime vuosina pohjavesialueille on tehty ELY-keskusten ja kuntien toimesta myös vapaaehtoisia suojelusuunnitelmia, joiden tarkoituksena on tunnistaa riskit ja ennaltaehkäistä pohjaveden pilaantuminen. Myös metsätalous on nähty entistä useammin vakavana riskinä pohjaveden pilaantumiselle.

Tutkimustieto metsätalouden pohjavesivaikutuksista on hajanaista. Toimenpiteitä, joita jo vältetään pohjavesialueiden metsänhoidossa, ovat mm. kulotus, lannoitus, torjunta-aineiden käyttö, ojitus, voimakkaat maanmuokkaukset ja kannonnosto, vaikka näyttö niiden haitallisista vaikutuksista puutuu. Metsätalouden ohjeita kirjoitettaessa on toimittu varmuusperiaatteella eli mahdollisesti haittaa aiheuttavat toimenpiteet on karsittu toimenpideluettelosta. Uusin tutkimustieto esimerkiksi hakkuutähteiden korjuun ja kannonnoston pohjavesivaikutuksista ei tue aikaisempia uhkakuvia [1]. Pohjavesialueen lisäksi myös sitä ympäröivän muun alueen maankäytöllä voi olla pohjaveteen vaikutusta. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on osoitettu, että pohjavesialueen reuna-alueen suon hydrologian muutoksilla vaikutetaan myös itse pohjavesialueen vesitaseeseen [2].

Tutkimustietoa metsänhoidon positiivisista vaikutuksista pohjaveden laatuun on vähäistä. Ravinteiden otto ja sitoutuminen biomassaan on nuorissa kasvavissa metsissä huomattavasti tehokkaampaa kuin vanhoissa metsissä, joissa kasvu on jo taantunut. Kasvillisuuden aktiivinen juuristo toimii siis myös eräänlaisena suodattimena maassa. Hyvin hoidettu metsä on vastustuskykyisempi myös esimerkiksi hyönteistuhoja vastaan.

Esityksen tarkoituksena on koota yhteen tutkimustieto metsän ja metsätalouden eri toimenpiteiden vaikutuksista pohjaveden määrään ja laatuun. Lisäksi keskustellaan tietotarpeista mitä pohjaveteen ja metsiin sekä metsätalouteen liittyy. Esimerkiksi ilmastomuutos asettaa uusia haasteita pohjavesialueiden metsänhoitosuosituksiin. Pohjaveden lisäksi myös pohjaveden varassa eläviin ekosysteemeihin pitää kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Kirjallisuus

[1] Asikainen, A., Ilvesniemi, H., Sievänen, R., Vapaavuori, E. and Muhonen, T. (toim.). 2012. Bioenergia, ilmastonmuutos ja Suomen metsät. *Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute* 240. 211 s.

[2] Rossi, P. M., Ala-aho, P., Ronkanen, A. and Kløve, B. 2012. Groundwater–surface water interaction between an esker aquifer and a drained fen. *Journal of Hydrology* 432–433(0): 52-60.

Havaintoja katupuiden kasvualustojen hiilivarastosta

Observations of organic carbon in street tree soils

Anu Riikonen, Mari Mäki ja Eero Nikinmaa

Metsätieteiden laitos, PL 27, 00251 Helsingin yliopisto

Johdanto

Kaupungit pyrkivät yhä useammin hiilineutraaliin talouteen niin Suomessa kuin EU:ssakin. Viheralueet vastaavat kaupungissa pääasiallisesti hiilen sidonnasta ja muistakin ekosysteemipalveluista. Ekosysteemipalvelujen taloudellinen arvo on tunnettava, jotta viherrakenteen asema kaavoituksessa voidaan säilyttää. Viherrakenteen kasvillisuuden sitomaa hiiltä on pyritty arvioimaan esimerkiksi Helsingin viheralueiden osalta, mutta maaperän hiilivarastot puuttuvat toistaiseksi arvioista kokonaan. Kuitenkin maaperään sidottu hiili muodostaa boreaalisella vyöhykkeellä oleellisen osan ekosysteemin hiilivarastosta.

Maaperän hiilenkierron prosessit ovat hitaita ja maan hiilivaraston kertyminen on hidasta, urbaanin maankäytön muutokset puolestaan nopeita. Kaupunkimaan hiilivarastoon vaikuttavat prosessit tunnetaan melko hyvin laadullisesti, mutta määrällisesti heikosti [1]. Kaupunkimaassa tapahtuu toistuvia häiriöitä ja maa-aineksen siirtoja; rakentamisessa hiilirikas pintamaa kuoritaan pois, mutta toisaalta tilalle voidaan tuoda runsaasti orgaanista ainesta sisältäviä kasvien kasvualustoja. Aluksi hiiltä vapautuu kasvualustoista, mutta myöhemmin kasvillisuuden kehittyessä sitä voi alkaa myös kertyä lisää. Näiden prosessien lopputuotteena määräytyy kasvualustan hiilivarasto, jonka määrää ja pysyvyyttä pyrimme arvioimaan.

Aineisto ja menetelmät

Maanäytteitä on kerätty kahdessa kohteessa Viikissä, kolmelta koostumukseltaan erilaiselta katupuiden kasvualustalta 3, 6, ja 9 vuotta rakentamisen ja puiden istutuksen jälkeen. Maanäytteet on kerätty joko kahdelta (0-30 ja 30-60 cm) tai kolmelta (lisäksi 60-90 cm) syvyydeltä. Näytteistä on analysoitu orgaanisen aineksen pitoisuus (hehkutushäviö) ja tämän perusteella orgaanisen aineksen hävikki. Osanäytteitä on myös inkuboitu neljässä eri lämpötilassa suljetussa astiassa 24 t ja mitattu astiaan syntyneen hiilidioksidipitoisuuden mittauksella maanäytteiden hiilidioksidin tuoton lämpövaste [2]. Lisäksi on kerätty maanäytteitä Helsingin kantakaupungista yhdestä 1930-, 1950-, 1970- ja 1990-luvulla rakennetusta katupuukohteesta kustakin, samoilta syvyyksiltä kuin edellä, ja näistä näytteistä on myös määritetty hehkutushäviö.

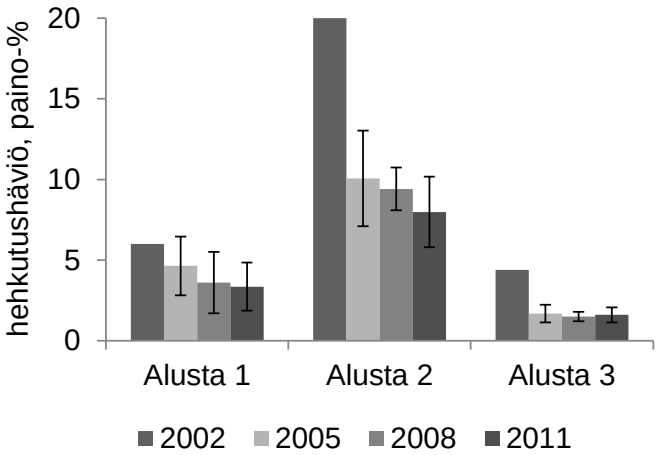
Tulokset ja tarkastelu

Viikin kohteissa mittauksissa kolmesta erilaisesta katupuiden kasvualustasta otetuissa näytteissä hehkutushäviö aleni näytteenottokerrasta toiseen, selvimmin kahden ensimmäisen näytteenottokerran välillä (Kuva 1). Hehkutushäviö ja vesipitoisuus eivät osoittautuneet hyviksi Q_{10}-arvojen ennustajiksi, mutta inkubaatiossa tuotettua keskimääräistä hiilidioksidimäärää ne ennustivat paremmin (Kuva 2). Sekä Q_{10}-arvojen että hehkutushäviön muutosta selitti jossain määrin alkuperäinen orgaanisen aineksen pitoisuus, joka oli kasvualustassa kaksi hyvin korkea. Lämpövasteen heikko korrelaatio maanäytteiden hehkutushäviöön ja vesipitoisuuteen vaatii vielä lisäselvityksiä.

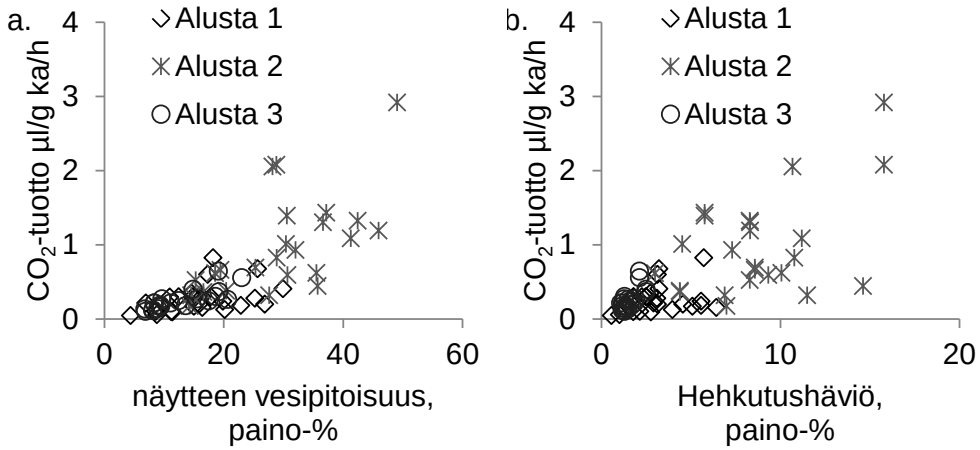
Alustavat tulokset Helsingin kantakaupungin vanhemmista kasvualustoista osoittivat yllättävän korkeita hehkutushäviöitä. Pintamaan pH-korjaamaton hehkutushäviö oli keskimäärin alempi (3-6 paino-%) kuin syvimmän tarkastellun kerroksen (5-9 paino-%). Vähäisestä tutkittujen kohteiden määrästä johtuen havaintoja voidaan pitää vain suuntaa-antavina. Boreaaliseen metsä- ja maatalousmaahan verrattuna orgaanisen hiilen syvyysprofiili

näytti kuitenkin olevan käänteinen ja kokonaispitoisuus suhteellisen korkea. Tarkoitus on jatkossa selvittää syitä tähän mm. hiilen pysyvyyttä ja ikää tarkastelemalla.

Kasvualustojen alkuvaiheen hiilihävikki kertoo, että mikäli katupuiden kasvualustassa käytetään paljon orgaanista ainesta, voi se toimia rakentamisen jälkeisinä vuosina hiilen lähteenä eikä nieluna. Toisaalta vanhemmista kasvualustoista mitatut melko korkeat hehkutushäviöt herättävät kysymyksen, voiko pitkällä aikavälillä ja puiden kasvaessa kokoa lisää hiiltä varastoitua katupuiden kasvualustoihin.



Kuva 1. Hehkutushäviö saman kasvualustan maanäytteistä 2005, 2008 ja 2011 (n=4), keskiarvo ja keskihajonta. Kasvualustat rakennettiin vuonna 2002, mutta tällöin valitettavasti hehkutushäviötä ei määritetty. Vuoden 2002 pylväät perustuvat kasvualustojen koostumustietoihin.



Kuva 2. Inkubaatiokokeissa mitattu hiilidioksidin tuotto eri kasvualustojen maanäytteissä (kaikki mittausvuodet) näytteen vesipitoisuuden (a.) ja hehkutushäviön (b.) funktiona.

Kirjallisuus

[1] Poyat, R., Groffman, P., Yesilonis, I., Hernandez, L. 2002. Soil carbon pools and fluxes in urban ecosystems. *Environmental Pollution* 116: 107-118.

[2] Kähkönen, M.A., C. Wittman, J. Kurola, H. Ilvesniemi, and M. Salkinoja-Salonen. 2001. Microbial activity of boreal forest soil in a cold climate. *Boreal Environment Research* 6:19–28.

Ravinteiden huuhtoutuminen puhdistamolietekomposteista valmistetuista kasvualustoista

Nutrient leaching from grass lawns made from sewage sludge composts

Tapio Salo[1)], Petri Kapuinen[2)] ja Ari Kangas[3)]

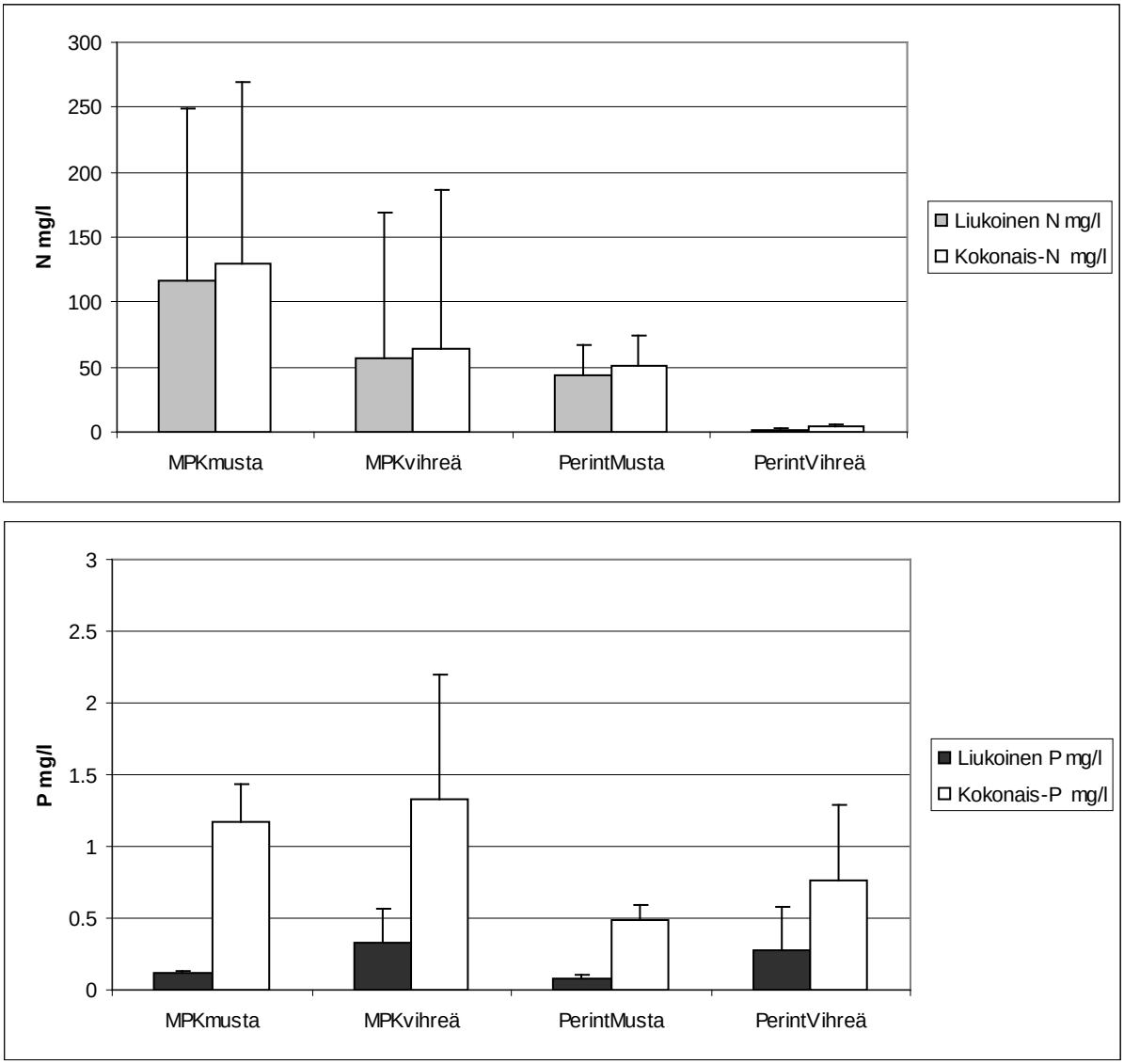
[1)] *MTT Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi*
[2)] *MTT Kasvintuotannon tutkimus, 21500 Piikkiö, petri.kapuinen@mtt.fi*
[3)] *Aluehallintovirasto, 00521 Helsinki, ari.kangas@ely-keskus.fi*

Ravinteita poistuu maatalouden kierrosta kuluttajien ravinnoksi ja päätyy jätevedenpuhdistamoiden lietteisiin. Tällä hetkellä puhdistamolietteiden ravinteita palautetaan maatalouteen jonkin verran, ja kiinnostus sekä lietteen tuottajien että maanviljelijöiden kohdalla on lisääntymässä. Edelleen merkittävä osa puhdistamolietteiden ravinteista päätyy kaatopaikkojen peitemateriaaleiksi tai viherrakentamisen kasvualustojen raaka-aineeksi. Julkisuudessa on keskusteltu sekä puhdistamolietteiden fosforin huuhtoutumisesta kasvualustoista että fosforin poistumisesta elintarvikekierrosta viherrakentamiseen.

Ravinteiden huuhtoutumista viherrakentamiseen käytetyistä kasvualustoista mitattiin sadettamalla erilaisia kasvualustoja sadesimulaattorissa. Kasvualustan läpi mennyttä vettä kerättiin 20–30 mm:n ja pinnassa valuvaa vettä 20 mm:n valuntaa vastaava määrä. Laboratoriossa rakennettuja kasvualustalieriöitä sadetettiin ensin välittömästi ja sen jälkeen niiden pinnalle kasvatettiin nurmikkoa 2–3 kuukauden ajan ennen toista sadetuskertaa.

Nurmikko vähensi sekä liukoisen että kokonaistypen huuhtoutumista pintavalunnassa yli 50 % (Kuva 1). Kokonaisfosforin huuhtoutuminen väheni jopa 75 %, mutta liukoisen fosforin pitoisuus pintavalunnassa ei juuri muuttunut nurmikon vaikutuksesta (Kuva 1). Nurmikon maanpintaa suojaava vaikutus lienee suurin syy kokonaisfosforin huuhtoutumisen selvään vähenemiseen. Typen ja kokonaisfosforin huuhtoutuminen pintavalunnassa oli puhdistamolietepohjaisista kasvualustoista jonkin verran suurempaa kuin turvepohjaisista, mutta nurmikon perustaminen tasoitti eroja huomattavasti. Pohjavalunnassa nurmikon perustaminen ja edeltävän sadetuksen vaikutus vähensivät typen huuhtoutumista myös yli 50 %. Sen sijaan liukoisen tai kokonaisfosforin huuhtoutuminen pohjavalunnassa ei muuttunut. Edellisen sadetuksen huuhtoutuminen ja kasvuston fosforinotto eivät vaikuta fosforin pitoisuuteen kasvualustassa yhtä voimakkaasti kuin typen pitoisuuteen.

Viherrakentamisen kasvualustat ovat hyvin vettä läpäiseviä, joten pohjavalunta voidaan olettaa tärkeimmäksi veden kulkeutumisreitiksi. Tällöin voidaan arvioida, että fosforin merkittävä huuhtoutuminen ei ole todennäköistä. Pohjavalunnan liukoisen fosforin pitoisuudet olivat noin 0,5 mg/l ja kokonaisfosforin pitoisuudet suurimmillaan 1,5–2,0 mg/l. Vaikka nämä arvot ovat suurempia kuin maataloudessa mitattujen valumavesien fosforipitoisuudet, viherrakentamisen pienet pinta-alat vähentävät osuutta kokonaishuuhtoutumisesta. Joka tapauksessa liian korkeita kasvualustan fosforipitoisuuksia kannattaa välttää, koska korkeiden analysoitujen pitoisuuksien yhteys lisääntyneeseen fosforin huuhtoutumiseen nähtiin myös tämä tutkimuksen tuloksissa. Puhdistamolietekomposteja raaka-aineina käytettäessä näyttää helposti muodostuvan kasvualustoja, joista lähtevien valumavesien liukoisen ja kokonaistypen pitoisuudet voivat olla hyvin korkeita. Typen huuhtoutumisen vähentämiseksi olisikin nurmikko tai muu kasvusto saatava ottamaan typpeä mahdollisimman pian perustamisen jälkeen tai ainakin ennen syksyn ja alkutalven runsaita sateita.



Kuva 1. Liukoisen ja kokonaistypen sekä liukoisen fosforin ja kokonaisfosforin pitoisuudet pohjavalunnassa kasvualustan perustamisen (musta) ja nurmikon kasvamisen (vihreä) jälkeen. MPK = kasvualustan raaka-aineena puhdistamolietepohjainen maanparannuskomposti ja perinteinen = turve kasvualustan raaka-aineena. Pylväiden virhepalkki kuvaa keskihajontaa.

ICECREAM-mallin yhdistäminen WSFS-VEMALA-malliin pelloilta vesistöihin tulevan fosforikuormituksen mallintamiseksi

Coupling ICECREAM-model with WSFS-VEMALA-model to simulate the phosphorus load from fields to water systems

Vanamo Seppänen[1] ja Markus Huttunen[2]

[1]Suomen ympäristökeskus SYKE, vanamo.seppanen@ymparisto.fi, +358 400 148 829
[2]Suomen ympäristökeskus SYKE, markus.huttunen@ymparisto.fi, +358 400 148 543

Johdanto

Fosforin (P) huuhtoutuminen pelloilta on suurin rehevöitymisen aiheuttaja Suomen joissa, järvissä ja rannikkoalueilla. Vesistöistä tehtyjen mittausten perusteella on vaikeaa päätellä, kuinka suuri osa fosforikuormituksesta on peräisin pelloilta. Toisaalta taas yksittäisiltä peltolohkoilta tuleva kuormitus vaihtelee suuresti maaperän ominaisuuksien sekä viljelykäytäntöjen mukaan, mikä tekee peltolohkoilta tehtyjen kuormitusmittausten soveltamisen suurille alueille vaikeaksi. Mallinnuksella on mahdollista osittain paikata mittaustulosten puutetta sekä arvioida kustannustehokkaasti vesistöihin tulevaa kuormitusta ja eri päästölähteiden osuutta kuormituksesta.

Aineisto ja menetelmät

Tämän työn tarkoituksena on kehittää peltolohkokohtaisen ICECREAM-mallin [1] fosforikuormituksen laskentaa niin, että mallia on mahdollista käyttää mahdollisimman monilla erityyppisillä peltolohkoilla ilman mittavaa kalibrointia. Tätä tarkoitusta varten malliin on tehty muutoksia. Seuraavat osiot mallista on muutettu tilastolliseen aineistoon perustuviksi:

- maaperän fosforivaraston laskenta simuloinnin alussa
- P-luvun muutos fosforivarastojen muuttuessa
- pintavalunnan fosforikonsentraation laskenta

Myös mallin hydrologista laskentaa on muutettu. Mallin evapotranspiraation laskenta on osittain korvattu WSFS-mallin [2] laskemalla kokonaishaihdunnalla. Kasvien transpiraation osuus haihdunnasta lasketaan kuitenkin edelleen kuten mallin aikaisemmassa versiossa. Myös lumen vesiarvo ja maanpinnalle tuleva sadanta / sulanta on korvattu WSFS-mallin laskemilla arvoilla. Roudan vaikutusta valuntaan on tehostettu pienentämällä maaperän roudanaikaista vedenjohtavuutta. Lisäksi malliin on tehty muita pienempiä muutoksia, jotka vaikuttavat roudan kestoon, makrohuokosten toimintaan, fosforin liikkumiseen maassa, nurmen ja syysviljojen kasvuun, nurmipeitteisen maan eroosioon ja transpiraation laskentaan.

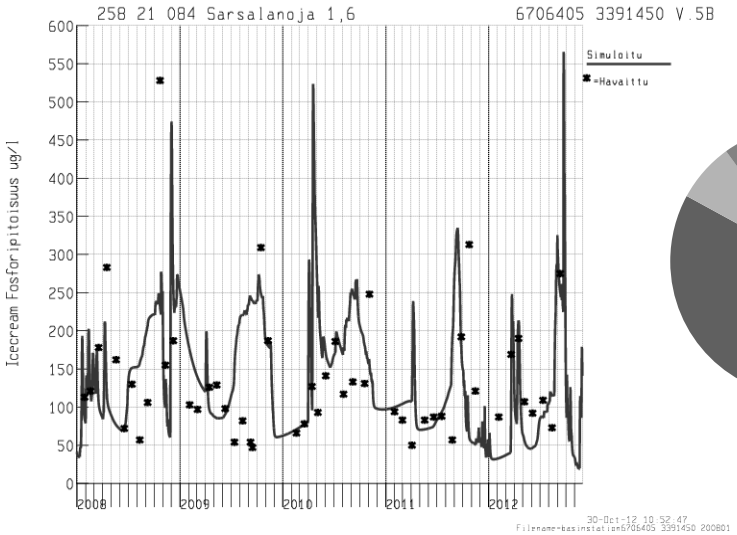
Eloperäisille maille on luotu ravinteiden huuhtoutumisen osalta oma, yksinkertainen laskentarutiini. Se on käytössä, mutta eloperäisillä pelloilla tehtyjen, ravinteiden huuhtoutumista mittaavien kenttäkokeiden vähyyden johdosta kaipaa vielä kehitystä.

Mallin kehittämiseen ja kalibrointiin on käytetty tilastollisten aineistojen lisäksi neljällä erilaisella peltolohkolla tehtyjä kenttäkokeita, joista kolme on mineraalimaita ja yksi eloperäinen maa. Suurin osa käytetyistä kalibroitavista ja mitattavista parametreista on kuitenkin peräisin mallin aiemmista versioista.

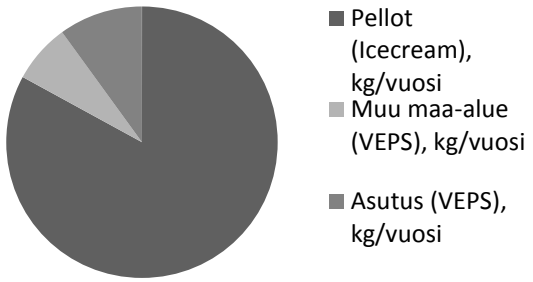
ICECREAMin uusi versio on yhdistetty koko Suomen kattavaan WSFS-VEMALA-kuormitusmalliin [3], jossa sen laskenta on automatisoitu kaikille Suomen noin 1 100 000:lle peltolohkolle. WSFS-VEMALA laskee muista päästölähteistä syntyvää fosforikuormitusta VEPS-malliin ja VAHTI-rekisteriin perustuen sekä kuormituksen kulkeutumista edelleen jokiin ja järviin.

Tulokset ja tarkastelu

Kuvassa 1 on esitetty WSFS-VEMALA-ICECREAM-mallilla simuloitu fosforipitoisuus Vantaanjoen Sarsalanojan valuma-alueelta Sarsalanojasta ennen Rantamo-Seittelin kosteikkoa. Valuma-alueen koko on 19 km^2. Siitä 42 % on peltoa, eikä järviä ole. Kuvassa 2 näkyy eri päästölähteiden osuus fosforikuormituksesta mallin simuloimana.



Kuva 1. Yhdistetyllä WSFS-VEMALA-ICECREAM-mallilla simuloitu ja havaittu fosforipitoisuus (µg/l) Sarsalanojassa vuosina 2008-2012.



Kuva 2. Yhdistetyllä WSFS-VEMALA-ICECREAM-mallilla simuloitu keskimääräinen fosforikuormituksen jakautuminen eri päästölähteisiin Sarsalanojan valuma-alueella.

Mallin simuloima fosforipitoisuus joessa osuu hyvin havaintojen suuruusluokkaan. Malli onnistuu myös melko hyvin kuvaamaan pitoisuuden vaihtelua joessa, joskaan suurimpien pitoisuuksien ajankohta ei aina osu yksiin havaintojen kanssa. Havaintojen vähyys vaikeuttaa tulosten tulkintaa.

Erityisesti järvien ravinnetasapainoon liittyvät prosessit ovat haaste mallin kehityksessä. Mallin antamat tulokset ovat kuitenkin kohtalaisen hyviä eri puolilla Suomea järvettömien, maatalousvaltaisten valuma-alueiden joissa.

Kirjallisuus

[1] Jaakkola, E., Tattari, S., Ekholm, P., Pietola, L., Posch, M., Bärlund, I. 2012. Simulated effects of gypsum amendment on phosphorus losses from agricultural soils. Agricultural and Food Science 21:292-306.

[2] Vehviläinen B., Huttunen M. & Huttunen I. 2005. Hydrological forecasting and real time monitoring in Finland: The watershed simulation and forecasting system (WSFS). In Innovation, Advances and Implementation of Flood Forecasting Technology, conference papers, Tromsø, Norway, 17 to 19 October 2005. ISBN Book 1-898485-13-5.

[3] Huttunen I., Huttunen M., Tattari S. & Vehviläinen B. 2008. Large scale phosphorus load modelling in Finland. XXV Nordic Hydrological Conference 2008. NHP Report No. 50, p. 548-556.

Hiedan ja biohiilen kasvualustaseos ei osoittanut haitallisia vaikutuksia kuusentaimille kasvukammiokokeessa

Biochar amended silty soil showed no detrimental effects on Norway spruce seedlings in a growth chamber bioassay

Juha Heiskanen[1], Priit Tammeorg[2] and Kasten Dumroese[3]

[1] Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki unit, Juntintie 154, FI-77600 Suonenjoki
[2] Dept. of Agricultural Sciences, Latokartanonkaari 5, P.O. Box 27, FI-00014 Univ. Helsinki
[3] Rocky Mountain Res. Sta., GSD, 1221 South Main Street, Moscow, ID 83843, USA

Introduction

Biochar (BC) is the carbon-rich byproduct from anaerobic pyrolysis of biomass that commonly originates from agriculture and forestry. Although BC is used as bioenergy, interest is increasing to use BC as a soil additive to sequester carbon and improve soil quality, mainly on agricultural soils and especially in tropical environments. Recent results from US temperate forests suggest that pyrolyzed BC can be returned to forest sites to increase soil nutrients and carbon with little effect on short-term tree growth [1]. However, practically no information is available about boreal forests. Our objective was to examine effects of two BC types added to a pure silt mineral soil in proportions up to 60 vol.% on growth of transplanted Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings in a growth chamber.

Materials and methods

The used growing media were based on a commercially produced Finnish wood BC (Preseco Oy, Espoo, Finland) originating from partially debarked Norway spruce and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) chips (=FBC, pre-sieved to <2 mm in particle size) or a commercially produced Canadian BC powder (Dynamotive Energy Systems Corp., Richmond, BC, Canada) originating from agricultural or forestry biomass (=CBC), which were mixed into alluvial silt in volume proportions 0, 15, 30, 45 and 60 %. Chemical and physical properties of the growing media were determined as described previously [2].

Ten 0.5 L plastic pots (Teku, MQC 9x9x9.5 cm, Pöppelmann, Lohne, Germany) were filled with each media. Before transplanting one-year-old seedlings, their root volumes were determined using water displacement method. In total 100 transplanted seedlings were grown (2 BC types x 5 media x 10 replicates) in a growth chamber (Type 10' Sp/5 DU-Pi, Weiss Klimatechnik GmbH, Reiskirchen-Lindenstruth, Germany). Diurnal light cycle was set to no light 4 h, dim 1 h, full light 18 h, and dim 1 h. Full light yielded photosynthetically active radiation at the seedling shoot level of 335 µE m^{-2} s^{-1}. Temperature was 19.5 ^{o}C (day) and 12 ^{o}C (night). Relative humidity varied between 30-60 %. Seedling heights were measured weekly. After 9 weeks, seedlings were harvested and measured for morphological attributes.

The effect of the growing medium on the attributes of seedlings and growing media was tested using two-way (factors = BC type, n=2 and volume proportion, n=5) and one-way (factor = mix, n=10) analysis of variance.

Results and discussion

Length of the new terminal shoot differed among the growing media; FBC60 had significantly longer shoot than CBC30 (Fig. 1). Two-way ANOVA showed a significant main effect between the two BC types (p=0.028) and interaction effect of BC type and mix proportion (p=0.028). Mean seedling height varied little (22.3-23.7 cm) in the different growing media after the experiment and no significant main effect was observed (initial height [19.6 cm] as a covariate).

Root volume (initially 1.54 cm^3) showed no difference among the growing media after the experiment (Fig. 1). Two-way ANOVA revealed, however, a significant difference between FBC60 and CBC60. Mean root to shoot ratio decreased during growing from 0.37 to 0.24-0.35 by DM in the different growing media.

The relatively similar growth response among all the studied growing media was probably because all the media had relatively low nitrogen content with respect to seedling requirements [3]. Soil nutrient availability may be enhanced, however, through increased cation retention and decreased phosphate adsorption after BC application [1, 2]. BC added to agricultural soils may decrease soil nitrogen just after addition, suggesting a need for nitrogen fertilization in crop production. This may not be the case, however, in acidic forest soils where evidence suggests that BC can increase nitrification. Fire-produced charcoal usually has no harmful effect on boreal forest productivity although it can affect growth of tree seedlings and other vegetation.

In conclusion, our study indicated no negative effect with BC addition into soil on transplanted Norway spruce seedlings, even at the highest application rate (60 vol.%). The results suggest that BC can be applied at least up to 60 vol.% into mineral soil without detrimental effects on outplanted seedlings and subsequent tree plantation success. However, additional information from actual forest outplantings is still needed on the effects of different BC types on soil physical and chemical properties and on plantation success over a longer period of time.

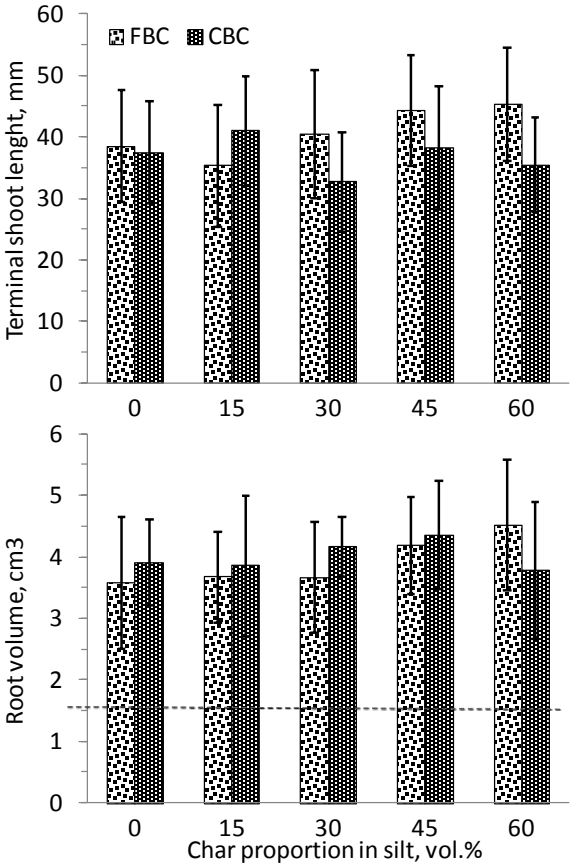


Fig. 1. Average length of the terminal shoots and root volumes in the different growing media after the experiment (mean ± Sd). Vertical line denotes the initial mean root volume. FBC refers to the Finnish and CBC to the Canadian biochar used.

References

[1] McElligott, K.M., Page-Dumroese, D. and Coleman, M. 2011. Bioenergy production systems and biochar application in forests: potential for renewable energy, soil enhancement, and carbon sequestration. *Fort Collins, CO, USDA FS, Rocky Mountain Res. Sta. Research Note RMRS-RN-46*: 1-14.

[2] Dumroese, K.R., Heiskanen, J., Tervahauta, A. and Englund, K. 2011. Pelleted biochar: chemical and physical properties show potential use as a substrate in container nurseries. *Biomass and Bioenergy* 35: 2018-2027.

[3] Wall, A. and Heiskanen, J. 2003. Effect of air-filled porosity and organic matter concentration of soil on growth of *Picea abies* seedlings after transplanting. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 344–350.

Saharan eteläpuolisen Afrikan maaperän mikroravinnekartoitus

Surveying the micronutrient status of soils in Sub-Saharan Africa

Riikka Keskinen[1], Mercy Nyambura[2], Martti Esala[1] and Keith Shepherd[2]

[1]MTT Agrifood Research Finland, Plant Production Research, Planta, 31600 Jokioinen
[2]World Agroforestry Centre (ICRAF), United Nations Avenue, Nairobi, 00100, Kenya

Micronutrient deficiencies are considered widespread in Africa, although data on nutrient contents of soils and crops especially in low-input smallholder farming systems is limited. Currently, the capacity for diagnosing soil nutrient status in Sub-Saharan Africa is inadequate. Improved diagnostics and management strategies are needed to increase food production, improve human nutrition and health and thus alleviate poverty. The Ministry of Foreign Affairs of Finland is funding a research and development programme FoodAfrica [1], as a part of which MTT and ICRAF are working together on strengthening the African soil research.

To enable implementation of soil surveillance frameworks in developing countries, the analytical techniques used need to be low in cost and rapid in performance. In the ICRAF laboratories, spectral measurements fulfilling these criteria are applied to predict various soil properties and functions [2]. The infrared spectra of a soil sample reflects its mineral and organic fractions, whereas total x-ray diffraction spectroscopy provides information on soil mineralogy and total x-ray fluorescence spectroscopy reveals the total element concentrations. Before introducing these screening tools as standard operating procedures for soil characterization, they need to be calibrated against conventional chemical extraction methods. The calibration is conducted in the FoodAfrica project utilizing soil samples collected under Africa Soil Information Service (AfSIS) from around 60 sentinel sites randomly located within major agroclimatic zones in sub-Saharan Africa [3]. A subset of approximately 1900 samples will be analysed both at ICRAF using the spectral techniques and at MTT laboratories using wet chemistry methods.

At MTT, the soil samples are subjected to extraction with acid ammonium acetate – ethylenediaminetetraacetic acid (AAAc-EDTA) [4] to determine the concentrations of easily soluble Cu, Fe, Mn, Zn, Al, Cd, Cr, Mo, Ni, Pb, V and Se. Soluble B is acquired with hot water extraction [5]. The same methods were used in the global micronutrient study for FAO by Sillanpää [6], which enables worldwide comparison of the soil micronutrient status. Analyses of around 400 soil, foliar and grain samples from specific agronomic diagnostic trials of AfSIS enable linking the plant nutrient uptake with the soil analyses. To assess whether the potential soil micronutrient deficiencies result from a lack of the element in the soil or from its low solubility, an aqua regia extraction (ISO11466:1995) providing (semi)total concentrations of the nutrients is performed on the trial site soils in addition to the AAAc-EDTA and hot water extractions. The first results of the soil analyses are available in the end of 2012 and the rest will be completed during 2013 providing new data on the prevalence and spatial distribution of micronutrient syndromes in Sub-Saharan Africa. The objectives, methodology of the project as well as first wet chemistry results will be presented.

References

[1] FoodAfrica Improving Food Security in Western and Eastern Africa https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt_en/projects/foodafrica

[2] Shepherd, K.D. and Walsh, M.G. 2007. Infrared spectroscopy—enabling an evidence-based diagnostic surveillance approach to agricultural and environmental management in developing countries. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 15: 1-19.

[3] Vågen, T-G., Shepherd, K.D., Walsh, M.G., Winowiecki, L., Tamene Desta, L.and Tondoh, J.E. 2010. AfSIS Technical Specifications Soil Health Surveillance. Africa Soil Information Service 69 p.
[4] Lakanen, E. and Erviö, R. 1971. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agraria Fennica* 123:223-232.
[5] Berger, K.C. and Truog, E. 1944. Boron tests and determination for soils and plants. *Soil Science* 57: 25-36.
[6] Sillanpää, M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. FAO Soils Bulletin 48 444 p.

Liukoisen orgaanisen aineen kemiallinen luonnehdinta ja raskasmetallipitoisuudet metsätalouskäytössä olevien soiden turvekerroksissa

Chemical characteristics of dissolved organic matter in relation to heavy metal concentrations in peat layers of forested mires

Oili Kiikkilä[1], Tiina M. Nieminen[1], Mike Starr[2], Liisa Ukonmaanaho[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301, Vantaa
[2] Metsätieteiden laitos, Helsingin Yliopisto, PL 27, 00014, Helsingin Yliopisto

Pintavesien kiinteä ja liukoinen orgaaninen hiili on paljolti peräisin soilta. Metsänhoitotoimenpiteet, kuten ojitus, hakkuut ja maanmuokkaus lisäävät orgaanisen aineen huuhtoutumista. Raskasmetallit sitoutuvat eli muodostavat komplekseja orgaanisen aineksen kanssa. Metallien kompleksoituminen riippuu liukoisen orgaanisen aineen kemiallisesta koostumuksesta. Liukoisen orgaanisen aineen mukana ne voivat kulkeutua pintavesiin, missä ne voivat olla myrkyllisiä eliöille ja päätyä ravintoketjuun.

Pohjois-Suomessa on kallioperässä mustaliuske-esiintymiä, joissa raskasmetallien pitoisuus on suuri. Nämä mustaliuskealueet ovat usein turpeen peittämiä. Tällaisilla alueilla voi olla riskinä, että raskasmetalleja vapautuu ja huuhtoutuu kallioperästä. Koealamme ovat metsätalouskäytössä olevia turvemaita, joista puolet on Kainuun liuskejakson mustaliuskealueella ja puolet graniittisella kallioperällä.

Tarkoituksena oli tutkia miten avohakkuun sekä avohakkuun jälkeinen hakkuutähteen ja kantojen korjuu vaikuttaa (vedenpinnan tason muutoksen myötä) liukoisen orgaanisen aineen kemialliseen koostumukseen ja siihen sitoutuneisiin raskasmetalleihin.

