

1 Posterit

Kaupallisen potentiaalin uudet kasvit käytöstä poistetuilla turvetuotantoalueilla (3)

Jari Ruski, agrologi (AMK), Johanna Pihala, Laura Reuna
Pyhäjärvi-instituutti

Turvetuotannon vähentyminen aiheuttaa alueellisia muutoksia. Elinvoiman turvaamiseksi tarvitaan toimenpiteitä uusien innovaatioiden, toimintamallien, teknologioiden ja tuotantoprosessien kehittämiseen sekä niiden tuomiseen käytäntöön. Satakunnassa turvetuotannon väheneminen vaikuttaa erityisesti Pohjois-Satakunnassa ja Ala-Satakunnassa. Satakunnan ammattikorkeakoulun, Pyhäjärvi-instituutin, Prizztechin ja Satafoodin toteuttaman JTF-rahoitteisen Satakunnan biotalouden vahvistaminen ja varmistaminen -hankkeen tavoitteena on korvata turvetuotannon vähentymisestä aiheutuvia tulonmenetyksiä paikallistaloudessa kehittämällä Satakunnan biotalouden ja ruokaketjun TKI-toimintaa. Tavoitteena on pilotoida ja ottaa käyttöön uusia teknologioita, innovaatioita ja tuotantomuotoja.

Osana hankkeen Ruuantuotannon ympäristön innovatiiviset ja monipuoliset ratkaisut sekä käytännön sovellukset -työpakettia toteutetaan kasvatuspilotoinnit uusista kuivikkeista ja energiantuotantoon käytettävistä materiaaleista sekä uusista ruoka-, yrtti- ja lääkekasveista. Pienimuotoisissa kasvatuspiloteissa kokeillaan erilaisten uutta markkinapotentiaalia omaavien kasvien viljelymahdollisuuksia käytöstä poistuneella turvetuotantoalueella.

Vuonna 2024 aloitetun pilotoinnin valmistelemina toimenpiteinä pilottialueelta teetettiin ravinneanalyysit. Tuloksia hyödynnettiin kasvuolosuhteiden ja pilottikasvien menestymismahdollisuuksien arviointiin. Pilottialue lannoitettiin kahdella eri typpimäärällä ja lisäksi alueelle jätettiin lannoittamaton kasvatusalue. Muita kasvukunnan parantamisen toimenpiteitä alueella ei tehty, sillä tavoitteena ei ollut muodostaa peltomaisia kasvuolosuhteita.

Kasvatuspilottien ensimmäisen osan tavoitteena on löytää mahdollisimman suurta biomassaa entisen turvesuon olosuhteissa kasvattavia kasveja. Kuivike- ja energiakasvien pilotoinneissa keskityttiin kasveihin, joita ei aikaisemmin ole kasvatettu näihin käyttötarkoituksiin Suomessa. Kahden ensimmäisen kasvukauden kokeissa on biomassakasvatuksessa olleet sudaninruoho, kaura, elefanttiheinä ja ruis.

Pilottien toinen osa käsittää uusien ruoka-, yrtti- ja lääkekasvien pilotoinnin. Tähän mennessä pilottialueelle on istutettu juolukkaa, marja-aroniaa ja tervaleppää. Kasvivalintoihin vaikuttivat kasvupaikan olosuhteiden lisäksi myös kasvien kaupallinen potentiaali, lisäysmateriaalin saatavuus, olemassa olevat viljelymenetelmät sekä mahdolliset riskit luonnolle tai muille viljelykasveille. Tervalepän kaarnalle voisi olla monipuolisesti lääkinnällistä käyttöä, ja puu sietää hyvin märkyyttä. Juolukan marjat ovat erityisen flavonoidipitoisia, ja kasvi viihtyy happamilla kasvupaikoilla. Marja-aronia puolestaan sopeutuu monille maalajeille ja kestää kylmää, ja sen marjoilla on sekä tunnettuja terveyshyötyjä, että mahdollisia teollisia käyttökohteita.

Eri jälkikäyttöjen vaikutus suonpohjan CO₂- ja CH₄-voihin (8)

Liisa Jokelainen, Maatalous- ja metsätieteiden maisteri, Paavo Ojanen, Kari Minkkinen, Anna-Kaisa Ronkanen, Tiina Ronkainen
Helsingin yliopisto

Suomessa sekä ohut- että paksuturpeisia suonpohjia, eli turvetuotannosta poistuvia turvekenttiä, vapautuu lähivuosina jälkikäyttöön suuria määriä. Tämä johtuu energiaturpeen käytön vähenemisestä. Näiden alueiden jälkikäytöllä on ilmastoon kannalta suuri merkitys. Suonpohjien metsittäminen on yleisin jälkikäyttömuoto Suomessa. Muita suonpohjan jälkikäyttöjä ovat esimerkiksi energiapuun kasvatusta, peltoviljelyä, ennallistaminen soistamalla ja kosteikon perustaminen vettämällä. Ojitetuilla turvemaidella, kuten suonpohjilla, kasvihuonekaasupäästöt yleensä kasvavat verrattuna luonnontilaiseen suohon. Suonpohjan jälkikäyttöjen ilmastovaiikutuksia sekä näitä vertaileva tutkimus on hyvin vähäistä. Tässä työssä tutkitaan kuinka eri jälkikäytöt vaikuttavat suonpohjan CO₂- ja CH₄-voihin.

Jälkikäyttöjen vaikutusta tutkitaan Pohjois-Pohjanmaalla sijaitsevalla suonpohjalla vuosien 2022–2025 aikana. Alueella on toteutettu kolme erilaista jälkikäyttöä: ennallistaminen soistamalla, kosteikko sekä metsitys. Lisäksi alueelle on jätetty käsittelemätön kontrollialue. Yhteensä 15 koealalla mitataan CO₂- ja CH₄-voiden lisäksi pohjavedenpinnan tasoa sekä maan lämpötilaa ja kosteutta. Maaperän kasvihuonekaasut mitattiin kammiomittausmenetelmällä ennen jälkikäyttöön siirtymistä (v. 2022) sekä siirtymän jälkeen (v. 2024 ja 2025). Esityksessä on tarkoitus esitellä alustavia tuloksia näistä mittauksista.

Tutkimuksesta saatavien tulosten perusteella voidaan tarkemmin arvioida minkälaisia kasvihuonekaasupäästöjä suonpohjat tuottavat eri jälkikäytöillä ja mitkä tekijät näihin päästöihin vaikuttavat. Tulosten avulla pystytään lisäksi vertailemaan eri jälkikäyttöjen kannattavuutta ilmastönäkökulmasta. Tutkimus on osa EU:n rahoittamaa MERLIN-hankekokonaisuutta (Mainstreaming Ecological Restoration of freshwater-related ecosystems in a Landscape context: INnovation, upscaling and transformation).

Kuoriamebayhteisöjen muutokset ennallistetuilla korpisoilla Sipoonkorvessa, Etelä-Suomessa (19)

Elmiina Pilkama, Roosa Hautala, Sanna Piilo, Miisa Pikkarainen, Kari Minkkinen, Minna Välranta
Helsingin yliopisto, ympäristön muutoksen tutkimusyksikkö (ECRU)

Korpisuot ovat ekologisesti arvokkaita ekosysteemejä, mutta ihmistoiminta vaikuttaa niistä suureen osaan. Korpisoiden ojitus on ollut Suomessa laajaa, mutta viime aikoina niiden ennallistaminen ja luonnontilaiseksi palauttaminen on lisääntynyt. Viime vuosikymmeninä Euroopassa on myös havaittu luonnontilaisten soiden kuivumista sekä suorien että epäsuorien ihmistoimien seurauksena. Ilmastonmuutoksen ja ihmistoiminnan yhteisvaikutusten odotetaan tulevina vuosikymmeninä muokkaavan soiden hiilivarastoja huomattavasti ja muuttavan niiden hiilenkiertoa. Soiden mikrobiyhteisöjä tutkimalla saadaan arvokasta tietoa sekä menneistä ympäristömuutoksista että nykyisen suomaaperän terveydestä.

Kuoriamebat ovat tärkeä osa suon mikrobiyhteisöä. Ne ovat sekä hajottajia että saalistajia ja vaikuttavat siten keskeisesti soiden hiilikiertoon. Koska kuoriamebat reagoivat herkästi kosteusolojen vaihteluun, niitä on pitkään käytetty mallintamaan soiden menneisyyden kosteusolosuhteita. Sen sijaan ennallistamisen vaikutuksista kuoriamebayhteisöihin tiedetään vielä varsin vähän, vaikka tieto on keskeistä soiden hiilidynamiikan takaisinkytkentöjen ymmärtämiseksi.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kuoriamebayhteisöjen muutoksia boreaalisen vyöhykkeen metsätalousojitetuilta korpisoilta. Tutkimuksessa on tarkoitus kattaa ajanjakso ennen ojitusta, ojituksen aikana sekä ennallistamisen jälkeen. Tavoitteena on saada tietoa nykyisistä kuoriamebayhteisöistä ja yhteisöjen vasteesta ympäristötekijöiden muutoksiin ennallistetuissa korvissa, joista on tehty aikaisempaa tutkimusta melko vähän.

Tutkimuksessa kuoriameba-, kasvimakrofossiili- ja hiili-typpi-analyysit tehdään kolmelta Etelä-Suomessa sijaitsevalta suolla. Yksi kohteista toimii luonnontilaisena vertailusuona, kun taas kaksi muuta on ensin ojitettu ja sittemmin ennallistettu. Alustavien tulosten perusteella luonnontilaisella suolla kuoriamebayhteisö muuttuu selvästi turvekerroksen syvyyden mukaan. Ojitettujen ja ennallistettujen soiden näytteissä osa turveprofileista viittaa kosteampien elinympäristöjen lajeihin jo suhteellisen lähellä pintaa, kun taas toisissa profileissa kuoriamebalajisto ei anna yhtä selkeää viitettä ennallistamisen vaikutuksista.

Modelling cutover peatland with JSBACH-HIMMELI (21)

Maarit Raivonen, MMT, Che Liu, Tuula Aalto, Suvi Orttenvuori, Erkka Rinne, Ahmed Shahriyer, Annalea Lohila
Helsingin yliopisto

Finding profitable and environmentally sustainable after-use forms for abandoned peat extraction ('cutover') areas is important, especially now when the production of energy peat has declined in Finland. We are studying the impacts of different after-use forms on, for example, the greenhouse gas (GHG) exchange of cutover peatlands in two projects. Project TUPSU investigates the effects of afforestation, and AurinkoSuo focusses on the impacts of solar power plants. Both projects employ land surface model JSBACH, peatland implementation of soil carbon model YASSO, and methane model HIMMELI. JSBACH includes peatlands as one of the land cover types, but their description corresponds to pristine conditions. However, cutover peatlands have a history of drainage, compaction and, of course, peat extraction, and thus the peat properties are distinct from a pristine peatland. It is also important to modify the model forcing data, e.g. radiation, air temperature and wind speeds, according to the planned after-use of the peatland. For example, extensive solar panel arrays seem to create cool microclimates under them. Therefore, we have modified JSBACH and its parameters for a more realistic description of a cutover peatland through our simulations. Moreover, we employ HIMMELI for a more thorough simulation of GHG production and emissions, which was designed for boreal peatlands specifically. Our poster will present results of model simulations of hydrological traits, energy and GHG fluxes, as well as comparisons with pristine peatlands. We will discuss the results' significance based on literature.

Satakunnan turvetuotantoalueiden ennallistamisen vesistö- ja monimuotoisuusvaikutukset muuttuvassa ilmastossa (23)

Ville Kangasniemi, FM, Päivi Laine, Essi Kiiskinen
Pyhäjärvi-instituutti

Turvetuotannossa oleva maa-ala pienenee turpeen energiakäytön vähentymisen myötä. Näin on käymässä myös Satakunnassa, jossa turvetuotannon pinta-ala on tällä hetkellä lähes 5000 hehtaaria. Käytöstä poistuneille alueille jäävä turve voi aiheuttaa sekä ilmasto- että vesistöpäästöjä, joiden määrään voidaan vaikuttaa mm. alueen jatkokäyttömuodon valinnalla. Käytöstä poistuneiden alueiden ennallistamiseen tähtäävällä jatkokäytöllä voi olla ilmasto- ja vesistöhyötyjen lisäksi positiivisia vaikutuksia mm. alueellisen suoluonnon tilaan ja ekologisten käytävien jatkuvuuteen sekä ihmisten viihtyvyyteen.

Edellä mainittuihin teemoihin syvennyttään JTF-rahoitteisessa Turvetuotantoalueiden ennallistamisen ja päästöjen vähentämisen selvitykset ja pilotoinnit -hankkeessa, jota toteuttavat Tampereen yliopiston Porin yksikkö ja Pyhäjärvi-instituutti. Hankkeessa tarkastellaan paikkatietoperusteisesti turvetuotannosta poistuneita kohteita Satakunnan alueella ja arvioidaan niiden ennallistamisen potentiaalia ilmasto- ja vesistövaikutusten vähentämiseksi. Vedenhallintaan ja biomassan määrän mittaamiseen liittyvien pilottien avulla selvitetään, millaisia ongelmakohtia liittyy ennallistamisen onnistumiseen ja tulosten mittaamiseen.

Hankkeen yhtenä keskeisenä tavoitteena on arvioida turvetuotantoalueen ennallistamisen vaikutuksia hydrologisen mallinnuksen avulla. Mallinnuksen ensimmäisessä vaiheessa tehdään alueen vettämismallinnus Scalgo-työkalun avulla, jonka jälkeen tehdään hydrologinen kuormitusmallinnus Vemala-mallin avulla eri ilmastoskenaarioissa. Mallinnuksen lisäksi kootaan tietoa valittujen potentiaalisten ennallistamiskohteiden nykytilanteesta ja mallinnuksen tulosten pohjalta arvioidaan ennallistamisen vaikutuksia kohteiden valuma-alueiden ja vesistöalueiden monimuotoisuuteen ja aluetalouteen.

PaluWise-hankkeessa kehitetään kosteikkoviljelyratkaisuja turvemaiden laaja-alaiseen, tuotannolliseen ja kestäväan käyttöön (24)

MMT, dos. Päivi Merilä, Tuula Larmola, Kristiina Lång, Maryam Ghalibaf, Aleksi Isoaho, Ilkka Leinonen, Hanna Lempinen, Laura Linnajärvi, Janne Rämö, Olli Peltola, Merja Saarinen, Sanna Saarnio, Aura Salmivaara, Leena Stenberg, Sakari Sarkkola
Luonnonvarakeskus

Ojitetut turvemaat ovat merkittävä ilmastoä lämmittävien kasvihuonekaasujen lähde. Horizon Europe -rahoitteisen PaluWise-hankkeen (2025-2029) tavoitteena on kehittää arvoketjuja, joissa turvemaita hyödynnetään kestävästi ja taloudellisesti kannattavasti kosteikkoviljelymenetelmin. Kosteikkoviljely tarkoittaa märkien ja uudelleenvetettyjen turvemaiden tuotannollista käyttömuotoa, joka suojelee turvekerrosta, vähentää maan painumista ja hiilidioksidipäästöjä sekä edistää luonnon monimuotoisuutta. Kosteikkoviljely tarjoaa keinon edistää ilmasto- ja monimuotoisuustavoitteita ja luoda uusia ansaintamahdollisuuksia maanomistajille, mutta tämä edellyttää sen nykyistä laajempaa käyttöönottoa.

Hanke tarkastelee koko kosteikkoviljelyn arvoketjua mukaan lukien 1) kohteiden valinta, 2) viljelijöiden ja raaka-aineiden hyödyntäjien kannalta toimivat käytännöt, 3) vaikutukset kasvihuonekaasu- ja vesistö päästöihin, hiilen varastoitumiseen, monimuotoisuuteen ja muihin ekosysteemipalveluihin sekä 4) kosteikkoviljelyn skaalautuvuus ja tukimahdollisuudet. Lisäksi tunnistetaan kosteikkoviljelyn sosioekonomisia esteitä ja tuetaan suosituksia kosteikkoviljelyä tukevan politiikan ja lainsäädännön kehittämiseksi EU:ssa.

Hankkeen laajoilla, yli 50 hehtaarin tutkimus- ja demonstraatioalueilla kehitetään peltotason toimenpiteitä ja arvoketjuja, joissa hyödynnetään kosteikkoviljelyyn soveltuvia kasvilajeja, joista tärkeimpinä hieskoivu, järviruoko, sarat, osmankäämi ja ruokohelpi. Neljästä demoalueesta kaksi (Suomi, Puola) ovat uusia ja toiset kaksi (Alankomaat, Iso-Britannia) jo aiemmin perustettuja, mikä mahdollistaa kosteikkoviljelykohteiden eri kehitysvaiheiden vertailun sekä arvoketjujen monistettavuuden ja skaalautuvuuden arvioinnin. Yrityspartnerit kehittävät biomassan korjuuteknologiaa ja jatkojalostusta mm. rakennus-, pakkaus- ja tekstiiliteollisuuden tarpeisiin. Lisäksi hankkeen verkostoalat, kuten PaludiZentrale (Saksa) tuottavat kokemuseräistä tietoa ja käytännön ohjeistusta ja rohkaisevat toimijoita innovatiivisiin parannuksiin esimerkiksi vedenpinnan tason hallinnassa, korjuuteknologiassa ja viljelykasvien valinnassa.

Suomen kohde on perusteilla Päämäriinsuon entiselle turvetuotantoalueelle Sonkajärvelle Pohjois-Savoon. Osa alueesta on jo vettynyt pumppaamisen päätyttyä ja pääalueet vetetään 2026. Päätuotantokasvit ovat hieskoivu, ruokohelpi ja paju. Kohteella seurataan mm. vedenpinnan tasoa, sadon määrää, maahengitystä, ekosysteemin hiilikaasutasetta, valumavesien laatua sekä alueella pesivää linnustoa. Mittauskampanjat kestävät kolme vuotta ja ensimmäisiä alustavia tuloksia saadaan 2026.

Arctic methane emissions: Case study in HE-IM4CA project (25)

Tuula Aalto, Dr, Tuula Aalto, Mika Aurela, Juha Lemmetyinen, Hannakaisa Lindqvist, Annalea Lohila, Rigel Kivi, Milja Männikkö, Aleksi Rimali, Veikko Rätty, Rebecca Ward, Torsten Sachs, Antoine Berchet, Hanna Lee, Ignacio Pisso, Marko Scholze, Rona Thompson, Sander Houweling
Ilmatieteen laitos

Arctic methane emission estimates remain highly uncertain, creating major ambiguities in projecting future emissions. HE-IM4CA project addresses this challenge by improving the quantification of Arctic methane fluxes and their sensitivity to changing climatological conditions. The project develops new methodologies for pan-Arctic upscaling by linking detailed process understanding from local flux measurements to satellite observations. Leveraging current missions—including land-surface sensors such as EnMAP and atmospheric composition satellites like TROPOMI — IM4CA establishes relationships between observed methane fluxes and satellite-derived environmental drivers, including land cover, vegetation characteristics, soil properties, wetness conditions, and freeze–thaw dynamics.

To build these relationships, a field campaign in July 2025 (also planned for 2026) collected simultaneous measurements of methane fluxes and soil moisture across upland-wetland-lake gradient and hyperspectral vegetation signatures using eddy towers, chambers, soil sensors, and UAVs linked with satellite observations. Field activities focused on sites across multiple permafrost degradation stages, connecting to existing measurement infrastructures (ICOS, WMO/GAW, TCCON) in a latitudinal transect from Iskoras through Abisko-Stordalen and Pallas to Sodankylä.

