

# Turvemaiden ilmastovaikutuksia tutkitaan

OLLI-PEKKA SIIRA, TUULA AALTO, MIKA AURELA, LIISA JOKELAINEN, ANGELIKA KÜBERT, KARI LAASASENAHO, JANNE LAMPILAHTI, MARKUS LAMPIMÄKI, RISTO LAUHANEN, TIINA MARKKANEN, HARRI VASANDER JA ANNALEA LOHILA

**T**urvemaa on eloperäistä maalajia sisältävä maaperämuodostuma, jonka määritelmä vaihtelee eri maissa ja eri yhteyksissä. Suomessa geologisen määritelmän mukaan turvemaa on vähintään 30 cm paksu turvekerrostuma. Kansainvälisen luokituksen mukaan eloperäisiksi maalajeiksi määritellään esimerkiksi Histosol-maalajityypit (IUSS Working Group WRB 2022). Turvemaat käsittävät noin neljäsosan maaperän hiilivarastosta: vaikka ne peittävät vain 3,8 % maapallon maapinta-alasta. Turvemaiden hiilivaraston on arvioitu olevan 612 000 miljoonaa tonnia (Mt) (Yu ym. 2010) ja vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt 1 941 Mt hiilidioksidiekvivalenttia (Mt CO<sub>2</sub>-ekv) (Joosten ym. 2022). Hiilidioksidiekvivalentti on ilmakehätieteissä käytetty yhteismita, joka kuvastaa kaasun ilmastovaikutuksia

hiilidioksiidiin suhteutettuna. Se lasketaan eri kaasuille niiden lämmityspotentiaalikerrointen perusteella (*Global Warming Potential*, GWP). Lämmityspotentiaalinen suuruuteen vaikuttaa muun muassa kaasun elinikä ilmakehässä sekä kaasun säteilytehokkuus eli kyky absorboida ja emittoida pitkäaaltoista lämpösäteilyä. Jokaiselle kasvihuonekaasulle voidaan määrittää myös lämpötilan muutospotentiaalikerroin (*Global Temperature change Potential*, GTP), joka kertoo kuinka paljon Maan pintalämpötila muuttuu kasvihuonekaasun ansiossa verrattuna hiilidioksidin lämmittävään vaikutukseen (taulukko 1).

Turvemaiden vaikutus globaaliin hiilenkiertoon on merkittävä erityisesti borealisella vyöhykkeellä. Suomessa on ojitettu turvemaita 4 877 000 hehtaaria metsätalouskäyttöön,

Taulukko 1. Turvemaiden tärkeimmät kasvihuoneilmiötä voimistavat kaasut, niiden eliniät ilmakehässä, lämmityspotentiaalikerroimet (GWP) ja lämpötilan muutospotentiaalikerroimet (GTP). GWP ja GTP esitetty aikajäniteillä 20, 50 ja 100 vuotta. GPT ja GWT ovat yksiköttömiä kertoimia. Etumerkillä ± tarkoitetaan epävarmuustekijän vaihteluväliä. Mukailtu lähteestä Forster ja muut (2021).

Table 1. Emissions metrics for the most critical greenhouse gases of peatlands, with their lifetimes in the atmosphere (*Elinikä ilmakehässä*): Global Warming Potentials (GWP) and Global Temperature change Potentials (GTP). GWP and GTP are presented in time span 20, 50, and 100 years. GPT and GWT are unitless coefficients. Total uncertainty is described as a range (±). Based on Forster et al. (2021).

Yhdiste	Kemiallinen kaava	Elinikä ilmakehässä (vuosia)	GWP-20	GWP-50	GWP-100	GTP-50	GTP-100
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	vaihteleva	1	1	1	1	1
Biogeeninen metaani (ei fossiilista alkuperää)	CH <sub>4</sub>	11,8 ± 1,8	79,7 ± 25,8	27,0 ± 11,0	7,2 ± 3,8	10,4 ± 6,1	4,7 ± 2,9
Dityppioksidi, typpioksiduuli (ilokaasu)	N <sub>2</sub> O	109 ± 10	273 ± 118	273 ± 130	130 ± 64	290 ± 140	233 ± 110

250 000 hehtaaria maataloutta varten ja 70 000 hehtaaria on ollut teollisessa turvetuotannossa (Bioenergia 2023; Niinistö ym. 2023). Suomen vuotuiset kasvihuonekaasupäästöt ovat metsäojitetuilta turvemailta 10,63 Mt CO<sub>2</sub>-ekv, turvepelloilta 7,56 Mt CO<sub>2</sub>-ekv ja muilta turvemailta – mukaan lukien teolliset turvetuotantoalueet – 2,2 Mt CO<sub>2</sub>-ekv (Statistics Finland 2023).

