

Pro Terra

No. 76 / 2023

HUOLTOVARMUUS LÄHTEE MAAPERÄSTÄ

XII Maaperätieteiden päivien abstraktit

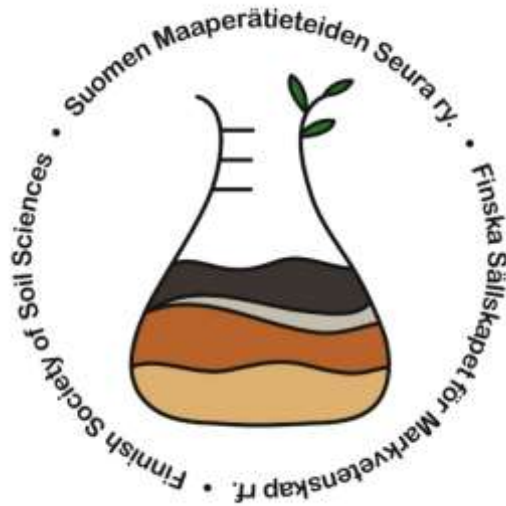
Noora Manninen
Seija Virtanen
Nelli Pitkänen
Jussi Heinonsalo
Katri Rankinen
Tiina Törmänen
Eeva-Stiina Tuittila
Taina Pennanen
(toim.)

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA RY.

HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUSTIETEIDEN OSASTO

Pro Terra

No. 76 / 2023



XII Maaperätieteiden päivien abstraktit

10.–11.2023

Toimittajat

Noora Manninen, Seija Virtanen, Nelli Pitkänen, Jussi Heinonsalo, Katri Rankinen, Tiina Törmänen, Eeva-Stiina Tuittila ja Taina Pennanen

SUOMEN MAAPERÄTIETEIDEN SEURA RY.

HELSINGIN YLIOPISTO
MAATALOUSTIETEIDEN OSASTO

Helsinki, 2023

SISÄLLYSLUETTELO

Esitelmät

sivu

Sessio I: Maatalousmaiden kestävä käyttö

Session I: Sustainable management of agricultural soils

Sustainable soil management and regenerative agriculture principles: the uptake and understanding amongst UK farmers

Anna Krzywoszynska, Coline C. Jaworski, Jonathan R. Leake, Lynn V. Dicks 8

Continuous measurements of greenhouse gas fluxes and aerosols from a boreal grassland: SMEAR-Agri concept

Mari Pihlatie, Annalea Lohila, Asta Laasonen, Tatu Polvinen, Miki Sirola, Asko Simojoki, Noora Manninen, Laura Alakukku, Tapani Jokiniemi, Markku Kulmala, Tuukka Petäjä, Jaana Bäck, Timo Vesala, Markku Koskinen 10

Faba bean and pea in crop rotation – impacts on the yield-scaled N₂O emissions from a clay loam soil

Simojoki A., Haarala J., Hämäläinen A., Hakkola S., Orjala J., Vihanto N., Stoddard F., Mäkelä P. & Alakukku L. 11

Stocks and stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in deep farmland soil and influence on carbon sequestration

Sichu Wang, Oona Uhlgren, Anna-Reetta Salonen, Jussi Heinonsalo, Sanna Kanerva, Asko Simojoki, Tuomas Mattila, Jussi Heinonsalo 13

Effect of waterlogging on carbon dynamics in agricultural mineral soil

Reija Heinonen, Tatu Polvinen, Markku Koskinen, Lisa Leinonen, Sanna Kanerva, Jussi Heinonsalo, Mari Pihlatie 14

Development of a nitrogen leaching model for the life cycle assessment of organic and conventional farming

Joel Kostensalo, Liisa Ukonmaanaho, Riitta Lemola, Tapio Salo, Merja Saarinen 16

How does diverse cover crops undersown in barley affect Finnish soil microbial community and activity?

Rashmi Shrestha, Karoliina Huusko, Outi-Maaria Sietiö, Anna-Reetta Salonen, Jussi Heinonsalo 18

Effects of vegetation and its properties on invertebrate abundance in agroecosystem soils

Paula Thitz, Juha Mikola, Marleena Hagner, Anna-Liisa Laine, Jussi Heinonsalo 20

Effect of fertilizers on phytoavailability of Ni, Cr, Co, and Mn for Brassica napus growing in ultramafic soil

Artur Pędziwiatr, Jakub Kierczak, Anna Potysz, Anna Pietranik 22

Pellon hiilipitoisuuden mittaus – käytännön haasteita

Jussi Knaapi 25

Sessio II: Happamat sulfaattimaat Suomessa

Session II: Acid Sulphate soils in Finland

Acid sulfate soils: Past, present, and future Anton Boman	26
Management of acid sulfate soils in Finland Peter Österholm	28
Finnish Acid Sulfate Soil Land Systems Stefan Mattbäck, Anton Boman, Jaakko Auri & Peter Österholm	30
Sulfide bearing soil materials in peat extraction areas in Finland Miriam Nystrand, Jaakko Auri, Mirikka Visuri, Peter Österholm	31
Maan ilman koostumus ja kosteusolot pohjamaaltaan mustaliuskepitoisella viljelykäytössä olevalla, avo-ojitetulla entisellä turpeennostoalueella Minna Mäkelä, Asko Simojoki, Sanna Kanerva, Markku Yli-Halla	33
Happamien sulfaattimaiden riskikartoitus – keinoja vesistöjen happamuus- ja metallikuormituksen hallintaan (HaSuRiski) Mirikka Visuri, Stefan Mattbäck, Peter Österholm, Anton Boman, Kaj-Mikael Björk, Jaakko Auri, Jari Koskiaho, Miriam Nystrand, Ritva Nilivaara, Jukka Räisänen, Hannu Hirvasniemi, Pauliina Liwata-Kenttälä, Virginia Estévez Nuño, Anton Akusok	35
Maan kylläinen vedenjohtavuus suomalaisissa viljelyissä happamissa sulfaattimaissa Virtanen Seija, Hanne Laine-Kaulio, Heidi Salo, Jyrki Nurminen	36
Altakastelun kehittäminen happamilla sulfaattimailla Sten Engblom, Anders Grannas, Eva Högfors-Rönholm, Pekka Stén, Peter Österholm	38
<i>Sessio III: Suo- ja metsämaan prosessit</i>	
<i>Session III: Processes of forest and peat soils</i>	
Belowground methane cycle processes along a stream-to-edge transect in the Lompolojänkkä fen Lukas Kohl, Salla Tenhovirta, Iikka Haikarainen, Mari Pihlatie, Annalea Lohila	39
Modelling of long term brownification process in Southern Finland Katri Rankinen, Maria Holmberg, José Cano Bernal and Anu Akujärvi	40
Innoherb – Kihokki ja kanerva kosteikkokasveina sekä muun suokasvillisuuden sukkessio rahkasammaleen korjuun jälkeisillä heikkotuottoisilla turvemilla Länsi-Suomessa Leila Korpela, Tytti Sarjala, Niko Silvan	41
Harmaaleppä uudistusvaiheessa: pitkäaikaisvaikutukset maaperään ja puustoon kuusikoissa Päivi Soronen, Helena M. Henttonen, Aino Smolander	42

Miten passiivinen lämmitys vaikuttaa mineraalimaan mikrobiyhteisöihin ja mikrobien jäänteisiin varastoituneeseen hiileen borealisessa metsässä?

Outi-Maaria Sietiö, Tero Tuomivirta, Aino Seppänen, Kevin Mganga, Päivi Merilä, Nele Meyer, Kristiina Karhu 43

Biologista typensidontaa kuusen, männyn ja koivun hakkuutähteessä

Tiina Törmänen, Aino Smolander 44

Kuusen, männyn ja koivun hakkuutähteiden vaikutus metsämaan vajoveden emäsravinnepitoisuuksiin

Antti-Jussi Lindroos, Tiina Törmänen, Aino Smolander 47

Horizon Europe Mission Soil Deal for Europe: a presentation of the mission's structure and objectives with relevance to Finland

Anna Krzywoszynska, Liisa Pietola 48

Sessio IV: Huoltovarmuus ja maaperä

Session IV: Security of supply and soils

Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja

Petri Kapuinen, Kirsi Järvenranta, Marjo Keskitalo, Sanna Kykkänen, Hannu Känkänen, Sari Luostarinen, Pasi Mattila, Olli Niskanen, Ansa Palojärvi, Taina Pennanen, Liisa Pesonen, Katariina Pussi, Ville Pyykkönen, Kimmo Rasa, Tapio Salo, Alan Schulman, Ari-Matti Seppänen, Antti Suokannas, Elina Tampio, Pirjo Tanhuanpää, Maarit Termonen, Sirja Viitala, Perttu Virkajärvi, Erika Winquist, Jani Lehto ja Eeva Vainio 49

Ravinteiden kierrätyksen indikaattori – Biohajoavien sivu- ja jätevirtojen sisältämien ravinteiden palauttaminen kasvintuotantoon

Johanna Laakso, Elina Tampio, Sari Luostarinen 51

Viljavuusfosfori laskee – heikentyykö huoltavarmuus?

Venla Jokela, Iina Haikarainen 53

Metsäperäiset maanparannusaineet edistävät kestäväää maataloutta monipuolistamalla mikroyhteisöjä

Krista Peltoniemi, Sannakajsa Velmala, Hannu Fritze, Tuula Jyske, Saija Rasi ja Taina Pennanen 55

Voidaanko biohiilen käytöllä vähentää peltomaiden typpipäästöjä

Kenneth Peltokangas, Nelli Pitkänen, Liisa Kulmala, Subin Kalu, Jussi Heinonsalo, Kristiina Karhu, Mari Pihlatie 57

Biolaitoksen typenpoistossa syntyvän ammoniakkiliuoksen potentiaali typpilannoitteena Suomessa

Petri Kapuinen 58

Ammoniakkiliuoksen käyttö kevätvehnän typpilannoituksessa

Petri Kapuinen 60

Koko- ja tiheysfraktiointi maaperän hiilivarannon tarkastelussa

Riikka Keskinen, Johanna Nikama, Joel Kostensalo, Mari Rätty, Kimmo Rasa, Helena Soinne 62

Maan orgaanisen aineksen fraktiot 70 cm syvyyteen saakka eri viljelymenetelmillä 24 vuoden viljelyn jälkeen

Anna-Reetta Salonen, Helena Soinnie, Rachel Creamer, Riitta Lemola, Oona Uhlgren, Niina Ruoho, Ron de Goede, Jussi Heinonsalo 63

Täydennysojituksen vaikutus typen fraktioiden huuhtoutumiseen salaojitetulta savipelloilta

Vilma Jokinen, Heidi Salo, Minna Mäkelä, Jyrki Nurminen, Helena Äijö, Hanne Laine-Kaulio, Merja Mylly, Harri Koivusalo 65

Muutokset hivenravinteiden ja raskasmetallien pitoisuuksissa peltomaissa ja viljanjyvissä edellisten vuosikymmenten aikana

Helena Soinnie, Mika Kurkilahhti, Jaakko Heikkinen, Merja Eurola, Risto Uusitalo, Visa Nuutinen, Riikka Keskinen 67

Mikromuovit maatalousmaassa – perinteisten ja biohajoavien muovien esiintyminen, vaikutukset ja hajoavuus

Salla Selonen, Rami El Dairi, Ilse Heiskanen, Liisa Maunuksela, Ansa Palojärvi, Essi Roininen, Minna Sepponen, Raisa Turja 68

PAPILLONS: Mikromuovitutkimusta Euroopan maatalousmaissa

Salla Selonen, Sylwia Adamczyk, Helena Dahlbo, Hannu Fritze, Jari Haimi, Ilse Heiskanen, Niko Jalava, Annika Johansson, Sari Kauppi, Riikka Keskinen, Maiju Lehtiniemi, Sanna Maula, Johanna Nikama, Juha-Matti Pitkänen, Vili Saartama, Minna Sepponen, Outi Setälä, Markus Sillanpää, Helena Soinnie, Julia Talvitie, Jyri Tirroniemi, Sannakajsa Velmala 69

Maaperäosaaminen käyttöön ja ratkaisuksi ruoantuotannossa Carbon Action –alustan yhteistyömallilla

Elisa Vainio, Anne Antman, Kaj Granholm, Eija Hagelberg, Layla Höckerstedt, Pieta Jarva, Jenni Jääskeläinen, Jari Liski, Eliisa Malin, Åsa Stam, Soja Sädeharju & Laura Höijer 70

1. **Machine learning techniques for acid sulfate soil mapping in southeastern Finland**
Virginia Estévez, Amélie Beucher, Stefan Mattbäck, Anton Boman, Jaakko Auri, Kaj-Mikael Björk, Peter Österholm 72
2. **Soil in AquaCrop crop simulation model**
Antti Halla, Ari T. K. Ikonen 73
3. **Mikromuovit maatalousmaassa – maatalousmuovit ja niiden käyttömäärät**
Annika Johansson, Sami Alt, Helena Dahlbo, Salla Selonen 75
4. **Ohjaako maan lämpötila vai resurssikilpailu puunjuurten kasvun ajoittumista?**
Jouni Kilpeläinen, Timo Domisch, Tarja Lehto, Minna Kivimäenpää, Françoise Martz, Sirpa Piirainen, Tapani Repo 77
5. **The effects of two decades of water table drawdown on testate amoeba communities of boreal peatland**
Olivia Kuuri-Riutta, Brunella Palacios Ganoza, Minna Väiliranta, Edward Mitchell, Eeva-Stiina Tuittila 78
6. **Effect of nitrogen fertilization and cutting height on greenhouse gas exchange on a boreal grassland**
Marja Maljanen, Richard Lamprecht, Minna Pääkkönen, Sanna Kykkänen, Saara Lind, Perttu Virkajärvi 80
7. **Kasvillisuuden vaikutus biogeenisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (BVOC) päästöihin boreaaliselta sara- ja rahkasuolta**
Elisa Männistö, Henni Yläne, Mari Losoi, Markku Keinänen, Pasi Yli-Pirilä, Aino Korrensalo, Jaana Bäck, Heidi Hellén, Annele Virtanen, Eeva-Stiina Tuittila 82
8. **Maaskannauskarttojen tulosten käyttökelpoisuuden opiskelua**
Oiva Niemeläinen, Hannu Ojanen, Lauri Jauhiainen, Pasi Hartikainen, Jari Huikuri 83
9. **Microbiome of boreal agricultural soil at SMEAR-Agri measurement station**
Jonna Teikari, Timo Pihlajamäki, Anuliina Putkinen, Jussi Heinonsalo, Jenni Hultman, Mari Pihlatie 84
10. **Onnistuneen ennallistamisen mittarit**
Tiina Törmänen, Liisa Maanavilja, Anna Laine-Petäjäkangas, Eeva-Stiina Tuittila 85
11. **Wetland restoration for the future – ALFAwetlands**
Liisa Ukonmaanaho, Tuula Larmola, Tuula Aalto; Jari Anttila, Mika Aurela, Emmi Haltia, Jyrki Jauhiainen, Mikko Jokinen, Katja Kangas, Raija Laiho, Ilkka Leinonen, Tiina M. Nieminen, Parvez Rana, Aleksi Räsänen, Oili Tarvainen, Annika Tienhaara, Seija Tuulentie 87
12. **Happamissa sulfaattimaissa on runsaasti mineraalityppeä**
Markku Yli-Halla 88

Sustainable soil management and regenerative agriculture principles: the uptake and understanding amongst UK farmers

Kestävän maanhoidon ja uudistavan maatalouden periaatteet: miten maanviljelijät Yhdistyneessä kuningaskunnassa ottavat käyttöön sekä ymmärtävät ne?

Anna Krzywoszynska¹, Coline C. Jaworski², Jonathan R. Leake³, Lynn V. Dicks².

¹ Faculty of Humanities, University of Oulu, Pentti kaiterankatu 1, 90570 Oulu, Finland.

² Department of Zoology, University of Cambridge, Cambridge CB2 3EJ, UK.

³ Plants, Photosynthesis and Soil, School of Biosciences, The University of Sheffield, Sheffield S10 2TN, UK.

Introduction

Sustainable soil management (SSM) is essential to prevent agricultural soil degradation and maintain food production and other ecosystem services, including carbon sequestration for climate change mitigation. No single definition of SSM exists, as different practices are required in different soil and agro-ecological contexts [1]. However, there is increasing recognition that SSM needs to encompass biology and fertility-building practices that can simultaneously improve soil biology, structure and nutrient status [2], and reduce reliance on expensive chemical inputs [3]. One model of SSM that has rapidly gained prominence in the last 5 years is regenerative agriculture, which is increasingly recognized as a movement or paradigm shift in modern agricultural practices [4]. The movement has lacked consistent definitions, and does not specify a particular set of practices. Nonetheless, it is being recognised as a potentially important pathway to greater sustainability of agri-food systems. Many practitioners and advocates for regenerative agriculture now promote five commonly admitted principles for land management practice [5].

Despite the urgent need to address soil degradation in the UK, there is yet limited knowledge of the awareness and uptake of SSM amongst farmers and land managers, as well as what these key stakeholders understand SSM to involve (specifically, what practices, and what combinations of practices). Further, there is little insight into how SSM is being currently promoted in agricultural knowledge and innovation services (AKIS), and what the barriers to further adoption of SSM practices are. To address these knowledge gaps, this project investigated:

1. To what extent is the general farming and land managing population in the UK aware of, and engaged with, SSM?
2. How do farmers combine SSM practices (if at all), and how does this relate to the five SSM principles of regenerative agriculture?
3. Through what channels is SSM promoted in the UK?
4. What support is needed to enable wider adoption of SSM practices in the UK?

Materials and methods

To address these key knowledge gaps, we undertook two phases of research: first an online survey of 297 UK farmers and land managers; and second semi-structured interviews with 25 SSM stakeholders and industry experts, including farmers, advisors and organisation representatives. To investigate the awareness, nature and uptake of SSM, we established a list of the 14 most recognised and implemented practices. Further, in order to shed light on the way in which farmers may be combining SSM practices, we classified the 14 practices in relation to

five regenerative principles [5]. All statistical analyses were performed using R version 4.2.1. To identify groups of farmers combining SSM practices in a similar way, we performed a hierarchical analysis, clustering farmers based on the combination of practices used. We were also interested in comparing how the combinations of practices used, at an individual and farmer group level, were following the five SSM principles. To do this, we calculated how many practices a respondent was using from all the practices associated with a given principle. Finally, we undertook a thematic analysis of open responses and qualitative interviews in order to identify the barriers to and enablers of adoption of SSM practices in the UK.

Results

We found high levels of awareness (> 95 %) and of uptake (> 50 %) of SSM practices among the 297 respondents across the UK. Importantly, most respondents considered themselves to be practising SSM. However, our analysis shows that a diversity of practices and combinations of practices are being used, and named SSM by the respondents. The hierarchical clustering of the regular use of the 14 practices identified five groups of farmers implementing different combinations of practices. Not all these combinations are compatible with the SSM principles of reduced soil disturbance, soil cover and crop diversity. We also found that the farming community was quite active in relation to experimenting with new sustainable soil management related practices: 48 % of participants reported to be currently experimenting with a new soil improvement technique, of which 27 % were experimenting with more than one new technique at that time. We further find that in terms of knowledge exchange, SSM messaging is fragmented, and that few AKIS networks have SSM as their primary concern. Interestingly, our analysis showed that the group scoring highest on all five SSM principles was also the most connected and engaged in formal and informal farmers networks, showing the value of such networks to SSM adoption.

Overall, our study finds that there are multiple understandings of SSM amongst UK farmers and land managers, and identifies emerging patterns in how SSM practices are combined. This diversity and variety in SSM needs to be taken into account in future policy and research. In conclusions, we discuss a potential solution to the lack of place-specific support for pursuing SSM. We present an outline of a potential multi-scalar platform for intensifying farmers' own research on soil ecosystems while connecting with scientific research on soil biodiversity.

References

- [1] Miner, G. L. et al. 2020. Soil health management practices and crop productivity. *Agricultural and Environmental Letters* 5: e20023.
- [2] Berdeni et al. 2021. Soil quality regeneration by grass-clover leys in arable rotations compared to permanent grassland: Effects on wheat yield and resilience to drought and flooding. *Soil and Tillage Research* 212: 105037.
- [3] LaCanne, C. E., and Lundgren, J. G. 2018. Regenerative agriculture: merging farming and natural resource conservation profitably. *PeerJ* 6: e4428.
- [4] O'Donoghue, T., Minasny, B., and McBratney, A. 2022. Regenerative Agriculture and Its Potential to Improve Farmscape Function. *Sustainability* 14: 5815.
- [5] Ritz, K. 2021 The Groundswell 5 Principles and Soil Sense. Retrieved from: <https://groundswellag.com/karl-ritz-the-groundswell-5-principles-and-soil-sense/>

Continuous measurements of greenhouse gas fluxes and aerosols from a boreal grassland: SMEAR-Agri concept

Mari Pihlatie^{1,2,3}, Annalea Lohila^{4,5}, Asta Laasonen⁴, Tatu Polvinen^{1,2}, Miki Sirola^{1,2}, Asko Simojoki¹, Noora Manninen^{1,2}, Laura Alakukku¹, Tapani Jokiniemi¹, Markku Kulmala⁴, Tuukka Petäjä⁴, Jaana Bäck⁶, Timo Vesala⁴, Markku Koskinen^{1,2}

¹ Department of Agricultural Sciences, University of Helsinki

² Institute for Atmospheric and Earth System Research (INAR)/Agricultural Sciences, University of Helsinki

³ Viikki Plant Science Centre (ViPS), University of Helsinki

⁴ Institute for Atmospheric and Earth System Research (INAR)/Physics, University of Helsinki

⁵ Finnish Meteorological Institute

⁶ Institute for Atmospheric and Earth System Research (INAR)/Forest Sciences, University of Helsinki

Changing climate and strong weather variability threaten the capacity of agricultural ecosystems to mitigate climate change. Grassland ecosystems on mineral soils are typically carbon sinks on an annual basis. Management practices and high year-to-year weather variability affect the greenhouse gas (GHG) exchange and may lead to significant carbon losses in some years. To study the full climatic impact of northern agriculture, we established a measurement station SMEAR-agri (Station for Measuring Ecosystem-Atmosphere Relations) on an agricultural mineral soil in south Finland. The station is part of an INAR RI Agriculture network, the first long-term integrated infrastructure network in Finland to study the climate and air quality impacts and mitigation potential of northern agriculture.

SMEAR-Agri Viikki station is built at Viikki Research Farm on fine textured mineral soil cultivated with grass silage. The station offers an international top-level platform for research activities, and it provides continuous H₂O, CO₂, CH₄ and N₂O flux measurements by eddy covariance and chambers, automated soil measurements (temperature, moisture, electrical conductivity, redox, water table depth), vegetation, and atmospheric measurements of reactive gas concentrations, aerosols and aerosol precursors. All the measurements are conducted year-round over multiple years to decades.

Here, we present the first GHG flux data from 2022 and reflect their connections to soil and environmental variables. The preliminary data shows that during the spring and summer, the CO₂ fluxes follow typical seasonality of small CO₂ emissions during the winter and an elevated CO₂ emission after snowmelt until the growing season with a significant CO₂ uptake. N₂O fluxes were more temporally variable with time and follow soil moisture and redox dynamics during the spring, while the highest N₂O emission peaks were observed in early June, almost two weeks after mineral nitrogen fertilization. These continuous GHG flux and soil data will be openly accessible with multiple utilization and co-operation possibilities (e.g. <https://www.fieldobservatory.org/en/online-field-data/> and <https://smear.avaa.csc.fi/>), and the station will be used for teaching and citizen involvement. The station has open doors for visiting researchers and can be equipped adequately according to their needs.

Faba bean and pea in crop rotation – impacts on the yield-scaled N₂O emissions from a clay loam soil

Herne ja härkäpapu kasvinvuorotuksessa – vaikutukset satovakioituihin N₂O-päästöihin hietasavimaasta

Simojoki A.^{1,3}, Haarala J.^{1,2}, Hämäläinen A.¹, Hakkola S.¹, Orjala J.¹, Vihanto N.¹, Stoddard F.¹, Mäkelä P.¹ & Alakukku L.¹

¹ Department of Agricultural Sciences, University of Helsinki, Finland

² Boreal Plant Breeding Ltd., Finland

³ Email: asko.simojoki@helsinki.fi

Introduction

The biological nitrogen (N) fixation by legumes reduces the need for synthetic N fertilizers in agriculture and the greenhouse gas emissions from their production. Nevertheless, current research data on the greenhouse gas emissions from legume-supported crop rotations are scarce. In earlier studies, legume-supported crop rotations have often reduced the greenhouse gases from soil, but the variation is large [1, 2]. On the other hand, the decomposition of N-rich residue of legume plants may cause accumulation of mineral N in soil and increase the risk of denitrification in wet soils. In Leg4Life project [3], our aim was to examine this risk in boreal conditions.

Methods

In May 2020, two multi-year field experiments were set up in the fields of Haltiala farm, Helsinki, Finland, in order to study the greenhouse gas emissions from the crop rotations including faba bean (*Vicia faba*) and pea (*Pisum sativum* L.) as well as other common Finnish food/feed and catch crops. Each field experiment was established with 10 different crop rotations as the experimental treatments in four replicate blocks. Plant growth was measured by biomass samplings at different growth stages and harvesting the mature grain yield. The N₂O-emissions from soil were measured by closed dark chambers and GC-analysis biweekly during the growing season with concurrent soil sampling for the analysis of water content and mineral N content in the topsoil. In addition, the amount of rain, air temperature and the moisture and temperature of topsoil were monitored continuously by data loggers.

Results

According to the preliminary results, the yields, N₂O emissions and yield-scaled N₂O emissions of faba bean and pea during the first experimental year were of the same order of magnitude as those of conventionally fertilized oats (90 kg(N)/ha). The N₂O emissions were at the range of 1–2 kg(N₂O-N)/ha, and the grain DM yield-scaled N₂O emissions at 0.5–1 g(N₂O-N)/kg. In contrast, the grain N-yield scaled emissions of legumes were much smaller than those of oats (at 30 g(N₂O-N)/kg), especially if faba bean and pea were cultivated with Italian ryegrass as an undersown catch crop (at 10 g(N₂O-N)/kg). In the second year, the yields of oats pre-cropped with faba bean or pea were of the same order of magnitude as the yields of monocultured N-fertilized oats (90 kg(N)/ha), irrespective of the N-fertilization (0 or 90 kg/ha). The yields were however small due to the unfavourable growing season, which increased the yield-scaled emissions. However, faba bean or pea as the pre-crop of oats or rapeseed did not increase the total N₂O emissions or the yield-scaled emissions of N₂O in comparison to the monocultured N-fertilized oats.

Conclusions

According to the results, the N₂O emissions from soil under faba bean or pea are not larger than those from soil under oats or rapeseed. Moreover, the N-yield-scaled N₂O emissions from soil under faba bean and pea are very small at the normal yield levels. Having faba bean and pea as pre-crops in crop rotations does not seem to increase N₂O emissions from soil compared with oats monoculture.

Literature

[1] Williams, M., Stout, J., Roth, B., Cass, S., Papa, V., and Rees, B. 2014. Environmental implications of legume cropping. *Legume Futures Report 3.7*. Available from www.legumefutures.de

[2] Legume Futures 2014. Legume-supported cropping systems for Europe. *General project report*. Available at www.legumefutures.de

[3] <https://www.leg4life.fi/en/project-info/>. SRC 2019, University of Helsinki/Pajari/327698.

Stocks and stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in deep farmland soil and influence on carbon sequestration

Sichu Wang^{1,2}, Oona Uhlgren^{1,3}, Anna-Reetta Salonen^{3,4}, Sanna Kanerva³, Asko Simojoki³, Tuomas Mattila⁵, Jussi Heinonsalo^{1,6,7}

¹ Department of Microbiology, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, Finland

² Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agriculture Sciences (JAAS), 50 Zhongling Road, Nanjing, 210014, China

³ Department of Agricultural Sciences, Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki, Helsinki, Finland

⁴ Department of Environmental Sciences, Soil Biology Group, Wageningen University & Research, The Netherlands

⁵ Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland

⁶ Department of Forest Sciences, University of Helsinki, Helsinki, Finland

⁷ Institute for Atmospheric and Earth System Research (INAR)/Forest sciences, Helsinki, Finland

The coupled cycles and interactions of soil carbon (C), nitrogen (N), and phosphorus (P) are fundamental for soil quality and soil organic matter (SOM) formation. Low C:N ratios through nitrogenous fertilizer addition may accelerate SOM cycling and promote C mineralization in soil, whereas P limitations may decline C storage by reducing plant and microbial biomass production. Deeper soil layers' C-N-P stoichiometry has an important role in regulating SOM formation in subsoils. However, there is little information on soil C, N and P stocks and their stoichiometry in deep soil layers of farmland. In this study, soil columns up to one meter were collected from 32 farms distributing across Finland with different soil texture and agricultural management history. The one-meter soil columns were cut into 10 cm deep slices and analyzed for the total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN) by dry combustion method, total phosphorus (TP) contents by aqua regia digestion and ICP-MS method, and water-extractable phosphorus (WEP) by Discrete Analyzer. Overall, the TOC, TN and TP contents all dropped in 30-40 cm soil layers, but TP contents rose again in deep soil. WEP levels decreased close to zero in deeper soil layers. TOC:TN ratio remained more constant whereas TOC:TP and TN:TP ratios decreased when going down the soil profile. The role of agricultural management practice (including crop rotation, crop cover, crop diversity and fertilization) and soil type on soil C:N:P stoichiometry as well as organic matter accumulation in the deep soil layers were explored. The data deepens our understanding of soil C, N and P coupling and interaction and the data is discussed in relation to soil C sequestration.

Lisääntyvien kasvukauden ulkopuolisten vesisateiden vaikutus maatalousmaan hiilen dynamiikkaan

Effect of waterlogging on carbon dynamics in agricultural mineral soil

Reija Heinonen¹, Tatu Polvinen^{1,2}, Markku Koskinen^{1,2}, Lisa Leinonen¹, Sanna Kanerva¹, Jussi Heinonsalo^{4,5} & Mari Pihlatie^{1,2,3}

¹ Maaperä- ja ympäristötieteen yksikkö, Maataloustieteiden osasto, Helsingin yliopisto

² Ilmakehätieteiden keskus INAR, Helsingin yliopisto

³ Viikki Plant Science Center (ViPS), Helsingin yliopisto

⁴ Metsätieteiden osasto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

⁵ Mikrobiologian osasto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Ilmastonmuutoksen myötä Suomen talvet muuttuvat leudommiksi ja suurempi osa sateista tulee lumen sijaan vetenä¹. Lisääntyvät sateet ja pellon riittämätön kuivatus voivat saada maan kyllästymään vedellä, mikä saattaa heikentää maaperän kykyä sitoa hiiltä ja ravinteita.

Maaperän orgaaninen aines voidaan jakaa kahteen pysyvyydeltään erilaiseen jakeeseen: partikkelimuotoiseen (POM) ja mineraaleihin sitoutuneeseen orgaaniseen ainekseen (MAOM). POMin mikrobiologista hajotusta kontrolloivat maaperän fysikaaliset olosuhteet kuten hapen saatavuus, lämpötila sekä maa-aggregaattien tarjoama suoja. Orgaanisen aineksen sitoutuminen maan mineraaliainekseen, kuten rauta- ja alumiinioksideihin, antaa sille paremman suojan mikrobien hajotusta vastaan. Siksi MAOM on pysyvämpää ja sen rakennekomponenttina olevaa hiiltä kutsutaan maan stabiiliksi hiileksi².

Kun maa voimakkaiden sateiden takia kyllästyy vedellä, kaasujenvaihto ei toimi ja olosuhteet muuttuvat pelkistäviksi. Hapettomissa oloissa POMin hajotus hidastuu^{3,4}, sillä suurin osa maan hajottajamikrobeista tarvitsee aineenvaihdunnassaan happea. Rautaoksidien kyky sitoa hiiltä sen sijaan heikkenee niiden pelkistyessä, jolloin niihin sitoutunutta MAOM-hiiltä voi vapautua maanesteeseen^{4,5}. Liukoiset hiiliyhdisteet sekä niihin assosioituneet ravinteet voivat kulkeutua veden mukana syvemmälle maaprofiiliin tai ympäröiviin vesistöihin, pidättyä takaisin kiintoainekseen maan kuivussa tai tulla mikrobien hajottamaksi, jolloin orgaanisen aineksen hiili vapautuu ilmakehään⁵.

Keväällä 2021 perustetulla maamonoliittikokeella selvitetään maan vedellä kyllästymisen, maalajin ja talviaikaisen kasvipeitteisyyden vaikutuksia maaperän hiilen pysyvyyteen ja liikkeisiin. Kokeella etsitään vastauksia erityisesti seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- i. Liukeneeko stabiilia MAOM-hiiltä maanesteeseen maan kyllästyessä vedellä?
- ii. Miten maalaji vaikuttaa liukoisen hiilen liikkeisiin ja reaktioihin?
- iii. Miten vedellä kyllästyminen ja talviaikainen kasvipeitteisyys yhdessä vaikuttavat maaperän hiilen stabiiloitumiseen, liukoisuuteen ja kasvihuonekaasupäästöihin?

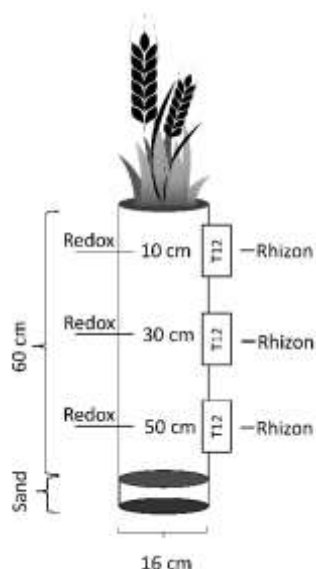
Menetelmät

Maamonoliittikoetta varten kerättiin yhteensä 32 häiriintymätöntä maamonoliittia (h=60 cm; d=16 cm) kahdelta lajitekoostumukseltaan erilaiselta pellolta (hiuesavi, karkea hieta). Koe sisältää kolme kasvusykliä, jotka koostuvat vuorottelevista kasvu- ja talvikausista. Kasvukaudella kaikissa monoliiteissa kasvatetaan ohraa, minkä lisäksi osaan on kylvetty ruokonataa talvehtivaksi kerääjäkasviksi. Kasvukauden ulkopuolella osassa monoliitteja

kuivatusputket suljetaan ja monoliitteja kastellaan, kunnes maa kyllästyy vedellä. Lopuissa vesipitoisuutta ylläpidetään 60–70 %:ssa kenttäkapasiteetista.