Atmospheric inverse modelling, supported by atmospheric methane and isotopic (^{13}C , D) data, bridges the scale gap between local measurements and satellite-based atmospheric composition products. IM4CA further develops an integrated data assimilation system that utilises the derived relationships and unifies atmospheric measurements, in situ methane fluxes and land-surface remote sensing. The observations are assimilated into process-based methane models (JSBACH-HIMMELI, LPJ-GUESS) and combined with inverse modelling frameworks (LUMIA, CIF-TM5-MP, LMDZ) that incorporate satellite methane retrievals. The models are further used with circumpolar datasets to produce an integrated, pan-Arctic characterization of methane emission dynamics. In our introduction to the project we will present the status of the work and future plans.

Korotetun pohjavedenpinnan vaikutus turvepellon kasvihuonekaasupäästöihin ja satoon (34)

Milla Niiranen, Filosofian maisteri, Miika Läpikivi, Hermann Aaltonen, Stephanie Gerin, Henriikka Vekuri, Liisa Kulmala, Jani Kurunsaari, Juho Kinnunen, Iikka Jurva, Maarit Liimatainen
Luonnonvarakeskus

Viljeltyt turvemaat ovat merkittävä päästölähde Suomessa ja globaalisti, ja niiden viljelyyn kohdistuu yhä kasvavaa painetta ilmastotavoitteiden näkökulmasta. Ojitus, lannoitus ja muokkaustoimenpiteet kiihdyttävät turpeeseen varastoituneen hiilen hajotusta ja vapautumista hiilidioksidi- (CO_2) ja typpioksiduulipäästöinä (N_2O) ilmakehään. Päästöjen vähentämiseksi on esitetty pellon pohjavedenpinnan korottamista altakastelun tai padottamisen avulla, mikä mahdollistaisi viljelyn jatkumisen, mutta vähentäisi aerobisessa hajotustoiminnassa vapautuvia CO_2 -päästöjä. Aiheesta on kuitenkin vielä vähän käytännöntutkimusta, ja saadut tulokset ovat vaihdelleet paljon tutkimusten välillä. Riskinä on, että vaikka CO_2 -päästöjä saataisiin vähennettyä, korkeampi pohjavedenpinta ja maan kosteuden lisääntyminen lisääisivät metaani- (CH_4) ja N_2O -päästöjä.

Aiheen tutkimiseksi Luonnonvarakeskuksen (Luke) Ruukin NorPeat-tutkimusalueella (26 ha) on vuodesta 2022 lähtien ollut toiminnassa veden varastoallas, josta vettä saadaan ohjattua säätösalaojien kautta pellolle ja säädeltyä siten pohjavedenpintaa lohkokokohtaisesti. Pellolla turpeen syvyys vaihtelee noin 20–80 cm välillä ja yli metrin syvyydessä esiintyy sulfidipitoista ainesta. Nurmivuosina tavoitteena on ollut nostaa pohjavesi noin 30 cm syvyyteen maan pinnasta. Kasvihuonekaasupäästöjä on mitattu 2019 vuodesta lähtien kammio-, lumigradien- ja pyörrekovarianssimenetelmällä ympärivuotisesti. Lisäksi avo-ojien kasvihuonekaasupäästöjä on mitattu kelluvilla kammioilla. Aineiston avulla voimme tutkia todellisessa viljelymittakaavassa vähentääkö korotetulla pohjavedenpinnalla viljely pellon kasvihuonekaasupäästöjä, riippuuko sen vaikutus turpeen syvyydestä, sekä mikä vaikutus pohjavedenpinnan korottamisella on sadon määrään ja laatuun

Studying the effect of afforestation of a cut-over peatland on carbon and nitrogen cycle using the process based model Landscape DNDC (39)

Ahmed Hasan Shahriyer, MSc, Tuula Aalto, Maarit Raivonen, Alexander Buzacott, Annalea Lohila
Finnish Meteorological Institute

Peat extraction from drained peatlands involves removing partially decomposed organic material that has accumulated over thousands of years. Traditionally, peat has been harvested as a fuel source for energy production. Beyond energy, peat is also used in horticulture as a soil conditioner and growing medium due to its high water retention and nutrient content. However, peat extraction has significant environmental impacts, including greenhouse gas emissions and loss of unique wetland ecosystems, making its use increasingly controversial and prompting a shift toward restoration and alternative materials. Now emphasis has been given to afforest previous cut-over peatlands, where peat extraction had been stopped. In this study, we investigate the effect of afforested cut-over peatland on the carbon and nitrogen cycle using the process based model Landscape DNDC.

Modeled CO_2 flux at newly afforested Naarasneva site followed the observed CO_2 flux, except immediately after the initial fertilization, when the site was a CO_2 source but model predicted sink of CO_2 . Chamber measurements of CO_2 , CH_4 and N_2O flux at different afforested cut-over site of different age was compared and model performance were varied, with some performing well while others were not good and no particular pattern to age of the forest was observed in the modeled predictions. Further, some modeling scenario concerning the site carbon to nitrogen ratio and different species growth was tested. Pine was found to be more successful in growing at different conditions compared to Birch or Spruce. Preliminary estimates on annual balances were calculated and potential of afforested cut-over peatland to mitigation of climate warming was investigated.

Kasvihuonekaasujen mikrobiologinen kierto trooppisten suometsien puiden latvuksissa (40)

Anuliina Putkinen, FT, Salla Tenhovirta, Eyrún Gyða Gunnlaugsdóttir, Lukas Kohl, Mari Pihlatie
Maaperä- ja ympäristötiede, Maataloustieteiden osasto, Helsingin yliopisto

Trooppiset suometsät voivat toimia sekä lähteinä että nieluina metaanille (CH_4) ja dityppioksidille (N_2O), ja siten vaikuttaa merkittävästi globaaliin kasvihuonekaasutasapainoon. Silti taustalla olevat biogeokemialliset prosessit tunnetaan näillä alueilla yhä melko huonosti. Erityisesti kasvillisuuden roolia on tutkittu varsin vähän.

Me keskityimme trooppisten puiden latvuksiin ja tutkimme niiden kasvihuonekaasudynamiikkaa kahdessa turvesuometsässä Amazonin alueella (Iquitos, Peru): luonnontilaisella suojelualueella (Quistococha) sekä vertailukohteena palmujen viljelymetsässä (Zungarococha). Toteutimme kaksi kenttätutkimusjaksoa (11/2023, 5/2024), joilla arvioimme 3–4 puulajin lehdistä/oksista potentiaalista CH_4 :n ja N_2O :n tuotantoa/kulutusta (aerobinen 48 h pullokoe). Lisäksi tutkimme typensidontaa ^{15}N -isotooppileimauksen avulla (72 h inkubointi). Samoista oksista kerättiin näytteet epi- ja endofyyttisten mikrobisyhteisöjen metagenomianalyysiä varten.

Alustavat tulokset osoittivat pieniä mutta merkitseviä päästöjä molemmista kaasuista kaikilla tutkituilla puulajeilla. Lehtiin kiinnittyvät ohuet oksat ("twigs") erosivat puulajeittain: Hevea sp. toimi molempien kaasujen heikkona nieluna, kun taas Symphonia sp. oli niiden lähde. Vaihtelu oli kaikin puolin suurta, mukaan lukien saman lajin sisällä eri kohteissa. Typensidontaa havaittiin kolmella neljästä puulajista. Metagenomitulosten perusteella lehtien mikrobisyhteisöissä oli geneettistä potentiaalia mm. denitrifikaation eri vaiheille sekä typensidonnalle, kun taas nitrifikaation merkkigeenejä (amoA) havaittiin hyvin vähän.

Tämä tutkimus tarjoaa uutta tietoa trooppisten puiden latvustojen kasvihuonekaasuprosesseista ja niihin liittyvistä mikrobisyhteisöistä. Siten se auttaa muodostamaan kokonaisvaltaisemman käsityksen trooppisten suometsien kasvihuonekaasutasapainosta ja sen taustalla vaikuttavista tekijöistä.

The role of snow cover in controlling the methane emissions on northern peatlands studied with ecosystem modeling (42)

Suvi Orttenvuori, FM, Tiina Markkanen, Mika Aurela, Anna Kontu, Juha Lemmetyinen, Antti Leppänen, Milja Männikkö, Tuula Aalto
Ilmatieteen laitos

Seasonal snow cover influences soil freezing dynamics by forming an insulating layer on top of the soil and modifying the soil thermal regime. In natural wetlands, which have a significant contribution to global methane emissions and are object to rising surface temperatures, snow cover impacts the timing and magnitude of these emissions. The net methane flux is regulated by the processes of production, oxidation, and transport of CH_4 . Methane is transported to the atmosphere by diffusion, ebullition and plant-mediated transport. Snowpack slows down the diffusion of methane from the soils and high methane emissions can occur during spring snow melt and soil thaw.

Ecosystem models are widely applied to simulate the water, energy, and carbon cycles in the land-surface interface but often show significant differences in their descriptions of cold season physical processes as the models are often developed for the growing season or lower latitudes. The aim of this study was to utilize the JSBACH ecosystem model and run it coupled with the HIMMELI peatland methane production and transport model to assess how snowpack modifies the methane emissions in high-latitude peatlands. We especially study how including the effect of snow resistance in the model framework impacts different CH_4 transport pathways and production of methane. Additionally, the current permafrost and dynamic snow schemes in JSBACH are further developed to more accurately simulate the observed snow dynamics. The model framework is forced, calibrated and evaluated using observational data from Halssiaapa, an established pristine mire eddy covariance (EC) measurement site located in northern Finland. Modeled methane fluxes and snow dynamics are compared against EC, chamber, and snowpack CH_4 diffusion gradient observations in addition to manual and automated observations of snow properties. Our preliminary results indicate that the snowpack impacts the soil freeze/thaw, anoxic conditions, methane concentrations and plant-mediated transport, therefore demonstrating the complex and non-linear relationship between seasonal snow cover and processes related to methane production, transport and oxidation.

Microbial responses to hydrological gradients, reindeer exclusion, and snow changes in a northern peatland (43)

Tommi Välikangas, Filosofian tohtori, Hannu Fritze, Juha-Matti Pitkänen, Krista Peltoniemi, Eeva Järvi-Laturi, Torben R. Christensen, Maria Väisänen, Juho Lämsä, Riku Paavola, Jenni Hultman
Luonnonvarakeskus

Northern peatlands store large carbon and nitrogen stocks but are sensitive to warming and disturbance. Northern regions are warming faster than the global average and greenhouse gas emissions from northern soils are predicted to increase in the future. Soil microbial activity plays a central role in methane (CH_4) and nitrous oxide (N_2O) cycling, yet these processes and their details are not well understood. For instance, hydrology, herbivory and changing snow conditions may affect the soil microbes responsible for these processes.

We investigated how hydrological gradients, reindeer (*Rangifer tarandus*) exclusion, and experimental snow manipulations shape the bacterial and archaeal communities in the boreal rich fen Puukkosuo in northeastern Finland. Parallel metagenomic (MG) and metatranscriptomic (MT) sequencing were combined with pore-water chemistry and in situ CH_4 flux measurements to link microbial prevalence and activity to ecosystem processes.

Microbial communities separated clearly along the hydrological gradient that coincided with the reindeer exclusion treatment, with Pseudomonadota and Chloroflexota as the most abundant taxa. Ungrazed downslope plots showed higher expression of denitrification genes (NorB, NosZ) and reduced (NirS+NirK)/NosZ ratios, indicating greater potential for complete denitrification to N_2 instead of N_2O compared to the grazed upslope plots. In contrast, methanogenesis was enhanced in the grazed upslope plots, reflected by increased McrA expression, lower PmoA/McrA ratios, and significantly higher CH_4 fluxes. Snow manipulations caused only moderate shifts in microbial structure and function.

Overall, hydrology appeared as the likely primary driver structuring both microbial communities and functions, with reindeer presence potentially fine-tuning these effects. Vegetation differences between the grazed upslope and ungrazed downslope area may partly confound the observed effects, especially related to methane and methanogenesis. Together, these findings suggest that in nutrient-rich sloping fens, microbial processes largely reflect the hydrological control of redox and nutrient conditions, while herbivory and vegetation act as interacting modifiers. Following, understanding these intertwined drivers is essential for predicting carbon and nitrogen cycling in northern peatlands under ongoing climate and land-use change.

Tuuletussolukollisten kasvien ominaisuuksien vaikutus soiden metaanikiertoon (44)

Aino Korrensalo, FT, Inka Tammisto
Luonnonvarakeskus

Kosteikot ovat suurin ja kasvava luonnollinen metaanin lähde ilmakehään ja merkittävä epävarmuuden lähde globaaleissa metaanibudjeteissa. Turvetta kerryttävillä soilla putkilokasvilajistoa hallitsevat usein tuuletussolukolliset eli aerenkymaattiset kasvit, jotka ovat tärkeä substraatin lähde metaania tuottaville mikrobeille. Tuuletussolukolliset kasvit sumentavat hapellisen ja hapettoman kerroksen rajaa kuljettamalla happea hapettomaan juuristokerrokseen ja metaania ilmakehään. Esittelemme uuden hankkeen, jonka tavoitteena on tutkia, miten tuuletussolukolliset kasvit säätelevät metaanin kierron prosesseja: i) hapen kuljetusta, ii) metaanin kuljetusta ja iii) substraatin tarjoamista.

Tuuletussolukollisten kasvien vaikutukset metaanin tuottoon, hapettumiseen ja vapautumiseen vaihtelevat ominaisuuksiltaan erilaisten lajien välillä. Kuitenkin metaanin kiertoon liittyvät kasvien ominaisuudet ja niiden vaihtelu lajien ja elinympäristöjen välillä tunnetaan huonosti, samoin kuin näiden ominaisuuksien merkitys kasviyhteisön metaanivuon ennustamisessa. Pyrimme selvittämään metaanin kierron prosesseihin vaikuttavia kasvien ominaisuuksia ja mittaamaan ominaisuuksien vaihtelua lajien, suolinympäristöjen ja maankäyttömuotojen välillä. Suoritamme kenttä- ja laboratoriomittauksia metaanin kierron prosesseista ja kasvien ominaisuuksista käyttäen 16 eurooppalaista suokoealaa, joihin lukeutuu luonnontilaisia, ojitettuja ja ennallistettuja kohteita. Nämä aineistot yhdistetään aiempiin mittauksiin kasvien ja mikrobien yhteisörakenteesta sekä turpeen ominaisuuksista samoilla koealoilla. Selvittääksemme hetkellisten ympäristömuuttujien ja kasvilajikohtaisten ominaisuuksien suhteelliset vaikutukset soiden metaanivoihin, tutkimme ominaisuuksiltaan erilaisia kasvilajeja mesokosmikokeessa. Testaamme kasvien metaaninkierto-ominaisuuksien merkitystä kasviyhteisön metaanivoiden ennustamisessa.

Soiden kasvillisuus ja hiilenkierto muuttuvat ilmaston ja maankäytön muutosten vuoksi. Tämä hanke pyrkii tuottamaan tietoa, jonka avulla voidaan ennustaa, miten kasvillisuuden muutos voisi vaikuttaa kasviyhteisön metaaninkierto-ominaisuuksiin. Soiden metaanipäästöjä ennustavat mallit kuvaavat vielä puutteellisesti kasvillisuuden vaikutusta metaanin kiertoon. Hankkeessa muodostamme toiminnallisia kasviryhmiä, jotka on suunniteltu ennustamaan soiden metaanin kiertoa, ja käytämme niitä mallissa, joka simuloi ekosysteemitason metaanivirtauksia.

Spatio-temporal dynamics of degrading palsa mires and their greenhouse gas fluxes across Fennoscandia (47)

Franziska Wolff, PhD, Timo Kumpula, Mika Aurela, Tuula Aalto, Juha Lemmetyinen
University of Eastern Finland, Department of Geographical and Historical Studies

Palsa mires form a mosaic of frost-heaved mounds, fens, and bogs with complex hydrological and biogeochemical interactions. Owing to this complexity, palsa mires remain an understudied peatland type, and their limited spatial extent makes them difficult to monitor using coarse-resolution remote-sensing products such as satellite imagery.

The research project SPACEFEN (Spatio-temporal dynamics of degrading palsa mires and their greenhouse gas fluxes across Fennoscandia) investigates greenhouse gas flux dynamics and their drivers in degrading palsa mires across Fennoscandia in varying seasons, addressing critical knowledge gaps related to permafrost thaw and climate change. The project further has a strong emphasis on process-based modelling to refine global carbon and feedback model, as well as remote sensing for geospatial applications and monitoring. As part of this effort, the first Eddy Covariance system on a Finnish palsa mire will be established, and extensive collaboration among Fennoscandian palsa researchers ("FENNPALS") and their palsa sites will be fostered.

One important knowledge gap concerns the role of hydrology in shaping permafrost and biogeochemical processes within palsa mire complexes. Accordingly, key methods and the implementation of SPACEFEN's goals will be presented, along with more detailed insights on how to monitor the moisture regime, surface hydrology and flow connectivity in palsa mire complexes derived from Unoccupied Aerial Vehicles (UAV).

Variability and environmental drivers of CH₄, CO₂ and N₂O fluxes across high latitude terrestrial ecosystems (49)

MSc. Johannes Niemi, Miska Luoto, Johanna Lehtinen, Jenni Hultman
Helsingin yliopisto

The large soil carbon stocks in northern ecosystems make high-latitude regions fundamentally important to the global carbon cycle. Moreover, global warming is more pronounced in these regions, driving changes in ecosystem structure and functioning which, in turn, affects carbon and ghg-dynamics.

This study aims to examine the seasonal and spatial variability of CO₂, CH₄, and N₂O fluxes, along with their environmental drivers, across subarctic forests, wetlands, and tundra. The study is based on measurements taken during the 2024 and 2025 growing seasons in Finnish Lapland, spanning from spring snow melt to autumn snowfall.

The study sites are located at the Pallas-Yllästunturi national park and Kilpisjärvi area. During the measurement campaign, 1300 measurements (per gas) were conducted at 144 locations using closed (opaque) chambers with two portable gas analyzers (LI-COR-LI7810 and LI7820) to measure CO₂ (ecosystem respiration), CH₄, and N₂O.

Additionally, we measured various environmental drivers connected to gas fluxes such as, a detailed vegetation survey, soil sampling for microbial data, SOC, organic layer depth, soil nutrients and pH. Furthermore, microclimate (soil and air temperature and soil moisture) was continuously monitored using TOMST data loggers for each plot. Measurement areas represent 8 different key high-latitude ecosystems: fens, bogs, permafrost bogs (palsas), tundra wetlands, deciduous forests, evergreen forests, bare-ground tundra and dwarf-shrub tundra.

Almost all tundra and forest areas acted as small CH₄ sinks and minor N₂O sources, while wetlands were net CH₄ sources. Seasonally flooding mineral soil wetlands (tundra wetlands) emitted far less CH₄ compared to fens, bogs and permafrost bogs. High CH₄ fluxes in wetlands were always coupled with significant N₂O sinks and in general, wetlands acted as net N₂O sinks. CH₄ fluxes from degraded permafrost bogs (palsas) were higher than from intact palsas. Seasonal variations were evident for all gases. Peak positive CH₄ fluxes generally occurred in July-August which also coincided with the peak CH₄ sinks from forests and tundra, and peak ecosystem respiration rates (CO₂) from all ecosystems. Fluxes noticeably changed towards September with both sinks and sources being smaller.

