



Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2026

# Synteesiraportti: Tavoitteena maan kasvukunnon parantaminen

Uudet tiedot ja menetelmät maatalouden  
ympäristövaikutusten hallintaan

Johanna Leppälä, Elina Nurmi ja Mika Tähtikarhu (toim.)



# **Synteesiraportti: Tavoitteena maan kasvukunnon parantaminen**

Uudet tiedot ja menetelmät maatalouden ympäristövaikutusten  
hallintaan

**Johanna Leppälä, Elina Nurmi ja Mika Tähtikarhu (toim.)**

## **Kirjoittajat**

**Marjo Keskitalo, Hannu Känkänen, Tuula Larmola, Riitta Lemola, Maarit  
Liimatainen, Sari Luostarinen, Kristiina Lång, Miika Läpikivi, Timo Lötjönen,  
Merja Myllys, Ansa Palojärvi, Krista Peltoniemi, Taina Pennanen, Eija Pouta,  
Timo Räsänen, Tapio Salo, Helena Soinne, Jaana Sorvali, Elina Tampio, Annika  
Tienhaara, Jaana Uusi-Kämppä ja Elena Valkama**

**Viittausohje:**

Leppälä, J., Nurmi, E. & Tähtikarhu, M. (toim.) 2025. Synteesiraportti: Tavoitteena maan kasvukunnan parantaminen : Uudet tiedot ja menetelmät maatalouden ympäristövaikutusten hallintaan. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 66 s.

**Viittausohje yksittäiseen artikkeliin:**

Larmola, T., Lång, K., Uusi-Kämppä, J., Liimatainen, M. & Myllys, M. 2025. Vesienhallinta. Julkaisussa: Leppälä, J., Nurmi, E. & Tähtikarhu, M. (toim.) 2025. Synteesiraportti: Tavoitteena maan kasvukunnan parantaminen : Uudet tiedot ja menetelmät maatalouden ympäristövaikutusten hallintaan. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2026. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 8–14.

Johanna Leppälä ORCID ID, <https://orcid.org/0000-0001-7603-3907>



ISBN 978-952-419-150-0 (Verkkójulkaisu)

ISSN 2342-7639 (Verkkójulkaisu)

URN <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-419-150-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Toimittajat: Johanna Leppälä, Elina Nurmi ja Mika Tähtikarhu

Kirjoittajat: Johanna Leppälä, Elina Nurmi, Mika Tähtikarhu, Marjo Keskitalo, Hannu Känkänen,

Tuula Larmola, Riitta Lemola, Maarit Liimatainen, Sari Luostarinen, Kristiina Lång,

Miika Läpikivi, Timo Lötjönen, Merja Myllys, Ansa Palojärvi, Krista Peltoniemi, Taina Pennanen,

Eija Pouta, Timo Räsänen, Tapio Salo, Helena Soinne, Jaana Sorvali, Elina Tampio,

Annika Tienhaara, Jaana Uusi-Kämppä ja Elena Valkama

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2026

Julkaisuvuosi: 2026

Kannen kuva: Maria Honkakoski

Synteesiraportti: Tavoitteena maan kasvukunnon parantaminen - Uudet tiedot ja menetelmät maatalouden ympäristövaikutusten hallintaan.

Leppälä, J., Nurmi, E. & Tähtikarhu, M. (toim.)