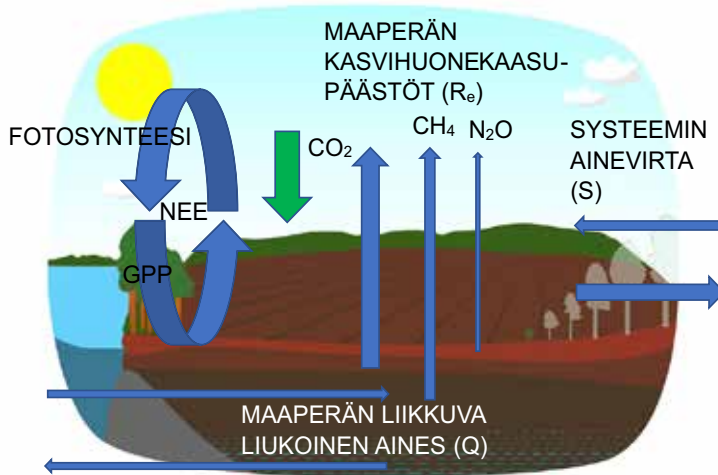
### Turvemaiden ainevirrat

Turvemaan ainevirtoja voidaan kuvata yksinkertaistetulla kaaviokuvalla, jossa tarkasteltavaa aluetta käsitellään suljettuna systeeminä (kuva 1). Fotosynteesissä ilmakehän hiilidioksidia sitoutuu elävään kasvillisuuteen. Biologista perustuotantoa kuvaa bruttopri-

määrituotanto GPP (*Gross Primary Production*). Hiilivarasto kasvaa etenkin maanpinnan alapuolella, koska turvemaiden korkea pohjavedenpinta hidastaa hajoamista ja kerryttää orgaanista ainetta maaperään. Maaperän kasvihuonekaasupäästöjä kuvaa ekosysteemin hengitys  $R_e$  (*Ecosystem Respiration*). Ekosysteemin hiilidioksidin nettovaihto (*Net Ecosystem Exchange*, NEE) kertoo ilmakehän ja maaekosysteemin välillä vaihtuvan hiilen määrästä. Ekosysteemin hiilidioksidin nettovaihdon ja bruttoprimäärituotannon välinen yhteys on yhtälön (1) mukainen:

$$NEE = -GPP + R_e \quad (1)$$

Kun otetaan huomioon systeemin tuottama biomassa (GPP), maaperän kasvihuonekaasu-



Kuva 1. Turvemaan tärkeimpien kasvihuonekaasujen kierto ja ainevirrat. Fotosynteesikierrossa ilmakehän hiilidioksidia (CO<sub>2</sub>) sitoutuu kasvillisuuteen (vihreä nuoli), joka on ekosysteemin bruttoprimäärituotannon (GPP) perusta. Ekosysteemin hiilidioksidin nettovaihto (NEE) kuvaa hiilidioksidin kiertoa ilmakehän, kasvillisuuden ja maaperän välillä. Maaperän kasvihuonekaasupäästöjen (hiilidioksidin CO<sub>2</sub>, metaani CH<sub>4</sub>, dityppioksidin N<sub>2</sub>O) sinisten nuolien paksuudet kuvaavat suuntaa antavasti niiden suhteellisia määriä.