Wetland Restoration in Europe – Four approaches (54)

Liisa Ukonmaanaho, FT, Tuula Larmola, Shubiao Wu, Fransisco Lopez, Ana Lillebo
Luke

The global climate goal is to reach net-zero greenhouse gas emissions by 2050, and the EU targets at least a 55% reduction by 2030. Achieving these ambitions requires new mitigation actions across land-use sectors, where wetlands—carbon-rich ecosystems—offer powerful climate benefits alongside gains for biodiversity and water-related ecosystem services.

Peatlands, floodplains, freshwater and coastal wetlands have been degraded for centuries, primarily by large-scale drainage for agriculture, forestry, mining, and peat extraction, releasing vast stored carbon as greenhouse gases. Restoration is one of the most effective strategies to curb emissions from wetlands and to re-establish wetlands as carbon sinks, while also supporting sustainable land use, local livelihoods, and regional wellbeing. In 2022, 4 Horizon Europe funded projects (ALFAwetlands, WET HORIZONS, REWET, RESTORE4c's) were launched to address this challenge and advance solutions at the science–policy–society interface:

ALFAwetlands (www.alfawetlands.eu) is coordinated by Natural Resources Institute Finland, Luke and carried out at local to EU levels with 15 partners across Europe. The goal of ALFAwetlands is to improve the geospatial knowledge base of wetlands, to evaluate the pathways of wetland restoration that incorporate a co-creation process and to provide information and indicators for sustainability to maximise climate change mitigation, biodiversity and other benefits.

WET HORIZONS (www.wethorizons.eu/) is coordinated by Århus University, Denmark and has 14 partners around Europe. It will improve wetland restoration through a holistic approach, increasing key knowledge and developing tools to support faster large-scale action. The project will improve data from pristine, drained, and rewetted peatlands, floodplains and coastal wetlands, model common restoration measures under varying conditions, and assess socioeconomic impacts, delivering guidelines and best management practices.

The objective of the REWET (www.rewet-he.eu/) is coordinated by Idener, Spain. The aim of the project is to facilitate sustainable restoration and conservation of terrestrial wetlands, including freshwater wetlands, peatlands, and floodplains, by applying fit-for-purpose technologies to monitor greenhouse gas emissions, biodiversity, meteorological events and social aspects of sustainability.

RESTORE4Cs (www.restore4cs.eu) is coordinated by University of Aveiro, Portugal with 15 partners across Europe. The project evaluates how restoration actions affect the ability of coastal wetlands to mitigate climate change, improve ecosystem services, and support biodiversity. RESTORE4Cs will gather data from 6 pilot sites across Europe and extend modelling tools to wider ecological and geographical contexts. The project will build e.g decision-support platform.

Ilmastohyötyä metsäojitettujen soiden ennallistamisesta (55)

Teemu Tahvanainen, PhD

Itä-Suomen yliopisto

Soiden ennallistamista esitetään yleisesti yhtenä merkittävänä globaalina ilmastoratkaisuna ja ilmastohyöty on keskeisenä motivaationa myös EU:n ennallistamisasetuksen taustalla. Suomalaisten metsäojitettujen soiden ennallistaminen on näyttäytynyt tässä suhteessa erikoisena poikkeuksena, sillä sen kohdalla ennallistamisen on arvioitu aiheuttavan pitkäkestoista ilmakehää lämmittävää vaikutusta. Tutkimusten ilmastomallinnukset ovat perustuneet ojitettujen ja luonnontilaisten soiden päästökertoimien käyttöön, ja oletuksena on ollut suon kasvihuonekaasuvirtojen muuttuminen luonnontilaisen kaltaiseksi välittömästi ennallistamisen jälkeen. Vaihtoehtoskenaariona on käytetty varttuneen suometsän maaperän kasvihuonekaasuvirtojen jatkumista sellaisenaan. Nämä karkeat yleistykset ovat ymmärrettäviä kattavien mittausaineistojen puuttuessa ennallistetuilta soilta, mutta niitä odotellessa on mahdollista hahmotella realistisempia skenaarioita. Tämä on tarpeen, sillä ennallistamisen arviointi on kiireellisen ajankohtaista ja vasta aloitettujen empiiristen tutkimusten tulokset mahdollistavat varmemman ilmastovaikutusten arvioinnin vasta vuosien päästä. Yhdistelemällä tietolähteitä, laadin dynaamiset skenaariot maaperän hiilidioksidin ja metaanin virroista ojitetuilla ja ennallistetuilla soilla ideaalitapauksessa ja sovelsin mallia 12:n ennallistetun suon otokseen. Hiilidioksidin osalta keskeinen tietolähde oli ennallistamisen jälkeisen rahkasammalikon kasvun julkaistu tutkimus ja metaanin osalta vedenpinnan syvyyden seuranta-aineistot. Tein ilmastomallinnukset REFUGE 4.4 työkalulla. Tulosten mukaan ennallistamisella voidaan saavuttaa merkittävä ilmastoa viilentävä vaikutus. Sadan vuoden tarkaste-lujaksolla viilentävä vaikutus oli hiilidioksidiekvivalenteiksi muunnettuna 1,8–6,3 t CO₂-ekv. m⁻² a⁻¹, riip-puen vahvasti käytetystä ojitustilan vaihtoehtoskenaariosta. Mallinnus pyrkii kuvaamaan vähäravinteisen ja happaman suon ennallistamista, jota voidaan pitää pinta-alallisesti yleisimpänä toteutuneena ennallistamista-pauksena ja relevanttina heikkotuottoisten metsäojitusten maankäyttöratkaisuna. Ennallistamisen tuottama tila ei tällöin vastaa luonnontilaisia märkeä oligotrofisia nevoja, vaan kehitys johtaa tyypillisemmin mätäspini-taiseen kasvillisuuteen. Seurauksena on hiilen varastoituminen kehittyvään uuteen pintaturvekerrokseen ja metaanipäästöjen niukkuus vedenpinnan jäädessä yhä syvemmälle sammalikon alle. Suomen metsäojitettujen soiden joukosta löytyy mitä ilmeisimmin Euroopan parhaat mahdollisuudet laajamittaiselle ennallistamisen tuottamalle ilmastohyödyille, joka olisi hyvä tunnistaa EU:n ennallistamisasetuksen implementoinnin käyn-nistyessä.

2 Poliitikka ja ohjaus

2.1 Suulliset esitykset

Pohjoiset suot muutoksessa – vertailuja Suomen, Irlannin ja Skotlannin välillä (12)

Maija Lampela, Anna Laine-Petäjäkangas
GTK

Ilmastonmuutos ja luonnon monimuotoisuuden heikkeneminen edellyttävät uutta ajattelua ja innovaatioita soiden ja turvemaiden käyttöön. Tässä LandUseZero-hankkeeseen kuuluvassa katsauksessa etsimme eroja ja yhtäläisyyksiä kolmen pohjoisen Euroopan soisen maan lähestymistavoissa soiden ja turvemaiden käyttöön, tavoitteenamme löytää ratkaisuja kestäväan käyttöön ja suojeluun. Tarkastelemme keskeisiä historiallisia virs-tanpylväitä sekä viimeaikaisia muutostekijöitä, jotka ovat vaikuttaneet soihin Suomessa, Irlannissa ja Skotlan-nissa. Esittelemme miten kansalliset kontekstit, kuten maanomistus, metsätalous, maatalous ja kotimaisten energianlähteiden tarve, ovat muokanneet soiden käyttöä näissä maissa. Lisäksi esittelemme kansalliseen ja EU:n soihin ja turvemaihin liittyvää politiikkakehitystä, ja tunnistamme esteitä näiden tärkeiden ekosystee-mien kestäväälle käytölle. Ehdotamme kuutta keskeistä ratkaisua, joilla voidaan parantaa soiden säilymistä laajemmin Pohjois-Euroopassa: 1. maisematasoan suunnittelu soiden vettämisessä ja ennallistamisessa, 2. en-nallistamisen seurannan tehostaminen tulosten parantamiseksi ja parhaiden käytäntöjen kehittämiseksi, 3. kansallisen ja EU-politiikan yhdenmukaistaminen eri sektoreilla (energia, ilmastonmuutos, luonnon moni-muotoisuus, maankäyttö) soiden ja turvemaiden kestäväan käytön edistämiseksi, 4. vihreän energiasiirtymän ja soiden ja turvemaiden kestäväan käytön välisten ristiriitojen minimointi, 5. paikallisyhteisöjen osallistami-nen ennallistamistoimiin hyväksyttävyyden ja tulosten parantamiseksi ja 6. markkinaperusteisten rahoitus-mekanismien laajempi hyödyntäminen, kuten hiili-, biodiversiteetti- ja vesikrediitit, soiden ennallistamisen rahoittamiseksi. Yhdessä nämä toimet tarjoavat polun pohjoisten soiden kestäväan käyttöön ja suojeluun tasapainottamalla luonnonympäristön hyvinvointia ja sosioekonomisia tarpeita.

Aapa- ja keidassoiden pinta-alan ja tilan arviointi EU:n luontodirektiivin mukaista raportointia ja kansallista ennallistamissuunnitelmaa varten (15)

Antti Sallinen, FT

Suomen ympäristökeskus

EU:n ennallistamisasetuksen mukaista kansallista ennallistamissuunnitelmaa laaditaan parhaillaan ympäristöministeriön johdolla. Luontodirektiivin luontotyyppien osalta ennallistamisasetuksessa todetaan, että hyvää huonommassa tilassa olevien luontotyyppiesiintymien pinta-alasta 30 % tulee olla ennallistamistoimien piirissä vuoteen 2030 mennessä, 60 % vuoteen 2040 mennessä ja 90 % vuoteen 2050 mennessä. Ennallistamisen tavoitepinta-alojen asettaminen perustuu näihin prosenttilukuihin sekä luontodirektiivin luontotyyppien pinta-alaa ja tilaa koskeviin arvioihin.

Aapa- ja keidassoiden pinta-alan ja tilan arvioinnissa lähdettiin liikkeelle GTK:n laatimasta soiden rajausaineistosta, jonka turvemaayksiköille tai suokohteille on laskennallisesti määritetty ojitustilanteeseen perustuva luonnontilaisuusluokka (luokat 0–5). Aineistosta otettiin ositettu satunnaisotos kasvillisuusvyöhykkeittäin ja luonnontilaisuusluokittain (18 osaotosta ja 593 suokohdetta). Suokohteet luokiteltiin paikkatietojärjestelmässä luontodirektiivin suoluontotyypeihin ja joko hyvään tai ei-hyvään tilaan monipuolisia tietoaaineistoja hyödyntäen (ilmakuvat, kartat, pintavalunnan virtausverkot, vinovalovarjosteet, kasvillisuuden korkeus- ja peittävyysaineistot).

Luontotyyppien osalta käytössä olivat luokat aapasuo, keidassuo, puustoinen suo, vaihettumis- ja rantasuo sekä palsasuo. Ihmistoiminnan voimakkaasti muuttamat kohteet luettiin luokkaan ”ei edusta direktiiviluontotyyppiä”. Suokohteen katsottiin olevan hyvässä tilassa, jos se ei ole ennallistamisen tarpeessa. Suon katsottiin olevan ennallistamisen tarpeessa, jos ojitus tai muu maankäyttö selvästi heikentää sen toimivuutta kokonaisuuden tasolla. Tuloksista laskettiin osaotoskohtaiset eri luontotyypeihin ja tilaluokkiin kuuluvien suokohteiden pinta-alaosuudet. Osaotoskohtaisten osuuksien perusteella laskettiin suoluontotyyppien hyvässä ja ei-hyvässä tilassa olevien esiintymien pinta-alat lähtöaineistossa, aina siinä osajoukossa, josta kukin osaotos oli peräisin. Aineisto sisältää kaikki yli 5 hehtaarin laajuiset turvema-alueet Suomen alueella (126 948 kpl, 61 668 km²).

Selvitys antoi aapasoiden pinta-alaksi 26 600 km² ja keidassoille 8 200 km². Aapasoista 13 200 km² ja keidassoista 5 100 km² on hyvää huonommassa tilassa. Ennallistettava pinta-ala on suuri, mutta tarvittavien toimenpiteiden pinta-ala on kuitenkin selvästi pienempi, ja sen tarkempi arviointi on paraikaa käynnissä. Muuttuneita, yli 5 hehtaarin laajuisia suokokonaisuuksia, jotka eivät enää edusta direktiiviluontotyyppiä, löytyi 20 800 km². Niitä ei ennallistamisasetuksen mukaan tarvitse ennallistaa.

Scientific Advisory Board of IPS - snapshots of it's work and peatland data collection (45)

Anna-Helena Purre, PhD
International Peatland Society

Scientific Advisory Board (SAB) of IPS has initiated several projects and activities to develop and distribute fact-based information about peatlands and commit to sustainable use of peat and peatlands. These activities include participation in projects such as EU Horizon 2020 MERLIN project, IPS data collection, convention work, organising webinar series and events. Among other activities, SAB initiated the global data collection campaign in autumn 2024. Data is collected to support the membership needs of IPS, develop peatland related materials and provide input to several projects of IPS. Peatland areas under different management and after-use types, emissions related to these land-uses (including pristine) and after-uses, and mitigation measures applied in each country to decrease the impacts of peatland land-uses and gathered. Responses from national experts but also publicly available sources were used.

The first results indicate large variability in data availability and reporting between the countries and regions, but also land-uses. Large data gaps are in less-developed parts of the World. Detailed data is available for many northern peatland-rich countries, and generally in countries reporting wetland-related emissions in National Inventory Reports. In Europe, the main peatland uses are agriculture and forestry, whereas peatland drainage for forestry is very small-scale in Canada and in Netherlands. Peat extraction covers minuscule areas in all countries where it occurs and is generally well documented and after-uses applied (rewetting in Europe, MLTT in Canada). Mitigation measures applied in e.g. agricultural and/or forestry-drained peatland soils are often less documented. Still the reporting level is variable and lacking in many peatland areas e.g. in Asia, Africa and South America where significant emissions could occur. Even when data about total peatland area is available in these regions, their management and related emission estimates are lacking. This complicates the targeted mitigation actions.

The main mitigation measures applied to counteract peatland related emissions and habitat degradation in different countries vary between the main peatland land-use type (although rewetting is main approach for all land-uses), historical background and current directions, land ownership and legislative and environmental conditions. Most of the restoration work is done in developed countries on Northern Hemisphere whereas large emissions could occur elsewhere.

Jälkitekollisten suomaiden toivotut tulevaisuudet (17)

Laura Puolamäki FT, Reeta Hautaniemi, Anu Lähteenmäki-Uutela, Antti Sallinen, Inka Santala, Jarmo Vehmas
Turun yliopisto

Tarkastelemme jälkitekollisten suomaiden toivottujen tulevaisuuksien risteyskohtia. Kohteenamme on neljä Satakunnassa sijaitsevaa turvetuotantoaluetta. Tavoitteena on tunnistaa oikeudenmukaisia tulevaisuuksia ja menettelytapoja turvetuotantoalueita koskevassa päätöksenteossa.

Turvetuotantoalueiden jatkokäyttö on ajankohtainen kysymys, sillä alueita jää jatkuvasti pois käytöstä turpeen loppuessa tai muista syistä. Perinteisten jatkokäyttömuotojen, kuten metsänkasvatuksen ja peltoviljelyn rinnalle ovat nousseet uudet vaihtoehdot, kuten aurinkoenergian tuotanto, kosteikkoviljely ja ennallistaminen.

Jälkikäyttövaihtoehtoihin kohdistuu moninaisia ja ristiriitaisiakin odotuksia. Satakunnassa suuri osa turvetuotannossa olevista kiinteistöistä on yksityismaalla. Maanomistajien toiveissa on saada taloudellista tuottoa myös turvetuotantovaiheen jälkeen. Kansainväliset ilmasto- ja luontotavoitteet velvoittavat myös ennallistamaan soita. Eri sidosryhmien ja erilaisten intressien yhteensovittamisessa on haasteita ja mahdollisuuksia oikeudenmukaisuuden näkökulmasta.

Kiinnostuksen kohteenamme on erityisesti kolme sidosryhmää: lapset (suomaiden tulevina käyttäjinä ja omistajina), maanomistajat (nykyisinä ratkaisevina toimijoina) ja poliittiset päättäjät (maankäytön ohjaajina).

Lasten toivomia tulevaisuuksia selvitettiin koulutyöpajoissa. Maanomistajien toivomia tulevaisuuksia kartoitettiin maanomistajakyselyllä ja haastatteluilla. Tuloksia täsmennettiin kolmen, kaikille avoimen yleisötilaisuuden yhteydessä sekä turvetuotantoalueiden paikallisyhteisöjen keskuudessa tehdyissä tutkimushaastatteluissa. Päättäjien toivomia tulevaisuuksia tarkasteltiin lainsäädännön tavoitteiden ja poliittisen ohjauskeinojen analyysillä.

Oikeudenmukaiseen päätöksentekoon liittyy kolme lähestymistapaa. Tunnustavan oikeudenmukaisuuden näkökulmasta arvioidaan, miten eri ikäiset ja eri tavalla turvetuotantoalueisiin kytkeytyvät ihmiset tulevat huomioiduiksi tulevaisuuteen vaikuttavassa päätöksenteossa. Menettelytapojen oikeudenmukaisuutta tarkastellaan osallisuuden kautta. Kysyttäväksi tulee, miten eri-ikäiset ja eri tavalla turvetuotantoalueisiin kytkeytyvät ihmiset pääsevät osallistumaan omaa tulevaisuuttaan koskevaan päätöksentekoon. Jako-oikeudenmukaisuuden toteutumista tarkastellaan arvioimalla tehtävien päätösten hyötyjen ja haittojen jakautumista eri toimijoiden ja sukupolvien välillä.

Kuivatuksesta kosteikkometsätalouteen – Siirtymän ohjauskeinot (2)

Aino Assmuth, MMT, Päivi Väänänen, Anssi Ahtikoski, Juha-Pekka Hotanen, Hannu Hökkä, Mari Könönen, Raija Laiho, Paavo Ojanen, Jaakko Repola, Sakari Sarkkola, Anne Tolvanen
Luonnonvarakeskus

Suomessa on metsätalouden piirissä 4,6 miljoonaa hehtaaria ojitettuja suometsiä, jotka ovat syntyneet suurimmaksi osaksi valtion ohjauksen seurauksena vastaamaan huoleen puuvarojen riittävydestä. Puuntuotannon näkökulmasta metsäojitukset ovat menestystarina, joka on lisännyt metsävaroja, vahvistanut metsätalouden kannattavuutta ja tukenut kansantaloutta. Nykyisen kaltainen suometsätalous aiheuttaa kuitenkin merkittäviä haittoja yhteiskunnalle vesistöjen laadun heikkenemisen, kasvihuonekaasupäästöjen ja luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen kautta. Nämä haitat eivät rajaudu metsänomistajiin, vaan ne koskettavat koko yhteiskuntaa. Koska haitallista vaikutuksista ei lähtökohtaisesti tarvitse maksaa korvausta kärsiville osapuolille, metsien käytöstä päättävillä toimijoilla ei ole ainakaan täysimääräistä kannustinta pyrkiä haittojen vähentämiseen.

