

Kohti peltolohkokohtaista kasvihuonekaasulaskentaa

Miten peltolohkojen kasvihuonekaasupäästöjen laskennan tarkkuutta voidaan parantaa?

Mitä aineistoja on jo olemassa, jotka tukevat kasvihuonekaasutaseita simuloivien mallien kalibrointia ja kehitystyötä?

Kohti peltolohkokohtaista kasvihuonekaasulaskentaa: uudet päästökertoimet ja mallitusratkaisut sekä päivitettävä järjestelmä (LOHKO-KHK)

**Jari Liski, IL
Julius Vira, IL
Åsa Stam, IL
Maarit Liimatainen, Luke
Taru Palosuo, Luke**



Hankkeen "Kohti peltolohkokohtaista kasvihuonekaasulaskentaa: uudet päästökertoimet ja mallitusratkaisut sekä päivitettävä järjestelmä" tavoitteena oli kehittää Suomen peltolohkojen kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan tarkka ja päivitettävä järjestelmä, joka ottaa huomioon viljelymenetelmien ja ympäristöolosuhteiden vaihtelut. Hankkeessa yhdistettiin Ilmatieteen laitoksen (IL) ja Luonnonvarakeskuksen (Luke) asiantuntemus, ja työ toteutettiin Maa- ja metsätalousministeriön (MMM) myöntämän rahoituksen avulla.

Tutkimus toteutettiin hyödyntämällä olemassa olevia mittausaineistoja, kehittämällä malleja, sekä yhdistämällä näitä tieto- ja laskentajärjestelmään peltolohkokohtaista laskentaa varten.

Yksi tulos oli Sentinel-2-Yasso-menetelmän kehitys, joka hyödyntää satelliittidataa peltolohkojen hiilitaseiden arviointiin. Tämän seurantamenetelmän lisäksi kehitettiin simulointimalleja, joilla voidaan ennustaa kasvihuonekaasutaseiden muutoksia erilaisissa olosuhteissa. Nämä laskentamallit tukevat nykyistä ilmastotoimenpiteiden suunnittelua ja tarjoavat elintarvikealan yrityksille mahdollisuuden hiilijalanjäljen laskentaan.

Tutkimus korosti tarvetta harmonisoida mittaus- ja laskentamenetelmiä ja kehittää datanhallintajärjestelmiä, jotta mittausaineistot ovat vertailukelpoisia ja kattavia. Lisäksi useiden viljelytoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksista tarvitaan lisää tietoa.

Toimintasuositukset:

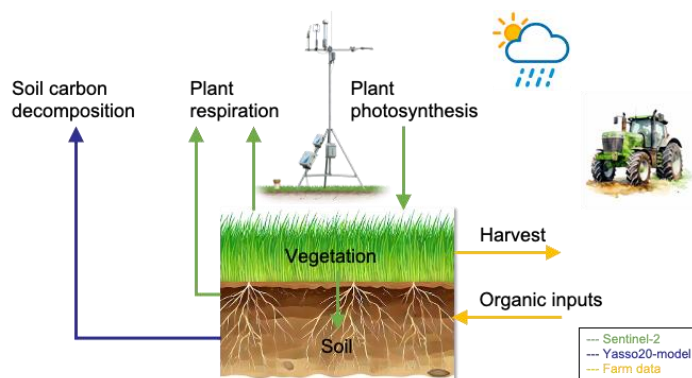
- Laajennetaan kansallista kasvihuonekaasujen inventaariota hyödyntämään Sentinel-2-Yasso-menetelmää.
- Panostetaan mittaus- ja laskentamenetelmien harmonisointiin ja standardointiin, jotta aineistot tukevat tehokkaasti peltolohkokohtaista laskentaa.
- Kehitetään ja otetaan käyttöön kattava datanhallintajärjestelmä mittausaineistojen vertailukelpoisuuden ja avoimuuden takaamiseksi.
- Lisätään viljelytoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksiin liittyvää tutkimusta erityisesti erilaisissa ympäristöolosuhteissa.
- Laajennetaan laskentapalveluita elintarvikealan yrityksille ja edistetään vastaavia kansainvälisiä sovelluksia hiilimarkkinoiden kehittämiseksi.