Menetelmät

Turvenäytteet otettiin ojitetuilta turvemailta kaksi vuotta käsittelyjen jälkeen. Käsittelyinä olivat 1) perinteisenä runkopuukorjuuna toteutettu päätehakkuu sekä 2) kokopuukorjuuna tehty päätehakkuu, jolloin runkopuun lisäksi myös hakkuutähteet ja kannot korjattiin talteen. 3) Kontrollialat jätettiin kokonaan käsittelemättä. Turvenäytteet otettiin kahdesta syvyydestä. Alempi kerros (30-50 cm) oli ollut hakkuiden jälkeen koko ajan vedenpinnan alapuolella. Vedenpinnan taso vaihteli ylemmässä kerroksessa (0-30 cm).

Maavesi uutettiin turvenäytteestä ja suodatettiin (< 0,45 μm). Liukoisen orgaanisen hiilen ja typen kemialliseen luonnehdintaan käytettiin hartseihin (XAD-8) perustuvaa fraktiointia sekä molekyylikokoon perustuvaa ultrasuodatustekniikkaa. Kaikista fraktioista ja molekyylikokoluokkanäytteistä mitattiin C ja N ja jälkimmäisistä lisäksi Al, Cu, Fe, Ni and Zn-pitoisuudet.

Tulokset

Liukoisen orgaanisen hiilen ja typen kemiallinen fraktiointi erotti selvästi turvekerrokset toisistaan. Hydrofobiset hapot ja suurimolekyyliset (> 100 kDa) yhdisteet olivat runsaampia ylemmässä kerroksessa, kun taas hydrofiiliset ja pienimolekyyliset (< 1 kDa) yhdisteet olivat runsaampia alemmassa kerroksessa.

Al, Fe ja Zn- pitoisuudet korreloivat positiivisesti hydrofobisten happojen ja suurimolekyylisten yhdisteiden osuuden kanssa. Pienimolekyylisessä fraktiossa metallien pitoisuudet olivat enimmäkseen alle määritysrajan.

Käsittelyillä ei ollut selvää vaikutusta liukoisen orgaanisen aineen laatuun eikä siihen sitoutuneisiin metalleihin.

Johtopäätökset

Vain pieni osa metalleista on vapaina ioneina tai pienimolekyylisissä yhdisteissä turpeen vedessä. Metallit näyttivät olevan enimmäkseen sitoutuneena liukoiseen orgaaniseen ainekseen, erityisesti hydrofobisiin happoihin ja suurimolekyylisiin yhdisteisiin. Tämä tekee ne vaikeammin eliöille saataviksi ja siten vähemmän myrkyllisiksi.

Puutuhkalannoitus lisää koivikon biomassatuotosta suonpohjalla

Effect of wood ash fertilization on biomass production of birch on cutaway peatland

Jyrki Hytönen[1] ja Lasse Aro[2]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Silmäjärventie 2, 69100 Kannus
[2] Metsäntutkimuslaitos, Kaironiementie 15, 39700 Parkano

Johdanto

Biomassan käyttöä energiantuotannossa pyritään lisäämään voimakkaasti Suomessa. Nykyään energiaksi korjataan avohakkuualoilta latvusmassaa ja kantoja sekä pienpuuta nuoren metsän kunnostuksissa ja ensiharvennuksissa. Energiaksi käytettävää puuta voidaan tuottaa myös metsänkasvatuksen päätuotteena, jolloin tavoitteena on biomassatuotoksen maksimointi melko lyhyellä kiertoajalla. Parhaiten energiakasvatukseen soveltuvat helposti uudistuvat ja nuorena nopeakasvuiset lehtipuut. Tuotoksen ja kannattavuuden maksimoimiseksi kasvatustiheys on suuri ja kiertoaika verraten lyhyt. Korjuun jälkeen energiapuut uudistuisivat vesomalla ilman muita lisätoimia.

Turvetuotannosta vapautuu suonpohjia lähes 3000 ha vuodessa. Suonpohjia luonnehtii verrattain ohut turvekerros, jossa on alhainen pH, mutta korkea typpipitoisuus ja alhaiset fosfori- ja kaliumpitoisuudet. Suonpohjien metsityksessä voidaan siten kohdata ravinnetaloudellisia ongelmia ja puiden kasvu voi riippua lannoituksesta tai maanparannuksesta [1]. Energiatuotannon jatkaminen suonpohjilla puumaisilla energiakasveilla voisi olla vaihtoehto ruokohelven viljelylle. Metsitys sitoisi myös ilmakehän hiiltä.

Tutkimme puutuhka- ja PK-lannoituksen vaikutusta vesomalla syntyneen koivikon biomasatuotokseen 21 vuoden ajan [2].

Aineisto ja menetelmät

Kihniön Aitonevalle oli turvetuotannon päättymisen jälkeen syntynyt luontaisesti tiheä (runkoluku 11 000 kpl ha^{-1}) rauduskoivun (*Betula pendula*), hieskoivun (*Betula pubescens*) ja pajun (*Salix* spp.) muodostama sekametsikkö. Alue avohakattiin kun puut olivat 16-vuotiaita. Avohakatuille koealoille perustettiin lannoituskoe kolmena toistona. Käsittelyt olivat lannoittamaton vertailu, PK-lannoitus (PK-lannoite 575 kg ha^{-1}) ja puutuhka (5000 kg ha^{-1}). PK-lannoituksessa annettiin fosforia 50 ja kaliumia 96 kg ha^{-1}. Puutuhkassa vastaavat määrät olivat 108 ja 339 kg ha^{-1}.

Koealoilta otettiin turvenäytteet 10 vuotta lannoituksesta ravinnepitoisuuksien analysoimiseksi. Myös pohjamaan ravinnepitoisuudet ja maalaji määritettiin. Jäljelle jäänyt turvekerros oli keskimäärin 38 cm. Lehtien ravinnepitoisuudet analysoitiin vuosittain kahdeksan kertaa tutkimuksen aikana.

Avohakkuun jälkeen syntyneet vesat mitattiin ympyräkoealoilta kymmenen kertaa 21 vuoden aikana. Biomassakoepuut kaadettiin, mitattiin sekä oksat ja runko punnittiin maastossa. Puuston lehdetön maanpäällinen biomassa laskettiin koepuuaineistosta laadituilla allometrisillä biomassayhtälöillä.

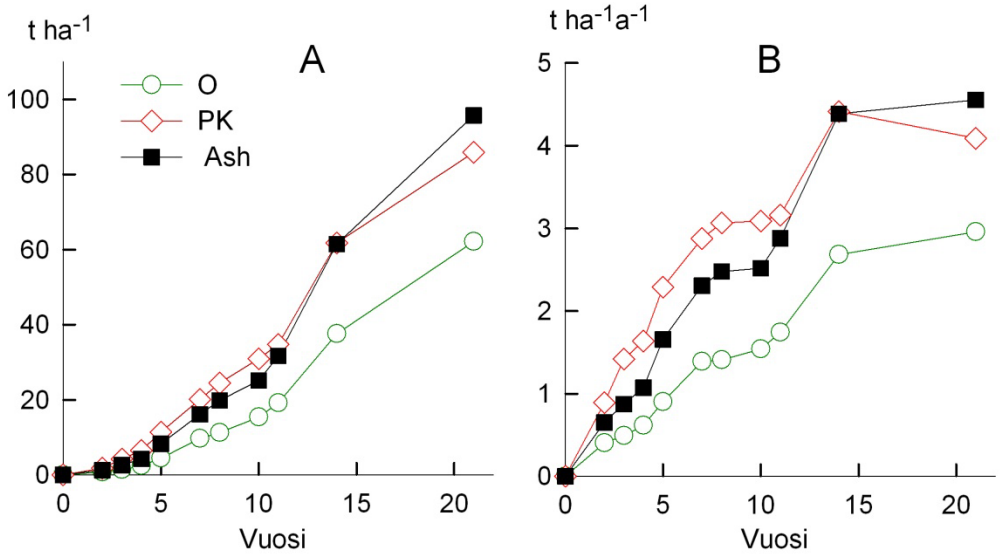
Tulokset

Lannoitus vaikutti merkitsevästi turpeen ravinnemääriin pintakerroksessa (0-5 cm). Tuhkalannoitus nosti turpeen pintakerroksen pH:ta 4,5:sta 5,5:een. Tuhka sisälsi enemmän ravinteita kuin PK-lannoite, ja tuhkan vaikutus näkyi myös maan P, K ja B määrien nousuna. Lannoitus sekä tuhkalla että PK:lla lisäsi lehtien fosforipitoisuutta, mutta lannoituksen

vaikutus pieneni tutkimusjakson loppua kohden. Lannoitus ei vaikuttanut lehtien typpi-, kalium-, magnesium- tai booripitoisuuksiin. Lannoitus ei vaikuttanut merkitsevästi koivun runkojen tai oksien ravinnepitoisuuksiin (N, P, K, Ca, Mg, B). Ravinnepitoisuudet oksissa olivat useimmiten yli kaksinkertaiset verrattuna runkojen ravinnepitoisuuksiin.

Rauduskoivut olivat paksumpia ja pidempiä kuin hieskoivut. Lannoitus lisäsi tilastollisesti merkitsevästi rauduskoivujen pituutta ja läpimittaa. Lannoitetut rauduskoivut olivat 1,2–2,5 m pidempiä ja 1,3–2,5 cm paksumpia kuin lannoittamattomat puut.

Lannoittamattomilla koealoilla puuston lehdetön maanpäällinen biomassatuotos oli 62,1 t ha^{-1}. Lannoitus PK-lannoitteella ja tuhkalla lisäsi merkitsevästi biomassatuotosta (23 t ha^{-1} ja 33 t ha^{-1}). Vesomisen jälkeen 21-vuotiaiden lannoitettujen koealojen MAI oli 4,1–4,6 t ha^{-1} a^{-1} ja lannoittamattomien koealojen 3,0 t ha^{-1} a^{-1}.



Kuva 1. Vesotettujen metsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassa (A) ja keskimääräinen vuotuinen biomassatuotos (B).

Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen mukaan koivu voisi olla kiinnostava vaihtoehto pajuille ja ruokohelvelle biomassatuotannossa suonpohjilla. Vaikka koivun kiertoaika onkin kolme – viisi kertaa pidempi kuin pajujen, halvemmat perustamiskustannukset, pienempi lannoitustarve ja suuri kerralla korjattava biomassasato ovat selviä etuja. Tuhka- tai PK-lannoituksella voidaan merkittävästi lisätä koivikon biomassatuotosta. Biomassatuotanto koivulla sitoisi myös ilmakehän hiiltä ja hiilen sidontaa voidaan lisätä vielä lannoittamalla. Lisää tuloksia tarvitaan biomassatuotoksesta erilaisilla suonpohjilla ja siitä, miten tuotos riippuu turpeen paksuudesta ja ravinnetaloudesta.

Kirjallisuus

[1] Aro, L., Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1997. Suopohjien metsitys. Hankeraportti 1986-1995. Summary: Afforestation of peat cutaway areas. Project report in 1986-1995. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 634. 51 s.

[2] Hytönen, J. & Aro, L. 2012. Biomass and nutrition of naturally regenerated and coppiced birch on cutaway peatland during 37 years. Silva Fennica 46(3): 377-394.

Puutuhkalannoituksen vaikutukset turpeen ominaisuuksiin sekä metaani- ja dityppioksidipäästöihin suometsässä

The effect of wood ash fertilization on soil properties and methane and nitrous oxide emissions in peatland forests

Marja Maljanen[1], Maarit Liimatainen[1], Jyrki Hytönen[2] ja Pertti J Martikainen[1]

[1]Itä-Suomen yliopisto, Ympäristötieteen laitos, PL 1627, 70211 Kuopio
[2]Metsäntutkimuslaitos, Silmäjärventie 2, 69100 Kannus

Johdanto

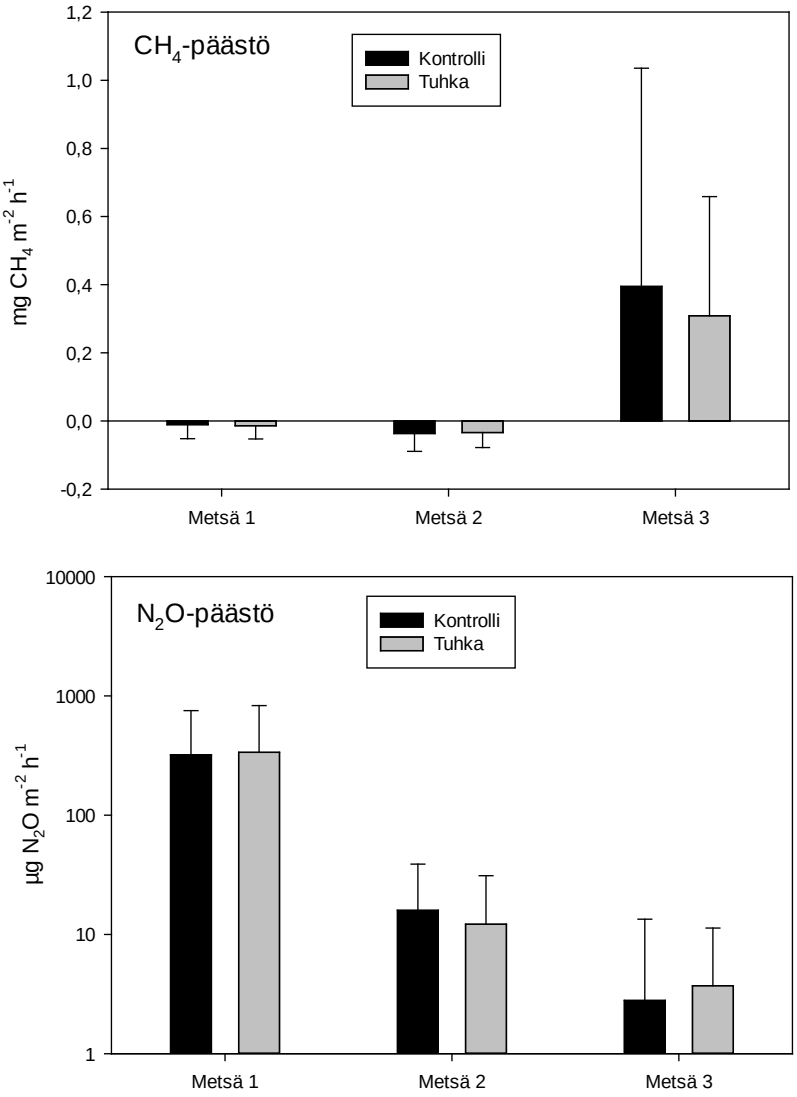
Suomessa tavoitteena on kasvattaa metsähakkeen käyttöä lämmön ja sähkön tuotannossa 13,5 miljoonaan kuutiometriin vuoteen 2020 mennessä. Tämä lisää vuosittain syntyvän puutuhkan määrää. Puutuhkaa soveltuu erityisen hyvin luontaisesti typpirikkaiden suometsien lannoitteeksi, sillä tuhka ei sisällä typpeä, mutta se sisältää useilla soilla puiden kasvua rajoittavia ravinteita kuten fosforia, kaliumia ja booria. Tuhkalannoituksen aiheuttama ravinteiden parantunut saatavuus ja maan pH:n nousu voivat lisätä mikrobiaktiivisuutta maassa ja tästä johtuvia kasvihuonekaasupäästöjä. Tuhkan vaikutuksesta metaani- (CH_4) ja dityppioksidi- (N_2O) päästöihin ei ole aiemmin Suomessa tehty ympärivuotisia tutkimuksia, vaan tehdyt mittaukset ovat rajoittuneet kasvukauteen[1,2]. Erityisesti N_2O-päästöt voivat olla talvella jopa moninkertaisia kasvukauteen verrattuna, joten ympärivuotiset mittaukset ovat tärkeitä.

Menetelmät

Tutkimme puutuhkalannoituksen vaikutusta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin sekä ympärivuotisiin N_2O- ja CH_4-päästöihin kolmessa ojitetussa suometsässä Kannuksen lähistöllä, Länsi-Suomessa. Kaksi tutkituista alueista oli tuhkalannoitettu rakeistetulla puuntuhkalla kahdeksan vuotta ennen mittausten aloitusta ja yksi alue lannoitettiin juuri mittausten alkaessa, jotta nähdään tuhkan välittömät vaikutukset. Kaasumittaukset maastossa tehtiin kammiomenetelmällä tai gradienttimenetelmällä (lumipeite) ja kaasupitoisuudet näytteissä analysoitiin kaasukromatografilla. Kenttämittausten lisäksi tuhkan vaikutusta N_2O:n ja hiilidioksidin (CO_2) tuottoon sekä turvemaan ominaisuuksiin tutkittiin laboratoriossa.

Tulokset ja tarkastelu

Sekä maastossa että laboratoriokokeissa rakeistetulla tuhkalla tehty lannoitus lisäsi mm. maan sähkönjohtokykyä, sulfaatti- ja fosfaattipitoisuuksia, mutta ei merkittävästi nostanut turvemaiden pH:ta. Tuhkalannoitus kuitenkin lisäsi puuston kasvua merkitsevästi kahdella vanhimmalla tuhkalannoituskokeella. Tuhkalannoitus myös lisäsi selluloosan hajoamista kenttäkokeissa ja maarespiraatiota (CO_2-tuotto). Tuhkalannoitus ei sen sijaan i vaikuttanut merkittävästi kentällä mitattuihin N_2O ja CH_4-päästöihin (Kuva 1) mikä tukee aiempia kasvukauden aikana tehtyjä tutkimuksia[1,2]. Yllättävä tulos oli se, että useissa laboratoriokokeissa tuhkan lisäys turvemaahan jopa alensi N_2O ja CO_2- tuottoa. Siten laboratoriossa saadut tulokset eivät ole aina suoraan yleistettävissä kenttäolosuhteisiin. Johtopäätöksenä voimme todeta, että tuhkalannoitus ei näyttäisi merkittävästi vaikuttavan suometsän N_2O- ja CH_4-virtoihin.



Kuva 1. Keskimääräiset ympärivuotiset CH_4- (mg m^{-2} h^{-1}) ja N_2O-päästöt (µg m^{-2} h^{-1}) kolmesta tutkitusta suometsästä, toukokuusta 2010 syyskuuhun 2012. Metsä 1 lannoitettu kokeen alussa, Metsät 2 ja 3 lannoitettu 8 vuotta ennen mittausten alkua (5000 kg rakeistettua puutuhkaa ha^{-1}). Virhepalkki on keskiarvon keskihajonta, Metsä 1 (n=6) ja Metsät 2 ja 3 (n=4). Huomaa logaritminen asteikko alemmassa kuvassa. Negatiivinen CH_4-päästö tarkoittaa sitä, että maaperän mikrobit kuluttavat enemmän metaania kun mitä tuottavat.

Kirjallisuus

[1] Maljanen, M., Nykänen, H., Moilanen, M. and Martikainen, P.J. 2006. Greenhouse gas fluxes of coniferous forest floors affected by wood ash fertilization. For. Ecol. Man. 237:143-149.

[2] Maljanen, M., Jokinen, H., Saari, A., Strömmer, R. and Martikainen, P.J. 2006. Methane and nitrous oxide fluxes, and carbon dioxide production in soil of boreal forest fertilized with wood ash and nitrogen. Soil Use Manage. 22:151-157.

Puutuhkan vaikutus turpeen hiilidioksidipäästöihin ja puuston hiilensidontaan ojitetulla rämeellä

The effect of wood ash fertilization on soil respiration and tree growth on drained peatland

Mikko Moilanen[1], Jyrki Hytönen[2] ja Mirva Leppälä[3]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Silmäjärventie 2, 69100 Kannus
[2] Metsäntutkimuslaitos, Rakentajantie 3 (PL 413), 90014 Oulun yliopisto
[3] Metsähallitus, Veteraanikatu 5 (PL 81), 90100 Oulu

Johdanto

Kivennäisravinteiden niukkuus rajoittaa usein puiden kasvua turvemaiden ojitusalueilla. Arviolta miljoona hehtaaria eli viidennes ojitusalueista on sellaisia, joilla puut kärsivät eriasteisista fosforin (P) ja kaliumin (K) puutoksista. Turvemaiden metsänkasvatusohjeissa tällaisiin ravinnepuutoskohteisiin suositellaan lannoitusta puutuhkalla. Puun kasvavan energiakäytön seurauksena tuhkaa syntyy runsaasti ja sen saatavuus on parantumassa. Metlan pitkäaikaiset tuhkalannoituskokeet[1,2] ovat vahvistaneet tuhkan pitkäaikaisen myönteisen vaikutuksen puuston kasvuun. Odotettavissa on siis, että tuhkan käyttö tulevina vuosina yleistyy nimenomaan turvemaiden metsänhoidossa.

Tuhka lisää maaperän ravinnevaroja merkittävästi ja vähentää happamuutta usean pH-yksikön verran. Happamuuden muutokset johtavat turpeen mikrobi- ja hajotustoiminnan muutoksiin, millä on vaikutusta myös maaperäkaasujen vaihtoon. Tutkimuksia, joissa olisi samanaikaisesti seurattu tuhkalannoitetun turpeen CO_2-päästöjä ja puuston sitoman hiilimäärän muutoksia, ei aiemmin ole Suomen oloissa tehty.

Menetelmät

Selvitimme puutuhkan aiheuttamia maaperä- ja puustomuutoksia paksuturpeisella rämeellä, joka oli kuivatuksen seurauksena muuttunut II-tyypin mustikkaturvekankaaksi. Alkuperältään tuo Muhoksen Pelsonsuon kohde oli ollut vähäpuustoista ruohoista sararämettä, jonka puusto koetta perustettaessa oli 6 – 8 metrin mittaista männikköä. Saravaltainen turve oli kohtalaisen pitkälle maatunutta ja runsastyppistä (N-pitoisuus yli 3 %), mutta kivennäisravinteita siinä oli niukalti. Neulasanalyysit ja puiden ulkoasu osoittivat metsikön kärsivän voimakkaasta P:n ja K:n puutoksesta.

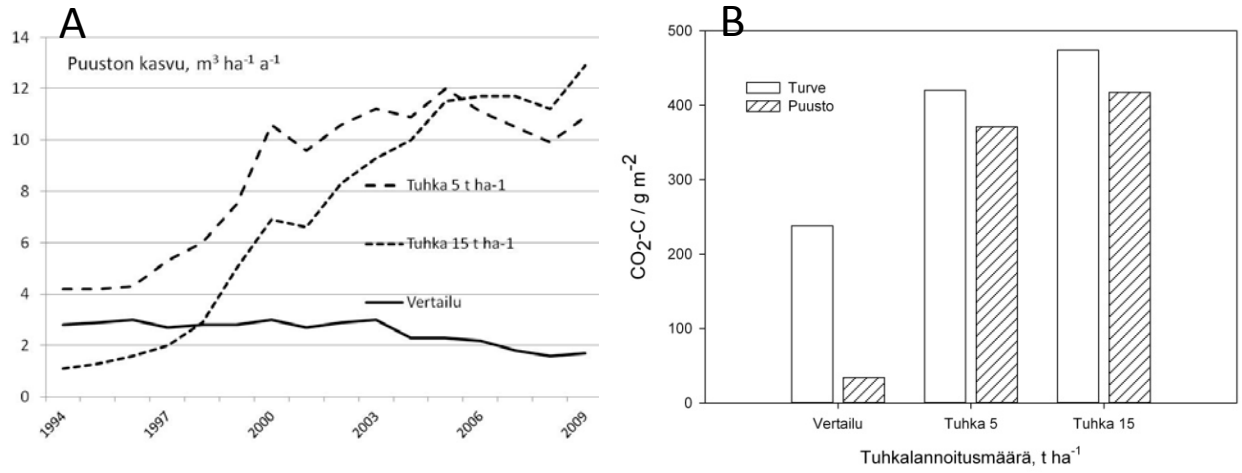
Tuhkan (puun kuorituhka 0, 5 tai 15 t ha^{-1}) levitys tehtiin alkukesällä 1997. Pienemmän tuhka-annoksen sisältämät P- ja K-määrät vastasivat likimain turvemaiden lannoitusohjeiden suosituksia. Puustomittausten avulla selvitettiin käsittelyittäin puuston vuotuinen tilavuuskasvu tuhkalevityksen jälkeen ja kokonaispuuston kuivamassa, kun tuhkan levityksestä oli kulunut 13 vuotta. Koealoilta kerätyistä maanäytteistä analysoitiin happamuus, tilavuuspaino ja ravinnepitoisuudet. Orgaanisen aineksen hajoamista arvioitiin puiden juuristokerrokseen kesän ajaksi 2009 upotettujen selluloosaliuskojen massahävikkimittauksilla. Turpeen hiilidioksidipäästöjä (heterotrofinen respiraatio) mitattiin 13 vuotta tuhkanlevityksen jälkeen näytealoilta, joista oli poistettu kasvillisuus ja karike, ja juuristot oli katkottu. Kasvien hengityksen poistamiseksi (autotrofinen respiraatio) koealat pidettiin kasvipeitteettöminä. Tutkimuksessa mitattiin siten turpeen orgaanisen aineen hajoamisesta johtuvia CO_2-päästöjä.

Tulokset

Puutuhkakäsittelyt odotetusti lisäsivät turpeen ravinnemääriä ja vähensivät happamuutta 1,5 – 2 pH-yksikköä. Selluloosan hajoamisnopeus oli tuhka-aloilla noin kaksinkertainen lannoittamattomaan vertailualaan nähden. Myös turpeen heterotrofinen maahengitys oli

tuhka-aloilla lähes kaksinkertaistunut 13 vuoden kuluttua levityksestä. Vuotuinen CO_2-emissio tuhka-aloilla vaihteli 420–475 g/ m^2, kun se vertailualalla jäi 238 g/m^2.

Tuhkan vaikutus näkyi puustossa voimakkaana (Kuva 1). Pienempi tuhka-annos 3-kertaisti ja isompi tuhka-annos annos 7-kertaisti puuston tilavuuskasvun. Tutkimusjakson lopussa vuotuinen kasvu oli vertailulla 2 m^3 ha^{-1} v^{-1} ja tuhka-aloilla 11 – 13 m^3 ha^{-1} v^{-1}. Turpeen hiilipäästöjä ja puuston sitomia hiilimääriä verrattiin keskenään. Tuhkalannoitetuilla aloilla puustoon sitoutui 43–58 g C/m^2 ja vertailualoilla 204 g C/m^2 vähemmän kuin mitä oli hiilipäästö turpeesta.



Kuva 1. Puuston vuotuinen kasvu (A) ja vuotuinen hiilidioksidipäästö turpeesta ja puustoon sitoutuneen hiilen määrä (B) käsittelyittäin 14 vuotta tuhkalannoituksesta.

Tarkastelu

Tutkimuksemme tulokset osoittavat, että tuhkalannoitus runsastyppisellä turvemaalla puiden ravinnepuutostilanteissa parantaa puiden ravinnetilaa ja lisää puuston kasvua voimakkaasti ja pitkäaikaisesti. Tuhka lisää turpeesta ilmakehään vapautuvan hiilen määrää, mutta puuston voimakkaan kasvuvasteen ansiosta metsikköön sitoutuu hiiltä lähes päästöjen verran. Tuhkavaikutuksen edelleen jatkuessa voi tuhkalannoitettu metsikkö kääntyä hiililähteestä hiilinieluksi lähimmän 10 – 15 vuoden aikana. Jatkotutkimuksissa olisi selvitettävä, millä tavoin puuston merkitys hiilen sitojana tuhkalannoitetuissa turvemaiden metsiköissä vaihtelee puuston eri kehitysvaiheissa.

Kirjallisuus

[1] Moilanen, M., Silfverberg, K. & Hokkanen, T.J. 2002. Effects of wood-ash on the tree growth, vegetation and substrate quality of a drained mire: a case study. Forest Ecology & Management,17: 321–328.
[2] Moilanen, M., Silfverberg, K., Hökkä, H. & Issakainen, J. 2005. Wood ash as a fertilizer on drained mires - growth and foliar nutrients of Scots pine. Canadian Journal of Forest Research 35: 2734–2742.
[3] Moilanen, M., Hytönen, J. & Leppälä, M. 2012.Application of wood ash accelerates soil respiration and tree growth on drained peatland. European Journal of Soil Science 63: 467-475.

Humuspitoisten vesinäytteiden esisuodatuksen vaikutus kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määrään

The effect of water sample prefiltration on plant availability of iron and phosphorus

Tiina M. Nieminen[1], Liisa Ukonmaanaho[1] ja Marita Turunen[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

Johdanto

Pinta- ja maavesinäytteiden suodatus on esikäsittelytoimenpide, jonka tarkoituksena on poistaa kiintoaine näytteestä ennen liukoisten ravinnepitoisuuksien mittaamista. Kasveille käyttökelpoisessa muodossa olevia ravinteita on kuitenkin kiinteässäkin faasissa kiintoaineen pintojen vaihtopaikoille pidättyneenä. Suodatettuja näytteitä mitattaessa nämä kasvien saatavilla olevat muodot jäävät huomioimatta. Lisäksi suodatuksen aikana näytteessä tapahtuu erilaisia saostumis- ja sorptioprosesseja, jotka voivat johtaa liukoistenkin aineiden poistumiseen liuosfaasista. Tämän työn tarkoituksena oli arvioida vesinäytteen suodatuksen vaikutusta siinä olevien kasveille käyttökelpoisten ravinteiden määriin.

Aineisto ja menetelmät

Käyttökelpoisten ravinteiden määrää mitattiin elävän kerrossammalen (*Hylocomium splendens)* avulla. Kerrossammalen versojen tyvet upotettiin suodattamattomiin ja suodatettuihin näytevesiin 36 tunnin ajaksi. Sen jälkeen vedenpinnan yläpuolella olleet versojen yläosat eroteltiin vedessä olleista tyvistä, kuivattiin, punnittiin ja jauhettiin. Vertailumateriaalina käytettiin kerrossammalen versoja, joita ei upotettu veteen, mutta niiden yläosat eroteltiin ja anlysoitiin samoin kuin vesinäytteisiin upotetuista versoista. Alkuainepitoisuudet analysoitiin märkäpolton jälkeen ICP-AES –laitteella.

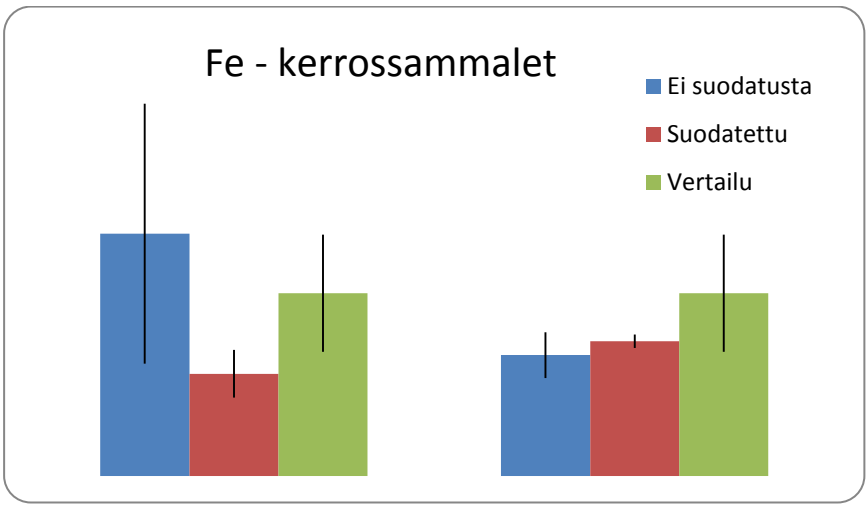
Rinnakkaiset näytteet kaikista tutkituista vesistä analysoitiin myös DGT (Diffusive Gradients in Thin Films) - menetelmällä (Davison ja Zhang 1994). Käyttämämme DGT-laitteet koostuivat ns. diffuusiogeelikerroksesta, jota peittää 0,45µm huokoskokoa oleva membraani, sekä diffuusiogeelin alla olevasta hartsista, joka koostumuksestaan riippuen pidättää spesifisti tiettyjä ioneja (ja pienimolekyylisiä komplekseja). Menetelmä simuloi jossain määrin elävän organismin ravinteiden ottoa, sillä kun ravinteet pidättyvät veteen upotettuun DGT-laitteen hartsikerrokseen, syntyy diffuusiogeelikerrokseen samanlainen vähenevän ravinnekonsentraation gradientti kuin esim. juuren pinnan läheisyyteen ravinteiden oton seurauksena. Ravinteiden poistuminen liuosfaasista (DGT-hartsiin tai elävään organismiin) muuttaa kiinteässä ja liuenneessa faasissa olevien ravinteiden välistä tasapainoa, esim. helposti vaihtuvia ioneja kiinteiden partikkelien pinnoilta siirtyy liuosfaasiin.

Vesinäytteet otettiin kahden turvemaavaltaisen metsäojitetun valuma-alueen kokoojaojista. Toinen valuma-alueista sijaitsee Kainuun liuskekivisarjaan kuuluvalla mustaliuskealueella ja toinen läheisellä kvartsiittipitoisella kallioperällä. Syyskuussa 2011 kummaltakin alueelta otettiin 10 litran näyte ojavettä. Laboratoriossa puolet (5 L) kummankin valuma-alueen näytteistä suodatettiin (C3/C Whatman), joten käsittelyjä on yhteensä neljä:
1) mustaliuske (ML), suodattamaton 2) mustaliuske (ML), suodatettu 3) kvartsiitti (KV), suodattamaton 4) kvartsiitti (KV), suodatettu. Kunkin käsittelyn vesinäyte jaettiin kuuteen osaan, joista kolme toistoa käytettiin kerrossammalten ”kasvualustana” ja kolme toistoa DGT-mittaukseen. Lisäksi sammalpitoisuuksien vertailupitoisuuksina käytetään ei-käsitellyn kerrrossammalen versojen yläosan pitoisuuksia.

Tulokset

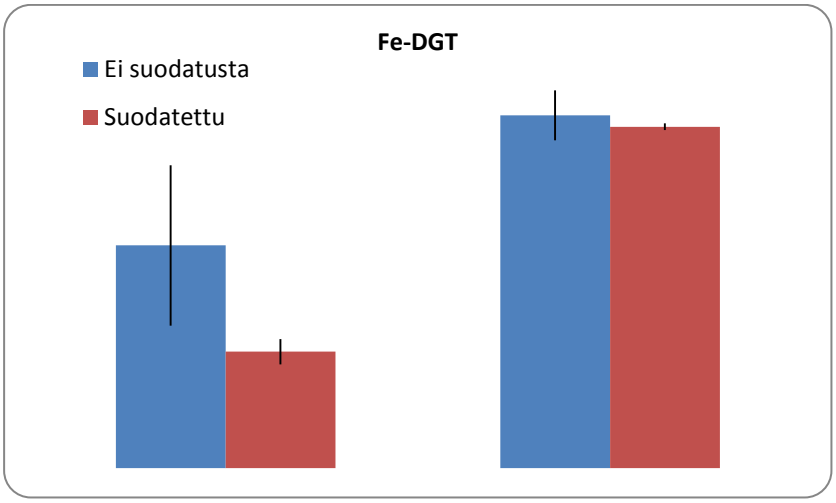
Ainoastaan suodattamattomassa mustaliuskealueen ojavedessä olleisiin sammalen versoihin kertyi rautaa, ja pitoisuusvaihtelu käsittelyn sisällä oli suurta (Kuva 1). Muissa käsittelyissä

sammalen rautapitoisuudet olivat vertailupitoisuutta pienemmät. Nikkeli ja alumiini käyttäytyivät hyvin samankaltaisesti kuin rauta, mutta esim. fosforia kertyi sammaliin vain suodatetusta mustaliuskevedestä, muiden käsittelyjen fosforipitoisuuksien pysyessä vertailupitoisuuksien tasolla.



Kuva 1. Kerrossammalten versojen yläosien rautapitoisuudet (mg kg^{-1}) tyvien oltua 36 tuntia upotettuina näyteveteen.

DGT-saatavaa rauta oli niinikään enemmän suodattamattomassa mustaliuskevedessä kuin suodatetussa (Kuva 2). Mutta sammaltuloksista poiketen, DGT-saatavan raudan määrä oli selvästi suurempi kvartsiittialan vesissä mustaliuskevesiin verrattuna.



Kuva 2. DGT- kertyvä rautapitoisuust (mg L^{-1}) mittalaitteiden oltua 24 tuntia upotettuina näyteveteen.

Kirjallisuus

[1] Davison, W. and Zhang, H. 1994. In situ speciation measurements of trace components in natural waters using thin-film gels. *Nature 367: 546-548.*

Testimenetelmät uusien orgaanisten lannoitevalmisteiden lannoitusvaikutuksen määrittämiseen

Test methods for nitrogen and phosphorus effect of organic fertiliser products

Tapio Salo[1], Petri Kapuinen[2] ja Tiina Tontti[3]

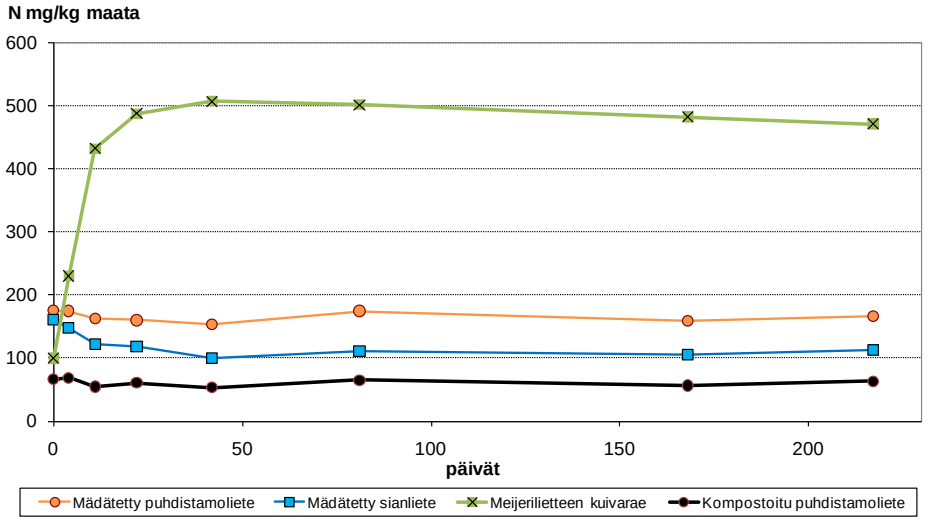
[1]*MTT Kasvintuotannon tutkimus, Planta, 31600 Jokioinen, tapio.salo@mtt.fi*
[2]*MTT Kasvintuotannon tutkimus, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, petri.kapuinen@mtt.fi*
[3]*MTT Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 3, 50100 Mikkeli, tiina.tontti@mtt.fi*

Orgaaniset lannoitteet, orgaaniset maanparannusaineet ja kasvien kasvua edistävät aineet ovat maatalouden satokasvien potentiaalisia ravinnelähteitä ja kasvun tehostajia. Kiinnostus näitä orgaanisia lannoitevalmisteita kohtaan on lisääntynyt viimeaikaisten lannoitehintojen ja sadon myyntituoton voimakkaiden vaihteluiden vuoksi. Lannoitevalmistelaki (539/2006) edellyttää, että uuden orgaanisen lannoitevalmisteen tuottajan tulee myös määrittää tuotteen suositellut käyttömäärät kasvinravitsemuksen osalta. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on arvioida kahta laboratoriomenetelmää orgaanisen typen ja fosforin käyttökelpoisuuden määrittämisessä.

Orgaaniset lannoitevalmisteet kerättiin useista meneillään olevista hankkeista. Typen mineralisaatio määritettiin inkubaatiotestillä aiemmissa tutkimuksissa käytetyn kasviaineksen mineralisaation määritysmenetelmän mukaisesti [1]. Inkubaatiotestissä testattavaa lannoitevalmistetta muhitettiin hietamaan kanssa (1-3 g lannoitevalmistetta, 50 g maata) lämpötilassa 15 °C. Maanäytteet otettiin 0, 4, 11, 22, 42, 81, 168 ja 217 päivää muhituksen aloittamisen jälkeen. Maanäytteet uutettiin (2 M KCl) ja niistä analysoitiin ammonium- ja nitraatti-N (Lachat-autoanalysaattori). Lannoitevalmistetta sisältävien maanäytteiden epäorgaanisen typen pitoisuuksia verrattiin ilman lannoiteaineita muhitetun maan pitoisuuksiin. Fosforin käyttökelpoisuuden määritys perustui modifioituun Hedleyn fraktiointiin [2]. Fraktioinnissa lannoitevalmisteille tehtiin peräkkäiset uutot veden, $NaHCO_3$:n (natriumbikarbonaatti eli ruokasooda, 0,5 M), NaOH:n (lipeä, 0,1 M) ja HCl:n (suolahappo, 1 M) kanssa uuttosuhteella 1:60.