”Ojitettujen suometsien metsänhoidon visiossa” keskeiseksi ratkaisukeinoksi suometsätalouden ongelmiin esitetään siirtymistä kosteikkometsätalouteen. Kosteikkometsätalouteen siirtymisessä tarvitaan nykyisten ohjauskeinojen päivittämistä ja kokonaan uusien ohjauskeinojen suunnittelua ja käyttöönottoa. Tässä työssä hahmotellaan informaatio-, normi- ja taloudellisen ohjauksen keinoja, joilla suometsätalouden siirtymistä kosteikkometsätalouteen voidaan edistää. Näitä ovat mm. metsänojituksen luvanvaraisuuden tiukentaminen, Metka-tukijärjestelmän päivitys sekä uudistamisvelvoitteen väljentäminen ennallistumaan jättämisen mahdollistamiseksi. Lisäksi esitetään ratkaisuja hakkuiden, kuivatuksen ja vesiensuojelun koordinointiin metsäisten latvavaluma-alueiden mittakaavatasolla. Koska ohjauskeinoarvioinnin eri ulottuvuuksille ja ohjauskeinojen tulonjakovaikutuksille annettavat painoarvot ovat viime kädessä poliittinen kysymys, tutkimus ei pysty yksiselitteisesti vastaamaan kysymykseen siitä, mitä ohjauskeinoja tulisi ottaa käyttöön.

Kuivatuksesta kosteikkometsätalouteen – Ojitettujen suometsien metsänhoidon visio (50)

Päivi Väänänen, MMT, Anssi Ahtikoski, Aino Assmuth, Juha-Pekka Hotanen, Hannu Hökkä, Mari Könönen, Raija Laiho, Paavo Ojanen, Jaakko Repola, Sakari Sarkkola, Anne Tolvanen
Luonnonvarakeskus

Suomessa on metsätalouden piirissä 4,6 miljoonaa hehtaaria ojitettuja suometsiä. Ne ovat syntyneet suurimmaksi osaksi valtion ohjauksen seurauksena vastaamaan huoleen puuvarojen riittävydestä. Puuntuotannon näkökulmasta metsäojitukset ovat menestystarina, joka on lisännyt metsävaroja, vahvistanut metsätalouden kannattavuutta ja tukenut kansantaloutta. Soiden ojittaminen on kuitenkin samalla aiheuttanut vesistökuormitusta ja kasvihuonekaasupäästöjä sekä heikentänyt suo- ja pienvesiluonnon tilaa. Ilmaston lämpenemisen myötä suometsätalouden ongelmien voidaan olettaa kasvavan, sillä turpeen hajoaminen kiihtyy lämpimimmissä olosuhteissa. Lisäksi runsasravinteisia, paksuturpeisia suometsiä on lähitulevaisuudessa tulossa suuri määrä uudistettavaksi erityisesti Etelä-Suomessa.

Ojitustoiminnan huippu sijoittui 1960- ja 1970-luvuille, ja tänä ajanjaksona ojitetut suometsät ovat nyt saavuttaneet puolen vuosisadan iän. Kuivumisen seurauksena turpeen ominaisuudet, ravinteiden kierto, sekä ojasyvyyden ja vedenpinnan tason suhde ovat muuttuneet siinä määrin, etteivät monet uudisojituksen ja ojitusalueiden alkuvaiheen aikaiset opit enää päde vanhoilla ojitusalueilla. Esimerkkinä tästä ovat vanhat tutkimustulokset, joiden mukaan puuston kasvu lisääntyi sitä enemmän mitä kuivemmaksi suometsä saadaan. Käsitys voimakkaan ojituksen tarpeellisuudesta on kuitenkin edelleen syvällä suuren ihmisjoukon ajattelussa. Suometsien hoitoon tarvitaan ajattelutavan muutos.

”Ojitettujen suometsien metsänhoidon vision” tavoitteena on vastata kysymykseen, että mitä ojitetuille suometsille pitäisi tehdä. Keskeiseksi ratkaisukeinoksi suometsätalouden ongelmiin esitetään siirtymistä kosteikkometsätalouteen. Kosteikkometsätalous on toistaiseksi vailla virallista määritelmää, mutta kosteikkoviljelyn periaatteita soveltaen se voidaan hahmottaa metsätalouden muotona, jossa vedenpinnan tasoa pidetään maan hiilivaraston turvaamiseksi korkeammalla kuin ojitetuissa suometsissä perinteisesti, mutta puuntuotantoa harjoitetaan edelleen kannattavasti. Tällöin sekä maaperän hiilivaraston hupenemista että suometsistä tulevaa vesistökuormitusta on saatu merkittävästi vähennettyä. Lisäksi hahmotellaan, miten erilaisia suometsiä voidaan hoitaa kosteikkometsätalouden periaattein.

3 Turvemaiden ilmasto- ja vesistö päästöt

3.1 Suulliset esitykset

A record-breaking peat fire in Greenland released millennia-old carbon (1)

Sonja Granqvist, PhD candidate, Sonja Granqvist, Lucas R. Diaz, Sander Veraverbeke, Markku J. Oinonen, Nikolaos Evangeliou, Sabine Eckhardt, Olli Sippula, Markus Somero, Arya Mukherjee, Minna Välliranta, Meri M. Ruppel
Ecosystems and Environmental Research Programme, University of Helsinki; Helsinki, 00014, Finland.

An alarming new feedback loop in Earth’s climate system is unfolding in the Arctic. In recent years, large wildfires have spread in Arctic regions as a result of ongoing climate change. A major concern is that primarily smoldering Arctic fires may reach deep carbon stores accumulated over millennia, unlocking ancient, previously stable carbon reservoirs. In Greenland, a land known for its icy expanse, fires are extremely rare. However, in summer 2019, the second-largest wildfire ever recorded on the island occurred at the high-carbon-emission-risk permafrost peatland in Kangerluarsuk Tulleq fjord region in southwestern Greenland. This study produced first in-field data on this tundra fire, focusing on two aspects: 1) combustion and 3) the age of released carbon. To estimate carbon losses from the Kangerluarsuk Tulleq tundra fire, we established 14 sampling plots across burned and at unburned sites. Plot selection was guided by a differenced Normalized Burn Ratio (dNBR) map from Sentinel-2 data. Within each plot, we measured above-ground vegetation and its consumption to estimate carbon loss. Organic soil samples from burned and control plots were analysed to assess below-ground carbon loss and burn depth. To determine the age of carbon released, nine organic soil profiles were extracted to mineral ground and examined microscopically. Subsamples (n=11) from mean and maximum measured burn depths and core bottoms were radiocarbon dated. Our results show extremely high carbon losses, averaging 6.2 ± 3.3 kg of C m⁻². These values exceed three times the ones reported from Alaskan tundra fires. The radiocarbon results showed that the fire burned into ancient carbon stocks and released millennial-old carbon into the atmosphere. The emitted light-absorbing particles were deposited onto the Greenland Ice Sheet, darkening its surface. While the Arctic has long acted as a carbon sink, growing evidence indicates it is becoming CO₂-neutral due to increasing fire emissions. Intensifying tundra fires pose a major risk by unlocking ancient carbon stores and creating dangerous positive feedback in the global climate system. Our findings provide the first direct evidence of such processes in Greenland, offering essential data for improving global climate models that currently underestimate tundra fire emissions.

Refining boreal peatland wildfire modeling (10)

Outi Kinnunen, FM, Juha Aalto, Tiina Markkanen
FMI (Ilmatieteen laitos)

Wildfire processes reduce carbon uptake and sink in peatland causing carbon loss. Climate warming can dry out peatlands and make them more flammable, thus increasing fire risk. Based on our previous study of modeling forest fires in the mineral soil under different climate scenarios, forest fire seasons will be longer, number of fires increase and the burnt area is larger at the end of the century compared to conditions in reference period in Fennoscandia. We are now continuing to study changes in peatland wildfires.

In our study, we are using process-based ecosystem model JSBACH that is combined with fire model SPITFIRE. In JSBACH-SPITFIRE model the wildfire risk depends on fuel properties and weather, and ignitions are caused by humans or lightning. Based on number of fires, fire duration and rate of spread the model estimates the burnt fraction and consequent CO₂ emissions. Accumulated litter is the primary surface fuel that drives fire behavior. In peatlands the litter accumulation differs from mineral soils because litter decomposition is slowed down in water-logged layers. However, in peatlands drained for various uses such as peat extraction for energy, the formerly water logged peat layers dry out and get more prone to fires. Warmer temperatures increase the risk of fires by drying out vegetation, although higher precipitation can reduce this risk to some extent.

We have implemented the wildfires in peatlands to JSBACH-SPITFIRE model by taking a account the special properties of peatland vegetation and soil. The first tests of the peatland vegetation and soil impacts to wildfire variables are done in several regions presenting vegetation zones of Finland. We have analysed the observed peatland wildfires from PRONTO database that is rescue services statistics of fires. That is used in model calibration. Our target is to improve the accuracy of wildfire carbon emissions estimates in Finland and later over northern Europe.

Jatkuva kasvatusta ojitetuissa turvemaametsissä: Auttaako jatkuva kasvatusta hillitsemään ravinteikkaiden turvemetsien maaperän päästöjä? (30)

Helena Rautakoski, FM, Mika Korkiakoski, Henriikka Vekuri, Olli Peltola, Jyrki Jauhiainen, Paavo Ojanen, Mika Aurela, Annalea Lohila
Ilmatieteen laitos

Viime vuosina ojitettujen turvemaametsien kasvihuonekaasupäästöt ovat saaneet yhä enemmän huomiota, kun maankäyttösektorin kasvaneisiin päästöihin on herätty ja metsien hiilinielun palauttamiseksi etsitään keinoja. Erityisesti ravinteikkaiden turvemaametsien maaperän päästöjen hillitsemiseen tarvitaan työkaluja. Jatkuva kasvatusta on esitetty keinoksi pienentää turvemaametsien hiilidioksidipäästöjä, mutta menetelmän vaikutus etenkin maaperän hiilidioksiditaseeseen tunnetaan huonosti.

Tutkimme jatkuvaan kasvatukseen tähtäävien osittaishakkuiden vaikutuksia metsän ja maaperän hiilidioksiditaseisiin kahdella ravinteikkaalla kohteella, Lettosuolla ja Ränskälänkorvessa. Metsien hiilidioksidivoita mitattiin pyörrekovarianssin menetelmällä ennen ja jälkeen hakkuiden (Lettosuo 2010–2025, Ränskälänkorpi 2020–2025). Lisäksi kohteilla tehtiin puustomittauksia ja kammiomittauksia metsän maaperän hiilidioksiditaseen tutkimiseksi. Hakkuun jälkeisiä hiilidioksiditaseita verrattiin ennen hakkuuta mitattuihin taseisiin sekä molempien kohteiden avohakkuilla tehtyihin vastaaviin tuloksiin.

Molemmilla kohteilla metsän hiilidioksidipäästöt kasvoivat osittaishakkuun seurauksena, mutta laskivat muutamana vuoden kuluessa osittaishakkuusta. Maaperä säilyi hiilidioksidin lähteenä, vaikka Lettosuolla maaperän hiilidioksidipäästöt tilapäisesti laskivatkin muutamia vuosia hakkuun jälkeen ennen palautumistaan hakkuuta edeltävälle tasolle. Avohakkuuseen verrattuna osittaishakattujen metsien hiilidioksiditase palautui hakkuusta nopeammin, mutta maaperän päästöjen merkittävää vähenemistä ei saavutettu.

Kuplia ja kasveja - ojametaanin päästöt, kuljetusreitit ja säätelytekijät (52)

Tuula Larmola FT, Juuli Suominen, Antti J. Rissanen, Jyrki Jauhiainen, Lukas Kohl, Susanna Laukkoski, Paavo Ojanen, Sakari Sarkkola, Päivi Merilä, Liisa Ukonmaanaho, Raisa Mäkipää
Luonnonvarakeskus

Ojien pinta-ala on noin 3 % ojitettujen metsien ja 7 % turvetuotantokenttien pinta-alasta. Pienestä alasta huolimatta ojien vaikutus on suuri: metsäojitettujen soiden ojat vapauttavat turvekangasasteella jopa 100 % ojitusalueen metaanipäästöistä, koska turvekankaiden sarat ovat keskimäärin metaanin nieluja. Siten ojien metaanipäästöt vaikuttavat merkittävästi siihen, onko ojitetun suon maaperä nielu vai lähde. Ojien päästöt ovat tyypillisesti hyvin vaihtelevia ja mittaustietoa on vähän. Päästöt ovat erityisen suuria kasvittomista ojista. Ojat madaltuvat ja kasvittuvat nopeasti ojituksen jälkeen, ja tämä muuttaa sekä aktiivista pinta-alaa että päästöä: kasvittuneissa ojissa sarat ja muut tuuletussolukolliset vapauttavat metaania luonnontilaisista suota enemmän, pelkkä rahkasammalpeite vähentää metaanipäästöä. Tutkimme ojien metaanipäästöjä, kuljetusreittejä ja niiden säätelytekijöitä sekä suometsissä että avohakkuulla ja turvekentällä, sammalvaltaisissa ja avovesiojissa vuosina 2021-2025 (HE ALFAwetlands, Holisoils, MaaTi ja Paluwise -projekteissa). Mittasimme metaanivirtoja kammiomenetelmällä ja kuplankeräimillä. Arvioimme myös metaanin osuutta ojissa kasvavien rahkasammalten hiilenlähteenä analysoimalla sammalbiomassan $\delta^{13}\text{C}$ -arvoja isotooppisuhde-massaspektrometrillä. Sammalvaltaisten ojien keskimääräiset kausittaiset metaanipäästöt olivat kertaluokkaa pienemmät kuin avovesipinnoilta. Kuplinta oli hyvin vaihtelevaa, tyypillisesti sammalojat kuplivat vähemmän kuin avovesiojat. Kuplien metaanipitoisuus oli jopa 66 % kuplakaasusta. Rahkasammalten sekä liuenneen hiilidioksidin ja metaanin mitattuihin $\delta^{13}\text{C}$ -arvoihin perustuneet isotooppimassataselaskelmat osoittivat, että jopa noin neljännes sammalten hiilestä on mahdollisesti peräisin hapettuneesta metaanista. Tuloksemme osoittavat, että kuplien ja kasvien merkitys metaanin vapautumiseen tulisi huomioida ojien kokonaispäästöä laskettaessa.

Peatland GHGs under future climate: process-based simulations of alternative land-uses (37)

Ville Tuominen, DI, Tiina Markkanen, Sari Juutinen, Tuula Aalto, Ludwig Strötz, Antti Leppänen, Olli Nevalainen, Annalea Lohila
Ilmatieteen laitos

Peatland greenhouse gas emissions are affected by anthropogenic land-use but also climate change. In previous studies especially methane emissions are expected to increase but it has remained open question whether peatlands with their large carbon storage will introduce climate-warming feedback loop.

We study peatland sites in Europe using process-based JSBACH-HIMMELI ecosystem model, which includes the peat-YASSO soil carbon model and HIMMELI methane production and transport model. The model is capable of simulating peatlands and peatlands drained for forestry with separate forestry-growth model. We account drainage by modifying the water table level.

Here we first time for site simulations use CMIP5 and CMIP 6 climate scenarios including IPSL, MPI and CNRM climate models and RCP 2.6, 4.5 and 8.5 pathways. We simulate the peatland sites with their current land-use and set the model parameters according to in-situ measurements of GHGs and hydrology when available, or otherwise use Sentinel 2 -based estimation and default set of parameters.

We simulate different land use options for historical period the site being either pristine, drained for forestry or drained for agriculture or peat extraction. For future scenarios, we simulate the site being pristine or restored by rewetting or afforestation. We study the temporal dynamics of soil carbon, water table level, carbon dioxide and methane fluxes due to changes in management and in alternative management scenarios. We also study the trends climate change possesses and how increasing drought events affect the peatlands.

Our results showed that the peatlands became more climate-warming in Radiative Forcing due to increased methane emissions, while the effect solely on water table level or Net Ecosystem Exchange was small. Drought events became more important on their contribution to annual GHG budget, but the intensity of emissions during droughts did not change notably. Peatland rewetting showed the return of carbon sink, and the methane emissions increased for a couple of decades depending on the water table level.

Vesitalouden vaikutukset kasvihuonekaasupäästöihin ja fosforihuuhtoumaan turvemaiden eri käyttömuodoilla (38)

Iida Höyhtyä, FM, Maarit Liimatainen, Anna-Kaisa Ronkanen, Anne Tolvanen, Tung Pham, Milla Niiranen, Katharina Kujala, Maarit Hyvärinen, Bjørn Kløve, Hannu Marttila
Oulun yliopisto

Turvemaan vesitalous vaikuttaa merkittävästi sekä kasvihuonekaasujen (KHK) päästödynamiikkaan että ravinteiden kuten fosforin huuhtoutumiseen. Yleensä ottaen korkeampi pohjaveden pinnankorkeus hillitsee turvemaan ilmastovaikutuksia, mutta toisaalta saturoituneen maaperän happivaje voi edistää raudan ja siihen sitoutuneen fosforin huuhtoutumista. Myös monet muut tekijät, kuten maaprofiilin fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet, sääolosuhteet ja maanmuokkaus, vaikuttavat päästöjen suuruuteen. Tämä vaikeuttaa ilmaston ja vesistön kannalta vastuullisen vedenhallinnan suunnittelua turvemaiden eri käyttömuodoilla. Siksi tutkimme kolmen eri tutkimuksen kokonaisuudessa, miten vesitalous vaikuttaa turvemaan eri käyttömuotojen ilmastopäästöihin ja fosforihuuhtoumaan.

Keräsimme tutkimusaineistot Siikajoen Ruukissa lähekkäin sijaitsevilta hylätyltä turvepellolta, Luonnonvarakeskuksen NorPeat-turvepellon turvesyvyyksiltään eriäviltä lohkoilta, suometsästä ja ravinneköyhältä luonnontilaiselta suolta. Tutkimme fosforin potentiaalista huuhtoutumisriskiä maaprofiilien eri syvyyksiltä analysoimalla fosforin ja sitä turpeessa sitovien alkuaineiden kokonaispitoisuudet, fosforin saturaatioasteen ja sitoutumissuhteet maanäytteiden kemiallisilla uutoilla. Selvitimme maankäyttömuodon ja ympäristötekijöiden vaikutusta ekosysteemirespiraatioon sekä metaanin ja dityppioksidin (N_2O) virtoihin aineistolla, joka oli kerätty maastosta pimeäkammio- ja lumigradienttimittauksilla, ympäristöolosuhteiden seurannoilla sekä kasvillisuusinventoinneilla. Tutkimme myös kasvihuonekaasujen sekä ravinnehuuhtouman syntyä ja vapautumista eri vesiolosuhteissa turvemaaprofiilien kolonnikoella. Kokeeseen kuului saturaation, kuivatuksen ja vaihtelevien vesiolosuhteiden vaiheet.

Tulostemme perusteella fosforin potentiaalista huuhtoumariskiä turvemailta lisää se, että rauta on usein merkittävä kationi fosforin sidonnassa ja fosforia turvemaassa sitovien alkuaineiden pitoisuudet voivat olla matalat (Höyhtyä ym. 2025). Ohutturpeisilla turvepelloilla mineraalipohjamaan fosforinpidätyskyky voi hillitä fosforin huuhtoutumista salaojiin. Kahden muun tutkimuksen tulokset käsittelevät KHK-päästöjen suuruutta, kausivaihtelua sekä muodostumista maankäyttömuotojen välillä, tuottaen tietoa erityisesti merkittävälle N_2O -päästöille altistavista tekijöistä.