Kokeen aikana monoliiteista on mitattu kasvihuonekaasujen tuottoa (CO₂, CH₄ ja N₂O) sekä kerätty huokosvesinäytteitä liukoisesta hiilen ja raudan pitoisuuksien määrittämiseksi. Maan kosteutta, lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja hapetus-pelkistyspotentiaalia mitataan jatkuvatoimisilla sensoreilla kolmelta eri syvyydeltä (Kuva 1.). Lisäksi kesällä 2022 tehtiin isotooppileimauskoe, jossa ohrille annettiin ¹³C-hiilidioksidia. Tämän vakaan hiilen isotoopin avulla voidaan seurata, mihin kerrokseen ja hiilen jakeisiin kasvien yhteyttämä hiili maassa päätyy, ja miten maan kyllästyminen vedellä tähän vaikuttaa.

Kokeen päättyessä monoliitit pilkotaan 10 cm kerrokseen. Kerroksista määritetään orgaanisen hiilen jakeita, kuten maan kokonaishiili- ja -typpi, liukoinen hiili, POM/MAOM-hiili ja -typpi, mikrobibiomassa sekä aminosokerit, joiden avulla arvioidaan mikrobiperäisen hiilen määrää⁶. Lisäksi hiilijakeista analysoidaan leimauskokeessa kasveille annetun hiili-13:n määrä.



Kuva 1. Havainnekuva monitoroidusta maamonoliitista. Maan kosteutta, lämpötilaa, sähkönjohtavuutta ja hapetus-pelkistyspotentiaalia mitataan kolmesta kerroksesta (10, 30 & 50 cm) jatkuvatoimisilla sensoreilla. Samoista kerroksista kerätään myös huokosvesinäytteitä.

Kirjallisuus

- [1] Ruosteenoja, K., Jylhä, K. & Kämäräinen, M. 2016. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios. *Geophysica* 51: 17–50.
- [2] Lavalley, J., Soong, J. & Cotrufo, F. 2020. Conceptualizing soil organic matter into particulate and mineral-associated forms to address global change in the 21st century. *Global Change Biology* 26 (1): 261–73.
- [3] Moyano, F. E., Manzoni, S., & Chenu, C. 2013. Responses of soil heterotrophic respiration to moisture availability: An exploration of processes and models. *Soil Biology and Biochemistry* 59: 72–85.
- [4] Huang, W. & Hall, S. 2017. Elevated moisture stimulates carbon loss from mineral soils by releasing protected organic matter. *Nature Communications* 8 (1): 1774.
- [5] Jeanneau, L., Buysse, P., Denis, N., Gruau, G., Petitjean, P., Jaffrézic, A., Flechard, C. & Viaud, V. 2020. Water Table Dynamics Control Carbon Losses from the Destabilization of Soil Organic Matter in a Small, Lowland Agricultural Catchment. *Soil Systems* 4 (1): 2.
- [6] Liang, C., Amelung, W., Lehmann, J. & Kästner, M. 2019. Quantitative assessment of microbial necromass contribution to soil organic matter. *Global Change Biology* 25 (11): 3578–90.

Typen huuhtoutumismalli tavanomaisen ja luomuviljelyn elinkaariarviointiin

Development of a nitrogen leaching model for the life cycle assessment of organic and conventional farming

Joel Kostensalo¹, Liisa Ukonmaanaho¹, Riitta Lemola¹, Tapio Salo¹ & Merja Saarinen¹

¹ Luonnonvarakeskus, etunimi.sukunimi@luke.fi

Introduction

Life cycle assessment (LCA) is an established tool for evaluating environmental impacts associated with products from various farming systems. There is a constant demand for developing more sustainable cultivation practices, and emission estimations should reflect these improvements. The procedure for estimating nitrogen (N) leaching is typically based on nitrogen balances, further stratified between three soil types as well as arable or grassland cultivation, as has been the standard practice in the Finnish LCA calculations [1]. However, previously developed models have been based on empirical leaching measurements in mostly conventionally cultivated fields [2] and may not be suitable for organic cultivation as such. Our aim was to develop a comprehensive N leaching model using long-term data from Toholampi (Finland) leaching field, where cereals and grass have been grown using both conventional and organic farming methods for the past twenty years.

Methods

The variables used to explain N leaching were annual temperature sum, rainfall, crop N yield, soil nitrate-N concentration in autumn, and the production system. The complex relationships between the variables were modelled using a structural equation model, and insights from this model were used to derive prediction models.

Results and discussion

- The developed structural equation model elegantly captures the dependencies between the various variables and N leaching associated with the different crops. Thus, our new model for N leaching in organic and conventional farming seems promising (Fig 2).
- When LCA assessment is applied in practice, the available information is often restricted to the production system and the estimated N yield. The estimation could be improved if nitrate-N concentration would be measured.
- All in all, organic farming results on average in 19% (95% C.I. [4%, 36%]) less nitrogen leaching than conventional farming.

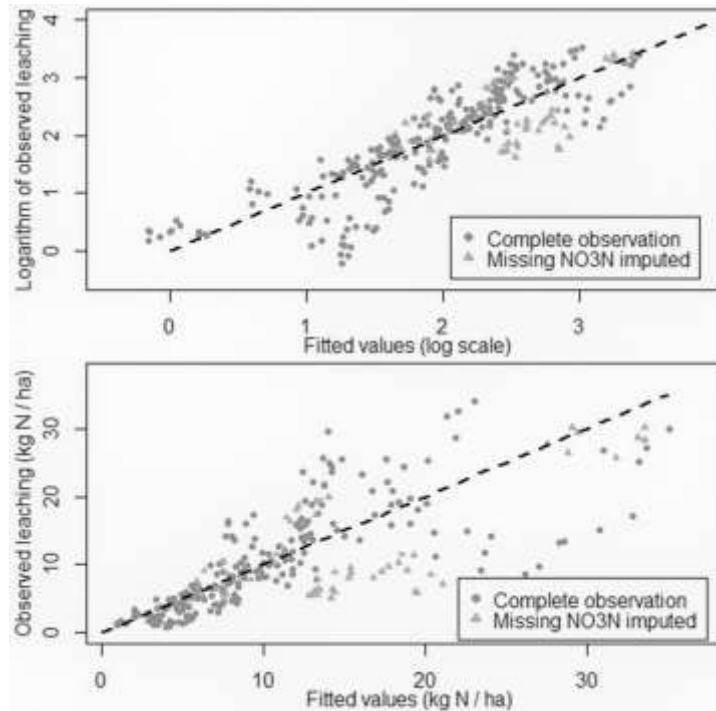


Figure 2. Observed and fitted values for nitrogen leaching on a logarithmic scale $R^2=0.72$ (top panel) and back transformed to kg N / ha (bottom panel).

Conclusions

Our study shows that it is both necessary and possible to develop accurate models for predicting nitrogen leaching in organic farming. However, before analogous models have been fitted for different climates and soil types, old models developed for conventional farming can be applied to organic farming by subtracting 19% from the predicted leaching.

Literature

[1] Saarinen, Merja (toim.); Kurppa, Sirpa (toim.); Nissinen, Ari (toim.); Mäkelä, Johanna (toim.). 2011. Aterioiden ja asumisen valinnat kulutuksen ympäristövaikutusten ytimessä: ConsEnv-hankkeen loppuraportti. *Suomen ympäristö, Miljön i Finland, The Finnish Environment* 14/2011: 97 p.

[2] Salo, Tapio and Eila Turtola. 2006. Nitrogen Balance as an Indicator of Nitrogen Leaching in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 113 (1): 98-107. doi:10.1016/j.agee.2005.09.002

How does diverse cover crops undersown in barley affect Finnish soil microbial community and activity?

Rashmi Shrestha¹, Karoliina Huusko³, Outi-Maaria Sietiö^{5,6}, Anna-Reetta Salonen^{2,3}, Jussi Heinonsalo^{1,5}

¹ Department of Microbiology, University of Helsinki, Finland, rashmi.shrestha@helsinki.fi

² Department of Agricultural Sciences, Division of Soil and Environmental Sciences, University of Helsinki, Finland, anna-reetta.salonen@helsinki.fi

³ Soil Biology Group, Wageningen University and Research, The Netherlands

⁴ University of Oulu, Finland, maija.huusko@oulu.fi

⁵ Department of Forest Sciences, University of Helsinki, Finland, jussi.heinonsalo@helsinki.fi

⁶ HAMK BIO research unit, Häme University of Applied Sciences, Finland, outi-maaria.sietio@helsinki.fi

Introduction

Agricultural soils are mostly depleted of soil organic carbon (SOC) due to conventional cultivation methods indicating that they have a potential to mitigate climate change through C sequestration. Besides climate change mitigation, SOC provides numerous benefits including increased soil fertility [1], improved physical and biological properties [2], increased water-holding capacity, better soil structure and enhanced microbial activity [3]. Thus, climate-smart agricultural practices are needed to prevent SOC loss both for climate change mitigation and soil health.

Crop diversification is suggested to be climate friendly practices to enhance soil biodiversity and ecosystem functions including SOC storage [4]. Higher plant diversity increases the quality, quantity and chemical diversity of plant derived C inputs leading to increased microbial growth and diversity of soil microbial communities [5]. The fate of SOC depends on microbial activity. Soil microbes use most plant-derived carbon C and either produce CO₂ or incorporate C into their biomass and after death, microbial necromass may contribute to stable SOC and sequester C [6]. Therefore, studying impact of crop diversity on arable soil microbial community and activity related to C cycle is important to assess its viability as climate smart practice.

Undersowing cover crops provides diversity into crop rotations when the rotation of main crops remains unchanged. In Finland with short growing seasons, undersowing cover crops is suitable method leading already to formation of cover crop canopy when main crop is harvested. Cover crops have been used for long time and widely known for their benefits, such as fixation of CO₂ and N₂ (after harvest), reduced nitrate leaching, increased availability of nutrient for the successive crop, weed suppression, better soil moisture retention, increased biodiversity and microbial activity [7]. They have been reported to help maintain or increase beneficial mycorrhizal potential of soils, through nourishment during winter periods to arbuscular mycorrhizal fungi [8]. Studies on grassland system have shown positive effects of plant diversity on microbial activity and soil C storage [9]. However, the plant-microbe interactions in diversified croplands using functionally distinct undersown cover crops in boreal climate remain unexplored.

The aim of this study is to investigate the impact of undersown cover crop diversity on boreal soil microbial community and activity related to C sequestration.

Experimental setup and methods

The TWINWIN field experiment (<https://carbonaction.org/en/twinwin-project/>) was launched on Viikki campus of the University of Helsinki in May 2019. Barley (*Hordeum vulgare*, cultivar Harbinger) was grown in 60 4m x 10m plots alone and in combination with under sown cover crop species. A pool of eight cover crop species was used to establish a gradient of cover crop richness (1, 2, 4 and 8) and cover crop functional group richness (1, 2, 3 and 4). The rooting depth of cover crops and their ability to fix nitrogen (N) were combined to form four functional groups: shallow root Nfix, deep root Nfix, shallow root noNfix and deep root noNfix. The herbicide Berner Ally 50 WG was sprayed by mixing 35 g/260 l water/ha to barley monoculture plots that served as a control treatment for conventional agriculture. A minimum tillage (disc-tilling and harrowing up to 6 cm depth) was applied before sowing barley each spring. All plots except bare fallow received nitrogen fertilizer (300 kg N27-fertilizer) consisting of N rates of 80 kg N /ha at the time of barley sowing.

To study effects of cover crop diversity on microbial activity and community, we collected soils (0-20cm) from different seasons (summer, autumn, winter and spring) during 2019-2020 period. We determined soil microbial biomass and respiration across seasons and measured litter decomposition in the field over the winter. After one growing season, field soil was used to grow flaxseed and obtain root fungal colonization% by staining and microscopy. In addition, we sequenced soil bacterial and fungal community after one growing season.

Results and Conclusions

Our results showed significant effect of season on soil microbial parameters. Soil microbial biomass increased with increasing cover crop richness and functional diversity. On contrary, soil microbial respiration increased only in presence of deep rooting cover crops. Additional results from ongoing analysis on soil microbial community will be presented.

Our study will show the response soil microbial communities and activity related to C sequestration to diversified boreal cropping systems. This in turn will provide evidence if diverse cover cropping can be utilized as a tool towards sustainable, climate-smart agriculture.

References

- [1] Freibauer, A., et al. 2004. Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.021
- [2] Hati, K.M., et al. 2007. Changes in soil physical properties and organic carbon status at the topsoil horizon of a vertisol of central India after 28 years of continuous cropping, fertilization and manuring. *Agric, Ecosyst Environ*. 119, 127–134. doi:10.1016/j.agee.2006.06.017
- [3] Yang, X., et al. 2011. Long-term-fertilization effects on soil organic carbon, physical properties, and wheat yield of a loess soil. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* 174, 775–784. doi:10.1002/jpln.201000134
- [4] Garland, G., et al. 2021. Crop cover is more important than rotational diversity for soil multifunctionality and cereal yields in European cropping systems. *Nature Food* 2, 28–37. doi:10.1038/s43016-020-00210-8
- [5] Zhang, K., et al. 2021. How soil biota regulate C cycling and soil C pools in diversified crop rotations. *Soil Biol. Biochem.* doi:10.1016/j.soilbio.2021.108219
- [6] Miltner, A., et al. 2012. SOM genesis: Microbial biomass as a significant source. *Biogeochemistry*. 111, 41–55. doi:10.1007/s10533-011-9658-z
- [7] Lal, R., 2015. Soil carbon sequestration and aggregation by cover cropping. *J. Soil Water Conserv.* doi:10.2489/jswc.70.6.329
- [8] Kabir, Z. & Koide, R.T., 2002. Effect of autumn and winter mycorrhizal cover crops on soil properties, nutrient uptake and yield of sweet corn in Pennsylvania, USA. *Plant Soil*. 238, 205–215. doi:10.1023/A:1014408723664
- [9] Lange, M., et al. 2015. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nat. Commun.* 6. doi:10.1038/ncomms7707

Effects of vegetation and its properties on invertebrate abundance in agroecosystem soils

Kasvillisuuden ja sen ominaisuuksien vaikutus maaperäeliöiden runsauteen agroekosysteemeissä

Paula Thitz¹, Juha Mikola², Marleena Hagner², Anna-Liisa Laine¹ & Jussi Heinonsalo³

¹ Research Centre for Ecological Change, Faculty of Biological and Environmental Sciences, University of Helsinki

² Natural Resources Institute Finland, Helsinki

³ Faculty of Agriculture and Forestry, University of Helsinki

Introduction

Diverse communities of nematodes, enchytraeids and earthworms as well as soil arthropods are essential for the functioning of healthy soils. Invertebrates dwelling in soils both decompose soil organic matter themselves and facilitate microbial degradation, and thereby release plant-available nutrients and potentially accelerate carbon cycling [1]. Soil health is inextricably linked with food security, and erosion, soil carbon loss and runoff of nutrients due to intensive farming methods are increasingly being recognized as major threats to both [2]. Polyculture farming including the use of cover crops could be a more sustainable farming practise with a potential to improve soil health, agroecosystem functioning and crop yields.

To study the effects of polyculture farming on soil faunal communities in agroecosystems, we grew barley (*Hordeum vulgare*) in field plots together with up to eight different cover crop species at different diversity levels (D1, D2, D4 and D8). Some of the cover crop species were classified as either nitrogen-fixers or deep-rooting, both traits with potential impact on below-ground diversity. Soil fauna (nematodes, enchytraeids and earthworms) and nutrients were sampled from the plots, and the data were analysed with linear mixed effect models to investigate the effects of vegetation cover, polyculture farming and the properties of the cover crops on topsoil belowground biota and plant-available macronutrients (N, P, K).

Materials and methods

The effects of vegetation and its properties on multiple ecosystem functions were studied in a multi-year field experiment with randomized block design located in Viikki, Helsinki. Besides the polyculture plots with 1–8 cover crop species (*Trifolium hybridum*, *Trifolium repens*, *Trifolium pratense*, *Medicago sativa*, *Lolium multiflorum*, *Phleum pratense*, *Festuca arundinacea* and *Cichorium intybus*), the experiment also included non-vegetated (n=4) and barley monoculture plots (n=8 without and n=4 with herbicide treatment). In polyculture plots, cover crops were sown between barley rows individually (n=3 per cover crop species) or in combinations of two (n=10), four (n=6) or eight (n=4) species early in each growing season. Cover crops were allowed to grow on the field after barley harvest. Plot size was 4 m × 10 m and the plots were separated by several meter corridors.

Nematodes and enchytraeids living in top 4 cm of soil were sampled using two soil cores (diameter 5.3 cm) per plot in midsummer and autumn of the second and third year of the experiment. The two cores were pooled and the animals extracted using wet funnels. Enchytraeid abundance was estimated as fresh mass based on length classes, while the nematodes belonging to different trophic groups (bacterivores, fungivores, omnivores, root-parasitic and predatory nematodes) were counted.

Earthworms were hand-sorted from 25 cm × 25 cm × 20 cm soil samples and further extracted from the pit with AICT-isopropanol mixture [3] in October on the third year of the experiment, and the biomass of individuals belonging to epigeic, endogeic and anecic species was measured. Plant-available nutrients were quantified using resin capsules (Unibest; two per plot) buried at 6 cm depth for 28–29 days in midsummer and autumn of the third year of the experiment.

Results and discussion

Vegetation cover as such positively affected all the measured components of soil micro-, meso- and macrofauna: nematodes (in particular, omnivores and predators), enchytraeids and earthworms were all more abundant in barley monoculture compared to non-vegetated plots. These changes in belowground invertebrate community are likely caused by changes in resource availability due to increasing root activity and litter input.

Polyculture farming (i.e. introducing 1–8 cover crops in barley monocultures) increased the abundance of nematodes (in particular, bacterivores and fungivores) during growing season but did not affect enchytraeid or earthworm biomass compared to barley monoculture plots. Of the nutrients, plant-available K was more abundant in polyculture plots compared to barley monocultures (and further, positively affected by the number of cover crop species in polyculture plots).

Soil microfauna was affected not only by the presence, but also by the properties of cover crops. High proportion of nitrogen-fixing cover crops reduced the abundance of microbivorous nematodes and the proportion of deep-rooting species was associated with decreased bacterivorous nematodes. Cover crop diversity affected bacterivorous nematodes positively and predatory nematodes negatively. However, these effects depended on the sampling time (interactive effects of cover crop functionality or species number with year or season), which may reflect the seasonal dynamics of plant growth, litter production and growth of animal populations. Nutrient dynamics were also seasonal; for example, nitrogen-fixing cover crops increased NO₃⁻ availability only in autumn.

Our results indicate that polyculture farming has a potential to increase microfaunal abundances in agroecosystems. However, the abundances of meso- and macrofauna (enchytraeids and earthworms) which would likely have the greatest potential to improve barley yields were not affected by polyculture treatments. Selection of specific cover crops such as *C. intybus*, which tended to lead to highest earthworm biomasses in plots with only one cover crop species, might instead be used to improve soil productivity.

Literature

- [1] Griffiths, H.M., Ashton, L.A, Parr, C.A. and Eggleton, P. 2021. The Impact of Invertebrate Decomposers on Plants and Soil. *New Phytologist* 231: 2142–49.
- [2] Pozza, L.E., and Field, D.J. 2020. The Science of Soil Security and Food Security. *Soil Security* 1: 100002.
- [3] Nuutinen, V. 2019. Earthworm sampling. In *Handbook on WP4 protocols for sampling, sample procedure and analysis* v. 1.0 (Edited by Thiele-Bruhn S. and Zornoza, R.): 112–116.

Effect of fertilizers on phytoavailability of Ni, Cr, Co, and Mn for *Brassica napus* growing in ultramafic soil

Lannoitteiden vaikutus nikkelin, kromin, koboltin ja mangaanin käyttökelpoisuuteen rapsille (Brassica napus L.) ultramafisessa maassa

Artur Pędziwiatr¹, Jakub Kierczak², Anna Potysz² & Anna Pietranik²

¹ Department of Soil Science, Warsaw University of Life Sciences, Nowoursynowska Str. 159, b.37, 02-776 Warszawa, artur_pedziwiatr@sggw.edu.pl

² Department of Experimental Petrology, University of Wrocław, Maksa Borna Str. 9, 50-204 Wrocław, jakub.kierczak@uwr.edu.pl, anna.potysz@uwr.edu.pl, anna.pietranik@uwr.edu.pl

Introduction

The growth of the World's people population has been observed since the mid-XVIIIth century. The relatively rapid people population growth increases the food demand. The decrease in suitable areas for agriculture causes deforestation as well as the use of low productivity and even potentially contaminated soils for agriculture. Ultramafic soils are example of low-productivity soils which have been incorporated into food production (i.e., in Poland). Ultramafic soils are the soils developed on peridotites (ultramafic igneous rock) as well as their metamorphosed counterpart - serpentinites. Soils developed on both of them are characterized by the low Ca/Mg ratio, deficiency of K, P, and N, and relatively high content of Ni, Cr, Co, and Mn [1]. In the World Reference of Base for Soil Resources, there are classified as Leptosols, Cambisols as well as Ferralsols [2]. Due to the unfavorable properties of ultramafic soils, the limited growth of plants is observed.

The awareness of the farmers regarding the soil properties and fertilizers use has increased in the last years. However, the use of ultramafic soils for agriculture shows that education and the increase of knowledge about the effects of fertilizers on the phytoavailability of potentially toxic elements are needed. Therefore, in this study, we assessed the effect of several common fertilizers on the phytoavailability of Ni, Cr, Co, and Mn for *Brassica napus* growing in ultramafic soil. The aim of our study was to find the fertilizer which decreases the phytoavailability of Ni, Cr, Co, and Mn with the increase of biomass of plants as well as the availability of N and/or P at the same time. Therefore, this study can help in the management of arable ultramafic soils leading to the production more safe food compared to unfertilized ultramafic soils.

Materials and methods

The effect of fertilizers on the phytoavailability of Ni, Cr, Co, and Mn for *Brassica napus* growing in serpentinite-derived ultramafic soil was studied through pot experiments. The following treatments were prepared: (a) control (ultramafic soil from the A horizon in SW Poland), (b) ultramafic soil with manure (0.5 g N/kg of soil), (c) ultramafic soil watered with a humic acid solution (44 % of C/dcm³), (d) ultramafic soil with KNO₃ (0.15 g K₂O/kg of soil), (e) ultramafic soil with lime (12.5 g of lime/kg of soil), (f) ultramafic soil with (NH₄)₂SO₄ (0.15 g of N/kg of soil), and (g) ultramafic soil with Ca(H₂PO₄)₂ (0.15 g P₂O₅/kg of soil). After the termination of the experiment, plants were digested, and chemical composition was analyzed. Some soil properties were also measured (i.e., CEC, pH, buffer properties, and acid-neutralizing potential). Furthermore, soil solutions from pots were collected two times (before seeds were sown and before harvesting) using Micro Rhizon samplers. Chemical extractions of soils with several solutions (CaCl₂, MgCl₂, CH₃COONH₄, DTPA+CaCl₂, EDTA, Sr(NO₃)₂) were adopted

to find extraction which is suitable for estimation of phytoavailability/mobility of Ni, Cr, Co, and Mn in fertilized ultramafic soils.

Results

The content of Ni, Cr, Co, and Mn in the studied soil is approximately 670 mg kg⁻¹, 1550 mg kg⁻¹, 45 mg kg⁻¹, and 440 mg kg⁻¹ respectively. The effect of the fertilizers on the properties of the ultramafic soil is manifested i.e., in the change of the pH of the soil. Almost all the studied fertilizers increased the pH (up to pH=7.5 in the lime treatment) of the ultramafic soil relative to the control (pH=5.3). The exception is the (NH₄)₂SO₄ which decreased the pH (pH=4.3). The Ca/Mg ratio ranges from 1.22 ((NH₄)₂SO₄ treatment) up to 7.17 (lime treatment).

The most pronounced decrease of the Ni content in the roots of *Brassica napus* was noted in the lime and the Ca(H₂PO₄)₂ treatments among all studied treatments. Other fertilizers decreased the content of Ni in roots or the content of Ni was similar to the control treatment (114 mg kg⁻¹ DW). In turn, the Cr content in roots decreased in the lime and the Ca(H₂PO₄)₂ treatments (approx. 38 mg kg⁻¹ DW) relative to the control (approx. 46 mg kg⁻¹ DW). On the other hand, the humic acids and the (NH₄)₂SO₄ increased the content of Cr in roots relative to the control (up to 72 mg kg⁻¹ DW in soil with the humic acids). The increase of Co and Mn content in roots was mostly observed in the (NH₄)₂SO₄ treatment relative to the control (up to 370 mg kg⁻¹ DW of Mn in the (NH₄)₂SO₄ and 82 mg kg⁻¹ DW of Mn in the control). In the aboveground parts of *Brassica napus*, a remarkable increase of Ni, Co, and Mn was observed in the (NH₄)₂SO₄ treatment compared to the control. For other treatments, the change in the content of metallic elements in aboveground tissues was visible to a lesser extent relative to the control. The highest biomass of *Brassica napus* was observed in the manure treatment as well as the (NH₄)₂SO₄. Manure also was the source of available P for the studied plant species compared to the other fertilizers.

The comparison of the results of chemical composition of plants with the results of chemical extractions demonstrated that the EDTA and the DTPA-CaCl₂ extractions are suitable for the estimation of phytoavailability of Ni, Co, and Mn in the fertilized ultramafic soils (the content of Ni, Co, and Mn in the aboveground tissues of *Brassica napus* was within the range of results for extractions), whereas the EDTA and the MgCl₂ extractions are better for the estimation of Cr phytoavailability. In turn, the analysis of the soil solutions showed that the transfer of metallic elements from the soil to the roots is the dynamic process. Chemical composition of soil solutions changed depending of the type of the fertilizer used as well as chemical composition of the soil solutions changed during the plants development. For example, the Cr was mobilized during the plant development, whereas Ni concentration in the soil solutions decreased before the harvesting relative to the sowing step. Furthermore, beneficial elements like Ca, K, and Mg were readily accumulated by *Brassica napus*. Therefore, the concentration of Ca, K, and Mg in the soil solutions decreased before the harvesting relative to the sowing step.

Conclusions

Ultramafic soils are an unfavorable place for plant cultivation. However, due to the increase in food demand, their farming has become inevitable. Therefore, agricultural treatments and fertilization of lands naturally enriched in Ni, Cr, Co, and Mn must be carefully carried out. Our study demonstrated that manure can be used for fertilization of ultramafic soils. The manure was responsible for the most increase of biomass of *Brassica napus* relative to the other fertilizers since the manure was the available source of N and P. At the same time, a significant increase in metallic elements accumulation by the plant species was not observed. In general, manure increases the pH of ultramafic soil. However, the pH of the soil solution in the manure treatment was lower before the plants harvesting to the sowing step possibly due to the

humification of organic matter. Therefore, the use of the lime together with the manure for fertilization could be the most appropriate solution since the lime increases the pH of the ultramafic soils and decreases the content of at least Ni in *Brassica napus*. On the contrary, the $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ and humic acids must not be used for fertilization of ultramafic soils.

References

- [1] Kierczak, J., Pietranik, A., Pędziwiatr, A., 2021. Ultramafic geoecosystems as a natural source of Ni, Cr, and Co to the environment: A review. *Science of the Total Environment* 755: 142620.
- [2] Echevarria, G., 2018. Genesis and Behaviour of Ultramafic Soils and Consequences for Nickel Biogeochemistry, in: Van der Ent, A., Echevarria, G., Baker, A.J.M., Morel, J.L. (Eds.), *Agromining: Farming for Metals. Extracting Unconventional Resources Using Plants*. Springer, pp. 135–156.

Pellon hiilipitoisuuden mittaaminen – käytännön haasteita

Jussi Knaapi¹

¹ Neuvo 2020/30 järjestelmä, Koneviesti-lehti, Novida Koulutilan Viljelymenetelmäkoe

Esitys perustuu kirjoittajan reilun 4 vuoden kokemukseen maaperäskannauksesta ja siihen liittyvästä pellon hiilipitoisuuden kartoituksesta. Aineisto kattaa n 100 tilaa ja 300 peltolohkoa kattaen alueen Oulun- Kaakkois-Suomen ja Ahvenanmaan välillä. Jokaiselta peltolohkolta on otettu keskimäärin 4 referenssinäytettä (0-20, 20-50 ja 50-80/90 cm), joista on analysoitu hehkutushäviömenetelmällä orgaaninen aines, tilavuuspaino, pH ja tilanteen mukaisesti ravinneanalyysijä. Lisäksi on useista näytteistä analysoitu mikrobiologisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Varsinaisten referenssinäytteiden ohella on otettu myös ns ehytnäytteitä (45 x 1000 mm), joista todellisen ominaispainon määrittely sekä juuriston tilan seuranta on mahdollista. Lohkoilta on tallennettu myös drone- ja satelliittidataa. Kauden 2022 aikana on mitattu ensimmäiset lohkot myös toiseen kertaan (2016/2019 vs 2022) ja seuraava haaste on kyetä mittaamaan lohkoilla tapahtunut hiilipitoisuuden muutos. Tähän olemme kehittämässä laskentamenetelmää yhdessä yhteistyökumppaneiden kanssa.

Tuloksista

Yksiselitteisesti voi todeta, että maalajien sisällä esiintyy suurta vaihtelua sen mukaisesti, millaisella viljelytekniikalla, kasvilajien resepteillä ja hoitotavoilla lohkoa on viljelty. Edelleen on todettava, että yksittäisen peltolohkon spatiaalinen vaihtelu sekä horisontaalisesti, että vertikaalisesti on suurta, eikä esimerkiksi pelkällä satelliittikuvannuksella pystytä luotettavasti määrittelemään pellon todellista orgaanisen aineksen tilannetta. Sen sijaan satelliittikuvannus auttaa lehtivihreän voimakkuuserojen seurannassa ja sitä kautta on mahdollista seurata sekä kasvun, että hiilen karttumispotentiaalin vaihtelua. Kaukokartoitus onkin nähtävä lähinnä makrotason seurantavälineenä, joka täydentää lohkokohtaisia todellisia mittauksia. Koska pellon orgaanisen aineksen pitoisuuden vaihtelussa on myös vertikaalinen elementti – ruokamultakerroksen paksuus – on tämä ehdottomasti huomioitava. Tästä syystä emme saa luotettavaa kuvaa pellon hiilipitoisuudesta, jos pitäydymme vain yhden matalan kerroksen mittauksissa (esimerkiksi 0-15 cm). Tyypillisesti multavuutta esiintyy merkittäviä määriä myös syvemmissä maakerroksissa

Hiilen mittauksen haasteet

Hiilipitoisuuden mittaaminen vaatii luotettavan tiedon maan ominaispainosta, sekä orgaanisen aineksen pitoisuudesta. Viime mainitussa on haasteena ns kideveden aiheuttama vääristymä, (hehkutushäviömenetelmässä). Valitettavasti nykyinen FINAS laboratoriotokolla ei anna vastausta kumpaankaan edellä mainituista kysymyksistä. Lisäksi vain visuaaliseen arviointiin perustuva maalajimääritys ja biologisten mittausten puute heikentää nykytyylinen viljavuusanalyysin käyttökelpoisuutta. Globaalisti on tulollaan (pilottivaiheessa) useita proksimaalisia mittausten menetelmiä, jotka perustuvat NIR-alueen mittaukseen ja joiden mittaussyvyys on nykyisiä käytössä olevia menetelmiä syvempi. Uusien mittaustekniikoiden verifikaatio on toistaiseksi tekemättä. Joka tapauksessa varmentavia laboratoriomittauksia tarvitaan jatkossakin. Maapallolla ja Euroopassa on kymmenittäin ns hiilikaupan pilotteja, joista vain hyvin harvat voidaan luokitella luotettaviksi. Pelkät viljelytapaan ja mallinnukseen pohjautuvat pilotit omaavat merkittäviä puutteita ja saattavat olla viljelijän oikeusturvan kannalta ongelmallisia. Luotettava ja etenkin viljelijän oikeusturvan säilyttävä hiilikaupan toteutuksen onkin pohjaututtava todelliseen lohkokohtaiseen perusmittaukseen, jota täydennetään satelliitti- tai dronepohjaisiin tekniikoin. Jotta lohkokohtainen hiilen perusmittaus olisi taloudellisesti toteutettavissa, on siihen sisällytettävä samanaikainen niin sanottu agronominen mittaaminen ja moderni viljavuusanalyysi. Yhdistämällä nämä tekniikat, päästään parhaaseen kokonaisratkaisuun.

Acid sulfate soils: Past, present, and future

Happamat sulfaattimaat: Menneisyys, nykyisyys ja tulevaisuus

Anton Boman¹

¹ Geological Survey of Finland, Teknologiakatu 7, P.O. Box 97, 67101 Kokkola, Finland, anton.boman@gtk.fi

Acid sulfate (AS) soils are globally defined as soils in which sulfuric acid is produced from oxidation of sulfidic material during soil formation processes in such quantities that the soil pH has dropped or may drop below 4 [1]. These soils are considered the nastiest soils in the world because of their harmful effects on agriculture, infrastructure developments, and aquatic life [2].

In 1735, Carl von Linné was the first to describe AS soil properties when he studied clay that contained sulfuric acid [1]. In the 18th century, AS soils started to draw scientific interest in the Netherlands, where farmers often had problems with formation of AS soils when lake-bottoms were reclaimed. In the past, farmers in the Netherlands and Northern Germany attributed mysterious and evil properties to AS soils, and such soils were commonly named “cat clay soils” (“cat” was used as a prefix indicating harmful and mysterious qualities) in the Netherlands and “Maibolt” (meaning “evil ghost in hay field”) in Germany [1]. As evident from these vernacular names for AS soils, the farmers in the past recognized the challenges to farm such lands including their harmful effects on the environment.

In 1834, extensive fish kills were documented in Kyrönjoki River in Western Finland; a region today known for extensive AS soil occurrences. At that time, the reason for the fish kills was not understood, but today we know that it was most likely related to drainage of AS soils. It was not until a century later (1940’s) that acidic runoff from AS soils was linked with subsequent fish kills [3]. In the late 1950’s, the first inventory of AS soils along the coastal plains of Finland was done and the extent of AS soils was estimated to 38 000 ha [4]. Since then, several other attempts to estimate AS soil occurrences, both locally and nationally, in Finland has been done [5]. The first comprehensive survey of AS soil distribution in Finland was published in 1994 and the extent was estimated to 336 000 ha [6]. Later studies, using the same data, but using different classification systems and criteria, showed a slightly lower extent of 130 000–158 000 ha [7, 8]. In 2009, GTK, started a new AS soil mapping programme, focusing on the coastal area within the maximum extent of the Littorina sea area, that lasted more than a decade and ended in 2021. In that survey, it was estimated that the extent of AS soils in coastal regions of Finland is today about 1 000 000 ha [5]. This is a considerably higher extent compared to previous surveys and is explained by using different methods and classification criteria in previous surveys and partly due to the denser soil sampling done by GTK. Globally, the AS soil extent is in the vicinity of 50 million ha, and several other countries (e.g., Sweden, Denmark, Poland, Germany) bordering the Baltic Sea have documented occurrences of AS soils. It has also been shown that AS soils are not exclusively found in coastal areas and that they may also be found in peatlands and black shale areas throughout Finland. Recently, AS soils were for the first time identified in Arctic regions of Norway and Finland.