Avainsanat: Peltolohkokohtainen kasvihuonekaasulaskenta, Sentinel-2-Yasso-menetelmä, hiilitaseiden arviointi, satelliittidata, simulointimallit, mittausaineistot, hiilijalanjälkilaskenta, maaperän hiilisyöte, kasvihuonekaasuinventaario, harmonisoidut mittausmenetelmät

Johdanto

Peltolohkokohtainen kasvihuonekaasulaskentajärjestelmä tukee maatalouden ilmastotoimia tarjoamalla päivitettyä ja tarkkaa tietoa viljelymenetelmien vaikutuksista hiilitaseisiin.

Tutkimuksen taustalla on tarve kehittää peltolohkokohtainen kasvihuonekaasulaskentajärjestelmä, joka huomioi tarkasti Suomen vaihtelevat viljely- ja ympäristöolosuhteet. Järjestelmän tavoitteena on tukea maatalouden ilmastotoimenpiteitä tarjoamalla päivitettyä, helposti hyödynnettävää tietoa kasvihuonekaasujen sidonnasta ja päästöistä sekä eri viljelymenetelmien vaikutuksista peltolohkokohtaisiin hiilitaseisiin. Hankkeessa yhdistetään mittausaineistot, tilastolliset ja simulointimallit sekä tietojärjestelmäosaaminen luotettavien päästökertoimien ja mallitusratkaisujen tuottamiseksi. Kehitettävä järjestelmä palvelee ilmastotavoitteita mahdollistamalla maatalouden päästövähennystoimenpiteiden suunnittelun, seurannan ja vaikutusarvioinnin sekä tietoon perustuvien päätösten teon ilmastokestävän maatalouden edistämiseksi.

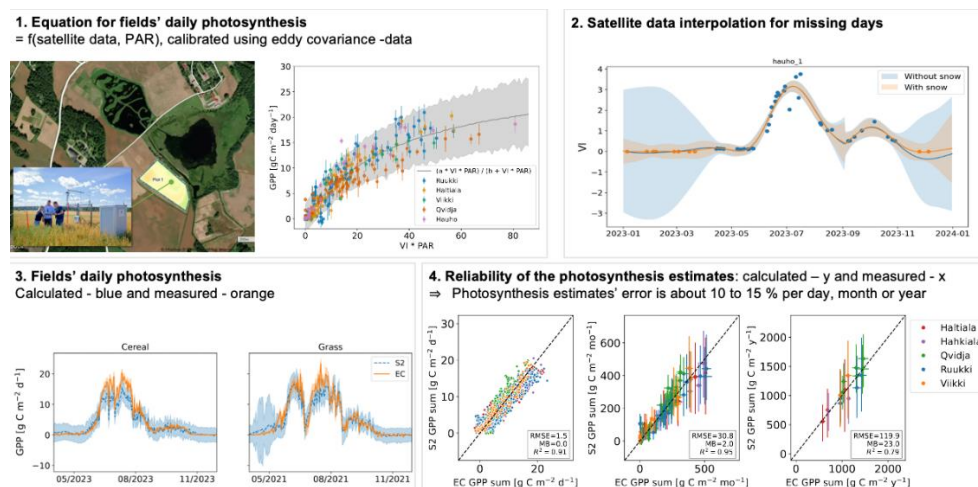


Kuva 1. Pellon hiilivarastojen ja -virtojen laskeminen Sentinel-2-Yasso - menetelmällä.

Aineisto

Hankkeessa kartoitettiin kasvihuonekaasumittausten aineistot ja kehitettiin laskentajärjestelmä peltolohkojen päästöjen tarkkaan arviointiin.

Hankkeessa kartoitimme Suomen mittausaineistot ja valitsimme tutkimukseen sopivimmat datasetit, joita täydensimme tilastollisilla ja simulointimalleilla. Mittausaineistoja olivat mm. pyörrekovarianssi- ja kammio mittaukset, maaperän hiilimittaukset sekä Sentinel-2-satelliittidata. Kehitimme myös tieto- ja laskentajärjestelmää peltolohkokohtaisten päästöarvioiden tueksi ja laadimme kattavan kirjallisuuskatsauksen peltokohtaisista hiilitaseista.