Kirjallisuus:

Höyhtyä, I., Ronkanen, A. K., Liimatainen, M., Hyvärinen, M., Kløve, B., & Marttila, H. 2025. Soil chemical properties to retain phosphorus in managed boreal peatlands in northern Finland. *Soil and Tillage Research*, 248, 106452. <https://doi.org/10.1016/j.still.2025.106452>

Tuhkalannoituksen pitkäaikaisvaikutukset suometsien maaperän mikrobiyhteisöön ja sen kasvihuonekaasujen kiertoon liittyvien geenien runsauteen (27)

Matilda Kattilakoski FM, Jenni Hultman, Krista Peltoniemi, Paavo Ojanen, Päivi Väänänen
Helsingin yliopisto

Suometsien tuhkalannoituksen lisääminen on yksi Maa- ja metsätalousministeriön maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman keinoista kasvattaa Suomen metsien hiilinielua. Tuhkalannoituksen tiedetään lisäävän suometsien puunkasvua ja muuttavan aluskasvillisuutta mutta sen pitkäaikaisvaikutuksia maaperän mikrobiyhteisöille ei vielä tunneta kattavasti. Mikrobien aineenvaihdunta vapauttaa ja sitoo kasvihuonekaasuja ja mikrobien biomassansa varastoima hiili voi muodostaa maahan pysyviä hiilen yhdisteitä. Suurin osa luonnon monimuotoisuudesta koostuu maan mikro-organismeista. Tuhkalannoituksen aiheuttamat muutokset mikrobiyhteisöihin voivat siten heijastua muutoksina maan kasvihuonekaasujen kiertoon, hiilivarastoon ja luonnon monimuotoisuuteen.

Tutkimuksemme tavoitteena on selvittää, vaikuttaako tuhkalannoitus ojitettujen suometsien mikrobiyhteisöjen (bakteerit, arkeonit ja virukset) rakenteeseen ja erityisesti kasvihuonekaasujen kiertoon liittyviin geneihin.

Maaperänäytteet kerättiin seitsemästä suometsäkohteesta 8–43 vuotta tuhkalannoituksen jälkeen. Jokaisessa kohteessa on tuhkalannoitettu koeala ja sen vieressä lannoittamaton kontrolliala. Alat edustavat kolmea eri kasvillisuustyyppeä (mustikka-, puolukka- ja varputurvekangas), jotka eroavat toisistaan ravinteisuudeltaan.

Tuhkalannoituksen maan pH:ta nostava vaikutus näkyi vielä 43 vuotta lannoituksen jälkeen ja pH oli suurin yksittäinen mikrobiyhteisöjen eroja selittävä tekijä. Mikrobiyhteisöt olivat rakenteeltaan samankaltaisia tuhkalannoitetuilla ja kontrollialoilla, mutta suometsäkohteiden sisällä tuhkalannoitus selitti osittain mikrobiyhteisöjen eroja. Pseudomonadota pääjakso oli runsaampi kontrollialoilla, kun taas Actinomycetota pääjakso oli runsaampi lannoitetuilla aloilla. Mikrobiyhteisöillä oli typen ja hiilen kiertoon sekä hivenkaasujen metaboliaan liittyviä geenejä. Tuhkalannoitettujen alojen näytteissä typen sidontaan ja denitrifikaatioon (NarG, NarX, NirS/NirK, NorB, NosZ, NrfA, NxrA) liittyviä geenejä oli enemmän kuin kontrollialojen näytteissä. Autotrofisen hiilen sidonnan markerigeeni AclB oli kontrollialoilla runsaampi kuin lannoitusaloilla kun taas hiilensidonnassa myöskin keskeinen RbcL geeni oli runsaampi lannoitusaloilla. Lisäksi metanotrofiaan (PmoA) ja hiilimonoksidin hapetukseen (CoxL) osallistuvat geenit olivat runsaampia lannoitusaloilla. Tulokset viittaavat siihen, että tuhkalannoitus vaikuttaa jonkin verran mikrobiyhteisön kasvihuonekaasujen kiertoon liittyvien geenien runsauteen. Käsittelyjen välillä eroavat geenit olivat pääosin runsaampia tuhkalannoitetuilla aloilla. Tuhkalannoitus ei kuitenkaan vaikuta johtavan dramaattisiin muutoksiin näiden geenien runsaudessa.

Vesiensuojelun kuormituslaskenta metsätalouden suunnittelussa – virtausmallin soveltaminen (9)

Jani Antila, MMM, Jenny Jyrkänkallio-Mikkola, Jarno Kinnunen, Kimmo Kortelainen, Heikki Myöhänen, Rauli Perkiö, Saara Pihlman, Mai Suominen
Ennallistajat Group Oy

WWF, Tornator ja Ennallistajat Group ovat yhdessä kartoittaneet metsätalouden nykykäytäntöjä ja käytössä olevia vesiensuojelun suunnittelun paikkatietoaineistoja. Yhteistyön päätavoitteena on vähentää metsätalouden aiheuttamia haitallisia vesistövaikutuksia. Tarkoituksena on kehittää Tornatorin aluesuunnittelumallia huomioimaan vesiensuojelu entistä tehokkaammin, jolloin voidaan parantaa vesiensuojelua kokonaisilla valuma-alueilla niin hotspot-alueilla kuin muuallakin. Tavoitetta varten lähdimme kehittämään uudenlaisia aineistoja olemassa olevia tietoja yhdistäen.

Paikansimme aluksi useita pääosin Tornatorin maanomistuksessa olevia Suomen ympäristökeskuksen valuma-aluejaon viidennen tason mukaisia valuma-alueita. Pyrimme näin löytämään pilottialueita, joissa Tornatorin toimien vaikuttavuutta pystytään mallintamaan ja testaamaan. Nykyisiä vaikutuksia arvioidaksemme ja toimien seuranta varten etsimme olemassa olevien ympäristöhallinnon vesinäytepisteiden joukosta tärkeimpiä pisteitä. Löysimme kuitenkin vain yksittäisiä tähän työhön soveltuvia pisteitä, jotka osuivat tarkastelun kannalta mielekkäästi vain tarkasteltavalle valuma-alueelle. Kehitimme laskentamenetelmän, jolla voimme tarkastella ja mittaroida todellisen metsänkäytön aiheuttamaa vesistökuormitusta paikkatietopohjaisesti. Sisällytimme menetelmään mukaan myös potentiaaliset ennallistettavat suoalueet, jotka osaltaan vähentävät kuormitusta.

Kehitimme laskentamenetelmää virtausmallin pohjalle siten, että se huomioisi ravinnekuormituksen kumuloituvan vaikutuksen läpi valuma-alueen kuviotietojen varassa. Kuormitusta laskimme vain tekijöille, joihin metsätalouden toimilla voidaan vaikuttaa. Tässä vaiheessa tekijöiksi otimme hakkuut, maanmuokkauksen, lannoituksen ja ojituksen. Muita tekijöitä voidaan lisätä jatkokehityksessä. Menetelmän ohella olemme tarkastelleet ja soveltaneet nykyisiä olemassa olevia aineistoja kuten esimerkiksi metsätaloudelle herkkien vesistöjen, havainnollisten virtausmallien tai valuma-alueiden purkupisteiden paikkatietoaineistoa. Olemme pyrkineet yleisesti lisäämään suunnittelijoiden ymmärrystä valuma-alueen hydrologisista ominaisuuksista.

Laskentamenetelmän avulla pilottikohteiden valuma-alueilta saadaan laskettua nykyisen metsätalouden kuormitustietoa entistä tarkemmin. Jopa yksittäisestä ojasta purkava kuormitus on mahdollista määritellä, mikä helpottaa suunnittelijan työtä tunnistamaan olennaiset sijainnit vesiensuojelutoimille. Menetelmän avulla voidaan myös laskea erilaisia skenaarioita suunniteltuun metsänkäytön kuviotietoon perustuen, jolloin vesistövaikutukset voidaan huomioida entistä paremmin suunnitelmissa. Kokonaisvaltaisen vesiensuojelun ymmärryksen perusta luodaan kuviotietotasolta lähtien läpi valuma-alueen.

3.2 Lyhyet puheet

Metsäpalojen vaikutukset typpioksiduulipäästöihin ojitetuilla ja luonnontilaisilla soilla (48)

Heidi Aaltonen, PhD

Helsingin yliopisto

Pohjois-Euroopassa suuri osa soista on ojitettu metsätalouden käyttöön. Alentunut vesitaso ja paksu orgaaninen kerros tekevät näistä ojitetuista suometsistä alttiita ilmaston lämpenemisen lisäämille metsäpaloille. Suot varastoivat noin 10 % maailman maaperän tyyppästä (N), ja etenkin suometsät voivat toimia typpioksiduulin (N_2O) lähteinä. N_2O on voimakas kasvihuonekaasu, joka myös aiheuttaa otsonikatoa. Metsäpalojen vaikutuksista typen kiertoon ja N_2O -päästöihin suoalueilla tiedetään kuitenkin vähän, vaikka palot muuttavat monia maaperän N-dynamiikan kannalta keskeisiä tekijöitä. Näitä vaikutuksia tutkittiin kolonnikokeessa, jossa kontrolloitu poltto simuloi turvemaiden palamista.

Turveprofiilit (0–50 cm) kerättiin kolonneihin kolmelta erilaiselta ojitetulta ja ojittamattomalta suokohteelta Etelä-Suomesta keväällä 2025 ($n = 50$). Puolet kolonneista poltettiin pinnasta kaasupolttimella. Kolonneista mitattiin N_2O :n, hiilidioksidin (CO_2) ja metaanin (CH_4) voita viikoittain kolmen kuukauden ajan, ja lisäksi kerättiin huokosvesi- ja isotooppinäytteitä. Kokeen lopussa kolonnit purettiin kerroksittain maaperän fysikaalis-kemiallisten ominaisuuksien, mikrobiyhteisön rakenteen ja orgaanisen aineen laadun analysoimiseksi.

Alustavat tulokset viittaavat siihen, että vähäravinteiset suot ovat heikkoja N_2O -lähteitä, kun taas ravinteikkaat suometsät voivat tuottaa N_2O :ta olosuhteissa, jotka suosivat sen muodostumista. Palo näytti muuttavan tätä dynamiikkaa ja mahdollisesti lisäävän N_2O -päästöjä eri suotyypeissä.

Bottom-up Terrestrial Methane Emission Estimates for Europe (32)

Tiina Markkanen FT, Antti Leppänen, Ville Tuominen, Henri Sulkava, Outi Kinnunen, Suvi Orttenvuori, Maarit Raivonen, Tuula Aalto
FMI

JSBACH-HIMMELI is a combination of two models, JSBACH a land ecosystem model for processes governing carbon and water cycles, and HIMMELI, a specific model for northern wetland build-up and emissions of CH_4 . We have been applying the model framework for both local and regional applications in context of several international and national research projects.

In our most recent data sets the non-peatland plant functional types were based on HILDA+ land cover data in combination with various gridded dataproducts providing the wetland distribution. For the circumpolar wetland distribution we used GLWD.v2 non-forested peatland classes; for the area covered by EU-CORINE land cover (CLC, <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>), we used the CLC classes "bogs" and "inland marshes"; and for Finland, an area of intense drainage during the last century, we used detailed national data from GTK (Geological Survey of Finland, https://tupa.gtk.fi/paikkatieto/meta/suotyyppit_ja_turvekankaat.html).

For seasonally inundated upland soils we used monthly inundation fraction data WAD2M version 2.0. The land area after removing the wetlands on peat soils and the varying inundated fraction was assigned for upland mineral soils whose CH_4 balance was estimated based on soil moisture and heterotrophic respirations levels attained from JSBACH.

Since 1900 CH_4 emissions show a significant trend for the peatlands within the European domain. In this presentation we evaluate our data products against other available data and discuss the reasons for deviations among data sources and the main drivers of the simulated emissions trends.

Kasvit ennustajina – kolmen saralajin ominaisuudet metaanivirtojen selittäjinä boreaalisella lettosuolla (18)

Eeva Järvi-Laturi, FM, Johannes Cunow, Aino Korrensalo, Eero Koskinen, Hannu Marttila, Mikhail Mastepanov, Kaisa Säkkinen, Maria Väisänen, Torben R. Christensen
Oulun yliopisto

Kasvit säätelevät soiden metaanipäästöjä yhdessä ekohydrologisten tekijöiden ja muiden ympäristömuuttujien kanssa. Tiedyt kasvilajit, erityisesti sarat, voivat toimia tehokkaina kaasujen kuljettajina maaperän ja ilmakehän välillä, mutta erot kasvilajien metaaninkuljetuksessa ja siihen vaikuttavat yksityiskohtaiset kasvien ominaisuudet tunnetaan edelleen rajallisesti. Tämän tutkimuksen tavoitteena on parantaa metaanipäästöjen ennustettavuutta tarkastelemalla kasvien lajikohtaisia ominaisuuksia ja niiden yhteyksiä metaanivirtoihin pohjoisboreaalisella lettosuolla.

Tutkimus toteutettiin Puukkosuon luonnontilaisella, loivasti viettävällä lettosuolla Oulangan tutkimusasemalla kesä-elokuussa 2025. Keskityimme aineistossamme kolmeen saralajiin: pullosara (*Carex rostrata*), jouhisara (*Carex lasiocarpa*) ja tupasluikka (*Trichophorum cespitosum*). Mittasimme metaanivirtoja manuaalikalammioilla sekä yhteisö-, että yksilötasoilla. Yhteisötason mittaukset toteutettiin 30:lla koeruudulla yhteensä viisi kertaa. Jokaisen lajin yksilöitä mitattiin erillisillä kohteilla myös yhteensä viisi kertaa. Kasvien maanpäälliset osat kerättiin analysoitaviksi heti yksilötason metaanimittausten jälkeen ja koko kasviyhteisöstä viimeisen mittauskampanjan päätteeksi. Jokaiselta koealalta kerättiin, laskettiin, kuivattiin ja punnittiin kaikki putkilokasvit tarkan yhteisörakenteen kartoittamiseksi. Kolmen kohdelajin maanpäällisistä osista analysoitiin lukumäärän ja kuivabiomassan lisäksi version korkeus sekä tyven läpimitta (pl. tupasluikka). Osa näytteistä myös skannattiin lehtialan arvioimiseksi. Maanalaisten ominaisuuksien analysoimiseksi jokaiselta koealalta otettiin kasvien poiston jälkeen 60 cm syvyinen turvekairanäyte. Turvekairanäytteistä analysoitiin juuribiomassa, juuriston tiheys sekä haarautumistiheys kolmesta syvyydestä. Lisäksi mittasimme ekohydrologisia muuttujia, kuten vedenpinnan syvyyttä, huokosveden kemialla (DOC , NO_3+NO_2 , NH_4 , TOTN , CH_4 , isotoopit) ja muita ominaisuuksia (pH, sähkönjohtavuus, lämpötila), hydraulista johtavuutta, turpeen vedenpidätyskykyä, maaperän lämpötilaa sekä maaperän kosteutta.

Analysoimalla tätä laajaa aineistoa pyrimme tunnistamaan tutkimusalueemme keskeiset metaanivirtojen säätelijät ja arvioimaan, voivatko maanpäälliset kasvien piirteet toimia indikaattoreina maanalaisille ominaisuuksille tai toiminnoille. Tulokset tarjoavat uutta tietoa lajikohtaisista eroista yhden funktionaalisen kasviryhmän sisällä ja parantavat ymmärrystä kasvilajiston ja ekohydrologian yhteisvaikutuksesta metaanin kierrossa. Yksityiskohtainen lajikohtainen tarkastelu tarjoaa myös perustan menetelmille, joilla metaanipäästöjä voidaan ennustaa laajemmassa mittakaavassa.

Pohjoiset turvemaat reaktiivisten typpikaasujen (HONO, NO, N₂O) lähteinä (7)

Marja Maljanen, FT, Khaling Eliezer, Tallbacka Saara, Gil Lugo Jenie, Rovamo Mirkka, Bhattarai Hem Raj, Laine Anna M., Marushchak Maija E, Hashmi Wasi, Tuittila Eeva-Stiina, Pumpanen Jukka
Itä-Suomen Yliopisto

Pohjoiset turvemaat ovat ilmastoherkkiä ekosysteemejä ja keskeisiä globaalissa typen (N) kierrossa. Niiden merkitys reaktiivisten typpikaasujen, erityisesti typpihapokkeen (HONO) ja typpioksidin (NO), lähteinä on kuitenkin huonosti tunnettu. Tässä tutkimuksessa selvitimme HONO:n, NO:n sekä kasvihuonekaasun typpioksiduulin (N₂O) päästöt erityyppisillä boreaalisilla turvemailla mukaan lukien luonnontilaiset suot, ojitetut suometset sekä maatalousmaat.

Päästöjä arvioitiin laboratoriomittauksin käyttämällä mesokosmeja. Turvenäytteistä analysoimme myös maaperän fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia. Suurimmat typpikaasujen päästöt mitattiin oletetusti maatalousmailta, mutta pienempiä päästöjä havaittiin kaikilta tutkituilta alueilta. HONO- ja NO- päästöt korreloivat keskenään ojitetuissa turvemaissa, kun taas HONO:n ja N₂O:n välinen korrelaatio oli heikko. Reaktiivisten typpikaasujen päästöjä säätelivät ensisijaisesti maaperän hiili-typpisuhde ja kosteus kaikissa tutkituissa turvemaiden maankäyttömuodoissa. Kuivemmat olosuhteet lisäsivät HONO- ja NO-päästöjä, mutta vähensivät N₂O:n muodostumista. Tämä viittaa siihen, että tulevat lämpimät ja kuivat jaksot yhdessä maankäytön muutosten kanssa voivat muuttaa pohjoisten turvemaiden N-kaasujen päästöprofiilia siten, että reaktiivisten HONO:n ja NO:n osuus kasvaa, mikä vahvistaisi näiden yhdisteiden merkitystä ilmakehän kemiassa.

4 Maaperäeliöstön vasteet turvemaiden vesitalouden muutokseen

4.1 Suulliset esitykset

Changes in microbial community composition and functionality from degrading permafrost and peat to small ponds (11)

Nea Tuomela, Filosofian maisteri, David N. Thomas, Hermann Kaartokallio, Tatiana Demina, Jenni Hultman
Helsingin yliopisto

Climate change is altering the biogeochemical cycling of carbon and nutrients in northern peatland and permafrost, which provide two of the largest terrestrial carbon storages. The lateral transfer of carbon and microbes from thawing permafrost and peatlands needs to be more widely studied, especially in small-scale aquatic environments such as ponds and streams. Our research focused on the impact of degrading permafrost and peatlands on the biogeochemistry and microbial ecology in soils and adjacent small freshwaters.

Palsa and peatland soils and water samples were collected from Finnish Lapland for metagenomic sequencing and environmental analysis. The metagenomes were analyzed for bacterial and viral communities, and functional gene composition. Over 1300 non-redundant metagenome-assembled genomes (MAGs) and 16000 viral operational taxonomic units (vOTUs) were acquired from the dataset. The viral communities were different between ecosystem types. Read-based annotation of functional genes in metagenomes showed differences in the palsa soils from the peatland and water samples, especially with nitrogen metabolism. Understanding the microbial ecology in the Arctic high carbon environments is crucial, as microbes govern the ecosystem response to climate change.