Another outcome of the AS soil survey done by GTK, was that the sampling data indicated that there is a need to update existing AS soil classification systems. This has led to the introduction of pseudoacid sulfate (PAS) soil materials, as well as slight modifications of diagnostic pH-criteria for hypersulfidic and sulfuric materials, and a lower diagnostic pH-limit (pH <3.0) for organic soil materials [9]. PAS soil materials are such soil materials that contain sulfidic material and where the pH drops (in the field or during incubation) considerably to values close to, but not triggering, the diagnostic pH-criteria for sulfuric and hypersulfidic material. Using

current international classification systems such soil materials are considered non-AS soil materials even though their possible environmental impact, e.g., release of acidity and metals, may potentially be very high [10].

Because there are several types of AS soils, which may have very different environmental impacts due to inherent differences in acidity and metal content [10], there is a need to identify also the possible environmental risks associated with AS soils. For instance, fine-grained AS soil materials are often more harmful than coarse-grained AS soil materials which generally contain lower sulfide concentrations and has a lower potential load of mobile metals compared to their fine-grained counterparts. There are also indications that fine-grained PAS soil materials may have a more serious impact on the environment compared to coarse-grained AS soil materials, which further emphasizes the need for inclusion of PAS soil materials in AS soil classification. Methods to create risk maps (e.g., acidifying potential) using artificial intelligence is in focus in several ongoing projects as well as in new planned projects.

References

- [1] Pons, L. J. 1973. Outline of the genesis, characteristics, classification and improvement of acid sulfate soils. In: Dost, H. (ed.). Acid sulphate soils, I Introductory papers and bibliography, *ILRI Publication* 18, Vol. 1. Proceedings of the International Symposium 13–20 August 1972, Wageningen. p. 3–27.
- [2] Dent, D.L. and Pons, L.J. 1995. A world perspective on acid sulphate soils. *Geoderma* 67, 263–276.
- [3] Kivinen, E. 1944. Aluna - Eli sulfaattimaista. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 16: 147–161.
- [4] Purokoski, P. 1959. Rannikkoseudun rikki-pitoista maista. *Agrogeologia Julkaisuja* 74: 1–23.
- [5] Edén, P., Boman, A., Mattbäck, S., Auri, J., Yli-Halla, M. and Österholm, P. Mapping and area of acid sulfate soils in Finland. In preparation.
- [6] Puustinen, M., Merilä, E., Palko, J. and Seuna, P. 1994. Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Summary: Drainage level, cultivation practices and factors affecting load on waterways in Finnish farmland. *Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja – sarja A* 198. 323 p.
- [7] Yli-Halla, M., Puustinen, M. and Koskiahho, J. 1999. Area of cultivated acid sulfate soils in Finland. *Soil Use and Management* 15, 62–67.
- [8] Yli-Halla, M., Rätty, M. and Puustinen, M. 2012. Varying depth of sulfidic materials: challenge to sustainable management. In: Österholm, P., Yli-Halla, M. and Edén, P. (eds.), 7th International Acid Sulfate Soil Conference in Vaasa, Finland 2012. Geological Survey of Finland, Guide 56, 158–160.
- [9] Boman, A., Mattbäck, S., Becher, M., Sohlenius, G., Auri, J., Öhrling, C., Liwata-Kenttälä, P. and Edén, P. Classification of acid sulfate soils in Finland and Sweden: Re-introduction of pseudoacid sulfate soil materials. In preparation.
- [10] Mattbäck, S., Boman, A., Sandfält, A. and Österholm, P. 2022. Leaching of acid generating materials and elements from coarse- and fine-grained acid sulfate soil materials. *Journal of Geochemical Exploration* 232, 106880.

Management of acid sulfate soils in Finland

Happamien sulfaattimaiden hallinta suomessa

Peter Österholm¹

¹ Geologi och mineralogi. Åbo Akademi.

In Finland it is abundantly clear that the environmental problems related to current acid sulfate (AS) soils are in practice completely related to drainage (anthropogenic) and that the pool of soil acidity is diminishing fast; halving time in the order of few decades [1]. In the aftermath of the large fish kills in 2006, researchers sparked a debate after which the AS soil problem could no more be neglected or diminished as a “natural” problem limited to small areas. Instead, different interest groups united and started to work towards a more responsible management of AS soils that could roughly be divided in to six different main themes: (1) Identification and risk assessment, (2) Mapping and classification, (3) Environmental and socioeconomic consequences, (4) Mitigation, (5) Administrative strategies and (6) Information.

Recent research has showed that both the area and the variety of different AS soil types is larger than was previously known. For example, significant areas of potential AS soils occur in coarse grained soil materials [2] or in or below peatlands [3]. Increasing concern has been raised over deposition of sulfidic dredge masses, forestry and disturbance of sulfidic materials related to building of infrastructure. Nevertheless, fine grained farmland acid sulfate soils, the most fertile soils in the country, are still by far the largest contributor of acidity and metals to water courses in Finland. From the context above, mitigation of farmland AS soils will be discussed below.

Regardless of the environmental setting, prevention of sulfide oxidation, i.e. keeping the material under groundwater, is the most important management strategy. Flow of water from/through already oxidized acidic layers (leaching) should be minimized and flow peaks hampered. Thus, water management is the key to minimize the environmental harm of (potential) AS soils. On Finnish farmlands this has been done with controlled subsurface drainage systems (CD) mainly since the 90's. Due to the lack of active maintenance and due to bypass flow (water escaping) through structured AS soils as well as evapotranspiration, CD had previously not a significant impact on the groundwater level [4]. Later CD has been combined with subsurface irrigation (CDI). Bypass flow was first prevented by installing a 1.5 m wide plastic sheet to a depth of 1.8 m along the main drains in a silty farmland soil in Pedersöre 2009 [5]. Next year, after which the installation technique had been significantly improved and installation costs lowered to 4 euro/meter, it was successfully trialed on very well structured farmland clay soil in Söderfjärden. On one of the sites with CDI, there was a remarkable reduction in the need for irrigation. Affordable groundwater pipes with simple indicator antennas were developed by drainage technician Rainer Rosendahl to help adjusting an appropriate groundwater level [5]. In Söderfjärden, the groundwater level and water quality was monitored 2010 – 2021 in three adjacent test fields. With CD the groundwater drop was delayed in summer and somewhat higher. With CDI it was possible to raise the groundwater level significantly [6]. During the decade long trial, waterquality improved remarkably but in all fields including the reference and the natural hydrologically induced variations were very high between years. While it is therefore difficult to draw final conclusions, it seems obvious that it is challenging to improve waterquality in already oxidized soils [7]. On the other hand, the waterquality improvement, also seen in some other parts of Finland over the same time period, gives hope that the pool of acidity will be depleted within a foreseeable future as predicted by if no new sulfides are oxidized [1]. If faster results are required, CDI must be combined with the injection of alkaline or organic material suspensions reaching the hydrologically active macropores in the acid subsoil. This has been trialed in the Risöfladan

test field 2011-2022 [8]. The injected alkalinity reduces the acidity and mobility of acid sensitive metals for several years but it seems that the treatment needs to be renewed regularly [9].

A national map showing the probable occurrence of AS soils has now been finished by GTK and can be used to target areas where mitigation should be supported. Additional tools for AS soil identification and risk assessment were created in a project called Tunnistus [10] and currently, in a new project called HaSuRiski [11], the aim is to gain more information about risks in areas with AS soils.

Literature

- [1] Österholm P, Åström M. 2004. Quantification of current and future leaching of sulfur and metals from Boreal acid sulfate soils, western Finland. *Australian Journal of Soil Research* 42:547–551
- [2] Mattbäck, S., Boman, A., Österholm, P*. 2017. Hydrogeochemical impact of coarse-grained post-glacial acid sulfate soil materials. *Geoderma*. 308:291-301.
- [3] Nystrand, M., Hadzic, M., Postila, H., Wichmann, A., Karppinen, A., Ihme, R., Österholm, P. 2021. Characteristics of sulfide bearing soil materials in peat extraction areas in N-Finland. *Journal of Geochemical Exploration*. 220
- [4] Åström, M., Österholm, P., Bärlund, I., Tattari, S., 2007. Hydrochemical effects of surface liming, controlled drainage and lime filter drainage on Boreal acid sulfate soils. *Water, Air & Soil Pollution*, 179, 107-116.
- [5] Österholm, P, Rosendahl R., 2012. By-pass flow prevention on farmlands with controlled drainage. In: Österholm, P., Yli-Halla, M., Edén, P. editors. Proceedings of the 7th International Acid Sulfate Soil Conference, Vaasa, Finland, 2012. Geological Survey of Finland, Guide, 56, 169-171.
- [6] Österholm, P., Virtanen, S., Rosendahl, R., Uusi-Kämppe, J., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Mäensivu, M. and Turtola, E., 2014. Groundwater management of sulfide bearing farmlands using controlled drainage, by-pass flow prevention and subsurface irrigation on a Boreal farmland. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B – Plant Soil Science, 65, 110-120.
- [7] Nystrand, M., Virtanen, S., Yli-Halla, M., Uusi-Kämppe, J., Ylivainio, K., Bonde, A., Österholm, P., 2022. Long term effects of groundwater management and subsurface irrigation on the water quality from boreal acid sulfate soil farmland. Abstract in “The 22nd World Congress of Soil Science”, Glasgow.
- [8] <https://precikem.eu/>
- [9] Dalhem, K., Engblom, S., Sten, P., Österholm, P*. 2019. Subsurface hydrochemical precision treatment of a coastal acid sulfate soil. *Applied Geochemistry*. 100, 352-362.
- [10] Visuri, M., Nystrand, M., Auri, J., Österholm, P., Nilivaara, R., Boman, A., Räisänen, J., Mattbäck, S., Korhonen, A., Ihme, R. 2021. Maastokäyttöisten tunnistusmenetelmien kehittäminen happamille sulfaattimaille. Tunnistushankkeen loppuraportti. *Suomen ympäristökeskuksen raportteja*. 43/2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-5435-5>
- [11] https://www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus__kehittaminen/Tutkimus_ja_kehittamishankkeet/Hankkeet/Happamien_sulfaattimaiden_riskikartoitus__keinoja_vesistöjen_happamuus_ja_metallikuormituksen_hallintaan_HaSuRiski

Finnish Acid Sulfate Soil Land Systems

Stefan Mattbäck^{1,2}, Anton Boman², Jaakko Auri³ & Peter Österholm¹

¹ Åbo Akademi University, Turku, Finland

² Geological Survey of Finland, Kokkola, Finland

³ Geological Survey of Finland Espoo, Finland

Abstract

The concept of land systems was introduced by Christian & Stewart (1953) [1] and define areas of similar geology, soils, land cover and land use. Land systems are often used to study and describe the relationship between people and their environment [2]. The term “land system” have previously been mentioned in papers dealing with AS sulfate soils [3,4,5], and we intend to elaborate this further by identifying and describing AS soil land systems in Finland, based on the type of AS soil material, land cover and land use (e.g. agriculture, sand mining, peat excavation), landforms (e.g. estuaries, peat bogs, river valleys etc.), hydrology and sulfur geochemistry.

The goal is characterize the main types of AS soil materials and AS soil land systems in Finland by utilizing data from the national mapping of Finnish AS soils (25 000+ observation) together with LiDAR derived covariates, geological data and land cover data to produce conceptual models of the AS soil land systems. By fulfilling this goal, we wish to improve sustainable land use planning on areas with actual or potential AS soils by information in a new way to the Finnish authorities. This study will be an important step towards developing AS soil risk maps, which complement the national AS soil probability map that show the possibility of AS soil occurrences but not the environmental risk.

Literature

[1] Christian, C.S., Stewart, G.A., 1953. Summary of General Report on Survey of Katherine-Darwin Region, 1946. CSIRO, Australia, Land Research Series 1.

[2] Reenberg, A., 2006. Land systems research in Denmark – background and perspectives. *Danish Journal of Geography* 106 (2). 1–6.

[3] Pons, L.J., van Breemen, N., Driesen, P.M., 1982. Physiography of coastal sediments and development of potential soil acidity. Acid sulfate weathering. *SSSA Special Publication* 10.

[4] Madsen, H.B., Jensen, N.H., 1988. Potentially acid sulfate soils in relation to landforms and geology. *CATENA* 15, 137-145.

[5] Pons, L.J., van Breemen, N., 1982. Factors influencing the formation of potential acidity in tidal swamps. *Proceedings of the Bangkok symposium on acid sulfate soils*. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.

Sulfide bearing soil materials in peat extraction areas in Finland

Sulfidipitoiset maa-ainekset turvetuotantoalueilla Suomessa

Miriam Nystrand¹, Jaakko Auri², Mirkka Visuri³ & Peter Österholm¹

¹ Åbo Akademi University, Geology and mineralogy, Akademigatan 1, 20500 Åbo, Finland

² Finnish Environment Institute, P.O. Box 413, 90014 Oulu, Finland

³ Geological Survey of Finland, Vuorimiehentie 5, PL 96, 02151 Espoo, Finland

Abstract

Large areas of sulfide bearing sediments are worldwide located along deltas, coastal plains and inland settings and if exposed to oxidation, these sediments will commonly become very acidic and develop acid sulfate (AS) soils (pH <4) and pose a great threat (e.g., occasionally extensive fish kills) to their surrounding aquatic environment. In Europe, the largest sulfidic sediment occurrences are found in Finland (at least 3000 km²) and they constitute a massive supplier of metals and acidic compounds to the aquatic environment, even higher than that from the entire Finnish industry. These environmentally unfriendly soils are in Finland typically of marine origin, which have emerged from the sea up to 100 m above the current sea level due to postglacial sea level change and/or due to postglacial land uplift and preserved in anaerobic conditions by peat and a high groundwater. In addition, regional Paleoproterozoic coastal and inland black schist areas have resulted in sulfide bearing till deposits within their immediate glacial dispersal area.

There are extensive studies on acid sulfate soil formation related to intensive agricultural drainage, but studies on AS soils in peat lands, where the peat or underlying sediment commonly contains significant loads of sulfides, are, on the contrary, scarce, because they have been of less economic importance. Worldwide peat lands cover an estimated area of 400 million ha, mainly located in the northern hemisphere (350 million ha). In Finland, where about 30% (i.e., about 10 million ha) of the land surface is covered by peat land, peat extraction has been an important industry during the last decades. In peat extraction, peat lands are drained with open ditches before extraction of peat, and because peat is of economical value commonly only a shallow or no peat layer has been left causing a risk for oxidation of the underlying sulfidic sediments.

The aim of this study was to characterize peat and the underlying sulfidic mineral soil in peat extraction sites in northern and northwestern Finland. The peat extraction sites were extracted for several years and, thus, the c. 60-80 cm deep drainage ditches with c. 20 m intervals reached mostly the underlying mineral soil and sulfide related problems were expected to occur.

Sulfide-bearing marine/lacustrine sediments were commonly found right below the peat layer in former marine areas. Some sulfide-bearing soil materials, both in the mineral soil material and in the peat, were also found in high altitude non-marine black schist areas. Sulfur occurred almost solely as sulfides, mainly as pyrite (up to 3.5%) that was occasionally mixed with metastable iron sulfides (FeS). The sulfidic mineral soil layer was relatively shallow, especially in the case of the high-altitude marine sediments, and the contents of sulfides in the mineral soil material were highest close to the peat layer. The potential acidity was remarkably high, but despite peat extraction very little oxidation had occurred in the mineral soil. We found that a peat layer relatively well protects underlying sulfidic mineral soil from oxidizing. Results showed that there was no sulfide oxidation if the peat layer was >0.5 m thick but occasionally oxidation in the riparian zone (c. 0 to 2 m from the ditch wall) if the peat layer was 0.3-0.5 m thick. Moreover, the sulfide oxidizing depth was still thin (<0.5 m) compared to sulfidic farming lands in Finland with up to 2 m oxidizing layers. Consequently, in terms of acidity and metal

leaching, after-care is most crucial for peat extraction sites. Leaving a thick enough protective peat layer on top of the mineral soil and minimizing drainage may prevent significant oxidation from occurring in this climate. Where sulfidic sediments occur, drainage after peat extraction, e.g., for farmlands, would mobilize the acidity pool. The acidification risks will among others be studied in the HaSuRiski project (2021-2023) where risk maps of acid sulfate soils are created in the pilot areas of the Laihianjoki and the Siikajoki River drainage basins.

These studies were/are conducted within the SuHE, Sulfa2 and HaSuRiski projects funded by European Regional Development Fund (ERDF) via the North Ostrobothnia and Lapland ELY Centre. Additional funding has been obtained by K.H. Renlunds foundation, The Bioenergy Association of Finland, Nordkalk Oy Ab, Stora Enso, VAPO Oy, Council of Oulu Region, Oulu city, Turveruukki Oy, GTK, ÅA and SYKE.

Maan ilman koostumus ja kosteusolot pohjamaaltaan mustaliuskepitoisella viljelykäytössä olevalla, avo-ojitetulla entisellä turpeennostoalueella

Soil air composition and groundwater level on a peatland underlain by subsoil derived from black schist and drained with open ditches

Minna Mäkelä¹, Asko Simojoki² Sanna Kanerva², Markku Yli-Halla²

¹ Salaojajyhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

² Helsingin yliopisto – Maaperä- ja ympäristötiede, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Mustaliuske on mätäliejusta syntynyt metamorfinen kivilaji, jota esiintyy melko yleisesti kallioperämme liuskevyöhykkeillä, esimerkiksi Pohjois-Karjalassa, Kainuussa ja Oulun seudulla [1]. Mustaliuskealueilla esiintyy yleisesti sulfidien hapettumisesta johtuvaa maan voimakasta happamoitumista ja muita happamien sulfaattimaiden ympäristöhaittoja.

Aineisto ja menetelmät

Tämän tutkimuksen koepaikka on Joensuussa sijaitseva mustaliuskepohjainen Pärnänsuo, joka on teollisen turpeennoston päätyttyä otettu viljelykäyttöön. Turpeen poiston seurauksena sulfidipitoinen materiaali on päässyt kosketuksiin ilmakehän hapen kanssa ja hapettuminen on alkanut. Alueelle jääneen eloperäisen kerroksen paksuus vaihtelee siten, että osalla alueesta turvetta ei ole ollenkaan, ja paikoitellen turpeen paksuus on jopa metri. Koepelto on ojitettu avo-ojin 20 m ojavälillä.

Havaintoja tehtiin kolmelta koepaikalta, joiden turvekerroksen paksuus ja etäisyys valtaojasta vaihtelivat. Koepaikat olivat peräkkäin keskellä sarkaa. Koepaikka 1 oli lähimpänä valtaojaa, ja siinä oli vain 15 cm turvekerros mustaliuskepitoisen pohjamaan päällä. Koepaikka 2 sijaitsi 50 m kauempana valtaojasta, ja sen turvekerros oli 30 cm paksu. Koepaikka 3 sijaitsi 50 m etäisyydeltä koepaikasta ja sen turvekerroksen paksuus oli noin 45 cm. Maan ilman hiilidioksidi-, happi- ja dityppioksidipitoisuutta mitattiin 5, 15 ja 30 cm syvyydeltä otetuista näytteistä kolmena rinnakkaisena joka näytteenotokerralla, maan kosteutta mitattiin jatkuvatoimisesti 7,5, 22,5 cm syvyydestä kahdella rinnakkaisella anturilla ja 45 cm syvyydeltä yhdellä, ja pohjaveden pinnan korkeutta mitattiin yhdellä noin metrin syvyydelle asennetulla jatkuvatoimisella anturilla kullakin koepaikalla. Kaasunäytteitä kerättiin kesäkuusta 2014 elokuuhun 2015 noin kahden viikon välein lumettomana aikana yhteensä 14 kertaa.

Tulokset ja tarkastelu

Ohutturpeisilla koepaikoilla 1 ja 2 pohjaveden pinta oli usein korkealla ja maan kosteus suuri, etenkin lähellä valtaojaa. Pohjaveden taso korreloi positiivisesti maan kosteuden kanssa ohutturpeisilla koepaikoilla, mutta paksuturpeisella koepaikalla 3 ei havaittu merkitsevää korrelaatiota niinä päivinä, joilta oli myös kaasuhavainnot.

Hiilidioksidipitoisuus maan ilmassa oli jo 5 cm syvyydessä selkeästi ilmakehän pitoisuutta suurempi (Taulukko 1), ja se kasvoi maaprofiilissa syvemmälle mentäessä kaikilla koepaikoilla. Koepaikoilla 1 ja 3 dityppioksidipitoisuuden keskiarvo kasvoi syvemmälle mentäessä mutta 95 % luottamusvälien (keskiarvo $\pm 2 \times \text{SEM}$) perusteella syvempien kerrosten pitoisuus ei eronnut ilmakehän taustapitoisuudesta 0,34 ppm (Taulukko 1). Happipitoisuus oli kaikilla koepaikoilla lähellä ilmakehän pitoisuutta 5 cm syvyydessä, ja pieneni syvyyden kasvaessa (Taulukko 1).

Negatiivinen korrelaatio hiilidioksidi- ja happipitoisuuden välillä oli merkitsevä kaikilla koepaikoilla ja havaintosyvyyksillä. Hiilidioksidipitoisuudella ja maan kosteudella havaittiin positiivinen korrelaatio koepaikalla 1 ainoastaan lähellä maan pintaa, koepaikalla 2 kaikilla havaintosyvyyksillä, ja koepaikalla 3 ainoastaan 30 cm syvyydessä. Mustaliuskepitoinen pohjamaa oli vedellä kyllästynyt suurimman osan ajasta, ja siinä havaittiin viitteitä turvekerroksia vähäisemmästä kaasunvaihdosta. Tulokset selittävät kentältä aiemmin havaittuja odotettua pienempiä kasvihuonekaasuemissioita [2], ja ovat linjassa aiemman tutkimuksen [3] kanssa, jossa havaittiin vilkasta mikrobitoimintaa tämän pellon turvekerroksessa, mutta vain vaatimatonta mikrobitoimintaa pohjamaassa.

Taulukko 1. Maan ilman hiilidioksidi (CO₂) -, dityppioksidi (N₂O) – ja happipitoisuuksien (O₂) keskiarvo sekä keskiarvon keskivirhe (SEM) eri koepaikoilla ja havaintosyvyyksillä 14 näytteenotokerralta kesäkuun 2014 ja elokuun 2015 välillä.

Koe- paikka	Syvyys, cm	CO ₂ , %	SEM	N ₂ O, ppm	SEM	O ₂ , %	SEM
1	5	0.89	0.22	0.41	0.02	20.7	0.1
	15	2.13	0.46	0.43	0.04	18.3	0.5
	30	3.39	0.72	0.59	0.16	12.2	1.1
2	5	0.85	0.15	0.39	0.02	20.7	0.1
	15	2.55	0.50	0.31	0.04	18.6	0.6
	30	4.45	0.82	0.29	0.04	15.8	1.2
3	5	0.40	0.04	0.43	0.04	21.0	0.0
	15	1.15	0.14	0.56	0.10	20.4	0.1
	30	4.39	0.29	0.88	0.29	15.3	0.8

Kirjallisuus

[1] Arkimaa, H. & Hyvönen, Eija & Lerssi, Jouni & Loukola-Ruskeeniemi, Kirsti & Vanne, J. (2000). Proterozoic black shale formations and aeromagnetic anomalies in Finland, Nation-Wide Map 1: 1 000 000 and Database. Special Maps - Geological Survey of Finland. 45. (ISBN: 951-690- 762-8)

[2] Yli-Halla, M., Virtanen, S., Mäkelä, M., Simojoki, A., Hirvi, M., Inananen, S., Mäkelä, J. J., Sullivan, L. 2017. Abundant stocks and mobilization of elements in boreal acid sulfate soils. *Geoderma* 308, 333–340.

[3] Mäkelä, M., Kabir, K. M. J., Kanerva, S., Yli-Halla, M., Simojoki, A. 2022. Factors limiting microbial N₂O and CO₂ production in a cultivated peatland, overlying an acid sulphate subsoil derived from black schist. *Geoderma* 405 (2022) 115444

Happamien sulfaattimaiden riskikartoitus – keinoja vesistöjen happamuus- ja metallikuormituksen hallintaan (HaSuRiski)

The risk mapping of acid sulfate soils - methods to control the acidity and metal load of water bodies (HaSuRiski)

Mirkka Visuri¹, Stefan Mattbäck², Peter Österholm³, Anton Boman², Kaj-Mikael Björk⁴, Jaakko Auri², Jari Koskiaho¹, Miriam Nystrand³, Ritva Nilivaara¹, Jukka Räisänen², Hannu Hirvasniemi², Pauliina Liwata-Kenttälä², Virginia Estévez Nuño⁴ ja Anton Akusok⁴

¹ Suomen ympäristökeskus, Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

² Geologian tutkimuskeskus, Vuorimiehentie 5, PL 96, 02151 ESPOO

³ Åbo Akademi, Tuomiokirkontori 3, 20500 Turku

⁴ Yrkeshögskolan Arcada, Jan-Magnus Janssonin aukio 1, 00560 Helsinki

Geologian tutkimuskeskuksen happamien sulfaattimaiden yleiskartoitustyössä laaditut kartat kattavat koko Suomen rannikkoalueen ja osoittavat happamien sulfaattimaiden todennäköisimmät esiintymisalueet. Kartat eivät kuitenkaan ota kantaa sulfaattimaiden ominaisuuksiin, kuten hapontuottopotentiaaliin, joka voi vaihdella alueellisesti suuresti, mikä vaikuttaa olennaisesti mahdollisen riskin ja ympäristön kuormituksen suuruuteen. Happamuusriskiin ja sen toteutumiseen vaikuttavat hapontuottopotentiaalini lisäksi monet muutkin tekijät, kuten esimerkiksi alueen hydrologia, maankäyttömuoto sekä sääolosuhteet.

Laatimalla happamien sulfaattimaiden riskikartat, jotka huomioivat maaperän ominaisuudet, hydrologian ja maankäytön, voidaan happamuus- ja metallikuormitusta ehkäisevät toimenpiteet kohdistaa kustannustehokkaasti oikeille alueille. Riskikarttojen avulla voidaan myös varautua ilmastonmuutoksesta aiheutuviin riskeihin. Ilmastomuutoksen seurauksena oletettavasti kuivat ajanjaksot ja tulvat tulevat lisääntymään, jotka lisäävät happamuuden ja metallien huuhtoutumista maaperästä.

Tässä hankkeessa laaditaan happamien sulfaattimaiden riskikartat valituille pilottialueille, Laihianjoen ja Siikajoen valuma-alueille. Riskinarvioinnin pohjana käytetään olemassa olevaa happamien sulfaattimaiden kartoitusaineistoa sekä sitä täydentäviä havaintoja. Maaperähavaintoihin perustuva riskinarviointi yhdistetään hydrogeokemialliseen aineistoon tarkastellen erityyppisten sulfaattimaiden todellista kuormitusta erilaisissa hydrologisissa olosuhteissa sekä arvioidaan kuormituksen määrää ja kestoja. Hydrogeokemiallisissa tutkimuksissa hyödynnetään SWAT-mallinnusta. Hankkeen pilottialueiden tutkimusten perusteella on tarkoitus myöhemmin pystyä mallintamaan koko Suomen rannikkoalueen riskikartat samalla tarkkuudella.

Riskinarviointiaineistoa analysoidaan hankkeessa koneoppimisen ja reunalaskennan menetelmin, ja tuotetaan mobiilisovelluksen prototyyppi, jolla voidaan arvioida sulfaattimaiden aiheuttamaa riskiä maasto-olosuhteissa. Mobiilisovelluksen prototyyppi toimii työkaluna vesitaloussuunnittelijoiden, urakoitsijoiden, neuvonantajien ja asiantuntijoiden työssä vahvistaen heidän osaamistaan.

Maan kylläinen vedenjohtavuus suomalaisissa viljelyissä happamissa sulfaattimaissa

Saturated hydraulic conductivity of cultivated AS soils in Finland

Seija Virtanen¹, Hanne Laine-Kaulio², Heidi Salo³ ja Jyrki Nurminen⁴

¹ Salaojituksen Tukisäätiö sr, seija.virtanen@tukisaatio.fi

² Hanne Laine-Kaulio, Sven Hallinin tutkimussäätiö sr,

³ Heidi Salo, Aalto-yliopisto

⁴ Jyrki Nurminen, Salaojituksen tutkimusyhdystys ry

Viljelyksessä olevat happamat sulfaattimaat ovat hyvin tuottavia, mutta niiltä huuhtoutuvat valumavedet ovat happamia, mikä on yhtenä syynä jokivesien huonompaan veden kemialliseen ja ekologiseen tilaan Pohjanmaan joissa [1]. Hapanta valumavettä syntyy, kun maassa olevat rautasulfidit pääsevät hapettumaan pohjaveden pinnan laskiessa ja muodostavat rikkihappoa. Happamuutta syntyy myös kerroksissa, joissa jo muodostunut rakenne muuttuu ja prismojen tai suurien aggregaattien sisältä tulee esiin sulfideja. Tämä happamille sulfaattimaille tyypillinen maan rakenteen kehittyminen lisää maan kylläistä vedenjohtavuutta sekä huokostilavuutta. Maan rakenteen muodostuminen on happamissa sulfaattimaissa huomattavasti nopeampaa kuin ei-happamissa maissa. Ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän kuivia jaksoja [2], joiden aikana pohjavedenpinta laskee syvälle nopeuttaen myös edellä mainittua muutosta happamissa sulfaattimaissa. Ilmastonmuutoksen vaikutuksia voidaan ennustaa mallinnuksen avulla, ja tuloksia voidaan käyttää muutokseen varautumiseen. Maan ominaisuuksien muutokset ajan kuluessa tulisi voida ottaa huomioon myös mallinnuksessa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata kahden tekstuurltaan erilaisen happaman sulfaattimaan kyllästyneitä vedenjohtavuuksia (K_{sat}) eri maakerroksissa, ja arvioida tekstuurin vaikutusta maan kylläisen vedenjohtavuuden muuttumiseen.

Aineisto

K_{sat} määritettiin maannoskerroksittain Helsingissä Viikissä sijaitsevalta Patoniitty-pelloilta neljästä eri maalajikuopasta yleensä neljänä kerranteena ($n = 133$) ja Mustasaaren kunnassa olevalta Söderfjärdenin pelloilta yhdestä kuopasta ($n = 21$). Määritykseen otettiin maanäytteet sekä horisontaali- että vertikaalisuuntaisesti 200–250 cm³ lieriöihin, ja K_{sat} määritettiin muuttuvaa ja vakiopainekorkeutta käyttäen (Eijkelkamp permeameter, Alankomaat). Patoniityn pellon pohjamaa on savea (savesta 57–64 %) ja Söderfjärdenillä hiue/hiesusavea (savesta 32–40 %). Kumpikin pelto sijaitsee pengerrysalueella ja on salaojitettu ensimmäisen kerran 1950-luvulla hyvin harvalla salaojituksella [3], [4]. Maan nopeamman kohoamisen vuoksi Söderfjärdenin pellon kuivatus on nykyään painovoimainen, mutta Patoniityllä se on edelleen pumppauksen avustama. Maan kokonaisrikkipitoisuus oli suurimmillaan massiivisessa pohjamaassa Patoniityllä (1,9 %) [5] ja Söderfjärdenillä (0,8 %) [4].

Tulokset

Patoniityn pellon K_{sat} -arvot olivat log-normaalisti jakautuneet. Patoniityllä vertikaalinen K_{sat} pieneni syvempiin kerroksiin mentäessä, kun muokkauskerros jätetään huomioonottamatta. K_{sat} oli suurimmillaan 9,8 cm h⁻¹ Bg1-kerroksessa ja pienimmillään < 0,001 cm h⁻¹ massiivisessa pohjamaassa. Horisontaalisuuntainen K_{sat} oli suurimmillaan kerrosta alempana Bg2-kerroksessa (6,8 cm h⁻¹) ja pienin pohjamaassa kuten myös vertikaalisuuntainen K_{sat} . Söderfjärdenin pelloilla suurimmat vertikaalisuuntaiset K_{sat} arvot mitattiin Bg2-kerroksessa (28,4 cm h⁻¹). Horisontaalisuuntaiset K_{sat} -arvot olivat Söderfjärdenillä pienempiä kuin Patoniityn pelloilla Ap1-Bg2-kerroksissa; suurin horisontaalisuuntainen K_{sat} mitattiin

Söderfjärdenillä BCg-kerroksessa (2,4 cm h⁻¹).

Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Molemmat tutkimuksen peltokohteet ovat kuivatushistorialtaan samanlaisia. Kuitenkin Söderfjärdenin pellolla pohjavesi vajoaa syvimmillään jopa yli metrin salaojien alapuolelle [4], kun taas Patoniityllä se laskee vain 20–30 cm salaojasyvyyden alapuolelle [3]. Söderfjärdenin pellolla maannokset ovatkin kehittyneet syvemmälle kuin Patoniityn pellolla. Tähän on mahdollisesti syynä maan nopeampi kohoaminen Söderfjärdenillä kuin Patoniityllä. Maan rakenteen kehittyminen syvemmälle Söderfjärdenissä näkyy korkeampina vertikaalisina K_{sat} -arvoina Bg2-BCg-kerroksissa kuin Patoniityllä. Toisaalta Patoniityn pellolla sekä vertikaalisuuntaiset että horisontaalisuuntaiset K_{sat} -arvot olivat muutoin pääsääntöisesti suurempia. Massiiviseen rakenteettomaan maahan muodostuu ensin halkeamia, jotka kuivuessaan synnyttävät suuria prismoja ja rakenteen kehittyessä edelleen pienempiä aggregaatteja. Patoniityn pellolla yleisesti suurempiin K_{sat} -arvoihin on todennäköisesti syynä maan huokostilavuuden kasvu johtuen sen Söderfjärdenin maata suuremmasta savespitoisuudesta ja kutistumisherkkyydestä kuivuessa [5].

Maannoksien kehittyminen muuttaa veden virtausta happamassa sulfaattimaassa, kun K_{sat} muuttuu kuivatuksen ja maan rakenteen kehittymisen myötä. Maan ominaisuuksien muutokset ja niiden vaikutukset veden virtaukseen olisi tärkeä tuntea, kun happamien sulfaattimaiden hydrologiaa halutaan mallintaa etenkin tulevaisuuden ilmasto-oloissa. Tässä tutkimuksessa K_{sat} -arvot oli määritetty pienillä maalieriöillä, ja tulokset kuvaavat näytteen mukaan maamatriisin tai maan keskimääräisen huokostilan K_{sat} -arvoa. Peltoalueen kuivatusta tarkasteltaessa ja sen mallinnuksessa makrohuokosten ja oikovirtausten huomioon ottamisella on suuri merkitys virtausten realistisessa kuvauksessa, mutta myös maamatriisilla.