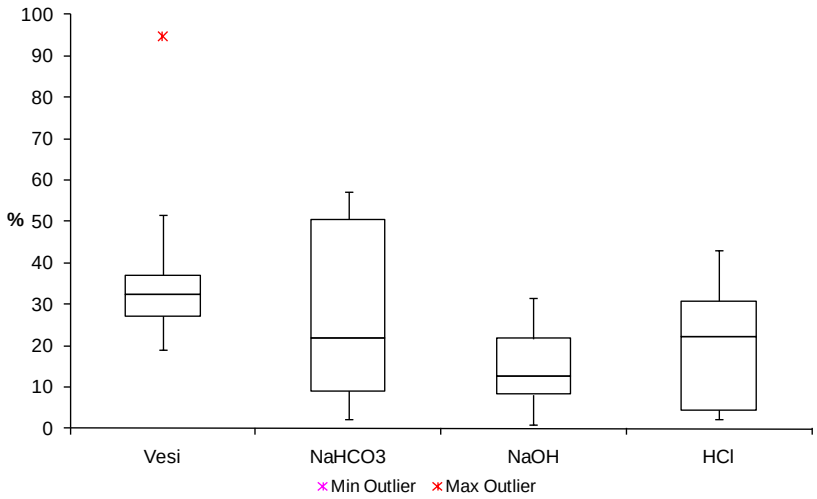
Typen mineralisaation testit osoittavat aiheuttaako orgaaninen lannoitevalmiste typen mineralisaatiota vai immobilisaatiota (Kuva 1). Muhituksen alussa typpilannoitusvaikutus riippuu lannoitevalmisteen sisältämästä epäorgaanisen typen määrästä. Tilanne on sama sekä laboratoriossa että pelto-olosuhteissa. Mädätetty sianliete ja mädätetty puhdistamoliete sisälsivät muhituksen alussa suuren määrän epäorgaanista typpeä. Muhituksen edetessä mädätetyn sianlietteen hajoaminen alensi maan epäorgaanisen typen pitoisuuksia (Kuva 1). Muhitetuista orgaanisista lannoitevalmisteista voimakkaimman typen mineralisaation aiheutti meijerin jätevesilietteeseen pohjautuva kuivarae. Sekä kompostoidun että mädätetyn puhdistamolietteen vaikutuksesta epäorgaanisen typen pitoisuus pysyi tasaisena koko muhitusjakson ajan.

Muhitustestien ongelmia ovat niiden kalleus, koska ne vaativat paljon työaikaa. Muhitus ISO-standardiin 14238 perustuen 4 viikon kestoisena voi jo kuvata lannoitevalmisteiden typen mineralisaatiopotentiaalin luotettavasti. Myös näissä kokeissa epäorgaanisen typen tasot vakiintuivat 22 vrk:n näytteenottoon mennessä. Lannoitevalmisteiden sujuvan testauksen ja käyttöohjeiden laadinnan kannalta nopea ja luotettava muhitustapa on eduksi.



Kuva 1. Maan epäorgaanisen typen pitoisuudet neljän orgaanisen lannoitevalmisteen muhituksessa.

Veteen ja natriumbikarbonaattiin ($NaHCO_3$) liukeneva fosfori vallitsivat eläinlantanäytteiden Hedleyn fraktioinnissa (Kuva 2). Toor ym. [3] totesivat että on taloudellista ja suhteellisen helppoa analysoida suuri määrä jätenäytteitä Hedleyn fraktioinnilla verrattuna kalliimpiin ja aikaa vieviin tekniikoihin (esim. NMR, nuclear magnetic resonance). Veteen ja natriumbikarbonaattiin uuttuvaa osaa fosforista pidetään kasville käyttökelpoisena.



Kuva 2. Box-plot-jakaumat kokonaisfosforin Hedleyn fraktioista (% kokonaisfosforista) biokaasuprosessissa mädätetyissä naudan ja sian lietelantanäytteissä (n=12).

Typen mineralisaation muhitustestit ja Hedleyn fraktiointi antavat lupaavia arvioita orgaanisten lannoitevalmisteiden sisältämän orgaanisen typen ja kokonaisfosforin käyttökelpoisuudesta.

Kirjallisuus

[1]Jensen, L.S., Salo, T., Palmason, F., Breland, T.A., Henriksen, T.M., Stenberg, B., Pedersen, A., Lundström C. & Esala, M. 2005. Influence of biochemical quality on C and N mineralisation from a broad variety of plant materials in soil. Plant and Soil 273: 307–326.

[2] Sharpley, A.N. & Moyer, B. 2000. Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. Journal of Environmental Quality 29: 1462–1469.

[3]Toor, G.S., Hunger, S., Peak, J.D., Sims, J.T. & Sparks, D.L. 2006. Advances in the characterization of phosphorus in organic wastes: environmental and agronomic applications. Advances in Agronomy 89: 1–72.

Hakkuutähteen korjuun pitkäaikainen vaikutus metsämaan orgaanisen aineen laatuun

Long-term effects of logging residue harvest on forest soil organic matter quality

Aino Smolander, Bartosz Adamczyk, Veikko Kitunen, Mikko Kukkola ja Pekka Tamminen

Metsäntutkimuslaitos, PL 18, 01301 Vantaa

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten hakkuutähteen korjuu vaikuttaa metsämaan hiilen ja typen kierron prosesseihin ja orgaanisen aineen koostumukseen harvennusmetsiköissä. Työssä tutkittiin kahta kasvin sekundääriyhdisteisiin kuuluvaa ryhmää, terpeenejä ja tanniineja, koska niitä on erityisen runsaasti hakkuutähteessä. Lisäksi näiden yhdisteryhmien on todettu voivan säädellä metsämaan typen kierron prosesseja [1].

Tutkimuskohteet olivat neljä kahteen kertaan harvennettua 47-70-vuotiasta kuusikkoa Etelä- ja Keski-Suomessa. Ensimmäinen harvennus oli tehty 22-29 vuotta ja toinen harvennus 12-19 vuotta sitten. Harvennuksessa hakkuutähteet joko jätettiin koealoille tai korjattiin pois. Hakkuutähteen korjuu ei juuri vaikuttanut humuskerroksen hiili-typpisuhteeseen tai happamuuteen, mutta alensi seskvi- ja diterpeenien pitoisuuksia. Laboratoriossa tehtyjen inkubaatiokokeiden perusteella näytti siltä, että hakkuutähteen korjuu hidasti hiilen mineralisaatiota ja typen nettomineralisaatiota. Sitä vastoin vaikutus mikrobibiomassaan sitoutuneeseen hiileen ja typpeen oli olematon. Hakkuutähteen korjuu oli alentanut kahta käyttökelpoisen typen muodostumista kuvaavaa suhdetta: typen nettomineralisaatio / hiilen mineralisaatio ja typen nettomineralisaatio / mikrobibiomassa-N. Tulokset viittasivat siihen, että typen saatavuus voi heikentyä hakkuutähteen korjuun seurauksena osalla kasvupaikoista [2].

Hakkuutähteen määrän vaikutusta humuskerrokseen tutkittiin 4 vuoden kuluttua männikön ensiharvennuksesta Kannonkoskella. Tuoretta hakkuutähdettä oli levitty eri määriä (0-6 kg/m^2) yksittäisten mäntyjen ympärille. Tuloksissa oli paljon vaihtelua, mutta keskimäärin hiilen mineralisaatio, typen nettomineralisaatio, ammoniumtypen pitoisuus, eräät entsyymiaktiivisuudet ja tanniinipitoisuus suurenivat hakkuutähdemäärän funktiona.

Tulosten mukaan hakkuutähteen korjuu saattaa muuttaa metsämaan orgaanisen aineen ominaisuuksia ja prosesseja pitkäaikaisesti joillakin kasvupaikoilla. Hakkuutähteen korjuun aiheuttaman ravinnemenetyksen lisäksi metsämaan orgaanisessa aineessa tapahtuvat pitkäaikaiset muutokset voivat heikentää puiden typen saatavuutta. Tuloksia ei voi kuitenkaan tässä vaiheessa yleistää aineiston pienuuden vuoksi.

Kirjallisuus

[1] Smolander, A., Kanerva, S., Adamczyk, B. and Kitunen V. 2012. Nitrogen transformations in boreal forest soils - Does composition of plant secondary compounds give any explanations? Marschner review. Plant and Soil 350: 1-26.

[2] Smolander, A., Kitunen, V., Tamminen, P. and Kukkola, M. 2010. Removal of logging residue in Norway spruce thinning stands: Long-term changes in organic layer properties. Soil Biology & Biochemistry 42: 1122-1228.

Symbionttiset juuristosienet ja kuusentaimien kasvu

Symbiotic mycorrhizal fungi and growth of the Norway spruce

Irmeli Vuorinen, Sannakajsa Velmala, Tiina Rajala, Tuula Piri ja Taina Pennanen

Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimipaikka

Happamassa metsämaassa sienien toiminta on ekosysteemin toiminnan kannalta merkittävässä roolissa. Symbionttiset juuristosienet eli mykorritsat ovat välttämättömiä puiden ravinteiden- ja vedenotossa ja suojaavat myös puita patogeenisilta mikrobeilta ja monilta ympäristön stressitekijöiltä kuten kuivuudelta. Kuusi on yleisin istutuspuulajimme, ja sitä tuotetaan taimitarhoilta yli 110 miljoonaa tainta vuodessa. Kuitenkin jopa 20% kuusentaimista menehtyy istutuksen jälkeisinä vuosina, mikä merkitsee huomattavaa tappiota taimituotannon ja istutustyön kustannuksina. Taimitarhalta lähteville istutuskuusille on tyypillistä taimen pituuteen verrattuna pieni juuristo johtuen voimakkaasta lannoituksesta. Lannoitus vähentää myös hyödyllisiä symbionttisia juuristosieniä eli mykorritsoja, mikä heikentää taimien veden ja ravinteiden saantia [1].

Tutkimusryhmämme on perehtynyt kuusentaimien juuristosienien hyödyntämiseen taimituotannossa ja niiden monimuotoisuuteen vaikuttaviin tekijöihin.

Juuristosienet kasvun edistäjinä

Tutkimustuloksiemme mukaan hyvin kehittynyt juuristo on kookasta versoa selvästi tärkeämpi ominaisuus istutuksen jälkeisen kasvun kannalta [2]. Voimakas typpilannoitus taimitarhalla hidastaa taimien alkukehitystä ennen kuin juuristo saa symbionttisia sieniä istutuspaikalla. Olemme löytäneet useita kuusentaimien alkukehitystä parantavia juuristosieniä. Näiden sienien käytännön hyödyntämistä kuusen taimitarhakasvatuksessa tutkitaan ja alustavasti näyttää siltä, että yksi sienikannoistamme (*Meliniomyces sp.)* kestää kaikki kaupallisen tuotannon eri vaiheet ja sopeutuu ainakin jossain määrin taimitarhaolosuhteisiin [3]. Tuotteistettua juuristosienikasvustoa olisi mahdollista käyttää taimitarhoilla parantamassa kuusentaimien laatua istutuksen jälkeen.

Juuristosienet juurikäävän torjunnassa

Meliniomyces-sukuun kuuluva juuristosieni kykeni pysäyttämään juurikääpärihmaston kasvun ja suojaamaan isäntätaimensa juurikääpätartunnalta laboratorio-olosuhteissa [4]. Olemme eristäneet sienen kuivuus-stressatusta maasta joten pyrimme tutkimaan myös sen antagonististen ominaisuuksien lisäksi sen kykyä suojella isäntätaimea istutuksen jälkeisiltä kuivuuskausilta.

Puun perimän vaikutus juuristosieniin

Aiempien tutkimuksiemme mukaan kentällä nopeasti kasvavilla kuusiyksilöillä on suurempi symbionttisten juuristosienien monimuotoisuus kuin hitaasti kasvavilla [5]. Meneillään olevassa tutkimuksessa selvitämme kuusen geneettisen perimän merkitystä symbionttisten ektomykorritsasienten muodostumiselle. Olemme vastikään havainneet että nopeasti tai hitaasti kasvavien kuusialkuperien hienojuurien rakenne poikkeaa toisistaan jo taimivaiheessa. Taimien juurenkärkien tiheys on selvästi puun geneettisen perimän kontrolloima ja myös periytyvä ominaisuus [6]. Koska lähes kaikki juurenkärjet ovat symbionttisten mykorritsasienien peitossa ja niissä tapahtuu sienen ulkorihmaston ottaman veden ja ravinteiden siirto kasville, näyttää siltä että puu vaikuttaa juuristosymbioosin muodostumiseen ja tehokkuuteen hienojuuriston rakenteen säätelyn kautta.

Kirjallisuus

[1] Flykt,E., Timonen, S., and Pennanen, T. 2008. Variation of ectomycorrhizal colonization of spruce seedlings in Finnish forest nurseries. *Silva Fennica* 42 (4):571-585.

[2]Vaario, L.-M., Tervonen, A., Haukioja, K., Haukioja, M., Pennanen, T., Timonen, S. 2009. The effect of nursery substrates and fertilization on the growth and ectomycorrhizal status of containerized and outplanted seedlings of Picea abies. *Can. J.For. Res.*39:1-12.

[3]Vuorinen, I., Seiskari, P., Müller, M., Hamberg, L. Pennanen, T. käsikirjoitus valmisteilla.

[4] Hyder, R., Pennanen, T., Vainio, E.J., Piri, T., & Hantula, J. *Heterobasidion* viruses HetRV3-ec1 and HetRV6-ab6 mediate diverse and host-specific effects on mycelial interactions. Lähetetty käsikirjoitus

[5] Korkama, T., Pakkanen, A. & Pennanen T. 2006. Ectomycorrhizal community structure varies among Norway spruce (Picea abies L.) clones. *New Phytologist* 171:815-824.

[6] Velmala, S. M., Rajala, T., Haapanen, M., Taylor, A.F.S., & Pennanen, T. 2012. Genetic host-tree effects on the ectomycorrhizal community and root characteristics of Norway spruce. *Mycorrhiza* DOI: 10.1007/s00572-012-0446-y

Arseenin geokemiaa Kittilän Suurikuusikon kultakaivoksen ympäristössä – Luontainen vs. antropogeeninen kuormitus

Arsenic geochemistry in the environment of Kittilä Suurikuusikko gold mine – Comparison of natural and anthropogenic arsenic concentrations

Soile Backnäs[1], Kaisa Turunen[1] ja Antti Pasanen[1]

[1]Geologian tutkimuskeskus, PL 1237, 70211 Kuopio. soile.backnas@gtk.fi

Alueilla, joissa on runsaasti malmimineraaleja kallioperässä, esiintyy luonnostaan korkeita haitta-aineiden pitoisuuksia maaperässä sekä pinta- ja pohjavesissä. Kaivostoiminnan käynnistyessä alueen antropogeeninen kuormitus lisääntyy ja ympäristön pilaantuneisuuden arvioinnissa on tärkeää suhteuttaa tämä kuormitus luontaiseen taustapitoisuuteen.

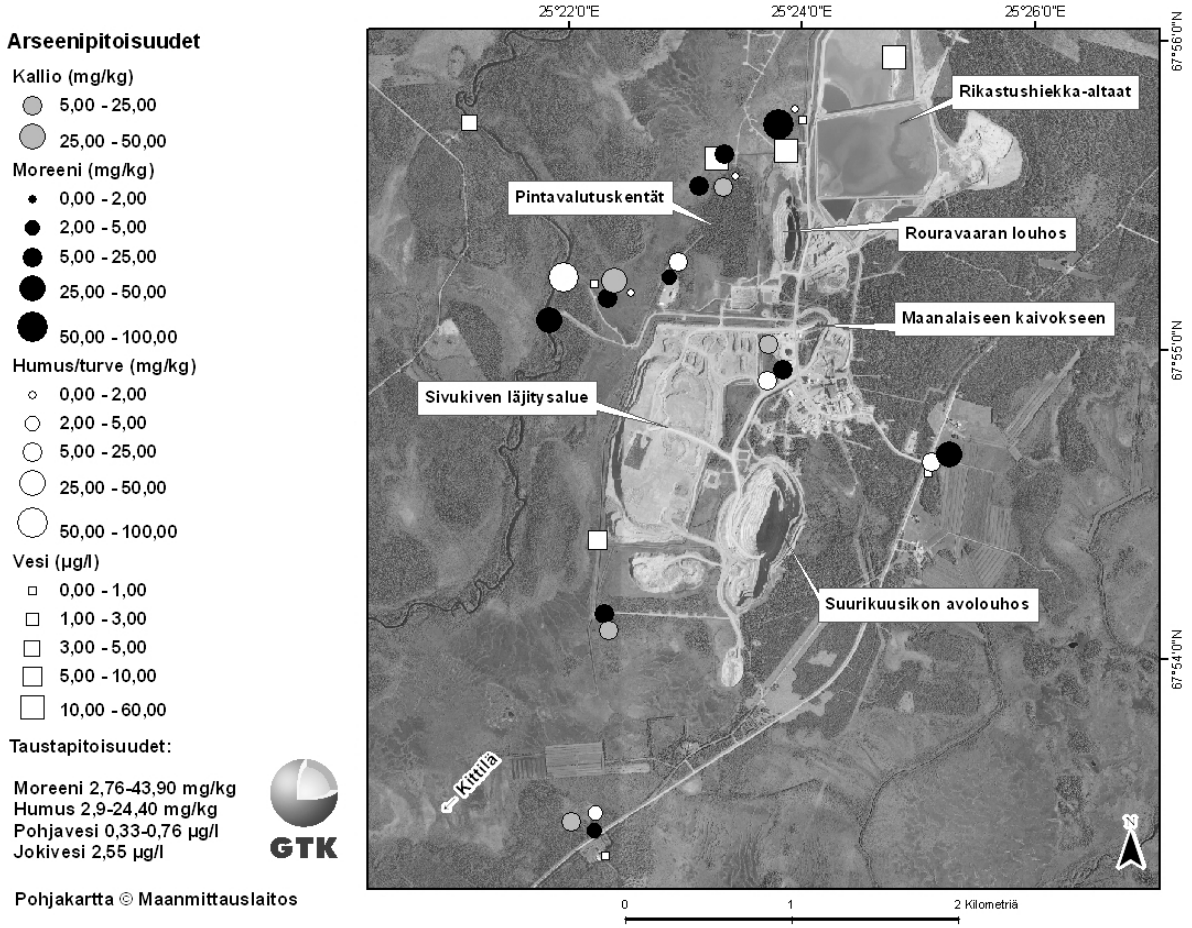
Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää arseenin geokemiaa ja esiintymistä sekä verrata luontaista ja antropogeenista arseenikuormitusta Kittilän Suurikuusikon kaivoksen ympäristössä. Kaivosyhtiö Agnico-Eagle Finland Oy on louhinut kultamalmia Suurikuusikon kaivoksella vuodesta 2008 alkaen. Kallioperän arsenopyriitti-kultamuodostumasta johtuen, ympäristön arseenipitoisuudet ovat luonnostaan korkeita. Kallioperä on rikkonainen ja paikoin hyvin rapautunut. Maaperä koostuu pääasiassa moreenista ja turvemaista. Avolouhoksen ja maanalaisen kaivoksen kuivatusvedet sekä rikastushiekka-altaan suotovedet ja prosessijätevedet johdetaan pintavalutuskentille. Kittilän kunnan pintavesien laatuun vaikuttavat Suurikuusikon kaivoksen lisäksi kuormitus alueen muista kultamuodostumista sekä suljetun Saattoporan kaivoksen rikastushiekka-altaat[1].

Suurkuusikon kaivosympäristöstä otettiin yhteensä 35 näytettä humuksesta ja turpeesta, moreenista sekä kalliosta. Maanäytteiden kuningasvesi-, ammoniumoksalaatti- ja ammoniumasetaattiuuttojen avulla tutkittiin alkuaineiden pitoisuuksia, saostumiin sitoutuneen arseenin määrää ja biosaatavuutta[2]. Vesinäytteitä kerättiin rikastushiekka-altaalta, pintavalutuskentälle 4 tulevasta ja sieltä purkautuvasta vedestä, pohjavesiputkista (2 kpl) sekä Seurujoesta yläjuoksulta, pintavalutuskenttien purkupaikan alapuolelta sekä alajuoksulta. Taustavesinäytteet otettiin kaivosalueen ulkopuolelta pohjavesiputkesta ja lähimmän talon kaivosta. Vesinäytteistä analysoitiin metallien ja metalloidien kokonais- ja liukoiset pitoisuudet, anionit, DOC, TOC, pH, redox ja alkaliteetti. Metallien esiintymismuotoja pinta- ja pohjavesissä mallinnettiin PhreeqC-ohjelmalla.

Maa- ja kallioperän geokemiallisten analyysitulosten perusteella kuningasvesiliukoisen arseenin pitoisuuden sekä asetaattiliukoisen, helposti mobilisoituvan arseenifraktion osuuden nousu näyttäisi kuvaavan kaivostoiminnan vaikutusta arseenin pitoisuuksiin ympäristössä. Tuloksissa havaittiin taustapitoisuuksia korkeampia kuningasvesiliukoisia arseenin kokonaispitoisuuksia sekä asetaatti- ja oksalaattiliukoisen fraktion osuuksia (n. 10–30 %; 30–97 %) moreenissa, humuksessa ja turpeessa erityisesti pintavalutuskentän, rikastushiekka-altaan ja sivukiviläjityksen ympäristössä (kuva 1). Taustapisteiden humuksessa ja moreenissa kuningasvesiliukoisesta arseenista vain 0–3 % oli asetaattiliukoista ja 17–77 % oksalaattiliukoista. Kaivosalueen rapakallionäytteiden arseenin kuningasvesiliukoiset pitoisuudet ja asetaattiliukoisen arseenin osuus (14–20 %) olivat suurempia kuin ehjässä ja taustapisteen kalliossa (4 %). Tulokset osoittavat, että rapautuneen kallioperän ja moreenin saostumiin kemiallisesti adsorboitunut arseeni vaikuttaa merkittävästi alueen kuormitukseen.

Vaikka pintavalutuskentälle tulevan veden liukoisen arseenipitoisuus oli korkea (26 µg/l), pitoisuus laskee pintavalutuskentällä ja oli kentän purkuojassa enää 0,7 µg/l, mikä osoittaa, että arseenia on pidättynyt pintavalutuskentälle. Arseenipitoisuus Seurujoessa on hieman suurempi kaivoksen yläjuoksulla kuin pintavalutuskentän purkukohdassa ja alajuoksulla,

mikä viittaa siihen, että kaivostoiminta ja erityisesti pintavalutuskentältä Seurujokeen purkautuva vesi eivät näyttäisi lisäävän Seurujoen arseenipitoisuutta. Tutkimuksen perusteella arseenin pitoisuudet kaivosalueen pohjavedessä vaihtelevat huomattavasti (0,22–6,50 µg/l) ja ovat paikoittain taustapitoisuuksia (0,33–0,73 µg/l) korkeampia, mutta alittavat kuitenkin talousvedelle asetetun laatuvaatimuksen, 10 µg/l. Vain sivukiviläjityksen lähellä arseenin liukoinen pitoisuus ylittää pohjavedelle asetetun ympäristönlaatunormin (5 µg/l), mutta alittaa kuitenkin talousveden laatuvaatimuksen. Geokemiallisen mallinnuksen perusteella arseenia esiintyy kaivosalueen ja joen vesissä pääasiassa viidenarvoisina arsenaatti-yhdisteinä ($HAsO_4^{2-}$ ja $H_2AsO_4^-$). Yhdessä pohjavesiputkessa arseenia esiintyi pääasiassa kolmenarvoisena arseenihappona (H_3AsO_3) ja arseniitti-yhdisteenä ($H_2AsO_3^-$), johtuen voimakkaasti pelkistävistä olosuhteista. Koska arseenia esiintyy vesinäytteissä alhaisina pitoisuuksina ja pääasiassa vähemmän toksisina viidenarvoisina yhdisteinä, ei arseenin esiintymisellä näyttäisi olevan ekologisia tai terveysvaikutuksia alueella.



Kuva 3. Arseenin kuningasvesiliukoiset pitoisuudet Kittilän Suurikuusikon kultakaivoksen ympäristön kallio- ja maaperässä sekä arseenin liukoiset pitoisuudet vesissä.

Kirjallisuus

[1] Närhi, P., Hänninen, P., Middleton, M. and Sutinen, R. 2012. River water quality in Kittilä, Finnish Lapland. Nordic Water 2012. XXVII Nordic Hydrological Conference. Abstracts, Catchment Restoration and Water Protection.

[2]Loukola-Ruskeeniemi K. ja Lahermo P. 2004. Arseeni Suomen luonnossa, ympäristövaikutukset ja riskit. Geologian tutkimuskeskus, 135–152.

Männyn juurakoiden hajotusdynamiikka metsäojitetulla suolla

Decomposition rates of coarse root systems on forestry-drained peatlands

Tiina Badorek[1], Soili Kojola[2], Raija Laiho[2], Kari Minkkinen[1], Timo Penttilä[2]

[1] Peatland Ecology Group, Department of Forest Sciences, University of Helsinki, P.O. Box 27, FI-00014 Helsinki, Finland, tel. 358-9-19158152
[2] Finnish Forest Research Institute, P.O. Box 18, FI-01301 Vantaa, Finland

Johdanto

Soilla korkea pohjaveden pinta saa aikaan hapettomat olosuhteet turpeen pintakerroksiin. Tämä vaikeuttaa orgaanisen aineksen hajoamista (esim. Aerts 2006). Hapettomassa turvekerroksessa olevat liekopuut ja juurakot säilyvät pitkän ajan lähes hajoamatta. Suomessa soita on ojitettu huomattavasti metsätalouskäyttöön. Ojitus laskee pohjavedenpintaa ja turpeen hapellisesta pintakerroksesta tulee paksumpi. Metsäojitus parantaa puuston kasvua merkittävästi (Laiho & Laine 1997) ja puuston biomassasta noin 40 % on maanpinnan alla (Laiho & Finér 1996). Miten ojitus vaikuttaa turpeessa olevien kantojen ja juurakoiden hajoamiseen? Hypoteesimme mukaan puiden juurakot muodostavat pitkäaikaisen hiilivaraston myös ojitetuilla karuilla soilla.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuskohteena oleva Lopen Kalevansuo (60°37' N, 15°21' E, 123 m m.p.y.) on vähäravinteinen varputurvekangas (Vatkg), joka ojitettiin vuonna 1969. Puusto on kaksijaksoista männikköä, josta löytyy vanhoja, ennen ojitusta hakattujen puiden kantoja. Vertailukohteeksi valittiin Sodankylän Tähtelästä (67°20' N, 17°37' E, 179 m m.p.y.) niukkaravinteinen kuivan kankaan (MCClT) männikkö, jonka arvioitiin ilmastollisesti edustavan mahdollisimman hitaan hajotuksen olosuhteita. Puuston rakenne ja kasvutiheys ovat molemmilla koealoilla samankaltaiset ja myös Tähtelän männikön vanhaa puustoa on hakattu 1940-luvun alussa.

Vanhojen *juurakoiden* (= kanto ja juuret 1cm:n läpimittaan saakka) alkuperäisen massan arvioimiseksi Kalevansuolta kaadettiin kuusi ja Tähtelästä kahdeksan erikokoista puuta, suurikokoisia ylispuita painottaen. Tuoreet juurakot kaivettiin ylös ja määritettyihin kokonaiskuivamassoihin verrattiin julkaistuja biomassamalleja (Kuva 1). Turvemaapuiden juurakkomassamalli (Laiho & Finér 1996) sopi hyvin Kalevansuon aineistoon, mutta Repolan (2009) malli yliarvioi Tähtelän juurakkomassoja. Tähtelän aineistoon sovitettiin tämän vuoksi uusi yhtälö:

$$y = 1.7e\text{-}06\ d_k^{2.8611551},$$

jossa y = juurakon kuivamassa (kg) ja d_k = kannon kuorellinen läpimitta (mm) juurenniskalta.

Kalevansuolta kaivettiin (2008) ylös seitsemän ja Tähtelästä (2011) kahdeksan vanhaa juurakkoa, joista mitattiin kuorellinen kantoläpimitta juurenniskalta ja joiden kuivamassat määritettiin ositteittain (’kantomöykyn’ maanpäällinen ja maanalainen osa, läpimitaltaan >5 cm juuret ja 1-5 cm juuret). Kalevansuon juurakoiden kuolinajankohta arvioitiin vuosilustoanalyysillä ja muutamasta puusta myös hiili-isotooppianalyysillä. Kunkin vanhan juurakon massahävikki arvioitiin vähentämällä biomassamallilla ennustetusta alkuperäisestä kuivamassasta ylös kaivetun vanhan juurakon mitattu kuivamassa. Erikseen arvioitiin vanhojen juurakoiden maanalaisten osien massahävikki olettaen, että maanalaisten osien alkuperäinen massaosuus koko juurakon massasta oli ollut sama kuin tuoreilla juurakoilla.
Kalevansuolta kaikista juurakoista määritettiin ositteittain myös puuaineksen tiheys.

Tulokset ja tarkastelu

Elävien puiden juurakkobiomassa suhteessa puun läpimittaan oli Kalevansuolla huomattavasti suurempi kuin Tähtelässä (Kuva 1). Turvemaalla puut joutuvat kasvattamaan tukijuurakkonsa vankemmiksi kuin tiheämmässä kivennäismaassa kasvavat puut (Laiho & Finér 1996).

Kalevansuolla koko juurakoiden keskimääräinen massahävikki oli 52 % ja maanalaisten osien 51 %. Osa hajotuksesta on tapahtunut jo ennen ojitusta ja juurakoiden kuolinhetki vaihteli laajasti (Kuva 2), mutta 'tehollinenkin' hajotusaika lienee vähintään sama kuin Tähtelässä. Vanhimmissakin juurakoissa paksujen (>5 cm) juurten puuaineksen tiheys oli edelleen huomattavan suuri (Kuva 2). Tähtelän vanhojen juurakoiden massahävikki oli keskimäärin 62 % runsaan 60 vuoden kuluttua hakkuusta. Juurakoiden maanalaisten osien massahävikiksi arvioitiin 71 %, joten maanalaiset osat olivat hajonneet nopeammin kuin maanpäälliset osat. Kummassakaan kohteessa suhteellinen massahävikki ei riippunut juurakon alkuperäisestä koosta.

Puiden kokoon nähden suuremman lähtömassan ja pienemmän hajoamisnopeuden vuoksi vanhoilla juurakoilla oli Kalevansuolla selvästi suurempi merkitys pitkäaikaisena hiilivarastona kuin Tähtelän kangasmetsässä, vaikka Sodankylässä ilmasto on huomattavasti kylmempi kuin Lopella. Juurakoiden maanalaisten osien suurehko massahävikki Tähtelässä selittynee maaperän hapekkuudella ja ehkä maanpäällisiä oloja tasaisemmilla kosteus- ja lämpöolosuhteilla.

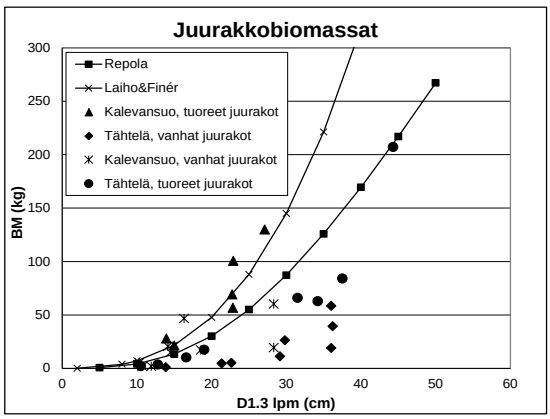
Kirjallisuus

[1] Aerts, R. 2006. The freezer defrosting: global warming and litter decomposition rates in cold biomes. *Journal of Ecology*, 94: 713-724.

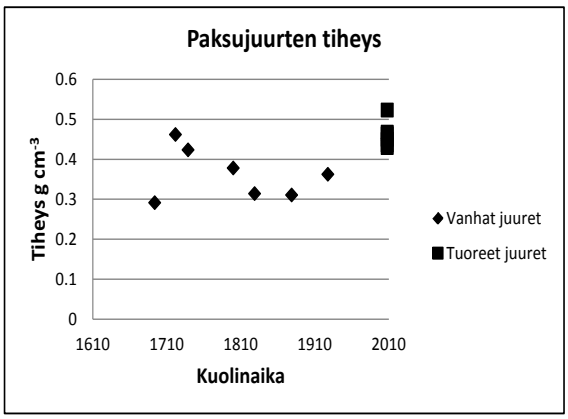
[2] Laiho, R. & Finér, L. 1996. Changes in root biomass after water-level drawdown on pine mires in southern Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: 251-260.

[3] Laiho, R. & Laine, J. 1997. Tree stand biomass and carbon content in an age sequence of drained pine mires in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 93: 161-169.

[4] Repola, J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica* 43(4): 625–647.



Kuva 1. Mitatut juurakkobiomassat.



Kuva 2. Tuoreiden ja vanhojen paksujuurten tiheys Kalevansuolla.

Fluatsinamin käyttäytyminen maassa

Behaviour of fluazinam in soil

Kati P. Hakala, Päivi Tuomainen, Markku Yli-Halla ja Helinä Hartikainen

Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Latokartanonkaari 11, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto, Email: kati.p.hakala@helsinki.fi

Johdanto

Fluatsinami on perunaruton *(Phytopthora infestans)* torjunnassa käytettävä fungisidi, jota ruiskutettin 40 000 hehtaarin alalle Suomessa vuonna 2006 (31 % kaikista perunaruton torjunta-aineista) [1]. Tutkimuksessa kehitettiin menetelmä fluatsinamin määrittämiseksi maasta diodirividetektorilla varustetulla nestekromatografilla (HPLC-DAD) sekä selvitettiin fluatsinamin liukoisuusominaisuuksia maanesteeseen ja maan orgaanisen aineksen vaikutus fluatsinamin hajoamiseen. Lisäksi analysoitiin maanäytteitä fluatsinamiruiskutuksia saaneilta perunapelloilta. Julkaistuja tutkimuksia fluatsinamin käyttäytymisestä maassa on vähän. Fluatsinami on todettu pysymättömäksi tai kohtalaisen pysyväksi maassa [2-5], eikä sen huuhtoutumista maahorisonttien läpi vesistöihin ole havaittu tapahtuvan [3, 6-7]. Fluatsinami on myrkyllistä maan mikrobeille [1] ja haitallista mm. kaloille ja leville [8].

Aineisto ja menetelmät

Uutto- ja määritysmenetelmän kehittämisessä, fluatsinamin liukoisuusominaisuuksien selvittämisessä ja tutkittaessa orgaanisen aineksen vaikutusta fluatsinamin hajoamiseen käytettiin fluatsinamista puhdasta Viikin (S1, S2, N1, N2) sekä Perhon (P) peltomaata:

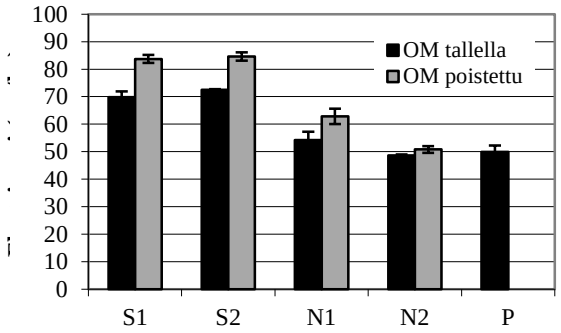
- S1, HHk, 0 - 20 cm, org.C 2,4 %
- S2, HHk, 20 - 35 cm, org.C 0,3 %
- N1, HsS, 0 - 28 cm, org.C 4,0 %
- N2, HsS, 28 - 60 cm, org.C 2,1 %
- P: HsS, 0 - 28 cm, org.C 16,1 %.

Fluatsinamin hajoamista maassa ja maan orgaanisen aineksen vaikutusta hajoamiseen tutkittiin 90 päivää kestäneessä inkubointikokeessa, jossa puhdasta fluatsinamia ja kauppavalmistetta Shirlan® (sisältää 50 % fluatsinamia) lisättiin käsittelemättömiin maanäytteisiin (5 kpl) sekä maanäytteisiin, joista orgaaninen aines (OM) oli poistettu (4 kpl). Lisätyn fluatsinamin määrä oli 2,5 mg 25 g:aan maata. Uutto tehtiin sekä asetonitriilillä että kalsiumkloridilla ($CaCl_2$). Uutteet puhdistettiin kiinteäfaasiuutolla ja analysoitiin HPLC-DAD:lla.

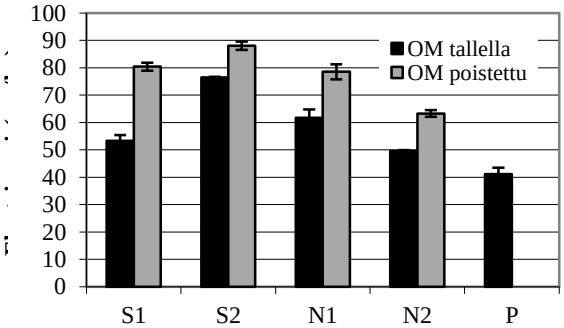
Ylistarosta ja Kurikasta haettiin lokakuussa 2011 perunapeltomaita (8 kpl kolmelta eri pellolta, muokkauskerroksesta ja jankosta), joihin oli ruiskutettu Shirlania® 1 - 3 edellisenä kasvukautena. Näytteet uutettiin asetonitriilillä, uute puhdistettiin kiinteäfaasiuutolla ja analysoitiin HPLC-DAD:lla.

Tulokset

$CaCl_2$-uutteissa ei ollut mitattavia määriä fluatsinamia. Kaikki tässä esitetyt tulokset edustavat asetonitriiliuuton tuloksia. Hiekkamaissa fluatsinamin konsentraatio laski 29 - 35 % ilman orgaanisen aineksen poistoa ja n. 16 %, kun orgaaninen aines oli poistettu. Savimaissa fluatsinamin väheneminen oli vastaavasti 49 - 44 % ja 29 - 43 %. Orgaanisen aineksen läsnäolo lisäsi hajoamista 4 - 34 %.



Kuva 1. Fluatsinamin (fluatsinamistandardi) pitoisuus maassa ja keskivirhe.



Kuva 2. Fluatsinamin (Shirlan®) pitoisuus maassa ja keskivirhe.

Kahdessa muokkauskerroksen perunamaanäytteessä havaittiin fluatsinamia (2,1 mg/kg ja 1,9 mg/kg; n = 3), muista näytteistä fluatsinamia ei havaittu. Kyseisiin näytteisiin oli ruiskutettu Shirlania® kolme kertaa edellisenä kasvukautena. Homogenisoitujen rinnakkaisten näytteiden fluatsinamipitoisuuksien välillä oli huomattavaa vaihtelua.

Johtopäätökset

Inkubointikokeessa havaittiin, että orgaaninen aines edisti fluatsinamin hajoamista. Hajoaminen oli nopeampaa savimaissa kuin hiekkamaissa. Tämä voi johtua savimaan suuremmasta orgaanisen aineksen määrästä ja mikrobiaktiivisuudesta. Fluatsinamistandardin ja Shirlanin® hajoamisessa ei ollut suurta eroa.

On todennäköistä, että fluatsinami esiintyi maassa sitoutuneina jääminä (uuttuivat asetonitriiliin), koska kemikaalia ei havaittu $CaCl_2$-uutteesta (joka jäljittelee maanestettä). Fluatsinami ei todennäköisesti huuhtoudu maasta liuenneessa muodossa, mutta se voi kulkeutua vesistöihin maapartikkelien mukana.

Kiitokset

Tutkimusta rahoitti Maj ja Tor Nesslingin Säätiö. Kiitokset Jussi Tuomistolle (Perunantutkimuslaitos) avusta perunamaanäytteenotossa.

Kirjallisuus

[1] Ruuttunen, P. ja Laitinen, P. (toim.) 2008. Torjunta-aineiden toistuvan käytön ympäristöriskit perunanviljelyssä. *Maa- ja elintarviketalous 119.* 190 s.
[2] Dong, F., Yang, S., Liu, X., Sun, J., Zheng, Y., Li, C. ja Yao, J. 2008. Fate of fluazinam in pepper and soil after application. *Agricultural sciences in China* 7: 193-199.
[3] Pest Management Regulatory Agency. 2003. Regulatory Note. REG2003-12. Fluazinam.
[4] IUPAC. Pesticide Properties Database. 2012. Fluazinam. IKF 1216.
[5] EFSA. 2008. Conclusion on the peer review of fluazinam. *EFSA Scientific Report* 137, 82 p.
[6] Baun, A., Ledin, A., Reitzel, L.A., Bjerg, P.L. and Christensen, T.H. 2004. Xenobiotic organic compounds in leachates from ten Danish MSW landfills - chemical analysis and toxicity tests. *Water Res.* 38, 3845.
[7] Laitinen, P., Lejonqvist, M., Rämö, S., Welling, L., Ojanen, H. and Hannukkala, A. 2000. Use of pesticides in starch and chip potato production. *Agricultural Research Centre of Finland* 81, series A, 41 p.
[8] Pest Management Regulatory Agency. 2008. Registration Decision. RD2008-09. Fluazinam.