Figure 1. Greenhouse gas fluxes and a material flow in a peatland soil. In the photosynthetic cycle, the atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is sequestered in the vegetation (green arrow), which is the source of Gross Primary Production (GPP). The Net Ecosystem Exchange (NEE) describes the carbon dioxide fluxes between the atmosphere, the vegetation, and the soil. The thicknesses of blue arrows for soil greenhouse gas emissions (carbon dioxide CO<sub>2</sub>, methane CH<sub>4</sub>, nitrous oxide N<sub>2</sub>O) indicate their relative amounts. S represents material flow (in and out) and Q soluble material flow in the soil.

päästöt ( $R_e$ ), systeemistä poistuva aines  $S_{ulos}$  (esim. puunkorjuu), systeemiin sisään tuleva aines  $S_{sisään}$  (esim. lannoitteet) sekä ainevirta maaperään  $Q_{sisään}$  ja maaperästä pois  $Q_{ulos}$  (esim. liukoinen orgaaninen ja epäorgaaninen hiili), voidaan systeemin hiilivaraston muutosta ( $C_s$ ) kuvata yhtälöllä (2):

$$\Delta C_s = GPP - R_e + S_{sisään} - S_{ulos} + Q_{sisään} - Q_{ulos} \quad (2)$$

## Tukea tutkimukseen

Ilmastonsuojelun puitesopimuksen (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC) mukaisesti Suomi raportoi vuosittain Yhdistyneille Kansakunnille (YK) maansa kasvihuonekaasupäästöt ja poistumat (hiilinielut). Vuonna 2021 Suomen maankäyttösektorista (*Land Use, Land Use Change, and Forestry*, LULUCF) – joka on aina ennen ollut merkittävä hiilinielu – tuli päästölähde (Statistics Finland 2023). Tämä vaikeuttaa Suomen hiilineutraalisuustavoitteiden toteuttamista. Toimia maankäyttösektorin päästöjen hillitsemiseen tarvitaan etenkin turvemaiden osalta.

Turvemaiden maankäytön muutoksella voidaan kasvattaa hiilinieluja ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Toimenpiteitä ovat esimerkiksi teollisten turvetuotantoalueiden metsittäminen tai ennallistaminen, suomettien ennallistaminen sekä suopeltojen kosteikkoviljely.

Turvemaiden tutkimusta sekä niiden taloudellista ja ympäristönsuojelun näkökulmasta kestävää käyttöä pyritään ohjaamaan erilaisilla julkisrahoitteisilla ohjelmilla. Näistä tärkeimmät meneillään olevat ovat Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama Hiilestä kiinni -ohjelma sekä Euroopan unionin oikeudenmukaisen siirtymän rahaston ohjelma (*Just Transition Fund*, JTF). Hiilestä kiinni -ohjelmaan kuuluu 15 monitieteistä tutkimus- ja innovaatiohanketta. Näistä saatavien tulosten avulla pyritään tukemaan maankäytön hiili-

päästöjen vähenemistä sekä hiilinielujen ja hiilivarastojen ylläpitoa ja lisäämistä (Maa- ja metsätalousministeriö 2023). Oikeudenmukaisen siirtymän rahasto liittyy Euroopan unionin hiilineutraalustavoitteisiin. Suomessa JTF-rahaston käyttö perustuu tavoitteeseen puolittaa turpeen energiakäyttö vuoteen 2030 mennessä (Valtioneuvosto 2023). Myös muita toimia on kehitteillä. Valtion talousarviossa on ollut osoitettuna määrärahaa vuosille 2023–2025 turvepelloilla toteutettaviin kosteikkojen ja kosteikkoviljelyn kehittämisen, kokeilu- ja investointihankkeisiin sekä viestintään (ks. Lång ym. 2023).