Soiden karhukaiset: yhteisöjen vaihtelu eri suotyypeillä sekä luonnontilaisilla, ojitetuilla ja ennallistetuilla sararämeillä (14)

FM Hennariikka Mäenpää

Jyväskylän yliopisto

Karhukaiset ovat pieniä selkärangattomia, jotka ovat erityisen kuuluisia kyvystään sietää äärimmäisiä ympäristöolosuhteita lepotilassa ja joita on löydetty maailman kaikista biomeista lukuisista erilaisista elinympäristötyypeistä. Suurin osa tähän mennessä tunnistetusta noin 1500 lajista on löydetty kosteista maaelinympäristöistä, kuten sammalista. Karhukaisten ekologiaa ja elinympäristövaatimuksia tunnetaan yhä huonosti ja on epäselvää, kuinka elinympäristöissä tapahtuvat muutokset voivat vaikuttaa karhukaisyhteisöihin. Selvitin väitöskirjassani soiden karhukaisyhteisöjen vaihtelua erilaisten ympäristömuuttujien sekä käsittelyhistorioiden suhteen. Tätä varten keräsin sammalnäytteitä soilta, jotka edustivat kuutta eri suotyyppiä sekä luonnontilaisilta, ojitetuilta ja ennallistetuilta sararämeiltä. Tulosteni perusteella karhukaisyhteisöjen vaihtelua selittää pääasiassa suotyyppi, kun taas soiden mikrotopografialla oli suurempi merkitys joillekin yksittäisille karhukaissuvuille. Karhukaisten esiintyvyystodennäköisyys kokonaisuudessaan oli alhaisempi ojitetuilla ja 11–16 vuotta sitten ennallistetuilla sararämeillä verrattuna luonnontilaisiin. Myös joidenkin yksittäisten karhukaissukujen esiintyvyys erosi ojitetuilla ja ennallistetuilla soilla luonnontilaisista. Erityisesti karhukaisten vaihteleva esiintyvyystodennäköisyys ja määrä ovat kytköksissä hyvin pienialaisiin muutoksiin elinympäristöissä, esimerkiksi liittyen sammallajiston vaihteluun. Havaintoni osoittavat, että soiden karhukaisyhteisöjä muovaavat sekä laajemmin suotyyppeihin liittyvät että pienialaisemmin vaihtelevat ympäristömuuttujat, joka korostaa elinympäristöjen monimuotoisuuden merkitystä soiden karhukaisyhteisöjen rakentumiselle ja ylläpitämiselle. Karhukaiset voivat olla myös alttiita soiden ojituksesta johtuvalle elinympäristöjen heikentymiselle, eikä ennallistettujen soiden elinympäristöjen laatu 11–16 vuoden tarkastelujakson jälkeen näyttäydy karhukaisten kannalta luonnontilaisia soita vastaavana.

Kuoriamebojen ja yhteyttävien mikrobien vasteet ilmastonmuutoksen aiheuttamaan kuivumiseen vaihtelevat suotyypeittäin (20)

maisteri Olivia Kuuri-Riutta, Minna Väiliranta, Eeva-Stiina Tuittila
Itä-Suomen yliopisto

Suot ovat hiilen varastoja, joita ilmastonmuutos kuivattaa lisääntyneen haihdunnan kautta. Kuivuminen muuttaa kasvillisuutta metsälajiston suuntaan ja vaikuttaa suon abioottisiin olosuhteisiin. Soiden kuivumisen laajuus ja sen vaikutukset hiilenkiertoa sääteleviin mikrobeihin tunnetaan heikosti.

Kuoriamebat ovat yksisoluisia petoja, joita käytetään menneiden veden pinnan vaihteluiden rekonstruoimiseen. Niiden toiminnallista roolia tutkitaan toiminnallisten ominaisuuksien (esim. kuoren ja suuaukon koko) avulla. Soiden yhteyttävät mikrobit ovat vasta hiljattain nousseet tutkimuskohteiksi, ja niiden merkitys hiilenkierron on aiemmin arvioitua suurempi. Vielä ei tiedetä, miten nämä mikrobit reagoivat soiden kuivumiseen, tai mitkä mekanismit säätelevät niiden vasteita.

Esitän tuloksia tutkimuksista, joissa selvitettiin kuoriamebojen ja yhteyttävien mikrobien vasteita 20 vuotta jatkuneeseen kuivumiseen kolmella boreaalisella suotyypillä (ruohoinen saraneva, varsinainen saraneva, keidasräme). Tutkimukset suoritettiin Lakkasuon kuivatuskokeella, jossa veden pintaa on laskettu vuodesta 2000 ilmastonmuutoksen simuloimiseksi. Kesällä 2022 keräsimme kontrolli- ja käsittelyaloilta näytteitä (yht. 53), joista eristettiin kuoriamebat ja yhteyttävät mikrobit. Kuoriamebat tunnistettiin ja mitattiin mikrosko-poimalla, yhteyttävät mikrobit DNA:n avulla, ja yhteytyspotentiaali mitattiin PhytoPAM-laitteella. Näitä vertailtiin kontrolli- ja käsittelyalojen välillä.

Vedenpinnan lasku vaikutti yhteyttävään mikrobilajistoon samoin kaikilla suotyypeillä, kun taas kuoriamebat reagoivat voimakkaimmin ravinteikkaimmalla suolla ja heikoiten karuimmalla suolla.

Nämä tulokset osoittavat, että mikrobiyhteisöjen vasteet kuivumiseen vaihtelevat suotyypeittäin ja mikrobiryhmittäin. Kuoriamebojen vasteet heijastelivat ekosysteemin muutoksia: niiden lajisto muuttui merkittävästi sarasoilla, missä toiminnalliset ominaisuudet olivat sopeutuneet märkiin ja ravinteikkaisiin oloihin, ja missä niihin vaikuttivat useat muutokset elinympäristössä. Karulla rahkasuolla kuoriamebojen vasteita heikensivät sekä kasvillisuuden että niiden oman yhteisön resistenssi. Tämä tulisi huomioida, kun kuoriameboja käytetään veden pinnan rekonstruoimiseen.

Lajistomuutos kytkeytyi toiminnalliseen muutokseen vain varsinaisella saranevalla: ruohoisella saranevalla toiminnallista muutosta ei tapahtunut kuoriamebalajiston toiminnallisen monimuotoisuuden ansiosta, mutta varsinaisella saranevalla tätä suojamekanismia ei ollut, ja lajiston toiminnallinen rakenne muuttui. Lisäksi mikrobien ja koko sammalkerroksen fotosynteesitehokkuus lisääntyi vain varsinaisella saranevalla. Tätä saat-taa selittää se, että mm. ravinteisuus ja varjostus ovat muuttuneet varsinaisella saranevalla enemmän kuin muilla suotyypeillä.

Muutokset mikrobien aktiivisuudessa ennen ja jälkeen ennallistamisen kahdella metsäojitetulla suolla Pohjois-Suomessa (29)

Jenni Hultman; FT, dosentti, Jenni Hultman, Jack Chapman, Sari Juutinen, Krista Peltoniemi, Aino Korrensalo, Annalea Lohila, Päivi Mäkiranta, Tuula Aalto
Luke

Boreaaliset turvemaat ovat maailmanlaajuisesti merkittävä hiilivarasto (C) ja laajan pinta-alansa vuoksi ne ovat edelleen tärkeitä hiilinieluja. Turvemaiden ojitus on kuitenkin lisännyt sidotun hiilen vapautumisen ilmakehään. Soiden ennallistaminen mahdollistaa niiden kehityksen kohti luonnontilaista tilaa ja toimivuutta. Tarvitaan kuitenkin lisää tutkimuksia sekä metsäojitettujen että uudelleenkostutettujen turvealueiden hiilestä, kasvihuonekaasupäästöjen (KHK) taseista ja mikrobiyhteisöjen toiminnoista. Vuonna 2024 kaksi ojitettua turvemetsää ennallistettiin ojien tukkimisen ja puuston poiston avulla. Kohteet sijaitsevat Pallaksella aapasoiden vyöhykkeellä Pohjois-Suomessa, lähellä historiallisten metsäojitustoimien pohjoisrajaa.

Olemme mitanneet CO₂, CH₄ ja N₂O voita kammio- ja lumigradienttimenetelmillä syksystä 2022 alkaen ympäri vuoden. Kesällä 2023, ennen ennallistamista, seurasimme mikrobiyhteisöjä ja niiden toimintoja koko lumettoman kauden ajan käyttäen metagenomisia ja metatranskriptomisia menetelmiä ja toistimme näytteenoton elokuussa 2024 ennallistamisen jälkeen. Esittelen ennallistamista edeltävän mikrobitoiminnan lähtöta-son, edustaen metsäojitettuja olosuhteita nykyisellä puustolla sekä ojitetuilla että koskemattomilla alueilla, ja näytän ennallistamisen aikana mitatut muutokset. CH₄-kiertoon osallistuvia geenejä oli läsnä ja ne olivat aktiivisia kaikilla kohteilla, mutta metanogeneesi oli voimakkaampaa koskemattomilla alueilla. Samoin denitrifikaatiogeenit olivat aktiivisia kaikilla kohteilla, mutta NorB- ja NosZ-geenien ilmentymisessä ja runsaudessa oli eroja, mikä mahdollisesti johti N₂O-päästöihin. Geeniaktiivisuutta verrattiin mitattuihin kasvihuonekaasuvoihin ja ravinnepitoisuuksiin. Mielenkiintoista kyllä, hivenkaasujen aineenvaihdunta, esimerkiksi CO:n hapettuminen ja vedyn aineenvaihdunta, olivat erittäin runsaita kaikissa näytteissä. Ennallistamisen myötä havaittiin muutoksia mikrobiyhteisöjen toiminnassa, taksonomiassa ja toiminnoissa sekä kasvihuonekaasuvoissa.

4.2 Lyhyet puheet

Opening Pandora's Box: Ikiroudan sulamisesta aiheutuvien ympäristö- ja terveysriskien arviointi (5)

Elina Kiss, FT, Merja Kontro, Essi Korhonen, Teemu Smura, Tarja Sironen, Monica Passananti, Diana Pereira, Elmiina Pilkama, Jan Weckström, Teemu Juselius-Rajamäki, Federico Bianchi, Olli Vapalahti, Atte Korhola, Minna Välranta
Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Arktinen alue lämpenee nopeasti ilmastonmuutoksen seurauksena, mikä kiihdyttää ikiroudan sulamista. Valtiosa aiemmasta tutkimuksesta on keskittynyt pääasiassa sulamisen aiheuttamiin hiilipäästöihin, mutta vaikutukset ihmisten ja ympäristön terveyteen ovat edelleen huonosti tunnettuja. Ikirouta kattaa noin 15 % pohjoisen pallonpuoliskon maa-alasta ja toimii valtavana varastona suurelta osin tunnistamattomille ja mahdollisesti elinkelpoisille mikro-organismeille ja viruksille. Osa näistä voi sulamisen edetessä muodostaa riskin tautien leviämiseksi tai jopa uusien pandemioiden synnylle. Biologisten uhkien lisäksi sulava ikirouta vapauttaa ympäristöön siihen varastoituneita haitallisia kemikaaleja, kuten haihtuvia orgaanisia yhdisteitä ja elohopeaa. Nämä voivat heikentää immuunijärjestelmän toimintaa sekä aiheuttaa neurotoksisia ja hengitysterveyteen liittyviä haittoja kertyessään ja rikastuessaan ekosysteemeissä. Ikiroudan sulamisen terveys- ja ympäristövaikutusten ymmärtäminen on siten nousemassa merkittäväksi tutkimushaasteeksi.

Uusi tutkimushankkeemme yhdistää ympäristötutkijoita, virologeja, mikrobiologeja ja ilmakehätutkijoita selvittämään ikiroudan muutoksia, taudinaiheuttajia ja haitallisia kemikaaleja yhtenä kokonaisuutena. Olemme keränneet ikiroutaprofiileja Kevon ja Kilpisjärven palsasoilta. Alustavat tulokset Kevon palsasuolta osoittavat, että pintakerroksissa elohopeapitoisuudet ovat selvästi korkeampia kuin syvemmissä kerroksissa, mikä viittaa ihmistoiminnan kasvaneeseen vaikutukseen viime vuosikatojen aikana. Elohopean lisäksi turveprofiileista analysoidaan haihtuvat orgaaniset yhdisteet sekä mikrobiyhteisöt sekvensoinnin avulla.

Hankkeemme tavoitteena on arvioida, missä määrin arktinen alue voi tulevaisuudessa toimia uusien tautien ja haitallisten aineiden lähteenä. Tuloksia voidaan hyödyntää kehitettäessä ennaltaehkäiseviä toimia ja keinoja sopeutua muuttuvaan ilmastoon.

5 Ennallistamisen vaikutukset turvemaiden ekosysteemeihin

5.1 Suulliset esitykset

Miten ennallistaminen vaikuttaa kasvihuonekaasujen vaihtoon kahdella metsäojitetulla suolla Pohjois-Suomessa? (4)

Jack Chapman - MSc, Mika Aurela, Annalea Lohila, Aino Korrensalo, Timo Penttilä, Päivi Mäkiranta, Jenni Hultman, Eeva-Stiina Tuittila, Tuula Aalto, Sari Juutinen
FMI, UEF

Boreaaliset suot ovat kerryttäneet merkittävän hiilivaraston viimeisen jääkauden jälkeen, ja alueellisen laajuutensa vuoksi ne ovat edelleen tärkeitä hiilinieluja. Viimeisen vuosisadan aikana turvemaita on ojitettu laajasti metsätalouden ja maatalouden tarpeisiin. Tämä on laskenut vedenpintaa ja siten luonut olosuhteet, jotka edistävät hiilen vapautumista mikrobien hajotustoiminnan seurauksena. Ojitus useimmiten vähentää metaanipäästöjä ja lisää typpioksiduulipäästöjä. Metsäojitetuilla soilla kasvavat puut sitovat hiiltä ja lyhyellä aikavälillä tämä voi kompensoida turpeen hiilihäviötä. Ojitettujen soiden ennallistaminen vettämällä on entistä laajempaa, ja tavoitteena on palauttaa biodiversiteetti, vedenpidätys ja hiilensidonta kohti luonnollista tilaansa. Hiilenkierron toiminnan ennallistaminen soilla saattaa toimia pitkällä tähtäimellä ilmastonmuutosta hillitsevästi, mutta lisää tutkimusta tarvitaan ojitetuilla ja ennallistetuilla soilla, jotta voidaan selvittää, miten ja millä aikajänteellä ennallistus vaikuttaa kasvihuonekaasujen (KHK) taseisiin. LIFE PeatCarbon-hankkeessa kaksi suota ennallistettiin v. 2024 ja niiden KHK-voita mitattiin ennen ja jälkeen ennallistuksen. Molemmat suot sijaitsevat Pallaksella, Pohjois-Suomessa, aapasuovyöhykkeellä ja metsäojitettujen soiden pohjoisella rajalla. Suot ojitettiin 1960–70 lukujen vaihteessa. Suot ennallistettiin tukkimalla ojia ja harven- tamalla puustoa metsittyneiltä alueilta. KHK-vaihtoa on mitattu vuodesta 2023 lähtien pyörrekovarianssimetelmällä ja kammiomittauksin. Tässä esittelemme ensimmäiset tulokset, miten ennallistus on vaikuttanut KHK voihin ja hiilenkiertoon.

Hiilidioksidin- ja metaaninvaihto kahdella ennallistetulla sekä luonnontilaisella turvesuolla virossa (22)

Salla Tenhovirta, MMT, Thomas Schindler, Ülo Mander, Mikk Espenberg, Joosep Truupõld, Muhammad Kamil-Sardar, Kaido Soosaar

Institute of Ecology and Earth Sciences, Department of Geography, Tartu University, Viro

Luonnontilaiset suot ovat merkittäviä hiilen varastoja ja varastojia. Soiden kuivattaminen maankäyttötarkoituksiin saa aikaan hiilivarastojen vapautumisen turpeesta, muuttaen sen hiilen lähteeksi. Soiden ennallistamisen eräs päätavoite on palauttaa suon olosuhteet sellaisiksi, joissa hiilen varastoituminen turpeeseen jatkuu. Missä määrin, ja kuinka nopeasti tavoite saavutetaan, riippuu muun muassa suon kuivattamisesta edeltävistä ominaisuuksista, sekä maankäytöstä seuranneen häiriön asteesta. Ennallistettujen soiden hiili- ja kasvihuonekaasutaseiden määrittely on tärkeää arvioitaessa ennallistamisen tehokkuutta ilmastomuutoksen hillitsemisstrategiana, mutta se edellyttää kasvihuonekaasujen vaihdon pitkän aikavälin seurantaa. Suotyyp-
pien runsaasta monimuotoisuudesta johtuen tutkimustieto ei kata erityyppisiä ennallistettuja soita riittävän laajalti.

Tässä tutkimuksessa arvioitiin vuoden 2024 hiilidioksidi- ja metaanitaseet kahdelta seitsemän vuotta sitten ennallistetulta oligotrofiselta suolta sekä niiden luonnontilaisilta verrokkikohteilta Soomaan suoalueella Virossa. Tasearviot perustuvat kenttämittausaineistosta sovitettuihin tilastollisiin malleihin, joissa hyödynnettiin maan pinnan tasalta kammioilla mitattuja kasvihuonekaasuvoitoa, sekä jatkuvasti mitattuja ympäristömuut-
tuvia kuten turpeen lämpötilaa, fotosynteesistä aktiivista säteilyä sekä pohjavedenpintaa. Kasvukauden ulkopuolisen hiilidioksidin, sekä metaanin nettovaihdot mitattiin pimeissä kammioissa. Hiilidioksidi mallin-
nettiin hyödyntäen maahengityksen ja maan lämpötilan välistä riippuvuutta (Lloyd ja Taylor. 1994). Metaani mallinnettiin yleistetyillä additiivisilla malleilla maan lämpötilaan ja pohjavedenpintaan perustuen. Kasvu-
kauden aikana hiilidioksidin nettovaihto mitattiin läpinäkyvissä kammioissa, ja mallinnettiin yhdistäen maa-
hengityksmalli nettovaihdon valovasteeseen perustuvaan Michalis-Menten-yhtälöön.

Sekä ennallistetut, että luonnontilaiset kohteet olivat huomattavia hiilen nettolähteitä vuonna 2024. Ojikosta ennallistettu kohde oli pienempi hiilidioksidin lähde kuin mäntymetsäisestä muuttumasta päätehakattu ja ennallistettu kohde (1.9 ja $3.3 \text{ t CO}_2\text{-C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$), luonnontilaisten verrokkiensa ollessa lähes samankoi-
sioita (2.1 ja $3.0 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). Metaanipäästöiltään muuttumasta ennallistettu kohde verrokkeineen olivat samansuuruisia, huomattavia metaanin lähteitä ($250 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). Ojikosta ennallistetussa koh-
teessa metaanipäästöön ($129 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) vaikutti tuntuvasti metaania kuljettavan tupasvillan runsaus; verrokkikohteessa metaanipäästö oli huomattavasti pienempi ($51 \text{ kg ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$). Pitkäaikaisempaa seuran-
taa tarvitaan, jotta saadaan selville johtuvatko hiilipäästöt ennätyslämpimästä vuodesta, vai kehityksestä, jossa myös alueen luonnontilaiset suot menettävät hiilivarastoaan pitkällä aikavälillä.

