

Metsäekosysteemien toiminta ja metsien käyttö muuttuvassa ilmastossa (MIL) -tutkimusohjelman loppuraportti

MIL-kotisivu

Loppuraportti

Raportin sisältö

Soiden kasvihuonekaasutaseet muuttuvat ilmaston muuttuessa

Pohjoisten soiden osuus maapallon maapinta-alasta on vain kolme prosenttia, mutta niihin on varastoituneena kolmasosa kaikesta maaperän hiilestä, ja se vastaa noin puolta ilmakehässä olevasta hiilestä. Suomen luonnontilaiset suot (yli 4 miljoonaa hehtaaria) ovat merkittävä hiilidioksidinielu. Niihin on arvioitu kertyvän hiiltä vuosittain noin 1,3 Tg (=Mt). Toisaalta luonnontilaiset suot ovat hapettoman hajotuksen takia tärkein luontainen ilmakehän metaanin lähde. Metaani on hiilidioksidia 25-kertaa voimakkaampi kasvihuonekaasu, minkä vuoksi luonnontilaiset suot lämmittävät ilmastoa.

Lämpötila ja pohjaveden taso vaikuttavat soiden hiilidioksidin- ja metaanivirtoihin. Arvioiden mukaan kolmen asteen lämpötilan nousu pohjoisilla alueilla lisää haiduntua siten, että soiden kesäaikainen pohjavesipinta olisi 10–20 cm nykyistä alempana. Tällaisten muutosten oletetaan vaikuttavan typen mineralisaatioon ja tätä kautta kasvien käytettävissä olevan typen määrään. Ajan oloon alkuperäinen suolajisto voi kokonaan korvautua muuttuneisiin oloihin sopeutuneilla lajeilla.

Metsäojituksella oletetaan olevan suoekosysteemien kasvillisuuteen, mikrobitoimintaan ja sitä kautta ainekiertoihin samantyyppisiä kuivatusvaikutuksia kuin ilmaston lämpenemisellä. Tutkimuksessa verrattiin luonnonsoiden ja ojitettujen soiden hiilitaseita ja niihin vaikuttavia tekijöitä eri ilmastoalueilla sekä pienimuotoisissa lämmityskokeissa erilaisilla suoalueilla.

Luonnontilaisen suon kariketuotos ja mikrobiyhteisöjen toiminta muuttuvat lämpenemisen ja kuivumisen seurauksena

Tulostemme mukaan pohjaveden tason aleneminen **pohjoisella aapasuolla** noin 15 cm:llä lisäsi mikrobien toimintaa ja orgaanisen aineen hajoamista, minkä seurauksena hiilidioksidivuoto lisääntyi kolminkertaiseksi. Toisaalta maanpäällisen kariketuotoksen lisääntyessä maahan suuntautuva hiilivuoto kasvoi. Muutokset näkyivät myös maamikrobikoostumuksessa siten, että suon kuivussa sienten osuus kasvoi suhteessa bakteereihin. Suon kuivumisen myötä sienten määrä näyttäisi lisääntyvän, ja tietyt sienilajit saattavat erityisesti hyötyä. Aktinobakteerilajisto ("sädesienet") ei näyttäisi olevan erityisen herkkä suon kuivumiselle. Vähänsuon kuivuminen vaikutti selvästi sekä metaania tuottavien arkkien että metaania hapettavien bakteerien yhteisöihin ja niiden aktiivisuuteen: sekä maastossa mitatut metaanipäästöt että laboratoriossa mitattu metaanintuottopotentiaali pienivät olennaisesti.

Eteläisellä kohosuolla vähänsuon vedenpinnan lasku aiheutti muutoksia mikrobiyhteisöjen rakenteeseen, ja muutos oli näkyvämpi runsasravinteisella ja märemmällä suotyypillä. Vaikka etenkin sieniyhteisö reagoi vahvasti jo vähäisiin muutoksiin, muutokset voivat vaihdella eri suotyypeillä. Kuivumisen aiheuttama muutos kasvillisuudessa ja sen tuottaman karikkeen laadussa vaikutti lopulta enemmän sekä hajottajayhteisöiden koostumukseen että hajotuksen aktiivisuuteen kuin esimerkiksi kasvupaikan ravinteisuus. Kuivumisen myötä kariketuotanto lisääntyi ja hitaasti hajoavaa kariketta muodostui enemmän. Varsinkin karuilla kasvupaikoilla kariketuotos oli pitkällä aikavälillä suurempi kuin hajotus. Kuivumisen ja kasvillisuusmuutosten myötä pintaturpeen lämpötila oli selvästi alhaisempi verrattuna luonnontilaiseen suohon.