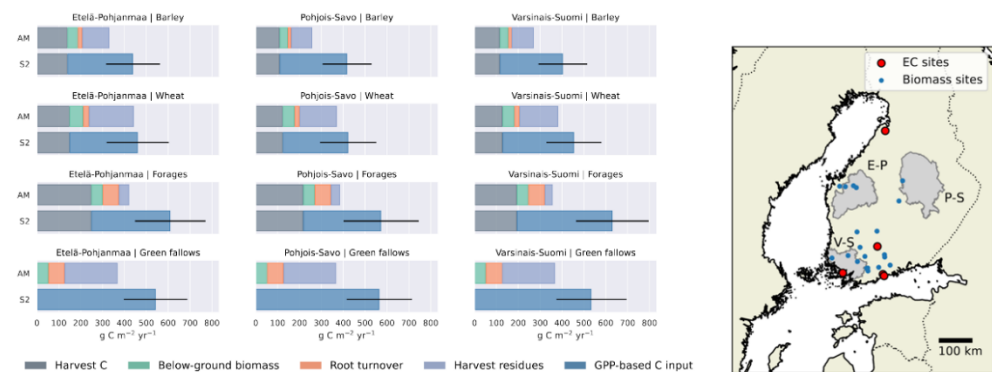
Kuva 2. Pellon biomassatuotoksen laskentamenetelmän kehittäminen Sentinel-2-Yasso -menetelmässä ja luotettavuuden arviointi.

Tulokset, niiden vaikuttavuus ja johtopäätökset

**Sentinel-2-Yasso-
menetelmä
mahdollistaa
satelliittidatan käytön
peltolohkojen
hiilitaseiden tarkassa
arvioinnissa
kansallisessa
inventaariossa ja
elintarvikealan
hiilijalanjälki-
laskennassa.**

Hankkeen tulokset tukevat kansallista kasvihuonekaasuinventaariota ja päästöarvointimenetelmien kehitystä. Sentinel-2-Yasso -menetelmä on yksi vaihtoehto hiilensidonnan ja kasvihuonekaasujen päästöjen laskentaan. Se on herättänyt kiinnostusta myös elintarvikealan yrityksissä sekä Suomessa, että ulkomailla. Menetelmää testattiin kolmella ELY-keskusalueella, ja sen tulokset poikkesivat kiinnostavalla tavalla nykyisestä kasvihuonekaasujen inventaariosta: maaperän hiilisyöte on nykyistä inventaariota suurempi, etenkin nurmipelloilla.

Käytännön laskentajärjestelmässä mittausaineistot yhdistettiin uusiin mallinnustyökaluihin, ja kehitetty järjestelmä tuottaa peltolohkokohtaista päästötietoa, jota voidaan käyttää esimerkiksi elintarvikealan yritysten hiilijalanjälkilaskennassa. Hankkeessa luotiin palvelumalli, jossa yritykset voivat hyödyntää peltolohkokohtaisia laskentatietoja osana tuotteidensa ympäristöarvioiteja. Lisäksi kehitettiin laskentamalleja hiilimarkkinoiden tarpeisiin, jolloin voidaan arvioida peltomaahan sidotun hiilen pysyvyyttä ja vaikutusta hiilitaseeseen.



Kuva 3. Maaperän hiilisyöteen arviot neljälle viljelykasville kolmen ELY-keskuksen alueella v. 2020–2023 nykyisen kasvihuonekaasuinventaarion (AM) ja Sentinel-2-Yasso -menetelmän (S2) mukaan.

Tulevaisuuden haasteet

**Tulevaisuuden
haasteisiin
vastaaminen
edellyttää jatkuvaa
kehitystyötä,
yhteistyötä ja
investointeja
järjestelmän
joustavuuden,
tarkkuuden ja
käytettävyyden
varmistamiseksi.**