Kirjallisuus

- [1] Westberg V, Mäensivu M, Teppo A, Riihimäki J, Rautio L. M, Sevola P, Koskenniemi E, Storberg K.-E, Bonde A, Vuori K.-M. 2012. Acid Sulfate Soils as a Dilemma for Reaching a Good Ecological Status in Surface Waters. In Österholm P, Yli-Halla M. & Edén P. (Eds.), Proc.7th Int. Acid Sulfate Soil Conf., Vaasa: Geological Survey of Finland, Guide 56; pp. 149–150.
- [2] Ruosteenoja K, Markkanen T, Venäläinen A, Räisänen P, Peltola H. 2018. Seasonal soil moisture and drought occurrence in Europe in CMIP5 projections for the 21st century, *Climate dynamics*, 50 (3-4), p.1177-1192
- [3] Virtanen S, Simojoki A, Rita H, Toivonen J, Hartikainen H, Yli-Halla M, 2014. A multi-scale comparison of dissolved Al, Fe and S in a boreal acid sulphate soil. *Sci.Total Environ.* 499, 336–348. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.08.088>
- [4] Österholm P, Virtanen S, Rosendahl R, Uusi-Kämpä J, Ylivainio K, Yli-Halla M, Mäensivu M, Turtola E, 2015. Groundwater management of acid sulfate soils using controlled drainage, by-pass flow prevention, and subsurface irrigation on a boreal farmland. *Acta Agr. Scand. B-S.* P. 65, 110–120.
- [5] Yli-Halla M, Mokma D. L, Wilding L. P, Drees L. R. Morphology, Genesis and Classification of Acid Sulphate Soils of Finland. In: Lin C, Huang S, Li Y, editors. Proceedings of the Joint Conference of the 6th International Acid Sulfate Soil Conference and the Acid Rock Drainage Symposium. Guangzhou, China: Guangdong Press Group; 2008. p. 224–8.

Altakastelun kehittäminen happamilla sulfaattimailla

Development of combined subsurface irrigation and acidity control on acid sulfate soils

Sten Engblom¹, Anders Grannas², Eva Högfors-Rönholm³, Pekka Stén⁴ & Peter Österholm⁵

¹ Yrkeshögskolan Novia, sten.engblom@novia.fi

² Yrkesakademin i Österbotten, anders.grannas@yrkesakademin.fi

³ Yrkeshögskolan Novia, eva.hogfors-ronholm@novia.fi

⁴ Vaasan ammattikorkeakoulu, pekka.sten@vamk.fi

⁵ Åbo Akademi, peter.osterholm@abo.fi

Happamilla sulfaattimailla tapahtuva sulfidien hapettuminen ja sitä seuraava hapon muodostuminen pyritään tässä tutkimuksessa estämään syntysijoillaan sulfidikerroksen hydrologisesti aktiivisissa makrohuokosissa. Lähtökohtana on tuotantokäytössäkin oleva altakastelu, mutta altakasteluveteen lisätään hienojakoista kalsiumkarbonaattia tai kalsiumkarbonaattia ja hienojakoista turvetta. Muodostuva suspensio pumpataan salaojaputkia pitkin suoraan happoa muodostavaan kerrokseen. Perimmäisenä tavoitteena on hidastaa asidofiilisten bakteerien katalysoimaa sulfidien hapettumista, mutta myös neutraloida jo muodostunut happo ja samalla saostaa siihen liuenneet metallit.

Tutkimus alkoi PRECIKEM-projektin (*Kemisk precisionsbehandling av sura sulfatjordar för att förhindra uppkomsten av syra, Kemiällinen täsmäkäsittely haponmuodostuksen estämiseksi happamilla sulfaattimailla*) puitteissa vuonna 2011, jolloin Vaasan Risöfladanille rakennettiin altakastelun koekenttä. Ensimmäisessä vaiheessa koekenttä käsitti yhdeksän toisistaan ja viereisistä valtaojista hydrologisesti eristettyä hehtaarin kokoista ruutua. Eristys on toteutettu 1,5 m leveällä muovikalvolla, joka ulottuu juuri muokkauskerroksen alapuolelta n. 1,9 m syvyyteen tiiviiseen ja vettä läpäisemättömään mustaan sulfidisavikerrokseen. Ensimmäisen vaiheen kokeissa hehtaarin kokoiselle koeruudulle pumpattuun altakasteluveteen (100–400 m³) lisättiin 350–1600 kg hienojakoista kalsiumkarbonaattia. Useita vuosia kestäneen seurannan aikana salaojista purkautuvien vesien laadun on todettu parantuneen selvästi. Näitä kenttäkokeiden vesien laatuun liittyviä tuloksia esitettiin Maaperätieteen päivillä 2014 ja niistä on kirjoitettu myös kaksi artikkelia [1, 2].

Koekenttää on myöhemmissä projekteissa laajennettu ja modifioitu kahdessa vaiheessa. Syksyllä 2016 rakennettiin kolme uutta hehtaarin kokoista koeruutua, joilla on toteutettu kierrätävä altakastelu. Tämä uusi menetelmä perustuu tavanomaisen salaojituksen imuputkien päihin johdettavaan syöttölinjaan ja edellytti myös salaojituksen säätökaivojen kehittämistä. Kierrätävällä altakastelulla saadaan aikaiseksi tasainen paine ja virtaus koko altakasteluverkostossa ja vältetään tavanomaisen salaojituksen kautta tehtävässä altakastelussa imuputkien päihin muodostuvat umpiperät.

Käsittelysuspensioiden leviämistä maaperään pyritään edistämään myös kaksikerroksisella salaojituksella, joka on rakennettu kahdelle koeruudulle. Näillä ruuduilla on normaali säätösaloajitus n. 120 cm syvyydellä, mutta n. 50 cm sen yläpuolella erillinen altakastelusilmukka, jonka kautta käsittelysuspensio levitetään.

Kirjallisuus

[1] Dahlhem, K., Engblom, S., Stén, P. & Österholm, P. 2019. Subsurface hydrochemical precision treatment of a coastal acid sulfate soil. *Applied Geochemistry* 100: 352–362.

[2] Stén, P., Dahlhem, K., Engblom, S., Grannas, A., Högfors-Rönholm, E., Rosendahl, R. & Österholm, P. 2019. Kemiällinen täsmäkäsittely happamilla sulfaattimailla. *Vesitalous* 1 52–57.

Belowground methane cycle processes along a stream-to-edge transect in the Lompolojänkkä fen

Lukas Kohl^{1,2,3}, Salla Tenhovirta^{1,2}, Iikka Haikarainen^{1,2}, Mari Pihlatie^{1,2,4}, Annalea Lohila^{3,5}

¹ University of Helsinki, Department of Agricultural Sciences

² University of Helsinki, Institute of Atmosphere and Earth System Research / Forest Research

³ University of Helsinki, Institute of Atmosphere and Earth System Research / Physics

⁴ University of Helsinki, Viikki Plant Science Center (VIPS)

⁵ Finnish Meteorological Institute

Previous studies showed strong spatial variation in methane fluxes within the Lompolojänkkä peatlands. Surprisingly, the highest fluxes did not occur in the center of the peatlands, but rather at the halfway point between the center and the edge of the peatland, likely due greater oxygen transport by turbulent water flow at the center of the peatland. In this study, we explored the chemical environment along a stream-to-edge transect to characterize how methane production and oxidation vary with depths, season, and location along the transect. We further explore if chemical conditions stimulate or hinder methane production and methane oxidation. For this, we quantified porewater chemistry (e.g. dissolved organic carbon (DOC), total inorganic carbon (TIC), total dissolved nitrogen (TDN), dissolved methane and CO₂) in 15 depth profiles (20-100 cm). Initial data show that methane emissions are reflect belowground concentrations of methane, CO₂, dissolved organic carbon, and total dissolved nitrogen. We further find that while both central and peripheral conditions show low methane emissions at the peat surface, these reflect distinct belowground conditions. Whereas peripheral locations show relatively low methane concentrations throughout the depth profile, central locations indicate high methane production rates in deep peat layers and high consumption rates in more shallow layers. Methane carbon isotope values support this interpretation, showing stronger enrichment of ¹³C from deep to shallow samples in soil profiles close to the central stream but little enrichment in soil profiles at the edge of the peatland of the stream. In future efforts, we hope to further deepen our understanding of within-site variations in the peatland cycle through methane hydrogen isotope analysis. We also want to explore how our data with high spatial but low temporal resolution can complement low spatial/high temporal resolution data from e.g. eddy covariance measurements in improving peatland methane models.

Modelling of long term brownification process in Southern Finland

Katri Rankinen, Maria Holmberg, José Cano Bernal and Anu Akujärvi

Browning of surface waters due to increased terrestrial loading of organic carbon is observed in boreal regions. It is explained by large scale changes in ecosystems, including decrease in sulphur deposition that affects soil organic matter solubility, increase in temperature that stimulates export of dissolved organic carbon (DOC) from organic soils, and increase in precipitation and thus runoff. Land use changes and forestry measures are also observed to be one reason for increased transport of DOC. The effects of brownification extend to ecosystem services like water purification, but also freshwater productivity through limiting light penetration and creating more stable thermal stratification. We studied past trends of organic carbon loading from catchments based on observations since early 1990's. We made simulations of loading by the physical Persist and INCA models to three small catchments at the Lammi LTER area. We upscaled simulations to the Kokemäenjoki river basin (17 950 km²). Even though river processes did not play a role in small catchments, they had influence on DOC concentration at the whole river basin. Brownification was driven mainly by the change in climate and decay of organic matter in soil, with smaller impact of land use change on organic soil types. Decrease in sulphur deposition had only minor effect on brownification.

Innoherb – Sundew and other high value mire plants for paludiculture on Sphagnum moss biomass harvesting areas in Western Finland

Innoherb – Kihokki ja kanerva kosteikkokasveina sekä muun suokasvillisuuden sukkessio rahkasammaleen korjuun jälkeisillä heikkotuottoisilla turvemaidella Länsi-Suomessa

Leila Korpela^{1,2}, Tytti Sarjala¹, Niko Silvan¹

¹ Natural Reserach Institute Finland, (Luke),

² e-mail: leila.korpela@luke.fi

Sphagnum moss is harvested mostly for growing media purposes from forestry drained, but low productive peatlands in Northern Pirkanmaa, Southern Ostro-Botnia and Northern Satakunta municipalities in Western Finland. Commercial scale harvesting has been practiced since year 2015 and nowadays it is harvested yearly about 30 000 – 50 000 m³/30-50 ha area. Altogether the harvested area today is about 200 ha.

In our earlier research-project (Drosera-pilot project 2016-2019) we have found that these areas are favorable for sundew (*Drosera rotundifolia*) propagation [1]. Because of the sundew seedbank in the area and the lack of competition by other mire plants and constant wet conditions, there is a timeframe of about 5 years for sundew to flourish. Sundew is traditionally and nowadays again used as herbal medicine especially in Central Europe [2]. It's highly valued based on its several bioactive compounds [3]. For other commercial herb like heather (*Calluna vulgaris*) these areas are also favorable, flowering parts of heather has versatile traditional uses and nowadays it is used more in cosmetics. These commercial plants have a large business potential. As these herbs may produce remarkable, much higher yields during 2-10 years after the *Sphagnum* moss biomass harvesting than on intact drained peatlands, in our "Innoherb" – project we are aiming at novel value chains for underutilized herbs growing in low productive areas to be utilized in high value products like cosmetics.

In addition of the biomass production evaluation of these commercial herbs, using sequential growing method "paludiculture cascade model", we have done explorative study on the raw material quality by using established antioxidative testing methods (ORAC, FRAP, SCAV) to control the different preservation options to keep the functional properties unchanged for different end products like cosmetics (e.g. antioxidants as preservatives or other functional ingredients).

In order to monitor the process of revegetation and restoration process on these Sphagnum harvested peatlands we have done vegetation surveys in three summers in years 2020-2022.

In this presentation the results of the vegetation surveys (the vegetation succession) are in main focus.

Literature

[1] Korpela, L., Sarjala, T. & Silvan, N. 2018. Kihokkia lääkekasviksi Pohjois-Satakunnan heikkotuottoisilla turvemaidella. Suo 69(1)17-10_article10181.pdf.

[2] Laurila, M. (toim.) 2018. Kosteikkokasveista uusia elinkeinomahdollisuuksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 18/2018. Luonnonvarakeskus, Helsinki, 159 s.

[3] Tienaho, J., Reshamwala, D., Karonen, M., Silvan, N., Korpela, L., Marjomäki, V., Sarjala, T. 2021. Field Grown and In Vitro Propagated Round-Leaved Sundew (*Drosera rotundifolia* L.) Show Differences in Metabolic Profiles and Biological Activities. Molecules 2021 (26) 3581. <https://doi.org/10.3390/molecules26123581>.

Harmaaleppä uudistusvaiheessa: pitkäaikaisvaikutukset maaperään ja puustoon kuusikoissa

Grey alder at the regeneration stage: long-term soil and tree effects in Norway spruce stands

Päivi Soronen¹, Helena M. Henttonen¹ ja Aino Smolander¹

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Maaperän typen saatavuuden parantaminen on tehokas keino lisätä hiilensidontaa maaperään ja puustoon tyyppirajoitteisissa metsiköissä. Harmaalepällä on juurinysträsymbioosi ilmakehän tyypeä sitovan *Frankia*-bakteerin kanssa, mutta tämä ominaisuus on jätetty pitkälti hyödyntämättä metsänhoidossa. Tämän tutkimuksen tavoitteena on lisätä tietoa leppävaikutuksista maaperän tyyppitilanteeseen, hiilivarastoon ja kuusen kasvuun. Tutkimme leppämerkitystä sekapuuna kuusikoissa vertailemalla maaperän ominaisuuksia leppien ja kuusien latvusten alla. Nyt esiteltävässä tutkimuksessa selvitimme uudistusvaiheen leppikon pitkäaikaisvaikutuksia kuusikkomaan tyyppi- ja hiilivarastoihin ja kuusen kasvuun.

Tutkimuskohteina olivat kaksi noin 40-vuotiaista suhteellisen rehevää käenkaalimustikkatyyppin kuusikkoa Etelä-Suomessa. Osalla alueesta on ollut runsaasti leppää uudistusvaiheessa ('leppä'), kun taas osalla alueesta leppää ei ole ollut ('kontrolli'). Leppäpoistosta leppäaloilta on kulunut noin 25 (Luhdansuo) tai 30 (Porkkola) vuotta. Keräsimme kasveille käyttökelpoisen typen vuota mikrodialyysimenetelmällä, mittasimme maanäytteistä useita typen saatavuutta kuvaavia ominaisuuksia ja määritimme hiilivaraston 30 cm:n syvyyteen asti.

Molemmilla kohteilla epäorgaanisen typen vuo- ja pitoisuustuloksissa oli samansuuntaisia trendejä; ammoniumtyyppiä oli leppäaloilla hieman enemmän kuin kontrollialoilla, kun taas nitraattitypen osalta tilanne oli päinvastainen. Luhdansuolla orgaanisen kerroksen hiilivarasto oli leppäalalla suurempi kuin kontrollialalla. Havaitimme tilastollisesti merkitseviä eroja ($p < 0.10$) maaperän ominaisuuksissa käsittelyjen välillä vain Luhdansuolla, missä leppäpoistosta oli kulunut vähemmän aikaa. Siellä orgaanisen kerroksen paksuus ja kokonaistyyppivarasto (orgaaninen kerros + kivennäismaan ylin 30 cm) olivat leppäalalla suurempia kuin kontrollialalla, kun taas mikrobibiomassan C:N ja hiilen mineralisaationopeus olivat leppäalalla pienempiä kuin kontrollialalla. Orgaanisen kerroksen C:N oli leppäaloilla hieman pienempi kuin kontrollialoilla. Kuusen vuosilustot olivat leppäaloilla paksumpia verrattuna kontrollialoihin noin viiden vuoden ajan leppäpoiston jälkeen, mutta nykyisissä puuston mitoissa (läpimitta, pituus, tilavuus) ei ollut eroja käsittelyjen välillä. Kaiken kaikkiaan maaperän ominaisuuksissa ei ollut havaittavissa juurikaan leppävaikutusta 25–30 vuoden jälkeen, ja kuusen kasvuun leppä oli vaikuttanut enimmillään noin viiden vuoden ajan. Mahdolliset leppävaikutukset maaperään ja puustoon olivat todennäköisesti tasoittuneet pitkän ajan kuluessa kasvupaikan rehevyydestä johtuen.

Miten passiivinen lämmitys vaikuttaa mineraalimaan mikrobiyhteisöihin ja mikrobien jäänteisiin varastoituneeseen hiileen borealisessa metsässä?

How passive warming changes boreal forest mineral soil microbial communities and stabilization of microbial residues to soil?

Outi-Maaria Sietiö^{1,2}, Tero Tuomivirta³, Aino Seppänen¹, Kevin Mganga^{1,4}, Päivi Merilä³, Nele Meyer⁵, Kristiina Karhu¹

¹ Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto

² HAMK BIO, Hämeen ammattikorkeakoulu

³ Luonnonvarakeskus

⁴ Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, Netherlands

⁵ Department of Soil Ecology, University of Bayreuth, Germany

Johdanto

Ilmastonmuutoksen edetessä kasvukausien on ennustettu pitenevän ja kasvien juuriensa kautta maahan syöttämän hiilen sekä karikkeen määrän on arveltu lisääntyvän [1]. Lämpenevän ilmaston vaikutusten on arveltu olevan merkittäviä erityisesti pohjoisissa ekosysteemeissä [2]. Kohonneen keskilämpötilan ja pidentyneen kasvukauden seurauksena kasvien maahan syöttämän hiilen lisääntyminen voi muuttaa maan mikrobiyhteisön rakennetta, lisätä mikrobien orgaanisen aineksen hajotusaktiivisuutta tai lisätä maan mikrobien kasvua ja siten biomassan määrää. Lisääntynyt mikrobien hajotusaktiivisuus voi lisätä maasta vapautuvan CO₂:n määrää ja siten johtaa maan hiilivarastojen pienenemiseen [3]. Jos mikrobit käyttävät kasvien lisääntyneen hiilisyötteen kasvuunsa, osa tästä hiilestä voi stabiloitua maahan mikrobien jäänteissä ja näin lisätä maan hiilivarastoa [4]. Tutkimme kenttäkokeessa, miten kohonnut keskilämpötila ja pidentynyt kasvukausi vaikuttavat mineraalimaan E-kerroksen mikrobiyhteisöjen rakenteeseen, mikrobien biomassaan, mikrobien jäänteisiin varastoituneen hiilen määrään sekä maan hiilivarastoihin.

Aineisto ja menetelmät

Kenttäkoe, jossa maita lämmitettiin passiivisesti +4°C, perustettiin lokakuussa 2019 siirtämällä 20cm maaprofiilit PVC-putkissa (halkaisija 7,5 cm) Suomessa pohjoisesta (Kivalo, Rovaniemi) etelään (Tammela). Koealat sijaitsivat mäntyvaltaisissa metsissä, joissa aluskasvillisuus muodostui puolukasta (*Vaccinium vitis-idaea*). Pohjoisesta kerätyt maaprofiilit siirrettiin etelään kolmen päivän kuluessa keräämisestä. Lisäksi kontrollimaat siirrettiin paikallaan sekä pohjoisessa että etelässä. Jokaiseen PVC-putkeen jätettiin luontaisesti kyseisellä koealalla kasvanut puolukka.

Ensimmäisen kasvukauden aikana (kesä-heinäkuu 2020), ¹³C-glukoosia injektoidiin pieni määrä E-kerroksen maahan, paitsi osaan putkista, joihin lisättiin vain vettä. ¹³C-glukoosilisäyksen jälkeen näytteitä otettiin 24 h, 72 h, 10 pv, 1 kk, 3 kk ja vuoden päästä. Maan kokonais-¹³C määritettiin jokaisesta aikapisteestä kerätyistä näytteistä.

Lämmityksen vaikutus E-kerroksen ¹³C-glukoosia aktiivisesti käyttävään yhteisöön määritettiin tekemällä ¹³C-DNA-SIP [5] ja ¹³C-PLFA-SIP kymmenen päivää leimauksen jälkeen kerätyistä näytteistä. Passiivisen lämmityksen vaikutusta koko mikrobiyhteisön rakenteeseen tutkittiin sekvensoimalla ensimmäisen ja toisen kasvukauden aikana (vuosina 2020 ja 2021) kerätyistä näytteistä bakteerien 16S- ja sienten ITS-ribosomaaliset DNA:t [6-8]. Lisäksi ensimmäisen ja toisen kasvukauden aikana kerätyistä näytteistä määritettiin näytteiden sienibakteerisuhteet rasvahappoanalyysillä (PLFA). Lämmityksen vaikutus maahan

stabiloituvien mikrobien jäänteiden konsentraatioon määritettiin toisen kasvukauden aikana kerätyistä näytteistä aminosokerianalyysilla [9].

Tulokset ja tarkastelu

Alustavien tulosten perusteella lisätyn ^{13}C :n saanto-% vaikutti olevan pienempi passiivisesti lämmitetyissä maissa verrattuna pohjoisessa paikallaan siirrettyihin kontroleihin ($p < 0,1$, $n=3$ jokaiselle aikapisteelle). Pohjoisessa paikallaan siirrettyjen maiden sekä pohjoisesta etelään siirrettyjen maiden mikrobien jäänteiden määrä maan kokonaishiilestä oli pienempi kuin etelässä paikallaan siirrettyjen kontrollien ($p < 0,1$ lämmitettyjen ja etelässä paikallaan siirrettyjen maiden välillä, $n=4$). Lisäksi mikrobien jäänteiden määrä maan kokonaishiilestä vaikutti olevan pienempi passiivisesti lämmitetyissä maissa verrattuna paikallaan siirrettyihin kontroleihin (ei tilastollisesti merkitsevä). Lämmityskäsittelyllä ei ollut vaikutusta maan sienibakteerisuhteeseen.

Kirjallisuus

- [1] Sevanto S and Dickman LT. 2015. Where does the carbon go?-Plant carbon allocation under climate change. *Tree Physiology* 35: 581–584.
- [2] Karhu K, et al. 2014. Temperature sensitivity of soil respiration rates enhanced by microbial community response. *Nature* 513: 81–84.
- [3] Kuzyakov Y, Friedel J and Stahr K. 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1485–1498.
- [4] Liang C, Schimel JP and Jastrow JD. 2017. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature Microbiology* 2: 1–6.
- [5] Dumont MG, Murrell JC. 2005. Stable isotope probing — linking microbial identity to function. *Nature Reviews Microbiology* 3: 499–504.
- [6] Parada AE, Needham DM and Fuhrman JA. 2016. Every base matters: Assessing small subunit rRNA primers for marine microbiomes with mock communities, time series and global field samples. *Environmental Microbiology* 18: 1403–1414.
- [7] Apprill A, et al. 2015. Minor revision to V4 region SSU rRNA 806R gene primer greatly increases detection of SAR11 bacterioplankton. *Aquatic Microbial Ecology* 75: 129–137.
- [8] Ihrmark K, et al. 2012. New primers to amplify the fungal ITS2 region--evaluation by 454-sequencing of artificial and natural communities. *FEMS Microbiology Ecology* 82: 666–677.
- [9] Liang C, Read HW and Balsler TC. 2012. GC-based detection of aldonitrile acetate derivatized glucosamine and muramic acid for microbial residue determination in soil. *Journal of Visualized Experiments* 63: e3767.

Biologista typensidontaa kuusen, männyn ja koivun hakkuutähteessä

Biological nitrogen fixation in logging residues of spruce, pine and birch

Tiina Törmänen¹, Aino Smolander¹

¹ Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, Helsinki

Johdanto

Typen kiertokulku on keskeisessä roolissa metsäekosysteemin toiminnassa ja ilmastonmuutoksen hillinnässä. Siihen voidaan vaikuttaa metsien käytön menetelmillä, esim. korjuun voimakkuudella. Päätehakuussa metsänpohjalle syntyy hakkuutähdekasoja eli hakkuutähde ei levity metsään tasaisesti. Aikaisemmissa tutkimuksissa eri puulajeista koostuvien hakkuutähdekasojen on havaittu kiihdyttävän maaperän typen kierron prosesseja avohakkuun jälkeen. Tämä johtaa lisääntyviin metsämaan typpihäviöihin kaasumaisina typpioksidiulipäästöinä ja nitraattitypen huuhtoutumisena [1, 2, 3]. Hakkuutähteet itsessään voivat korvata metsämaan typen häviöitä, sillä varsinkin neulaset ja lehdet sisältävät runsaasti typpeä toimien pikkuhiljaa metsämaan typen lähteenä. Lisätyppeä on myös mahdollista saada, mikäli hakkuutähteessä elävät bakteerit sitovat ilmakehän typpeä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli vertailla kolmen puulajin (koivu, kuusi, mänty) hakkuutähteessä tapahtuvaa biologista typensidontaa ensimmäisinä vuosina päätehakuun jälkeen.

Aineisto ja menetelmät

Kaakkois-Suomessa Lapinjärvellä sijaitseva kuusivaltainen sekametsä avohakattiin syksyllä 2014 ja hakkuutähdekoalat (tuoretta hakkuutähdettä 40 kg/m²) ja hakkuutähteettömät kontrollikoalat (0 kg/m²) perustettiin neljänä toistona. Hakkuutähteistä otettiin näytteitä kolmesti, kesäkuussa 2016, syyskuussa 2018 ja elokuussa 2019. Koivun, kuusen ja männyn hakkuutähteiden eri ositteissa (oksat ja lehdet/neulaset) tapahtuvaa biologista typensidontaa määritettiin nitrogenaasiaktiivisuutena epäsuoralla asetyleenin (C₂H₂) pelkistysmenetelmällä (ARA, acetylene reduction assay). Nitrogenaasimittausten jälkeen hakkuutähdemateriaaleista määritettiin C-N-suhde.

Tulokset

Nitrogenaasiaktiivisuutta havaittiin kaikkien puulajien hakkuutähdeositteissa. Nitrogenaasiaktiivisuus oli voimakkaampaa oksissa verrattuna lehtiin ja neulasiin ja havupuiden hakkuutähteissä verrattuna koivun hakkuutähteeseen. C-N-suhde oli korkeampi oksissa verrattuna lehtiin/neulasiin sekä havupuiden hakkuutähteissä verrattuna koivun hakkuutähteeseen.

Johtopäätökset

Tuloksemme osoittavat, että metsämaahan on mahdollista saada lisätyppeä hakkuutähteissä tapahtuvan biologisen typen sidonnan kautta. Vaikka sidotut typpimäärät ovat pieniä, päätehakuussa paikalle jätetyt hakkuutähteet voivat korvata osan metsämaan typen häviöistä tälläkin tavalla. Typen pysymiseen ja typpihäviöiden estämiseen metsämaassa tulisi kiinnittää enemmän huomiota käytännön metsänhoidon toimenpiteissä erityisesti borealisilla alueilla, joilla typpi rajoittaa kangasmetsien kasvua.

Kiitokset

Tätä työtä ovat rahoittaneet Maj ja Tor Nesslingin säätiö, Kollin säätiö, Niemi säätiö ja Suomen Metsätieteellinen Seura.

Kirjallisuus

- [1] Smolander, A., Törmänen, T., Kitunen, V. and Lindroos, A.-J. 2019. Dynamics of soil nitrogen cycling and losses under Norway spruce logging residues on a clearcut. *For Ecol Manage* 449, 117444. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.06.041>.
- [2] Törmänen, T., Kitunen, V., Lindroos, A.-J., Heikkinen, J. and Smolander, A. 2018. How do logging residues of different tree species affect soil N cycling after final felling? *For Ecol Manage* 427, 182-189. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.005>.
- [3] Törmänen, T., Lindroos, A.-J., Kitunen, V. and Smolander, A. 2020. Logging residue piles of Norway spruce, Scots pine and silver birch in a clear-cut: Effects on nitrous oxide emissions and soil percolate water nitrogen. *Sci Total Environ* 738, 139743. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139743>.

Kuusen, männyn ja koivun hakkuutähteiden vaikutus metsämaan vajoveden emäsravinnepitoisuuksiin

The effect of logging residues of spruce, pine and birch on the base cation concentrations of forest soil percolation water

Antti-Jussi Lindroos¹, Tiina Törmänen² & Aino Smolander¹

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Latokartanonkaari 9, Helsinki

² Tapio, Maistraatinportti 4A, Helsinki

Hakkuutähteillä voi olla tärkeä merkitys ravinnekierrolle ja ravinteiden huuhtoutumiselle avohakkuualoilta. Hakkuutähdekasojen on esimerkiksi osoitettu lisäävän nitraattityypen huuhtoutumista maaperässä ensimmäisinä vuosina hakkuun jälkeen [esim. 1, 2]. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten eri puulajeista koostuvat hakkuutähdekasat vaikuttavat avohakkuualalla vajoveden emäsravinteiden pitoisuuksiin. Vajoveden kemiallista koostumusta tutkittiin kuusen, männyn ja koivun hakkuutähdekasojen alta, ja vajovesi kerättiin juuristovyöhykkeen alapuolelta. Toisena tavoitteena oli selvittää, miten aiemmin havaittu nitraattianionin lisääntynyt huuhtoutuminen hakkuutähdekasojen alla ja toisaalta liukoisen orgaanisen hiilen (DOC, orgaaninen anioni) pitoisuudet [1] liittyvät ionitasapainon kautta emäsravinnekationien esiintymiseen vajovedessä.

Eteläsuomalainen kuusivaltainen metsikkö avohakattiin, ja maaperän pinnalle koostettiin hakkuutähdekasat (40 kg/m² tuoreita oksia) kuusen, männyn ja koivun hakkuutähteistä. Kasojen alapuoliseen maaperään oli aiemmin asennettu vajovesilysimetrit 40 cm:n syvyydelle kivennäismaan pinnasta. Vajovesinäytteitä kerättiin kahden vuoden aikana 4–6 viikon välein lumettomana aikana kemiallisiin analyyseihin. Näytteet suodatettiin 0,45 µm suodattimilla, ja Ca-, Mg- ja K-pitoisuudet määritettiin ICP-laitteella. NO₃-N- ja DOC-pitoisuudet on julkaistu aikaisemmin [1].

Kaikkien puulajien hakkuutähdekasat lisäsivät emäskationien (Ca, Mg, K) pitoisuuksia vajovedessä. Puulajeista koivu lisäsi pitoisuuksia eniten. Vajoveden korkeat NO₃-N pitoisuudet hakkuutähteiden alla [1] liittyivät kiinteästi korkeisiin emäskationien pitoisuuksiin osoittaen ionitasapainon ja hakkuutähdekasojen merkityksen ravinteiden huuhtoutumisessa. Hakkuutähteistä huuhtoutuva liukoinen orgaaninen hiili pidättyi maaperään ja sen pitoisuudet olivat pieniä vajovedessä. Liukoisen orgaanisen hiilen yhteyttä emäskationien pitoisuuksiin ei havaittu.

Kirjallisuus

[1] Törmänen, T., Lindroos, A.-J., Kitunen, V. and Smolander, A. 2020. Logging residue piles of Norway spruce, Scots pine and silver birch in a clear-cut: Effects on nitrous oxide emissions and soil percolate water nitrogen. *Science of the Total Environment* 738: 139743.

[2] Lindroos, A.-J., Tamminen, P., Heikkinen, J. and Ilvesniemi, H. 2016. Effect of clear-cutting and the amount of logging residues on chemical composition of percolation water in spruce stands on glaciofluvial sandy soils in southern Finland. *Boreal Environment Research* 21: 134-148.

Horizon Europe Mission Soil Deal for Europe: a presentation of the mission's structure and objectives with relevance to Finland

Anna Krzywoszynska¹ & Liisa Pietola²

¹ Transdisciplinary Human-Environment Relations, University of Oulu, Finland,
anna.krzywoszynska@oulu.fi

² Sustainability solutions, Finnish Innovation Fund Sitra, PL 160 (Itämerenkatu 11–13),
00181 Helsinki, liisa.pietola@sitra.fi

In 2021 the European Commission launched a new funding mechanism for priority areas in research and innovation. Soil Deal for Europe is one of those missions, and represents a great opportunity for Finnish soil research as well as societal change. Anna Krzywoszynska and Liisa Pietola, who are members of the Mission's Advisory Board, will sketch out the main components of the mission, inform the attendees of the 100 Soil Living Labs objective of the Mission, and introduce the key contact points for Mission related inquiries in Finland.

Soil Deal for Europe:

https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/soil-health-and-food_en#:~:text=The%20main%20goal%20of%20the%20Mission%20%27A%20Soil,habitat%20for%20biodiversity%20while%20contributing%20to%20climate%20resilience

The HorizonEU Work Programme for 2023-2024:

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_7404

Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja

The nitrogen challenge in agriculture - options and solutions

Petri Kapuinen, Kirsi Järvenranta, Marjo Keskitalo, Sanna Kykkänen, Hannu Känkänen, Sari Luostarinen, Pasi Mattila, Olli Niskanen, Ansa Palojärvi, Taina Pennanen, Liisa Pesonen, Katariina Pussi, Ville Pyykkönen, Kimmo Rasa, Tapio Salo, Alan Schulman, Ari-Matti Seppänen, Antti Suokannas, Elina Tampio, Pirjo Tanhuanpää, Maarit Termonen, Sirja Viitala, Perttu Virkajärvi, Erika Winquist, Jani Lehto ja Eeva Vainio.

Luonnonvarakeskus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Typpi on tärkein lannoitteista saatava kasvinravinne kivennäismaiden, erityisesti savimaiden, viljelyssä. Mineraalilannoitteiden (eli väkilannoitteiden) typpi on peräisin ilmakehän typpikaasusta, joka nykyisin sidotaan ammoniakiksi käyttäen fossiilisista lähteistä, pääasiassa maakaasusta, saatavaa vetyä. Lisäksi ammoniumnitraattilannoitteiden valmistuksessa tarvittava typpihappo valmistetaan ammoniakista. Suomessa ei ole omaa ammoniakkituotantoa, mutta maassamme jalostetaan typpihappoa sekä siitä edelleen typpilannoitteita ja muita lannoitetuotteita, kuten moniravinteisia seoslannoitteita merkittävä määrä myös vientiin.