## Tutkimusmenetelmiä

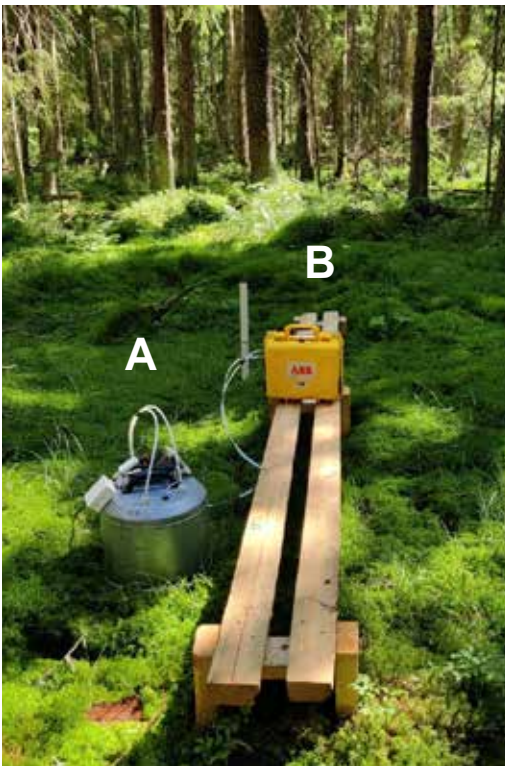
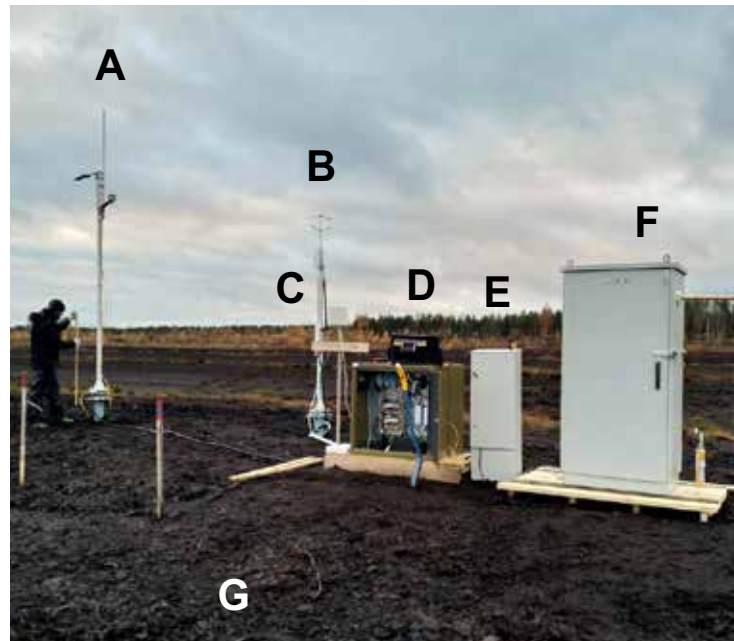
Turvemaiden ilmastovaikutusten mittaamiseen on vakiintuneita menetelmiä. Hiilen kiertoa ilmakehän, kasvillisuuden ja maaperän välillä – eli hiilidioksidi- ja metaanivuota – mitataan yleisesti joko pyörrekovarianssimenetelmällä tai kammiomittauksin.

Pyörrekovarianssimenetelmässä mitataan nopeavasteisesti (10 Hz) pystytuulen nopeutta ja tutkittavan kaasun (esim. hiilidioksidi) pitoisuutta (kuva 2). Kaasun vuo lasketaan pystytuulen ja kaasupitoisuuden vaihtelun kovarianssina, ja vuo voi suuntautua ilmakehästä ekosysteemiin (esim. kasvillisuuden yhteyttämisessä sitoma hiilidioksidi kesäpäivänä on hiilinielu) tai ekosysteemistä ilmakehään (kesäyön ja talviajan hiilidioksidipäästöt). Teoreettinen perusta pyörrekovarianssimenetelmälle luotiin 1940–1950-luvuilla. Tuulikomponenttien mittaamiseen käytetyn ultraäänianemometrin ja kaasuanalysointorien tekninen kehitys mahdollistivat 1990-luvulta alkaen jatkuvatoimisen pyörrekovarianssimenetelmän laajamittaisen käyttöönoton ilmakehätieteissä (Aubinet ym. 2012 lähteinen).

Kammio menetelmät perustuvat mittausalueen päälle asennetun kammion sisätilan kaasupitoisuuden muutosnopeuden mittaa-

Kuva 2. Naarasnevan mittausasema, joka sisältää SMEAR-konseptin (Hari & Kulmala 2005) mukaisia elementtejä: säteilyn, ilman lämpötilan ja kosteuden mittarit (A), tuulimittari (B), kaasuanalysaattori (C), tietokoneyksikkö (D), virranjakokeskus (E), hiukkasilmäin (F) sekä maaprofiilin lämpötila- ja kosteusmittarit (G). Kuva: Markus Lampimäki.

Figure 2. The Naarasneva measurement station including elements of the SMEAR concept (Hari & Kulmala 2005): solar radiation, air temperature and humidity measurement instruments (A), anemometer (B), gas analyzer (C), computer unit (D), power supply (E), NAIS device (F), soil profile temperature and moisture meters (G). Photo: Markus Lampimäki.



Kuva 3. Kammiomittaus Tammelan Tervalaminsuolla: kuvaan merkitty mittauskammiota (A) ja analysointiyksikkö (B). Kuva: Liisa Jokelainen.