Tutkimustulostemme mukaan kuivumisen aiheuttamat muutokset sekä aerobisissa että anaerobisissa mikrobiyhteisöissä ja niiden aktiivisuudessa ovat märillä ja rehevillä soilla suurempia kuin kuivemmillä ja karummilla. Jos ilmastomuutos alentaa soiden kesäaikaista vedenpintaa, märkien soiden metaanipäästöt



Kaasumittauksia Pallasjärvellä. Kuva Niko Silvan.

pienenevät huomattavasti. Tällä voi olla merkittävä ilmaston lämpenemistä hidastava vaikutus. Vaikka hiilidioksidipäästöt turpeesta kasvavat lämpenemisen seurauksena, ainakin karut suot pysyvät hiilen nieluina kasvillisuuden lisääntyvän kariketuoton vuoksi.

Lämmityksen ja kuivatuksen vaikutukset kasvihuonekaasutaseisiin havaittiin myös kammiokokeissa

Kesien 2008–2010 aikana tutkittiin lämmityksen ja vedenpinnan tason vaikutuksia hiilidioksidin, metaanin ja typpioksiduulin taseisiin kolmella keskiravinteisella, oligotrofisella saranevalla. Kasvihuonekaasutaseita mitattiin luonnontilaisella alueilla ja alueilla, joissa pohjaveden pintaa oli alennettu 15 cm tai 30 cm. Lämmitysvaikutus saatiin aikaan avokammioilla. Kammiot nostivat tehoisaa lämpösomaa (+5 °C:n kynnyslämpötila) puuston määrästä riippuen 100–108 d.d.

Tutkimustulostemme mukaan soiden hiilen sidonta laski lämpenemisen ja kuivumisen seurauksena. Kuivumisella oli hiilitaseisiin merkittävämpi vaikutus kuin lämmityksellä. Kuivatus pienensi etenkin metaanin emissioita, mutta myös lämmityksellä oli pieni metaaniemissioita vähentävä vaikutus luonnontilaisilla mittauspisteillä. Käsittelyillä ei ollut vaikutusta typpioksiduulin emissioihin.

Kasvihuonekaasulaskelmiin tarvitaan koko maan kattavaa tietoa ojituksen vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin eri suotyypeillä

Metsäojitus kiihdyttää suon pintaosissa tapahtuvaa hapellista hajotustoimintaa. Toisaalta ojitus muuttaa myös kasvillisuutta ja sen kariketuotoksen määrää ja laatua. Ojituksen kokonaisvaikutus turvemaan hiilitaseeseen riippuukin muutoksesta kariketuotoksen ja karikkeen ja turpeen hajotuksen suhteessa.

Valtakunnan metsien kahdeksannen inventoinnin (VMI 8) pysyviltä koealoilta valittiin 70 koealaa, joilta mitattiin kasvihuonekaasutaseita vuosina 2007 ja 2008. Tavoitteena oli tuottaa kaikille metsänkasvatuskelpoisille turvekangastyypeille ja koko Suomen alueelle yleistämiskelpoiset arviot metsäojitettujen soiden hiilidioksidi-, metaani- ja dityppioksidivirroista.

Hiilidioksidituotanto riippuu suon ravinteisuudesta

Tulostemme mukaan hiilidioksidipäästö on suurin rehevillä ojitetuilla soilla ja vähenee kasvupaikan muuttuessa karummaksi (kuva 1). Vaihtelu on kuitenkin suurta kunkin kasvupaikkatyyppin sisällä. Runsas puuston määrä ja syvällä oleva pohjavesipinta lisäävät maahengitystä.

Maaperän heterotrofisen hajotushengityksen päästöt ovat koko maan keskiarvoiksi laskettuna suunnilleen samaa tasoa kuin nykyiset, kasvihuonekaasuraportoinnissa käytettävät metsäojitettujen soiden päästöarviot, jotka perustuvat alueellisesti paljon suppeampaan aineistoon.