Estimation of carbon stores in tree stand and soil in the Pääjärvi catchment in south Finland

Arvio Lammin Pääjärven valuma-alueen puuston ja maaperän hiilen määrästä

Markus Hartman[1], Mike Starr[2] ja Liisa Ukonmaanaho[1]

[1] Finnish Forest Research Institute, Vantaa Research Unit, P.O. Box 18, FI-01301 Vantaa, Finland. E-mail: markus.hartman@metla.fi; liisa.ukonmaanaho@metla.fi
[2] University of Helsinki, Department of Forest Sciences, P.O. Box 27, FI-00014 University of Helsinki, Finland. E-mail: mike.starr@helsinki.fi

Abstract

We estimated the carbon (C) stores in the tree stand biomass and soils within a south boreal forested catchment as part of an interdisciplinary study of its C stores, forms and fluxes. We used sample plot measurements, extensive forest inventory results and, for part of the catchment, a LiDAR (high definition airborne laser scanning) generated digital terrain model (DTM) and digital surface model (DSM) that together generate a 3-D model of the tree stand [1], [2]. The Pääjärvi catchment (Lammi municipality, south Finland; 61° 19' N, 25° 11' E) area is about 18200 hectares, consisting of forest land, peatland, arable land, lakes and streams as well as some urban areas. The forests are mostly commercially managed and the principal tree species are Norway spruce, Scots pine and various deciduous tree species, mainly birch.

We measured all the living trees ($D_{1.3} \geq 5$ cm) on 63 circular sample plots (radius 3.99…11. 28 m; depending on stand development class). The extensive forest inventory data was obtained from the regional Finnish Forestry Centre and is based on stand volume estimates of areal units with similar site type and stand structure. The LiDAR data is based on a survey of a nearby area partly overlapping the Pääjärvi catchment [3]]. The soil carbon stores (holocene), which depend on land use, site history as well as on tree stand development, will be estimated from soil samples (humus + 40 cm soil, if available) that were collected from the same forest inventory plots as well as from 6 agricultural fields during the autumn of 2012 and be compared to various database and literature sources. Lacustrine C stores are not included in this study. The biomass (dry weight) of the tree stand (including, stem, bark, live and dead branches, foliage, stumps and roots) on the 63 sample plots was estimated using allometric equations [4], [5] including stem diameter, tree height and live crown. The stand biomass C fraction was estimated using a factor of 0.519. The range of the C store in the forest stand biomass was 2–210 Mg ha^{-1} (mean 68.9; SD ± 51.4). There was a reasonably good relationship between our tree stand biomass estimates and the stand volume estimates of the Forestry Centre ($r^2 = 0.59$).

References:

[1] Pyysalo, U. 2000. A Method to Create A Three-dimensional Forest Model from Laser Scanner Data. The Photogrammetric Journal of Finland, Vol. 17, No. 1, pp. 34-42

[2] Reitberger J, Krzystek P, & Stilla U. 2008. Analysis of full waveform LIDAR data for the classification of deciduous and coniferous trees. International journal of remote sensing, 29 :1407-1431.

[3] Järnstedt, J. 2010. Erittäin korkean resoluution ilmakuvista tuotettu pintamalli puustotunnusten estimoinnissa. Abstract: Forest variable estimation using high-resolution digital surface model (DSM). Master of Science thesis. University of Helsinki. Department of Forestry. 45+7 p.

[4] Marklund, L.G. 1988. Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogstaxering. Rapport 45. 73 p.

[5] Muukkonen, P. 2007. Genralized allometric volume and biomass equations for some tree species in Europe. European Journal of Forest Research. Volume 126, 2:157-166.

Männyn ektomykorritsasienten vaikutus kasvin fotosynteesiin

The effect ectomycorrhizal fungi on Scots pine photosynthesis

Jussi Heinonsalo[1,2], Eija Juurola[2,3], Aki Linden[2] ja Jukka Pumpanen[2]

[1] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Metsätieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[3] Fysiikan laitos, Ilmakehätieteiden osasto, PL 48, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Metsäpuiden fotosynteesiaktiivisuuden ja maaperään kulkeutuvan, kasvin yhteyttämän hiilen välinen suhde on edelleen kiistanalainen. Toisen teorian mukaan fotosynteesiä rajoittavat lähinnä lehden tai neulasen fysikaaliset ja kemialliset olosuhteet kuten lämpötila, valon määrä ja ravinnetasot. Toisen teorian mukaan hiilinielu säätelee fotosynteesiä eli jos yhteytetyn hiilen kulutus ja poiskuljetus on suurta, myös fotosynteesi kasvaa. Aikaisemmassa tutkimuksessamme [1] totesimme, että eri ektomykorritsasienten läsnäolo männyn juuristossa vaikutti kasvin ja sen symbionttisten sienten biomassajakaumaan ja vastasidotun hiilen allokaation. Kun kasvilta hiiliyhdisteitä saavat mykorritsasienet muodostavat runsaasti sienirihmastoa juuria ympäröivään maahan, on mykorritsojen useissa tutkimuksissa todettu kuluttavan kasvin tuottamia hiiliyhdisteitä, joilla se muutoin kasvattaisi omaa biomassaansa. Kokeen tarkoitus oli tutkia miten eri ektomykorritsasienilajit vaikuttavat kasvin fotosynteesiin ja biomassan muodostukseen. Kokeella oli siis tarkoitus testata vakioiduissa olosuhteissa lisääkö sienen kasvilta ottama hiili ns. nieluvaikutusta, jonka teorian mukaan tulisi lisätä kasvin fotosynteesiä. Lisäksi tutkimme vaikuttaako sienilaji taimien typenottoon tai typen jakaantumiseen juuri- ja neulasbiomassan välillä.

Aineisto ja menetelmät

Koe suoritettiin laboratoriossa koeputkissa, joissa kasvoi männyntaimi. Kontrollikäsittelyssä männyt kasvoivat steriileissä olosuhteissa ja sienikäsittelyissä mäntyyn oli siirrostettu kuhunkin yhtä sienilajia. Kokeessa testattiin kahdeksan sienilajin (*Piloderma croceum*, *Suillus variegatus*, *S. bovinus*, *Amanita porphyria*, *Lactarius rufus*, *Thelephora terrestris*, *Tomentella echinospora* ja *Cenococcum geophilum*) vaikutusta biomassajakaumaan ja hiilenvaihtoon. Rinnakkaisten määrä oli enimmillään 16. Fotosynteesimittaukset suoritettiin läpivirtaukseen perustuvalla kaasunvaihto- ja fluoresenssimittauslaitteistolla (GFS-3000, Walz, Germany). Kokeen lopuksi taimien neulas-, verso- ja juuribiomassat ja niiden hiili- ja typpipitoisuus mitattiin alkuaineanalysaattorilla (VarioMax CN Elemental analyser).

Tulokset ja tarkastelu

Mykorritsalliset taimet olivat joko yhtä suuria tai suurempia biomassaltaan kuin mykorritsattomat kontrollitaimet eli sieni ei pienentänyt kasvin omaa biomassaa. Sienen kasvualustaan muodostaman rihmaston biomassaa ei kokeessa pystytty määrittämään. Vaikka mykorritsalliset taimet olivatkin usein suurempia, ei sienikäsittelyillä ollut tilastollista vaikutusta taimien fotosynteesitehokkuuteen. Biomassaerot siis selittynevät hiilen käytön tehokkuuden muutoksilla. Typen jakautuminen kasvin eri osien välillä erosi kontrolli- ja sienikäsittelyiden välillä: mykorritsallisilla taimilla oli suhteessa enemmän typpeä juuristossa ja vähemmän neulasissa. Koska neulasten typpipitoisuus yleensä korreloi positiivisesti fotosynteesitehokkuuden kanssa, näyttää tämän kokeen perusteella siltä että ektomykorritsojen mahdollinen vaikutus kasvien fotosynteesiin liittyy typenottoon ja -allokointiin, ei niinkään suurempaan hiilinieluun ja sen fotosynteesiä lisäävään vaikutukseen.

Kirjallisuus

[1] Heinonsalo, J., Pumpanen, J., Rasilo, T., Hurme, K. ja Ilvesniemi, H. 2010. Carbon partitioning in ectomycorrhizal Scots pine seedlings. *Soil Biology & Biochemistry*. 42: 1614-1623.

Vanhojen metsäojitusalueiden kiintoainekuormituksen jatkuvatoiminen seuranta

Continuous monitoring of suspended solid load at old ditched peatland forests

Pia Högmander ja Päivi Saari

Keski-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Piippukatu 11, PL 250, 40101 Jyväskylä

Johdanto

Luonnontilaisilta soilta kulkeutuu vesistöihin luonnonhuuhtoumana mm. kiintoainetta. Metsätalouden toimenpiteet kuten kunnostusojitus lisäävät eroosiota ja ainehuuhtoumien riskiä toimenpidealueilta. Vesiensuojelutoimenpiteillä voidaan vähentää vesistöihin päätyvää kuormitusta, joka kiintoaineen osalta aiheuttaa mm. pohjien liettymistä. Valtakunnallisessa turvetuotannon ja metsätalouden vesiensuojelun kehittämishankkeessa (TASO-hanke) mm. seurataan jatkuvatoimisesti Saarijärven reitillä sijaitsevan luonnontilaisen suon sekä turvemailla sijaitsevien metsätalouskohteiden veden virtaamaa, sameutta ja siitä laskennallisesti tuotettua kiintoainepitoisuutta vuosina 2012–2013.

Aineisto ja menetelmät

Luonnontilaisen suon taustahuuhtoumaa seurattiin Saarijärven Pyhä-Häkin kansallispuiston alapuolisesta purosta. Seurantapisteen yläpuolinen valuma-alue on noin 330 ha. Vanhaa ojitusta seurattiin Karstulassa, Kyyjärvellä ja Multialla. Karstulan ojitus oli pääosin noin 30 vuotta sitten toteutettu, mutta pieneltä osalla valuma-aluetta vesiä tuli noin kymmenen vuoden takaisesta ojituksesta. Valuma-alue on kooltaan noin 60 ha. Kyyjärvellä valuma-alue on noin 110 ha ja Multialla noin 114 ha. Kumpikin alue on ojitettu 1970-luvulla. Kyyjärvellä on toteutettu kunnostusojitus syyskuussa 2012 ja Multialle on tulossa hakkuu- ja maanmuokkaus talvella/kesällä 2013. Tässä on käytetty vain ennen toimenpiteitä kerättyä aineistoa ajalta 1.1. –31.10.2012.

Jatkuvatoimisen seurannan on toteuttanut EHP-Tekniikka Oy, joka vastaa myös datan laadusta kalibrointeineen. TASO-hanke on vastannut kohteilta otettavista kalibrointivesinäytteistä. Vesinäytteiden kiintoainepitoisuudet on määritetty 0,45 µm suodattimella Jyväskylän yliopiston ympäristöntutkimuskeskuksessa. Automaattiset asemat mittaavat veden virtaamaa ja sameutta ympäri vuoden. Veden sameutta mitataan optisella anturilla. Sameus muunnetaan manuaalisten vesinäytteiden tulosten perusteella matemaattisesti kiintoainepitoisuudeksi. Sameuden ja kiintoainepitoisuuden välinen riippuvuus seurantakohteilla osoittautui kuitenkin hyvin heikoksi (selitysasteet 0,04–0,6). Jatkuvatoimista seurantaa ja mittaustulosten kalibrointia jatketaan vuoden 2013 ajan. Tulokset voivat muuttua kalibrointien myötä.

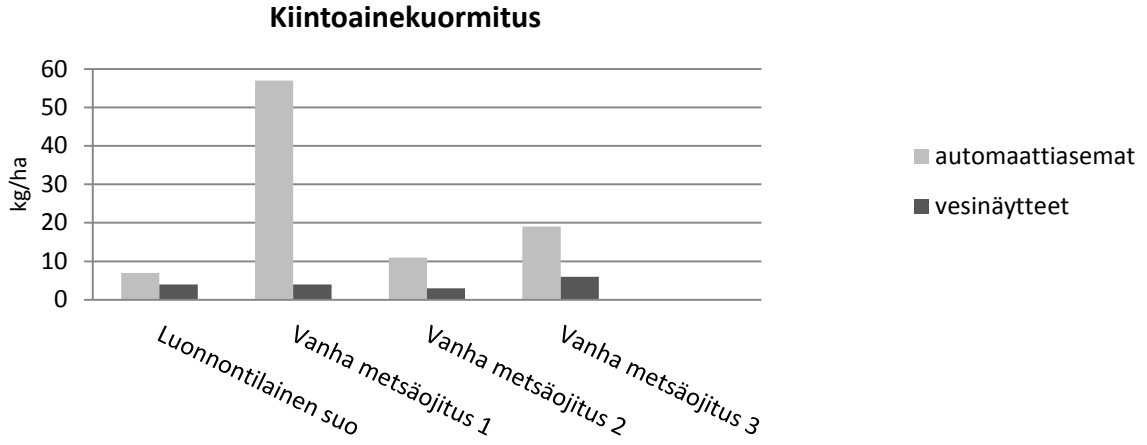
Jatkuvatoimisen seurannan kuormituslaskelmat on tehty laskemalla tuntikohtaiset kuormat kertomalla tuntikohtaisesti virtaama ja pitoisuus keskenään ja summaamalla nämä tuntikohtaiset määrät yli vuorokauden. Vesinäytteiden osalta kuormituslaskelmat tehtiin käyttämällä jatkuvatoimisen virtaaman keskiarvoja vesinäytteenottoväliltä ja kertomalla ne vastaavan ajankohdan vesinäytteen pitoisuudella. Laboratoriotulosten alle määritysrajan (0,5 mg/l) olevien arvojen osalta on käytetty arvoa 0,2 mg/l.

Tulokset ja tarkastelu

Luonnontilaiselta suolta tulevan veden sameusarvon vaihteluväli automaattiasemalla oli seurantajakson aikana 0,7–4,3 NTU ja keskiarvo 1,0 NTU. Vesinäytteistä (n=18) vastaavat tulokset olivat 0,2–1,6 NTU ja keskiarvo 0,9 NTU. Luonnontilaisen suon sameudesta

laskennallisesti saatu kiintoainepitoisuus vaihteli 0,8–11,8 mg/l keskiarvon ollessa 1,7 mg/l. Vesinäytteiden perusteella luonnontilaisen suon kiintoainepitoisuus vaihteli 0,2–9,2 mg/l keskiarvon ollessa 1,8 mg/l. Kaikkien kolmen *vanhan metsäojituskohteen* sameuden keskiarvon vaihteluväli automaattiasemilla oli 0,7–5,8 NTU (keskimäärin 2,6 NTU) ja yksittäisten mittauskertojen vaihteluväli 0–362 NTU. Laskennallisesti tuotetun kiintoaineen keskiarvon vaihteluväli oli vastaavasti 2,9–6,4 mg/l (keskimäärin 4,1 mg/l) ja yksittäisten mittauskertojen 0–500 mg/l. Laboratorioanalyyseissä (n=52) vanhojen metsäojituskohteiden sameuden keskiarvo vaihteli 0,7–1,4 NTU (keskimäärin 1,0 NTU) ja yksittäisten näytteenottokertojen 0,3–2,4 NTU. Vesinäytteiden kiintoainepitoisuuksien keskiarvon vaihteluväli oli 1,4–2,6 mg/l (keskimäärin 2,1 mg/l) ja yksittäisten mittausten 0,2–17 mg/l.

Tuloksemme vastaavat aiempia tuloksia, sillä luonnontilaisten soiden tai runsaasti suoalueita sisältävien valuma-alueiden kiintoainepitoisuus on [1] sekä [2] mukaan ollut alle 1,5 mg/l. Joensuun ym. [3] mukaan vanhoilta metsäojitusalueilta lähtevän veden kiintoainepitoisuus on ollut keskimäärin lähes 5 mg/l, joten se vastaa jatkuvatoimisen seurantamme tuloksia. Jatkuvatoimiseen aineistoon verrattaessa vesinäytteiden osalta pääosa kuormituspiikeistä jäi tavoittamatta ja todennäköisesti osin tämän vuoksi näytteiden pitoisuuksien keskiarvo oli alhainen. Toisaalta aineistossa oli myös häiriötilanteiden aiheuttamia piikkejä, jotka poistettiin manuaalisesti. Kuormituspiikkien oikeellisuutta ei pystytty varmentamaan vesinäytteillä. Myös seuranta-aikamme on lyhyt ja näytemäärä rajallinen.



Kuva 1. Luonnontilaisen suon ja vanhojen metsäojitusalueiden (1=Karstula, 2=Multia, 3=Kyyjärvi) kiintoainekuormitus kg/ha 1.1.-31.10.2012 (Kyyjärvellä 1.1.-6.9.2012) laskettuna sekä automaattisten mitta-asemien että vesinäytteiden analyysitulosten perusteella.

Tulokset seurantakohteiden välillä vaihtelevat ja yksittäisen kohteen seurantatietoja ei suoraan voi yleistää. Asematulokset ovat kaikilla seurantakohteilla vesinäytetuloksia korkeampia, koska vesinäytteenotot eivät tavoittaneet kuormitushuippuja.

Kirjallisuus

[1] Ahtiainen, M. and Huttunen, P. 1995. Metsätaloustoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutukset purovesien laatuun ja kuormaan. Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.): Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2. Suomen ympäristökeskuksen monistamo/Oy Edita Ab, Helsinki.
[2] Vuollekoski, M. and Joensuu, S. 2006. MESUVE-hankkeessa perustettujen erityisalueiden tuloksia. Teoksessa: Kenttämies, K. and Mattsson, T. (toim.): MESUVE-projektin loppuraportti. Dark Oy, Vantaa.
[3] Joensuu, S., Ahti, E. and Vuollekoski, M. 2001. Discharge water quality from old ditch networks in Finnish peatland forests. Suo 52(1): 1-15.

Kasvidiversiteetin vaikutus denitrifikaatioon, dityppioksidipäästöön ja mikrobiyhteisöihin maatalousmaassa

Cropping system diversity affects denitrification activity, N_2O flux and bacterial communities in agricultural soil

Heli Juottonen[1,2], Brendan O'Neill[2], Tracy Teal[2], Stuart Grandy[3] ja Thomas Schmidt[2]

[1] Biotieteiden laitos, Helsingin yliopisto, heli.juottonen@gmail.com
[2] Department of Microbiology and Molecular Genetics, Michigan State University, USA
[3] Department of Natural Resources and the Environment, University of New Hampshire, USA

Johdanto

Yksipuolinen viljely maatalousmailla ja erityisesti monokulttuurit luovat maaekosysteemeitä, joissa on matala kasvidiversiteetti. Luonnontilaisia maaympäristöjä yksipuolisemman kasvilajiston voidaan odottaa vaikuttavan hiilen ja typen kiertoon sekä niihin osallistuviin maaperän mikrobiyhteisöihin. Maatalousmaat ovat luonnontilaisiin maaekosysteemeihin verrattuna merkittäviä kasvihuonekaasu dityppioksidin (N_2O) lähteitä [1]. Tavoitteenamme oli selvittää peltokasvidiversiteetin vaikutusta dityppioksidin tuotossa keskeisiin denitrifioiviin bakteereihin ja niiden aktiivisuuteen sekä bakteeriyhteisöihin yleisemmin.

Aineisto ja menetelmät

Näytealat (9 × 27 m) kuuluvat pitkäaikaiseen peltokasvidiversiteetin tutkimusalueeseen (Biodiversity Gradient Experiment, Kellogg Biological Station Long-Term Ecological Research Site, Michigan, Yhdysvallat) [2]. Maanäytteet kerättiin yksikasvisilta aloilta (maissi, soijapapu), kolmivuotisilta viljelykierroilta (maissi-soijapapu-vehnä) sekä kasvilajistoltaan monipuolisimmilta viljelykierroilta, joissa oli edellisten lisäksi yksi tai kaksi peitekasvia (puna-apila, ruis). Lisäksi mukana oli kesantoaloja. N_2O-vuo määritettiin kentällä kammiomittauksilla. Denitrifikaatioaktiivisuutta tutkittiin laboratorioinkubaatioissa, joissa mitattiin 1) netto-N_2O-tuottoa sekä 2) kokonaisdenitrifikaatiota, jolloin N_2O:n pelkistys N_2:ksi inhiboitiin asetyleenillä. Mikrobiyhteisöjä vertailtiin DNA-pohjaisilla menetelmillä. Denitrifioijayhteisöt analysoitiin nitriittireduktaasigeeni *nirK*:n avulla (kloonikirjastojen sekvensointi, 454-pyrosekvensointi). Kokonaisbakteeriyhteisöt analysoitiin 16S ribosomaalisen RNA (rRNA) geenin 454-pyrosekvensoinnilla.

Tulokset ja tarkastelu

Dityppioksidin nettotuotossa ei havaittu eroja kasvidiversiteetin suhteen. Sen sijaan N_2O-vuo ja potentiaalinen denitrifikaatioaktiivisuus (N_2O+N_2-tuotto) olivat selvästi suuremmat korkeimman kasvilajimäärän peitekasvialoilla kuin yksinkertaisemmilla viljelykierroilla ja yhden kasvin aloilla. Toisaalta peitekasvialoilla suurempi osuus tuotetusta N_2O:sta pelkistettiin N_2:ksi. N_2O:n osuus denitrifikaation lopputuotteista oli suurin soijapapualoilla ja pääpiirteittäin N_2O:n suhteellinen osuus pieneni N_2:n osuuden kasvaessa kasvilajimäärän mukana.

Yhden kasvin aloilla (maissi tai soijapapu) oli yllättäen runsaampi bakteerilajisto kuin peitekasvialoilla tai kesantomailla. Myös bakteeriyhteisön koostumus erosi korkeamman kasvilajimäärän aloista. Samoin denitrifioijayhteisöt erosivat yhden kasvin ja runsaslajisimpien peitekasvialojen välillä. Yksittäisistä bakteeriryhmistä betaproteobakteerien suhteellinen osuus sekä denitrifioijista että kokonaisbakteeriyhteisöstä oli suurin peitekasvialoilla.

Peitekasvialojen korkeampi denitrifikaatioaktiivisuus ja N_2O-vuo voivat johtua peitekasvien tarjoamasta orgaanisesta aineesta ja palkokasvitypestä. Lisäresurssit voivat myös selittää betaproteobakteerien korkeamman osuuden, koska ryhmä on yhdistetty korkeaan resurssisaatavuuteen [3]. Tulosten perusteella näyttää, että kasvilajin vaihtuminen vuosittain viljelykierrossa ei vaikuttanut denitrifikaatioaktiivisuuteen, vaan vasta peitekasvien tuomat

lisäresurssit johtivat korkeampaan aktiivisuuteen sekä N_2O-tuoton että N_2O-pelkistyksen osalta. Silti jo vuosittainen viljelykasvin vaihto riitti erottelemaan bakteeriyhteisöt yksikasvisten alojen yhteisöistä.

Kirjallisuus

[1] Robertson, G.P., Paul, E.A. & Harwood, R.R. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. *Science* 289:1922-1925.

[2] Smith, R.G., Gross, K.L. & Robertson, G.P. 2008. Effects of crop diversity on agroecosystem function: crop yield response. *Ecosystems* 11:355-366.

[3] Fierer, N., Bradford, M.A. & Jackson, R.B. 2007. Toward an ecological classification of soil bacteria. *Ecology* 88:1354–1364.

Mikrobeille helppokäyttöisen hiilen vaikutus boreaalisen metsämaan typen kierron prosesseihin

Effect of easily available carbon on nitrogen cycling processes in boreal forest soil

Sanna Kanerva[1,2,3], Tapio Kotiaho[2,4], Veikko Kitunen[3], Aino Smolander[3]

[1] Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2] Helsingin yliopisto, Kemian laitos, PL 55, 00014 Helsingin yliopisto
[3] Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa
[4] Helsingin yliopisto, Farmasian tiedekunta, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Boreaalisten metsämaiden sisältämästä typestä valtaosa esiintyy orgaanisessa muodossa eli esimerkiksi proteiineina, peptideinä, aminohappoina ja aminosokereina. Suurin osa (n. 40 %) maan typpiyhdisteistä on proteiinityyppisiä [1], mutta myös rakenteeltaan tuntemattomien yhdisteiden osuus on merkittävä. Koska metsämaan orgaaniset typpiyhdisteet ovat usein sitoutuneet maan mineraaliainekseen tai humukseen, ne ovat melko hyvin suojassa mikrobiologiselta hajotukselta. Esimerkiksi tanniini–proteiini –kompleksit saattavat hidastaa tai estää maassa esiintyvien proteiinien mineralisoitumista [2], mikä osaltaan edistää orgaanisen typen kertymistä boreaalisiin metsämaihin.

Boreaalisten metsämaiden mikrobiaktiivisuus tavallisesti lisääntyy, jos maahan lisätään hiiliyhdistettä, jota mikrobit pystyvät helposti käyttämään energianlähteenään. Hiililisäys lisää myös maan typen kulutusta mikrobien immobilisoiman typen määrän kasvaessa. Koska suurin osa boreaalisen metsämaan typestä on joko luontaisen rakenteensa tai mineraali- sekä humusaineksen kanssa muodostamien kompleksiensa vuoksi mikrobeille vaikeasti käyttökelpoista, aiheuttaa helppokäyttöisen hiilenlähteen lisääminen maahan pulaa mikrobeille käyttökelpoisesta typestä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten mikrobeille helposti käyttökelpoisen hiiliyhdisteen pitkäaikainen ja toistuva lisäys vaikuttaa maan typen kierron prosesseihin ja vaikeasti käyttökelpoisten typpipoolien saatavuuteen.

Menetelmät

Tutkimuksessa käytetty metsämaan humuskerros oli peräisin Enossa sijaitsevalta, kuusikkoa kasvavalta koealalta. Hiililisäyksen vaikutusta maan typen kierron prosesseihin tutkittiin laboratoriossa inkubointikokeen avulla, jossa maahan lisättiin säännöllisin väliajoin (ensin 2 viikon välein, ja vuorokaudesta 58 eteenpäin 4 viikon välein) glukoosia (32 mg g^{-1} maata / lisäyskerta) 197 vrk:n ajan. Lisäksi kokeen alussa tehtiin tärkkelyslisäys (18 mg g^{-1} maata) toimimaan glukoosia hiukan ”hitaampana” hiilenlähteenä maassa. Inkubointi tehtiin pimeässä +18 °C:ssa, maan kosteuden ollessa 60 % maan vedenpidätyskapasiteetista (WHC). Inkuboinnin aikana seurattiin säännöllisesti sekä glukoosilisäyksen saaneen että kontrollimaan (= ei glukoosi-/tärkkelyslisäystä, WHC 60 %) CO_2-tuottoa, ammonium- ja nitraattitypen sekä liukoisen orgaanisen typen pitoisuuksia, mikrobibiomassan sisältämän hiilen (C_{mic}) ja typen (N_{mic}) pitoisuuksia sekä maan proteiinityyppisen materiaalin pitoisuuksia. Lisäksi seurattiin, tapahtuiko maassa biologista typensidontaa. N*atriumdodekyylisulfaatti-polyakryyliamidi-geelielektroforeesin* (SDS-PAGE) avulla pyrittiin selvittämään, vaikuttiko glukoosilisäys maan proteiinikoostumukseen.

Tulokset

Glukoosilisäys lisäsi selvästi maan CO_2-tuottoa, mutta varsinkin inkuboinnin alussa vaikutus oli lyhytaikainen kestäen vain muutamia vuorokausia. Kokeen edetessä glukoosilisäyksen saaneiden maiden CO_2-tuotto kuitenkin pysyi kontrollimaata selvästi korkeammalla tasolla

aina seuraavaan, 4 viikon kuluttua tapahtuneeseen glukoosilisäykseen asti; tämä saattaa viitata siihen, että glukoosilisäys tehosti inkuboinnin loppuvaiheessa myös maan luontaisen orgaanisen aineksen hajotusta (ns. ’priming effect’).

Glukoosilisäys piti maan NH_4-N –pitoisuuden hyvin pienenä kontrollimaahan verrattuna koko inkuboinnin ajan, eikä typen nettomineralisaatiota havaittu, mikä todennäköisesti johtui mikrobien tehokkaasta typen immobilisaatiosta. Kontrollikäsittelyssä NH_4-N –pitoisuudet sen sijaan kohosivat tasaisesti koko inkuboinnin ajan ja typen nettomineralisaatio oli suurinta kokeen puolivälissä. Nitraattitypen pitoisuudet olivat sekä glukoosia saaneessa että kontrollimaassa hyvin matalia. Liukoisen orgaanisen typen pitoisuudet puolestaan pääsääntöisesti kohosivat glukoosilisäyksen saaneessa maassa kokeen edetessä, kun taas kontrollimaassa pitoisuudet olivat korkeimmillaan hiukan ennen kokeen puoliväliä ja laskivat sen jälkeen. Orgaanisen typen osuus liukoisesta totaalitypestä oli kokeen lopussa glukoosia saaneessa maassa 74 %, kun kontrollimaassa vastaava osuus oli vain 2 %. Viitteitä biologisesta typensidonnasta ei havaittu missään vaiheessa koetta.

Glukoosilisäys kasvatti maan C_{mic} ja N_{mic} –pitoisuuksia hieman kontrollimaahan verrattuna, ja ero käsittelyjen välillä oli havaittavissa koko kokeen ajan. Maan proteiinityyppisen materiaalin määrä oli glukoosilisäyksen saaneessa maassa matalampi kuin kontrollimaassa kokeen puoliväliin asti, jonka jälkeen tilanne kääntyi päinvastaiseksi ja jatkui sellaisena kokeen päättymiseen asti, jolloin glukoosia saaneessa maassa proteiinityyppisen materiaalin pitoisuus oli 18 % korkeampi kuin kontrollimaassa. Proteiinien analysointi SDS-PAGE:n avulla oli erittäin haasteellista näytteiden sisältämien humusaineiden vuoksi, mutta sekä glukoosilisäyksen saaneesta että kontrollimaasta havaittiin joitakin samankokoisia proteiineja alueella 10-20 kDa.

Kirjallisuus

[1] Schulten, H.-R. and Schnitzer, M. 1998. The chemistry of soil organic nitrogen: a review. *Biology and Fertility of Soils* 26: 1-15.

[2] Kraus, T.E.C., Zasoski, R.J., Dahlgren, R.A., Horwath, W.R. and Preston, C.M. 2004. Carbon and nitrogen dynamics in a forest soil amended with purified tannins from different plant species. *Soil Biology & Biochemistry* 36: 309–321.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttö kevätvehnän kasvinravitsemuksessa

Organic fertilizer products as a source of nitrogen in spring wheat

Petri Kapuinen

MTT Kasvintuotannon tutkimus, Toivonlinnantie 518, 21500 Piikkiö, petri.kapuinen@mtt.fi

Johdanto

Maatalouden ympäristötukijärjestelmän (MYTJ) typpilannoitusrajat haittaavat hyvien leivontaominaisuuksien kannalta riittävän valkuaispitoisen vehnän tuotantoa erityisesti myöhäisiä ja satoisia lajikkeita viljeltäessä. Rajojen puitteissa valkuaispitoisuutta pyritään nostamaan antamalla osa sallitusta typpiannoksesta vasta heinäkuussa kasvustoon. Valkuaispitoisuuden nousu on sitä suurempi, mitä myöhemmin typpi annetaan. Pienet alle 15 kg N/ha annokset levitetään yleensä kasvinsuojeluruiskulla usein seoksena kasvitautien torjuntaruikutuksen kanssa. Tankkiseoksessa typen määrää joudutaan kuitenkin rajoittamaan, joten menettely ainoastaan vähentää ajokertoja, ei vesimäärää. Tätä suuremmat typpiannokset kannattaa antaa rakeisena esimerkiksi keskipakoislevittimellä. Lisälannoituksesta kasvustoon aiheutuu kustannuksia ylimääräisenä levityskertana ja kasvuston tallauksena. Tallaus voitaisiin ehkä välttää käyttämällä hitaasti vaikuttavaa typpeä jo keväällä.

Mädätysjäännöksessä on ammoniumtypen lisäksi runsaasti liukoisia orgaanisia typpiyhdisteitä, jotka potentiaalisesti tulevat kasvin käyttöön myöhään kesällä. Lisäksi sen liukoinen typpi otetaan huomioon MYTJ:ssä lannoitevalmistelainsäädännön mukaisella menetelmällä 1:5 vesiuutolla määritettynä, joka tyypillisesti aliarvioi kiinteiden orgaanisten lannoitevalmisteiden typpilannoitusta, koska se ei uuta riittävän tehokkaasti ammoniumtyppeä tällaisesta matriisista niin, että se vastaisi kasvin käytettävissä olevaa typpeä riittävästi [1]. Tämän takia viljelijä voi käyttää jopa suuremman määrän liukoista typpeä vehnän lannoitukseen käyttäessään kasvinravitsemuksessa osana kiinteitä orgaanisia lannoitevalmisteita. Toisin kuin mineraalilannoitteiden käyttömäärää orgaanisten lannoitevalmisteiden käyttömäärää rajoittaa myös MAVIn laajennettu tulkinta ns. nitraattiasetuksen 5 §:stä, jossa rajoitetaan lannasta tulevan kokonaistypen määräksi 170 kg/ha vuodessa. Kun kiinteää mädätysjäännöstä käytettään tätä vastaava määrä ennen kylvömuokkausta, liukoisen typen annos jää alle tavoitetason. Sallitun määrän ja mädätysjäännöksen mukana tulevan liukoisen typen määrän erotus annetaan tällöin kylvön yhteydessä kylvölannoittimella.

Aineisto ja menetelmät

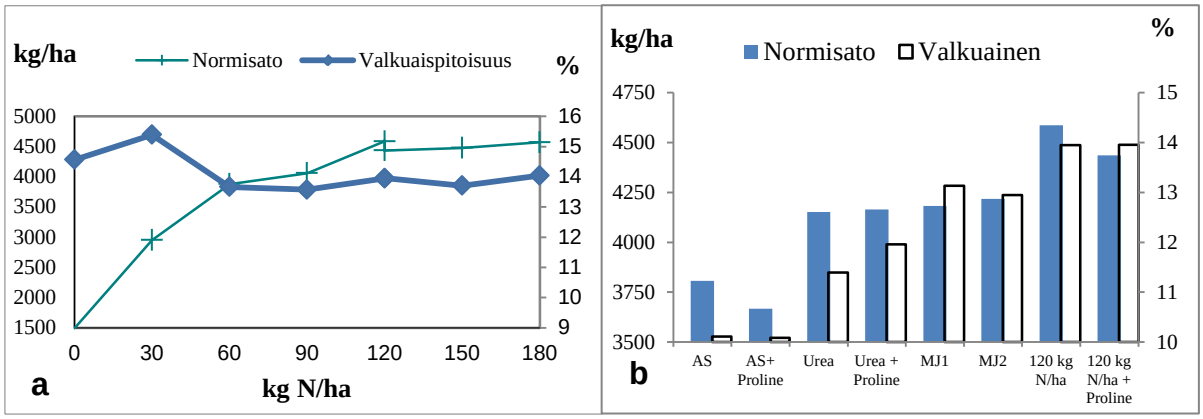
Tässä tutkimuksessa, joka toteutettiin Kaarinan Yltöisissä vuonna 2010, pyrittiin selvittämään mahdollisuuksia nostaa kevätvehnäsadon valkuaispitoisuutta sen leivontaominaisuuksien parantamiseksi käyttämällä tähkimisen aikaista lisälannoitusta ammoniumsulfaattina (AS) tai ureana (U) sekä mädätysjäännöstä (MJ1 ja MJ2) typen lähteenä. Kasvustoon myöhäisessä tähkimisvaiheessa levitetty AS oli peräisin puhdistamolietettä mädättävästä biokaasulaitoksesta, jossa se oli tuotettu pesemällä ammoniakkipitoisia strippauskaasuja rikkihapolla. Urea oli eräänlaisena lisälannoituksen kontrollina tavanomaisesta maatalouskaupasta saatavaa urealannoitetta (46 % N). Lisätyppi annettiin keväällä kylvön yhteydessä 120 kg N/ha saaneisiin kasvustoihin tähkimisen loppuvaiheessa. Ne annettiin joko kasvitautiaineen (Proline 0,6 l/ha) kanssa tai sitä ilman. Tankkiseosta käytettiin 300 l/ha. Orgaanisista lannoitevalmisteista kokeessa oli mukana kiinteä jae biokaasulaitoksen sian lietelantaa ja elintarviketeollisuuden sivutuotteita sisältävästä mädätysjäännöksestä (MJ1) ja kiinteä jae puhdistamolietteen mädätysjäännöksestä (MJ2), kummatkin edelleen tyyppinimeltään mädätysjäännöksiä levitettynä 170 kg/ha kokonaistyppeä vastaava määrä. Liukoisen typen määrä pyrittiin täydentämään kylvön yhteydessä tasoon 120 kg/ha

mineraalilannoitteella. Tällöin mineraalilannoitteesta tulevan typen määrä oli joko 60 kg/ha (MJ1) tai 90 kg/ha (MJ2). Kokeessa oli lisäksi typpitasot:0, 30, 60, 90, 120, 150 ja 180 kg/ha, joista perustaso toteutettiin myös kasvitautiaineruiskutuksen (Proline 0,6 l/ha ja 300 l/ha vettä) kanssa. Kylvön yhteydessä kaikissa tapauksissa käytetty mineraalilannoite oli Yara Pellon Y3 (17-4-13).

Mineraalilannoitteesta tuleen liukoisen typen osuus sen kokonaismäärästä oli suuri kaikissa käsittelyissä. MJ1:ta käytettäessä sen osuus oli pienin, periaatteessa 50 %. Tarkasteltaessa mädätysjäännösten mukana tullutta liukoisen typen määrä lanta-analyysin mukaisen pitoisuuden perusteella, käsittelyt saivat liukoista typpeä +11,1 kg/ha (MJ1) ja +31,8 kg/ha (MJ2) perustasoa enemmän.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Sato kasvoi aina tasolle 120 kg/ha saakka, mutta merkittävin osa sadosta saatiin jo tasolla 60 kg N/ha, koska kasvusto ei juuri pystynyt hyödyntämään suurempaa typpiannosta helteisen ja sateettoman heinäkuun takia (kuva 1a). Kasvusto ei pystynyt hyödyntämään lisätypen tai mädätysjäännöksen tuomaa potentiaalia, mikä näkyi myös siinä, että suuretkaan typpimäärät eivät lisänneet sadon valkuaispitoisuutta. Niin ikään mädätysjäännöskäsittelytkään eivät tuottaneet näissä olosuhteissa perustasoa suurempaa satoa huolimatta suuremmasta typpiannoksesta, vaan helle ja kuivuusstressin takia lisätyppikäsittelyt kasvustoon jopa laskivat satoa erityisesti, kun ammoniumsulfaatti annettiin tankkiseoksena kasvitautiaineen kanssa (Kuva 1b). Kokeessa jäi osoittamatta mädätysjäännösten hitaasti vaikuttavan liukoisen typen vaikutus vehnän valkuaispitoisuuteen ja koe pitäisikin uusia valkuaispitoisuuden nousun kannalta otollisimmissa olosuhteissa. Se kuitenkin antoi lisätietoa erilaisten lisätyppilannoitusten vaikutuksesta kevätvehnän valkuaispitoisuuden helteisenä ja sateettomana kasvukautena.



Kuva 1. Liukoisen typen vaikutus satoon ja valkuaispitoisuuteen a) mineraalilannoitteella ja b) orgaanisilla lannoitevalmisteilla.

Kirjallisuus

[1] Kapuinen, P., Salo. T., Paavola. T. 2012. Orgaaniset lannoitevalmisteet ohran typen lähteenä. Julkaisussa Maataloustieteen Päivät 2012. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja no 28. Toim. Nina Schulman ja Heini Kauppinen. Viitattu 4.12.2012. Julkaistu 15.1.2012. Saatavilla internetissä. www.smts.fi (Orgaaniset lannoitevalmisteet ohran typen lähteenä). ISBN 978-951-9041-56-8.

Artificial stimulation of soil amine production by addition of organic carbon and nitrogen transforming enzymes

Antti-Jussi Kieloaho[1,3], Jevgeni Parshintsev[2], Marja-Liisa Riekkola[2], Markku Kulmala[1], Jukka Pumpanen[3] and Jussi Heinonsalo[1,3]

[1] Department of Physics, Division of Atmospheric Sciences, P.O. BOX 48, FIN-00014 University of Helsinki, Finland
[2] Department of Chemistry, Laboratory of Analytical Chemistry, P.O. Box 55, FIN-00014 University of Helsinki, Finland
[3] Department of Forest Sciences, P.O. Box 27, FIN-00014 University of Helsinki, Finland

Introduction

The major part of nitrogen (N) in boreal forest soil is in organic form (Soil Organic Nitrogen, SON) and largely in forms not directly available for plants or microbes [1]. Since the pools of nutritionally important inorganic N like NH_4^+ and NO_3^- are very low in forest soil [2], the microbial transformations of SON into more readily available forms is of crucial importance for forest productivity.

One of the main pathways for amine production is the decay of organic matter in soil [3]. In soil, amino acids react with specific decarboxylase enzymes which transform them to amines [4,5]. Amino acid turnover time in forest soil is relatively fast (in hours) because amino acids can be used as N and C source by plants and especially by microbes [6]. Therefore, amino acid production by protease enzymes might be the critical step both for ecosystem productivity as well as for amine production and release from forest soil.

The aim of the study was to artificially introduce enzymes responsible for protein transformation into amino acids (proteases) as well as soil organic matter (SOM) decomposition (laccase and manganese peroxidase) in order to increase SON transformation and amine synthesis. Treatments were conducted both in Scots pine seedlings containing as well as non-planted microcosms. N transformations were examined, as well as amine concentration in soil and in volatile form.