Soiden ennallistamisen ja kosteikkoviljelyn potentiaali hiilen sidonnassa ja monimuotoisuuden vahvistamisessa (36)

Eerika Albrecht, YTT, Jaakko Karvonen
Suomen ympäristökeskus

Soiden ennallistamisen ja kosteikkoviljelyn potentiaali hiilen sidonnassa ja monimuotoisuuden vahvistamisessa

Eerika Albrecht, YTT, Jaakko Karvonen MMM

Suomen ympäristökeskus

Turvealan murroksessa soiden muut maankäyttömuodot ovat saaneet tilaa. Ennallistamisasetus ja kansalliset ilmastosuunnitelmat edellyttävät tietyn määrän vettä, minkä lisäksi turvemailla voidaan toteuttaa kosteikkoviljelyä. Soiden ennallistamisella ja kosteikkoviljelyllä pystytään hillitsemään vesistöjen tilan heikkenemistä, parantamaan hiilitasetta ja tukemaan uusien elinkeinojen muodostumista.

Tarkastelimme soiden ennallistamisen ja kosteikkoviljelyn vaihtoehtoja ja niiden potentiaalia hiilen sidonnan ja monimuotoisuuden elpymisen näkökulmista. Keskeisenä tuloksena on soiden maankäyttömuotojen ja soilta saatavien keruutuotteiden tarkastelu. Hiilen sidonnan ja monimuotoisuuden lisäämisen kannalta vaihtoehtoja ovat muun muassa vettäminen, kosteikoksi muuttaminen ja kosteikkoviljely. Kohteilla erilaiset keruutuotteet ja kosteikkoviljely mahdollistavat uudenlaisen tuotantoketjun syntymisen. Keruu- ja kosteikkoviljelyn kehittyminen markkinaehtoiseksi toiminnaksi ja siihen liittyvien tuotantomallien skaalautuminen edellyttävät, että toimintaympäristöä kehitetään johdonmukaisesti.

Toteutimme keskustelu- ja työpajatilaisuuksia Ilomantsin kunnan ja Pohjois-Karjalan biosfäärialueella. Tarkastelun ytimessä oli tulevaisuustyöpaja, joka hyödynsi kansainvälisen biodiversiteettipaneelin kehittämää luontotulevaisuuksien kehikkoa luonnon monien arvojen ja arvotusten tarkastelussa. Työpaja tarjosi näkökulmia soihin ja kosteikoihin ja järviin valuma-aluehallinnan osana ja suon moniin hyötyihin, niin virkistys- ja matkailupalvelujen tuottajana kuin korkean jalostusasteen tuotteiden raaka-aineen tarjoajana.

N₂O-päästöt vetetyillä turvemailla (51)

Gopal Adhikari, väitöskirjatutkija, Paavo Ojanen, Kari Minkkinen, Annalea Lohila
Helsingin yliopisto

Yksi turvemaiden uudelleenvettämisen keskeisistä tavoitteista on ehkäistä kuivatusperäisen turpeen hajoamisen aiheuttamia hiilidioksidi- (CO₂) ja typpioksiduulipäästöjä (N₂O). Toistaiseksi näistä päästöistä saatavilla oleva tieteellinen tieto on rajallista ja päästöarvot vaihtelevat huomattavasti. Lisäksi, vaikka N₂O-päästöjen oletetaan yleisesti olevan alhaisia uudelleenvesityksen jälkeen, niiden tarkka suuruusluokka on edelleen suu-
relta osin epäselvä.

Näiden tietopuutteiden paikkaamiseksi mittasimme N₂O-päästöjä 25 uudelleenvesitettyllä ja kuudella luon-
nontilaisella metsäisellä turvemaakohteella Etelä- ja Keski-Suomessa. Kohteet olivat uudelleenvesitettyjä 1–28
vuotta ennen mittausjaksoa, ja mittaukset toteutettiin vuosina 2022–2023 kannettavalla kaasuanalysaattorilla
ja suljetulla kammiolla. Tutkimuskohteet ovat ravinteikkaita, keskiravinteisia tai niukkaravinteisia boreaali-
sia soita, jotka oli aiemmin ojitettu metsätalouden tarpeisiin useiden vuosikymmenten ajan ja myöhemmin
ennallistettu patoamalla ojat.

Tässä esityksessä tarkastelemme seuraavia tutkimuskysymyksiä:

- Millä tasolla N₂O-päästöt ovat vettämisen jälkeen ja kuinka suurta vaihtelua niissä esiintyy?
- Ovatko N₂O-päästöt johdonmukaisesti alhainen vetetyillä metsäisillä turvemailla?
- Miten N₂O-päästöt kehittyvät vesityksestä ajan myötä?
- Poikkeavatko päästömäärät sarkojen ja tukittujen ojien välillä?
- Missä määrin puusto, vedenpinnan korkeus ja suon ravinteisuus selittävät N₂O päästöjä?

Soiden ennallistamisen vaikutus puustoon ja lahoppuun määrään (31)

Aapo Jantunen, FM, Merja Elo, Atte Komonen
Jyväskylän yliopisto

Suomessa on ennallistettu 60 000 hehtaaria soita 1990-luvulta lähtien. Ojitus ja muut metsänhoitotoimet ovat lisänneet puuston kasvua ja vaikuttaneet puuston koko- ja lajijakaumiin. Ennallistamisella tavoitellaan suoekosysteemin palautumista, jossa puustolla on merkittävä rooli. Puustoisilla soilla esiintyy myös lahoppuulajistoa, jolle lahoppuujatkumo on elinehto. Ennallistamisen yhteydessä tehtyjen hakkuiden lisäksi puustoon vaikuttaa myös vedenpinnan nosto, joka usein lisää puiden kuolleisuutta. Toisaalta vähentynyt latvuspeite voi mahdollistaa uuden puusukupolven synnyn. Tutkimme ennallistamisen vaikutusta puustoon soiden ennallistamisen seurantaverkoston 151 kohteella. Verkosto koostuu ennallistettujen soiden lisäksi ojitetuista ja luonnontilaisista soista. Siihen sisältyy korpia, rämeitä ja avosoita, jotka on jaettu yhteensä kuuteen eri suotyyppiryhmään. Jokaiselta kohteelta mitattiin kaikki elävät puut ja lahoppuukappaleet yhdeltä koealalta ($d = 16$ m) ja taimet kolmelta koealalta ($d = 4$ m) ennen ennallistamista, ja nyt seuranta on jatkettu kymmenen vuotta. Alustavien tulosten perusteella ennallistettujen soiden puusto poikkesi keskimäärin luonnontilaisten soiden puustosta kaikilla suotyyppiryhmillä kymmenen vuotta ennallistamisen jälkeen. Korvissa erot olivat lähinnä laji- ja kokojakaumissa, mutta ennallistetuilla rämeillä puuston pohjapinta-ala oli keskimäärin kaksinkertainen luonnontilaisiin verrattuna (karut rämeet: $0,38 \text{ m}^2$ vs. $0,20 \text{ m}^2$, sararämeet: $0,20 \text{ m}^2$ vs. $0,07 \text{ m}^2$). Ennallistetuilla karuilla avosoilla oli keskimäärin 10,1 ja rehevillä 25,2 puuta koealalla, kun niitä oli molemmilla luonnontilaisilla vain 1,3. Myös taimien määrä ennallistetuilla avosoilla oli moninkertainen (karut: 25,2 vs. 6,1, rehevät: 15,9 vs. 2,3). Ennallistaminen lisäsi keskimääräistä lahoppuutilavuutta kaikilla suotyypeillä, ja lahoppuuta olikin eniten ennallistetuilla soilla. Korvissa lahoppuuta syntyi luontaisesti, mutta rämeillä ja avosoilla lahoppuuta oli myös tuotettu. Yleensä puiden luontainen kuolleisuus oli seurannan aikana tasaista, mutta kolmella ennallistetulla kohteella havaittiin puuston joukkokuolema kahden seurantakerran välissä. Ennallistettujen soiden puustossa oli suuria eroja suotyyppiryhmien sisällä. Osittain tämä johtuu pienistä koealoista, jotka eivät välttämättä edusta yksittäisiä kohteita kovinkaan hyvin. Eroja oli kuitenkin myös puuston muutoksissa: joillain kohteilla taimien ja pienten puiden määrä kasvoi ennallistamisen jälkeen, mikä on avoimilla soilla epätoivottava kehityssuunta. Luonnontilaisen kaltaisen puuston aikaansaaminen ennallistetuille soille ei ojitus historian takia ole itsestäänselvyys. Se on kuitenkin tärkeää vesitalouden ja suokasvillisuuden palautumisen kannalta. Puuston näkökulmasta kymmenen vuotta on kuitenkin lyhyt aika, ja seuranta onkin tärkeä jatkaa myös tulevaisuudessa.

Mikrobiyhteisöt eurooppalaisilla soilla – alustavia tuloksia ennallistamisen vaikutuksista (33)

Krista Peltoniemi FT, Jenni Hultman, Aino Korrensalo
Luonnonvarakeskus

Merkittävä osa Euroopan soista on kuivatettu – joissakin maissa jopa yli 90%. Luonnontilaisten soiden katoaminen hävittää luonnollisesti niiden monimuotoisuutta, kun eliöiden elinympäristöt katoavat. Kuivatetuista soista vapautuu hiiltä ilmakehään hiilidioksidina turpeen hajotuksen kiihdyttyä vähentäen soihin kertyneitä hiilen varastoja. Muutokset suon hydrologiassa aiheuttavat myös muutoksia toisen tärkeän kasvihuonekaasun metaanin kiertoon. Koska soiden mikrobien toiminta tuottaa kasvihuonekaasuja, on tärkeää tutkia niiden monimuotoisuutta, sekä niihin liittyvää kasvillisuutta ja sen hitaasti hajotessa syntyvän turpeen ominaisuuksia. Soiden ennallistaminen, kuten niiden vettäminen, pyrkii palauttamaan suon mahdollisimman lähellä sen luonnontilaisia olosuhteita. Tutkimus keskittyy selvittämään soiden mikrobien monimuotoisuuden roolia ja siihen kasvillisuuden ja turpeen kautta vaikuttavia tekijöitä soiden eri maankäyttötyypeissä.

Tutkimuksessa kerättiin turve- ja kasvillisuusnäytteitä yhteensä 27:stä suopaikasta, jotka olivat peräisin neljästä eri maasta (Suomi, Viro, Saksa, Tsekki) sisältäen luonnontilaiset, ja niiden kuivatetut ja ennallistetut vastinparit. Mikrobiyhteisöjen selvittämiseksi DNA uutettiin yhteensä 162:sta näytteestä ja niiden metagenomit sekvensoitiin. Kunkin näytteen sisältämien metagenomien sisältämät DNA-sekvenssit luokiteltiin tietokantojen (SILVA 138.2 ja in-house PR2) mukaan taksonomisiin mikrobiryhmiin ja niitä tarkasteltiin luokka (Order) tasolla monimuuttujamenetelmillä. Tulokset osoittavat, että mikrobiyhteisöt eroavat selvästi neljän eri maan välillä. Alustavien tulosten mukaan eri maankäyttötyyppien mikrobiyhteisöjen rakenne ja toiminnot eroavat toisistaan vaihtelevasti suopaikan mukaan. On kuitenkin havaittavissa, että ennallistettujen paikkojen mikrobiyhteisöt ovat muuttuneet samankaltaisemmiksi luonnontilaisten paikkojen yhteisöjen kanssa niin lajistoltaan kuin esim. metaanin kiertoon liittyvien geenien suhteen. Myöhemmin mikrobiyhteisödatoja tullaan tarkastelemaan yhdessä kasvillisuudesta ja turpeesta saatujen datojen kanssa, jotta päästään selville, mitkä tekijät eroihin todella vaikuttavat.

Palauttaako metsäojitettujen soiden ennallistaminen ojittamattomille soille tyypillisen pienmuotojen vaihtelun? (41)

Nina Kumpulainen, FM, Anna M. Laine, Eeva-Stiina Tuittila
Itä-Suomen yliopisto

Suon pienmuotojen vaihtelu mätäs-, väli- ja rimpipintojen välillä on erityisesti vähäravinteisemmille soille tyypillistä. Tämä pienmuotojen vaihtelu liittyy läheisesti kasviyhteisöjen koostumuksen vaihteluun ja parantaa ekosysteemin toimintojen vakautta. Metsäojitus kuivattaa suota ja korvaa luonnollisten pienmuotojen vaihtelun ojen ja sarkojen vuorotteluna, jolloin mätäspintojen lajit sekä metsälajit yleistyvät. Metsäojitettujen soiden ennallistamisessa pyritään palauttamaan soille tyypilliset kasviyhteisöt ja ekosysteemin toiminnot. Aiempien tutkimusten perusteella tiedetään, että ennallistamisen jälkeen soiden tila yleensä paranee, mutta kasviyhteisöt saattavat poiketa tavoitetilasta vielä useiden vuosien jälkeen. Erityisesti vaikuttaa siltä, että rimpipintojen lajien ei ole havaittu leviävän ennallistamisen jälkeen. Toisaalta kasvillisuuden monitoroinneissa on harvoin huomioitu entisiä oja-pintoja, jotka voisivat potentiaalisesti toimia elinympäristönä merkitä pintoja suosiville lajeille. Tässä tutkimuksessa selvitimme, miten kasviyhteisö muuttuu ennallistamisen jälkeen ja vaihtelee muutos eri pienmuotojen välillä.

Tutkimuksemme sisälsi 24 vähäravinteista suota, jotka sijaitsivat kahdeksassa ryhmässä. Jokainen ryhmä sisälsi ojittamattoman, ojitettun ja ennallistetun suon. Jokaiselle suolle perustettiin kolme 10 metrin kasvillisuuslinjaa 10 metrin päähän toisistaan siten, että jokainen linja sisälsi ojan/entisen ojan ja jatkui saralle. Ojittamattomilla soilla linjat sijoitettiin siten, että eri pienmuodot sisältyivät linjan otantaan. Jokainen linja sisälsi 10 näytealaa, joista kasvilajien peittävyys arvioitiin visuaalisesti (0-100 %).

Nähdäksemme ennallistettujen soiden kasvillisuuden ja pienmuotojen kehityksen suhteessa ojitettuihin ja ojittamattomiin soihin, käytimme ei-parametrista moniulotteista skaalausta (NMDS). Tutkimme ennallistamisen sekä ojan läheisyyden vaikutusta kasvien toiminnallisten ryhmien peittävyksiin rakentamalla yleistettyjä lineaarisia sekamalleja, joiden parittaisia eroja testasimme Tukeyn Post hoc testeillä. Tulosten perusteella nähtiin, että ennallistettujen soiden kasviyhteisöjen koostumus on siirtymässä kohti luonnontilaisten soiden yhteisöä. Lisäksi havaitsimme, että verrattuna ojitettujen soiden ojen kasviyhteisöihin, ennallistettujen soiden entiset oja-pinnat sisälsivät enemmän samankaltaisia yhteisöjä ojittamattomien soiden kanssa.

Tutkimuksemme perusteella entiset oja-linjat voivat mahdollisesti toimia elinympäristönä rimpipintojen lajeille. Suosittelemme, että entiset oja-linjat tulisi sisällyttää ennallistettujen soiden monitorointiin realistisen ja kokonaisvaltaisen kuvan saamiseksi ekosysteemien tilasta.

6 Aurinkovoimaa turvemailla

6.1 Suulliset esitykset

Aurinkoenergian tuotantomahdollisuudet vetetyillä suonpohjilla – paikallisia ja alueellisia tarkasteluja (16)

Oona Allonen, Lauri Ikkala, Liisa Maanavilja, Heikki Sutinen, Jaakko Auri, Stefan Mattbäck
Geologian tutkimuskeskus

Turvetuotannon äkillisen vähenemisen vuoksi tuotantoalueiden suonpohjille etsitään parhaillaan uutta käyttöä. Näiden suonpohjien vettäminen turvemaan hiilen säilyttämiseksi tukisi ilmastotavoitteita. Toisaalta suonpohjat ovat aukeina, uutta maankäyttöä etsivinä alueina herättäneet aurinkovoimaa rakentavien yritysten mielenkiinnon. Turvemaan vettäminen ja aurinkovoiman yhdistämisen edellytyksien ymmärtämiseksi teemme pilottitutkimuksen, jossa tarkastellaan turvekerroksen paksuutta, pohjamaalajia sekä veden kulureittejä ja mahdollisia padotuskorkeuksia korkeusmallin pohjalta pilottialueella, jonne on suunnitteilla aurinkovoimapuisto. Hypoteesimme on, että entisen turvetuotantoalueen eri osilla on erilaisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat optimaalisen jatkokäyttömuodon valintaan ja aurinkovoimapuiston tapauksessa toimintojen sijoitteluun. Aurinkovoimaa ja vettämistä yhdistäessä näiden ominaisuuksien tunnistaminen jo suunnitteluvaiheessa on tärkeää.

Vetettäväksi on luonteva valita alavia alueita, joille veden johtaminen ja patoaminen on mahdollista topografian puolesta. Suurimman ilmastohyödyn vettämisestä saa niillä alueilla, joilla jäännösturvetta ja siten hackettomiin oloihin saatavaa hiiltä on eniten. Kuivaa maapohjaa vaativat toiminnot kannattaa sijoitella ympäristöään korkeammille alueille ja toisaalta sinne, missä jäännösturve on kaikkein ohuimmillaan. Tunnistimme pilottikohteen vettämiseen sopivimmat alueet aurinkovoimalan asettamien vaatimusten ja maastomittausten perusteella. Maastossa toteutettiin maatulkaus, dronekuvaus ja veden- ja maanpinnan korkeusmittauksia sekä otettiin näytteitä turpeesta ja sen alapuolisista hienoaineksisista maalajeista maan hiilivaraston ja happamoitusriskin selvitystä varten. Kirjallisuudesta johdettujen päästökertoimien ja pilottikohteen ominaisuuksien perusteella laskettiin kohteen ilmastovaikutukset kuivan ja vetetyn aurinkopuiston toteutustavoille.

Arvioimme myös alueellisesti, kuinka paljon aurinkovoiman ja vettäminen yhdistämiseen soveltuvaa pintalaa turvetuotantoalueilla ja vajaatuottoisilla metsäojoitusalueilla olisi. Näin maankäytön ilmastovaikutuksia voidaan tarkastella laajemmin alueellisella tasolla. Tutkimus on osa Euroopan unionin rahoittamaa Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä REPower-CEST -hanketta (numero 151, P5C1I2, NextGenerationEU).

Aurinkoenergiaa turvemailta – korkean vedenpinnan mahdollisuudet ja haasteet (46)

TkT Lauri Ikkala, Oona Allonen, Liisa Maanavilja
Geologian tutkimuskeskus

Uusiutuvan energian käyttö kasvaa nopeasti päästöjen vähentämiseksi ja energiariippumattomuuden vahvistamiseksi. Turvemaiden tasaiset alueet herättävät kiinnostusta aurinkovoimaloiden kehittäjissä. Erityisesti entiset turvetuotantoalueet ovat kiinnostavia: energiaturpeen tuotanto vähenee, alueille etsitään jatkokäyttöä, eikä näillä alueilla yleensä ole merkittäviä luontoarvoja tai puustoa, ja tiestöä löytyy alueelta jo valmiiksi. Turvemaiden maankäyttöön liittyvä keskeinen haaste on kasvihuonekaasupäästöt turpeen hajotessa kuivatuksen jälkeen. Päästöjä voitaisiin pienentää nostamalla pohjavedenpintaa ja kasvittamalla maa, mikä ei lähtökohtaisesti estä aurinkoenergian tuotantoa.