Ammoniakkia ja valmiita typpilannoitteita on tähän saakka tuotu pääosin Venäjältä, jossa niiden tuotanto perustuu laajalti maakaasun käyttöön vedyn lähteenä. Typpilannoitteiden ja niiden raaka-aineiden, eli ammoniakkin ja maakaasun tuontiin on löydettävä vaihtoehtoisia lähteitä. Omavaraisuuden lisäämiseksi olisi tärkeää sekä kasvattaa biokaasun tuotantomäärää että jalostaa siitä biometaania, jolloin sitä voitaisiin hyödyntää myös ammoniakkin valmistuksessa. Vetyä on mahdollisuus tuottaa biometaanin lisäksi tuotekaasusta tai elektrolyysin avulla.

Suomen pelloille on viime vuosina tullut kokonaistyyppiä yhteensä noin 230 000 tonnia vuodessa, josta epäorgaanisissa lannoitevalmisteissa (mineraalilannoitteet) 140 000–150 000 tonnia ja tuotantoeläinten lannassa noin 70 000 tonnia. Loppuosa tyyppistä tulee kierrätyslannoitevalmisteista, biologisesta typensidonnasta, kylvösiemenestä ja typpilaskeumana. Suomessa viljeltyä peltoalaa on yhteensä n. kaksi miljoonaa hehtaaria, josta suurimmalla osalla viljellään viljoja (50 %) ja nurmia (40 %). Teollisia typpilannoitteita (mineraalilannoitteet) käytetään kaikille viljelykasveille tavanomaisessa viljelyssä. Vaikka viljat ovat yleisin peltojen käyttömuoto, nurmien typpilannoitustarve on suurempi ja siten suhteellisesti suurempi osa typpilannoitteista levitetään nurmille. Mineraalityppilannoite pyritään levittämään pelloille kasvin kannalta optimaaliseen aikaan, jolloin hyväksikäyttö on maksimaalinen ja hävikit mahdollisimman pieniä. Typen käyttömääriä lannoitteena rajoitetaan sen epätoivottujen ympäristövaikutusten vuoksi nitraattiasetuksella.

Viljelykiertoja ja -menetelmiä on kehitettävä ruoantuotannon kestävyuden ja kilpailukyvyyn varmistamiseksi vähentämällä typpilannoitustarvetta ja parantamalla typen hyväksikäyttöä. Palkokasvien viljelyn lisäämisellä voidaan vähentää viljelyn riippuvuutta väkilannoitetyypin käytöstä. On osoitettu, että jos palkokasvien viljelyn kaikki mahdollisuudet käytettäisiin täysimääräisesti tavanomaisten tilojen kivennäismailla, vähenisi teollisesti valmistetun typen tarve Suomessa noin 60 prosentilla. Ennen teollisen ammoniakkin tuotannon keksimistä kaikki kasvien tarvitsema typpi oli – suoraan tai epäsuorasti – peräisin mikrobien biologisesta typensidonnasta. Maaperän mikrobistolla on keskeinen rooli myös typen kierron muissa vaiheissa kasvien typennoton tehostamisesta typen peltoympäristöstä karkaamisen estämiseen. Palkokasvien typensidontaa voidaan tehostaa tehokkaiden typensitojabakteerien valinnalla ja niiden siirrostamisella siemeniin.

Maaperän ominaisuuksien ja sääolosuhteiden tiedetään vaikuttavan maaperän typen saatavuuteen ja kasvien kykyyn hyödyntää tarjolla oleva typpi. Maaperän ominaisuudet ja kasvukunto määrittävät pitkälti myös pellolle soveltuvat viljelytekniikat ja käytettävät viljelypanokset.

Siten lannoitustarpeen määrittely paikkakohtaisesti on lähtökohta tuotantopanosten käytön tarkentamiseen. Täsmäviljelyssä selvitetään kasvuolosuhteiden vaihtelun laatu, suuruus ja tarkka sijainti ja määritellään peltoon vyöhykkeet siten että vaihtelua voidaan hallita tekniikan avulla. Täsmälannoituksella on raportoitu typen säästön vaihtelevan välillä 0–40 %. Mineraalilannoitteille vaihtoehtoisena typen lähteenä voidaan käyttää lantaa ja orgaanisperäisiä kierrätyslannoitteita. Myös maatalouden kasvubiomassoista ja yhdyskuntien ja teollisuuden sivuvirroista on mahdollista saada lisäravinteita kiertoon. Kotieläinten lannan ja orgaanisten lannoitevalmisteiden liukoinen typpi toimii hyvin nurmen ja viljan lannoitteena, etenkin kun typpihävikki saadaan minimoitua. Lietemäisten biomassojen kuljetuksessa keskeisenä haasteena on korkea vesipitoisuus ja typen haihtuminen varastoinnin, siirtojen ja levityksen aikana.

Synteesiraporttiin [1], johon tämä tiivistelmä perustuu, on koottu uusin tutkimustieto biologisen typensidonnan hyödyntämisestä, kierrätyslannoitteiden käytöstä sekä täsmäviljelystä ja -lannoituksesta lannoitetypen tarpeen vähentämiseksi. Siinä myös kuvataan globaalin typen kaupan nykytilanne sekä typen tuotantomahdollisuudet Suomessa, ja esitetään tiekartta typpilannoiteteollisuutemme Venäjä-riippuvuuden purkamiseksi. Sen viimeisessä luvussa pohditaan typpilannoitteiden saatavuudessa esiintyvien haasteiden vaikutuksia huoltovarmuuteen ja nostetaan esiin keskeisiä tulevaisuuden tutkimustarpeita.

Kirjallisuus

[1] Vainio, E. (toim.) 2022. Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja. Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53: 1. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/551964>.

Ravinteiden kierrätyksen indikaattori – Biohajoavien sivu- ja jätevirtojen sisältämien ravinteiden palauttaminen kasvintuotantoon

Indicator for agricultural nutrient recycling

Johanna Laakso¹, Elina Tampio¹ & Sari Luostarinen¹

¹ Biojalostusteknologiat ja tuotteet, Tuotantojärjestelmät, Luonnonvarakeskus (Luke)

Johdanto

Maatalouden ravinteiden kierrätyksessä tavoitteena on maatalouden, teollisuuden sekä yhdyskuntien biohajoavien sivu- ja jätevirtojen sisältämien ravinteiden, erityisesti typen ja fosforin, palauttaminen kasvintuotantoon. Ravinteiden kierrätykseen linkittyy läheisesti myös biomassan sisältämän orgaanisen aineksen kierto. Kierrätyksellä pyritään edistämään – ympäristönsuojelutavoitteiden rinnalla – maataloustuotannon huoltovarmuutta ja ruoantuotannon omavaraisuutta.

Ravinteiden kierrätyksen indikaattori on toteutettu ensimmäisen kerran maa- ja metsätalousministeriön rahoittamana (Ravinteiden kierrätyksen tilastointi ja seuranta) vuonna 2022. Indikaattori kuvaa ravinnekierrätyksen potentiaalin ja sen tämänhetkisen tilanteen erilaisissa biomassoissa. Indikaattori tarkastelee biomassojen määrää sekä niiden sisältämän orgaanisen aineksen, typen ja fosforin kokonaismäärää alueellisesti.

Aineisto ja menetelmät

Indikaattorin tausta-aineisto nojaa vahvasti Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) yhteistyössä aiemmin toteuttamiin työkaluihin, Biomassa-atlakseen[1] ja Ravinlaskuriin[2]. Biomassojen prosessoinnin nykytila perustuu toimijoilta saatuihin tietoihin (mm. Ruokaviraston ylläpitämä valvontarekisteri) sekä asiantuntija-arvioihin. Indikaattorissa voidaan tarkastella seuraavia ravinnerikkaita biomassoja:

- Kotieläintuotannon lanta.
 - Naudan lanta. Koostuu naudan liete- ja kuivalannasta sekä virtsasta.
 - Sian lanta. Koostuu sian liete- ja kuivalannasta sekä virtsasta.
 - Siipikarjan lanta. Sisältää munivien kanojen sekä muun siipikarjan lannan.
 - Hevosten ja ponien lanta.
 - Lampaiden ja vuohien lanta.
 - Turkiseläinten lanta.
- Yhdyskuntien puhdistamoliete. Asukaskohtaiseen kertoimeen ja asukaslukuun perustuva raakalietteen määrä ennen tiivistämistä (kuiva-ainepitoisuus 3,2 %).
- Yhdyskuntien biojäte. Erilliskerätty biojäte asukaskohtaisen kertoimen avulla laskettuna.
- Teollisuuden ravinnepitoiset sivuvirrat. Koostuu erilaisista ruokateollisuuden sivuvirta- ja jätebiomassoista (sis. eläinperäiset sivuvirrat ja lietteet, kasvijätteet, meijeri- ja maitojätteet, juomien valmistuksen jätteet, leipomojätteet, rasvajätteet).

Tulokset ja tarkastelu

Indikaattori kuvaa ravinnekierrätyksen kolmea eri osa-aluetta: 1) Alueellinen ravinnekierrätyksen potentiaali, jota voidaan tarkastella biomassoitain ja ELY-alueittain. Valittavia muuttujia ovat biomassojen kokonaismäärä, orgaanisen aineksen sekä typen ja fosforin kokonaismäärä. 2) Biomassojen prosessointi ja kierrätys maatalouden käyttöön. Biomassojen prosessoinnilla pyritään energian ja ravinteiden tarkempaan talteenottoon. Biomassojen prosessointia ja päätymistä joko maatalous- tai muuhun käyttöön on visualisoitu vuokaavioiden avulla. 3) Kierrätyslannoitevalmisteiden (orgaaniset lannoitteet, maanparannusaineet) tuotanto alueellisesti. Biomassojen prosessointia lannoitevalmisteiksi pyritään edistämään ravinteiden väkevöinnin ja siten kuljetettavuuden parantamiseksi. Karttatarkastelussa esitetään kierrätyslannoitevalmistetta tuottavan laitosten sijaintikunta sekä tuotetun lannoitevalmisteen määrä, ravinnepitoisuudet ja orgaanisen aineksen pitoisuus.

Tavoitteena on tuottaa indikaattorista säännöllisesti päivitettävä ravinteiden kierrätyksen tilastoinnin ja seurannan työväline, jota voidaan hyödyntää hallinnon ja tutkimuksen aloilla kierrätyksen ohjaamisessa ja tavoitteiden seuraamisessa. Indikaattoria tullaan kehittämään erityisesti tiedonkeruussa tunnistettujen haasteiden osalta. Nykyisellään eri toimijoiden raportointikäytännöt ovat hyvin hajanaisia, eivätkä mahdollista biomassojen seuranta syntypaikaltaan loppukäyttöön. Tavoitteena on kehittää nykyisiä tilastointityökaluja ja -menetelmiä, jotta ne palvelisivat tehokkaammin ja laajemmin toimintaa ravinteiden kierrätyksen eri sektoreilla ja kokonaisuuden hallinnassa.

Ravinteiden kierrätyksen indikaattori julkaistaan Luken maataloustilastoissa joulukuussa 2022 (www-osoite saatavilla Maaperätieteen päivillä 2023).

Kirjallisuus

[1] Luonnonvarakeskus 2022. Biomassa-atlas -karttapalvelu, <https://projects.luke.fi/biomassa-atlas/>

[2] Luonnonvarakeskus, Suomen ympäristökeskus 2019. Ravinnelaskuri, alueellisen ravinnekierron suunnittelutyökalu, <https://www.luke.fi/fi/projektit/ravinnelaskuri>

Viljavuusfosfori laskee – heikentykö huoltavarmuus?

Will reduced P status in agricultural soils have effect on the security of supply?

Venla Jokela & Iina Haikarainen

Eurofins Viljavuuspalvelu, PL 500 50101 MIKKELI; etunimisukunimi@eurofins.fi

Johdanto

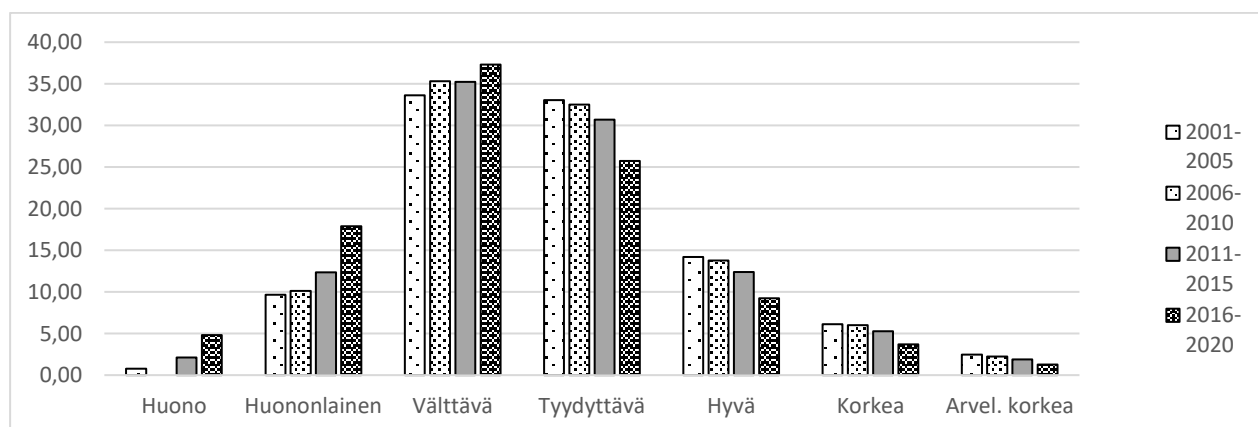
Fosfori on yksi kasvien tarvitsemista pääravinteista. Sen käyttöä lannoitteena rajoitetaan ympäristösitoumuksen perusteella riippuen maan viljavuustilanteesta. Viljavuusluokat on kehitetty aikoinaan laajojen viljelykokeiden perusteella huomioiden kasvien ravinnetarve. Eurofins Viljavuuspalvelu analysoi valtaosan Suomen viljavuusnäytteistä, ja aineistomme osoittaa, miten fosforin määrä on systemaattisesti vähentynyt viljelymaysmaissa vuosien kuluessa.

Aineisto ja menetelmät

Aineistona on (Eurofins) Viljavuuspalvelu Oy:n happamalla ammoniumasetaatilla [1] uutetun fosforin analyysidata neljältä viimeisimmältä viisivuotiskaudelta vuosilta 2001-2020. Vuosittainen näytemäärä on noin 100 000 kpl. Vertailuaineistona on Eurofins Agro Wageningen CaCl₂ -uuttoisesta [2] fosforista yhdeksän maan osalta vuodelta 2020, näytemäärän vaihteluväli on 57- 78950 kpl.

Tulokset ja tarkastelu

Fosforitulokset on luokiteltu seitsemään viljavuusluokkaan, ja niistä on nähtävissä selvä siirtymä matalampiin luokkiin (Kuva 1). Esimerkiksi toiseksi alin luokka 'huononlainen' on kasvanut ajanjaksosta 2001-2005 ajanjaksoon 2016-2020 yli 8 %-yksikköä, ja 'hyvä' laskenut 4,3 %-yksikköä samoilla tarkastelujaksoilla (Kuva 1). Tulosten perusteella peltomaamme köyhtyy fosforin osalta. Myös lantatilastot osoittavat, että lannan ravinnemäärät ovat stabiileja tai laskusuunnassa. Erityisesti tuotantoeläinten tarkentunut ruokinta on vähentänyt lantaan päätyviä ravinteita ja toisaalta myös rehujen kivennäisarvot ovat matalammat pellon heikomman ravinnetilanteen takia.



Kuva 1. Fosforin viljavuusluokkien jakauma (%) koko maassa ajanjaksoilla v.2001-2005, 2006-2010, 2011-2015, 2016-2020.

Eurofins Agro Wageningenin aineiston perusteella CaCl₂- uuttoisen fosforin määrä on Suomessa monia muita Euroopan valtioita matalampi (Taulukko 1). Korkeimmat pitoisuudet mitattiin Belgiassa, Hollannissa ja Saksassa. Suomessa lannoitteiden käyttö on kokonaisuudessaan vähäisempää verrattuna moniin muihin Euroopan maihin. Peltoalaltaan pienissä, mutta runsaasti karjaa omaavissa valtioissa, joudutaan lantaa jopa kuljettamaan ulkomaille, koska maat ovat valmiiksi fosforilla kyllästettyjä. Ympäristösitoumuksissa on myös eroja valtioiden välillä mm. siinä miten lannoitteita voidaan kohdentaa eri lohkoille.

Taulukko 1. CaCl₂- uuttoisen fosforin määrä eräissä Euroopan maissa 2020, Eurofins Agro Wageningen.

Maa	P (CaCl ₂) mg/kg , mean ± st error	n
Belgia	4,39 ± 0,12	2543
Hollanti	3,18 ± 0,02	78950
Norja	1,86 ± 0,19	167
Ranska	1,64 ± 0,18	72
Ruotsi	2,64 ± 0,36	57
Saksa	2,93 ± 0,12	1023
Suomi	1,42 ± 0,04	271
Tanska	2,58 ± 1,00	38
Unkari	0,91 ± 0,19	78

Vielä 1970-80- luvuilla lannoitteita käytettiin Suomessakin runsaammin, esimerkiksi sokerijuurikkaan viljelyssä, ja osittain tämä voi edelleen näkyä viljavuustutkimuksissa voimakkaasti lannoitetuilla lohkoilla. Uudet lajikkeet, jotka on kehitetty pidempää kasvukautta varten, ovat satoisia ja vaativat korkeampia lannoitusmääriä, kun mitä nykyinen ympäristökorvausjärjestelmä Suomessa sallii. Toisaalta voidaan kyseenalaistaa kuinka hyvin 1940- luvulla luodut viljavuusluokat vastaavat nykylajikkeiden- ja olosuhteiden vaatimuksia? Luokkia päivitettiin 1990- luvulla, mutta niiden ajantasalle saattaminen vaatisi uudelleenarviointia. Fosforin maaperäkemian tuntemus ja sienijuurisynteesien hyödyntäminen ovat esimerkkejä huomionarvoisista tekijöistä. Olennaisinta olisi löytää oikea tasapaino maan viljelykunnossapidämisen ja ympäristönäkökulmien huomioimisen välillä.

Kirjallisuus

[1] Vuorinen, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63. 44 s.

[2] Houba, V. J. G., Novozamsky, I., Lexmond, T. M. & Van der Lee, J. J. 1990. Applicability of 0.01 M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 21. 2281-2290.

Metsäperäiset maanparannusaineet edistävät kestäväää maataloutta monipuolistamalla mikroyhteisöjä

Forest-derived organic amendments promote sustainable agriculture through diversification of soil microbiomes

Krista Peltoniemi¹, Sannakajsa Velmala¹, Hannu Fritze¹, Tuula Jyske², Saija Rasi³ ja Taina Pennanen¹

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Luonnonvarat, Maaperäekosysteemit, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

² Luonnonvarakeskus (Luke), Tuotantojärjestelmät, Bioraaka-aineiden rakenne ja ominaisuudet, Viikinkaari 9, 00790 Helsinki

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Tuotantojärjestelmät, Biojalostusteknologiat ja tuotteet, Survontie 9A, 40500 Jyväskylä

Johdanto

Maatalousmaiden hiilivarastojen on raportoitu vähentyneen maailmanlaajuisesti. Suomen peltomaiden hiilestä on hävinnyt vuosikymmenen aikana 31 %, joka on vuositasolla noin 0.4 % [1]. Pitkään jatkunut peltomaiden kunnan heikentyminen voi johtaa lopulta satotasojen vähenemiseen ja tautien lisääntymiseen [2]. Metsien raivaaminen pelloiksi on aiheuttanut myös maanperän tärkeiden mikrobien, erityisesti sienten vähenemistä. Tämä voi olla merkittävää hiilivarastojen kannalta, koska jopa puolet maaperän pysyvästä hiilestä on peräisin mikrobien kuolleesta biomassasta [3]. Maaperän mikrobien, erityisesti sienten, on havaittu liittyvän vahvasti maaperän lisääntyneeseen hiilensitomiskykyyn, kun peltoja on kunnostettu [4]. Metsäkarikkeen levittämisen jälkeen mikrobien monimuotoisuus pelloilla lisääntyi ja kasvitautitartuntojen määrä väheni [5]. Näin ollen metsä- ja puuperäisten eloperäisten materiaalien käyttö maanparannusaineina voisi mikrobien monipuolistumisen kautta edistää peltojen ja kasvien terveyttä, vähentää ravinteiden ja hiilen huuhtoutumista ja parantaa yleisesti kasvien kasvuolosuhteita. Maanparanteiksi soveltuvia biomassajakeita, kuten havupuun kuorta syntyy valtavia määriä metsäteollisuuden sivutuotteina. Niiden käyttö maanparannusaineina vähentää ulkoisten tuotantopanosten käyttöä ja lisää yleistä ruuantuotannon huoltovarmuutta ja edistää kiertotaloutta.

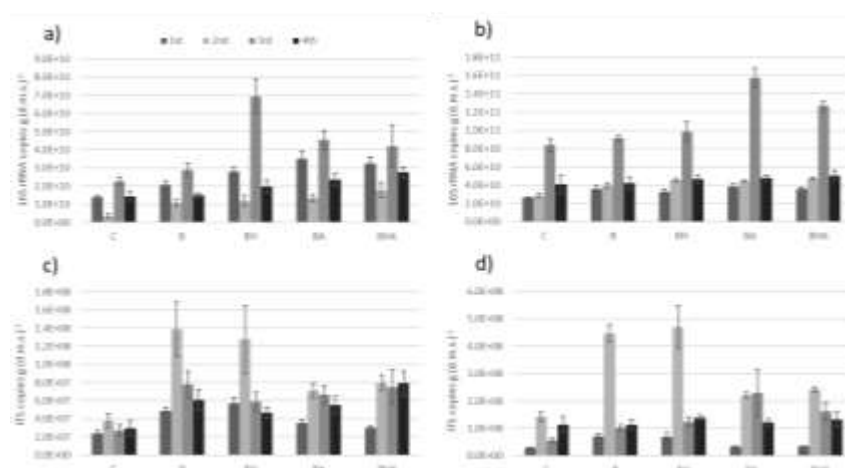
Aineisto ja menetelmät

Tutkimme murskatun havupuukuoren, ja siitä prosessoitujen materiaalien vaikutuksia peltomaan mikrobien määriin ja yhteisöihin. Laboratoriokoe jäljitteli puolentoista vuoden kasvuolosuhteita ohraa (*Hordeum vulgare* L.) kasvavissa savi- ja hietavaltaisissa peltomaissa. Kasvatusastioissa peltomaan pintaan sekoitettiin neljää erilaista orgaanista materiaalia: 1) murskattua havupuun kuorta, 2) uuttoprosessiin ohjatun kuorirouheen uuttojäännöstä 3) biokaasuprosessin mädätettä, jossa raaka-aineena on käytetty kuorirouhetta, ja 4) biokaasuprosessin mädätettä, jossa raaka-aineena on käytetty kuorirouheen uuttojäännöstä. Biokaasuprosessin ymppinä käytettiin lantaa käsittelevän biokaasulaitoksen mädätettä. Näytteet DNA eristykseen otettiin neljänä ajankohtana, jotka jäljittelivät pellon vuodenaikoja: 1. ensimmäisenä talvena, 2. keväällä ennen kylvöä, 3. sadonkorjuun jälkeen ja 4. paljaasta maasta seuraavana talvena. Bakteerien ja sienten määriä tutkittiin ribosomaalisten ja ribosomien välisten geenimarkkerialueiden (16SrRNA ja ITS2) avulla suoraan kvantitatiivisella PCR:lla kaikkina neljänä ajankohtana otetuista näytteistä. Lisäksi yhteisöjä tutkittiin tarkemmin 3. ja 4. näytteenottoajankohdan näytteistä monistettujen markkerialueiden syväsekvensoinnilla (Illumina MiSeq). Sekvenssiaineistoa tutkittiin mm.

monimuuttujamenetelmin ja vertailemalla mikrobisekvenssien toisistaan poikkeavia määriä käsittelyjen välillä (englanniksi differential abundance).

Tulokset ja tarkastelu

Mikrobien geenikopiomäärät olivat suuremmat savimaissa kuin hietamaissa (Kuva 1). Kaikki materiaalit paitsi murskattu kuorirouhe lisäsivät bakteerien geenikopioita molemmissa maatyypeissä. Kaikki materiaalit hietamaassa, mutta savimaassa vain murskattu kuorirouhe ja kuorirouheen uuttojäännös, lisäsivät sienten geenikopiomääriä. Maatyypin, eloperäisen materiaalin ja näytteenottoaika vaikuttivat sekä bakteeri- että sieniyhteisön koostumukseen. Pitkälle prosessoitu biokaasuprosessin läpikäynyt materiaali näytti muokkaavan voimakkaasti peltomaan bakteeriyhteisöjä. Sen sijaan murskattu kuorirouhe tai uuttojäännös erityisesti savimaassa vaikuttivat enemmän sieniyhteisöihin. Erot voivat johtua käsittelyistä, jotka hävittävät kuoren alkuperäisen mikrobiston, muuttavat kuoren helpommin hajotettavaksi ja siitä, että karjanlannasta peräisin olevat aineet ovat suotuisia bakteerien kasvulle. Kokeessa havaittiin monia mikrobiryhmiä, joilla on hyödyllisiä vaikutuksia kasveihin ja maaperään, kuten symbioottiset keräjuurisienet tai typensitojabakteerit. Koska tutkimuksemme oli melko lyhytaikainen, tarvitaan kenttätutkimuksia havaintojen varmistamiseksi, jotta voidaan arvioida metsäteollisuuden sivuvirtojen käytön pitkäaikaisia vaikutuksia. Tutkimuksemme tarjoaa uutta tietoa peltojen kestäväen käytön vahvistamiseksi hyödyntämällä eloperäisiä sivuvirtapohjaisia maanparannusaineita.



Kuva 1. Bakteerien 16S rRNA geenikopiomäärät a) savi- ja b) hietamaassa, ja sienten ITS kopiomäärät c) savi- ja d) hietamaassa maan kuivapainoa kohti neljänä ajankohtana: 1st (talvi, 0°C), 2nd (kevät ennen kylvöä, 5°C), 3rd (syksy sadonkorjuun jälkeen, 15°C), 4th (seuraava talvi, 0°C). C, kontrolli; B, murskattu kuorirouhe; BH, kuoren uuttojäännös; BA, biokaasuprosessin mädäte ja kuorirouhe, BHA, biokaasuprosessin mädäte ja uuttojäännös

Kirjallisuus

- [1] Heikkinen, J., Keskinen, R., Kostensalo, J. and Nuutinen, V. 2022. Climate change induces carbon loss of arable mineral soils in boreal conditions. *Global Change Biology* 28: 3960-3973.
- [2] Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304: 1623-1627.
- [3] Liang, C., Schimel, J. and Jastrow J. 2017. The importance of anabolism in microbial control over soil carbon storage. *Nature Microbiology* 2: 17105.
- [4] Morriën E, et al. 2017. Soil networks become more connected and take up more carbon as nature restoration progresses. *Nature Communications* 8: 1-10.
- [5] Ridout, M. and Newcombe, G. 2016. Disease suppression in winter wheat from novel symbiosis with forest fungi. *Fungal Ecology* 20: 40-48.

Voidaanko biohiilen käytöllä vähentää peltomaiden typpipäästöjä?

Can we reduce nitrogen losses from agricultural soils by using biochar?

Kenneth Peltokangas^{1,2}, Nelli Pitkänen¹, Liisa Kulmala², Subin Kalu^{1,4}, Jussi Heinonsalo^{3,4}, Kristiina Karhu⁴, Mari Pihlatie^{1,5}

¹ Maataloustieteiden osasto, Viikinkaari 9, PL 56, FI-00014 Helsingin yliopisto

² Ilmatieteen laitos, Erik Palménin aukio 1, PL 503, 00101 Helsinki

³ Mikrobiologian osasto, Latokartanonkaari 7, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

⁴ Metsätieteiden osasto, Latokartanonkaari 7, PL 27, 00014 Helsingin yliopisto

⁵ Ilmakehätieteiden keskus (INAR), Maataloustieteet, Helsingin yliopisto

Biohiili typpitappioiden hillitsemisessä

Kasvit tarvitsevat runsaasti typpeä kasvaakseen ja tämän takia tavanomainen peltoviljely hyödyntää vuosittain noin 140 000–150 000 tonnia epäorgaanisia lannoitevalmisteita (mineraalilannoitteet) ja noin 70 000 tonnia tuotantoeläinten lantaa [1]. Runsas lannoittaminen lisää kuitenkin ympäristöpäästöjen riskiä, jolloin lannoitevalmisteiden sisältämä kasveille tarkoitettu typpi voi huuhtoutua vesistöihin, tai osa siitä voidaan menettää kaasumaisina typen yhdisteinä (esim. typpioksiduulina) ilmakehään.

Maahan lisätyn biohiilen on todettu vähentävän sekä nitraattitypen huuhtoutumista että peltomaiden typpioksiduulin tuotantoa. Havainnot ovat kuitenkin olleet ristiriitaisia ja niiden taustalla vaikuttavat mekanismit ovat yhä osin tuntemattomia. Tämä esitys kokoaa yhteen kolmen Suomessa toteutetun biohiilikokeen tuloksia ja arvioi niiden perusteella biohiilen mahdollisuuksia vähentää nitraattitypen huuhtoutumista ja typpioksiduulipäästöjä.

Tulosten perusteella tutkituilla biohiilillä oli kyky pidättää nitraattia ja estää sen huuhtoutuminen [2]. Pidättymisen ei havaittu estävän kasvien typenottoa, ja pidättynyt typpi vaikutti olevan kasveille käyttökelpoista. Kentäkokeissa havaittiin, että biohiilen pidättämä typpi ei lisännyt typpioksiduulin tuottoa [3], kun taas laboratoriokokeissa biohiilien todettiin vähentävän maahan kohdistuvien häiriöiden aiheuttamia typpioksiduulipäästöjä, erityisesti märissä olosuhteissa. Sen sijaan kasveille suotuisissa olosuhteissa biohiilen vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin voi olla vähäistä. Tämä tarkoittaa, että hyvinä vuosina biohiilen käytöllä ei ole välttämättä suurta vaikutusta typpitappioihin, mutta riskivuosien typpitappioita biohiili voi vähentää merkittävästi.

Kirjallisuus

[1] Vainio, E. (toim.). 2022. Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 68 s.

[2] Kalu, S., Kulmala, L., Zrim, J., Peltokangas, K., Tammeorg, P., Rasa, K., Kitzler, B., Pihlatie, M. and Karhu, K., 2022. Potential of biochar to reduce greenhouse gas emissions and increase nitrogen use efficiency in boreal arable soils in the long-term. *Frontiers in Environmental Science*. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.914766>

[3] Kulmala, L., Peltokangas, K., Heinonsalo, J., Pihlatie, M., Laurila, T., Liski, J. and Lohila, A., 2022. Effects of biochar and ligneous soil amendments on greenhouse gas exchange during extremely dry growing season in a Finnish cropland. *Frontiers in sustainable food systems*, p.414. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.951518>

Biolaitoksen typenpoistossa syntyvän ammoniakkiliuoksen potentiaali typpilannoitteena Suomessa

The potential of the ammonia solution produced in the nitrogen removal of the bio-plant as a nitrogen fertilizer in Finland

Petri Kapuinen

Luonnonvarakeskus, Itäinen Pitkätatu 4, 20520 Turku, petri.kapuinen@luke.fi

NH₃-liuosta on käytetty laajalti entisen Neuvostoliiton alueella typpilannoitukseen varta vasten valmistettuna [1-3] Yhdysvalloissa NH₃ käytetään lannoitteena pääasiassa vedettömänä. Kierrätysammoniakkiliuosta voi syntyä esim. biolaitoksilla typenpoiston sivutuotteina. Suomessa toistaiseksi ainoa biolaitos, joka tuottaa noin 15 %:ista NH₃-liuosta (123 kg N m⁻³), on Gasum Oy:n laitos Turun Topinojalla (<https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasulaitokset/turun-biokaasulaitos/>). Vuotuisen tuotannon määrä on noin 5000 m³. Laitoksen käsittelykapasiteetti on 130 000 t a⁻¹. Syksyllä 2022 kontillisen (1000 l) sisältävän typen arvo typpilannoitteista laskettuna oli jo noin 370 € (alv 0 %), mikä on ollut omiaan lisäämään kiinnostusta tällaisten materiaalien lannoitekäyttöön sen jälkeen, kun typpilannoitteiden hinnat lähtivät jyrkkään nousuun heinäkuun alussa 2021. Elokuussa 2016 typpikilon hinta oli 0,73 € kg⁻¹ [4-5], jolloin sen arvo olisi ollut vain noin 90 € (alv 0 %). NH₃-liuosen tuotantoprosessista kerrotaan Nesteravinne-hankkeen Nesteravinnepäivien videolla (<https://www.luke.fi/fi/projektit/nesteravinne>; Luke nesteravinnepäivä 27.3.2018) ja siihen liittyvässä PowerPoint-esityksessä (<https://www.luke.fi/fi/projektit/nesteravinne>; Biokaasulaitoksilla syntyvät kierrätyslannoitteet tulevaisuudessa).

Laitoksessa käsitellään käytännössä koko Turun seutukunnan (https://fi.wikipedia.org/wiki/Turun_seutukunta, <https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/toiminta>) (337 000 asukasta) jätevesilietteet, jotka tulevat sinne Turun seudun puhdistamo Oy:n kalliopuhdistamolta Turun Kakolanmäeltä (<https://www.turunseudunpuhdistamo.fi/>), joten kovin montaa tämän kokoluokan laitosta ei Suomeen mahdu. Kevätvehnän typpilannoitus on tyypillisesti 120 kg ha⁻¹, joten periaatteessa kontillinen riittää yhtä monelle hehtaarille, jos sen satovaste on yhtä hyvä kuin rakeisen mineraalilannoitteen. Tuotetun typen määrä suhteessa Suomessa käytettävään typpilannoitukseen 230 000 t a⁻¹ on vähäinen [6]. Lisäksi sille on olemassa teollisia käyttötarkoituksia mm. savukaasujen puhdistuksessa [7], ja tuotanto meneekin nykyisin pääosin teollisiin tarkoituksiin.