Methods

The experiment consisted of eight different treatments, two of which were regarded as controls concerning enzyme addition or stimulation. Four of the treatments were planted with one year old nursery grown Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) seedlings and four were non-planted. The role of bovine serum albumin (BSA) was to act as control protein and equal the nutritional effect of enzyme additions. Proteases have the ability to degrade proteins into amino acids and laccase and manganese peroxidase induce SOM decomposition. Glucose addition has been shown to induce natural soil protease activity (Linden et al., unpublished).

The experiment lasted approximately six months and the treatments with enzyme, protein and glucose additions were conducted within one more month. After the treatments, the experiment was continued for one extra month before being harvested for chemical analysis.

Results

The protease activity was discovered more commonly after the treatment with protease or glucose additions. In planted BSA-control some natural protease activity was found but not in non-planted controls. Different substrate additions did not cause any differences in total N percentage, but the presence of the seedlings diminished soil N% by approximately 20%. In addition, the same effect was clearly seen in dissolved N, NH_4^+ and NO_3^-. Plant has exploited the soluble N forms almost entirely from the system, irrespective of the substrate treatment.

However, the presence of the seedling changed the ratio of organic N - inorganic N from inorganic nitrogen towards organic nitrogen in the soil compared to the non-planted treatments which were dominated in inorganic nitrogen forms, NH_4^+ and NO_3^-.

The overall sums of the detected amines did not differ between any of the treatments although there was a trend of increased amine production in the absence of plants. Some amines in soil had a positive correlation with the presence (ethanol amine, spermidine, sec- and isobutylamine) or absence (dimethylamine) of plants.

Conclusions

Based on the results obtained so far, it seems that artificial induction of amines in forest soil condition was not successful. However, we should keep in mind that large variations in natural forest soil conditions may mask the effects potentially caused by the enzyme and glucose additions. In addition, the reactions may be too fast for our sampling protocol.

However, it is evident that the effect of plant is crucial on many soil biochemical processes, and that soils did contain high quantities of certain amines and there were differences in amine compounds present and concentrations between planted and non-planted treatments. Therefore, the results confirm that if detected amines are volatilised, soils may be a significant source of amines in forest environment.

Acknowledgements

This work was supported by the Academy of Finland (grant number 218094), EU/ERC ATMNUCLE and Maj and Tor Nessling Foundation (grant number 2012544).

References

[1] Knicker, H. 2011. Soil organic N – An under-rated player for C sequestration in soils? *Soil Biol. Biochem.* 43: 1118-1129.

[2] Korhonen, J.F.J., Pihlatie, M., Pumpanen, J., Aaltonen, H., Hari, P., Levula, J., Kieloaho, A.-J., Nikinmaa, E., Vesala, T., and Ilvesniemi, H. 2012. Nitrogen balance of a boreal Scots pine forest. *Biogeoscience discuss*, 9: 11201-11237.

[3]Vranova, V., Rejsek, K., Skene, K.R., and Formanek, P. (2011) Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions. *Plant Soil*, 342: 31-48.

[4]Yan, F., Schubert, S., and Mengel, K. 1996. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. *Soil Biol. Biochem*, 28: 617-624.

[5]Nässholm, T., Huss-Danell, K., and Högberg, P. 2001. Uptake of glycine by field grown wheat. *New Phyt.* 150: 59-63.

[6]Jones, D.L. and K. Kielland 2012. Amino acid, peptide and protein mineralization dynamics in a taiga forest soil. *Soil Biol. Biochem*. 55: 60-69.

Nanohopean, nanogalliumin ja nanoindiumin vaikutus sienten kasvuun ja entsyymien tuottoon

Impacts of nano-silver, nano-gallium and nano-indium to the growth and enzyme production of ascomycetous and basidiomycetous fungi

Beata Kluczek-Turpeinen[1], Annele Hatakka[1] ja Mika A. Kähkönen[1]

[1] Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos/ mikrobiologian ja biotekniikan osasto, PL 56 (Biokeskus 1, Viikinkaari 9), 00014 Helsingin yliopisto, mika.kahkonen@helsinki.fi

Johdanto

Nanometallien tuotanto ja käyttö on nopeasti laajeneva alue. Nanometallien käytön lisääntyminen saattaa aiheuttaa ympäristöongelmia. Nanohopealla on antibakteerisia ominaisuuksia. Nanohopean, nanogalliumin ja nanoindiumin vaikutuksia sieniin tunnetaan vain vähän. Sienet tuottavat solun ulkoisia entsyymejä, joilla on keskeinen rooli detrituksen hajoamisessa ja ravinteiden kierrossa [1,2]. Puuta ja kariketta lahottavat sienet sekä jotkut askomykeettisienet tuottavat epäspesifisiä hapettavia entsyymejä, joita ovat lakkaasit ja peroksidaasit. Solun ulkoiset entsyymit kykenevät hajottamaan biopolymeerejä. Tavoitteena on tutkia nanohopean, nanogalliumin ja nanoindiumin vaikutus kolmen basidiomykeettisienen ja kahden askomykeettisienen kasvuun ja hapettavien entsyymien tuottoon.

Aineisto ja menetelmät

Valitut sienet olivat basidiomykeetit *Pleurotus pulmonarius*, *Phlebia radiata* ja *Physisporinus rivulosus* sekä askomykeetit *Alternaria* sp. ja *Fusarium* sp. Tutkitut basidiomykeetit kasvavat lähinnä metsissä ja askomykeetit pelloilla. Sienten kasvua ja hapettavien entsyymien tuottoa tutkittiin ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) indikaattoriväri-maljoilla, joissa oli nanohopeaa, nanogalliumia ja nanoindiumia (0-50 mg kg^{-1}).

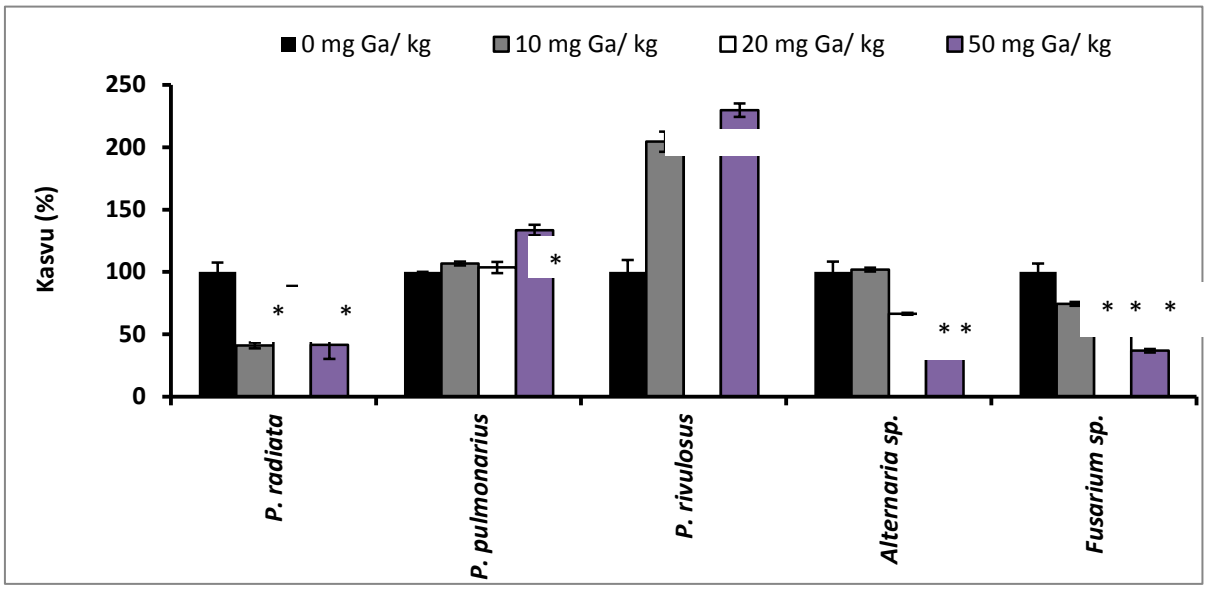
Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kaikki kolme basidiomykeettiä ja askomykeettiä kasvoivat nanohopeaa, nanogalliumia ja nanoindiumia sisältävillä maljoilla (10-50 mg kg^{-1}). Kaikki basidiomykeetit muodostivat värivyöhykkeen ilman tai tutkittujen nanometallien (Ag, Ga, In) kanssa indikoiden hapettavien entsyymien tuottoa. Kumpikaan tutkituista askomykeeteisä ei tuottanut värivyöhykettä ilman tai tutkittavien nanometallien (Ag, Ga, In) kanssa indikoiden, että nämä sienet eivät tuottaneet hapettavia entsyymejä. Nanogallium ja nanoindium inhiboivat *P. radiatan*, *Alternaria* sp. ja *Fusarium* sp. kasvua. *P. radiatan* hapettavien entsyymin tuotto oli herkkä nanohopealle, nanogalliumille ja nanoindiumille. *P. pulmonariuksen* hapettavien entsyymin tuotto oli tolerantti nanohopealle, nanogalliumille ja nanoindiumille. *P. rivulosuksen* hapettavien entsyymien tuotto jopa hyötyi nanogalliumista. Tulokset osoittavat, että nanohopea, nanogallium ja nanoindium vaurioittavat sieniyhteisöjä ja muuttavat hiilenkiertoa nanometalleilla pilaantuneessa maaperässä.

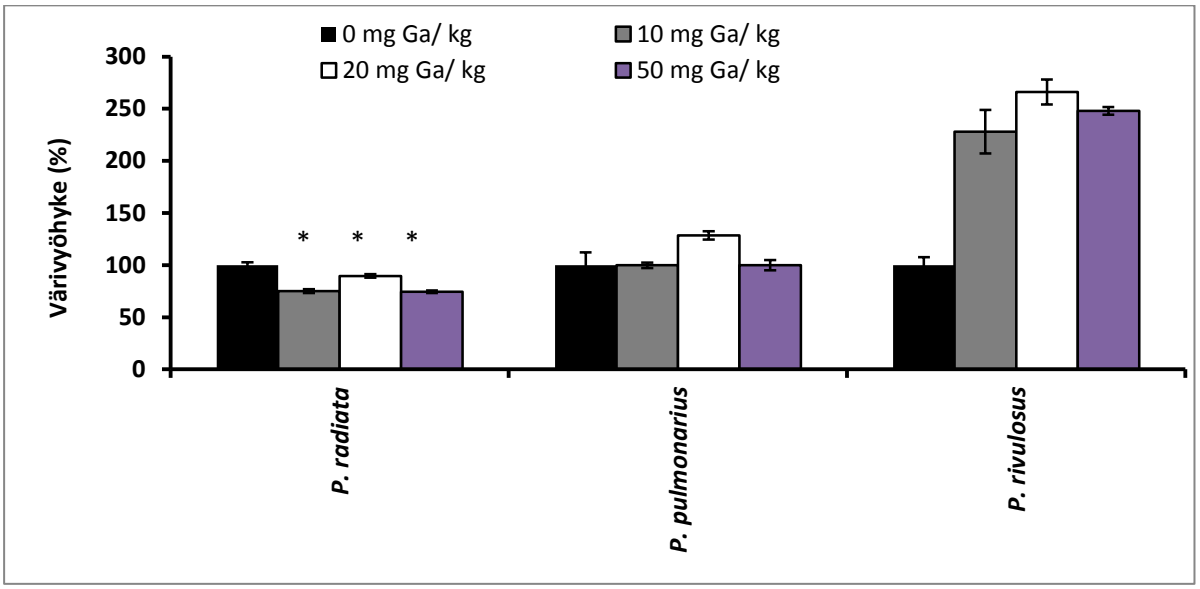
Kirjallisuus

[1] Hartikainen E.S., Lankinen P., Rajasärkkä J., Koponen H., Virta M., Hatakka A. and Kähkönen M.A. 2012. Impact of copper and zinc on the growth of saprotrophic fungi and the production of extracellular enzymes. *Boreal Environment Research* 17,210-218.

[2] Lankinen P., Kähkönen M. A., Rajasärkkä J., Virta M., Hatakka A. 2011. The effect of nickel contamination on the growth of litter-decomposing fungi, extracellular enzyme activities and toxicity in soil. *Boreal Environment Research* 16, 229-239.



Kuva 1. Kolmen basidiomykeettisienen ja kahden askomykeettisienen kasvuprosentti ABTS maljoilla, joissa on 10, 20 ja 50 mg Ga kg^{-1}, suhteessa kasvuun ilman metallia (100 %).



Kuva 2. Kolmen basidiomykeettisienen värinvyöhykkeenmuodostumisprosentti ABTS maljoilla, joissa on 10, 20 ja 50 mg Ga kg^{-1}, suhteessa värinvyöhykkeen muodostumisprosenttiin ilman metallia (100 %).

Laskeutusallas-kosteikosta poistettavan sedimentin peltolevitys

Constructed wetland sediment as a source of plant-available phosphorus

Johanna Laakso[1], Risto Uusitalo[2] ja Markku Yli-Halla[1]

[1]Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto
[2]MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Johdanto

Laskeutusaltaiden ja kosteikoiden avulla pyritään vähentämään pelloilta vesistöihin joutuvaa eroosioaineksen määrää ja ravinnekuormitusta. Altaan syvänteeseen kertynyt liete on poistettava ennen kuin sille varattu tila täyttyy ja sedimentti lähtee tulvalla uudelleen liikkeelle. Maatalouskosteikoista poistettava sedimentti suositellaan levitettäväksi takaisin pelloille [1], mikä tukee pyrkimystä suljetumpaan ravinnekiertoon. Pellolle levitetty sedimentti ei välttämättä kuitenkaan ole hyvää kasvualustaa [2], vaan laskeutusallas-kosteikon sedimentillä saattaa olla taipumus sitoa fosforia ja kasvit voivat kärsiä ankarasta fosforin puutteesta [3]. Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää laskeutusallas-kosteikon sedimentin fosforinsitomiskykyä, syitä sen mahdolliselle kasvulle ja arvioida sedimentin arvoa kasvinravinteiden lähteenä. Tutkimuksessa luonnehditaan erilaisia laskeutusallas-kosteikkojen sedimenttejä rinnan valuma-alueen peltomaanäytteiden kanssa. Kesällä 2012 käynnistyneen LASSE-hankkeen tavoitteena on tuottaa ohje viljelijöille kosteikosta poistettavan sedimentin käytölle.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimuskohteiksi valittiin kuusi kosteikkoa, joista viisi sijaitsevat savimaalla ja yksi hietamaalla. Kahdessa kosteikossa käytetään saostuskemikaaleja. Tutkimuskosteikot ovat: Hovi (Vihti), Liedonperä (Lieto), Löytäneen lampi (Säkylä, hietamaa), Ojainen (Jokioinen), Kakskerta (Turku, polyalumiinikloridi-annostelu) ja Nautela (Lieto, ferrisulfaatti-annostelu). Näytteet otettiin syyskuussa 2012. Kosteikoista otettiin sedimenttinäytteet viipaloivalla Limnos-sedimenttinoutimella, ns. bulkkisedimenttinäytteet, ja niiden pareiksi peltomaanäytteet altaiden lähivaluma-alueilta. Sedimenttinäytteistä mitattiin kenttämittarilla pH, hapetus-pelkistyspotentiaali ja lämpötila.

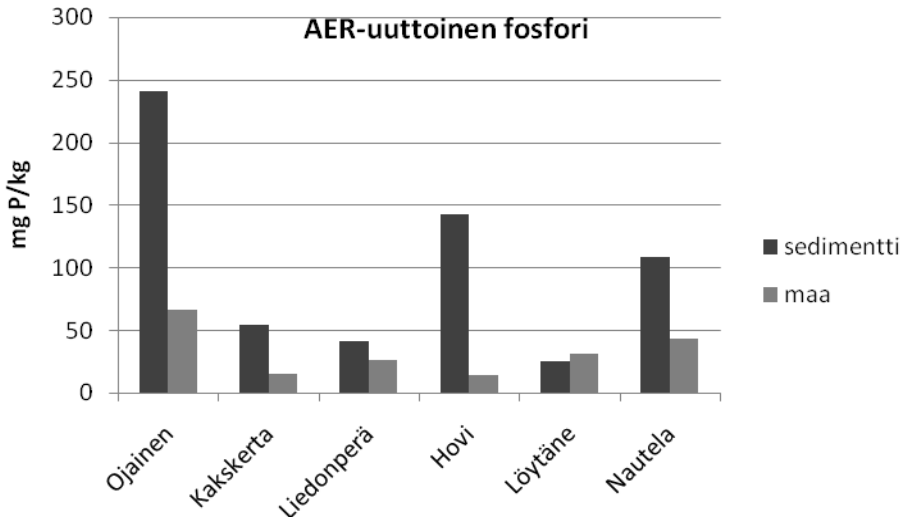
Sedimentti- ja peltomaanäytteistä analysoidaan helppoliukoinen fosfori, potentiaalisesti hapellisissa ja hapettomissa olosuhteissa vapautuva fosfori, fosforin kokonaispitoisuus sekä epäorgaanisen fosforin fraktiot. Näytteistä määritetään myös lajitekoostumus, N, K, org. C sekä oksalaattiuuttoisen Fe:n, Al:n ja P:n pitoisuudet. Sedimentti- ja peltomaanäytteiden analysointia jatketaan astia- ja inkubointikokeilla. Astiakokeessa tutkitaan kasvien fosforinsaantia käyttäen kasvualustana erilaisia peltomaan ja sedimentin seossuhteita. Inkubointikokeessa määritetään sedimenttilisäyksen vaikutus peltomaan sorptio-desorptioisotermiin (Q/I-plot).

Tulokset ja tarkastelu

Savimailla sijaitsevien kosteikkojen sedimenteistä havaittiin näytteenoton yhteydessä selvästi hapettomiin olosuhteisiin viittaavia mustia sulfidilaikkuja ja rikkivedyn hajua. Hietamaan kosteikon (Löytäneen lampi) pohjasedimentti sen sijaan oli hapellinen. Sedimenttinäytteiden pH vaihteli Löytäneen lammen 5,7:stä Ojaisten kosteikon 7,8:aan. Matalin hapetus-pelkistyspotentiaalin lukema (-21 mV) mitattiin kenttämittarilla Ojaisten sedimentistä, mikä viittaa täysin hapettomiin olosuhteisiin.

Ensimmäiset sedimenttianalyysit osoittavat, että savisedimentin helppoliukoisen fosforin pitoisuus on huomattavasti korkeampi kuin kosteikkoa ympäröivältä pellolta otetuissa maanäytteissä (kuva 1). Uuttomenetelmänä käytettiin anioninvaihtohartsiuuttoa (AER-uutto),

jolla määritetään potentiaalisesti liukenevan fosforin määrä hapellisissa olosuhteissa. AER-uuttomenetelmän on osoitettu kuvaavan hyvin leville käyttökelpoisen fosforin määrää näytteessä [4]. Kosteikon sedimentissä fosforia sitova Fe(III) pelkistyy hapettomissa olosuhteissa liukoiseksi Fe(II):ksi, jolloin sedimentin fosforinpidätyskyky laskee, ja fosforia voi vapautua hiukkaspinnoilta. Sedimentin hapettuessa uudelleen, esimerkiksi pellolle levitettäessä, liukoinen rauta saostuu Fe(III)-muotoiseksi maahiukkasten pinnoille ja saattaa lisätä maa-aineksen fosforinsitomiskykyä huomattavasti.



Kuva 1. Sedimenttinäytteiden ja maanäytteiden potentiaalisesti hapellisissa olosuhteissa liukenevan fosforin pitoisuudet (mg P/kg) anioninvaihtohartsiuutolla.

Kiitokset
Tätä tutkimusta rahoittaa Maa- ja metsätalousministeriö.

Kirjallisuus
[1] Puustinen, M., Koskiaho, J., Jormola, J., Järvenpää, L., Karhunen, A., Mikkola-Roos, M., Pitkänen, J., Riihimäki, J., Svensberg, M. & Vikberg, P. 2007. Maatalouden monivaikutteisten kosteikkojen suunnittelu ja mitoitus. *Suomen ympäristö* 21. 80 s.
[2] Nyholm, A-M., Jansson, H., Puronummi, N., Nyholm, R., Ala-Opas, P., Hakala, I., Huitu, E., Mäkelä, S., Tulonen, T. & Arvola, L. 2003. Valuma-alueen ja vesistön välisen vuorovaikutuksen arviointi. *Maa- ja elintarviketalous* 38: s.58-59.
[3] Heikkinen, J. 2011. Kosteikkosedimentin fosforivarat ja niiden käyttökelpoisuus kasveille. Pro gradu -tutkielma. Elintarvike- ja ympäristötieteenlaitos. Helsingin yliopisto. *Pro Terra* 54. 67 s.
[4] Uusitalo, R. & Ekholm, P. 2003. Phosphorus in runoff assessed by anion exchange resin extraction and an algal assay. *Journal of Environmental Quality* 32: 633-641.

Tulevaisuuden maaperän muodostuminen merenpohjan sedimenteistä Olkiluodon ympäristössä

Sea bottom sediments developing into future soils at Olkiluoto surrounding

Anne-Maj Lahdenperä ja Ari Ikonen

[1]Saanio & Riekkola Oy, Laulukuja 4, 004200 Helsinki, Finland
[2]Posiva Oy, Olkiluoto, 27160 Eurajoki, Finland

In Finland, the Olkiluoto Island on the western coast has been selected as a repository site for spent nuclear fuel. Due to the shallow sea areas around the island, the post-glacial crustal rebound ("land uplift"; at present abound 6 mm/y) is going to change the landscape significantly relatively soon [1]. During the next thousands of years, the present bays will narrow and form future lakes and their catchment areas. The effects of this terrain development are important factors in the long-term safety assessment for the repository, especially in the biosphere assessment [2] addressing the radiation exposure of people, plants and animals in scenarios of radionuclide release.

In this biosphere assessment, the existence of acid sulphur-rich soils needs to be taken into account as it affects the transport of the possible released radionuclides in the surface environment. Also, to maintain favourable groundwater conditions for the waste canisters, it needs to be shown that the buffering capacity of the overburden and the bedrock is sufficient to prevent transport of sulphur compounds to the deep groundwater.

Large areas of naturally occurring sulphide-bearing sediments have been deposited under reducing conditions on the bottom of the current Baltic Sea during the Holocene epoch, and due to rapid post-glacial rebound, a large portion of these sediments have raised above the current sea level (up to about 60 m a.s.l.) but below the highest level of the ancient Littorina Sea. Sulphur-containing sediments are deposited also at present, especially in sea bays and river estuaries from where they can eventually rise to form acid sulphate soils. As these sediments are associated to certain sulphide-rich deposition conditions and, as fine-grained sediment, prone to deposition or erosion in different conditions, information of shoreline displacement and changes in physical exposure of the bottom is essential when predicting the future soil types.

In the sea area around the Olkiluoto Island, the stratigraphy of the unconsolidated sediment layers and the topography of the rock surface have been mapped by acoustic-seismic soundings covering in total about 300 km² [3, 4, 5]. The geological units distinguished from these data are Precambrian rock and Jotnian sandstone; till; glacio-acoustic mixed sediment; glacial clay; Ancylus clay; Littorina clay; sand and gravel, recent mud; and gaseous “bubble pulse effect” sediments. The fine-grained sediments, potential acid sulphate soils, are locating mainly in the rock basins and sheltered and shallow areas.

The geochemistry of ten fine-grained surface sea sediment cores (< 50 cm) was studied by [6]. The pH was determined using 0.01 M $CaCl_2$ extraction. pH varied significantly between the different sampling sites. Sediments that become very acidic (pH < 4) upon oxidation were found in the western offshore and in the sheltered Olkiluodonvesi Bay; in the Eurajoensalmi Bay the pH was slightly higher. The total sulphur concentration varied from 0.75 g/kg to 16.7 g/kg, aluminium concentration from 44.6 g/kg to 65.2 g/kg and iron concentration from 24.7 g/kg to 52.3 g/kg. Total concentrations of arsenic, cobalt, copper, chromium, nickel, zinc and vanadium exceeded background values in most of the sediments. The distribution pattern of these high element concentrations is closely linked to that of organic matter.

Sedimentary iron sulphides are by far the most important sources producing future acid sulphide soils. Thus, it is important to analyse plausible millennial-scale scenarios on the future surface environment at Olkiluoto resulting from the post-glacial rebound, subsequent development of the ecosystems and different forms of land usage. The description of the present conditions of the surface systems forms the basis for assessing the evolution of, for example, the topography, overburden, hydrology, flora and fauna within the climate conditions [7, 1].

References:

[1] Haapanen. R., Aro, L., Helin, J., Hjerpe, T., Ikonen, A.T.K., Kirkkala, T., Koivunen, S., Lahdenperä, A-M., Puhakka, L., Rinne, M. & Salo, T. 2009. Olkiluoto Biosphere Description 2009. Posiva Oy, POSIVA 2009-02, 415 p. www.posiva.fi

[2] Hjerpe, T., Ikonen, A.T.K. & Broed, R. 2010. Biosphere Assessment Report 2009. Posiva Oy, POSIVA 2010-03. 186 p. www.posiva.fi

[3] Rantataro, J. 2001. Acoustic-seismic Research in the Sea Area near Olkiluoto in the year 2008. Posiva Oy, Working Report 2001-11. www.posiva.fi

[4] Rantataro, J. 2002. The Estimation of Sedimentary Rock Covered Areas as well as Supplementary Interpretation of Acoustic-seismic Research in Olkiluoto Area. Posiva Oy, Working Report 2002-38. www.posiva.fi

[5] Rantataro, J. & Kaskela, A. 2009. Acoustic-seismic Studies in the Sea Area close to Olkiluoto, 2008. Posiva Oy, Working Report 2009-122. www.posiva.fi

[6] Lahdenperä, A-M. & Keskinen, A. Chemical and Physical Properties of the Surface Sea Sediments at the Olkiluoto Offshore, South-Western Finland. Posiva Oy, Working Report 2011-80. 149 p. www.posiva.fi

[7] Ikonen, A.T.K., Aro, L. & Leppänen, V. 2008. Forecasts of Future Terrain and Vegetation Types at Olkiluoto and Implications for Spatial and Temporal Aspects of Biosphere Modelling. *Applied Radiation and Isotopes* 66: 1754-1758.

Maaperän pitkäaikaisen lämmittämisen ja ravinteiden lisäämisen vaikutukset kuusen hienojuuriin sekä kariketuotantoon

Fine root turnover and litter production of Norway spruce under long-term soil warming and nutrient manipulation

Jaana Leppälammi-Kujansuu[1], Maija Salemaa[2], Dan Berggren Kleja[3], Sune Linder[3] ja Heljä-Sisko Helmisaari[1]

[1] Helsingin yliopisto, Metsätieteiden laitos
[2] Metsäntutkimuslaitos, Vantaan yksikkö
[3] Swedish University of Agricultural Sciences

Pohjoisilla leveysasteilla alhaiset lämpötilat ja lyhyt kasvukausi rajoittavat ravinteiden saatavuutta ja sitä kautta puiden kasvua. Ilmastonmuutos tulee ennusteiden mukaan nostamaan keskilämpötiloja ja lisäämään sadantaa erityisesti pohjoisilla leveysasteilla [1], mikä kiihdyttää ravinteiden mineralisaatiota. Miten tämä vaikuttaa boreaalisten havupuiden juuristoihin sekä niiden sienisymbiontteihin, on haastava kysymys, sillä hienojuuret yhdessä mykorritsojensa kanssa vastaavat merkittävästä osuudesta metsämaahan kulkevasta hiilivuosta [2,3]. Sen lisäksi, että ne uusiutuvat nopeasti, niiden sisältämä hiili saattaa säilyä maaperässä kauemmin kuin maanpäällisistä osista peräisin oleva hiili [4]. Tärkeydestään huolimatta metsien hiilenkierron maanalaisia osia on tutkittu paljon vähemmän kuin maanpäällisiä osia, mikä aiheuttaa monia epävarmuustekijöitä metsien hiilenkierron mallintamisessa [5] sekä hiilitaseiden raportoinnissa.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kuusimetsän vuotuista maanalaista ja maanpäällistä kariketuotantoa maaperän pitkäaikaisen, kasvukauden aikaisen lämmittämisen (14-16 vuotta, +5 C°) ja/tai lannoittamisen (22-24 vuotta) jälkeen. Maaperän lämmitys toteutettiin maahan upotetuilla lämmityskaapeleilla ja lannoitus nestemäisenä, puiden kasvun kannalta optimaaliseen lannoitukseen pyrkivällä ravinneliuoksella. Kaikki koealat olivat kasteltuja kuivumisen välttämiseksi. Hienojuurikariketuotanto (juurten läpimitta <1mm) laskettiin jakamalla juuribiomassa [6] juurten elinikäestimaatilla, joka määritettiin miniritsotronimenetelmällä ja parametrisella regressiomallilla, käyttämällä Weibull-jakaumaa. Maanalaista ja maanpäällistä kariketuotantoa verrattiin toisiinsa.

Vertailualoilla juurten elinikä oli sekä pintamaassa että kivennäismaassa noin kaksi vuotta ja vuotuinen kariketuotanto sekä maanpinnan yläpuolella että alapuolella noin tuhat kiloa hehtaarilla. Lämmityskäsittelyn vaikutukset olivat voimakkaimmat kivennäismaassa: lämmittämättömiin vertailualoihin verrattuna hienojuuribiomassa oli merkitsevästi suurempi ja hienojuurten elinikä lyhyempi sekä hienojuurikariketuotanto kolminkertainen. Pintamaassa taas lannoituksen vaikutukset olivat selkeimmät: hienojuurten elinikä oli lyhin ja juuribiomassa suurin, mutta myös puuston pohjapinta-ala oli lähes kaksinkertainen muihin käsittelyihin verrattuna. Vaikka ravinteisuuden lisääntyminen paransi huomattavasti maanpäällistä biomassan tuotantoa, ja sitä kautta maanpäällistä kariketuotantoa, silti maanalainen kariketuotanto kasvoi suhteellisesti enemmän. Sekä lämmitys että lannoitus lisäsivät maanalaista kariketuotantoa maanpäälliseen verrattuna. Kohonnut maaperän lämpötila ja/tai parantunut ravinteiden saatavuus voivat siis lisätä huomattavasti hiilen virtaa metsämaahan ilmastonmuutoksen seurauksena.

[1] IPCC (2007) Climate Change 2007. The physical science basis. Cambridge University Press
[2] Helmisaari H-S et al. (2002) For.Ecol.Management 165: 317-326
[3] Godbold et al. (2006) Plant Soil 281: 15-24
[4] Rasse et al. (2005) Plant Soil 269:341-356
[5] Rantakari et al. (2011) http://www.metla.fi/ghg/pdf/Yasso07-Final-report-updated.pdf
[6] Leppälammi-Kujansuu et al. (2012) Plant Soil, in press

Ojitettujen turvemaiden N_2O-päästöjen, maaperän ominaisuuksien ja mikrobiologisten prosessien yhteys

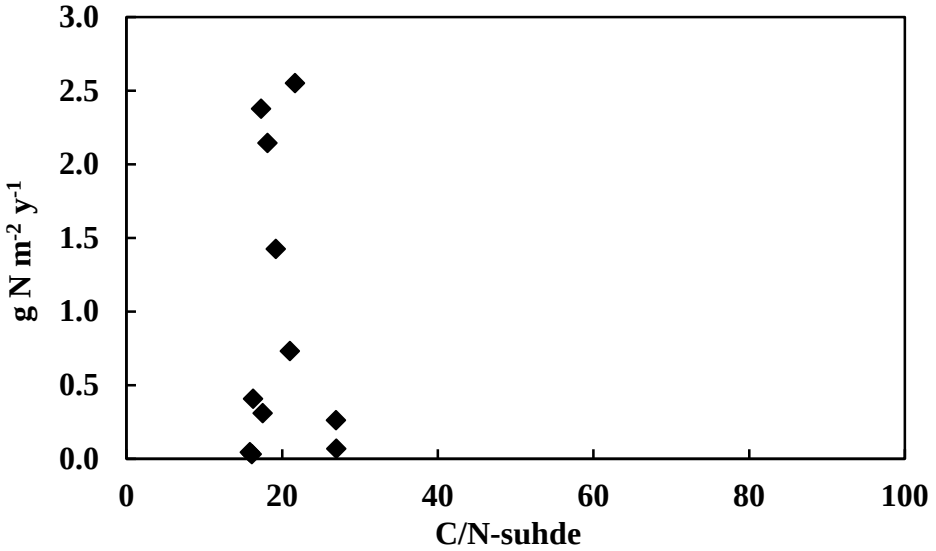
Connection between the N_2O fluxes, soil properties and microbiological processes in drained peat soils

Maarit Liimatainen[1], Pertti J Martikainen[1] ja Marja Maljanen[1]

[1]Ympäristötieteen laitos, Itä-Suomen Yliopisto, PL 1627, 70211 Kuopio
Puh: 040 355 2203, email: maarit.liimatainen@uef.fi

Luonnontilaisilla soilla dityppioksidipäästöt (N_2O) ovat yleensä pienet. Kun suo ojitetaan ja kuivatetaan maanviljelyn tai metsätalouden käyttöön N_2O-päästöt saattavat moninkertaistua[1]. N_2O:n muodostumiseen vaikuttavat lukuisat tekijät ja vuotuisissa N_2O-päästöissä on paljon vaihtelua[1,2]. Useammassa tutkimuksessa on havaittu, että N_2O-päästöt ovat suurimmat orgaanisista maista, joiden hiili-typpisuhde (C/N) on välillä 15-25[3-5]. Tällä optimialueella on kuitenkin suurta vaihtelua N_2O-päästöissä.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin mitkä tekijät C/N-suhteen lisäksi selittävät N_2O-päästöjen suurta ajallista ja paikallista vaihtelua ojitetuilla turvemailla. Tutkimme ojitettuja turvemaita, joiden C/N-suhde on välillä 15-25 (Kuva 1.). Tutkimukseen valittiin erilaisessa maankäytössä olevia turvemaita tarkoituksena tutkia vaikuttaako maankäyttömuoto N_2O-päästöihin. Koska yli 80% vuotuisista N_2O-päästöistä saattaa vapautua talven aikaan[6], valittiin tutkimukseen koealueita, joista N_2O-päästöt on mitattu ympäri vuoden. Kaikkien koealueiden turve on hyvin hajonnutta (von Postin asteikolla 6-10).



Kuva 1. Valittujen koealueiden N_2O-päästöt ja C/N-suhde.

Laboratoriokokeet tehtiin maanäytteillä, jotka oli otettu 11 eri koealueelta Suomessa, Ruotsissa ja Islannissa. Koealueet edustavat viittä erilaista turvemaiden maankäyttötapaa: ojitettu turvemaa, metsä, pelto, hylätty pelto sekä metsitetty pelto. Kymmeneltä koealueelta vuotuiset N_2O-päästöt olivat jo tiedossa. Nämä koealueet käsittävät turvemetsän, kaksi metsitettyä turvepeltoa ja kaksi peltoheittoa Länsi-Suomessa, heinäpellon ja ojitetun turvemaan Islannissa, metsitetyn turvepellon Ruotsissa ja kaksi turvepeltoa Etelä-ja Länsi-Suomessa. Lisäksi valittiin Länsi-Suomesta yksi suometsä, jonka N_2O-päästöä ei vielä

tiedetty. Kyseisellä koealueella N_2O-päästöjä mitattiin 1-3 kertaa kuussa ympäri vuoden toukokuusta 2010 syyskuuhun 2012.

Samat laboratoriokokeet tehtiin kaikkien 11 koealueen maanäytteille. Maan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet selvitettiin kattavasti koealueiden turveprofiileista. Laboratoriossa tutkittiin inkubaatiokokein N_2O:n ja hiilidioksidin (CO_2) muodostumista. Denitrifikaation ja nitrifikaation osuutta N_2O:n muodostumiseen arvioitiin asetyleeni-inhibitiokokein. Maan mikrobibiomassa määritettiin SIR-tekniikalla (substrate induced respiration). Turvemaan mikrobiyhteisön rakennetta tutkittiin fosfolipidirasvahappotekniikalla (PLFA). Typen nettomineralisaation sekä nettonitrifikaation lisäksi selvitettiin bruttomineralisaatio ja bruttonitrifikaatio ^{15}N isotooppileimauskokein. Näytteiden analysointi on vielä kesken, mutta alustavien tulosten perusteella maankäyttömuoto ei selitä suurta vaihtelua N_2O-päästöissä. Loput analyysit valmistuvat vuoden 2012 loppuun mennessä ja julkaisu vuoden 2013 aikana.

Kirjallisuus

[1] Martikainen, P.J., Nykänen, H., Crill, P. and Silvola J. 1993. Effect of lowered water table on nitrous oxide fluxes from northern peatlands. *Nature* 366: 51-53.

[2] Groffman, P.M., Brumme, R., Butterbach-Bahl, K., Dobbie, K.E., Mosier, A.R., Ojima, D., Pape, H., Parton, W.J., Smith, K.A. and Wagner-Riddle, C. 2000. Evaluating annual nitrous oxide fluxes at the ecosystem scale. *Global Biogeochemical Cycles* 14: 1061-1070.

[3] Klemedtsson, L., Von Arnold, K., Weslien, P. and Gundersen, P. 2005. Soil CN ratio as a scalar parameter to predict nitrous oxide emissions. *Global Change Biology* 11: 1142-1147.

[4] Maljanen, M., Sigurdsson, B.D., Guðmundsson, J., Óskarsson, H., Huttunen, J.T. and Martikainen, P.J. 2010. Greenhouse gas balances of managed peatlands in the Nordic countries – present knowledge and gaps. *Biogeosciences* **7**: 2711-2738.

[5] Marushchak, M. E., Pitkämäki, A., Koponen, H., Biasi, C., Seppälä, M. and Martikainen, P. J. 2011, Hot spots for nitrous oxide emissions found in different types of permafrost peatlands. *Global Change Biology*, 17: 2601-2614.

[6] Maljanen, M., Hytönen, J. and Martikainen, P.J. 2010. Cold-season nitrous oxide dynamics in a drained boreal peatland differ depending on land-use practice. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 565-572.

Maaveden nitraattipitoisuuden nouseva trendi kuusikossa alhaisen typpilaskeuman alueella

An increasing trend in nitrate concentration in soil percolation water in a Norway spruce forest under low nitrogen deposition in Finland

Päivi Merilä[1], Kirsti Derome[1] Antti-Jussi Lindroos[2], Seppo Nevalainen[3], Maija Salemaa[2] & Tiina M. Nieminen[2]

Finnish Forest Research Institute Metla, [1]Oulu, [2]Vantaa,[3]Joensuu, Finland, firstname.lastname@metla.fi

The aim of this presentation is to report the trends in pH and NO_3-N in soil percolation water in Finnish forest sites under intensive forest monitoring. In Finland, soil percolation water quality has been monitored since 1996 on 12–18 plots located on Norway spruce, Scots pine and silver birch forest sites as a part of ICP Forests Level II Programme. Soil percolation water has been collected at 2–4-week intervals during the snow-free period using zero tension lysimeters. Five lysimeters have been located at three depths: 5, 20, 40 cm below the soil surface. Percolation water samples were analyzed monthly for pH, NH_4-N, NO_3-N, SO_4-S, base cations and aluminium. In general, no dramatic changes or strong trends could be found in pH values during the monitoring period. However, some of the plots showed a weak decreasing trend in pH. This decrease is most probably related to the natural acidification due to aging of the tree stand. The NH_4-N and NO_3-N concentrations were generally very low, with few exceptions. A spruce plot located in central Finland in Juupajoki showed a steadily increasing trend in NO_3-N concentration still in the depth of 40 cm (Fig. 1) despite the relatively low N deposition (ca. 300 mg m^{-2} a^{-1}). The relationship between nitrate leaching and the condition of the tree stand is discussed.

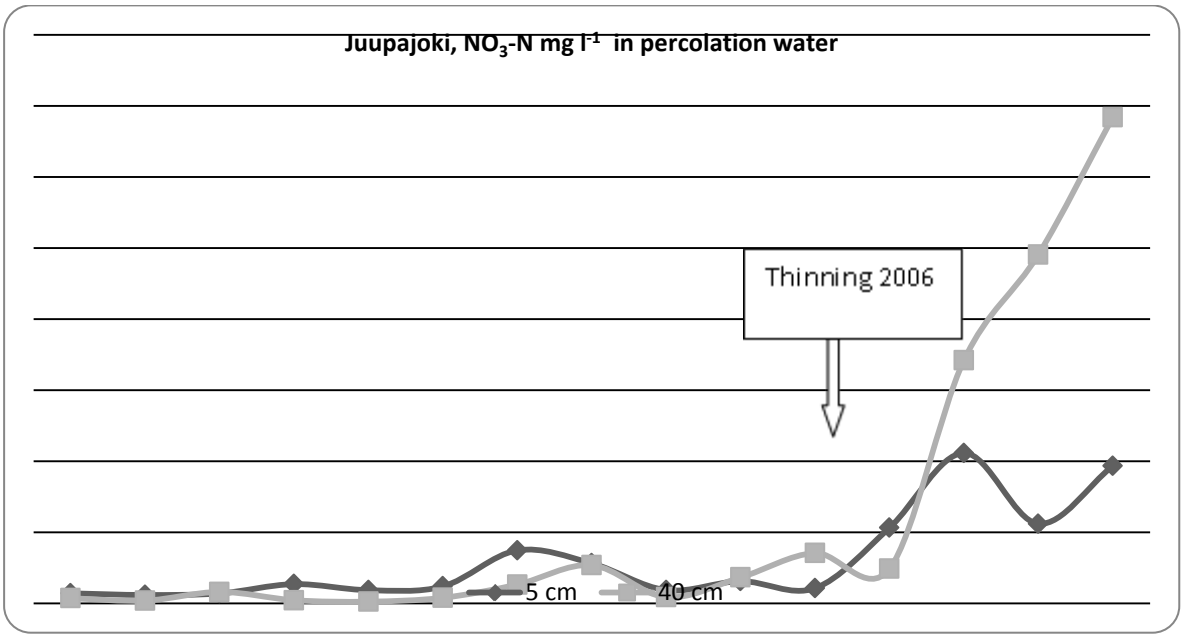


Figure 1. The yearly means of nitrate concentration during 1996-2010 in percolation water at depths of 5 and 40 cm in Juupajoki.