Keräsimme haastattelututkimuksen avulla ensimmäisiä kokemuksia aurinkovoimaloiden rakentamisesta turvemaille ja hahmotelimme tulevaisuuden näkymiä. Tutkimus toteutettiin puolistruktuoituna asiantuntija-haastatteluna seitsemälle aurinkoenergia-alan yritykselle. Tavoitteena oli tunnistaa aurinkosähkön tuotannon rajoitukset ja pullonkaulat turvemaille ja korkealla vedenpinnalla. Vastauksissa käsiteltiin mm. suunnittelua, rakentamista, vesienhallintaa ja paloturvallisuutta. Ylitsepääsemättömiä teknisiä esteitä vedenpinnan nostamiselle ei löytynyt, mutta käytännön kokemukset märkyyden vaikutuksista puuttuvat. Turvemaat voivat lisätä rakentamisen kustannuksia ja riskejä verrattuna kivennäismaihin, mutta vettämisen aiheuttamia lisäkuluja voitaisiin kompensoida esimerkiksi päästökaupan avulla. Sähköturvallisuus märissä olosuhteissa ja pelastustoiminnan esteettömyys ovat huomioitava suunnittelussa. Turvemaan heikko kantavuus asettaa haasteita perustuksille ja koneiden käytölle. Rinnakkainen maankäyttö kuten rahkasammalen kasvatus tukisi monitavoitteisuutta.

Tutkimus on osa Euroopan unionin rahoittamaa Puhtaan energiajärjestelmän siirtymä REPower-CEST -hanketta (numero 151, P5C1I2, NextGenerationEU).

Hiilimarkkinat turvetuotannosta vapautuneilla alueilla: ArvoHiili-hankkeen tuloksia (26)

Liisa Maanavilja, FT, Lasse Aro, Tero Laakso, Suvi Kuittinen, Kari Laasasenaho, Lauri Ikkala, Jukka Turunen, Mirella Miettinen, Paula Jylhä, Antti Wall, Risto Lauhanen, Jenni Lind, Jari Luokkakallio, Ari Pappinen (GTK, Luke, UEF, SeAMK)
Geologian tutkimuskeskus GTK

Turvetuotannon jyrkän laskun seurauksena Etelä-Pohjanmaalla vapautui runsaasti alueita turvetuotannosta, joten yksityiset maanomistajat ja turveyrittäjät etsivät uutta käyttöä turvemaille ja uusia tulonlähteitä. Euroopan unionin osarahoittama ArvoHiili-hanke (10/2023–06/2026) selvitti, voisiko maanomistaja saada ennallistamisella ja kosteikkoviljelyllä tuloja hiilimarkkinoilta turpeen hiilivaraston säilyttämisestä.

Hankkeessa tarkasteltiin viittä maankäyttömuotoa: 1. uudelleensoistaminen, 2. rahkasammalen kasvatus, 3. pajun lyhytkiertoviljely tavanomaisella ja tavanomaista korkeammalla vedenpinnalla, 4. ruokohelven viljely tavanomaisella ja tavanomaista korkeammalla vedenpinnalla, ja 5. osmankäämin viljely.

Hankkeessa on tehty kirjallisuuskatsaus maankäyttömuotojen ilmastovaikutuksista ja mitattu kasvihuonekaasunvaihtoa ja biomassakertymää pilottikohteilla. Ilmastohyötyä arvioidaan suhteessa eri vertailuskenaarioihin. Hankkeessa on selvitetty myös kosteikkoviljelyn ja ennallistamisen sääntelyä kansallisella ja EU-tasolla sekä arvioitu arvoketjujen taloudellista potentiaalia ja nettohiilihyötyjä.

Hiilimarkkinoille merkityksellisellä kymmenien vuosien aikajänteellä ilmastohyödyn saavuttaminen kosteikkoviljelyllä tai ennallistamisella on haastavaa verrattuna nykyään yleisimpään jatkokäyttöön, metsitykseen, joka on entisillä turvetuotantoalueilla ilmastovaikutukseltaan suotuisa. Turpeen hiilivaraston säilyttävä soistaminen nousee ilmastovaikutukseltaan paremmaksi vasta yli kahdensadan vuoden aikajänteellä. Vedenpinnan nosto tuottaa suotuisan ilmastovaikutuksen myös lyhyemmällä aikajänteellä, jos vertailukohtana on paljas turvemaata tai sellainen jatkokäyttömuoto, jossa pinta ei välttämättä saa kasvipeitettä, kuten aurinkovoima.

Ruohovartisten kasvien ja pajun kosteikkoviljely edellyttäisi entisillä turvetuotantoalueilla lannoitusta, joka ei ole sallittua veden kyllästämillä mailla. Lannoitus myös kiihdyttää turpeen hajoamista, mikä heikentää ilmastovaikutusta. Rahkasammalen kasvatus sen sijaan soveltuu entisille turvetuotantoalueille, koska se ei vaadi lannoitusta ja on ilmasto- ja luontovaikutuksiltaan hyvä.

Turvetuotannosta poistuneiden alueiden kosteikkoviljely ilmastoyksiköiden (hiilikrediittien) tuottamista varten on hankkeen tulosten perusteella haastavaa useista syistä. Kosteikkoviljelyllä on vaikea saavuttaa ilmastohyötyjä, ja kosteikkoviljelyä tukeva oikeudellishallinnollinen sääntely on puutteellista ja osin ristiriitaista. Näin ollen taloudellinen toimintaympäristö ei ole maanomistajien näkökulmasta riittävän kehittynyt.

Aurinkovoimala-alueiden kasvihuonekaasupäästöt turvetuotannosta poistuvilla suonpohjilla (28)

Marja Kotakorpi, MMM, Kotakorpi, M., Lohila, A., Laasasenaho, K., Lääveri, A-S., Mäki-Pelkola, M. & Minkkinen, K.

Helsingin yliopisto

Aurinkovoiman tuotanto on varteenotettava vaihtoehto turvetuotannosta poistuneiden alueiden eli suonpohjien jälkikäyttöön. Suonpohjille jää turvetuotannon jäljiltä vaihtelevan paksuinen turvekerros, joka on potentiaalisesti merkittävä kasvihuonekaasujen päästölähde. Aurinkovoimalahankkeiden suunnittelun tueksi tarvitaan tietoa suonpohjien kasvihuonekaasupäästöistä ja pintakasvillisuuden sekä vedenpinnan korkeuden että itse paneelien vaikutuksesta päästöihin. Euroopan unionin osarahoittamassa Aurinkovoimalat suonpohjilla: vaikutukset pienilmastoon ja maaperäpäästöihin (AurinkoSuo) -hankkeessa on mitattu suonpohjien maaperän hiilidioksidi- (CO_2), metaani- (CH_4) ja typpioksiduuli (N_2O)-päästöjä kammiomenetelmällä Etelä-Pohjanmaalla ja Keski-Suomessa kesäkuusta 2025 alkaen (Aurinkosuo-hanke, Lohila ym. 2026). Tutkimuskohteina ovat Lapuan Heinineva (EPV Aurinkovoima), jossa aurinkovoiman tuotanto alkoi 2025 (kaupallinen tuotanto vuoden 2026 alussa), sekä Karstulan Polunsuo (Neova), joka on juuri turvetuotannosta poistunutta tuuli- ja aurinkovoimatuotannon hankesuunnittelualuetta. Kaasupäästöjen lisäksi olemme kartoittaneet kohteiden kasvilajistoa ja kasvillisuuden peittävyys muutosta. Esitämme alustavia tuloksia kasvillisuuden alkukehityksestä turvetuotannon lopettamisen ja aurinkovoimalan perustamisen jälkeen, sekä aurinkopaneelien ja ympäristötekijöiden (kasvilaji, jäännösturpeen määrä, maaperän kosteus, vedenpinnan syvyys, lämpötila) vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin.

6.2 Lyhyet puheet

Aurinkovoima turvesoiden jälkikäyttömuotona – vaikutukset pienilmastoon ja maaperäpäästöihin (53)

Annalea Lohila, professori, Aalto T., Aaltonen H., Aurela M., Kotakorpi M., Liu C., Mammarella I., Minkkinen K., Orttenvuori S., Raivonen M., Rautakoski H., Rinne E., Thomas A., Laasasenaho K.
Ilmatieteen laitos ja Helsingin yliopisto (INAR)

Energiaturpeen tuotannon väheneminen ja aurinko- ja tuulivoiman kasvava tarve ovat lisänneet kiinnostusta turvesoihin aurinkovoimaloiden sijoituspaikkoina. Entiset turvetuotantoalueet ovat laajoja varjottomia alueita ja niillä on valmiina kuivatus- ja vesiensuojelurakenteet sekä kantava tiestö, mikä tekee niistä houkuttelevia kohteita. Hyödyntämällä tällaisia jo voimakkaasti muokattuja ympäristöjä voidaan välttää esimerkiksi laajoja avohakkuita aurinkopaneelientien sijoituspaikkoina.

Toisaalta jos suonpohjien vedenpinta pidetään aurinkovoimakäytössä matalana, jäljelle jäänyt turve jatkaa hajoamistaan ja tuottaa kasvihuonekaasupäästöjä (KHK). Näitä päästöjä voitaisiin mahdollisesti vähentää nostamalla vedenpintaa, mikä saattaisi samalla hillitä paneeleita varjostavan kasvillisuuden kehittymistä. Suonpohjien maaperän KHK-päästöistä on kuitenkin toistaiseksi hyvin vähän tutkimustietoa, eikä ole lainkaan selvää, miten suonpohja käyttäytyy aurinkovoimalan alla. Aurinkopaneelien luoma varjostus sekä suon mahdollinen vettyminen erityisesti alavilla alueilla muokkaavat oletettavasti kohteen pienilmastoa uudella tavalla.

AurinkoSuo-hanke tuottaa uutta tietoa siitä, miten aurinkopaneelit muuttavat suonpohjan pienilmastoa ja miten nämä muutokset vaikuttavat jäännösturpeen hajoamiseen ja siten KHK-päästöihin. Hanke tuottaa myös tietoa kasvillisuuden muodostumisen vaikutuksista päästöihin ja mahdollisiin nieluihin. Mikäli aurinkovoimala rakennetaan suolle, jonka vesitalous mahdollistaa veden palauttamisen, voidaan saavuttaa moni-hyötyisyyttä: aurinkoenergian tuotantoa ja samanaikaisesti suon ennallistumisesta syntyviä hiilinieluja.

Hankkeessa on perustettu KHK-vaihdon mittaukset kahdelle suonpohjalle, joista toisella aurinkovoiman tuotanto on käynnistynyt (Lapuan Heinineva, EPV Aurinkovoima) ja toisella turvetuotanto on hiljattain päätynyt (Karstulan Polunsuo, Neova). Kohteilla mitataan hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin vaihdon lisäksi auringonsäteilyn imeytymistä ja heijastumista, paneelien vaikutuksia maaperän lämpötilaan ja kosteuteen, kasvillisuuden kehitystä sekä paneelien pienilmastovaikutuksia. Lisäksi hankkeessa tarkastellaan mallituksen keinoin biogeokemiallisia ja -fysikaalisia prosesseja, kuten säteilyn ja energian jakautumista paneelientillä, lämpötiloja, maan kosteutta ja hiilen kiertoa. Mallien toiminnan ja kyvykkyyden arvioimiseksi malliennusteita verrataan koekohteilla tehtyihin mittauksiin.

Aurinkovoimalat suonpohjilla: vaikutukset pienilmastoon ja maaperäpäästöihin (AurinkoSuo) -kehittämistä ja investointihankkeet ovat Euroopan unionin osarahoittamia hankkeita, joita toteuttavat Ilmatieteen laitos, Helsingin yliopisto ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

7 Kaukokartoitusmenetelmät

7.1 Suulliset esitykset

Miten drone- ja satelliittikuvilla voidaan tukea vetettyjen turvetuotantoalueiden kasvihuonekaasuseurantaa? (6)

Aleksi Isoaho TkT, Milla Niiranen, Aleksi Räsänen, Maarit Liimatainen
Luonnonvarakeskus

Kosteikoiksi vettäminen on yksi mahdollisista entisten turvetuotantoalueiden jatkokäyttömuodoista, joilla voidaan tukea EU:n biodiversiteettistrategiaa. Tiedot vettäminen kasvihuonekaasuvaikutuksista ovat kuitenkin puutteellisia ja perustuvat usein kokonaan pistemäisiin mittauksiin. Viimeaikaiset kehitykset kaukokartoitusmenetelmissä mahdollistavat kattavampien seuranta- ja arviointityökalujen kehittämisen. Tutkimuksemme tavoitteena on (1) mitata kasvihuonekaasupäästöjä erilaisilta pinnoilta jatkokäyttökosteikoilta ja (2) skaalata päästöt kattamaan tutkittavat kosteikot kokonaisuudessaan monilähteen kaukokartoituksen avulla.

Mittasimme CH_4 -, CO_2 - ja N_2O -päästöjä kannettavilla kaasuanalysaattoreilla Pohjois-Pohjanmaalla kolmella vetetyllä turvekosteikolla ja yhdellä vetettävällä turvetuotantoalueella erilaisilta pintatyypeiltä kahden kasvukauden ajan. Lisäksi dronekuvasimme pienen osa-alueen jokaisesta seuranta-kohteesta kuukausittain ja valitsimme pilvettömiä Sentinel-2-satelliittikuvia mahdollisimman läheltä dronekuvaushetkeä. Teimme tarkan resoluution pintatyypiluokittelun droneaineistojen avulla kattamaan seurattavat pintatypit. Tarkkaa pintatyypiluokista käyttäen mallinsimme satelliittikuvilla pinta-ala-arviot kattamaan seuranta-kohteet kokonaisuudessaan.

Kasvihuonekaasupäästöillä oli paljon vaihtelua eri pintatyyppien välillä, mutta päästöillä ei vaikuttanut olevan merkittävää kausittaista vaihtelua. Havaitimme myös, että vetettävä kohde kasvittui merkittävästi kahden seuranta-vuotemme aikana. Dronepohjaiset luokittelut ja satelliittipohjaiset pinta-alamallit toimivat pääsääntöisesti hyvin: saimme tehtyä uskottavat pinta-ala-arviot eri pintatyypeille ja kasvihuonekaasupäästö-arviot koko kosteikkoalueille. Tutkimustuloksemme osoittavat, että kosteikkojen kasvihuonekaasupäästöjä voidaan arvioida kustannustehokkaasti maastomittauksia ja kaukokartoitusaineistoja yhdistelemällä. Vettämisvaiheessa olevan kohteen arvioita tehdessä on tärkeää toteuttaa ajallista seurantaa myös pintatyyppien pinta-alojen osalta, koska kasvillisuus voi hyvinkin nopeasti vallata merkittävästi alaa turvepinnalta.

Koneoppimismenetelmät suoyhdistymätyyppien kaukokartoituksessa (13)

DI Mikko Impiö, Aleksi Isoaho, Antti Sallinen, Pekka Härmä, Markus Törmä, Kaapro Keränen, Anna Tammilehto
Suomen ympäristökeskus

Euroopan unionin jäsenmaat on velvoitettu seuraamaan EU:n luontodirektiivin liitteessä I listattujen luontotyyppien tilaa. Suoyhdistymätyyppien osalta tila- ja pinta-ala-arviot ovat toistaiseksi olleet Suomessa puutteellisia. Suokauko-hankkeessa tuotetaan uutta luontotyyppitietoa Suomesta. Hankkeessa yhdistetään kaukokartoitusaineistoja (satelliittikuvia, ilmakuvia, laserkeilausaineistoja) sekä maastosta kerättyä koeläyhteisöä ja pyritään vastaamaan lisääntyneeseen luontotyyppien tilan seurannan tarpeeseen.

Suoyhdistymäluokittelut toteutettiin hyödyntämällä paikkatietoaineistoa, joka sisältää kaikki Suomen turve- maat jaettuna hallittavimpiin yksiköihin, joiden tarkoituksena on edustaa suurempia suoallaskokonaisuuksia tai yksittäisiä suoyhdistymiä. Opetusaineistoksi suoallasaineistosta tehtiin otanta, johon määriteltiin suoyhdistymäluokat asiantuntija-arviolla ja olemassa olevilla paikkatietoaineistoilla. Luokittelun selittävinä piirteinä käytettiin satelliittikuvista ja laserkeilausaineistosta laskettuja muuttujia. Luokitteluissa kokeiltiin random forest -luokittelijaa, monitasoista neuroverkkoa (multilayer perceptron) ja uudempana menetelmänä konvoluutioneuroverkkoja (CNN), jotka mahdollistavat laajemman, monimutkaisemman kontekstiedon hyödyntämisen.

Alustavien tulosten perusteella suoyhdistymätyyppien tunnistaminen koneoppimismenetelmillä vaikuttaa toimivan kohtalaisen hyvin, mutta eri tyyppien luokittelun luotettavuudessa oli jonkun verran eroja. Etenkin CNN-pohjaiset menetelmät vaikuttavat toimivan spatiaalista tietoa vaativien suoyhdistymätyyppien tulkin- nassa. Uusien menetelmien avulla voidaan tuottaa uutta tietoa Suomen suoyhdistymätyyppien pinta-aloista ja sijainnista.

Rahkasammalpeittävyiden kaukokartoitus ennallistetuilla ja luonnontilaisilla soilla (35)

Riikka Tornberg, FM, Aleksi Räsänen, Aleksi Isoaho
Oulun yliopisto

Rahkasammat ovat monimuotoinen lajiryhmä ja avainasemassa suoekosysteemien toiminnan kannalta. Kasviruutuseurantojen avulla on havaittu, että metsäojitetun soiden ennallistamisen jälkeen rahkasammalten peittävyys lisääntyy mutta ennallistamisvasteissa on rahkasammalla- ja suotyypin ja suokohdekohtaista vaihtelua. Kasviruudut kertovat kuitenkin vain paikallisista muutoksista. Tarvitaankin menetelmiä, joilla kasviruuduissa havaitut muutokset voidaan yleistää laajemmille alueille ja muille soille.

Tutkimuksemme tarkoituksena on selvittää, (1) mitkä kaukokartoitusmuuttajat ovat yhteydessä rahkasammalten peittävyyteen avosoilla ja rämeillä, ja (2) kuinka hyvin peittävyysmuutoksia voidaan seurata satelliittikaukokartoituksen avulla. Kenttäaineistona hyödynnämme 80 kohteen osaotantaa kansallisen soiden ennallistamisen seurantaverkoston kasviruutuaineistosta. Laskemme kohdekohtaiset rahkasammalpeittävyydet eri ajanhetkillä ennallistamisen jälkeen ja luonnontilaisille vastineille. Kaukokartoitusaineistona käytämme optisia Landsat- ja Sentinel-2-satelliittikuvia ja laserkeilauksesta laskettuja piirteitä. Tilastollisessa tarkastelussa hyödynnämme tilastollisia malleja sekä koneoppimista.

Alustavien tulosten perusteella jotkin kaukokartoitusmuuttajat ovat yhteydessä rahkasammalten peittävyyden vaihteluun. Tulosten avulla on tarkoitus luoda pohjaa kaukokartoitusmenetelmien hyödyntämiselle metsäojitetun soiden kasvillisuusseurannassa ja uusien kaukokartoituspohjaisten seurantaindikaattorien kehittämiseksi.