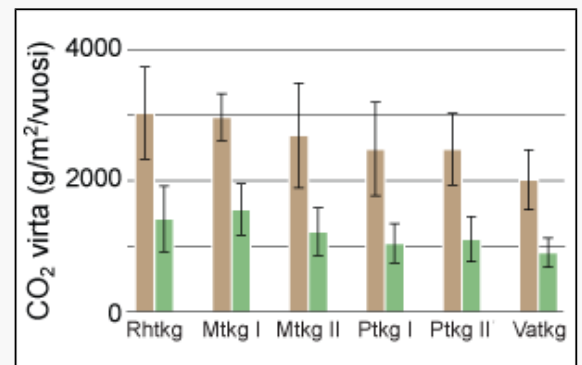
Metaanipäästöt pienenevät ojituksen jälkeen

Ojitus alentaa pohjavesipintaa ja kasvattaa hapellisen pintaturverroksen paksuutta. Kun pintakerroksen happipitoisuus kasvaa, metaania tuottavat mikrobit eivät menesty. Siten ojitus pienentää metaanipäästöjä, ja turvekangasasteella suot kääntyvät jopa metaaninieluiksi. Arviomme mukaan ojikko- ja muuttumavaiheessa olevat ojitusaluet ovat vähäisiä metaanin lähteitä (1,16 g/m²/v), ja turvekangasasteelle kuivuneet kohteet olivat pieniä metaaninieluja (0,28 g/m²/v).

Koealoilta mitatut dityppioksidipäästöt olivat vähäisiä ja pienenevät ravinteikkailta ruohoturvekankailta (0,185 g/m²/v) karuille varputurvekankaille (0,029 g/m²/v). Aiemmin maatalouskäytössä olleilla turvemailla päästöt voivat olla huomattavasti suurempia. Dityppioksidi on voimakas kasvihuonekaasu, jota voi syntyä maaperässä typen hapetukseen ja pelkistykseen liittyvissä prosesseissa.

Kariketuotoksella ja -hajotuksella on tärkeä merkitys ojitettujen soiden hiilitaseisiin

Vaikka karikkeiden hajotusnopeus lisääntyi ojituksen vaikutuksesta, pitemmällä aikavälillä suuret muutokset karikkeiden määrässä ja karikkeen laadussa johtivat siihen, että vaikeasti hajoavista karikkeista kerrostui huomattavasti enemmän orgaanista ainesta kuin vastaavalla luonnontilaisella kasvupaikalla. Tämä vuoksi ainakin karuilla kasvupaikkatyypeillä maaperä voi säilyä hiilen nieluna kuivumisen jälkeenkin, vaikka orgaanisen aineen hajotus lisääntyy.



Kuva 1. Kokonaismaahengitys (■) ja heterotrofinen hengitys (■) laskevat suon ravinteisuuden vähentyessä. Ptkg ja Vatk ovat karuja ojitettuja soita, Mtkg ja Rhtkg ovat reheviä soita. Janat kuvaavat kasvupaikkojen sisäistä vaihtelua.

Kasvillisuuden muuttuminen esimerkiksi ilmastonmuutoksen tai maankäytön seurauksena on tärkeä turvemaan hiilidynamiikkaan vaikuttava tekijä. Kasvillisuusdynamiikka tuleekin sisällyttää malleihin, joilla pyritään arvioimaan ympäristömuutosten vaikutuksia turvemaan hiilen kiertoon.

Arvioita ojitettujen soiden hiilitaseesta

Soiden hiilitaselaskelmat pohjautuvat maahengitysmittauksiin sekä arvioihin maahan tulevista hiilivirroista eli kasvillisuuden maanalaisesta ja maanpäällisestä kariketuotoksesta.

Karuilla ojitusalueilla (puolukkaturvekankaat ja sitä heikommat) maaperä on keskimäärin pieni hiilen nielu, jonka suuruus ei riipu lämpösummasta (kuva 2). Rehevillä ojitusalueilla (mustikkaturvekankaat ja paremmat) maaperä sen sijaan on hiilen lähde, erityisesti Etelä-Suomessa.

Välittömästi avohakkuun jälkeen ojitetun suon heterotrofinen maahengitys vähenee, joten hakkuu sinänsä ei juurikaan vähennä turvemaan hiilivarastoa. Koska avohakkuualoilla karikesyöte vähenee radikaalisti, turvemaata muuttuu hiilen nettolähteeksi, kunnes uusi kasvillisuus jälleen ylittää hajotuksessa poistuvan hiilen määrän.

Kasvava puusto on selkeä hiilinielu kaikilla ojitusalueilla, ja nykyisellään puuston hiilinielu on noin viisinkertainen vastaaviin luonnontilaisiin soihin verrattuna. Puustonielu on rehevillä turvekangastyypeillä selvästi suurempi kuin karuilla (kuva 3).