Turvetuotannossa olleen sulfaattimaapohjaisen pellon ominaisuuksia

Characteristics of a former peat mining area with an acid sulfate subsoil

Jaakko Mäkelä ja Markku Yli-Halla

Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

Pärnänsuo on Joensuussa mustaliuskevyöhykkeellä sijaitseva sulfaattimaapohjainen turvesuo, jolta on otettu turvetta vuodesta 1979 viime vuosiin asti. Turpeennoston loputtua on suo otettu yksityiseen viljelykäyttöön vuonna 2011. Suolla on aiemmin kasvatettu ruokohelpeä, mutta tulevaisuudessa alueella tullaan todennäköisimmin viljelemään lähinnä kauraa. Toukokuussa 2012 suolla tehtiin kenttämittauksia ja otettiin maanäytteitä tutkimukseen, jonka tarkoituksena on arvioida alueen viljelyominaisuuksia ja mahdollista hapanta valuntaa ympäröiviin vesistöihin. Maasta mitattiin pH, redox-potentiaali ja johtoluku kolmesta syvyydestä. Turvekerroksen paksuuden vaihtelun takia ei mittauksia voitu tehdä tarkalleen samoista syvyyksistä, vaan ne tehtiin pintamaasta (turvetta tai multamaata), muokkauskerroksen alareunasta (turvetta tai kivennäismaata) ja pohjamaasta (kivennäismaata). Laskuojien vedestä mitattiin pH ja liukoisen raudan pitoisuus. Laboratoriossa maanäytteillä tehtiin inkubaatio- ja huuhtelukokeita, joiden tarkoituksena oli selvittää, onko maassa jäljellä sulfideja ja kuinka paljon sulfidien hapettumistuotteita maasta voi huuhtoutua. Pintamaanäytteille tehtiin viljavuusanalyysi.

Turpeenoton päätyttyä jäljellä olevan turvekerroksen paksuus vaihteli voimakkaasti: osalla alueesta orgaanista kerrosta ei ollut ollenkaan, ja jossain kohti paksuutta oli enemmän kuin metri. Alue oli kauttaaltaan erittäin hapan, alimmillaan pintamaan pH oli ~2,8, ja korkeimmillaankin vain ~3,7. Viljellyn peltoalueen vieressä olleelle, nuorta koivikkoa kasvavalle alueelle kaivettiin kuoppa, josta tehtiin maannostumiseen liittyviä havaintoja. Kuoppaan tihkuva vesi oli hyvin rautapitoista (250-500 mg/l), ja avo-ojien veden pH oli tyypillisesti 3,2.

Vaikka turvekerroksen alla ollut kivennäismaa oli jo näytteenottohetkellä hapanta (pH 2,9 – 5,5), sen pH laski inkubointikokeissa edelleen ja saavutti minimi-pH:n 2,63 (vaihtelu välillä 2,63 – 3,30). Voimakkainta lasku oli niillä pohjamailla, joiden päällä oli pellolla ollut niitä hapettumiselta suojannut paksu turvekerros. Tulokset osoittavat pohjamaan maanäytteissä olleen jäljellä pelkistynyttä rautasulfidia, jonka hapettuminen laski pH:ta. Huuhtelukokeissa mitatut sähkönjohtavuudet olivat varsin korkeita, mittatulosten noustessa paikoitellen yli 2.9:ään dS/m (johtoluku 29).

Oletusta rikkisulfidin olemassaolosta tukee myös viljavuusnalyysin tulos, jonka mukaan tutkituilla mailla rikin pitoisuus vaihteli välillä ~88 mg/l - 4400 mg/l. Huomattavan korkea pitoisuus viljavuusanalyysissä todettiin myös paikoitellen mangaanilla, jota maassa oli 30 – 3900 mg/l.. Viljavuustutkimuksen tulkinnan mukaan arveluttavan korkean rikkipitoisuuden alaraja on 150 mg/l, ja mangaanin 1000 mg/l. Tutkittujen maiden helppoliukoisen fosforin pitoisuus vaihteli välillä 1,5 – 6,1 mg/l (viljavuusluokka huono – välttävä). Kalsiumpitoisuus oli 500 – 2800 mg/l, pääpainon ollessa matalissa pitoisuuksissa Kaliumin pitoisuus oli viljavuusluokkien huono (7,7 mg/l), ja tyydyttävä (85 mg/l) välillä. Viljavuusanalyysin mukaiset maalajit olivat Ct, LCt, ja Mm.

Laskevien pH-arvojen, korkeiden johtolukujen ja liukoisen raudan pohjalta voidaan arvioida alueella olevan suuri kalkitustarve, jotta sieltä voi saada normaaleja satoja. Myös valumavedet vaativat neutralointia, jos alueelta tulevaa happamuuskuormitusta ympäröiviin vesistöihin halutaan hillitä. Inkubaatio- ja huuhtelukokeiden arvojen nopean tasoittumisen ja alueen

käyttöhistorian pohjalta voidaan kuitenkin arvioida, että suurin osa kuivatussyvyydellä olevasta sulfidista on jo hapettunut, eikä happamoitumista voida enää hillitä pohjaveden pintaa korottamalla. Huomattava osa happokuormasta on todennäköisesti jo poistunut niiden kolmen vuosikymmenen aikana, jolloin suo on ollut ojitettuna ja turpeenoton piirissä.

Kiitämme Suoviljelysyhdistys ry:tä tutkimusta varten saamastamme apurahasta.

Toimintamalli orgaanisten lannoitevalmisteiden ja biostimulanttien vaikutusten arvioimiseksi kasvien kasvuun ja ravitsemukseen

Procedure to assess impacts of organic fertilizer products and biostimulants on plant growth and nutrition

Ansa Palojärvi[1], Sanna Kukkonen[2], Mauritz Vestberg[2], Liisa Maunuksela[3], Päivi Parikka[1] ja Tapio Salo[1]

[1] MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen
[2] MTT, Kasvintuotannon tutkimus, 41330 Vihtavuori
[3] Elintarviketurvallisuusvirasto Evira, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki

Organic fertilizers, biostimulants and other soil improvers are a potential source of nutrients and enhanced growth for agricultural crops. Recently, the fluctuations in global markets have increased variation in prices of fertilizers and agricultural products. The interest for new fertilizer products and plant growth promoting biostimulants that are often either recycled from municipal waste or functioning in new and complicated ways has increased in recent years. Thus, the controlled use of new fertilizer products has become one of the main concerns in agriculture. In Finland, the legislation of fertilizer products was renewed in 2006-2007. During this period, the areas of research and monitoring needs were indicated.

The aim of the study is to develop a test system for organic fertilizer products and biostimulants. Further, the goal is to present guidelines for assessment of new products. The test system is specially targeted to facilitate the national authority for national registration process on national market, In addition, the users and manufactures of organic fertilizers and soil improvers can benefit from the developed methods. The focus is on the analyses of chemical and biological composition of the products, the methods to analyze the main properties and growth promotion, and the instructions for safe use. Special focus is on the availability of nitrogen and phosphorus from organic sources. Biological composition will be studied by microbiological and molecular biological methods. The results from laboratory analysis are calibrated against laboratory incubations, pot and field experiments.

Sijaintipaikka, maan syvyys vai maataloustoimenpiteet – mikä vaikuttaa peltomaan mikrobiyhteisöihin?

Site, soil depth or management – what matters for arable soil microbial communities?

Timo Sipilä[1], Kim Yrjälä[1], Laura Alakukku[2] ja Ansa Palojärvi[3]

[1] Helsingin yliopisto, Biotieteiden laitos
[2] Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos
[3] MTT (Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus), Kasvintuotannon tutkimus, 31600 Jokioinen

Soil microbial communities are surely affected by site variation, soil characteristics, depth and management. One fundamental question in soil microbial ecology is, however, what contributes most to the structure of microbial communities in a certain ecosystem. Arable soil microbial communities display significant cross site variation hampering the generalization of the results obtained from single field studies. The major hypothesis of this study is that management and depth significantly determine the microbial community structures.

We took the benefit of cross site experimental setup to infer more universal trends. Microbial community structures from depth 0-5, 5-10 and 10-20 cm were resolved in a unique cross site experimental set up of six arable fields with long term pairwise no-till and till treatment. Bacterial 16S rRNA genes and fungal ITS regions were sequenced using 454 FLX Titanium pyrosequencing, producing 195 977 16S rRNA tags and 89 660 ITS regions tags and analyzed with mothur and scata server. This data set was compared to microbial PLFA, T-RFLP fingerprinting results and to soil characteristics in each site.

The pairwise experimental setup enabled demonstration of treatment and depth effect to the communities despite of high variation between the sites. The comparisons included most abundant fungal and bacterial genera in the sites (with more than hundred sequence tags) containing 88% and 82% from all bacterial and fungal sequences, respectively. This comparison revealed depth and treatment effects to the microbial community structures. In no-till treatment the depth was clearly the major definer of bacterial communities. Half of the taxa classified to genus level were impacted by depth (0-5 vs. 10-20 cm) ($p<0.15$) contrasted to till treatment, where only 15 % taxa were affected.

Surface soil bacterial communities in no-till treatment (separated by hundreds kilometers in distance) are more similar to each other than to the communities in depth 10-20 cm (separated by ten centimeter). Management changed the relative abundance of 27, 15 and 36% bacterial taxa ($p<0.15$) with depth (0-5, 5-10 and 10-20 cm respectively). Fungal community structures displayed much higher site specificity than bacterial communities and treatment and depth related changes were limited to the restricted number of genera. Presence of Glomeromycota sequences in 454 libraries correlated with the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi fatty acid markers (NLFA 16:1ω5/PLFA 16:1ω5)(r 0.81 $p<0.001$) in the soils. The relative abundance of Proteobacteria in 454 libraries correlated with abundance of fungal biomass PLFA markers (18:2) (r 0.68 $p<0.01$). Clay content was linked to the relative abundance of Gemmatimonadetes in the soil (r 0.73 $p<0.01$).

These results demonstrate that it is possible to find apparent general trends from diverse soil microbial communities with careful cross site experimental design and next generation sequencing based community analysis.

Metsäojitetun suon ennallistamisen mikrobiologiset indikaattorit

Microbiological indicators of restoration succession of forestry-drained peatlands

Anuliina Putkinen[1,2], Heli Juottonen[1,2], Eeva-Stiina Tuittila[3,4], Krista Peltoniemi[1], Anne Tolvanen[5], Tero Tuomivirta[1], Kim Yrjälä[2] ja Hannu Fritze[1]

[1] Metsäntutkimuslaitos, Etelä-Suomen alueyksikkö, Vantaa, anuliina.putkinen@metla.fi
[2] Biotieteteiden laitos, Helsingin yliopisto
[3] Metsätieteiden laitos, Helsingin yliopisto
[4] Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto, Joensuu
[5] Metsäntutkimuslaitos, Pohjois-Suomen alueyksikkö, Oulu

Yli puolet Suomen suoalasta on ojitettu metsätalouden käyttöön [1]. Huomattava osa ojitetuista soista ei silti ole tuottanut toivottua puuston kasvua ja näitä alueita pyritäänkin yhä enemmän ennallistamaan kohti luonnontilaista ekosysteemiä. Tavoitteena on palauttaa alueille korkea vedenpinta ja samalla mm. suo ns. hiilinieluksi. Tällöin ilmakehän hiilidioksidia (CO_2) sitoutuu turpeeseen enemmän kuin hiilidioksidia ja hapettomassa hajotusketjussa syntynyttä metaania (CH_4) vapautuu ilmakehään. Metsäojitettujen soiden ennallistamiskehitystä seurataan useimmiten kasvillisuuden ja hydrologian muutoksien kautta. Vaikutuksia hiilen kiertoon on tutkittu verrattain vähän [2, 3, 4]. Varsinkin ennallistamiseen ja hiilen kiertoon liittyvistä mikrobiologisista muuttujista tarvitaan lisää tietoa.

Tässä työssä selvitettiin, miten suon ojitus ja ennallistaminen vaikuttaa mikrobiyhteisöihin ja niiden toimintaan erityisesti metaanikierrossa. Tutkimuskohteena oli nuoria sarasoita Pohjois-Pohjanmaan maannousemarannikolla (Siikajoki, 64°45´N, 24°42´E). Mukana oli kaksi ojitettua, ennallistettavaa alaa, kaksi ojitettua, ei-ennallistettavaa alaa sekä kaksi luonnontilaista kontrollialaa. Ojitetuista aloista kaksi oli säilynyt avoimena ja kahdelle oli kasvanut jonkin verran puustoa, jota poistettiin ennallistamisen yhteydessä. Näytteitä otettiin juuri ennen ennallistamista (2008) sekä kaksi vuotta ennallistamisen jälkeen (2010).

Metaania tuottavia arkkeja eli metanogeeneja ja metaania hapettavia bakteereita eli metanotrofeja analysoitiin niille ominaisten funktionaalisten merkkigeenien avulla (*mcrA* ja *pmoA*). Näiden geenien kvantitoinnin perusteella ennallistaminen nosti sekä metanogeenien että metanotrofien määrää. Metaanimikrobien DNA-sormenjälkien analysointi (*mcrA*-TRFLP ja *pmoA*-DGGE) ei näyttänyt muutoksia yhteisöjen rakenteessa. Sen sijaan laajemmin mikrobiyhteisöjä kuvaavat fosfolipidirasvahappojen profiilit (PLFA) näyttivät selviä muutoksia ennallistetuilla aloilla kontrolleihin verrattuna. Lisäksi sienten määrä suhteessa bakteereihin sekä mikrobibiomassa oli kasvanut erityisesti puustoisella ennallistetulla alalla. Useiden mittausajankohtien perusteella veden pinnat nousivat ennallistamisen seurauksena. Nuorille soille ominainen hetkellinen vedenpinnan vaihtelu näkyi silti näytteenottoajankohtina siten, että vesitasot olivat korkeammalla ennen ennallistamista. Tällä oli vaikutusta potentiaaliseen metaanin ja hiilidioksidin tuottoon sekä metaanin hapetukseen, joissa mahdolliset ennallistamisvaikutukset peittyivät näytteenottoajankohtien vaikutuksen alle.

Yleisesti ottaen ennallistamisen mikrobitason vaikutukset olivat selvimpiä puustoisella alalla. Avoin ennallistettu ala oli lähempänä luonnontilaista jo ennen ennallistamista. Ennallistamiskehityksen seuraamiseen tuntuisi soveltuvan tämän työn menetelmistä parhaiten fosfolipidirasvahappojen analyysi, jolla saatiin esiin yllättävän suuria yhteisömuutoksia jo kaksi vuotta ennallistamisen jälkeen. Myös DNA-pohjaisilla metodeilla saatiin esiin pitempiaikaisia muutoksia.

Kirjallisuus

[1] Paavilainen, E. ja Päivänen, J. 1995. Peatland Forestry - Ecology and Principles. *Ecological Studies* 111. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

[2] Komulainen, V.M., Nykänen, H., Martikainen, P.J. ja Laine, J. 1998. Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions from peatlands drained for forestry in southern Finland. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 402-411.

[3] Komulainen, V.M., Tuittila, E.-S., Vasander, H. ja Laine, J. 1999. Restoration of drained peatlands in southern Finland: initial effects on vegetation change and CO_2 balance. *Journal of Applied Ecology* 36: 634-648.

[4] Juottonen, H., Hynninen, A., Nieminen, M., Tuomivirta, T.T., Tuittila, E.-S., Nousiainen, H., Kell., D.K., Yrjälä, K., Tervahauta, A. ja Fritze., H. 2012. Methane-cycling microbial communities and methane emission in natural and restored peatlands. *Applied and Environmental Microbiology* 78: 6386-6389.

Maatalouden menetelmien hiilensidonta kahdella tutkimusalueella Etiopiassa

Carbon sequestration by climate smart agriculture in Ethiopia

Karoliina Rimhanen[1], Helena Kahiluoto[1], Markku Yli-Halla[2] ja Elise Ketoja[1]

[1]Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, karoliina.rimhanen@mtt.fi, helena.kahiluoto@mtt.fi, elise.ketoja@mtt.fi
[2]Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, markku-yli-halla@helsinki.fi

Johdanto

Maatalouden menetelmin on mahdollista samaan aikaan parantaa maatalouden tuottavuutta ja sietokykyä ilmastonmuutoksen vaikutuksille sekä hillitä ilmastonmuutosta [1]. Tutkimuksen tarkoitus oli arvioida maatalouden parannettujen menetelmien mahdollisuus sitoa hiiltä maaperään yhdessä Saharan eteläpuolisen Afrikan ruokaturvattomimmista maista Etiopiassa. Tutkittaviksi valittiin maatalouden menetelmiä, joilla oletettiin olevan parhaat mahdollisuudet maan hiilivaraston lisäämiseen. Tällaisia menetelmiä olivat 1) laidunnukselta suojelu ja 2) viljelyterassit Pohjois-Etiopiassa ja 3) peltometsäviljely Keski-Etiopiassa.

Aineisto ja menetelmät

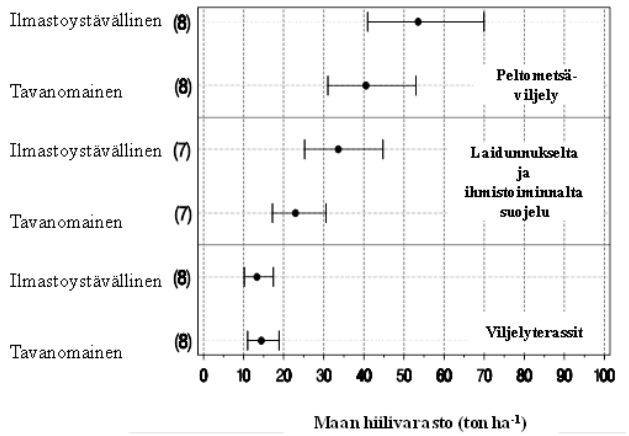
Etiopiasta valittiin kaksi ruoantuotannon kannalta tärkeää aluetta, jotka poikkesivat toisistaan sekä agroekologisilta että sosioekonomisilta piirteiltään. Agroekologisia eroja edustivat sadanta, lämpötila, viljelyhistoria ja maan kuluneisuus ja sosio-ekonomisia eroja asutuksen historia, väestöpaine ja tilakoko sekä etäisyys markkinoista. Tutkittavilta alueilta valittiin 7-8 lohkoa, joilla oli pisimpään harjoitettu parannettuja menetelmiä sekä niiden viereiset, ympäristön ja maan suhteen mahdollisimman samanlaiset lohkot, joita oli viljelty perinteisin menetelmin. Parannettujen menetelmien käytössä oloajat vaihtelivat viidestä 20 vuoteen. Maan hiilipitoisuus ja tilavuuspaino mitattiin näiltä peltolohkopareilta. Jokainen peltolohko jaettiin kolmeen alalohkoon näytteenottoa varten, jotta lohkojen sisäistä heterogeenisyytta voitiin tutkia. Näytteenottosyvyys oli 0-15 cm.

Tulokset

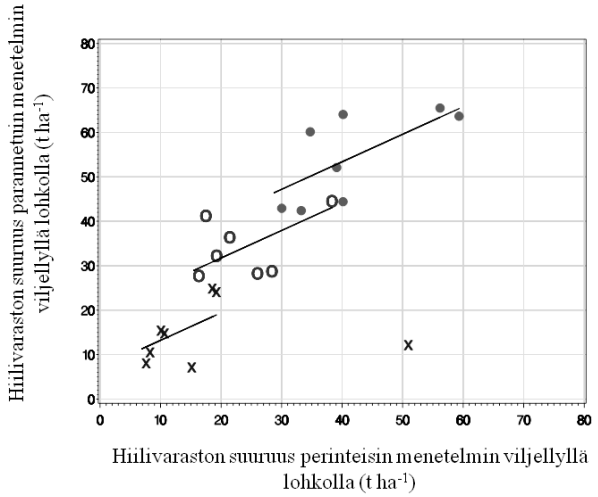
Perinteisesti viljeltyihin lohkoihin verrattuna peltometsäviljellyillä lohkoilla hiilivarasto oli keskimäärin 13 t ha^{-1} (p=0,09) suurempi, laidunnukselta suojelluilla alueilla 11 t ha^{-1} (p=0,03) suurempi ja viljelyterasseilla 1 t ha^{-1} pienempi (p=0,61) (Kuva 1). Vastaavat erot suhteutettuna parannettujen menetelmien käytössä olovuosiin olivat seuraavat: peltometsäviljelyssä +1,6 t ha^{-1} ($p<0,005$), laidunnukselta suojelluilla alueilla +0,9 t ha^{-1} (p=0,02) ja terassiviljelyssä -0,3 t ha^{-1} (p=0,68). Pareittaisten lohkojen asetelmasta johtuen parannettujen menetelmien lohkojen hiilivarastojen suuruudet riippuivat perinteisten lohkojen hiilivarastojen suuruuksista. Jälkimmäisten lisääntyessä yhdellä yksiköllä (t ha^{-1}) parannettujen menetelmien lohkojen hiilivarastot lisääntyivät keskimäärin 0,6 yksiköllä (Kuva 2). Laidunnukselta suojelluilla lohkoilla maan hiilivaraston suuruus oli keskimäärin 12 t ha^{-1} suurempi kuin viljelyterasseilla (p=0,01) (suorien tasoero kuvassa 2). Peltometsäviljellyillä lohkoilla hiilivaraston suuruus oli keskimäärin 9 t ha^{-1} suurempi kuin vapaalta laidunnukselta suojelluilla lohkoilla (p=0,07).

Tulosten tarkastelu

Peltometsäviljelyssä vähäinen muokkaus ja monikerroksinen juuristo sekä puiden lehtien palautuminen maaperään vähentävät eroosiota ja lannan käytön ohella kasvattavat maan eloperäisen hiilen varastoa [2]. Vapaalta laidunnukselta suojelluilla lohkoilla eläinten pääsyn estäminen sekä maan muokkaamattomuus vähentävät hiilen vapautumista maaperästä. Kasvillisuuden tehokas uudistuminen ja puiden lehtien ja muun kasvillisuuden palautuminen maaperään kasvattaa eloperäisen aineen varastoja [3]. Viljelyterassien ja



Kuva 1. Keskimääräinen hiilivaraston koko ilmastoystävällisin ja tavanomaisin menetelmin viljellyissä peltolohkopareissa. Janojen pituudet havainnollistavat 95 % luottamusvälejä. Suluissa olevat luvut ovat lohkoparien lukumääriä.



Kuva 2. Tavanomaisin ja ilmastoystävällisin menetelmin viljellyiden peltolohkojen hiilivaraston kokojen positiivinen yhteys. Ylin viiva kuvaa peltometsäviljelyn, keskimmäinen laidunnukselta ja ihmistoiminnalta suojelun ja alin viljelyterassien lohkoparien yhteyttä.

perinteisin menetelmin viljeltyjen peltojen keskimääräiset hiilivarastojen suuruudet eivät poikenneet toisistaan. Tämä saattaa johtua siitä että terassien perustamisvaiheessa terassin tasanteelle on sekoittunut yläpuolisesta rinteestä pohjamaata, jonka hiilipitoisuus on pintamaata alhaisempi. Myös maan jatkuva muokkaaminen, lannan vähäinen käyttö ja terassien sortuminen heikentävät hiilivaraston kertymistä. Johtopäätöksemme on, että peltometsäviljely ja laidunnukselta suojelu näyttävät lisänneen maan hiilivarastoa perinteisiin viljelymenetelmiin verrattuna. Sen lisäksi, että kasvanut eloperäisen hiilen varasto parantaa maan tuottavuutta, voi maatalouden menetelmien hiilivarastovaikutusten empiirinen arviointi edesauttaa pienviljelijöiden hiilimarkkinoille pääsyä ja täten osaltaan mahdollistaa huomattavia rahavirtoja pohjoisen teollisuusmaista etelän kehitysmaihin.

Kirjallisuus

[1] Godfray, H.C.J., Pretty, J., Thomas, S.M., Warham, E.J. and Beddington, J.R. 2011. Linking Policy on Climate and Food. *Science* 331:1013-1014.

[2] Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76:1-10.

[3] Mengistu, T., Teketay, D., Hulten, H., Yemshaw, y. 2005. The role of enclosures in the recovery of woody vegetation in degraded dryland hillsides of central and northern Ethiopia. *Journal of Arid Environments* 60: 259-281.

Maan fosforitilan muutokset pitkäaikaisessa viljelyssä

Changes in soil phosphorus status in long-term cultivation

Into Saarela

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT, 31600 Jokioinen

Johdanto

Suomen maaperässä on runsaasti alkuperäistä luonnon fosforia (P), jonka päämuotoja ovat sulasta kiviaineksesta kiteytynyt vaikealiukoinen apatiitti ja hyvin hitaasti hajoavat orgaaniset yhdisteet. Viljelymaihin lannasta ja lannoitteista kertynyt P on kasvattanut alumiini- ja rautayhdisteisiin pidättynyttä fraktiota, joka on tärkein kasvien P-lähde ja voi vapautua eroosioaineksesta levien käyttöön. Maan P:n kokonaismäärää ja kemiallisia fraktioita on Suomessa analysoitu edustavista näyteaineistoista jo 80 vuoden ajan. Poster-esitys on yhteenveto kirjallisuustutkimuksesta, jossa tarkasteltiin P:n kertymistä positiivisen P-taseen seurauksena sekä maan P-varoja ja niiden muutoksia [1]. Vanhoja tutkimuksia täydennettiin laskemalla viljavuustutkimuksen P-luvun ja labiilin P:n suhteita MAVERO-hankkeessa kerätystä vahvasti rikastetusta maa-aineistosta [2] ja maan P-luvun muutoksia monivuotisissa kenttäkokeissa eri P-tasoilla [3,4].

Laskettu kertymä ja viljavuustutkimuksen P-luvun muutos

Suomen peltojen P-tase on ollut ylijäämäinen 1940-luvulta saakka, mutta kertymä näkyi maan P-luvuissa vasta pari vuosikymmentä myöhemmin. Viive johtui vähäravinteisen jankon sekoittumisesta syvenevään kyntökerrokseen traktorien tullessa hevosparien tilalle auran vetäjiksi sekä uuden pellon raivauksesta. Suomen peltojen keskimääräinen P-luku 12 mg/l vastaa 30 kg/ha 0,25 metrin syvyisessä kerroksessa eli runsasta prosenttia maan kokonaisfosforista. Viljavuustutkimusten yleistyessä 1950-luvun alussa lannoitetun mullan syvyys oli keskimäärin ainakin neljännestä matalampi ja sen P-luku alle puolet nykyisestä. Kun P-taseen mukaan laskettu pitkän ajan kertymä lähentelee yhtä tonnia hehtaarille, uuttuvan P:n lisäys, noin 20 kg/ha, vastaa runsasta kahta prosenttia peltojen P-varojen kasvusta. Nykyisin viljeltyjen alueiden kertymää on pienentänyt jonkin verran rikastettujen peltojen uudelleen metsitys ja jääminen tie- ja rakennusalueiden alle. 1990-luvulla metsitettyjen peltojen P vastasi noin 40 kiloa jokaista maamme viljeltyä hehtaaria kohti [1].

Maan P-fraktioiden muutokset

Viljelymaiden P-varat ovat kasvaneet suhteellisesti nopeimmin turvemaissa, joiden luonnostaan hyvin niukat epäorgaaniset P-varat, runsaat sata kiloa hehtaarilla, ovat olleet viljellyillä suopelloilla noin seitsenkertaiset verrattuna viljelemättömiin soihin. Luonnontilaisten turpeiden fosforista noin neljä viidesosaa on orgaanisina yhdisteinä. Kivennäismaidenkin luonnon fosforista runsas kolmannes eli keskimäärin kuusisataa kiloa hehtaarilla on orgaanista. Epäorgaanista fosforia kivennäismaissa on luonnostaan runsas tonni hehtaarilla, mutta vain neljännes siitä eli 250 kg/ha on labiilissa muodossa pidättyneenä alumiini- ja rautayhdisteiden pinnoille, joiden pidätyskapasiteetista vain pari prosenttia on kyllästetty, kun vastaava osuus Euroopan karjatalousalueilla kymmenkertainen. Viljellyissä kivennäismaissa labiilia fosforia oli jo viisikymmentä vuotta sitten Kailan suurehkossa aineistossa keskimäärin kaksinkertainen määrä eli 500 kg/ha ja runsaat kolmekymmentä vuotta sitten tutkituissa koekentissä runsaat 800 kg/ha eli yli kolminkertaisesti luonnontilaisiin maihin verrattuna [1,3].

Maan P-luvun suhde labiiliin fosforiin vahvasti rikastetuilla mailla

MAVERO-tutkimuksessa P:n huuhtoutumisriskin tutkimista varten kerätystä vahvasti rikastetusta maa-aineistosta määritettiin viljavuustutkimuksen P-luvun ohella labiilin P:n sekä sitä pidättävien alumiinin ja raudan pitoisuudet, joiden suhteesta maan P:n liukoisuus paljolti

riippuu. Maan P-luvun määrityksessä käytettävä hapan asetaattiuutto on lisäksi herkkä pH-luvulle; P-luvut kasvavat pH-luvun kasvaessa yli 6.0:n, nopeimmin pH-välillä 6.5 ja 7.2. Fosfaatti-ioneja pidättävien alumiini- ja rautayhdisteiden pitoisuus ja siitä riippuva pidätyskapasiteetti kasvavat maan hienouden mukana. Kun maan P-luku oli 50 mg/l, kohtalaisen happamilla savimailla (pH 6.0) labiilin P:n tyypillinen määrä oli viisi tonnia hehtaarilla, eli yksi P-luvun yksikkö vastasi 100 kg P/ha. Suurimmillaan labiili P-fraktio oli vielä suurempi, mutta neutraaleilla savilla huomattavasti pienempi ja kaikkein pienin neutraaleilla karkeilla mailla[2].

Maan P-luvun kehitys monivuotisissa viljelykokeissa P-taseilla nolla ja +31 kg/ha

P-lannoituskokeissa [3] kolmen vuoden välein mitatuista maan P-luvuista määritettiin P-tasetta nolla vastaavat arvot ja verrattiin niiden trendejä kokeen alun P-lukuihin. Kun lannoituksen ja sadon P-sisältö olivat yhtä suuret, viljavuustutkimuksessa happamaan asetaattiin uuttuvan fosforin pitoisuus ei juuri muuttunut maan P-luvun ollessa kokeen alussa alhainen, mutta korkeat P-luvut laskivat. P-luvun muutosta prosentteina vuotta kohti (y) suhteessa kokeen alun P-lukuun (x) selitti merkittävästi seuraava trendi:

$$y = 0.149 – 0.0482x$$

Yhtälön mukaan y = 0, kun x = 3,1, ja y = -1, kun x = 23,1. Jälkimmäinen tapaus vastaa P-lukua 20.8 kymmenen vuoden kuluttua. P-luvun ylläpitoon olisi tarvittu runsaan kymmenen kilon vuotuinen ylijäämä pellon P-taseessa. Yksittäiset koekentät poikkesivat trendistä yli prosentilla. Parilla eloperäisellä maalla liukoisen P:n hävikki oli alhaiselta lähtötasolta suurempi, mikä vastaa eloperäisten maiden P-lukujen huomattavaa pienenemistä uusimmissa viljavuustutkimuksissa.

Useimmilla koepaikoilla P-kokeen rinnalla tehdyissä kaliumlannoituskokeissa [4] koko koealalle levitetty P-määrä 45 kg/ha merkitsi P-taseen ylijäämää +31 kg/ha. Keskimäärin 12-vuotisten kokeiden alussa (x) ja lopussa (y) määritettyjen P-lukujen suhde oli karkeilla mailla ja savimailla seuraavien yhtälöiden mukainen:

Savimaat: $y = 3{,}38 + 0.751x$ *Karkeat maat:* $y = 4.23 + 1.146x – 0.0074 x^2$

Savimailla alun ja lopun P-luvut olivat trendin mukaan yhtä suuria, kun P-luku oli 13,3 mg/l. Uuttuvaa fosforia oli tällöin pidättynyt melkein 400 kg/ha. Karkeilla mailla P-luku ei muuttunut kokeen aikana, kun se oli alussa 36,0 mg/l. Savimaiden ryhmässä oli kaksi kohtalaisen hapanta koealuetta, joiden rinnalla ei ollut P-koetta, ja joiden P-luku pysyi tasolla 10 mg/l P-taseen ollessa +32 kg/ha.

Kirjallisuus

[1] Saarela, I. 2002. Phosphorus in Finnish soils in the 1900s with particular reference to the acid ammonium acetate soil test. *Agric Food Sci Finl* 11, 4: 257–271.

[2] Sippola, J. ja Saarela, I. 1992. Suomen maalajien fosforinpidätysominaisuudet ja niiden merkitys vesien kuormituksen kannalta. *Vesihall. monistesarja* 359: 27–36.

[3] Saarela, I., Järvi, A., Hakkola, H., ja Rinne, K. 2004. Phosphorus status of diverse soils in Finland as influenced by long-term P fertilisation. 2. Changes in soil test values in relation to P balance with reference to incorporation depth of residual and freshly applied P. *Agricultural and Food Science* 13, 3: 276–294.

[4] Saarela, I. Huhta, H., Salo, Y. ja Sippola, J. 1998. Kaliumlannoituksen porraskokeet 1977–1994. *Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja.* Sarja A 42: 41 p. + 1 liite.

Maan voimakkaan tiivistämisen pitkäaikaiset vaikutukset hietasavimaan muokkauskerroksen kaasunkuljetusominaisuuksiin

Persistent effects of heavy soil compaction on the gas transport properties in the topsoil of a clay loam

Asko Simojoki[1], Minna Mäkelä[1] ja Laura Alakukku[2]

[1]Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, PL 27 (Maaperä- ja ympäristötiede, Latokartanonkaari 11), 00014 Helsingin yliopisto, asko.simojoki@helsinki.fi
[2]Maataloustieteiden laitos, PL 28 (Agroteknologia, Koetilantie 5), 00014 Helsingin yliopisto

Maan tiivistäminen vähentää suurten maahuokosten määrää, lisää veden pidättymistä ja hidastaa veden ja kaasujen liikkumista maassa. Tämä voi aiheuttaa hapenpuutetta ja kasvien kasvun heikkenemistä. Yleensä pintamaan rakennevaurioiden ajatellaan pääosin korjaantuvan luonnollisten prosessien ja maan muokkauksen ansiosta muutamassa vuodessa, mutta tiivistyneen pohjamaan muutokset voivat säilyä muuttumattomina vuosikymmeniä [1]. Tässä tutkimuksessa tutkittiin maan tiivistämisen vaikutuksia hietasavimaan muokkauskerroksen kaasunkuljetusominaisuuksiin osana yhteispohjoismaista tutkimusprojektia, jossa tutkitaan maan tiivistämisen pitkäkestoisia vaikutuksia maan toiminnallisuuteen [2].

Kaasun suhteellista diffuusiokerrointa (D/D_0), ilmanläpäisevyyttä (k_a) ja ilmatilaa maaveden eri matriisi-imuissa (1, 10 ja 100 kPa) mitattiin rakenteellisista maanäytteistä, jotka oli otettu 15 cm syvyydeltä vertikaalisesti ja horisontaalisesti toukokuussa 2012 Jokioisista koekentältä, jossa osa koeruuduista oli tiivistetty voimakkaasti neljään kertaan (19 Mg teliakselilla) 30 vuotta aiemmin syksyllä 1981. Tiivistyksen jälkeen pintamaata on muokattu säännöllisesti kyntämällä tai sänkimuokkauksella vuoteen 2009 asti, jolloin kentällä siirryttiin suorakylvöön. Tämän vuoksi muokkauskerroksen rakenteen odotettiin olevan suurin piirtein samanlainen tiivistämättömässä maassa ja kontrollissa (ei voimakasta tiivistyskäsittelyä).

Odotusten mukaisesti tiivistyskäsittelyn vaikutukset maan kuivaan irtotiheyteen ja ilmahuokoisuuteen olivat melko vähäiset. Maan irtotiheys vaihteli eri koejäsenissä välillä 1.34 – 1.37 kg dm^{-3}. Kontrollimaan vertikaalisten näytteiden irtotiheys oli hieman suurempi (0.02-0.03 kg dm^{-3}) kuin horisontaalisissa näytteissä tai tiivistetyssä maassa. Ilmahuokoisuudet olivat 1 kPa:n imussa eri koejäsenissä yleensä noin 0.05 m^3 m^{-3}, 10 kPa:n imussa 0.07 m^3 m^{-3}, ja 100 kPa:n imussa 0.10 m^3 m^{-3}: ainoastaan kontrollimaan horisontaalisten näytteiden ilmahuokoisuus oli kaikissa matriisi-imuissa noin 0.02 m^3 m^{-3} suurempi kuin tiivistetyssä maassa tai vertikaalisissa näytteissä. Ilmahuokoisuudet olivat varsin pieniä kaikissa koejäsenissä, sillä vasta 100 kPa:n imussa ne ylittivät 0.10 m^3 m^{-3}, jota pidetään yleisesti maan riittävän ilmavuuden kriteerinä.

Maan tiivistyskäsittely vähensi kaasun suhteellista diffuusiokerrointa ja ilmanläpäisevyyttä muokkauskerroksessa selvästi, mutta ainoastaan horisontaalisesti otetuissa näytteissä. Vertikaalisesti otetuissa näytteissä erot olivat vähäisiä eivätkä ne olleet merkitseviä. Näin ollen maan tiivistäminen lisäsi maan anisotropiaa vähentämällä voimakkaasti kaasun horisontaalisia kuljetusominaisuuksia suhteessa vertikaalisiin kuljetusominaisuuksiin. Kun anisotropian mittana käytettiin vertikaalisen ja horisontaalisen kuljetusominaisuuksien suhdetta, sekä kaasun diffuusion että ilmanläpäisevyyden anisotropia oli kontrollimaassa kosteudesta riippumatta lähellä arvoa 1. Sitä vastoin tiivistämisen vaikutus maan anisotropiaan riippui voimakkaasti maan kosteudesta. Se oli suurinta märässä maassa (1 kPa imu), väheni maan kuivuessa ja lähestyi arvoa 1 matriisi-imussa 100 kPa. Märässä maassa tiivistyskäsittely lisäsi anisotropiaa kaasun diffuusion osalta yli 2.5-kertaiseksi ja ilmanläpäisevyyden osalta noin 12-kertaiseksi.

Tässä tutkimuksessa maan ilmanläpäisevyyden arvot olivat varsin isoja ja vaihtelivat keskimäärin eri koejäsenissä alueella 9 - 828 μm^2. Nämä arvot ovat pääosin alueella 0.01 – 500 μm^2, joka kuvaa tavanomaisia ilmanläpäisevyyksiä eri maissa [3]. Suhteellisen diffuusiokertoimen arvot vaihtelivat keskimäärin eri koejäsenissä alueella 0.002 – 0.032. Arvoja, jotka ovat pienempiä kuin 0.00075 – 0.005, pidetään riittämättöminä kasvien kasvulle [3]. Tässä tutkimuksessa märässä maassa mitatut diffuusiokertoimet olivat pääosin tällä alueella. Toisaalta suhteellisen diffuusiokertoimen arvoja > 0.02 pidetään yleensä riittävinä takaamaan hapelliset olot maassa. Vain kuivimmassa maassa (100 kPa imu) mitatut arvot ylittivät tämän rajan.

Maan tiivistyskäsittelyn näkyminen eroina muokkauskerroksen anisotropiassa vielä 30 vuotta tiivistämisen jälkeen voi periaatteessa johtua suoraan siitä, että luonnolliset prosessit ja maan muokkaus korjaavat maan horisontaalisia kaasunkuljetusominaisuuksia tiivistämisen jälkeen hitaammin kuin vertikaalisia, tai toisaalta epäsuorasti siitä, että pohjamaassa säilynyt tiivistymä on mahdollisesti muuttanut maan vesitaloutta ja lisännyt muokkauskerroksen tiivistymisherkkyyttä. Näiden mekanismien tarkempi erottelu edellyttää lisäselvityksiä. Joka tapauksessa tulokset viittaavat siihen, että maan voimakas tiivistäminen aiheuttaa pitkäkestoisia muutoksia maan kaasunkuljetuksen anisotropiaan tavalla, joka hidastaa kaasujen liikkumista horisontaalisesti maahorisonttien sisällä.

Kirjallisuus

[1] Alakukku, L. 1999. A review of subsoil compaction due to field traffic. Agricultural and Food Science in Finland 4-5: 333-351.