Figure 3. Chamber measurement at Tervalaminsuo in Tammela. In the photo are marked a chamber unit (A) and an analyzer unit (B). Photo: Liisa Jokelainen.

miseen (kuva 3). Kammiomenetelmällä saadaan paikallinen kuva maaperän hetkellisestä kaasunvaihdosta. Yleensä mittauskammiota pidetään paikoillaan rajallisen ajan, jolloin joko otetaan kaasunäyte koeampulliin tai mitataan kaasupitoisuus kannettavalla laitteella. Kammiomittausmenetelmä on ollut käytössä 1910-luvulta lähtien. 1960-luvulla kaasuanalysaattoreiden kehitys mahdollisti entistäkin tarkemmat analyysit (esim. Singh & Gupta 1977 lähteinen).

Kasvillisuus tuottaa haihtuvia eloperäisiä yhdisteitä (*volatile organic compounds, VOC*), joista muodostuu ilmakehässä pienhiukkasia. Näillä pienhiukkasilla on sekä suoria että epäsuoria vaikutuksia Maan ilmakehän säteilytasapainoon. Hiukkasmuodostusta mitataan esimerkiksi erikoisvalmisteisella ionispektrometrillä (*Neutral cluster and Air Ion Spectrometer, NAIS*) (ks. Mirme ym. 2007; Manninen ym. 2009). Pienhiukkaset vaikuttavat suoraan ilmakehän säteilytasapainoon auringon valon sirotessa hiukkasista ja absorboituessa niihin. Yksi tärkeimmistä epäsuorista vaikutuksista on pilvien albedovaikutuksen lisääminen. Albedovaikutuksella tarkoitetaan auringon säteilyn takaisinheijastusta pilvistä avaruuteen. Hiukkasmuodostuksella voi olla merkittävä vaiku-

tus troposfäärin pilvien muodostumiseen ja ominaisuuksiin. Kasvettuaan riittävästi, hiukaset voivat toimia pilvipisaroiden ja jääkiteiden ytiminä vesihöyryn tiivistyessä tai härmistyessä niiden pinnalle. Tällöin suurempi osa auringon säteilystä heijastuu pilvistä takaisin avaruuteen eikä pääse Maan pinnalle, josta se heijastuisi lämpösäteilynä kasvihuoneilmiötä voimistaen. Pilvien muodostumisella on täten ilmastoa viilentävä vaikutus. Kulmala ja muut (2020) esittivät mallin CarbonSink+, jossa hiilinielujen laskennassa otetaan huomioon myös edellä mainitut epäsuorat ilmastoa viilentävät kerrannaisvaikutukset.

## **Päästölähteestä hiilinieluksi**

Laasasenaho ja muut (2023) selvittivät kyselytutkimuksen avulla maanomistajien asenteita teollisten turvetuotantoalueiden jälkikäytöstä: suosituin käyttömuoto oli metsittäminen, toiseksi suosituin maatalouskäyttö ja kolmanneksi suosituin tuuli- ja aurinkoenergiatuotanto. Turvetalouden ns. vihreään siirtymään on valmiuksia. Voisivatko hiilidioksidipäästöjä tuottavat turvekentät muuttua hiilidioksidia sitoviksi puhdasta energiaa tuottaviksi viheralueiksi? Suonpohjien metsittämisen alkuvaiheen ilmastovaikutuksista kerätään parhaillaan uutta tietoa Soinin Naarasnevalalla (kuva 2). Ainakin vielä ensimmäisenä kesänä metsittämisen jälkeen turvekenttä toimi lähes koko ajan hiilen lähteenä pois lukien muutama päivä heinäkuussa, jolloin taimien sekaan kasvanut horsmikko sitoi hiiltä enemmän kuin sitä vapautui turpeen hajotessa (Lohila ym. 2023).