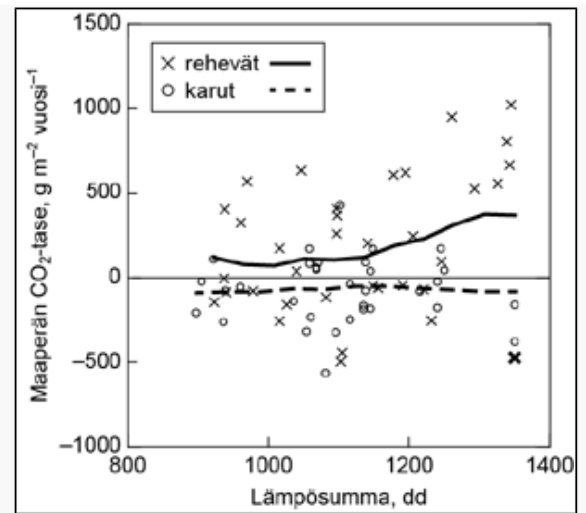
Tulokset palvelevat kasvihuonekaasuraportointia ja soiden käytön ohjausta

Pohjoisten suoekosysteemien valtavii hiilivarantoihin kohdistuu globaalin lämpenemisen vuoksi suuria uhkatekijöitä. Siksi suoekosysteemien hiilitasemuutosten ja niihin vaikuttavien tekijöiden tutkimus ja seuranta on välttämätön. Suomessa VMI -koaloille on perustettu maaperän hiilivaraston pitkäaikaisen muutoksen seurantapisteet, joiden avulla havainnoidaan koko turvekerroksen ja aktiivisen pintaturvekerroksen paksuutta. Koaloilta saatuja tuloksia voidaan käyttää kansallisessa kasvihuonekaasuinventaariossa tai laskettaessa alueellisia kasvihuonekaasutaseita.

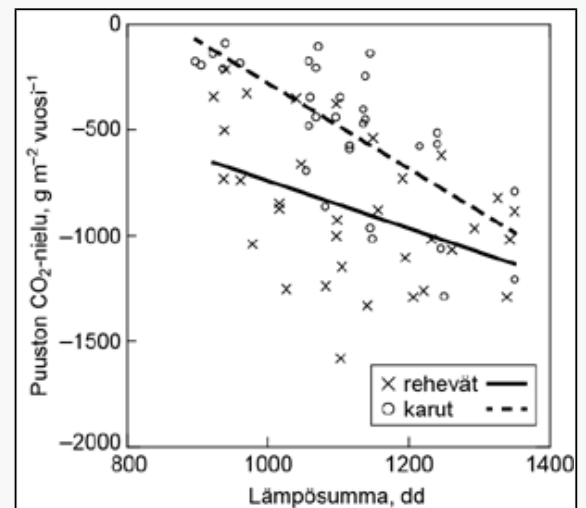
Karuilla ojitusalueilla metsänkasvatus näyttäisi olevan pitkälläkin aikavälillä ilmastollisesti kestävä. Rehevillä kasvupaikoilla ojitusalueiden hiilinielu on puuston kasvun varassa. Pitkällä aikavälillä tämä johtanee siihen, että nämä kasvupaikat muuttuvat hiilen nettolähteiksi ellei puuston sitoutunutta hiiltä pystytä jollain keinolla varastoimaan.

Kirjoittajat: *Timo Penttilä, Niko Silvan, Paavo Ojanen, Krista Peltoniemi ja Tytti Sarjala*

- Hankkeen vetäjä: erikoistutkija [Tytti Sarjala](#)
- Muut tutkijat: Jukka Alm, Tiina Badorek, Markus Hartman, Juha Heiskanen, Jukka Laine, Timo Penttilä, Pekka Pietiläinen, Niko Silvan, Riina Mäkelä ja Jaana Vuosku
- Hanke 3491: [Ilmastonmuutoksen vaikutukset turvemaiden hiilen ja typen kiertoon](#)
- [Hankkeen julkaisut](#)



Kuva 2. Karujen ojitettujen soiden (○) maaperä on keskimäärin hiilen nielu, rehevämpien soiden (X) maaperä menettää hiiltä. Rehevillä soilla hiilihävikki kasvaa lämpösumman noustessa.



Kuva 3. Ojitusalueiden nykypuuston hiildioksidinielu on rehevillä soilla (X) suurempi kuin karuilla (○) ja kasvaa lämpösumman suuressa.