[2] Persistent effects of subsoil compaction on soil ecological services and functions (POSEIDON) https://djfextranet.agrsci.dk/sites/poseidon-nordic/offentligt/Sider/front.aspx

[3] Stepniewski, W., Glinski, J. & Ball, B.C. 1994. Effects of compaction on soil aeration properties. In: Soane, B.D. & van Ouwerkerk, C. (eds.). Soil Compaction in Crop Production. Developments in Agricultural Engineering 11. Amsterdam: Elsevier. p. 167-189.

Maankäytön ja orgaanisen hiilen vaikutus savimaan mururakenteen kestävyyteen

Effect of land-use and organic carbon on clay soil aggregate stability

Helena Soinne[1,2], Jari Hyväluoma[2] ja Eila Turtola[2]

[1] HENVI, Helsingin yliopisto, helena.soinne@helsinki.fi
[2] MTT, Kasvintuotannon tutkimus, jari.hyvaluoma@mtt.fi, eila.turtola@mtt.fi

Johdanto

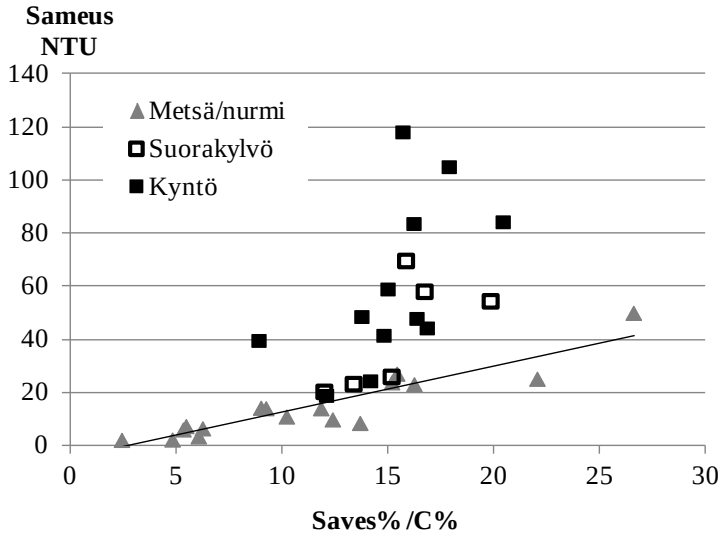
Eteläsuomalaiset savimaat altistuvat yhä enemmän eroosiolle nurmiviljelyn vähentyessä ja talvikausien muuttuessa leudommiksi. Maaperän ja ilmastonmuutoksen välisiä vuorovaikutuksia käsittelevän raportin [1] mukaan eroosion ennustetaan voimistuvan, jos sademäärä ja sateen intensiteetti kasvavat. Puustinen ym. [2] havaitsivat selkeän yhteyden leutojen talvien ja runsaiden eroosiomäärien välillä, kun pintavalunta lisääntyi ja maa oli jäätyneenä vain lyhyitä aikoja. Ilmastonmuutokseen varautuminen edellyttää toimenpiteitä, joilla savimaiden eroosiokestävyyttä voidaan parantaa erityisesti talvikautena eroosioriskin ollessa suurimmillaan.

Aineisto ja menetelmät

Pintamaasta (0-10 cm) kerätyt maanäytteet jaettiin neljään maankäyttötapaan: metsä, pitkäaikainen nurmi, suorakylvetyt viljelymaat ja kynnetyt viljelymaat. Maanäytteiden savespitoisuus vaihteli välillä 28-79%. Näytteenottokosteudessa säilytetyistä maanäytteistä seulottiin 2-5 mm:n kokoiset luonnolliset aggregaatit. Murujen kestävyyden arviointiin käytettiin märkäseulontamenetelmää, jonka avulla saadaan vedenkestävien murujen määrä (Ø>0,250 mm) massaprosentteina sekä maasta irtoavan kolloidisen aineksen määrää kuvaava turbiditeetti eli sameus (NTU/g). Vedenkestävien murujen määrä kuvaa murujen kestävyyttä eroosiota aiheuttavia voimia vastaan. Kolloidinen maa-aines koostuu hyvin pienikokoisista partikkeleista, jotka eivät laskeudu vedessä suurempien partikkelien tavoin ja aiheuttavat siksi veteen sameutta. Kolloidisen aineksen reaktiivinen ominaispinta-ala suhteessa sen massaan on hyvin suuri ja sen mukana pelloilta voi kulkeutua huomattavia määriä fosforia. Märkäseulonnassa neljä grammaa (kuiva-ainetta) 2-5 mm:n muruja punnittiin seulontakuppiin, jonka silmäkoko oli 0,25 mm. Muruja kastettiin 3 minuutin ajan 100 ml deionisoitua vettä. Märkäseulonnan jälkeen vesi sekä siihen irronnut maa-aines siirrettiin sentrifugi-putkeen ja jätettiin laskeutumaan 21 tunniksi. Seuraavana päivänä mitattiin sameus eli turbiditeetti (NTU) sentrifugi-putken pinnalta otetusta vesinäytteestä. Mittauksen jälkeen koko vesi-maasuspensio sentrifugoitiin ja supernatantin poistamisen jälkeen fugiputkeen jäänyt maa-aines uunikuivattiin ja punnittiin.

Tulokset

Eri maankäyttöihin jaettujen maanäytteiden savesprosentit eivät poikenneet merkitsevästi toisistaan. Korkeimmat orgaanisen hiilen pitoisuudet mitattiin metsämaista. Vedenkestävien murujen määrä oli suurin metsämaissa ja pienin säännöllisesti kynnetyissä maissa. Märkäseulonnassa veteen irronneen kolloidisen aineksen määrää kuvaava sameus korreloi negatiivisesti maan orgaanisen hiilen määrän kanssa ja positiivisesti savesprosentin kanssa. Viljelemättömien maiden osalta saves/hiili-suhde selitti hyvin sameutta (kuva 1). Viljelymaiden osalta yhteys ei ollut yhtä selvä johtuen todennäköisesti suurista eroista tutkittujen maiden viljelyhistoriassa. Tulokset viittaavat orgaanisen ainekseen tärkeään rooliin savimaan rakenteen stabiloijana. Mitä savisempi maa, sitä enemmän tarvitaan orgaanista hiiltä hillitsemään maa-aineksen erodoitumista. Saves/hiili-suhteen ollessa sama, viljelymaista irtosi pääsääntöisesti enemmän kolloidista ainesta kuin viljelemättömistä maista, mikä osaltaan osoittaa peltoviljelyn heikentävän savimaan mururakennetta.



Kuva 1. Save/hiili-suhteen ja märkäseulonnassa veteen irronneen sameutta aiheuttavan kolloidisen aineksen määrän (NTU) välinen yhteys maankäytöltään erilaisissa maissa

Kirjallisuus

[1] ClimSoil 2008. Available on the internet (8.11.2012) http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil_report_dec_2008.pdf

[2] Puustinen M., Tattari S., Koskiaho J. & Linjama J. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. Soil and Tillage Research 93, 44-55.

Voidaanko happamien sulfaattimaiden kuormitusta vähentää säätämällä pohjaveden pinnan tasoa?

Potential to reduce nutrient loading from acid sulfate soils by regulating the groundwater level

Jaana Uusi-Kämppä[1], Kristiina Regina[1], Seija Virtanen[2], Peter Österholm[3], Merja Mäensivu[4], Rainer Rosendahl[5], Markku Yli-Halla[2], Kari Ylivainio[1] ja Eila Turtola[1]

[1] MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Planta, 31600 Jokioinen
[2] Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27 (Latokartanonkaari 11), 00014 Helsingin yliopisto
[3] Åbo Akademi, Geologi och mineralogi, Tuomiokirkontori 1, 20500 Turku
[4] Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus, PL 262, 65101 Vaasa
[5] ProAgria Österbottens Svenska Lantbrukssälskap, Handelsesplananden 16D, 65100 Vaasa

Johdanto

Rannikkoalueella esiintyviltä happamilta sulfaattimailta purkautuu sulfidikerrosten hapettumisen seurauksena happamia vesiä, jotka sisältävät myös metalleja ja ravinteita. Maista vapautuu lisäksi kasvihuonekaasuja, kuten typpioksiduulia (N_2O). Maan kohoaminen ja varsinkin ojittaminen ovat kuivattaneet sulfidisavia ja aiheuttaneet niiden hapettumista. Sulfidikerrosten hapettumista voidaan kuitenkin estää rajoittamalla hapen pääsyä maahan pitämällä pelkistyneet sulfidit veden kyllästäminä. Sulvalla Söderfjärdenin pilottikentällä on mitattu päästöjä eri tavoin ojitetuilla peltoalueilla EU Life+ CATERMASS -hankkeessa 2010–2012. Kentällä on toteutettu vaihtoehtoisesti joko 1) tavanomainen salaojitus (putket n. 1,1 m:n syvyydessä), 2) säätösalaojitus tai 3) säätösalaojitus, johon pumpataan lisävettä kuivalla kaudella (säätökastelu) [1]. Tavoitteena on selvittää, vähentääkö pohjaveden pinnan nosto ravinnekuormitusta ja onko siitä hyötyä tai haittaa viljelykasveille.

Aineisto ja menetelmät

Säätökastelussa salaojastoon pumpattiin vettä viereisestä ojasta 31 mm kesällä 2011 ja 48 mm kesällä 2012. Pellon reuna-alueille ja lohkojen väliin asennettiin muovikalvo 1,8 m:n syvyyteen asti estämään veden virtaamista pois lohkoilta. Koepellolla viljeltiin kevätvehnää (2011) ja ohraa (2012). Syksystä 2010 lähtien on jatkuvatoimisesti mitattu virtaamaa, pH:ta ja johtokykyä salaojavedestä sekä pohjaveden pinnan tasoa, maan lämpötilaa ja kosteutta. Keväästä 2012 alkaen säätökastelulohkolla mitattiin jatkuvatoimisesti myös salaojaveden nitraattityppipitoisuutta. Tuloksia voi seurata osoitteesta http://www.ehp-data.com tai hankkeen kotisivuilta http://www.catermass.fi. Jatkuvatoimisten mittausten lisäksi syksyllä ja keväällä salaojavalunnasta on otettu näytteitä kahden viikon välein. Näytteistä on määritetty mm. kok-N, NO_3^--N, NH_4^+-N, kok-P, PO_4^{3-}-P, SO_4^{2-}, Al, pH, asiditeetti ja johtokyky. Myös maasta ja sadosta on mitattu ravinteita ja muita alkuaineita (N, P, K, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn, Cr, As, Cd, Pb, Co, Mo, Ni, S ja Se). Kasvihuonekaasupäästöjä (N_2O, CO_2 ja CH_4) on seurattu 2–4 viikon välein lokakuusta 2010 lokakuuhun 2011 ja kesäkuusta 2012 joulukuuhun 2012.

Tulokset

Salaojaveden kokonaistyppipitoisuudet olivat suuria (8–35 mg l^{-1}). Keskimäärin 90 % typestä oli NO_3^--N-muodossa. Keväällä 2012 jatkuvatoimisten mittausten mukaan NO_3^--N:n pitoisuus oli 23–26 mg l^{-1}, joka on yli kaksinkertainen verrattuna STM:n asetuksessa (401/2001) annetun talousveden enimmäispitoisuuteen (11 mg l^{-1}). Kun huhtikuun valunta (110 mm ha^{-1}) otetaan huomioon, NO_3^--N-kuormaksi saadaan 25 kg ha^{-1} yhden kuukauden aikana. Ammoniumtypen (52–500 µg l^{-1}) ja kokonaisfosforin (14–65 µg l^{-1}) pitoisuudet eivät olleet suuria.

Säätökastelulohkolla sulfidikerrokset pysyivät kesäaikana paremmin veden kyllästäminä kuin muilla käsittelyillä [2]. Salaojaveden pH vaihteli välillä 3,9–4,4. Säätökastelulohkolla oli

havaittavissa pientä pH:n nousua verrattuna muihin käsittelyihin, minkä seurauksena myös asiditeetti ja alumiinipitoisuus olivat hieman alhaisempia kuin muilla käsittelyillä [1].

Typpioksiduulipäästöt Söderfjärdenin kentällä olivat 2–3-kertaiset verrattuna orgaanisten maiden vastaaviin päästöihin. Hiilidioksidin ja metaanin päästöt eivät poikenneet muilta maalajeilta mitatuista päästöistä. Kesällä 2012 mitattiin N_2O-pitoisuuksia myös maasta. Heinäkuussa tehdyn mittauksen mukaan pitoisuus oli 70 cm:n syvyydessä suurempi kuin 30 cm:n syvyydessä. Säätösalaojituksessa mitattiin suurempia N_2O-pitoisuuksia kuin tavanomaisessa salaojituksessa.

Vaikka jankon pH oli 5,4–6,5, muokkauskerroksessa pH oli kalkituksen ansiosta korkeampi (6,6–7,1). Maan NO_3^--N:n (24–35 kg ha^{-1}) ja NH_4^+-N:n (10–16 kg ha^{-1}) määrät olivat suurempia kuin yleensä viljeltäessä ilman kotieläinlannan käyttöä [3]. Sen sijaan maan makro- ja hivenravinteiden pitoisuudet olivat tyypillisiä maillemme. Erot lohkojen välillä olivat peräisin erilaisesta viljelyhistoriasta, esimerkiksi säätösalaojituslohkoilla oli viljelty aiemmin sokerijuurikasta, ja maan fosforiluku oli aikaisemman lannoituksen takia suurempi kuin tavanomaisesti salaojitetulla lohkolla. Kevätvehnän (4700–5000 kg ha^{-1}) ja ohran (4500–4800 kg ha^{-1}) ja kuiva-ainesadot olivat yli keskimääräisten satojen. Alustavien tulosten mukaan lohkojen välillä ei havaittu eroja hehtolitra- tai 1000 jyvän painoissa eikä jyvien ravinne- tai metallipitoisuuksissa. Ohran (70–80 kg ha^{-1}) ja vehnän (130 kg ha^{-1}) typenotto oli suurta verrattuna lannoitteena annetun typen määrään (ohralle 92 kg ha^{-1} ja vehnälle 108 kg ha^{-1}).

Johtopäätökset

Suuret typpipäästöt veteen ja ilmaan sekä negatiivinen typpitase kertovat siitä, että tutkitussa maassa oli paljon nitraattimuotoista typpeä. Alustavien tulosten mukaan pohjaveden pinnan nostolla saattaa olla positiivisia vaikutuksia pH:n nousuun, huuhtoutuvien metallien määrän vähenemiseen ja N_2O-päästöjen pienenemiseen. Muutokset maassa ovat hitaita, ja siksi seurantaa kentällä tulisikin jatkaa vielä muutaman vuoden ajan. Samalla voidaan selvittää, onko korkeasta pohjaveden pinnasta hyötyä tai haittaa viljelykasveille ja pysyvätkö typpipäästöt veteen jatkuvasti korkeina.

Kirjallisuus

[1] Virtanen, S., Simojoki, A., Uusi-Kämppä, J., Österholm, P. ja Yli-Halla, M. 2013. Happaman sulfaattimaan valumaveden asiditeetti ja alumiinipitoisuudet lysimetrikokeessa ja Söderfjärdenin koekentällä. *Maaperätieteen Päivät 2013, Pro Terra*, Tämä numero.

[2] Uusi-Kämppä, J., Ylivainio, K., Regina, K., Österholm, P., Rosendahl, R., Westberg, V., Mäensivu, M., Virtanen, S., Yli-Halla, M. ja Turtola, E. 2012. Korkeampi pohjaveden pinta ratkaisu happamien sulfaattimaiden päästöille? In: Schulman ja Kauppinen (eds.). *Maataloustieteen Päivät 10.–11.1.2012*. p. 28: 7p. http://www.smts.fi/Ymparisto/Uusi-Kamppa_Korkeampi.pdf

[3] Uusi-Kämppä, J., Mäensivu, M., Westberg, V., Regina, K., Rosendahl, R., Virtanen, S., Yli-Halla, M., Ylivainio, K., Österholm, P. ja Turtola, E. 2012. Greenhouse gas emissions and nutrient losses to water from an acid sulphate soil with different drainage systems. *Proceedings of the 7th International Acid Sulfate Soil Conference, Vaasa, Finland, 26.8.–1.9.2012.* Geological Survey of Finland Guide 56: 141–143. http://arkisto.gtk.fi/op/op56/op_056.pdf.

Happaman sulfaattimaan valumaveden asiditeetti ja alumiinipitoisuudet lysimetrikokeessa ja Söderfjärdenin koekentällä

Comparison of acidity and aluminium concentrations in the discharge water of AS soil in a lysimeter study and in a field experiment

Seija Virtanen[1], Asko Simojoki[1], Jaana Uusi-Kämppä[2], Peter Österholm[3] ja Markku Yli-Halla[1]

[1] Maaperä- ja ympäristötiede, PL 27 (Latokartanonkaari 11), 00014 Helsingin yliopisto
[2] MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Planta, 31600 Jokioinen
[3] Åbo Akademi, Geologi och mineralogi, 20500 Åbo

Johdanto

Happamilta sulfaattimailta purkautuu happamia, runsaasti metalleja sisältäviä valumavesiä vesistöihin. Pohjaveden korkeuden vaikutusta valumaveden happamuuteen tutkittiin Helsingin yliopistolla lysimetrikokeessa. Salaojitetun, säätösalaojitetun ja siihen yhdistetyn lisäveden pumppauksen vaikutusta salaojaveden laatuun seurattiin myös käytännön viljelyksillä EU Life+ CATERMASS hankkeen koekentällä Söderfjärdenissä, Sulvassa. Tässä tutkimuksessa verratttiin lysimetrikokeen ja kenttäkokeen tuloksia toisiinsa. Hypoteesina oli, että lysimetrikokeessa havaittu valumaveden asiditeetin ja alumiinipitoisuuksien pieneneminen normaaliin salaojitukseen verrattuna havaitaan myös säätösalaojitetulla ja lisävettä saaneella pellolla.

Aineisto ja menetelmät

Lysimetrikoe tehtiin Helsingin yliopistolla vuosina 2008 - 2010. Kokeessa oli 10 lysimetriä, jotka koostuivat happamasta sulfaattimaasta otetuista 80 cm korkeista monoliiteista ja sen päällä olevasta 20 cm:n paksuisesta muokkauskerroksen maasta. Monoliitit sisälsivät hapettuneen ja pelkistyneen maakerroksen, ja ne kaivettiin Helsingin yliopiston Viikin tutkimustilan pellolta [1]. Kokeessa oli kaksi erilaista vedenkorkeuskäsittelyä, matala (LWC) ja korkea pohjavesi (HWC). LWC:ssä maa sai vapaasti kuivaa pelkistyneeseen kerrokseen saakka, kun taas HWC:ssä koko happaman sulfaattimaan monoliitti muokkauskerrokseen asti oli veden alla. Molemmissa käsittelyissä oli neljä lysimetriä, joissa kasvina oli ruokohelpi. Lisäksi kokeessa oli kaksi kasvitonta korkean pohjaveden lysimetriä. Kokeen olosuhteet oli järjestetty vastaamaan pellon ilmasto-olosuhteita, ja niitä kasteltiin keinosadevedellä.

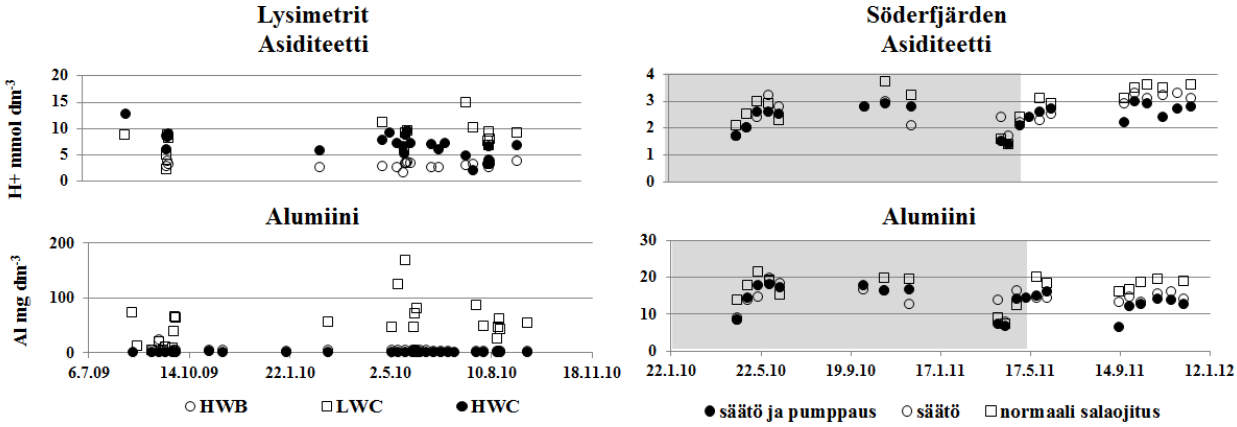
Vuonna 2010 Söderfjärdenin happamalle sulfaattimaalle perustettiin 18,5 ha:n koekenttä, jossa tutkittiin kolmella vierekkäisellä peltolohkolla 1) tavallisen salaojituksen, 2) säätösalaojituksen ja 3) säätökastelun vaikutusta pelloilta purkautuvan salaojaveden laatuun. Säätösalaojituksessa kaivojen padotuskorkeus säädettiin puoli metriä maan pinnan alapuolelle kevättöiden jälkeen. Säätökastelussa pohjaveden korkeutta ylläpidettiin pumppaamalla lisävettä salaojiin. Pohjaveden virtaus lohkolta toiselle oli estetty maahan kaivetun muovin avulla [2]. Koepelloilla viljeltiin ohraa ja kevätvehnää.

Tulokset

Lysimetrikokeessa huokosveden pH pysyi matalana ja laski entisestään LWC:ssä. Sitä vastoin HWC:ssä pH nousi: esimerkiksi happamimmassa kerroksessa kokeen alkutilanteen pH 3,6 nousi arvoon 4,8. LWC:ssä aiemmin hapettuneet maakerrokset pysyivät hapettuneina, mutta HWC:ssä nämä kerrokset pelkistyivät. Kasvittomassa koejäsenessä pelkistyminen oli hidasta. Sulfideja sisältävän pohjamaan hapettumista tapahtui LWC:ssä kesäisin, mutta HWC:ssä pohjamaa pysyi pelkistyneenä koko koejakson ajan. LWC:ssä valumaveden alumiinipitoisuudet olivat satakertaisia HWC:n valumaveden pitoisuuksiin verrattuna. HWC:ssä valumaveden rautapitoisuudet nousivat korkeiksi raudan pelkistymisen seurauksena, ja tästä syystä myös asiditeetit pysyivät korkeina (6.3 ± 0,5 mmol H^+ dm^{-3},

keskiarvo ± keskivirhe). Kuitenkin LWC:n asiditeetit olivat vielä korkeampia (8.1 ± 0,8 mmol H^+ dm^{-3}).

Söderfjärdenin koekentät perustettiin vuonna 2010. Ensimmäisenä koevuonna valumavesien monitoroinnilla tutkittiin, miten samankaltaisia alueet olivat. Varsinaiset pohjavesikäsittelyt aloitettiin vasta vuonna 2011. Vuosi 2011 oli poikkeuksellisen kuiva. Säätöojituksella ei pystytty pitämää pohjavedenpintaa sulfidikerrosten yläpuolella koko kasvukautta, mutta hapettumiselle mahdollinen ajanjakso oli kuitenkin lyhyempi kuin normaalilla kuivatuksella. Säätökastelulla (pumpattu vesimäärä oli 31 mm, 310 m^3 ha^{-1}) sulfidikerros pysyi pohjaveden alapuolella koko kasvukauden 2011 lukuun ottamatta pellon yläreunaa. Vuonna 2011 suuria eroja koejäsenten pH arvoissa ei voitu havaita, mutta valumaveden asiditeetti oli pienin säätökastellulla lohkolla (2,4 ± 0,2 mmol H^+ dm^{-3}) ja suurin normaalin salaojituksen lohkolla (2,9 ± 0,3 mmol H^+ dm^{-3}). Samoin valumaveden alumiinipitoisuudet olivat suurimmat normaalin salaojituksen (15,6 ± 1,4 mg dm^{-3}) ja pienimmät säätökastelun (12,1 ± 1,0 mg dm^{-3}) lohkolla.



Kuva 1. Valumaveden alumiinipitoisuus ja asiditeetti lysimetreissä ja Söderfjärdenin koekentällä. Harmaa tausta osoittaa ajankohdan ennen käsittelyjen aloitusta. Huomaa erilaiset y-akselit.

Johtopäätökset

Lysimetrikokeessa pohjaveden korkeuden nostaminen aiheutti huokosveden pH:n nousun ja veden alle jääneiden maakerrosten pelkistymisen, mikä pienensi valumaveden asiditeettihuippuja ja alumiinipitoisuuksia verrattuna normaaliin kuivatukseen. Samanlainen kehitys on havaittavissa Söderfjärdenin koekentällä, jossa pienimmät asiditeetit ja alumiinipitoisuudet olivat säätökastellulla lohkolla. Pohjaveden korkeuden vaikutus hapon muodostumiseen ja metallikuormitukseen tuli selvästi esille lysimetrikokeessa, koska olosuhteet siinä olivat tarkasti kontrolloituja ja mukana olivat kaikista kriittisimmät maakerrokset. Kentällä pohjaveden korkeuden nostamisen vaikutukset olivat huomattavasti vähäisempiä vuonna 2011, mutta samansuuntaisia. Tulokset tukevat käsitystä, että pohjaveden nostaminen voi parantaa valumaveden laatua pienentämällä happamuushuippuja ja pienentämällä myrkyllisiä alumiinipitoisuuksia happamien sulfaattimaiden valumavesissä.

Kirjallisuus

[1] Virtanen, S., Simojoki, A., Yli-Halla, M. Pohjaveden korkeudenvaikutus happamien sulfaattimaiden maaveden sähkönjohtavuuteen. *Maaperätieteen Päivät 2009, Pro Terra*, 41:122-123.

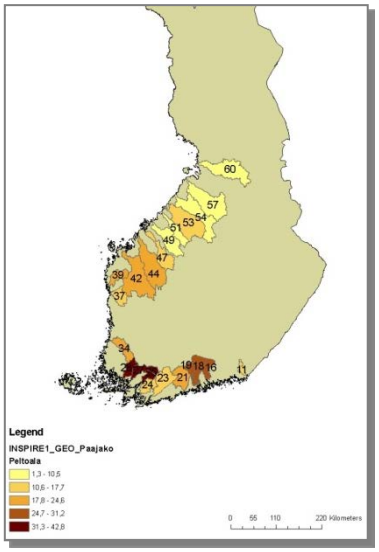
[2] Uusi-Kämppä, J., Turtola, E., Regina, K, Ylivainio, K, Österholm, P, Yli-Halla, M., Virtanen, S. ja Nuotio, E. 2011. Tools for environmental risk mitigation of acid sulphate soils. *24th NJF Congress, Uppsala 14.–16.6.2011. NJF report* 7:3, p. 103.

Changes in Nitrogen and Phosphorus Concentration and Loads between 1985-2006 in 22 Finnish Rivers

José Enrique Cano Bernal[1] and Katri Rankinen[2]

[1] Suomen Ympäristökeskus (SYKE), jose.bernal@ymparisto.fi
[2] Suomen Ymparistökeskus (SYKE), katri.rankinen@ymparisto.fi

Nitrogen and phosphorus are indispensable elements for life, on condition that they are not in excess, which would produce eutrophication.
The Baltic Sea presents certain characteristics that emphasize this problem. It is a very populated catchment, which means that the human activities become an important factor in this catchment, making the water quality decrease.
Considering the influence, importance and consequences of eutrophication in the Baltic Sea, the aim of this project is to study the nitrogen and phosphorus concentration and loads development of 22 rivers in Finland. This is done in order to be able to investigate how the loads into the sea have been changing during the period between 1985 and 2006, when considering the primary source, that is, the rivers.



Catchments and location

	River	Area Km²	Lake %	Field %	Forest %	Settlement %
11	Virojoki	357	3,8	13,5	78,5	1,4
16	Koskenkulänjoki	895	4,4	30,3	60,2	2,1
18	Porvoonjoki	1.273	1,3	31,2	59,1	4,1
19	Mustijoki	783	1,5	30,3	61,1	3,6
21	Vantaanjoki	1.686	2,3	23,8	57,2	9,2
23	Karjaanjoki	2.046	12,2	17,7	62,5	4,6
24	Kiskonjoki	629	8,1	17,1	65,2	3,0
25	Uskelanjoki	567	0,6	42,0	48,3	3,6
27	Paimionjoki	1.088	1,6	42,8	49,0	2,5
28	Aurajoki	874	0,3	36,8	52,7	4,8
34	Eurajoki	1.336	12,9	23,5	57,7	2,3
37	Lapvaäärtinjoki	1.098	0,2	13,5	82,9	0,8
39	Närpiönjoki	992	0,4	21,6	73,2	1,3
42	Kyrönjoki	4.923	1,2	24,6	67,2	1,7
44	Lapuanjoki	4.122	2,9	21,1	70,1	1,4
47	Ähtävänjoki	2.054	9,8	13,7	70,7	1,3
49	Perhonjoki	2.524	3,4	10,1	83,0	0,8
51	Lestijoki	1.373	6,2	10,5	80,7	0,8
53	Kalajoki	3.658	1,9	15,5	78,7	1,2
54	Pyhäjoki	3.712	5,2	9,0	80,1	1,0
57	Siikajoki	4.318	0,5	8,0	85,5	0,5
60	Kiiminginjoki	3.814	3,0	1,3	92,1	0,7

Catchments characteristics

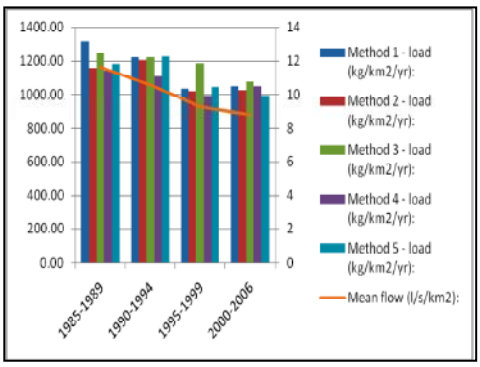
LOADS RESULTS

Results for both nitrogen and phosphorus are presented in graphics. In the ordinate axis, on the left, the load values are shown in kg/km^2/yr. Each color in the bar diagram represents one of the 5 different possibilities to obtain the load values for nitrogen and phosphorus, the method 2 being the most reliable.

Nitrogen

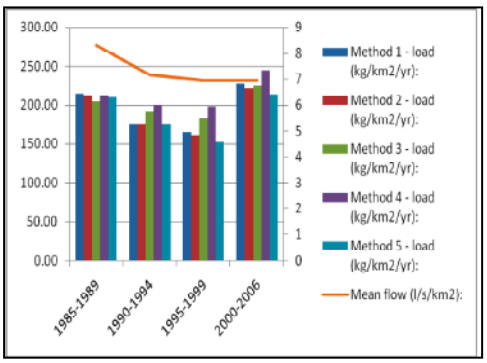
Porvoonjoki reached the highest value of 1204,26 kg/km^2/yr in the second period studied (1990-1994). In the same river, despite it having the highest value, the trajectory is descending. It is also interesting to consider at the relationship between mean flow and the load value. From this data, one could conclude that the higher the mean flow is, the higher the load value is.
In Ähtävänjoki the lowest value is found between 1995 and 1999: 161,33 kg/km^2/yr. In this river the mean flow curve remains stable with a small descending trajectory in the period between 1994 and 2006

Highest Values



Porvoonjoki

Lowest Values



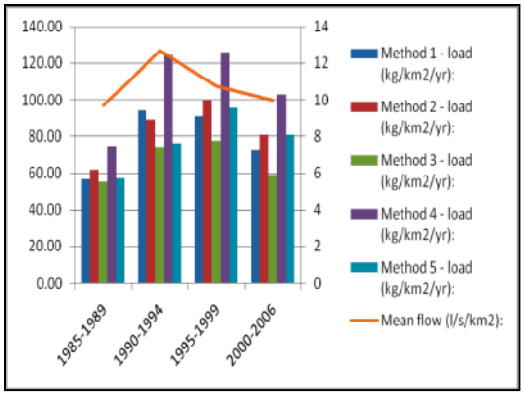
Ähtävänjoki

Phosphorus

The highest value for phosphorus is found in Uskelanjoki. In this river, in the third period (1995-1999), the highest value is 99,62 kg/km^2/yr.

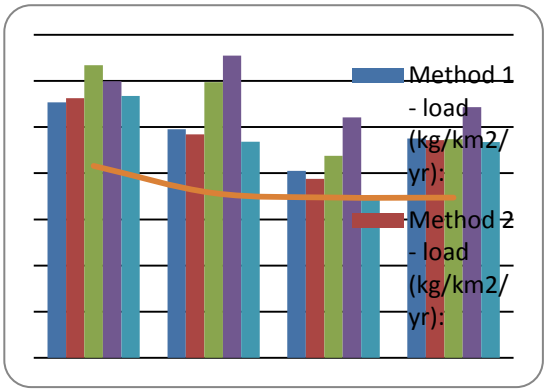
Ähtävänjoki: The minimum value is a bit lower than 8 kg/km^2/yr (7,76 kg/km^2/yr) in the period between 1995 and 1999.

Highest Values



Uskelanjoki

Lowest Values



Ähtävänjoki

STATISTICAL CONCENTRATION RESULTS

The main aim of this statistical study is to filter out the effects of discharge on the concentration in order to get more reliable statistical conclusions. For this purpose, the results that are statistically significant show that the variations in the concentration, whether increasing or decreasing, are not a product of the relationship between discharge and concentration.

RIVERS		TOTAL NITROGEN		TOTAL PHOSPHORUS	
Code	Name	[Conditional MK Stat.]	Sig.	[Conditional MK Stat.]	Sig.
11	VIROJOKI	2.459088265	0.013929037	-2.070609173	0.038395334
16	KOSKENKYLÄNJOKI	-0.496448996	0.619577664	-1.602047354	0.109145138
18	PORVOONJOKI	-0.706645922	0.479786544	-0.68177016	0.495384296
19	MUSTIJOKI	-0.999942226	0.317338468	-1.322058334	0.186148727
21	VANTAANJOKI	-1.277373702	0.201470345	-1.229488206	0.218888817
23	KARJAANJOKI	-0.571941847	0.567361373	-3.385787501	0.000709743
24	KISKONJOKI	1.958329869	0.050191318	1.851502666	0.064097272
25	USKELANJOKI	-0.13600719	0.891815597	-2.574996293	0.010024116
27	PAIMIONJOKI	1.923999679	0.054354624	0.483188187	0.628962122
28	AURAJOKI	0.600415036	0.548229669	0.281923852	0.7780019
34	EURAJOKI	0.8838647	0.376769255	-0.350229722	0.726166303
37	LAPVÄÄRTINJOKI	0.579834898	0.562025961	-2.790061173	0.005269808
39	NÄRPIÖNJOKI	2.371867864	0.017698419	-0.621889121	0.534014779
42	KYRÖNJOKI	2.14953179	0.031592269	-3.142610362	0.001674486
44	LAPUANJOKI	3.608996901	0.000307383	-3.194097885	0.001402685
47	ÄHTÄVÄNJOKI	2.703994279	0.006851147	-1.289898806	0.197085795
49	PERHONJOKI	4.526099867	6.00822E-06	-3.898329834	9.68584E-05
51	LESTIJOKI	1.980874297	0.047605372	-2.783716912	0.005373992
53	KALAJOKI	3.679892233	0.000233333	-3.901024905	9.57863E-05
54	PYHÄJOKI	3.792271318	0.000149276	-0.807364222	0.419456673
57	SIIKAJOKI	3.098240221	0.001946736	0.014004624	0.988826292
60	KIIMINGINJOKI	2.96479103	0.003028886	-1.159020441	0.246447853

Values in yellow are significant for nitrogen. Values in green are significant for phosphorus.

Ihmisen toiminnan vaikutuksia pinta- ja pohjaveden sähkönjohtavuuteen ja lämpötilaan

Some influences of human activity on the electrical conductivity and temperature of surface and ground water

Pekka Hänninen[1], Janne Kankkunen[2], Juha Majaniemi[1] ja Raimo Sutinen[3]

[1] Geologian tutkimuskeskus, ESY
[2] Geologian tutkimuskeskus, ISY
[3] Geologian tutkimuskeskus, PSY

Johdanto

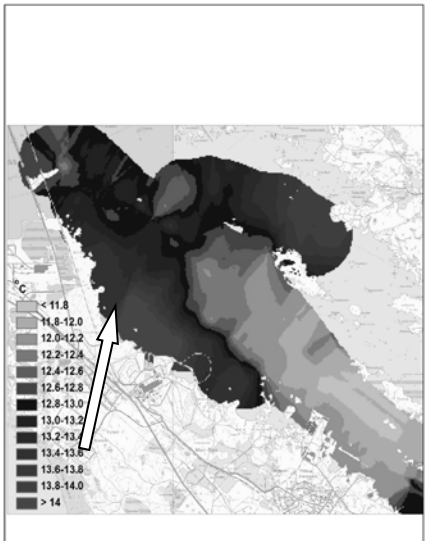
Suomen pohjavesiesiintymät ovat ohuita ja järvet matalia eivätkä ne ole alueellisestikaan suuria. Koska nämä vesialtaat ovat vähävetisiä, ne ovat herkkiä ympäristön muutoksille. Pohjaveden otto aiheuttaa luonnottoman negatiivisen potentiaalieron ympäristöönsä nähden, mikä edelleen muuttaa koko esiintymän veden virtaussuuntia. Pohjaveden alapuolelle ulottuva kaivostoiminta muuttaa kalliopohjaveden liikettä ja avaa uutta reagoivaa pinta-alaa. Nämä vaikuttavat veden happamuuteen ja ionipitoisuuteen vielä vuosikymmeniä toiminnan loputtua. Kaupungit ja tuotantolaitokset lämmittävät ympäristöään ja lähivesistöjä.

Geologian tutkimuskeskus on kartoittanut vuosina 2005 ja 2006 ERAC ja Geo-Satakunta hankkeissa Porin Kolpaneenlahden, Sotkamon Nuasjärven ja Luikonlahden Petkellahden pintavesien sähkönjohtavuus- ja lämpötilajakaumia sekä vertikaali- että lateraalisuunnissa ja monitoroinut vuosina 2010 – 2012 Polaris –hankkeessa Mikkelin Pursialan vedenottamon vaikutusta pohjaveden pinnan tasoon, veden lämpötilaan ja sähkönjohtavuuteen.

Mittaukset

Pintaveden mittauksia varten liitettiin tiedonkeruulaitteeseen lämpötila-, sähkönjohtavuus- ja paineanturit. Paineanturin tarkoituksena oli mittaussyvyyden kontrollointi sekä pistemäisissä luotauspisteissä syvyyden tallentaminen. Paikannukseen käytettiin tarkkuus GPS –laitetta. Mittausten alussa synkronoitiin laitteiden kellot ja mittaustaajuus.

Tulosten perusteella tehtiin interpoloidut kartat, joissa näkyi selvästi sähkönjohtavuus tai lämpötilahäiriön aiheuttajat ja häiriöalueiden laajuus. Geo-Satakunta hankeessa tehdyssä pintaveden lämpötila kartassa (kuva 1) näkyy kuinka kylmä Kokemäenjoen lämpimän Selkämeren vedet sekoittuvat. Kuvassa on nuolella merkitty tuotantolaitoksen aiheuttama positiivinen lämpötilahäiriö. Vastaavasti Nuasjärven ja Petkellahden sähkönjohtavuuskartoituksissa näkyi, kuinka laajalle kaivannaistoiminta nostaa alapuolisen vesistön ionipitoisuutta.

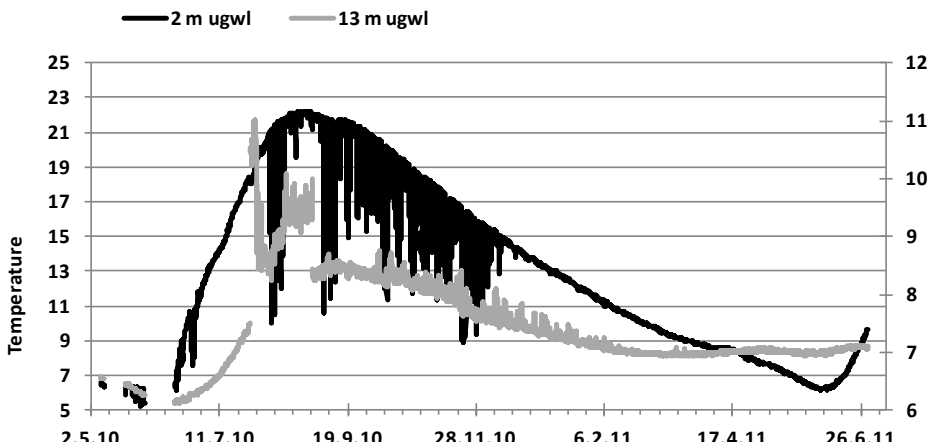


Kuva 1. Kolpaneenlahden pintaveden lämpötilakartoitus. Kokemäenjoen kylmä vesi sekoittuu Selkämeren lämpimään veteen.