Suomessa on ennallistettu metsäoijitettuja soita noin 30 vuoden ajan. Ennallistamisen ilmastovaikutukset eivät ole yksiselitteisiä. Vedenpinnan nostamisen myötä metsäoijitetusta suosta tulee aluksi metaanin lähde. Samalla menetetään puuston kasvupotentiaalın aikaansaama hiilensidonta. Alue voi olla pitkäänkin kasvihuonekaasupäästölähde, kunnes kasvanut hiilidioksidin sitoutuminen

turvemaaperään kompensoi päästöt. Ojasen ja Minkkisen (2020) mukaan turvemaiden hydrologian palauttamisella saavutetaan välitöntä ilmastohyötyä trooppisilla suoalueilla ja maatalousmailla, mutta ei välttämättä metsäoijitetuilla soilla. Verrattuna maatalousmaidien hiilensidontan tehostamiseen turvemaiden ennallistaminen vaatii vähemmän typpilannoitusta ja pinta-alaa. Ennallistaminen tulisikin ottaa paremmin huomioon ilmastomuutoksen lieventämisstrategiana (Leifeld & Menichetti 2018).

Metsittämisen kokonaisilmastovaikutuksista tarvitaan lisää tietoa. Uudet tutkimustulokset täydentävät tietämystämme ennallistamisen ilmastovaikutuksista rehevien metsäoijitettujen soiden osalta. Tutkimuksen myötä täsmentyvät ja päivittyvät myös hallitustenvälisen ilmastomuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) kansallisissa kasvihuonekaasuinventoinneissa käytetyt päästökertoimet.

## **Kiitokset**

Kiitokset Núria Altimirille graafisen esityksen pohjakuvasta. Tutkimusta ovat tukeneet Suomen Akatemian ACCC-lippulaiva, Suomen Akatemian rahoittama RESPEAT-hanke sekä Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama TURNEE-hanke.

**FT OLLI-PEKKA SIIRA**  
([olli-pekka.siira@helsinki.fi](mailto:olli-pekka.siira@helsinki.fi))  
Helsingin yliopisto

**DOS., FT TUULA AALTO**  
([tuula.aalto@fmi.fi](mailto:tuula.aalto@fmi.fi))  
Ilmatieteen laitos

**FT MIKA AURELA**  
([mika.aurela@fmi.fi](mailto:mika.aurela@fmi.fi))  
Ilmatieteen laitos

**MMM LIISA JOKELAINEN**  
([liisa.jokelainen@helsinki.fi](mailto:liisa.jokelainen@helsinki.fi))  
Helsingin yliopisto



**FT ANGELIKA KÜBERT**  
(angelika.kuebert@helsinki.fi)  
Helsingin yliopisto

**FT KARI LAASASENAHO**  
(kari.laasasenahto@seamk.fi)  
Seinäjoen ammattikorkeakoulu

**FT JANNE LAMPILAHTI**  
(janne.lampilahti@helsinki.fi)  
Helsingin yliopisto

**TKT MARKUS LAMPIMÄKI**  
(markus.lampimaki@helsinki.fi)  
Helsingin yliopisto

**DOS., MMT RISTO LAUHANEN**  
(risto.lauhanen@seamk.fi)  
Seinäjoen ammattikorkeakoulu

**FT TIINA MARKKANEN**  
(tiina.markkanen@fmi.fi)  
Ilmatieteen laitos

**PROF. EMER. HARRI VASANDER**  
(harri.vasander@helsinki.fi)  
Helsingin yliopisto

**PROF. ANNALEA LOHILA**  
(annalea.lohila@helsinki.fi)  
Helsingin yliopisto

*Kirjoittajat toimivat tutkijoina turvemaita käsittelevissä tutkimusprojekteissa.*

## Summary

**The climate effects of peatlands are being studied**

Peatlands comprise about a quarter of the Earth's soil carbon stock of 612 Gt C (gigatons of carbon), although they cover just 3.8 % of the Earth's land surface (Yu et al. 2010). The annual global greenhouse gas emissions of peatlands are 1,941 million tons carbon dioxide equivalent (Mt CO<sub>2</sub>-eq) (Joosten et al. 2022). The carbon dioxide equivalent is calculated for different gases with different

coefficients based on their Global Warming Potential (GWP). Correspondingly, the Global Temperature change Potential (GTP) can also be determined (Forster et al. 2021). There are 4,877,000 hectares of forest-drained peatlands in Finland, 250,000 hectares have been drained for agriculture and 70,000 hectares have been in industrial peat production (Bioenergia 2023; Niinistö et al. 2023). The annual greenhouse gas emissions from forest-drained peatlands are 10.63 Mt CO<sub>2</sub>-eq, from agricultural peatlands 7.56 Mt CO<sub>2</sub>-eq, and from wetland areas, including industrial peat production areas, are 2.2 Mt CO<sub>2</sub>-eq (Statistics Finland 2023).