NH₃-liuosta (> 10 %) luetaan vaarallisiin aineisiin, ja sen kuljetukseen tarvitaan ADR-luvat ja -ajoneuvot [8]. Sitä voidaan kuitenkin vapaarajan, 1000 l, puitteissa ja traktorilla kuljettaa enintään 40 km h⁻¹ ilman näitä suurempiakin määriä muutoinkin [9]. Koska yksittäisen biolaitoksen tuotanto riittää vain hyvin rajallisen peltoalueen lannoitukseen, traktorikuljetus on realistinen vaihtoehto. NH₃-liuosta suurin vaarallisuus on sinä, että se salpaa hengityksen hengitettynä suurina pitoisuuksina, jolloin sen kanssa työskentely on vaarallista suljetuissa tiloissa astioiden rikkoontumisriskin takia. Lisäksi se syövyttää voimakkaasti ei-rautametalleja, kuten kuparia, sinkkiä ja niiden lejeerinkiä messinkiä. Levityslaitteet, joiden rakenteissa on näitä metalleja, rikkoontuvat. Niinpä ne pitäisi olla erikseen tätä tarkoitusta varten tehtyjä. Maatiloilla yleisesti käytettävistä koneista sen levitykseen soveltuu lähinnä kasvinsuojeluruisku lannoitesuuttimilla varustettuna. Korkean NH₃- pitoisuuden ja pH:n takia se kuitenkin haihtuu helposti ilmaan varsinkin, jos se ei pääse nopeasti imeytymään pellon pintaan. Tätä voidaan edistää esimerkiksi taustaestämällä pelto ennen levitystä. NH₃- typen saatavuus kasveille on hidas, koska sen on käytännössä ensi nitrifioitettava, mikä ottaa aikaa maassa noin 2 viikkoa eikä hajalevitys ja multaus kuivuvaan maan pintakerrokseen edistä typen saatavuutta. Käyttö kylvölannoituksen yhteydessä vaatii erikseen tätä tarkoitusta varten suunnitellun

nestelannoitusjärjestelmän, koska käyttömäärä on suuri suhteessa yleisesti käytettyjen nestemäisten lannoitteiden levitysmäärään nähden. Pelkän NH₃-liuoksen erillinen levitys aiheuttaa ylimääräisen ajokerran, mikä heikentää sen käytön taloutta. Jos kyseisellä pellolla käytetään lietalantaa tai vastaavaa, sen terästämisen NH₃-liuoksella on mahdollista. Tällä voidaan potentiaalisesti vähentää levitysmäärää, jolloin nykyisten matalaan sijoittavien sijoituslaitteiden peittävyys paranee ja NH₃- tappiot voivat vähentyä. Levitystasaisuus NH₃-liuoksen osalta on tällöin kuitenkin selvästi huonompi kuin erikseen levitettäessä.

Nykyisen lannoitevalmisteasetuksen [10] puitteissa NH₃-liuos ei kelpaa lannoitevalmisteeksi, koska sille ei ole sopivaa tyyppinimeä [11] eikä sitä ole REACH-rekisteröity lannoitteeksi. Sen ominaisuudet paranevat merkittävästi, kun se hapotetaan. Hapotukseen kannattaa kasvinravitsemuksen kannalta käyttää rikkihappoa sen verran, että typen ja rikin suhde vastaa kasvien käyttöä ja peltolannoitteissa käytettävää. Loppuhapetus pH 6:een kannattaa tehdä typpihapolla, jolloin saadaan nestemäinen rikillä terästetty ammoniumnitraattilannoite, joka on näppärä levittää kasvinuojeluruiskulla nurmille. Tästä ei muodostu ylimääräistä ajokertaa, koska samalla ei kylvetä kuitenkaan. Levitystasaisuudesta tulee epämääräisillä pienillä lohkoilla huomattavasti parempi kuin keskipakoislevittimillä tehtävästä levityksestä, jos ruisku on varustettu lohkoautomaatiikalla. Matalan pH:n takia NH₃-tappiot jäävät vähäisiksi. Hapotettu NH₃-liuos sopii nykyisessä lannoitevalmistelainsäädännössä tyyppinimeen Typpilannoite (1A1, 1), koska sen typpi on ammoniumsulfaattia ja -nitraattia [11].

Kirjallisuus

- [1] Пропозиція 2017. Аммиачная вода — надежный источник азота для зерновых культур. Saatavilla: <https://propozitsiya-com.translate.goog/ru/amiachna-voda-nadiyne-dzherelo-azotu-dlya-zernovyh-kultur? x tr sl=ru& x tr tl=fi& x tr hl=fi& x tr pto=op.sc>. [Viitattu 3.11.2022]
- [2] AgroPravda. 2020. Как применять аммиачную воду в сельском хозяйстве. Saatavilla: <https://agropravda-com.translate.goog/news/chimiya-dla-pochvy/13705-kak-primenjat-ammiachnuju-vodu-v-selskom-hozjajstve? x tr sl=ru& x tr tl=fi& x tr hl=fi& x tr pto=op.sc> [Viitattu 3.11.2022]
- [3] Зелений Материк. 2012. Аммиачна вода (Аммиак водный технический) N-20,5%. Saatavilla: https://1-zm--ukraine-com-ua.translate.goog/content/ammiachnaya_voda.htm? x tr enc=1& x tr sl=ru& x tr tl=fi& x tr hl=fi& x tr pto=op.sc [Viitattu 3.11.2022]
- [4] MT 2016. Maaseudun Tulevaisuus 22.8.2016. Lannoitteiden hinnat. s. 7.
- [5] Kapuinen, P. 2016. Nestemäisen kierrätysammoniumsulfaatin maatalouskäyttö. *Maaperä kiertotalouden perustana*. Maaperätieteen Päivät 2017. Suomen Maaperätieteiden Seura ja Helsingin yliopiston Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos. ProTerra 71: 29 – 30. Saatavilla: http://www.maapera.fi/sites/maapera.fi/files/Pro_Terra_71_2017.pdf [Viitattu 3.11.2022]
- [6] Vainio, E. (toim.) 2022. Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja. Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53: 1 – 68. Saatavilla: <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/551964>. [Viitattu 3.11.2022]
- [7] Javarus, S. 2016. Savukaasupesurin lämpövirrat ja hukkalämmön talteenotto. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. 51 s. Saatavilla: <https://www.theseus.fi/handle/10024/114037>. [Viitattu 3.11.2022]
- [8] Eduskunta 1994. Laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta. Annettu Helsingissä 2.8.1994
- [9] Traficom. 2021. Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä. TRAFICOM/443227/03.04.03.00/2020. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/454001/47058>. [Viitattu 3.11.2022]
- [10] MMM 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista. Annettu Helsingissä 1. syyskuuta 2011. <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/400001/37638>. [Viitattu 3.11.2022]
- [11] Evisa 2019. Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/lannoiteala/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_22_11_2019.pdf. [Viitattu 3.11.2022]

Ammoniakkiliuoksen käyttö kevätvehnän typpilannoituksessa

The use of ammonia solution in the nitrogen fertilization of spring wheat

Petri Kapuinen

Luonnonvarakeskus, Itäinen Pitkätie 4, 20520 Turku, petri.kapuinen@luke.fi

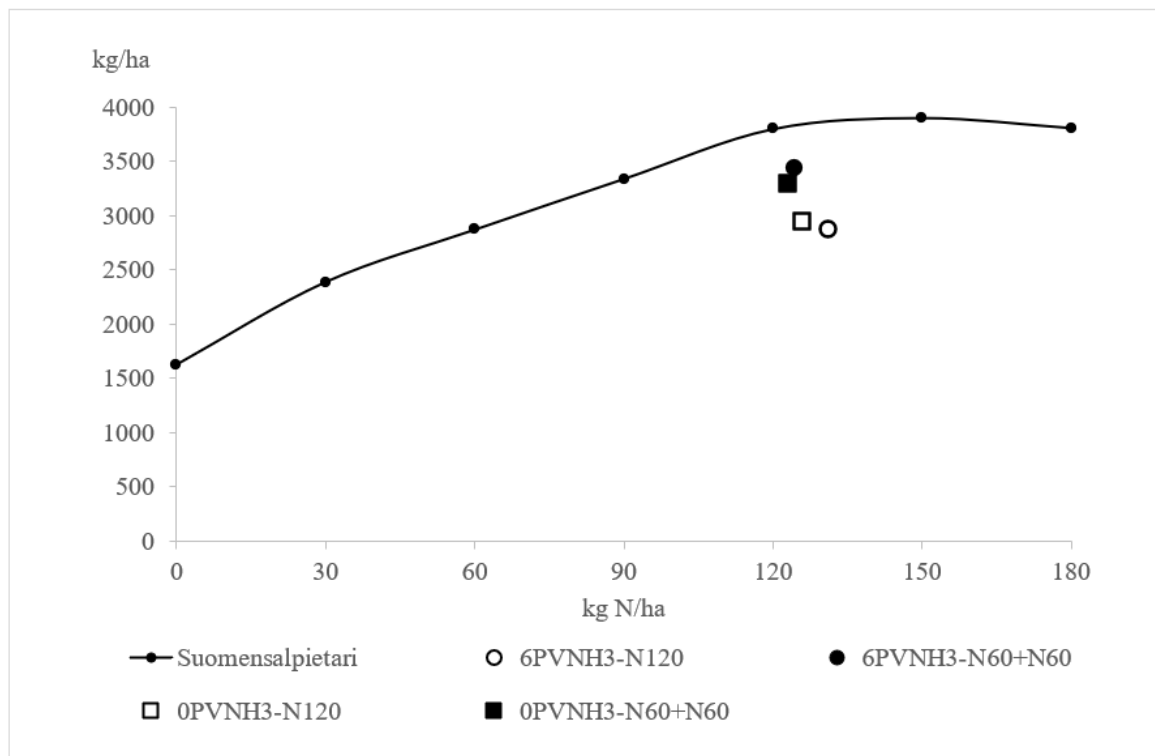
Ammoniumsulfaatin ohella ammoniakkiliuos on toinen sivutuotteista, joita Suomessa syntyy biolaitoksen typenpoiston yhteydessä. Toisin kuin ammoniumsulfaatin sen saattaminen markkinoille lannoitteena ei ole nykyisen lannoitevalmistelainsäädännön [1] puitteissa sallittua tyyppinimen [2] puuttumisen takia, mutta tilanne saattaa muuttua meneillään olevan lannoitevalmistelainsäädännön muutoksen yhteydessä. Sitä ei myöskään ole REACH-rekisteröity lannoitekäyttöön. Sille on kuitenkin lukuisia teollisia käyttötarkoituksia, mutta joissakin tilanteissa teolliset markkinat eivät välttämättä vedä koko tuotantoa. Kun laitoksella ei ole mahdollisuuksia NH₃-liuoksen pitkäaikaiseen varastointiin ja varastojen täyttyminen estäisi toiminnan jatkamisen, oli tarpeellista löytää muutakin käyttöä, kuten esimerkiksi maataloudessa typpilannoitteena. Niinpä NH₃-liuoksen käyttöä typpilannoitteena tutkittiin vuosina 2019-2022 kevätvehnällä kenttäkokeissa Kaarinan Yltöisissä osana Nesteravinne ja PlasmaN-hankkeita.

Kolme ensimmäistä kasvukautta olivat kenttäkokeille haasteellisia. Keskeisenä ongelmana oli se, että lannoitteen sijoittaminen suorakylvökoneella samaan vakoon siemenen kanssa häiritsi oleellisesti orastumista typpitason ylittäessä 60 kg ha⁻¹, mikä oleellisesti vaikeutti tulosten tulkintaa tavoitetyppitason ollessa kevätvehnälle tyypillinen 120 kg N ha⁻¹. Tämän ja sen takia, että Venäjällä ja Ukrainassa NH₃-liuosta on käytetty laajasti vastaavalla tavalla, vuonna 2022 päädyttiin tutkimaan NH₃-liuoksen sijoittamista erikseen ja käyttämään perinteistä kylvötapaa. Kasvukaudella 2022, jonka tuloksia tässä käsitellään, myös olosuhteet ja satotasot olivat selvästi normaalimmat kuin kasvukausina 2020 ja 2021.

Vuonna 2022 NH₃-liuos sijoitettiin noin 12 cm:n syvyyteen 6 päivää ennen kylvöä joko ainoana typenlähteenä tai puolena typpiannosta toisen puolen 120 kg N ha⁻¹ annoksesta tullessa rakeisesta mineraalilannoitteesta (Suomensalpietari NPKS 27-0-1-4), joka sijoitettiin kylvön yhteydessä kylvölannoittimella (Tume KL 250) (Kuva 1). Vastaavasti NH₃-liuosta sijoitettiin kylvöpäivänä erikseen samaisina vaihtoehtoina. 6 päivää ennen kylvöä tehdyllä sijoituksella pyrittiin siihen, että NH₃ olisi ehtinyt nitrifioitua jossain määrin kylvöön mennessä. Käsittelyillä, joissa puolet tyyppistä sijoitettiin kylvön yhteydessä rakeisena mineraalilannoitteena, selvitettiin, voitaisiinko tällä menettelyllä parantaa typen saantia kasvukauden alussa NH₃-liuoksen typen vaikutuksen ollessa melko hidas. Sen satovastetta verrattiin rakeisen lannoitteen vastaavaan. Rakeisella typpilannoitteella toteutetuissa typpiportaissa typpitasot olivat 0, 30, 60, 90, 120, 150 tai 180 kg ha⁻¹. Koekasvina käytettiin Helmi-kevätvehnää perinteisellä tavalla kylvettynä.

NH₃-liuoksen satovaste oli kaikissa käytetyissä vaihtoehtoisissa noin 50 % (Kuva 1). Syinä huonoon satovasteseen saattoi olla NH₃-tappiot ilmaan tai erillisestä suhteelliseen syvään tehdystä sijoituksesta johtuva huono saatavuus. Koska vaihtoehdot, joissa puolet tyyppistä sijoitettiin kylvön yhteydessä rakeisena mineraalilannoitteena, eivät tuottaneet parempaa satovastetta, on todennäköisempää, että kyse oli NH₃-tappiosta ilmaan. Käytetty sijoitusmenetelmä ei ilmeisesti ollut riittävän hyvä NH₃-tappion tehokkaaseen vähentämiseen. Yleensä osan tyyppistä antaminen rakeisena mineraalilannoitteena parantaa lähinnä ammoniumtyyppiä sisältävien kierrätyslannoitevalmisteiden typen satovastetta, mutta tässä kokeessa ei niin käynyt. On mahdollista, että tavoitetyppitason mukainen satotaso voitaisiin saavuttaa NH₃-liuoksella kaksinkertaistamalla annos, mutta ratkaisu ei olisi ympäristön kannalta kestävä.

6 päivää ennen kylvöä tehty sijoitus ei parantanut satoa. Voi olla, että se ei ollut riittävä aika oleellisen nitrifikaation kannalta. Suomen olosuhteissa NH_3 -liuosta ei kuitenkaan voida sijoittaa huomattavasti ennen kylvöä, koska huomattavasti ennen optimaalista kylvöaikaa maa on liian märkää sijoittamiseen ja kylvön lykkääminen johtaisi osan kasvukautta menetykseen ja sadon alennukseen. Myös orastuminen todennäköisesti vaarantuisi peltojen liiallisen kuivumisen takia.



Kuva 1. Helmi-kevävehnän normisato (RH 14 %) vuonna 2022. 6PVNH-N120 = NH_3 -liuos (120 kg N ha^{-1}) sijoitettu 6 pv ennen kylvöä, 6PVNH-N60+N60 = NH_3 -liuos (60 kg N ha^{-1}) sijoitettu 6 pv ennen kylvöä ja kylvön yhteydessä 60 kg N ha^{-1} rakeisena mineraalilannoitteena, 0PVNH-N120 = NH_3 -liuos (120 kg N ha^{-1}) sijoitettu kylvöpäivänä ennen kylvöä, 0PVNH-N60+N60 = NH_3 -liuos (60 kg N ha^{-1}) sijoitettu kylvöpäivänä ennen kylvöä ja kylvön yhteydessä 60 kg N ha^{-1} rakeisena mineraalilannoitteena.

Kokonaisuutena hapottamattoman NH_3 -liuoksen käyttö lannoitteena ei vaikuta kovin tarkoituksenmukaiselta orastumista haittaavien vaikutusten, sen huonon satovasteen ja levitykseen liittyvien teknisten ongelmien takia. Näyttäisi siltä, että melko syvällekin sijoitetusta NH_3 -liuoksesta syntyy huomattavia ammoniakkitappioita. Sitä ei myöskään ole tarkoituksenmukaista sijoittaa käytettyä sijoitussyvyyttä (noin 12 cm) syvemmälle, koska yleisesti viljellyt kasvit eivät pystyisi sitä hyödyntämään ja se lopulta huuhtoutuisi vesitöihin. Perustuen kasvukausien 2020 ja 2011 tuloksiin hapottamalla NH_3 -liuoksesta saisi selvästi paremmin käyttäytyvän nestemäisen lannoitteen, mutta valmistuskustannukset pienessä mittakaavassa muodostuvat helposti liian suuriksi.

Kirjallisuus

[1] MMMa 2011. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lannoitevalmisteista 24. Annettu Helsingissä 1. syyskuuta 2011. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/data/normit/37638/11024fi.pdf>. [Viitattu 17.11.2022]

[2] Evira 2019. Kansallisten lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo. https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/yritykset/lannoiteala/tiedostot/tyyppinimiluettelo_konsolidoitu_22_11_2019.pdf [Viitattu 17.11.2022]

Koko- ja tiheysfraktiointi maaperän hiilivarannon tarkastelussa

Size and density fractionation in studying soil carbon reserves

Riikka Keskinen¹, Johanna Nikama¹, Joel Kostensalo², Mari Rätty³, Kimmo Rasa¹, Helena Soinne⁴

Luonnonvarakeskus: ¹Tietotie 4, 31600 Jokioinen; ²Yliopistokatu 6B, 80100 Joensuu;
³Halolantie 31A; 71750 Maaninka; ⁴Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

Maaperän hiilen tutkimuksessa ollaan enenevässä määrin siirtymässä kokonaishiilipitoisuuden tarkastelusta eroteltujen fraktioiden havainnointiin. Fraktiointilla tavoitellaan toiminnallisesti ja/tai hiilen kierron kannalta toisistaan poikkeavien jakeiden eristämistä, jolloin päästään kiinni mekanismeihin ja mahdollistetaan hiilen pysyvyyden arviointi muuttuvissa olosuhteissa. Eri esiintymismuotojen tarkastelu voi myös tuoda tarkkuutta maan hiilen muutosten seurantaan, sillä kokonaispitoisuuksia käytettäessä muutosten pienuus suhteessa hiilivaraston kokoon ja paikalliseen vaihteluun tekee niiden todentamisesta hyvin haasteellista [1].

Menetelmällisesti valikoima on hiilen fraktiointin suhteen hyvin kirjava ja käytössä on sekä kemiallisia, fysikaalisia että näitä lähestymistapoja yhdistäviä menetelmiä [2]. Myös näennäisesti saman menetelmän sisällä voi yksityiskohdissa olla merkittävästi tuloksiin vaikuttavaa vaihtelua [3]. Tarkasteltaessa lähtökohtaisesti yksinkertaisia fysikaaliseen koko- ja tiheyserotteluun perustuvia menetelmiä, joilla pyritään erottelemaan vapaina partikkeleina esiintyvä hiili (*particulate organic carbon*, POC) ja mineraaliainekseen sitoutunut hiili (*mineral associated organic carbon*, MOC), keskeisiä valinnan paikkoja ovat maa-aineksen dispergointikäsitely, käytettävien seulojen määrä ja koko sekä mahdollisen tiheyserotteluliuksen tiheys. Myös terminologian käytössä on vaihtelua erityisesti puhuttaessa kevyestä (light fraction) tai POC-fraktiosta [4].

Tässä työssä kokoon ja tiheyteen perustuvaa hiilen fraktiointimenetelmää testattiin vertaamalla hiilivarantoa Jokioisten savimaalla [5] ja Maaningan karkealla kivennäismaalla maanparannuskuitua saaneissa koeruuduissa ja kuitulisättömissä kontrolliruuduissa. Esityksessä keskustellaan hiilen fysikaalisen fraktiointin menetelmäkentästä ja esitetään kuitukentiltä saadut tulokset.

Kirjallisuus

- [1] Heikkinen, J., Keskinen, R., Regina, K., Honkanen, H. and Nuutinen, V. 2021. Estimation of carbon stocks in boreal cropland soils – methodological considerations. *European Journal of Soil Science* 72: 934-945.
- [2] Popleau, C., et al. 2018. Isolating organic carbon fractions with varying turnover rates in temperate agricultural soils – A comprehensive method comparison. *Soil Biology and Biochemistry* 125: 10-26.
- [3] Cerli, C., Celi, L., Kalbitz, K., Guggenberger, G. and Kaiser, K. 2012. Separation of light and heavy organic matter fractions in soil – Testing for proper density cut-off and dispersion level. *Geoderma* 170: 403-416.
- [4] von Lützw, M., Kögel-Knabner, I., Ekschmitt, K., Flessa, H., Guggenberger, G., Matzner, E. and Marschner, B. 2007. SOM fractionation methods: Relevance to functional pools and to stabilization mechanisms. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 2183-2207.
- [5] Rasa, K., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Kaseva, J., Joona, J. and Uusitalo, R. 2021. Pulp and paper mill sludges decrease soil erodibility. *Journal of Environmental Quality* 50: 172-184.

Soil organic matter fractions to 70 cm depth after 24 years of differing management

Anna-Reetta Salonen^{1,2}, Helena Soinne³, Rachel Creamer¹, Riitta Lemola⁴, Oona Uhlgren², Niina Ruoho², Ron de Goede¹ and Jussi Heinonsalo⁵

¹ Soil Biology Group, Wageningen University & Research, The Netherlands

² Environmental Soil Science, University of Helsinki, Finland

³ Natural Resources Institute Finland (LUKE), Helsinki, Finland

⁴ Natural Resources Institute Finland (LUKE), Finland

⁵ Department of Forest Sciences, University of Helsinki, Finland

Background

Current agricultural management has depleted global carbon (C) stocks in soil organic matter (SOM) [1], and a continuing annual decrease of 0.4 % in the arable soil C stocks has been reported in Finland [3]. SOM loss threatens the viability of agriculture as it is essential in soil functions and crucial for ensuring sustainable agriculture [3]. Therefore, it is important to learn how agricultural management and soil properties affect SOM in different climates and soil depths.

Objectives

Objective 1: To quantify the effect of fertilization (organic vs mineral) on the total soil carbon stocks and the distribution of C across different SOM fractions, i.e., mineral associated- (MAOM) and particulate- (POM) organic matter in different soil depths in boreal climate.

Objective 2: To understand the role of clay content and oxalate-extractable aluminum (Al-ox) and iron (Fe-ox) oxides in predicting the total amount of C and the proportions of MAOM-C and POM-C in different soil depths.

Material and methods

Soil samples: Soil cores were obtained from a long-term field experiment established 24 years before the sampling on a Vertic Stagnosol in Jokioinen, South- West Finland (Yöni, LUKE). We sampled 9 cores from 3 treatments (27 cores in total): two cereal cropping systems that have similar ploughing and cultivated plants in a five-year rotation but different fertilizer inputs (100% organic, i.e., manure, vs 100% mineral fertilizer use). We also sampled an adjacent permanent, unmanaged meadow.

Laboratory analyses: MAOM & POM fractionation [4], oxalate extractable Al- and Fe oxides, soil clay content, and plant root biomass.

Results and Discussion

During the 24-year period of the field experiment, the organic fertilizer application resulted in higher C stocks in the studied profile (0-70 cm) when compared to inorganic fertilizer application (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$). The difference in the C stocks (on average 17 t ha^{-1}) was comparable with the cumulative C additions resulting from the organic fertilizers applied during the length of the field experiment and was most distinct in the soil depths of 10-20 cm and 20-30 cm (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$). In addition to the C inputs from the applied fertilizers, larger

C stocks in the organically managed system may be partially explained by a higher density of plant roots observed in all soil depths compared to the inorganic fertilizer system.

In the unmanaged meadow, the total C stocks were 1.5-fold higher compared to the conventional, and 1.3-fold higher than the organic cropping system. Similarly, all of the individual soil layers in the meadow had more C and root biomass than those of the cropping systems. The largest observed C- stocks in the unmanaged meadow despite not receiving additional nutrient- or C inputs during the past 24 years illustrates the high capacity of plants to sequester C into the soil. However, in all of the studied soil profiles, most of the C (around 85 %) was contained within the top 30 cm, and the deep soil (40-70 cm) C stocks of all the studied soils were quite similar, indicating that the rate of possible C accumulation in the studied subsoils is slow.

The distribution of soil C between MAOM and POM at various soil depths was not significantly affected by fertilizer management. Across the soil depths, most of the soil C, 80-97 %, was in the MAOM fraction. As expected, the share of C in the POM pool was higher in the topsoil where the plant litter production and root exudation are greater than in deeper soil depths.

Data from all the studied profiles was combined for determining the contribution of soil properties (clay content, and Al and Fe oxide contents) in explaining differences in total C, MAOM-C, and POM-C. Simple linear regressions showed a clear positive relationship between clay, total soil C and MAOM-C in the topsoil (0-20 cm). However, below 20 cm, clay content could not explain the variation in the total C, MAOM-C or POM-C. Al-ox and Fe-ox were significant explanatory variables for both soil C and MAOM-C in all the studied soil layers (0-70 cm), with Al-ox explaining a slightly higher amount of the variation below 30 cm depth. Linear regression did not link any of the soil properties to POM-C in the upper soil layers, but in the 30-70 cm, Al and Fe oxides were positively related to POM-C. Deeper in the soil profile (below 30 cm), both MAOM-C and POM-C were positively related to Al and Fe oxides which may indicate both the chemical resemblance of the SOM fractions in these soil depths, as well as oxides having a significant role in transporting and stabilizing C [5]. The results suggest that when estimating the C accrual potential of the deeper soil layers (below 30 cm), estimations should not be based on the soil texture alone, as clay content could not be connected to any of the studied C fractions below 20 cm depth.

References:

- [1] Sanderman, J., Creamer, C., Baisden, W. T., Farrell, M., & Fallon, S. 2017. Greater soil carbon stocks and faster turnover rates with increasing agricultural productivity. *Soil*, 3 (1), 1-16.
- [2] Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology*. 19 (5), 1456-1469.
- [3] Johnston, A. E., Poulton, P. R., & Coleman, K. 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in agronomy*, 101, 1-57.
- [4] Cotrufo, M. F., Ranalli, M. G., Haddix, M. L., Six, J., & Lugato, E. 2019. Soil carbon storage informed by particulate and mineral-associated organic matter. *Nature Geoscience*, 12 (12), 989-994.
- [5] Hall, S.J. and Thompson, A., 2022. What do relationships between extractable metals and soil organic carbon concentrations mean? *Soil Science Society of America Journal*, 86 (2), pp.195-208.

Täydennysojituksen vaikutus typen fraktioiden huuhtoutumiseen salaojitetulta savipelloilta

The effects of improved drainage on nitrogen loads from clayey subsurface drained field section

Vilma Jokinen¹, Heidi Salo¹, Minna Mäkelä², Jyrki Nurminen³, Helena Äijö², Hanne Laine-Kaulio⁵, Merja Mylly⁴, Harri Koivusalo¹

¹ Aalto-yliopisto Insinööritieteiden korkeakoulu, Rakennetun ympäristön laitos, Tietotie 1 E Espoo, P.O. Box 15200 FI-00076 Aalto.

² Salaojayhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

³ Salaojituksen tutkimusyhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

⁴ Luonnonvarakeskus, Tietotie 4, 31600 Jokioinen.

⁵ Sven Hallinin tutkimussäätiö sr, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki.

Johdanto

Suomessa valtaosa viljelykäytössä olevista pelloista on salaojitettu ja monet näistä ojituksista ovat useita kymmeniä vuosia vanhoja. Vanhentuneet ojitukset tarvitsevat uusinta- tai täydennysojitusta, jotta kuivatusteho voidaan saattaa nykypäivän tarpeita vastaavalle tasolle. Yhä raskaammat maatalouskoneet edellyttävät aiempaa parempaa maan kantavuutta, jotta tiivistymisriskeiltä voidaan välttyä. Ojitusmenpiteet pellolla, kuten täydennysojitus, muuttavat veden virtausreitettä ja vaikuttavat typen huuhtoutumiseen useilla mekanismeilla. Välitön vaikutus syntyy työn aikaisesta maan häirinnästä, joka voi lisätä typen fraktioiden mobilisaatiota ojitustöiden aikaan. Pitempiaikainen vaikutus syntyy muutoksista veden virtauksessa maaperässä tai typen prosesseissa ja näkyy suurempina huuhtoumina ojitustöiden jälkeisenä aikana.

Aineisto ja menetelmät

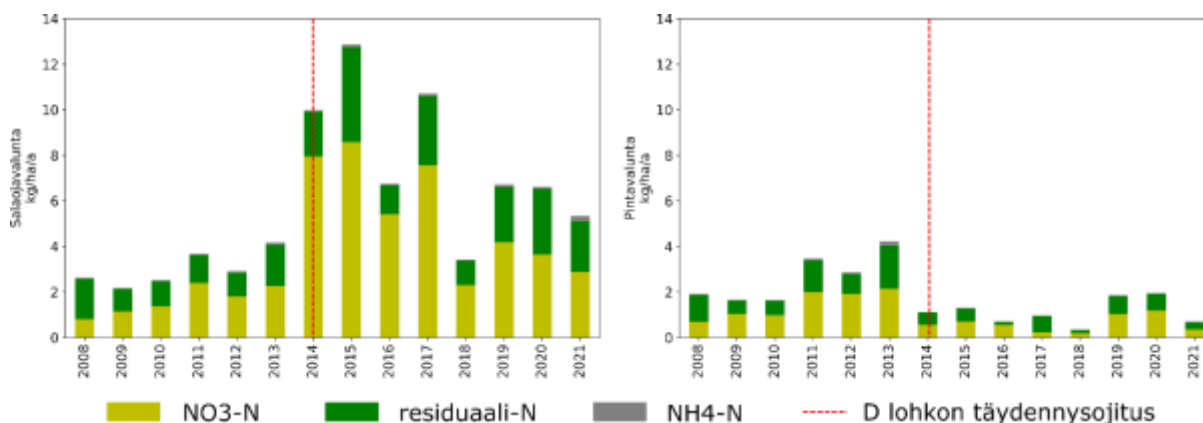
Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää täydennysojituksen vaikutuksia typen huuhtoutumiseen salaojavalunnan ja pintavalunnan kautta. Tutkimusaineisto on kerätty eteläsuomalaiselta koepelloilta vuosina 2007–2018. Alkujaan 32 m ojavälin koealue täydennysojitettiin kesällä 2014. Tällöin vanhojen ojien väliin asennettiin kuhunkin kaksi uutta salaojaputkea, jolloin ojaväliksi tuli 10,7 m [1]. Koealueelta on mitattu pintakerros- ja salaojavaluntaa 15 minuutin välein. Valunnoista on kerätty kokoomanäytteitä, joista on analysoitu kokonais-, nitraatti- ja ammoniumtyppi pitoisuudet. Täydennysojituksen vaikutusta arvioitiin vertaamalla typen kuormia ennen ja jälkeen täydennysojituksen fraktioittain. Analyysit tehtiin erikseen kokonais-, nitraatti- ja ammoniumtyypelle sekä residuaalityypelle, joka saatiin vähentämällä kokonaistypestä epäorgaaninen typpi (NO₃-N ja NH₄-N).

Tulokset

Aineistoanalyysit paljastivat, että täydennysojitus lisäsi salaojavalunnan typpikuormaa vähentäen samalla pintakerrosvalunnan typpikuormaa. Suurimmat vaikutukset kuukausittaisiin kuormiin ajoittuivat keväälle ja syksylle. Kuormituksen lisääntyminen johtui pääosin salaojavalunnan määrän lisääntymisestä, sillä eri typen fraktioiden konsentraatiot muuttuivat vähemmän (Jokinen, 2021). Salaojavalunta kasvoi noin 2,3-kertaiseksi (Jokinen, 2021). Ennen täydennysojitusta suurin osa kokonaistypen kuormasta oli nitraattityppeä (53 %), kun residuaalitypen osuus oli 45 % (Kuva 1). Täydennysojituksen jälkeen nitraattitypen osuus kokonaistypeppikuormasta oli 73 % ja residuaalitypen 26 %. Ammoniumtypen osuus kokonaistypeppikuormasta oli alle 2 % ennen ja jälkeen täydennysojituksen. Tulokset typen eri

fraktioiden huuhtoutumisesta osoittavat, että on oleellista tutkia kattavasti, mitä typen prosesseille ja varastoille tapahtuu ojitustoimenpiteiden myötä.

Tutkimus oli osa 2021–2022 toteutettua VesiHave 2- hanketta. Aihepiirin tutkimus jatkuu VESIMA- hankkeessa 2023–2024.



Kuva1. Vuosittaiset salaojavalunnan ja pintakerrosvalunnan typpikuormat (NO3-N, residuaali-N ja NH4-N) D lohkolle.

Kirjallisuus

[1] Äijö, H., Mylly, M., Sikkilä, M., Salo, H., Nurminen, J., Häggblom, O., Turunen, M., Paasonen-Kivekäs, M., Warsta, L., Koivusalo, H., Alakukku, L., Puustinen, M. 2017. Toimivat salaojitusmenetelmät kasvintuotannossa (TOSKA). Loppuraportti 2017. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 32. Helsinki, Finland: Finnish Field Drainage Association. 109 p.

[2] Jokinen, V. 2021. Täydennysojituksen vaikutus typen huuhtoutumiseen. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto.

Muutokset hivenravinteiden ja raskasmetallien pitoisuuksissa peltomaissa ja viljanjyvissä edellisten vuosikymmenten aikana

Decadal trends in soil and grain microelement concentrations

Helena Soinne¹, Mika Kurkilahti², Jaakko Heikkinen³, Merja Eurola³, Risto Uusitalo³, Visa Nuutinen³, Riikka Keskinen³

Luonnonvarakeskus: ¹ Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki; ² Itäinen Pitkäkatu 4a, 20520 Turku; ³ Tietotie 4, 31600 Jokioinen

Viljat ovat tärkeä kivennäisaineiden lähde ihmiselle. Kansainvälisissä tutkimuksissa on kuitenkin raportoitu laskevia trendejä viljojen hivenravinteiden pitoisuuksissa [1, 2], mikä on julkisessa keskustelussa nostanut esiin huolen maaperän köyhtymisestä. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin muutoksia hivenaineiden (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn) ja haitallisten metallien (Al, Cd, Pb) pitoisuuksissa suomalaisten peltomaiden pintakerroksessa vuosien 1974 ja 2018 välillä, ja kauran ja ohran jyvissä vuosien 1988 ja 2019 välillä. Maanäyteaineisto koostui peltomaiden kemiallisen tilan seurantatutkimuksen näytteistä (mm. [3, 4]), ja jyvänäytteet oli kerätty osana kansallista seleenin seurantatutkimusta [5].