- Mittausdatan kattavuus ja laatu: Järjestelmä tarvitsee monipuolisia ja laadukkaita mittausaineistoja eri viljelyolosuhteista ja maaperätyypeistä.
- Järjestelmän päivitettävyyys ja joustavuus: Koska ilmasto-olosuhteet ja viljelykäytännöt muuttuvat jatkuvasti, laskentajärjestelmän on pysyttävä ajan tasalla.
- Teknologian ja satelliittidatan saatavuus: Muutokset satelliittiohjelmassa tai teknologian kehittyminen voivat vaikuttaa laskentajärjestelmän toimintaan.
- Tiedon harmonisointi ja standardointi: Eri toimijoiden ja maiden välillä tarvitaan yhteisiä mittaus- ja laskentastandardeja, jotta tiedot ovat vertailukelpoisia.
- Resurssit ja kustannustehokkuus: Laskentajärjestelmän ylläpito, datan kerääminen ja päivittäminen vaativat huomattavia resursseja.
- Tietojen avoimuus, tietoturva ja reilu datatalous: Tiedon avoimuus ja jakaminen on tasapainotettava tietoturvan ja yksityisyyden suojan kanssa.
- Ilmastonmuutoksen vaikutusten ennakointi: Muutokset sääolosuhteissa ja niiden vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin vaativat ennakointia ja mukautumista, mikä lisää järjestelmän monimutkaisuutta ja mallinnustarpeita.

Kansallisen kasvihuonekaasulaskennan kehittämiseksi suositellaan Sentinel-2-Yasso-menetelmän hyödyntämistä, mittaamenetelmien harmonisointia, kattavaa datanhallintaa ja pitkäaikaisvaikutusten tutkimusta.

Toimintasuositukset

- Laajennetaan kansallista kasvihuonekaasujen inventaariota hyödyntämään Sentinel-2-Yasso-menetelmää.
- Panostetaan mittaus- ja laskentamenetelmien harmonisointiin ja standardointiin, jotta aineistot tukevat tehokkaasti peltolohkokohtaista laskentaa.
- Kehitetään ja otetaan käyttöön kattava datanhallintajärjestelmä mittaussaineistojen vertailukelpoisuuden ja avoimuuden takaamiseksi.
- Lisätään viljelytoimenpiteiden pitkäaikaisvaikutuksiin liittyvää tutkimusta erityisesti erilaisissa ympäristöolosuhteissa.
- Laajennetaan laskentapalveluita elintarvikealan yrityksille ja edistetään vastaavia kansainvälisiä sovelluksia hiilimarkkinoiden kehittämiseksi.

Tarkempi lukeminen

LOHKO-KHK hankkeen loppuraportti: Kohti peltolohkokohtaista kasvihuonekaasulaskentaa: uudet päästökertoimet ja mallitusratkaisut sekä päivitettävä järjestelmä

Perspective-tyyppinen kirjallisuustutkimus: Palosuo ym. Demands and possibilities for field-scale estimation of agricultural greenhouse gas balances. *Catena* (arvioitavana).

Hankkeessa syntyneet julkaisut:

Gerin, S., Vekuri, H., Liimatainen, M., Tuovinen, J-P., Kekkonen, J., Kulmala, L., Laurila, T., Linkosalmi, M., Liski, J., Joki-Tokola, E. & Lohila, A. Two contrasting years of continuous N₂O and CO₂ fluxes on a shallow-peated drained agricultural boreal peatland, *Agricultural and Forest Meteorology*, 341, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109630>

Heikkinen, J., Kostensalo, J., Keskinen, R., Soinne, H. & Nuutinen, V. Temporal trends in Finnish agricultural soils: A comparative analysis of national and LUCAS soil monitoring datasets. *European Journal of Soil Science* 75, e13525, 2024. <https://doi.org/10.1111/ejss.13525>

Heimsch, L., Vira, J., Fer, I., Vekuri, H., Tuovinen, J-P., Lohila, A., Liski, J. & Kulmala, L. Impact of weather and management practices on greenhouse gas flux dynamics on an agricultural grassland in Southern Finland, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 374, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109179>

Salonen, A-R., de Goede, R., Creamer, R., Soinne, H. & Nuutinen, V. Soil organic carbon fractions and storage potential in Finnish arable soils. *European Journal of Soil Science* 75, e13527, 2024. <https://doi.org/10.1111/ejss.13527>

Vekuri, H., Tuovinen, J-P., Kulmala, L., Papale, D., Kolari, P., Aurela, M., Laurila, T., Liski, J. & Lohila, A. A widely-used eddy covariance gap-filling method creates systematic bias in carbon balance estimates. *Scientific Reports*, 13, 1720, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28827-2>

Lisätiedot:

Jari Liski (jari.liski@fmi.fi) ja Maarit Liimatainen (maarit.liimatainen@luke.fi).



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