Carbon flow in a closed system is shown in the schematic Fig. 1. The connection between Gross Primary Production (GPP) and Net Ecosystem Exchange (NEE) is presented in Equation 1. Equation 2 presents the method for calculating the carbon storage change of the system.

Finland reports yearly greenhouse gas emissions for the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). In 2021 Land Use, Land Use Change, and Forestry (LULUCF) sector turned out to be a greenhouse gas emission source, which hampers the aims towards carbon neutrality.

Research on peatlands from a sustainable use perspective is supported by several publicly funded programs. For example, The Ministry of Agriculture and Forestry of Finland has launched a program called "Catch the Carbon". Funding for the projects on wetland cultivation has also been granted by the Government of Finland. The European Union encourages measures for the green transition by the Just Transition Fund (JTF).

Greenhouse gas fluxes can be measured by the methods commonly used in micrometeorology namely the eddy covariance method (see Aubinet et al. 2012), or chamber measurements (see Singh & Gupta 1977). In addition to that, it has been discovered that aerosol

particles can have a cooling effect through a complicated feedback mechanism described as the CarbonSink+ by Kulmala et al. (2020). New aerosol particle formation can be detected by the Neutral Cluster and Air Ion Spectrometer (NAIS) (e.g., Manninen et al. 2009).

Land use change can contribute to reducing the emissions of peatlands. Measures are for instance afforestation of cutaway peatlands, restoration of forest-drained peatlands, and wetland farming of agricultural peatlands. According to the survey conducted by Laasasenaaho et al. (2023) the most popular after-use alternatives for the cutaway peatlands among the landowners were: afforestation, agriculture, and wind or solar power production. Rewetting of tropical peatlands, and temperate or boreal agricultural peat soils have rapid climate benefits, but the scenario with the boreal forest-drained peatlands is not as unambiguous (Ojanen & Minkkinen 2020). New observations on the restoration of the fertile forest-drained peatlands fill the gap in scientific knowledge. Along with the research, the emission factors for the peatlands are being refined and updated. Utilizing peatlands has been considered problematic because of their greenhouse gas emissions. However, peatlands possess potential that should be taken into consideration for global climate change mitigation strategies.

## Lähdeluettelo

Aubinet, M., Vesala, T. & Papale, D. (toim.), 2012. Eddy Covariance - A Practical Guide to Measurement and Data Analysis. Springer, Dordrecht, 438 s.

Bioenergia, 2023. Turve. <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/turve/> [8.6.2023]

Forster, P., Storelvmo, T., Armour, K., Collins, W., Dufresne, J.-L., ym., 2021. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. Teoksessa: Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S. L., Péan, C., ym. (toim.), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel*

on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge / New York, 923–1054.

Hari, P. & Kulmala, M., 2005. Station for Measuring Ecosystem–Atmosphere Relations (SMEAR II). *Boreal Environment Research* 10, 315–322.

IUSS Working Group WRB, 2022. World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4 painos. International Union of Soil Sciences (IUSS), Wien, 236 s.

Joosten, H., Bourgeau-Chavez, L., Connolly, J., Yu, Z., Barthelme, A., ym., 2022. Global Peatland Extent and Status. Teoksessa: United Nations Environment Programme, *Global Peatlands Assessment – The State of the World's Peatlands: Evidence for action toward the conservation, restoration, and sustainable management of peatlands*. Global Peatlands Initiative. United Nations Environment Programme, Nairobi, 32–62.

Kulmala, M., Ezhova, E., Kalliokoski, T., Noe, S., Vesala, T., ym., 2020. CarbonSink+: Accounting for multiple climate feedbacks from forests. *Boreal Environment Research* 25, 145–159.

Laasasenaaho, K., Lauhanen, R., Palomäki, A., Viholainen, I., Markkanen, T., ym., 2023. How will the preferred after-use alternatives of cutover peatlands affect the national greenhouse gas budget in Finland? Abstract to poster session: Nordic-Baltic Workshop on Greenhouse Gas Exchanges and Carbon Cycling in Managed Peatlands 12.–15.6.2023, Vindeln, Ruotsi.