Kivennäismaissa hivenaineiden osalta ainoastaan Zn-pitoisuuksissa havaittiin laskeva trendi ja trendi oli tilastollisesti merkitsevä vain karkeissa maissa [6]. Karkeissa kivennäismaissa myös Cd-pitoisuudet olivat laskeneet vuodesta 1974. Multa- ja erityisesti turvemaisissa hivenaine- ja raskasmetallipitoisuudet olivat pääasiassa nousseet viimeisten vuosikymmenten aikana. Jyvänäytteissä näytevuosien välinen vaihtelu oli suurta, mutta selkeät laskevat trendit kauran ja ohran jyvissä havaittiin raskasmetallien Al- ja Pb-pitoisuuksissa. Ohran jyvissä hivenaineista Co- ja Mn-pitoisuuksissa oli laskeva trendi vuodesta 1988, kun taas kauran jyvissä Cu- ja Fe-pitoisuudet olivat kasvaneet seurantajakson aikana.

Tässä tutkimuksessa ei havaittu huolestuttavaa hivenravinnepitoisuuksien laskua suomalaisissa peltomaissa, tai kauran ja ohran jyvissä [6]. Kuitenkin paikallisesti B:n, Cu:n, Mn:n, Mo:n ja Zn:n pitoisuudet maassa voivat olla alhaisia ja siksi hivenravinnepitoisuuksien seuraaminen sekä tarvittaessa lannoituksesta huolehtiminen on kasvien riittävän hivenravinteiden saamiseksi tärkeää.

Kirjallisuus

- [1] Garvin, D. F., Welch, R. M., & Finley, J. W. 2006. Historical shifts in the seed mineral micronutrient concentration of US hard red winter wheat germplasm. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86: 2213–2220.
- [2] Fan, M. S., Zhao, F. J., Fairweather-Tait, S. J., Poulton, P. R., Dunham, S. J., & McGrath, S. P. 2008. Evidence of decreasing mineral density in wheat grain over the last 160 years. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 22: 315–324.
- [3] Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., & Regina, K. 2013. Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology*, 19: 1456–1469.
- [4] Keskinen, R., Ketoja, E., Heikkinen, J., Salo, T., Uusitalo, R., & Nuutinen, V. 2016. 35-year trends of acidity and soluble nutrients in cultivated soils of Finland. *Geoderma Regional*, 7: 376–387.
- [5] Eurola, M., Alfthan, G., Ekholm, P., Erlund, I., Korkalainen, K., Luomanperä, S., Mannio, J., Salminen, P., Suoniitty, T., Venäläinen, E.R. & Ylivainio, K., 2016. Seleenityöryhmän raportti 2016.
- [6] Soinne, H., Kurkilahti, M., Heikkinen, J., Eurola, M., Uusitalo, R., Nuutinen, V. and Keskinen, R., 2022. Decadal trends in soil and grain microelement concentrations indicate mainly favourable development in Finland. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185: 578–588.

Mikromuovit maatalousmaassa – perinteisten ja biohajoavien muovien esiintyminen, vaikutukset ja hajoavuus

Microplastics in agricultural soil – The fate, effects and degradation of conventional and biodegradable plastics

Salla Selonen^{1*}, Rami El Dairi¹, Ilse Heiskanen¹, Liisa Maunuksela², Ansa Palojärvi³, Essi Roininen², Minna Sepponen¹, Raisa Turja¹

*salla.selonen@syke.fi

¹ Suomen ympäristökeskus (Syke), Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

² Ruokavirasto, Mustialankatu 3, 00790 Helsinki

³ Luonnonvarakeskus (Luke), Itäinen pitkätie 4A, 20520 Turku

Puutarha- ja maatalousmuoveja käytetään helpottamaan viljelyä, parantamaan satoa tai esimerkiksi vähentämään kastelun ja torjunta-aineiden käytön tarvetta, mutta toisaalta ne saattavat toimia pienten muovihiukkasten eli mikromuovien lähteinä maaperään. Perinteisestä muovista korvaamaan on kehitetty muoveja, jotka sopivissa olosuhteissa hajoavat biologisesti. Esimerkiksi biohajoavia katekalvoja ei kerätä viljelymaalta pois, vaan ne jätetään maaperään hajoamaan. Hajoaminen pohjoisissa oloissa on kuitenkin hitaampaa kuin ihanteellisissa laboratorio-olosuhteissa, ja maaperään saattaa kerääntyä muovihiukkasia, jos alueella käytetään biohajoavia kalvoja vuodesta toiseen.

Maaperässä muovihiukkaset saattavat vaikuttaa maaperän fysikaaliskemiallisiin ominaisuuksiin, maaperäeliöihin ja kasveihin joko suoraan tai epäsuorasti ympäristössä tapahtuvien muutosten kautta. Sekä muovihiukkasten esiintymisestä ja vaikutuksista että biohajoaviksi luokiteltujen muovien hajoavuudesta pohjoisissa oloissa tiedetään kuitenkin vielä varsin vähän.

Maa- ja metsätalousministeriön Maatilatalouden kehittämisrahaston (Makera) rahoittamassa MicrAgri-hankkeessa tarkastellaan maatalousmuovien päästölähteitä maaperään, mikromuovien vaikutuksia maaperässä ja esitetään keinoja maatalouden mikromuovipäästöjen vähentämiseksi. Tässä esityksessä esitellään MicrAgri-hankkeen keskeisiä tuloksia maaperän muoveista erilaisilla pelloilla sekä perinteisen ja biohajoavan muovin vaikutuksista ja hajoamisesta maaperässä.

PAPILLONS: Mikromuovitutkimusta Euroopan maatalousmaissa

PAPILLONS: Microplastic research on agricultural soils in Europe

Salla Selonen¹, Sylwia Adamczyk², Helena Dahlbo¹, Hannu Fritze², Jari Haimi³, Ilse Heiskanen¹, Niko Jalava², Annika Johansson¹, Sari Kauppi¹, Riikka Keskinen², Maiju Lehtiniemi¹, Sanna Maula², Johanna Nikama², Juha-Matti Pitkänen², Vili Saartama^{1,3}, Minna Sepponen¹, Outi Setälä¹, Markus Sillanpää¹, Helena Soinne², Julia Talvitie¹, Jyri Tirroniemi¹, Sannakajsa Velmala²

¹ Suomen ympäristökeskus (SYKE), salla.selonen@syke.fi

² Luonnonvarakeskus (Luke), sannakajsa.velmala@luke.fi

³ Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos

PAPILLONS on EU:n Horizon2020-ohjelmasta rahoitettu hanke, jossa tutkitaan maatalousmuovien käytöstä syntyviä mikro- ja nanomuoveja maaperässä. Hankkeessa kartoitetaan mikromuovien esiintymistä Euroopan maatalousmaissa, tutkitaan mikro- ja nanomuovien kulkeutumista ja vaikutuksia sekä arvioidaan maatalousmuovien ekologista, sosiaalista ja taloudellista kestävyyttä. PAPILLONS-hankkeessa on tutkijoita ja asiantuntijoita 20 organisaatiosta yhdeksästä Euroopan maasta. Hanketta koordinoi Norjan vesistöjä tutkiva NIVA, ja Suomea edustavat Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Luonnonvarakeskus (Luke).

PAPILLONS-hanke tarjoaa tietoa maanviljelijöille, teollisuudelle, sääntelyviranomaisille ja poliittisille päättäjille. Tavoitteena on ymmärtää muovin vaikutuksia peltomaan ekologiaan ja arvioida riskejä eri kasvillisuus- ja ilmastovyöhykkeillä sekä tukea maatalousmuovien kestäväää käyttöä Euroopassa. Hankkeessa mikromuovien kulkeutumista ja vaikutuksia maaperässä selvitetään kenttäkokeissa, kontrolloiduissa olosuhteissa laboratoriossa, sekä tutkimalla eri Euroopan maista kerättyjä peltomaanäytteitä. Tässä esityksessä keskitytään erityisesti kenttäkokeen esittelyyn sekä sieltä saatuihin alustaviin tuloksiin.

Kenttäkoe toteutetaan kolmessa eri maassa, jotka edustavat eri kasvillisuus- ja ilmastovyöhykkeitä Euroopassa: Suomessa, Saksassa ja Espanjassa. Koeruuduille on levitetty kierrätetyistä perinteisestä ja biohajoavasta katekalvomateriaalista tehtyjä mikromuovihiukkasia kahdessa pitoisuudessa, joista molemmat edustavat tutkimuksissa havaittuja maaperäpitoisuuksia: 0,005 % ja 0,05 % kuivapainoa kohti. Koepelloilla kasvatetaan mallasohraa, joka sopii viljelykasvina kaikille kolmelle maalle. Koeruuduilta otetaan kahtena syksynä (2022 ja 2023) näytteet maaperän fysikaaliskemiallisista ominaisuuksista, mikromuoveista ja muovien sisältämistä kemikaaleista, mikrobiyhteisöstä ja -aktiivisuudesta sekä maaperäeläimistä. Myös ohran kasvua, stressi-indikaattoreita ja sadon laatua mitataan. Koe antaa kokonaisvaltaisen kuvan mikromuovien vaikutuksista ja kulkeutumisesta todellisissa, vaihtelevissa ympäristöolosuhteissa eri puolilla Eurooppaa.

Maaperäosaaminen käyttöön ja ratkaisuksi ruoantuotannossa Carbon Action -alustan yhteistyömallilla

Soil know-how from research to practices and solutions with cooperation at the Carbon Action platform

Elisa Vainio¹, Anne Antman¹, Kaj Granholm¹, Eija Hagelberg¹, Layla Höckerstedt², Pieta Jarva¹, Jenni Jääskeläinen¹, Jari Liski², Eliisa Malin¹, Åsa Stam², Soja Sädeharju¹ & Laura Höijer¹

¹ Baltic Sea Action Group, Keilaranta 5, Espoo

² Ilmatieteen laitos, Erik Palménin aukio 1, Helsinki

Mihin uudistavaa viljelyä tarvitaan?

Uudistava viljely tarkoittaa viljelytapaa, jolla ruoantuotannon yhteydessä pyritään jatkuvasti ja kokonaisvaltaisesti parantamaan maaperän kasvukuntoa, vesiensuojelua ja ekosysteemien tilaa. Uudistavan viljelyn käytännöllä voidaan parantaa peltojen satovarmuutta, lisätä hiilen varastoitumista maaperään ja parantaa ympäristön tilaa. Hiiliviljely [1] on osa uudistavaa viljelyä. Samoilla toimilla hillitään ilmastonmuutosta, sopeudutaan sen vaikutuksiin, pienennetään ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin ja vaalitaan luonnon monimuotoisuutta. Viljelijän hyvinvointi lisääntyy pellon kasvukunnon parantuessa, ostopanosten tarpeen vähentyessä sekä autonomian tunteen kasvaessa.

Carbon Action -alustan yhteistyö

Baltic Sea Action Groupin (BSAG) koordinoima Carbon Action -alusta [2] tuo yhteen tutkijat ja viljelijät sekä yritykset työskentelemään uudistavan viljelyn ja maaperän hiilensidonnallisuuden lisäämiseksi. Käytännössä työ tapahtuu useissa erilaisissa projekteissa, joissa muun muassa tutkitaan erilaisten viljelykäytänteiden vaikutuksia maaperän hiilen määrään ja peltoekosysteemien lajiston monimuotoisuuteen, maaperän hiilensidonnallisuuden todentamista, sekä hiilimarkkinoiden ja poliittisen päätöksenteon mahdollisuuksia tukea viljelytapojen muutosta. Tällä hetkellä alustalla on yli 20 käynnissä olevaa hanketta, joilla on useita rahoittajia, sekä 100 hiiliviljelyn pilottitilaa. Tätä monitieteistä tutkimusta koordinoi Ilmatieteen laitos.

Alustalla on mukana myös 14 yritystä, joiden kanssa on tehty sitoumuksia muun muassa viljelijöiden kouluttamisesta, sekä muista alkutuotannon ja koko ruokaketjun kestävyyttä lisäävistä toimista. Myös päätöksentekijöihin ja mediaan on jatkuva yhteys niin hankkeiden kautta kuin muita reittejä. Esimerkiksi Qvidjan intensiivikoetilalla järjestetään säännöllisesti maaperän merkitystä avaavia Maan Puolustuskursseja (MPK). MPK-konsepti on houkuttanut paikalle myös kiireisiä korkean tason päätöksentekijöitä ja median edustajia.

Yhteistyökumppanien kanssa toteuttamamme hankkeet ovat kokemuksemme mukaan paras tapa viedä muutosta selkein askelin eteenpäin. Avoin vuoropuhelu ja arvostus erilaisia näkökulmia kohtaan on työmme perusta. Viljelijöiden arjen ymmärtäminen auttaa etsimään realistisia tapoja saavuttaa merkittäviä ympäristöhyötyjä samalla kun tuotetaan ruokaa. Viljelijät ovat innostunein mielin mukana tutkimuksen teossa ja saavat samalla lisää tietoa omien peltojensa tilanteesta. Tutkijoille on mielekästä tehdä tutkimusta todellisilla tuotantotiloilla ja oppia viljelijöiden viljelypäätöksiin vaikuttavista asioista.

Uudistavan viljelyn edistäminen Suomessa ja maailmalla

Carbon Actionin tavoitteena on systeeminen muutos kohti uudistavaa maataloutta [3]. Alustalla toimii uudistavan viljelyn kärkijoukko, niin viljelijöitä kuin yrityksiä, joka kokeilee menetelmiä, jakaa tietoa muille ja saa verkostossa vertaistukea toiminnalleen [4,5]. Hiilipilottitilojen lisäksi mukana Carbon Action -klubissa on tietoa saamassa yli 1000 jäsentä, muun muassa uutiskirjeiden ja webinaarien kautta. Vapaasti saatavilla olevia materiaaleja, kuten viljelijöille suunnattuja oppaita, on alustalla runsaasti [6]. Tutkimustietoa ja viljelijöiden kokemuksia hyödyntävä Uudistavan viljelyn e-opisto [7] on täysin maksuton, kaikille kiinnostuneille avoin verkkokurssi, joka kokoaa uudistavan viljelyn opit kattavaksi tietopaketti ja on saatavilla myös äänikirjana.

Tieto ja kokemukset sekä uudenlainen tapa toimia leviävät vähitellen myös Carbon Action -verkoston ulkopuolelle. Carbon Actionin kokonaisvaltainen ja käytännönläheinen lähestymistapa on herättänyt laajaa kiinnostusta paitsi kotimaassa, myös kansainvälisesti. Kansainvälistä yhteistyötä ja verkottumista onkin lisätty viime vuosina, ja alustan hankkeissa seurataan tiiviisti erityisesti Euroopan Unionin (EU) päätöksentekoa sekä muun maailman muutoksen tuulia.

Maaperätiedolle on nyt kova kysyntä. Yrityksiä kiinnostaa tieteelliset tulokset ja tutkimusyhteistyö enenevässä määrin muun muassa maaperän hiilen osalta, sillä useille yrityksille on tärkeää perustaa ympäristövastuullisuustyönsä tutkittuun tietoon. EU-tasolla maaperän kunto on yhtenä viidestä Euroopan komission tehtävistä (Soil Mission). Missiossa rahoitetaan maaperätutkimusta ja perustetaan koalueita testaamaan ja levittämään tietoa maaperän kuntoa parantavista toimista. Soil Mission on tärkeä osa myös Euroopan unionin maaperästrategiaa.

Kirjallisuus

[1] Heinonsalo, J. (toim.), Heimsch, L., Helenius, J., Huusko, M. K., Höijer, L., Joonas, J. M., Kanerva, S., Karhu, K., Kekkonen, H. R., Koppelmäki, K., Kulmala, L., Lötjönen, S., Mattila, T. J., Ollikainen, M., Peltokangas, K., Regina, K., Soinne, H., Wikström, U. & Viskari, T. 2020. Hiiliopas – Katsaus maaperän hiileen ja hiiliviljelyn perusteisiin. Carbon Action & Baltic Sea Action Group.

[2] <https://www.bsag.fi/carbon-action/>

[3] Höijer, L. 2021. Carbon Action alusta – tavoitteena systeeminen muutos kohti uudistavaa maataloutta. *Vesitalous* 1/2021: 28–31.

[4] Malin, E. 2021. Viljelijät muutoksentekeijöinä – Carbon Action maatilojen tukena muutoksessa kohti uudistavaa maanviljelyä. *Vesitalous* 1/2021: 32–36.

[5] Mattila, T., Hagelberg, E., Söderlund, S. and Joonas, J. 2022. How farmers approach soil carbon sequestration? Lessons learned from 105 carbon-farming plans. *Soil and Tillage Research* 215: 105204.

[6] <https://www.bsag.fi/materiaalit/#uudistava-viljely/>

[7] <https://www.uudistavaviljely.fi/>

Machine learning techniques for acid sulfate soil mapping in southeastern Finland

Virginia Estévez¹, Amélie Beucher², Stefan Mattbäck^{3,4}, Anton Boman⁴, Jaakko Auri⁴, Kaj-Mikael Björk¹ and Peter Österholm³

¹ Arcada University of Applied Sciences – Finland

² Department of Agroecology, Aarhus University – Denmark

³ Geology and Mineralogy, Åbo Akademi University – Finland

⁴ Geological Survey of Finland – Finland

Corresponding author email: estevzv@arcada.fi

Acid sulfate soils are one of the most environmentally harmful soils existing in nature. This is because they produce sulfuric acid and release metals, which may cause several ecological damages. In Finland, the occurrence of this type of soil in the coastal areas constitutes one of the major environmental problems of the country. To address this problem, it is essential to precisely locate acid sulfate soils. Thus, the creation of occurrence maps for these soils is required. However, the traditional methods used for acid sulfate soil mapping are very laborious and time-consuming. Nowadays, different machine learning methods can be used following the digital soil mapping approach. Machine learning techniques can streamline the mapping process as well as improve its accuracy. The main goal of this study is the evaluation of different supervised machine learning techniques for acid sulfate soil mapping. The methods analyzed are Random Forest, Gradient Boosting and Support Vector Machine. Our results show that both Gradient Boosting and Random Forest are suitable methods for the classification of acid sulfate soils, the resulting probability maps have high precision. However, the Support Vector Machine is not able to correctly distinguish acid sulfate soils. In addition, it overestimates non-acid sulfate soil occurrences, leading to a probability map with less accuracy.

Literature

[1] V. Estévez et al. “Machine learning techniques for acid sulfate soil mapping in southeastern Finland”. *Geoderma* 406 (2022) 115446.

Soil in AquaCrop crop simulation model

Maaperä AquaCrop -kasvusimulaatiomallissa

Antti Halla¹, Ari T. K. Ikonen^{1,2}

¹ Tampere University, Pori

² EnviroCase Oy/Ltd, Pori

Introduction

Favorable water balance is a key feature in gaining good crop yields, along with crop and cultivar selection, soil quality, and nutrient balance. In Finland, the focus in water management for field crops has largely been in rainfed cultivation and drainage, even though aerial, drip and subdrainage irrigation have readily been used to an extent. However, climate change is posing further challenges in terms of both excessive wetness and droughts, as well as changes in the weather patterns in respect to the growing season. Crop simulation models can be used to address these challenges.

Crop and field-plot water management has been a central topic in twin projects PeltoAI and BioEväät, run by Tampere University and Pyhäjärvi Institute. The need to better understand and predict soil water dynamics and crop available water led to testing the AquaCrop simulation model for Finnish crop fields. This model is a reasonably simple, freely available model that can be run with data from public data sources and with additional field measurements, to study how crop growth is related to water availability in different environmental conditions.

AquaCrop model

AquaCrop is a water-driven, canopy-level, daily-timestep crop simulation model developed for FAO. It is geared towards water management and modeling water-limited yields of annual field crops, with applications such as irrigation planning and climate scenario analysis. The model simulates the effect of water-stress on the canopy growth, stomatal closure, canopy senescence and harvest index. This stress is a function of the fractional water depletion in the root zone. [1]

weather, groundwater	precipitation evaporation	evaporative demand temperature stress CO2
-	soil	water stress
-	volume (roots) water intake	crop

Figure 1. Interaction matrix describing how the different model components on the diagonal affect each other. Read clockwise, e.g. atmosphere affects soil through precipitation and evaporation.

The model can be divided into three main components: environment, soil and crop. The ‘environment’ comprises weather and groundwater table. These are provided to the model as inputs and the model has no effect on them. The soil and crop components have multiple state variables that are updated for each day. The main output is crop biomass, which is turned into yield with a harvest index coefficient. The main interactions within the model are illustrated in Figure 1.

The soil is configured as a set of layers, modeled as one-dimensional compartment system, with values set for vertical height for each layer and the main hydrological properties of wilting point, field capacity, saturation point, saturated hydraulic conductivity. The state of each compartment is its water content. Water can enter the top layer due to rain or irrigation, or through the bottom layer via capillary rise from the set groundwater table. Water exiting through the top layer is determined by evaporative demand and the state of plant canopy cover, separated into soil surface evaporation and transpiration through the plant. It can also exit through the bottom layer as deep percolation; lateral movement within the soil is not considered, however.

AquaCrop can be applied both on a field scale as well as regionally. For the field-scale application, the hydraulic properties can be measured directly or derived from the soil samples using an appropriate pedotransfer function. Regional application requires setting up a representative virtual field in a similar manner. Multiple simulation runs can be statistically combined to represent the variability within a given region. Regional statistics for soil properties can be found in surveys such as [2] or in precalculated gridded datasets such as [3].

Results and discussion

The work is ongoing to assess the utility of the AquaCrop model in Finnish conditions. One application would be estimating and predicting the effect of subirrigation on crop yield. Regarding the soil component, there are several details characteristic to the Finnish conditions that may affect the simulation results. First, the soil types differ to some degree from more southern regions readily distributed with the model; particularly, the peat and till soils are not covered in the default settings of AquaCrop. Second, shallow groundwater table with capillary rise is more characteristic of Finnish fields. While the capillary rise has lately been included in the model, the original target has been in considerably drier regions than Finland. Therefore, even if the model has been intended for relatively easy implementation, considerable effort and search for representative soil hydraulic properties or pedotransfer functions is required for successful use in the Finnish context.

References

- [1] P. Steduto, T. C. Hsiao, D. Raes, and E. Fereres, ‘AquaCrop—The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: I. Concepts and Underlying Principles’, *Agronomy Journal*, vol. 101, no. 3, pp. 426–437, 2009, doi: 10.2134/agronj2008.0139s.
- [2] R. Lemola, R. Uusitalo, J. Hyväluoma, M. Sarvi, and E. Turtola, *Suomen peltojen maalajit, multavuus ja fosforipitoisuus: Vuodet 1996–2000 ja 2005–2009*. Luonnonvarakeskus, 2018. ISBN 978-952-326-557-8.
- [3] B. Tóth, M. Weynants, L. Pásztor, and T. Hengl, ‘3D soil hydraulic database of Europe at 250 m resolution’, *Hydrological Processes*, vol. 31, no. 14, pp. 2662–2666, 2017, doi: 10.1002/hyp.11203.

Mikromuovit maatalousmaassa – maatalousmuovit ja niiden käyttömäärät

Microplastics in agricultural soil – Agricultural plastics and their quantities

Annika Johansson¹, Sami Alt¹, Helena Dahlbo¹, Salla Selonen¹

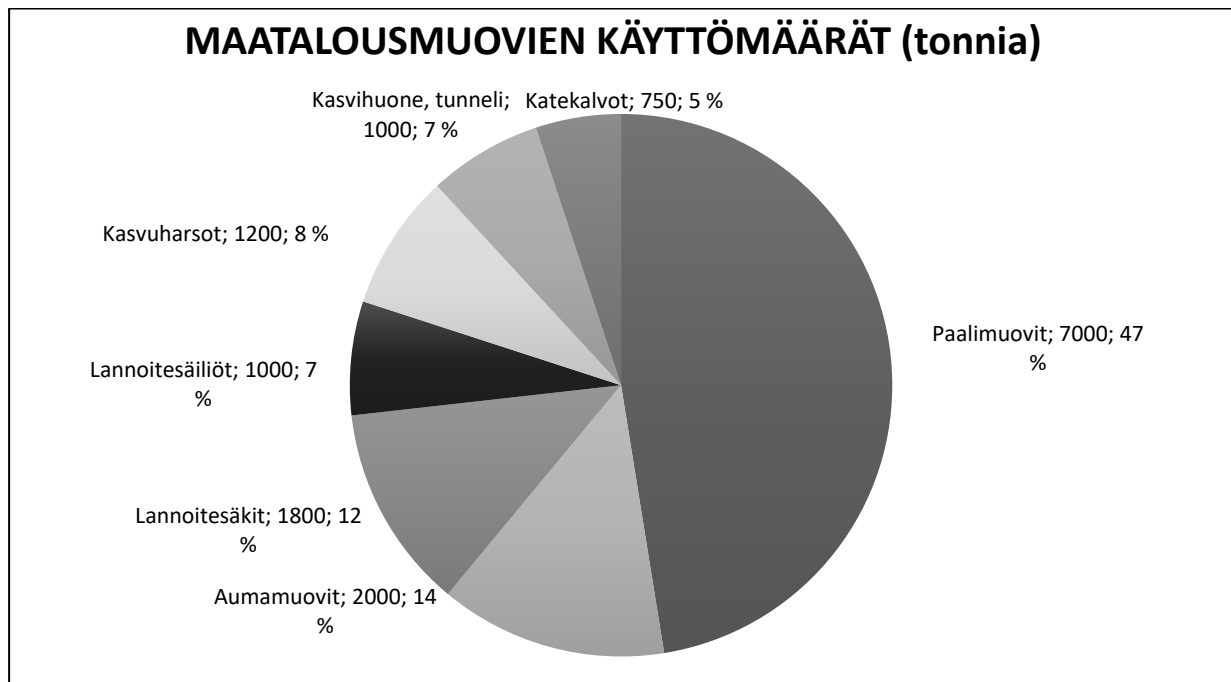
¹ Suomen ympäristökeskus (Syke), Latokartanonkaari 11, 00790 Helsinki

Muovijätämäärät maailman vesistöissä ja maaperässä aiheuttavat huolta. Arvioiden mukaan maaperän muovikuorma olisi meriä suurempi¹, mutta tieto muovikuorman määrästä ja sen vaikutuksista maaperään, eliöihin ja kasveihin on puutteellista. *Mikromuovit maatalousmaassa – Päästöt, vaikutukset ja vähentäminen* (MicrAgri) -hankkeen tavoitteena on tunnistaa merkittävimmät mikromuovien päästölähteet maatalousmaahan, arvioida niiden vaikutuksia ja esittää keinoja maatalouden muovipäästöjen vähentämiseksi. Hanke on Suomen ympäristökeskuksen (Syke), Luonnonvarakeskuksen (Luke) ja Ruokaviraston yhteishanke ja sen rahoittajana on Maa- ja metsätalousministeriön Maatilatalouden kehittämisrahasto (Makera).

Mikromuovinlähteiden kartoittaminen on ensisijaisen tärkeää päästöjen ehkäisemiseksi. Potentiaalisina mikromuovinlähteinä maaperään on tunnistettu muun muassa maataloudessa käytetyt muovit sisältävät tuotteet. Mikromuoveja voi päästä maaperään muovien käytön aikana sekä sen jälkeen, muovijätteen odottaessa keräystä alttiina muun muassa valon ja sään vaikutukselle. Muita mahdollisia mikromuovinlähteitä ovat esimerkiksi kierrätyslannoitteet, roskaaminen ja ilmakulkeuma sekä muoviin kapseloidut lannoitteet, kasvinsuojeluaineet ja siemenet.

MicrAgri-hankkeessa on selvitetty Suomessa vuosittain käytettyjen maatalousmuovituotteiden määriä ja laatuja merkittävimpien mikromuovinlähteiden tunnistamiseksi. Arvio on tehty maatalouden ja muovialan toimijoille suunnattujen haastattelujen, raporttien ja kansallisten tilastojen pohjalta. Muovia hyödynnetään maanviljelyssä ja puutarhoilla hyvin laajasti, kuten esimerkiksi kasvihuoneiden ja tunnelien rakenteissa, ruukuissa, kastelujärjestelmissä, paalien suojaamisessa, lannoitteissa sekä katemuovina ja -harsona. Tilastojen kärjessä on kertakäyttöinen paalimuovi, jota kuluu Suomessa arviolta noin 7 000 tonnia vuodessa. Lannoitesäkeistä ja -säiliöistä syntyy puolestaan jätettä noin 3 000 tonnia vuodessa. Muita maataloudessa paljon hyödynnettyjä muovituotteita ovat aumamuovit, kasvuharsot, kasvihuoneet ja tunnelit sekä katekalvot. Tuotteiden käyttöikä vaihtelee niiden käyttötarkoituksen, -olosuhteiden ja ominaisuuksien mukaan.

Tässä posterissa esitellään MicrAgri-hankkeen keskeisiä tuloksia maatalousmuovien käyttömääristä Suomessa.



Kuva 1. Maatalousmuovien käyttömäärät Suomessa, perustuen alan yritysten, liittojen ja tutkijoiden haastatteluihin (2020–2021), maatalousmuoveja käsitteleviin julkaisuihin (mm. Muovitiekartta, Maatilojen ja puutarhojen muovioipas) sekä Luken ja Ruokaviraston virallisiin tilastoihin.

Kirjallisuus

[1] FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2021. Assessment of Agricultural Plastics and their sustainability. A call for action.

<https://www.fao.org/3/cb7856en/cb7856en.pdf>

Ohjaako maan lämpötila vai resurssikilpailu puunjuurten kasvun ajoittumista?

Does soil temperature or resource competition drive the timing of tree root growth?

Jouni Kilpeläinen^{1*}, Timo Domisch¹, Tarja Lehto², Minna Kivimäenpää³, Françoise Martz⁴, Sirpa Piirainen¹ & Tapani Repo¹

¹ Luonnonvarakeskus (Luke), Yliopistokatu 6B, 80100 Joensuu, *jouni.kilpelainen@luke.fi

² Luke, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki

³ Luke, Juntintie 154, 77600 Suonenjoki

⁴ Luke, Ounasjoentie 6, 96200 Rovaniemi

Ympäristötekijät ja puiden sisäiset tekijät ohjaavat puiden maanpäällisten ja -alaisten osien kasvudynamiikkaa. Maan lämpötila on yksi tärkeä ympäristötekijä. Sisäiset tekijät voidaan sievistää puiden solukoiden väliseen kilpailuun resursseista. Tyypillisesti boreaalisten metsäpuiden versot kasvavat eniten kasvukauden alkupuolella ja juuret loppupuolella. Kysymme, johtuuko tämä pääasiassa puiden versojen ja juurten välisestä resurssikilpailusta vai lisääkö kasvukauden aikana lämpenevä maa juurten kasvua?

Etsimme kysymykseen vastausta rauduskoivun (*Betula pendula*) taimilla toteutetussa kokeessa. Kasvatimme kuuttatoista tainta kontrolloiduissa kasvatushuoneissa kaksi simuloitua kasvukautta, joiden välissä oli lepokausi. Ensimmäisen kasvukauden tarkoitus oli totuttaa koivut kasvatushuoneolosuhteisiin. Maan lämpötiläkäsittelyt olivat toisella kasvukaudella: 1) jatkuva 10 °C; 2) jatkuva 18 °C; 3) kasvukauden alkupuoli 10 °C, kasvukauden loppupuoli 18 °C (10->18 °C); ja 4) alkupuoli 18 °C, loppupuoli 10 °C (18->10 °C).

Lämmin maa edisti verson pituuskasvua, joka nopeutui käsittelyssä 10->18 °C ja hidastui käsittelyssä 18->10 °C lämpötilamuutoksen jälkeen. Puiden kokonaisbiomassat olivat kuitenkin samat kuin jatkuvassa 10 °C-käsittelyssä mutta suurimmat jatkuvassa 18 °C-käsittelyssä. Käsittelyt eivät vaikuttaneet lopulliseen kuiva-aineksen kohdentumiseen juurten ja versojen välillä. Puiden kasvudynamiikka ei eronnut ratkaisevasti käsittelyjen välillä, ja juurten ja versojen nopein kasvu ei ollut yhtäaikaista. Lyhytjuurten kuolleisuus kasvoi voimakkaasti käsittelyssä 10->18 °C ja pieneni käsittelyssä 18->10°C lämpötilamuutoksen jälkeen [1]. Maan lämpeneminen kohotti lehtien ravinnepitoisuuksia, paransi puiden vesitilannetta ja kasvatti nettofotosynteesiä. Maan viileneminen lisäsi panostusta puiden kemialliseen puolustuspotentiaaliin ja lisäsi ei-rakenteellisten hiilihydraattien pitoisuuksia lehdistä [2].

Maan lämpötila ei yksinään ohjannut puiden juurten kasvudynamiikkaa vaan puiden sisäisillä tekijöillä oli myös suuri merkitys. Tutkimus osoitti maan lämpötilan tärkeyden hienojuurten dynamiikassa paitsi juurten kasvun myös juurten kuolleisuuden kautta, koska maan lämpeneminen lisäsi juurten kuolleisuutta jopa enemmän kuin niiden kasvua. Maan lämpötila vaikuttaa puiden ja maaperän toimintaan monin tavoin, mikä edelleen heijastuu metsäekosysteemin hiilidynamiikkaan ilmastovaikutuksineen.

Kirjallisuus

[1] Kilpeläinen, J., Domisch, T., Lehto, T., Piirainen, S., Silvennoinen, R. & Repo, T. 2022. Separating the effects of air and soil temperature on silver birch. Part I. Does soil temperature or resource competition determine the timing of root growth? *Tree Physiology*, Advance article. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpac092>.

[2] Kilpeläinen, J., Domisch, T., Lehto, T., Kivimäenpää, M., Martz, F., Piirainen, S. & Repo, T. 2022. Separating the effects of air and soil temperature on silver birch. Part II. The relation of physiology and leaf anatomy to growth dynamics. *Tree Physiology*, Advance article. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpac093>.

The effects of two decades of water table drawdown on testate amoeba communities of boreal peatland

Olivia Kuuri-Riutta¹, Brunella Palacios Ganoza¹, Minna Väiliranta², Edward Mitchell³, Eeva-Stiina Tuittila¹

¹School of Forest Sciences, University of Eastern Finland, Joensuu, Finland

²Environmental Change Research Unit (ECRU), University of Helsinki, Helsinki, Finland

³Laboratory of Soil Biology, University of Neuchâtel, Neuchâtel, Switzerland

Introduction

Due to their sensitivity to hydrological conditions and long preservation in peat, testate amoebae are a much-used proxy for peatland hydrology [e.g. 1, 2]. In addition, they are also an active part of the microbial community, affecting key ecosystem processes such as photosynthesis and nutrient cycle [3, 4]. Peatland drying has been suggested as a possible response to the ongoing climate change [5]. This likely influences testate amoebae communities and thus the ecosystem processes they participate in.

To assess the impact of water level drawdown on peatland testate amoebae we will study their communities in a controlled long-term drainage experiment. Application of long-term drainage (two decades) makes it possible to address the direct impact drying and associated changes in e.g., vegetation. In our poster, we will present our study plan along with some preliminary results.