Polaris -hankkeessa asennettiin automaattinen seuranta neljään pohjavesiputkeen siten, että ne olivat oletetussa virtaussuunnassa pumppuasemien yläpuolella 100 – 500 m etäisyydellä. Kolmessa lähimmässä putkessa oli lämpötila-anturit viidellä ja sähkönjohtavuus kahdella syvyydellä sekä vedenpinnan korkeuden seuranta. Kauimmaisessa putkessa seurantaa oli vain yhdellä tasolla. Mittaukset tapahtuivat 15 min välein.

Päivittäin veden pumppausta näkyi kolmessa lähimmässä putkessa, mutta 500 metrin etäisyydellä ollessa havaintopisteessä näkyi vain suuremmat vedenottomäärien vaihtelut noin viikon viiveellä. Yhdessä pohjavesiputkessa havaittiin lämpötilan ja sähkönjohtavuuden oskilloimista vedenoton tahdissa. Pumppauksen aikana veden sähkönjohtavuus laski ja lämpötila nousi ja päinvastoin. Pohjaveden lämpötilan oskillointi oli niin suurta (>10°C) ja lämpötilat niin korkeita (>20°C), että yksittäisinä havaintoina tulokset olisi automaattisesti hylätty mahdottomina (Kuva 2).

Lämpötilan oskillointi johtui siitä, että pumppauksen aikana läheisestä lammesta suotautui pumppauksen aikana pintavettä pohjaveteen 60 m paksun harjunliepeen läpi. Pumppauksen aikana syntynyt ’pohjavesikuoppa’ täyttyi pumppauksen loputtua kylmän ja ionipitoisen pohjaveden työntyessä alhaalta ylöspäin. Pohjaveden lämpötilamaksimi mitattiin havaintoputkessa noin kuukausi lammessa havaitun veden maksimin jälkeen, minkä perusteella voitiin laskea pohjaveden todellinen, muuta häiritty, liikenopeus.



Kuva 2. Pohjaveden lämpötila nousi vedenoton vaikutuksesta anomaaliseksi ja se alkoi oskilloida pumppauksen tahdittamana kesällä 2010.

Johtopäätökset

Nykyisillä havainnointimenetelmillä voidaan kartoittaa ja monitoroida luotettavasti, tarkasti ja edullisesti pinta- ja pohjavedessä tapahtuvia muutoksia. Erilaisten häiriölähteiden alkuperä on, toiminnan jatkuessa, osoitettavissa ja häiriintyneen alueen laajuus tai kesto on mitattavissa. Havainnointivälin on oltava riittävä häiriön laajuuteen tai kestoon nähden.

Östersundomin Husövegenin EM routaseuranta talvella 2012

The EM monitoring of Husöveg road basement frost in eastern Helsinki 2012

Pekka Hänninen[1] ja Juha Majaniemi[1]

[1] Geologian tutkimuskeskus, ESY

Johdanto

Ikirouta-alueita lukuun ottamatta lumipeitteisellä alueella maaperän routiminen on vähäistä, mutta taajama-alueilla, missä laajoja alueita pidetään lumettomina, roudan etenemistä pyritään hallitsemaan eristeillä ja muilla rakenteellisilla ratkaisuilla. Ajan kuluessa rakenteet ja eristeet saattavat kuitenkin pettää. Geofysikaaliset korkeataajuiset EM-menetelmät, kuten maatutkaluotaus, mahdollistavat rakenteita rikkomattoman ja nopean routaseurannan.

Maatutkaluotaus on herkkä havaitsemaan maaperässä olevia kosteus- eli dielektrisyys(ε)eroja. Luonnontilaisessa mineraalimaassa on kiviainesta ($\varepsilon \approx 7$) 50-70 % tilavuudesta lopun ollessa ilman ($\varepsilon = 1$) ja veden ($\varepsilon = 81$) seos. Maaveden jäätyessä, tai maa-aineksen kuivuessa, maakerrosten väliset dielektrisyyserot tasoittuvat, mutta sulan- ja jäätyneen maan välinen ero kasvaa. Koska maatutkaluotaus havaitsee dielektrisiltä rajapinnoilta heijastuneet pulssit, heijastuskerroin R [1], havaitut heijastukset vaimenevat rajapintojen tasoittuessa.

$$R = (\sqrt{\varepsilon_1}-\sqrt{\varepsilon_2})/(\sqrt{\varepsilon_1}+\sqrt{\varepsilon_2})$$

[1]

Maatutkaluotauksessa havainnoidaan aika ja aikaa vastaava signaalin amplitudi. Aika amplitudikuvaajasta ei voida yksiselitteisesti määrittää routiintunutta maata. Koska maatutkasignaalin toistettavuus on erittäin hyvä [1], voidaan, vakioimalla käytettävät mittauksen asetukset, toistoluotauksin seurata väliaineessa tapahtuvia muutoksia.

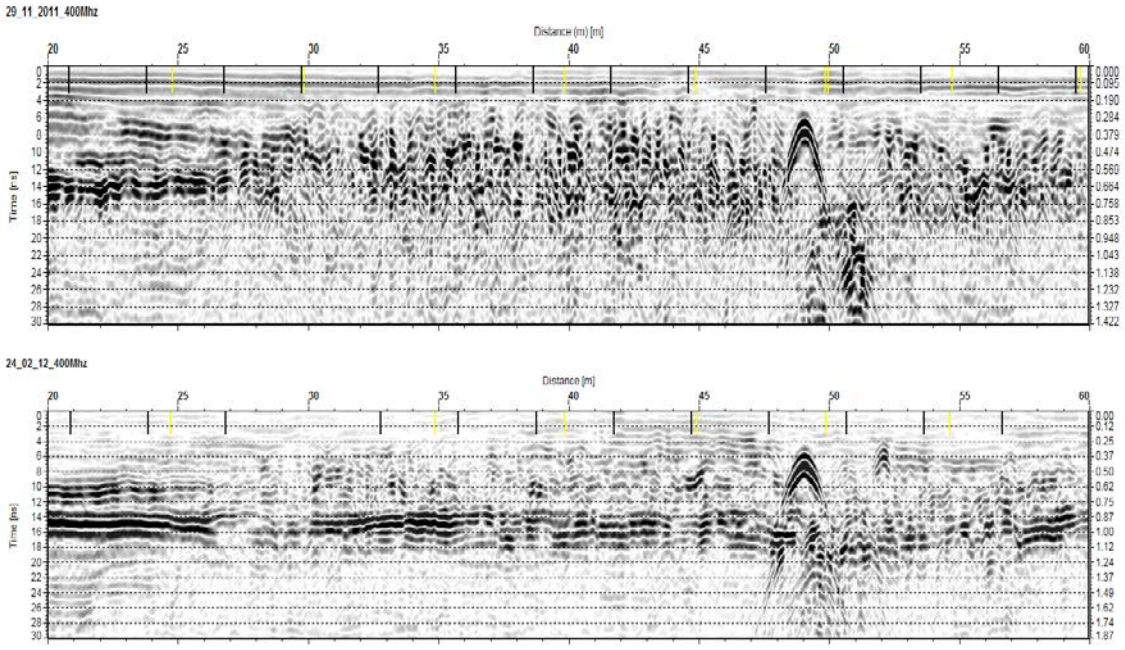
Mittaukset

GTK asensi Östersundomin Husövegenin alle maaperän vesipitoisuuden ja lämpötilan seuranta-aseman syksyllä 2011. Seurantakohdan maa-aines oli karkeaa tienpohjamateriaalia, johon oli sekoittunut pohjamaasta savea. Ilman lämpötilaa sekä maaperän lämpötilaa ja vesipitoisuutta monitoroitiin 0,5 h välein syvyyksiltä 10, 20, 30, 40 ja 50 cm. Marraskuussa 2011, kun maa oli sula, merkittiin tielle kaksi 100 m pituista linjaa, joilla oli kohdistuspisteet 5 metrin välein. Linjat maatutkaluodattiin kaksi kertaa sekä 1 GHz:n että 400 MHz:n antenneilla. Toistomittauksista tehtiin residuaalitulosteet. Residuaalituloksen perusteella 1 GHz:n taajuudella ei voida riittävän tarkasti toistaa 5 m välein merkittyä linjaa, mutta 400 MHz:n antennilla se on mahdollista, joten toistomittauksiin valittiin vain jälkimmäinen.

Roudan seurantaa varten tehtiin taustaluotaus sulan maan aikana 29.11.2011 (kuva 1 ylempi kuva), jolloin kaikkien seurattujen maakerrosten lämpötila oli yli nollan ja kerrosten vesipitoisuudet vaihtelivat ylimmän kerroksen 0,10 cm^3cm^{-3} syvimmän 0,30 cm^3cm^{-3}. Taustamittauksen lisäksi linjat maatutkattiin kahdeksan kertaa välillä 18.1. – 30.4.2011. Kuvan 1 alempi profiili mitattiin helmikuun 24. päivänä klo 10. Ilman lämpötila oli -1,6°C ja maan lämpötilat vaihtelivat -0,6 – -0,7°C. Maakerrosten laskennallinen vesipitoisuus oli 0,03 – 0,08 cm^3cm^{-3} eli maavesi oli jäätynyt [2] ja kerrosten väliset vesipitoisuuserot olivat kadonneet.

Kuvan 1 linja alkoi hiekkaiselta alueelta, joka vaihtui 30 m kohdalla tuodun tienpohjan ja savisen pohjamaan sekoitukseksi. Sen alueen tutkaprofiili, jonne kantavuuden lisäämiseksi on ajettu karkeaa maa-ainesta, näyttää ’häiriöiseltä’. Kun maakerrokset ovat jäätyivät, kerrosten väliset

dielektrisyyserot ja heijastuneen signaalin amplitudit pienenivät. Tutkaprofiili muuttui rauhalliseksi. Jäätyneen ja sulan maan välille syntyi uusi voimakas rajapinta.



Kuva 1. Östersundomin Husövegenillä tehdyt sulan (ylempi kuva) ja jäätyneen (alempi kuva) maan maatutkaluotausprofiilit. Jäätyneessä maassa maan rakenteesta johtuvat heijasteet vähenevät ja routaraja muodostaa uuden voimakkaan rajapinnan. Tierummun aiheuttama paraabeli (n. 49 m) nousee ylöspäin ja levenee väliaineen dielektrisyyden pienetessä.

Johtopäätökset

Maatutkaluotauksen toistettavuus on hyvä ja sillä voidaan tutkia maaperässä tapahtuvia ajasta riippuvia muutoksia. Käytettävän antennitaajuuden ja tutkauksen säätöjen on oltava sopusoinnussa tutkittavaan asiaan nähden. Tässä esimerkissä monitoroitiin maatutkaluotauksella tienpohjan jäätymistä ja jäätymisen varmentamiseen käytettiin maaperän monitorointiasemaa. Tulos sopii kuitenkin perustaksi myös muille maaperässä tapahtuvien muutosten tutkimuksille, sillä dielektriset rajapinnat voivat pienetä yhtä hyvin maan vettyessä kuin kuivuessa tai maaveden jäätyessä.

Kirjallisuus

[1] Hänninen, P., Majaniemi, J., Sutinen, R. ja Piekkari, M. 2012. Lumen vesiarvon määrittäminen maatutkaluotauksella. Geologian tutkimuskeskus, Raportti 16/2012, 10 s.

[2] Hänninen, P., Venäläinen, A. ja Sutinen, R. 2005. Maaperän jäätyminen ja vesipitoisuusmuutokset talvikautena. Vesitalous 1/2005, s. 28–32.

Bakteeri-bioreportterit: Helppo ja nopea menetelmä haitta-aineiden biosaatavan fraktion määrittämiseksi maasta

Bacterial bioreporters: rapid and easy method for detecting the bioavailable fractions of contaminants from soil

Johanna Muurinen[1] ja Marko Virta[1]

[1] Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos, Pl. 56, 00014 Helsinki

Kemikaalien biosaatavuus ympäristössä

Ympäristöön joutuneiden haitta-aineiden osallistuminen ekologisiin kiertoihin riippuu siitä, päätyvätkö ne eliöihin. Tällöin näistä aineista aiheutuu eliöille yleensä myös haittaa. Ympäristössä esiintyy kuitenkin luonnostaan haitallisia ja myrkyllisiä aineita (esim. sulfidi, arseeni ja elohopea), jotka eivät välttämättä koskaan päädy eliöihin. Lisäksi monet ihmistoiminnasta peräisin olevat haitta-aineet ovat melko reagoimattomia ympäristön ja eliöiden kanssa. Tällöin tutkimalla ympäristöön joutuneiden kontaminanttien biosaatavia osuuksia saadaan tarkempaa tietoa haitta-aineiden aiheuttamasta riskistä, kuin määrittämällä niiden totaalipitoisuuksia. Maaperätieteessä on kiinnitetty hyvin paljon huomiota kasveille käyttökelpoisiin ravinteisiin ja haitta-aineisiin ja on olemassa vaara, että ”kasveille käyttökelpoisen osuuden” näistä aineista ajatellaan olevan sama asia, kuin biosaatava osuus, esim. (1). Mikrobeilla on useita mekanismeja, joilla ravinteita saadaan assimiloitua, vaikka ne olisivat sitoutuneet tiukoin kemiallisin sidoksin esimerkiksi oksideihin, mutta haitta-aineita mikrobit eivät pyri aktiivisesti käyttämään toiminnoissaan. Monet mikrobit ovat kehittäneet keinoja, joilla ne pystyvät elämään saastuneissa oloissa (erilaiset resistenssit), mutta näissä tapauksissa kyse on sopeutumisesta haitta-aineisiin, eikä niinkään niiden aktiivisesta hyväksikäytöstä. Biosaatavuus on siis erilaista riippuen siitä, puhutaanko haitta-aineesta vai ravinteesta. Oman ryhmänsä muodostavat myös hivenravinteet, jotka ovat välttämättömiä eliöille pienissä pitoisuuksissa, mutta haitallisia suurina pitoisuuksina (3). Näiden aineiden aktiiviseen ottoon eliöillä on olemassa erilaisia mekanismeja ja lisäksi nämä aineet saattavat vaikuttaa toisten aineiden aktiiviseen ottoon ja kuljetusmekanismeihin yllättävällä tavalla (3)

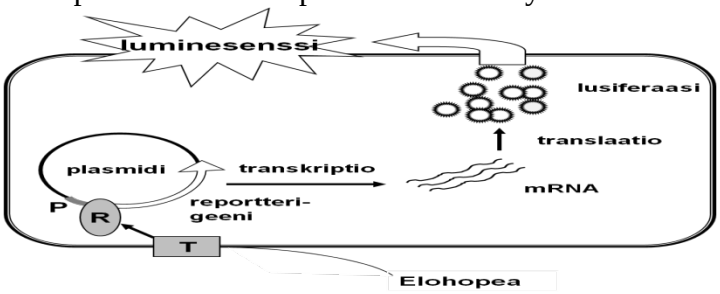
Biosaatavuus ja potentiaalinen biosaatavuus

Ympäristötutkimuksessa biosaatavalla fraktiolla tarkoitetaan yleensä sitä osuutta ympäristöön joutuneesta kemikaalista, joka osallistuu ekologisiin kiertoihin. Käsite on kuitenkin moniulotteinen ja vaihtelee tieteenaloittain. Lisäksi määrittelyn tekee vaikeaksi se, ettei biosaatavaa osuutta aineesta voida tarkasti mitata, sillä se riippuu aineen reagoinnista ympäristössä, ympäristössä elävistä eliöistä ja ympäristön ominaisuuksista (2). Biosaatavuus on siis spesifistä kunkin aineen, ympäristön ja ympäristön eliöiden yhdistelmälle (2). Semple et al. (4) määrittelivät biosaatavuuden seuraavasti: Biosaatavuudella (bioavailability) tarkoitetaan sitä osuutta tutkittavasta aineesta, joka kulkeutuu jonkin eliön solukalvon/-seinän läpi siinä ympäristössä, jossa eliö elää. Käsitteen biosaatavuus lisäksi ympäristötutkimuksessa esiintyy myös käsite ”bioaccessibility” (5). Tämän käsitteen Semple et al. (4) määrittelivät seuraavasti: tällä fraktiolla tarkoitetaan sitä osuutta aineesta, joka voi kulkeutua jonkin eliön solukalvon läpi, jos aine tai eliö pääsee toistensa vaikutuspiiriin. Määritelmien ero liittyy aikaan (4), jolloin jälkimmäinen käsite voitaisiin suomentaa potentiaaliseksi biosaatavuudeksi. Baker et al. (3) käyttivät englanniksi käsitettä potentiaalinen biosaatavuus ja heidän määritelmänsä on hyvin lähellä käsitettä ”bioaccessibility”.

Bioreportteri-bakteerit

Bioreportteri-bakteerit ilmaisevat tutkittavan haitta-aineen niiden kasvuympäristössä. Nämä bioreportterit on kehitetty hyödyntämällä tietoa bakteerien kuljetusproteiineista ja haitta-aine-resistenssien säätelymekanismeista geeniteknisin menetelmin, esim. (6) ja (7) ja ne tuottavat mitattavan signaalin vasteena tutkittavalle aineelle. Signaalina voi toimia luminesenssi, jota

tuottaa lusiferaasi-entsyymi. Tällöin lusiferaasia koodaava geeni on kloonattu bakteerille. Bioreportterin toimintaperiaate on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Bioreportterin toimintaperiaate. Analyyttinä toimii elohopea, jonka kuljetusproteiini (T) kuljettaa soluun sisälle. Elohopea reagoi säätelyproteiinin (R) kanssa, joka käynnistää promoottorigeenin (P) kopioinnin elohopean vaikutuksesta. Tämä mahdollistaa reportterigeenin kopioinnin, joka tuottaa lusiferaasi-entsyymiä koodaavan mRNA:n. Lusiferaasi-entsyymi katalysoi valoa (luminesenssiä) emittoivaa reaktiota ja tämä signaali voidaan mitata.

Biosaatavan osuuden määrittäminen

Biosaatavan osuuden määrittämiseksi ei ole olemassa standardoitua menetelmää (4) ja sen määrittäminen kemiallisesti on haastavaa siksi, että kemialliset uuttomenetelmät eivät vastaa kasvien tai mikrobien assimiloivia osuuksia (2). Käytettäessä kemiallista menetelmää, on tunnettava paljon muuttujia ympäristöstä ja tutkittavan kemikaalin ympäristökäyttäytyminen. Tällöinkin saadaan vain valistunut arvio siitä, mikä voisi olla kemikaalin biosaatava osuus. Lannoitustutkimuksissa on perinteisesti käytetty paljon kasvien kasvatuskokeita (astiakokeita). Nämä kokeet perustuvat ajatukseen, että annetaan kasvin itsensä näyttää, miten paljon se kykenee tutkittua ravinnetta ottamaan lannoitteesta. Tätä samaa ajatusta on sovellettu bioreportteri-bakteerikantojen kehittämisessä: solu itse kertoo, kuinka paljon tutkittavaa ainetta se on saanut sisäänsä. Bioreportterien käyttö mittaamisessa on myös hyvin yksinkertaista: haetaan näyte (esim. saastunut maa tai sedimentti), tehdään (vesi)liuos, lisätään bakteerisolut, inkuboidaan ja mitataan luminesenssi. Bioreporttereiden käytössä on kuitenkin myös kehittämiskohteita, etenkin jos tutkitaan saastuneita maita. Mittaus on tehtävä liuoksesta, joka taas muuttaa maan olosuhteita radikaalisti (esim. ionivahvuus voi muuttua). Tämä taas voi oleellisesti vaikuttaa kemikaalin sitoutumislujuuteen ja näin ollen lisätä biosaatavan fraktion suuruutta. Maaperätiedon hyväksikäyttö bioreportterien ja niiden mittaussovellusten kanssa voisi kuitenkin ratkaista tämänkin ongelman

Kirjallisuus

[1] Sposito, G. 1989. The Chemistry of Soils. Oxford University Press, New York. 277 s.
[2] Naidu, R. (Toim.), Bolan, N.S, Megharaj, M., Juhasz, A.L, Gupta, S.K, Clothier, B.E & Schulin, R. 2008. Chemical bioavailability in terrestrial environment. Developments in Soil Science 32. 809 s. Elsevier, Oxford, UK.
[3] Baker, S., Herrchen M., Hund-Rinke, K., Klein, W., Kördel, W., Peijnenburg, W. & Rensing, C. 2003. Underlying issues including approaches and information need in risk assessment. Ecotoxicology and Environmental Safety 56: 6–19.
[4] Semple, K., T., Doick, K., J., Jones, K., C., Burauel, P., Craven, A. & Harms, H. 2004. Defining bioavailability and bioaccessibility of contaminated soil and sediment is complicated. Environmental Science and Technology 12: 228A–321A.
[5] Alexander, R.R. & Alexander M. 2000. Bioavailability of genotoxic compounds in soils. Environmental Science and Technology 34: 1589–1593.
[6] Selifonova, O., Burlage, R., Barkay, T., 1993. Bioluminescent sensors for detection of bioavailable Hg(II) in the environment. Applied Environmental Microbiology 59: 3083–3090.
[7] Ivask, A., Virta, M., Kahru, A. 2002. Construction and use of specific luminescent recombinant bacterial sensors for the assessment of bioavailable fraction of cadmium, zinc, mercury and chromium in the soil. Soil Biology & Biochemistry 34: 1439–1447.

Alfaproteobakteerit maaperässä: miten ne ovat valmistautuneet hiilivetysaasteisiin

Alphaproteobacteria in soil: how are they prepared for hydrocarbon pollution?

Sajan C. Raju[1], Shinjini Mukherjee[1] ja Kim Yrjälä[1]

[1] MEM-Group, Department of Biosciences, 00014 - University of Helsinki

Introduction

Polluted soils are an environmental risk. In Finland alone there are over 20 000 polluted sites and only ca. 300 are remediated yearly. In biodegradation of aromatics the genus *Pseudomonas* and *Burkholderia* [1], from gamma and betaproteobacteria respectively are best studied. The less studied class Alphaproteobacteria harbors a miscellaneous set of metabolisms [2], cellular phenotypes and occurs in a wide range of habitats, as phototrophs, symbionts of plants, animal and plant pathogens; and is also capable of metabolizing C1 compounds. Alphaproteobacteria show a great versatility in adaption to a broad range of environments and lifestyles, spanning from relatively unspecific association (as rhizospheric or endophytic strains) to the highly species-specific interaction of rhizobia. Further Sphingomonas type of bacteria [3, 4] are well suited for living in hydrocarbon polluted environments and thus it's of great interest to study the flexibility in alphaproteobacterial genomes and how they are prepared for living in contaminated environments.

Genome projects are scientific endeavours that aim to determine the complete genome sequence of an organism and to annotate protein-coding genes and other important genome-encoded features. The first bacterial genome to be sequenced was that of *Haemophilus influenzae*, in 1995. Since then the Joint Genome Institute (JGI) has played an important role in numerous genome projects providing necessary sequencing facilities and resources. Just very recently with the advent of next generation sequencing technologies and cut down in sequencing costs even small research groups can have their own genome sequencing projects [5]. At present 3434 bacterial genomes (http://www.genomesonline.org) have been sequenced. Catabolic pathways are in the genomes sets of genes encoding enzymes for degradation of specific hydrocarbons into simple compounds that the cell can use for energy production and biosynthesis.

Materials and Methods

Published genomes (140) of Alphaproteobacteria class were selected for the study of the catabolic gene distribution in plasmids, chromosomes or chromids and their movement within/across the phylum. Genome sequences and metadata were downloaded from various biological databases (NCBI, Patric etc) for the analysis.

Results and Discussion

The distribution of polyaromatic hydrocarbon degrading genes or pathways across alphaproteobacteria genomes was studied. The aim of the study was to evaluate the importance of phylogeny versus habitat while considering the catabolic potential of alphaproteobacteria. *Brucella*, an animal pathogen was the most abundant genus in our study providing genome sequences for bioinformatics analysis. Each studied genus contained catabolic genes (Table 1). *Methylobacterium* are known for the use of methanol and methylamine as well as C2, C3 and C4 compounds for growth. *Methylobacterium extorquens* contained open reading frames with significant similarity to genes involved in plant association in *rhizobia* and *Agrobacterium.* Within our set of alphaproteobacterial genomes microbes isolated from the rhizosphere possessed more catabolic genes compared to those isolated from other habitats.

Table 1: Alphaproteobacteria genomes selected for the study divided into genera, their habitats and type of catabolic genes found in the bacteria.

Genus	**# genomes**	**Habitat**	**Catabolic genes**
Brucella	17	Human, Animal	*Bph, hpaD, pca,*
Methylobacterium	8	marine, freshwater, plants and terrestrial	*alkB, bedAB, bph, cat12, hmgA, pca*
Rhodopseudomonas	7	Aquatic, animal	*alkB, cat12, hmgA,* extradiol, *hpaD, ligB, vanA*
Rickettsia	7	Insects, animals, human	Pca
Sinorhizobium	6	Rhizosphere	*Cat12, catE,* dioxygenase, *hmgA, pca* (plasmids)
Rhizobium	5	Rhizosphere	Dioxygenase, *hmgA, pca, tauD* (plasmids)
Rhodobacter	5	Marine, soil	extradiol
Agrobacterium	4	Rhizosphere	Dioxygenase, *pca, ARHD*
Caulobacter	4	aquatic	*alkB, hmgA, hpd, NCED, pca, vanA*
Anaplasma	3	animal	Dioxygenase, *pca*
Bradyrhizobium	3	Rhizosphere	*Bph, cat12, hmgA, hpd, ligB, pca, tauD, vanA*
Candidatus	3	Marine, sludge, animal	Dioxygenase, *ligB, tauD*
Mesorhizobium	3	Rhizosphere	*alkB, hmgA, hpd, pca*
Rhodospirillum	3	Marine	*alkB*, extradiol
Sphingobium	3	Soil, sludge	*Bph, ligB, tauD*

Abbreviation: *bph* - biphenyl 2,3-dioxygenase, *bedAB* - benzene 1,2-dioxygenase, *cat12* – catechol 1,2 dioxygenase, extradiol – extradiol dioxygenase, *hpaD* - homoprotocatechuate 2,3-dioxygenase, *pca* - protocatechuate 3,4-dioxygenase, *alkB* – alkane hydroxylase, *hmgA* - homogentisate 1,2-dioxygenase, *ligB* - protocatechuate 4,5-dioxygenase, *vanA* - vanillate monooxygenase, *ARHD* – aromatic ring hydroxylating dioxygenase, *NCED* - 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase, *tauD* - taurine dioxygenase

References

[1] Pérez-Pantoja, D., Donoso, R., Agulló, L., Córdova, M., Seeger, M., Pieper, D.H., and González, B. 2012. Genomic analysis of the potential for aromatic compounds biodegradation in *Burkholderiales. Environmental Microbiology* 14(5):1091–1117.

[2] Pini, F., Galardini, M., Bazzicalupo, M., and Mengoni, A. 2011. Plant-Bacteria Association and Symbiosis: Are There Common Genomic Traits in Alphaproteobacteria?. Genes 2:1017-1032.

[3] Yrjälä, K. Polyphasic Taxonomy, Ecology, and Genetics of Plasmid-encoded Aromatic cmp-pathway of Strain HV3: a Sphingomonas sp. *Dissertationes Biocentri Viikki Universitatis Helsingiensis* 14/1997.

[4] Sipilä, T. Plasmids and aromatic degradation in Sphingomonas for bioremediation : Aromatic ring cleavage genes in soil and rhizosphere. *Dissertationes bioscientiarum molecularium Universitatis Helsingiensis in Viikki* 31/2009.

[5] Metzker M. L. 2012. Sequencing technologies — the next generation. *Nature Reviews Genetics* 11:31-46.

Luikonlahden kaivosalueen hydrogeologinen mallintaminen

Hydrogeological modelling of the Luikonlahti mining site

Antti Pasanen[1], Lauri Solismaa[1], Soile Backnäs[1] ja Pekka Forsman[1]

[1]Geologian tutkimuskeskus, PL 1237, 70211 Kuopio. antti.pasanen@gtk.fi

Johdanto

Kaivosalueiden virtausmallintaminen on usein ongelmallista johtuen maaperän ja kallioperän monimutkaisesta rakenteesta sekä rakennettuun ympäristöön tehdyistä muutoksista. Kaivosalueiden kallioperä on usein ruhjeinen ja siihen on tehty louhoksia ja tunneleita, jotka vaikuttavat veden virtaukseen. Näiden ongelmien ratkaisemiseksi Luikonlahden kaivosalueesta ja sen ulkopuolelta tehtiin hydrogeologinen malli GSI3D-ohjelmalla. Tutkimuksen tarkoituksena oli mallintaa kaivosalueen hydrogeologiset yksiköt riittävällä tarkkuudella maa- ja kallioperässä tapahtuvan veden virtauksen tutkimiseksi. Hydrogeologisen mallin pohjalta alueelle ollaan laatimassa virtaus- ja kulkeutumismallia kuvaamaan haitta-aineiden kulkeutumisreittejä kaivoksen ympäristössä.

Sijainti

Luikonlahden kaivosalue sijaitsee Kaavin kunnassa, n. 70 km Kuopiosta länteen (KKJ 3586700 6982817). Kaivos ja rikastamo toimivat vuosina 1968–1983, jonka jälkeen rikastamo on toiminut talkkimalmin rikastamona vuoteen 2006 asti ja avattu uudestaan vuonna 2012[1]. Rikastamon toiminnasta johtuen alueella on laajat rikastushiekka-altaat, joista suotautuu hapanta metallipitoista suotovettä ympäristöön (Kuva 1A.). Suotovedet pyritään ohjaamaan rakennetulle kosteikolle, josta ne kierrätetään takaisin rikastamolle

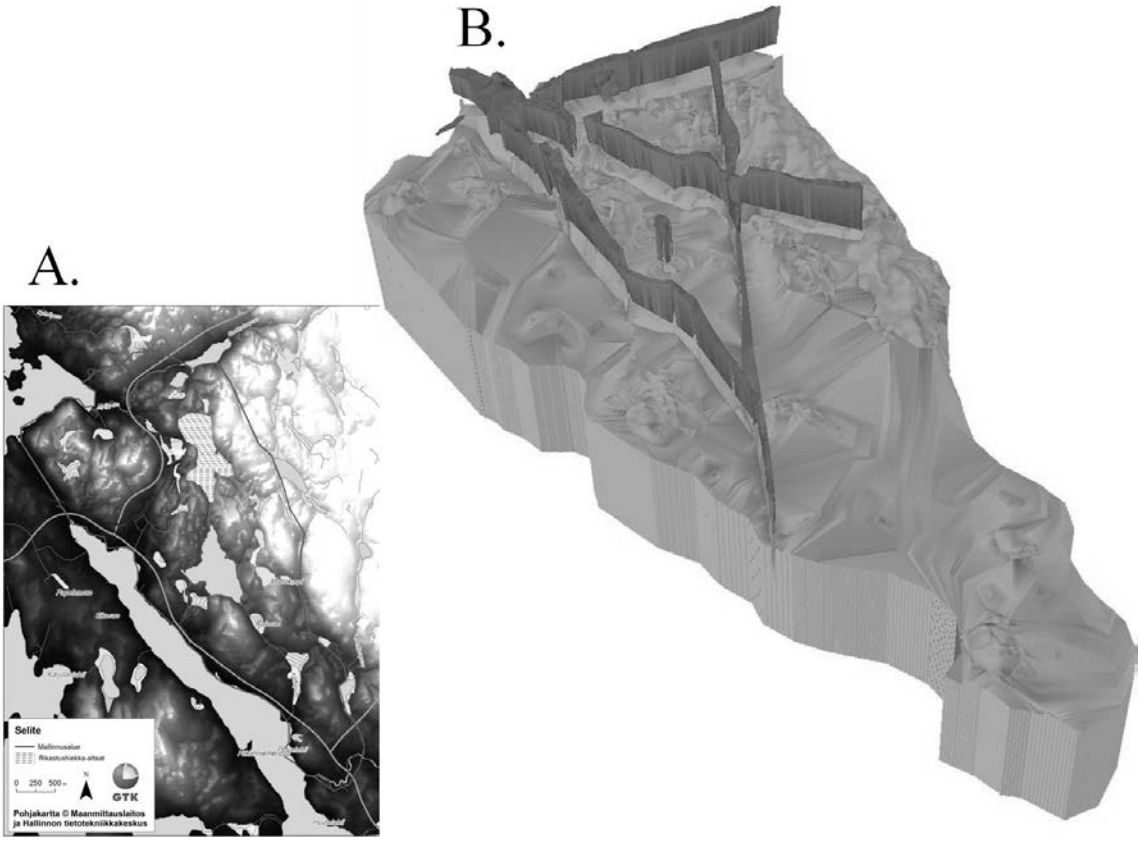
Mallintaminen

Hydrogeologinen malli tehtiin litologisena mallina, joka painottaa maaperän osalta suuria, hydrogeologisesti merkittäviä yksiköitä sekä kallioperän osalta kallion pinnan muotoa ja ruhjevyöhykkeiden sijaintia ja jatkuvuutta. Mallintamisen lähtötiedoiksi on kerätty laaja aineisto vuosien 2010 ja 2011 aikana. Tämä aineisto koostuu noin 50:n maaperäkairauksen ja pohjavesiputken tiedoista sekä laajoista geofysikaalisista mittauksista (DC-IP-mittaukset, taittumisseismiset luotaukset, painovoimamittaukset, TerraTEM-mittaukset, omapotentiaalimittaukset ja maatutkaluotaukset). Lisäksi mallin laatimisessa käytettiin geomorfologista- ja sedimentologista tulkintaa sekä jo olemassa olevaa maaperäkarttaa.

Tutkimusalueen hydrogeologisessa tarkastelussa ja pintavesien virtaamamittauksissa sekä maaperän pohjaveden geokemiallisissa tutkimuksissa havaittiin, että suurin osa kaivosalueelta tulevasta vedestä kulkee pintavaluntana. Myös kallioperän ruhjeiden havaittiin vaikuttavan maaperän pohjaveden laatuun ja suotovesien kulkeutumiseen. Tarkastelussa nousikin esiin kallioperän ruhjeiden vaikutus veden kulkeutumiseen pitkiä matkoja kaivosalueen ulkopuolelle. Kallioperän ruhjeisuutta tutkittiin geofysikaalisilla menetelmillä ja suurimpien ruhjevyöhykkeiden sijainti ja kulku pystyttiin selvittämään. Tutkimustiedon perusteella voitiin olettaa, että osa ruhjevyöhykkeistä on yhteydessä maaperän pohjaveteen ja näin ollen toimivat veden kulkureitteinä.

Hydrogeologisessa mallintamisessa ruhjeet mallinnettiin omina yksikköinään (Kuva 1B.) Tutkimuksen resoluutio ei riitä yksittäisten ruhjeiden ja rakojen mallintamiseen. Lisäksi virtausmallinnuksessa ruhjevyöhykkeiden laajuudesta johtuen niihin sovellettiin Darcyn lakia ja niille annettiin yhtenäinen k-arvo[2]. Kaivostunneleita ei mallinnettu tutkimuksen resoluutiosta johtuen ja siksi, että ruhjevyöhykkeet leikkaavat tunnelien lähellä aukaisten vedelle kulkureitin. Maaperästä mallinnettiin moreeni, sora, hiekka, hienohiekka, siltti, turve, rikastushiekka-altaat ja vedet.

Malli siirrettiin kokonaisuudessaan FeFlow-ohjelmistoon. Virtausmallia kalibroitaessa huomattiin, että näin yksityiskohtaisen mallin kalibrointi on haastavaa, joten malli yksinkertaistettiin kolmikerrosmalliksi, jossa on kallio, ruhjeet ja irtomaakerros.



Kuva 1. A. Luikonlahden kaivosalueen korkeusmalli ja rikastushiekka-altaiden sijainti. B. Räjäytyskuva mallinnetusta kalliosta (vaaleanharmaa) ja ruhjevyöhykkeistä (tummanharmaa).

Kirjallisuus

[1] Kylylahti Copper Oy, 2011. Luikonlahden rikastamon ympäristökapasiteetin lisääminen. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma. http://www.ely-keskus.fi/fi/ELYkeskukset/pohjoissavonely/Ymparistonsuojelu/YVA/paattyneet/luonnonvarat/Luokonlahdenrikastamo/Documents/Arviointiohjelma_nettiversio.pdf. Viitattu 25.10.2012.
[2] Leveinen, J. 2006. Virtausmallinnus kaivosympäristötutkimuksissa – Esimerkkinä Hituran kaivos. Geologian tutkimuskeskus, Espoo.

DOCin vaihtelu rantavyöhykkeeltä puroveteen eri maankäyttöalueilla

Linkages between riparian zone and stream water DOC in relation to land use

Liisa Ukonmaanaho[1], Martin Forsius[2], Lauri Arvola[3], Markus Hartman[1] ja Mike Starr[3]

[1] Metsäntutkimuslaitos, liisa.ukonmaanaho@metla.fi, markus.hartman@metla.fi
[2] Suomen ympäristökeskus, martin.forsius@ymparisto.fi
[3] Helsingin yliopisto, lauri.arvola@helsinki.fi, mike.starr@helsinki.fi

Introduction

Increasing trends in dissolved organic carbon (DOC) concentrations in surface waters have been recently reported in northern Europe and North America. Many different processes have been proposed to explain increased DOC concentrations, e.g. recovery from acidification, increased forest production, climate warming and land use change. The loss of terrestrial organic carbon (OC) to rivers has been estimated to be about 10 % of the net ecosystem production on land. OC transport is closely connected to land use (vegetation and soil type), and is largely controlled by hydrological processes. In our study we were particularly interested to determine how concentrations and characteristics of DOC differ among different land use/riparian zones.

Materials and method

The study was carried during 2009-2011 in the riparian zone of five different land use sites: birch and spruce forest, drained and pristine peatland and cultivated field. The sites, except spruce forest, were located in the Löytynoja catchment (8.0 km^2), south Finland (61° 02’ N, 25°00’ E). The undisturbed old-growth spruce forest was located in the Valkea-Kotinen catchment (0.3 km^2) 20 km north from Löytynoja. Open area deposition (BD) was collected from Valkea-Kotinen and represents deposition at all studied sites. Throughfall (TF) was collected from the forested sites, soil water (SW) from mineral soil riparian zone, ground water (GW) from peat riparian zones, stream water, and spring water from the Löytynoja catchment and lake water from Lake Pääjärvi, into which the stream flows. DOC concentrations were determined using a Shimadzu TOC-5000A analyzer. Absorbances at 465 nm (E4) and 665 nm (E6) were measured using Shimadzu UV Spectrophotometer and E4/E6 ratios (reflecting the proportion of fulvic to humic acids) calculated. In addition, concentrations of major nutrients were determined. Here we present the results for the samples taken during May-November in 2011.

Results and discussion

Overall DOC concentrations in the riparian zone and stream water varied greatly between the different land use sites. However, highest concentrations were associated with the sites peatlands (drained and pristine peatland, spruce forest). Peatlands are a principal source of DOC in boreal fluvial environments. TF DOC concentrations were similar at both forest sites, while SW and GW DOC concentrations varied with distance from stream (sampling carried out over a distance of few metres). Lowest average DOC concentrations were in BD and spring water, as expected. E4/E6 ratios varied between 1.3 and 20.8, the lowest in BD and highest in GW of the pristine peatland. There was a positive correlation (r=0.84) between DOC concentrations and E4/E6 ratios. E4/E6 ratios higher than 8 indicate the dominance of fulvic acids while ratios lower than 5 indicate the dominance of humic acids (greater degree of humification). As with DOC concentrations, the highest E4/E6 ratios (dominance of fulvic acids) were associated with peatland riparian waters. The lowest E4/E6 ratios were associated with BD, spring water, and mineral soil riparian zone and lake waters (indicating dominance of humic acids).

Table 1. Mean DOC concentrations and E4/E6 ratios for the 5 land use/riparian sites (n = 12-40)

Water sample	Birch forest		Cultivated field		Drained peatland		Pristine peatland		Spruce forest	
	DOC mg L^{-1}	E4/E6 ratio	DOC mg L^{-1}	E4/E6 ratio	DOC mg L^{-1}	E4/E6 ratio	DOC mg L^{-1}	E4/E6 ratio	DOC mg L^{-1}	E4/E6 ratio
BD	3.0	1.3	3.0	1.3	3.0	1.3	3.0	1.3	3.0	1.3
Spring	2.3	2.5	2.3	2.5	-	-	-	-	-	-
TF	20.6	6.4	-	-	17.5	5.9	-	-	18.9	9.0
SW/GW*$_{_dis}$[1).]	12.5	4.4	21.4	10.0	38.4	12.0	50.4	20.8	41.4	13.7
SW/GW*$_{_mid}$[2)]	19.0	8.2	13.8	8.3	43.4	9.1	31.6	12.3	44.0	15.7
SW/GW*$_{_adj}$[3)]	6.3	1.0	11.1	5.4	37.8	13.5	27.6	9.2	48.0	16.6
Stream	5.0	6.4	4.6	6.3	59.2	11.7	-	-	-	-
Lake	11.3	4.2	11.3	4.2	11.3	4.2	11.3	4.2	-	-

* SW (mineral soil) at Löyttyoja birch forest and cultivated field; GW at Löyttyoja drained and pristine peatland and peatland spruce forest at Valkea-Kotinen; [1)]dis.= most distant from stream, [2)]mid = middle to stream, [3)]adj = adjacent to stream.