Leifeld, J. & Menichetti, L., 2018. The underappreciated potential of peatlands in global climate change mitigation strategies. *Nature communications* 9, 1071. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03406-6>

Lohila, A., Ekman, E., Siira, O.-P., Laasasenaaho, K., Lauhanen, R., ym., 2023. CO<sub>2</sub>-vaihto Naarasnevan ja Rottasniitunsuon intensiivikohteilla. Tutkijataapaaminen, Hyytiälän metsäasema 22.5.2023, esitelmä.

Lång, K., Hakola, S., Iho, A., Kekkonen, H., Miettinen, A., ym., 2023. Turveltojen kosteikko-ohjelma: Ehdotus kosteikkoviljelyyn varatun rahoituksen käytöstä vuosina 2023–2025. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2023. Luonnonvarakeskus, Helsinki, 43 s.

Maa- ja metsätalousministeriö, 2023. Hiilestä kiinni -tutkimus- ja innovaatio-ohjelma. <https://mmm.fi/maankayttosektorin-ilmastosuunnitelma/tutkimus-ja-innovaatio-ohjelma> [5.6.2023].

Manninen, H. E., Petäjä, T., Asmi, E., Riipinen, I., Nieminen, T., ym., 2009. Long-term field

- measurements of charged and neutral clusters using Neutral cluster and Air Ion Spectrometer (NAIS). *Boreal Environment Research* 14, 591–605.
- Mirme, A., Tamm, A., Mordas, G., Vana, M., Uin, J., ym., 2007. A wide-range multi-channel air ion spectrometer. *Boreal Environment Research* 12 (3), 247–264.
- Niinistö, T., Peltola, A., Rätty, M., Sauvula-Seppälä, T., Torvelainen, J., ym. (toim.), 2023. Metsätilastollinen vuosikirja 2022. Luonnonvarakeskus, Helsinki, 198 s.
- Ojanen, P. & Minkkinen, K., 2020. Rewetting offers rapid climate benefits for tropical and agricultural peatlands but not for forestry-drained peatlands. *Global Biogeochemical Cycles*, 34. <https://doi.org/10.1029/2019GB006503>
- Singh, J. S. & Gupta, S. R., 1977. Plant Decomposition and Soil Respiration in Terrestrial Ecosystems. *The Botanical Review* 43, 449–528. <https://doi.org/10.1007/BF02860844>
- Statistics Finland, 2023. Greenhouse gas emissions in Finland 1990 to 2021. National Inventory Report under the UNFCCC. Statistics Finland, 537 s.
- Valtioneuvosto, 2023. Oikeudenmukaisen siirtymän rahasto tukee alueita uudistamaan elinkeinorakennetta ja vahvistamaan työllisyyttä. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/oikeudenmukaisen-siirtymän-rahasto-tukee-alueita-uudistamaan-elinkeinorakennetta-ja-vahvistamaan-tyollisyytta> [5.6.2023]
- Yu, Z., Loisel, J., Brosseau, D. P., Beilman, D. W. & Hunt, S. J., 2010. Global peatland dynamics since the last glacial maximum. *Geophysical Research Letters* 37, L13402. <https://doi.org/10.1029/2010GL043584>

## TOIMITUS TIEDOTTAA

### Suuret kiitokset!

Tämä Geologin Ilmastonmuutos & geologia -teemanumero pitää sisällään hyvin monipuolisesti ajankohtaisen aihepiirin artikkeleita. Lehden tuli ilahduttavan paljon tekstejä: lehden teksti- ja sivumäärä onkin suurempi kuin pitkään aikaan. Haluammekin lämpimästi kiittää kaikkia kirjoittajia heidän panoksestaan lehdelle sekä joustavuudesta aikataulujen suhteen. Kesäaika oli lehden toimittamiselle haasteellista lomakauden vuoksi, mutta erinomaisella yhteistyöllä lehti saatiin hyvin pakettiin.

Muistuttellemme edelleen, että laadukas lehti on aina kirjoittajien aikaansaannosta. Jos siis sinulle herää kiinnostus oman osaamisesta jakamisesta Geologin sivuille, olethan yhteydessä toimitukseen!



Toimituskunnan puolesta,

**FT SARI ROMPPANEN**  
Geologin päätoimittaja

**FT MIRA VALKAMA**  
Geologin toimitussihteeri