Materials and methods

Our study site is situated in Lakkasuo, located in Orivesi, Central Finland. The experiment consists of three experimental drainage sites (WLD) that represent different peatland types, varying from a nutrient-poor bog to poor fen and relatively nutrient rich fen. The experiment was established in 2001 – 2002 by digging approximately 30 cm deep ditches around the WLD sites.

The field work was done in August 2022. The top three centimeters of five to ten *Sphagnum* shoots was collected from existing measurements points (8 – 10 per site) from each WLD and control sites, and stored in 4% formaldehyde.

Microbes were extracted from the samples and investigated under a light microscope. From each sample 150 individuals will be counted. To explore differences between the study sites PCA analysis was run in R (ref).

Results

Preliminary results will be presented as PCA ordinations.

Literature

[1] Warner, B.G., Charman, D.J. (1994) Holocene changes on a peatland in northwestern Ontario interpreted from testate amoebae (Protozoa) analysis. *Boreas*, 23(3), 270–279. <https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1994.tb00949>

- [2] Amesbury, M.J., Swindles, G.T., Bobrov, A., Charman, D.J., Holden, J., Lamentowicz, M., Mallon, G., Mazei, Y., Mitchell, E.A.D, Payne, R.J., Roland, T.P., Turner, T.E., Warner, B.G. (2016) Development of a new pan-European testate amoeba transfer function for reconstructing peatland palaeohydrology. *Quaternary Science Reviews*, 152, 132–151. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.09.024>
- [3] Schröter, D., Wolters, V., De Ruiter, P.C. (2003) C and N mineralisation in the decomposer food webs of a European forest transect. *Oikos*, 102(2), 294–308. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0579.2003.12064.x>
- [4] Hamard, S., Céréghino, R., Barret, M., Sytiuk, A., Lara, E., Dorrepaal, E., Kardol, P., Kuttim, M., Lamentowicz, M., Leflaive, J., Le Roux, G., Tuittila, E.-S., Jassey, V.E.J. (2021) Contribution of microbial photosynthesis to peatland carbon uptake along a latitudinal gradient. *Journal of Ecology*, 109(9), 3424–3441. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13732>
- [5] Swindles, G.T., Morris, P.J., Mullan, D.J., Payne, R.J. and 34 others. (2019) Widespread drying of European peatlands in recent centuries. *Nature Geoscience*, 12(11), 922–928. <https://doi.org/10.1038/s41561-019-0462-z>

Effect of nitrogen fertilization and cutting height on greenhouse gas exchange on a boreal grassland

Marja Maljanen¹, Richard Lamprecht¹, Minna Pääkkönen¹, Sanna Kykkänen², Saara Lind² and Perttu Virkajärvi²

¹University of Eastern Finland, Department of Environmental and Biological Sciences, Yliopistonranta 1E, 70210 Kuopio, Finland

²Natural Resources Institute Finland (Luke), Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, Finland

Agricultural soils, especially perennial grasslands have a potential for carbon sequestration through increased soil C input. N-fertilization has shown to increase soil C storage in intensively managed grasslands due to changing soil microbial activity and C allocation of plant^{1,2}. On the other hand, N-fertilization can increase greenhouse gas N₂O release from soil as well as an effect of increased decomposition rates of soil organic matter (SOM). Higher cutting height increases the above ground C input to soil and can also affect the root biomass³. In addition to these effects, both measures have an impact on the grass yield and consequently on the animal production per ha. Currently there is urgent need for assessing the implication of climate friendly cultivation techniques on fluxes of CO₂, N₂O and CH₄ together with their effect on grass productivity.

The study site is located in Eastern Finland (63°09'N, 27°20'E). Soil type is sandy loam with 6 % of organic matter in the soil layer of 0-20 cm. There were two randomized complete block design experiments with five replicate plots for each treatment. The swards were established in 2018 with a mixture of timothy (*Phleum pratense* L. and meadow fescue *Festuca pratensis* Huds.) We have studied the N-fertilization at levels of 0, 150, 300 kg N ha⁻¹ year⁻¹ and the effect of cutting height at 6 and 12 cm with annual N-fertilisation level of 240 kg N ha⁻¹. The grass harvest to silage stage was performed three times over the growing season (May – September) and the dry matter yield were determined.

Annual greenhouse gas exchange was measured from May 2019 until April 2022. During snow-free seasons, CH₄ and N₂O emissions were determined using a dark static chamber (60 x 60 x 30 cm) method with permanent collars (60 x 60 x 20cm) installed in soil^{4,5}. CO₂ exchange (net ecosystem exchange and ecosystem respiration) was measured during the snow-free season with a transparent polycarbonate chamber and opaque aluminium chamber (60 cm × 60 cm × 30 cm), equipped with a fan and an ice-water cooling system to keep the chamber temperature close to the prevailing air temperature. An infrared gas analyzer (LI-COR, 850) was used to analyze the CO₂ concentrations in the chamber. Air temperature and photosynthetically active radiation (PAR) inside the chamber were recorded during the measurements. N₂O and CH₄ emissions were determined by dark static chamber method. During the measurement four gas samples were taken from the headspace of the chamber from 5 to 35 minutes after closing and the gas concentrations were analyzed with a gas chromatograph (7890B GC, Agilent Technologies, USA). Instantaneous fluxes were calculated from the change in the gas concentration in the chamber headspace. Diurnal CO₂ exchange was modelled using PAR and other environmental variables⁴. During snow-covered seasons, the snow gradient method⁶ was used to determine CO₂, CH₄ and N₂O emissions through the snowpack.

Weather condition during the studied years were considerably different. During the first growing season (1.5.-30.9.) the precipitation was almost 50% lower than the long-term average (LTA) but temperature sum was close to LTA. In the second and third growing season both temperature and precipitation sum were higher than LTA.

Net CO₂ exchange and yield C played major role in GHG/C balance, whereas the role of N₂O was minor and the role of CH₄ was negligible. The different weather conditions affected the total GHG balance and crop yield. The results show a large variation between the years with contrasting weather conditions. During a dry growing season the balances were negative or close to zero but during wetter years there were net emissions. Therefore, we cannot make yet strict conclusions how the N-fertilization rates or cutting height will change the total balance. We conclude that GHG balance of a boreal grassland is highly dependent on the weather conditions during the growing season. The final conclusion will need results of the renovation year (2022-2023).

This project was funded by Business Finland and Ministry of Agriculture and Forestry Finland.

References

- [1] Poeplau, C., Zopf, D., Greiner, B., Geerts, R., Korvaar, H., Thumm, U., Don, A., Heidkamp, A. and Flessa, H. (2018) Why does mineral fertilization increase soil carbon stocks in temperate grasslands?. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 265: 144
- [2] Fornara, D. A., Banin, L. and Crawley, M. J. (2013) Multi-nutrient vs. nitrogen-only effects on carbon sequestration in grassland soils. *Global Change Biology* 19: 3848–3857.
- [3] Thornto, B. and Millard, P. (1996) Effects of severity of defoliation on root functioning in grasses. *Journal of range management* 49:443-447.
- [4] Lind S.E., Virkajärvi P., Hyvönen N.P., Maljanen M., Kivimäenpää M., Jokinen S., Antikainen S., Latva M., Rätty M., Martikainen P.J. and Shurpali N.J. (2020). Carbon dioxide and methane exchange of a perennial grassland on a boreal mineral soil. *Boreal Environment Research* 25: 1-17.
- [5] Lind S.E., Maljanen M., Hyvönen N.P., Kutvonen J., Jokinen S., Rätty M., Virkajärvi P., Martikainen P.J. and Shurpali N.J. (2019) Nitrous oxide emissions from perennial grass cropping systems on a boreal mineral soil. *Boreal Environment Research* 24: 215-232.
- [6] Maljanen M., Liikanen A., Silvola J., Martikainen P.J. (2003) Measuring N₂O emissions from organic soils with closed chamber or soil/snow N₂O gradient methods. *European Journal of Soil Science* 54: 625-631.

Kasvillisuuden vaikutus biogeenisten haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (BVOC) päästöihin borealiselta sara- ja rahkasuolta

Emissions of biogenic volatile organic compounds from adjacent boreal fen and bog as impacted by vegetation composition

Elisa Männistö¹, Henni Yläne^{1,2}, Mari Losoi³, Markku Keinänen⁴, Pasi Yli-Pirilä³, Aino Korrensalo^{4,5}, Jaana Bäck⁶, Heidi Hellén⁷, Annele Virtanen⁸ & Eeva-Stiina Tuittila¹

¹ Suo- ja maaekologian tutkimusryhmä, Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu

² Centre for Environmental and Climate Science, Lundin yliopisto, Sölvegatan 37, 22362 Lund, Ruotsi

³ Ympäristö- ja biotieteiden laitos, Itä-Suomen yliopisto, PL 1627, 70211 Kuopio

⁴ Ympäristö- ja biotieteiden laitos, Itä-Suomen yliopisto, PL 111, 80101 Joensuu

⁵ Luonnonvarakeskus, Yliopistokatu 6B, 80100 Joensuu

⁶ Institute for Atmospheric and Earth System Research (INAR) / Metsätieteiden osasto, Helsingin yliopisto PL 64, 00014 Helsinki

⁷ Ilmatieteenlaitos, PL 503, 00101 Helsinki

⁸ Sovelletun fysiikan laitos, Itä-Suomen yliopisto, PL 1627, 70211 Kuopio

Abstrakti

Suoekosysteemien tiedetään vapauttavan ilmakehään biogeenisiä haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (engl. biogenic volatile organic compounds, BVOC), joilla on ilmasto viilentävä vaikutus, mutta näiden BVOC-päästöjen määrä ja laatu, sekä kasvillisuuden ja suotyypin vaikutus niihin tunnetaan vielä huonosti. Täydentääksemme näitä tiedon aukkoja mittasimme BVOC-päästöjä dynaamisilla kammioilla borealiselta sara- ja rahkasuolta Etelä-Suomessa sijaitsevalla Siikanevalla, ja arvioimme kokeellisesti kasvillisuuden roolia päästöihin poistamalla vain putkilokasvit sekä putkilokasvit ja sammalkerroksen. Neljässä mittauskampanjassamme kasvukausina 2017 ja 2018 havaitsimme yhteensä 59 erilaista yhdistettä yhdeksästä eri yhdisteryhmästä, ja isopreeni oli runsain yhdiste. Isopreeni- ja alkaanipäästöt olivat sarasuolla suuremmat kuin rahkasuolla, ja niiden johdosta BVOC-kokonaispäästö koko kasvillisuudesta oli suurempi sarasuolla. BVOC-kokonaispäästöt ja isopreeni-, monoterpenoidi-, seskviterpeni-, homoterpeni- ja (vihreiden lehtien) yleishaihtuvien yhdisteiden päästöt liittyivät tiiviisti putkilokasveihin. Isopreeni- ja seskviterpeenipäästöt olivat yhteydessä sarakasvillisuuteen, kun taas mono- ja homoterpeenipäästöt liittyivät varpuihin. Kasvillisuuden poisto ei vaikuttanut hapettuneiden alkaanien, orgaanisten halidien ja bentsenoidien päästöihin. Vuoden 2018 äärimmäisen kuivuuskauden aikana orgaanisten halidien päästöt puuttuivat kokonaan. Koska runsaimman yhdisteen, isopreenin, päästöt olivat yhteydessä saroihin ja laskivat kuivuuden aikana, varpujen lisääntyminen ja äärimmäisten sääilmiöiden kasvava esiintymistiheys voivat laskea BVOC-päästöjen kokonaismäärää, jonka muuten ennustetaan kasvavan ilmastonmuutoksesta johtuvan lämpötilan nousun myötä. Tämä yhdessä siihen liittyvän BVOC-päästöjen laadun muutoksen kanssa voi muuttaa soiden ilmastovaikutusta vaikuttamalla ilmakehän hapettimiin ja sekundaaristen orgaanisten aerosolien muodostumiseen.

Maaskannauskarttojen tulosten käyttökelpoisuuden opiskelua

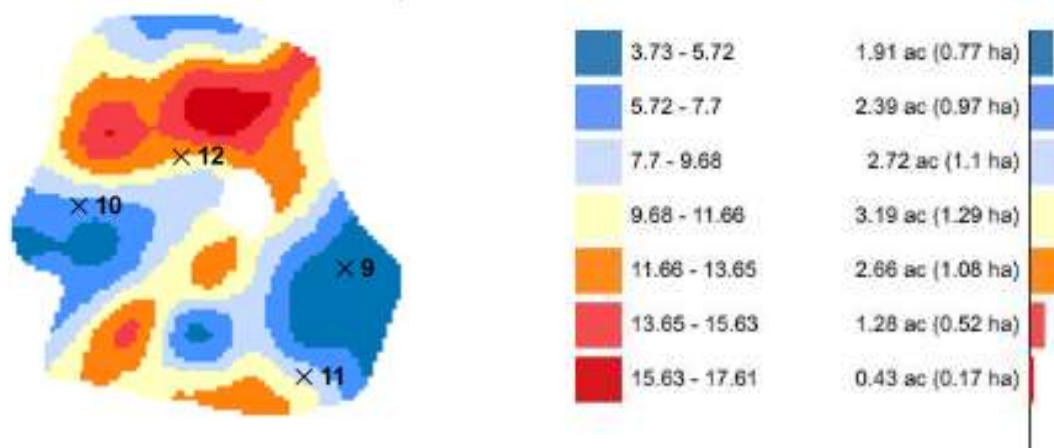
Studying the usefulness soil scanning result maps

Oiva Niemeläinen¹, Hannu Ojanen¹, Lauri Jauhiainen¹, Pasi Hartikainen² & Jari Huikuri²

¹ Luonnonvarakeskus, Luonnonvarat, etunimi.sukunimi@luke.fi

² ProAgria Itä-Suomi, etunimi.sukunimi@proagria.fi

Viljelyyn vaikuttavat maan ominaisuudet voivat vaihdella peltolohkolla suuresti. Pisteittäin otetuista osanäytteistä koostettu viljavuusanalyysi ei välttämättä kuvaa ominaisuuksiltaan vaihtelevan lohkon tilannetta riittävästi. Markkinoilla on skannauspalveluja, jotka tuottavat pisteittäin otettujen näytteiden ja koko alueen kattavien epäsuorien mittausten avulla kartan eri ominaisuuksien vaihtelusta lohkolla (Kuva 1). Kartoitustuloksia esitetään monista ominaisuuksista. 'Viljellään viisasti' ja 'Hiili hallintaan' -hankkeissa opiskelemme ja tarkastelemme millaista tietoa skannauksista on viljelyyn saatavilla. Olemme ottaneet kymmeneltä Pohjois-Karjalaiselta peltolohkolta skannauksia täydentäviä referenssimittauksia, Posterissa pohdimme skannauksien arviointiin liittyviä vaikeuksia, ja kuinka aiomme opiskelua jatkaa, sekä esittelemme ensimmäisiä havaintojamme. 'SoilOptix' laitteisto kuvaa toimittajan mukaan maan ominaisuuksia ylimmässä 15 cm:n maakerroksessa. Kiinnostuksemme kohdistuu ensi sijassa maan orgaanisen aineen pitoisuuteen (kts kuva 1), kaliumin ja fosforin pitoisuuksiin sekä maan happamuuteen. Niistä meillä on käytettävissä perinteisillä analysointimenetelmillä käytettäviä referenssituloksia. Jatkamme toimintaa mm. lohkojen kasvuston seurannalla vuonna 2023.



Kuva 1. SoilOptix maaskannauspalvelun tuottama kartta orgaanisen aineen pitoisuuden vaihtelusta eräällä 5,86 hehtaarin suuruisella lohkolta. Oikealla kartan orgaanisen aineen pitoisuusluokat. Hankkeen ottamien referenssinäytteiden paikat on merkattu ruksilla.

Viljelyominaisuuksien kannalta varsin pysyvien piirteiden onnistunut kuvaus olisi arvokas tieto viljelijälle. Referenssinäytteitä otimme neljä kultakin lohkolta kohdistuen ne viljelijän arvion perusteella lohkon heikolle ja hyvälle alueelle sekä kaksi näytettä keskimääräiseltä alueelta. Tarkastelemalla kymmenen erilaisen lohkon karttoja sekä referenssinäytteiden tuloksia pyrimme muodostamaan käsitystä karttatulosten ja perinteisen analyysien tulosten johdonmukaisuudesta.

Hiili hallintaan ja Viljellään viisaasti ovat Euroopan Maaseuturahaston rahoittamia hankkeita, joita ProAgria Itä-Suomi ja ProAgria Etelä-Savo toteuttavat Luonnonvarakeskuksen, MavePlan Oy:n ja ProAgria Maaseutukeskusten Liiton kanssa. Hankkija tukee maaskannaustoiminnan tarkastelua hankkeessa.

Boreaalisen maatalousmaan mikrobiomi SMEAR-Agri mittausasemalla

Microbiome of boreal agricultural soil at SMEAR-Agri measurement station

Jonna Teikari, Timo Pihlajamäki, Anuliina Putkinen, Jussi Heinonsalo, Jenni Hultman and Mari Pihlatie

University of Helsinki

Soil microbiomes, referring here all micro-organisms living in soil, are one of the most diverse microbiomes on Earth and their role in nutrient cycling, soil fertility and carbon sequestration is crucial for the functioning of the healthy soil. Spatial variation, even in micrometer scale, is vast due to distinct macro and microenvironments in the soil and this characteristics has led to enormous niche adaptations among microbial communities. Advanced sequencing technologies have helped scientists to expand the knowledge on the soil microbiomes but we are still far to fully understand their functional capabilities especially in deeper soil layers. At Viikki SMEAR-Agri site, south Finland (N 60.22°, E 25.02°), our aim is to characterize the microbiome of the agricultural grassland field (mineral clay soil) in order to construct the “baseline microbiome” of the site using shotgun metagenomic approach. Samples were collected from six soil layers of four pits in summers 2021 and 2022 and the sampling strategy was approximated to cover the main microbial macro habitats at the site. The data will be sorted according to the taxonomical and functional characteristics and collected to the public, easy access database, SMEAR-Agri microbiome database, that can be used as a reference microbial metagenome. Database will serve an interactive exploitation of the dataset and further microbiological studies at SMEAR-Agri site can be built upon the current microbial knowledge of the field. Additionally, the dataset serves the base for scientific collaboration aiming to reveal the role of microbes in biogeochemical processes in the soil and in carbon and nutrient cycling, runoff and exchange of greenhouse gases and aerosols.

Onnistuneen ennallistamisen mittarit

Smart indicators for successful restoration

Tiina Törmänen¹, Liisa Maanavilja², Anna Laine-Petäjäkangas³ & Eeva-Stiina Tuittila¹

¹ Metsätieteiden osasto, Itä-Suomen yliopisto, Yliopistokatu 7, 80130 Joensuu.

² Ympäristöratkaisut, Geologian tutkimuskeskus, Vuorimiehentie 5, 02151 Espoo.

³ Ympäristöratkaisut, Geologian tutkimuskeskus, Viestikatu 7 A, 70211 Kuopio.

Johdanto

Kosteikkojen ennallistamisen tavoitteena on vähentää ekosysteemien heikentymistä ja parantaa ekosysteemien toimintojen palautumista. Lisäksi ennallistamisella voidaan vahvistaa sopeutumiskykyä ilmastonmuutosta vastaan sekä turvata virkistys- ja taloushyötyjä. Euroopan komissio julkaisi ehdotuksen ennallistamisasetukseksi, eli niin kutsutuksi luonnon tilan parantamista koskevaksi asetukseksi [1], joka asettaa ekosysteemikohtaisia ennallistamistavoitteita jokaiselle jäsenvaltiolle. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi on tarpeen kerätä jo olemassa olevaa tietoa ennallistamisesta eri puolilta Eurooppaa ja kehittää toimivampia ennallistamissuunnitelmia, työkaluja ja toimintaohjeita käytännön toimijoille.

Tämä tutkimus on osa EU:n Horizon 2020 -rahoitteista WaterLANDS-hanketta, jonka tavoitteena on kehittää kosteikkojen ennallistamistoimia huomioiden kestävyden ekologiset, sosiaaliset ja taloudelliset osa-alueet. Lisäksi hankkeen tavoitteena on tuottaa tieteellistä tietoa ennallistamistoimien tueksi ja luoda ennallistamisohjeistuksia koko Euroopan alueella.

Työpakettin 1 (tehtävä 1.1.) tavoitteena on tunnistaa ja arvioida sopivimmat työkalut ja mittarit, joilla seurataan Euroopan kosteikkojen ennallistamistoimien onnistumista olemassa olevan tieteelliseen ja käytännön tiedon pohjalta.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimus toteutetaan kahdessa osassa: 1) Olemassa oleva tutkimustieto kerätään systemaattisen kirjallisuuskatsauksen avulla ja 2) Asiantuntijoiden näkemyksiä ja tietoa ennallistamisen onnistumisen arvioinnista ja seurannasta kerätään eurooppalaisilta ennallistamista toteuttavilta käytännön toimijoilta puolistrukturoidulla haastatteluilla.

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on määrittää Euroopan keskeisimpien kosteikkotyypin avainekosysteemipalvelut ja ekosysteemien toiminnot. Työssä tunnistetaan ennallistettavien ekosysteemipalveluiden arvioinnissa ja seurannassa käytetyt työkalut ja mittarit. Tätä tietoa voidaan soveltaa ennallistamisen tavoitteiden asettamiseen ja seurantaan.

Haastatteluissa pyydetään käytännön toimijoita arviomaan ensimmäisessä osassa tunnistettujen mittarien käyttökelpoisuus toteutettavuuden näkökulmasta. Puolistrukturoidut haastattelut osoitetaan WaterLANDS-kumppaneille, jotka työskentelevät ennallistamisen parissa eri puolilla Eurooppaa.

Odotetut tulokset ja vaikuttavuus

WaterLANDS-hankkeen tuottama tieto auttaa Euroopan maita saavuttamaan ennallistamistavoitteensa niin, että ennallistaminen kohdistuu kunkin kosteikkotyypin keskeisiin ekosysteemipalveluihin. Tämä tutkimus auttaa tarkentamaan ennallistamisen suunnittelun ja seurannan ohjeistuksia. Ohjeistukset auttavat käytännön toimijoita toteuttamaan

ennallistamista tavoitteidensa mukaisesti huomioiden samalla kokonaiskestävyyden eri osa-alueet.

Kiitokset

Tämä työ on rahoitettu Euroopan unionin Horizon 2020 -tutkimus- ja innovaatioohjelman apurahasopimuksella nro 101036484 (WaterLANDS) ja Suomen Akatemian lippulaivarahoituksella ACCC:lle (apuraha nro 337550).

Kirjallisuus

[1] European Commission, 2022. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on nature restoration. Brussels, 22.6.2022, COM(2022) 304 final, 2022/0195 (COD).

Kosteikkojen ennallistaminen tulevaisuutta varten

Wetland restoration for the future - ALFAwetlands

Liisa Ukonmaanaho¹, Tuula Larmola¹, Tuula Aalto²; Jari Anttila¹, Mika Aurela², Emmi Haltia¹, Jyrki Jauhiainen¹, Mikko Jokinen¹, Katja Kangas¹, Raija Laiho¹, Ilkka Leinonen¹, Tiina M. Nieminen¹, Parvez Rana¹, Aleksi Räsänen¹, Oili Tarvainen¹, Annika Tienhaara¹, Seija Tuulentie¹

¹ Luonnonvarakeskus, etunimi.sukunimi@luke.fi

² Ilmatieteen laitos, etunimi.sukunimi@fmi.fi

Wetlands cover 5-8% of the world's land area and have a huge capacity to sequester carbon (C). Healthy wetlands accumulate C effectively due to water-logged conditions promoting highly stable C content. The European Union (EU) aims to cut greenhouse gas (GHG) emissions by at least 55% by 2030. This ambition requires new GHG mitigation measures within all sectors including land use, land use change and forest (LULUCF) sector, where wetlands as C rich ecosystem can contribute to efficiently to both EU's climate targets and biodiversity strategy. Currently there is still a high uncertainty prevails of wetlands' spatial and C sink extent, as well as source estimates and sustainable alternatives in restoration. This hinders the efficient use of wetlands in C mitigation and adaptation in the context of other LULUCF mitigation options.

ALFAwetlands (www.alfawetlands.eu) is Horizon Europe funded project (1.6.2022-30.11.2026) and is coordinated by Natural Resources Institute Finland. In ALFAwetlands we will advance the state-of-the-art on the geospatial knowledge base on wetlands and their use and degradation in Europe. We will apply a co-creation approach to develop procedural knowledge and find ways for integrating multiple targets, supporting more inclusive, community-based approaches to wetland restoration. Diverse novel experimental data on 'ecosystems responses to wetlands' management and restoration regimes under different types of land-use and will be acquired and synthesised on biodiversity and other ecosystem services (BES). ALFAwetlands will be carried out at local, regional, national and EU levels with 14 partners around Europe, Finnish meteorological institute is our partner from Finland. At the local level, Living Labs (LL) support and integrate interdisciplinary and multi-actor research on ecological, environmental, economic, and social issues. Models will be utilised to scale up experimental data from LLs, to gain an understanding of the potential impacts of upscaled wetland restoration options on BES provision, as well as changes in BES provision at the EU level for various policy-relevant time periods and the most policy-relevant climate change CC mitigation and BD targets. We will assess the societal impacts of wetland restoration, especially on BES benefits and costs of different restoration approaches and wellbeing impacts at local, national, and EU levels.

Our ultimate goal is to improve the geospatial knowledge base of wetlands, to evaluate pathways of wetland restoration that incorporate a co-creation process, and to provide information and indicators for sustainability to maximise climate change, biodiversity and other ecosystem benefits.

Happamissa sulfaattimaissa on runsaasti mineraalityppeä

Large stock of mineral nitrogen in acid sulfate soils

Markku Yli-Halla

Maataloustieteiden osasto, Maaperä- ja ympäristötiede, PL 56, 00014 Helsingin yliopisto

Johdanto

Kun maan orgaaninen aines mineraloituu, siitä vapautuu typpeä ammoniumina (NH_4^+), joka ilmvassa maassa muuttuu nitraatiksi (NO_3^-). Samoja typen muotoja päätyy maahan myös lannoitusaineissa ja biologisen typensidonnan tuloksena. Happamilla sulfaattimailla tehdyissä tutkimuksissa on yhtäpitävästi havaittu, että niissä on enemmän mineraalityppeä kuin muissa maissa. Nämä typpivarat ovat lähes kokonaan NH_4^+ -muodossa ja sijaitsevat saajajasyvyyden alapuolella. Pohjanmaan rannikolla, jossa valtaosa sulfaattimaista sijaitsee, jokivesien seurannassa on havaittu suurehkoja typpipitoisuuksia [1], mutta näyttöä niiden yhteydestä sulfaattimaihini ei kuitenkaan ole. Koska tutkimustarkoituksiinkin tehtävät maan mineraalityppimääritykset ulottuvat yleensä korkeintaan metrin syvyyteen, syvemmällä olevat typpivarat jäävät havaitsematta. On epäselvää, voiko tästä typpivarastosta huuhtoutua typpeä ja voivatko kasvit saada pohjamaan typpeä käyttöönsä.– Tähän posteriin on koottu tuloksia yksittäisistä julkaisuista, joissa maan syvempien kerrosten mineraalityppeä on mitattu.

Aineisto ja menetelmät

Maan mineraalityypen määrää myös salaojasyvyyden alapuolelta on tutkittu useilla sulfaattimailla ja muutamilla vertailulohkoilla ympäri Suomea: Helsinki, Mustasaari, Ylistaro, Ylihärmä, Lapua ja Ruukki. Maanäytteet on otettu eri syvyyksiltä noin 2 metriin saakka. Näytteet on pakastettu samana päivänä ja sulatettu määrityspäivänä. Niitä on uutettu 2 M KCl-liuoksella, ja uutteen NO_3^- - ja NH_4^+ -typpi on määritetty kolorimetrisesti. Tässä posterissa tulokset ilmoitetaan typpikiloina hehtaaria kohti 0 – 50 cm, 50 – 100 cm, 100 – 150 cm, 150 – 200 cm maakerroksissa, yhdellä maalla myös 200 – 240 cm syvyydessä.

Tulokset ja tarkastelu

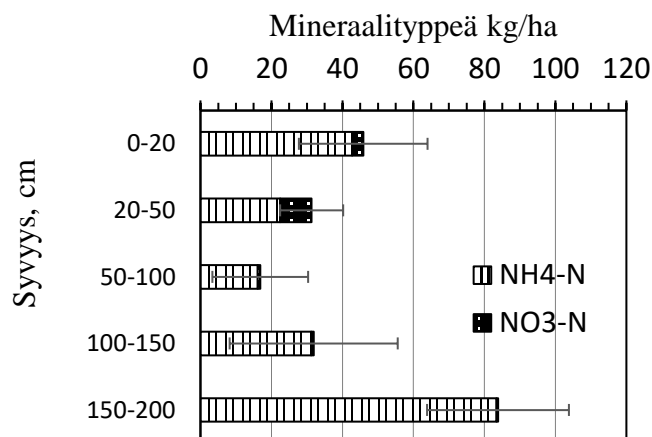
Kaikkien neljän sulfaattimaan (Lapua, Helsinki, Ruukki, Ylistaro) mineraalityppivarat olivat salaojasyvyyden alapuolella huomattavan suuret (Taulukko 1), ja siellä esiintyi lähes pelkästään NH_4^+ -typpeä. Typen jakauma oli kaikissa maissa samanlainen kuin kuvassa 1 esitettävässä Ruukin maassa. Ammoniumtyppi voi säilyä sellaisenaan veden kyllästävässä, enimmäkseen hapettomassa pohjamaassa. Sulfaattimaiden pintakerroksen (0-50 cm) mineraalityppivarat olivat suuremmat kuin tämän tutkimuksen muissa maissa (Lapua, Ylihärmä). Sulfaattimaiden pintakerroksen mineraalityypen varat eivät kuitenkaan välttämättä poikkea muista maista [6], eikä niiden perusteella voi ennustaa syvempien kerrosten mineraalityppivarojen suuruutta.

Taulukko 1. Mineraalityypen määriä eri maissa. Sulf = Hapan sulfaattimaa, Ei = Muu maa

Syvyys cm	Mineraalityppi, kg/ha					
	Lapua, KHt/sHs [2]		Helsinki, LjS [3]	Ruukki, Ct/KHt [4]	Ylistaro, He [5]	Ylihärmä, KHt [5]
	Sulf	Ei	Sulf	Sulf	Sulf	Ei
0-50	61	29	20	88	60	18
50-100	45	27	20	18	77	9
100-150	61	29	138	31	390	
150-200	114	27	192 ^{x)}	84		
200-240	152	18				

^{x)} 150-180 cm

Sulfaattimaiden suuret mineraalitypen varat ovat kasvien juuristovyöhykkeen alapuolella. On kuitenkin viitteitä siitä, että viljelykasvien typen saanti on sulfaattimailla hyvä. Taulukon 1 Ylistaron pellolla saatiin perunalla 44,8 t/ha:n sato ilman typpilannoitusta, ja lannoitus (N 48 kg/ha) lisäsi satoa vain 2,6 t/ha [5]. Ylihärmässä saatiin ilman typpilannoitusta perunaa vain 27 t/ha, ja typpilannoitus lisäsi satoa 52 tonniin/ha. Mustasaaren sulfaattimailla saatiin v. 2011-2017 ohrasta (N 90 kg/ha) ja kevätvehnäst (N 110 kg/ha) satoa keskimäärin 6000 kg/ha [7], ja typpitase, joka määritettiin kahtena vuonna, oli yli 60 kg/ha negatiivinen. Pellolta poistui siis paljon enemmän typpeä kuin sinne lannoituksena annettiin.



Kuva 1. Mineraalitypen määrät Ruukin maaprofiilin eri kerroksissa. Pellossa on 50 cm:n paksuinen turvekerros. Toukokuussa 2020 otetuissa näytteissä 0-200 cm:n kerroksessa oli mineraalityppeä yhteensä 216 kg/ha [4].

Mustasaaren sulfaattimaa on kivennäismaata, ja sillä on suuret NH₄⁺-typen varat 170 cm:n syvyydestä alkaen. Viljan viljelyssä olleelta pellolta huuhtoutui typpeä v. 2011-2017 keskimäärin 52 kg/ha vuosittain (vaihtelu 31 – 81 kg/ha) [7]. Sen sijaan Kuvan 1 turvemaalta Ruukissa huuhtoutui v. 2017-2018 vain 15 kg/ha vuodessa [4]. Voidaan arvella, että Ruukissa turvekerros suojaa NH₄⁺-N hapettumiselta. Sen sijaan Mustasaarella hapelliset olot saattavat joskus ulottua syvälle pohjamaahan saakka, jolloin NH₄⁺ voi muuttua NO₃⁻:ksi, mikä voi johtaa typen huuhtoutumiseen.

Johtopäätökset

Alustavien tulosten mukaan happamien sulfaattimaiden syvemmissä kerroksissa on suuret NH₄⁺-typen varat. Tällaisilla mailla on havaittu voitavan tuottaa suuria satoja, joskus jopa ilman typpilannoitusta. Tarvitaan nykyistä kattavampaa kartoitustietoa sulfaattimaiden mineraalitypen varojen suuruudesta ja niiden käyttäytymisestä. Toistaiseksi ei varmasti tiedetä, lisäävätkö nämä varat typen huuhtoutumista ja millaisilla mailla ja millaisissa oloissa näin voi tapahtua. On tärkeää tietää, voidaanko vesitaloudellisilla toimilla vaikuttaa näiden typpivarojen prosesseihin. Kansantaloudellisesti ja maatalon talouden näkökulmasta on tutkittava, voidaanko sulfaattimailla vähentää typpilannoitusta satojen siitä kärsimättä.

Kirjallisuus

- [1] Rekolainen, S. 1989. *Aqua Fennica* 19: 95-107.
- [2] Paasonen-Kivekäs, M. & Yli-Halla, M. 2005. *Agricultural and Food Science* 14: 57-69.
- [3] Šimek, M. ym. 2011. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 140: 113-122.
- [4] Yli-Halla, M. et al. 2022. *Science of the Total Environment* 806, Artikkelin n:o 150499.
- [5] Yli-Halla, M. *Tuottava Peruna* 3/2013: 10-11.
- [6] Leppänen, A. & Esala, M. 1995. *Maatalouden Tutkimuskeskus. Tiedote* 1/95. 29 s + liite.
- [7] Yli-Halla, M. et al. 2020. *Environmental Monitoring and Assessment* 192: 751.

ISBN 978-951-51-8869-4 (nid.)
ISBN 978-951-51-8870-0 (PDF)
ISSN 1457-263X

Helsinki 2023