### **Tämän raportin ydinviestit:**

- Viljely- ja ympäristötoimien tarkemmalla alueellisella ja ajallisella kohdentamisella on potentiaalia lisätä eri toimenpiteistä saatavia hyötyjä.
- Turvemailla vesienhallinnalla, kuten pohjavesitason nostolla, voidaan vähentää ympäristökuormaa.
- Maanparannusaineilla voidaan saavuttaa suuriakin ravinnekuormavähennyksiä vesien-suojelukäytössä.
- Kierrätyslannoitteilla voidaan saavuttaa pienemmät N<sub>2</sub>O-päästöt verrattuna väkilannoitteisiin, mutta ravinteiden käyttökelpoisuus viljelykasveille eroaa väkilannoituksen vaikutuksista.
- Maanmuokkausta vähentämällä eroosiota voidaan hillitä, mutta peltomaan hiilivaraston kasvattamisen mahdollisuus vaikuttaa olevan rajallinen.
- Viljelykasvivalinnoilla voi vaikuttaa maaperään sadonkorjuun jälkeen jäävän hiili- ja typpisyötteen määrään, sekä turvepeltojen ilmastopäästöihin.
- Viljelykasvivalikoiman monipuolistaminen parantaa peltomaan kasvukuntoa ja viljelykasvijärjestelmillä voidaan parantaa satotasoa ja maan rakennetta.
- Parhaiten vaikuttavia viljelytoimia kannattaa edistää monitoimijaisessa yhteistyössä viljelijöiden kanssa, jotta löydetään toimenpiteitä, jotka vaikuttavat positiivisesti sekä ilmastopäästöihin että tilojen toimintaan.

## Tiivistelmä

Johanna Leppälä<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Luonnonvarakeskus, Ounasjoentie 6, 96200 Rovaniemi

Kestävässä peltoviljelyssä pidetään samanaikaisesti huolta maan kasvukunnosta ja satotasojen ylläpidosta sekä tehdään ilmastollisesti ja luonnon monimuotoisuuden kannalta hyviä ratkaisuja. Tehtyjen toimenpiteiden vaikutukset riippuvat käytetyistä viljelymenetelmistä, ajoituksesta, sääolosuhteista, maaperän mikrobitoiminnasta, pellon maalajista ja muista ominaisuuksista. Vaikutusmekanismien ymmärtäminen auttaa arvioimaan menetelmien soveltuvuutta ja toimivuutta eri olosuhteissa, mikä helpottaa toimenpiteiden valintaa eri peltoalueilla.

Tässä raportissa on vedetty yhteen tuoreinta tutkimustietoa peltojen vesienhallinnasta, maanparannusaineista, lannoituksesta ja ravinteiden kierrätyksestä, maanmuokkausmenetelmistä sekä viljelykasvivalinnoista ja -järjestelmistä. Jokaisessa kappaleessa on tunnistettu tietoaaukoja, jotka selventävät aiheeseen liittyviä epävarmuuksia ja tulevaisuuden tutkimustarpeita. Lisäksi raportissa tarkastellaan menetelmiä, joilla viljely- ja ympäristötoimenpiteitä voidaan kohdentaa parhaimman hyödyn saamiseksi, sekä viljelijöiden näkökulmaa maatalouden ympäristökysymyksiin.

Raporttiin kootut tulokset osoittavat, että eri viljely- ja ympäristötoimenpiteillä voidaan vaikuttaa positiivisesti peltoviljelyn ympäristövaikutuksiin. Koska toimenpiteiden vaikutukset riippuvat monista tekijöistä, ne harvoin vaikuttavat haluttuun suuntaan kaikkien muuttujien osalta. Raportin johtopäätösten koontitaulukko kokoaa yhteen eri toimenpiteiden positiivisimmat vaikutukset ympäristöhaasteisiin ja satotasoon.

**Asiasanat:** maatalous, vesienhallinta, lannoitus, maanmuokkausmenetelmät, maanparannusaineet, viljelykasvit, viljelykasvijärjestelmät, kohdentamismenetelmät, viljelijän näkökulma

## Abstract

Johanna Leppälä<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Natural Resources Institute Finland, Ounasjoentie 6, 96200 Rovaniemi

In sustainable agriculture, attention is simultaneously paid to maintaining soil fertility and crop yields, while making decisions that are beneficial for the climate and biodiversity. The effects of the implemented measures depend on the cultivation methods used, timing, weather conditions, soil microbial activity, soil type, and other characteristics. Understanding the underlying mechanisms of these effects helps to assess the suitability and effectiveness of the methods in different conditions, which facilitates the selection of measures for different field areas.

This report summarizes the latest research on water management in fields, soil amendments, fertilization and nutrient recycling, soil cultivation methods, and crop choices and systems. Each section identifies knowledge gaps that clarify uncertainties related to the topic and future research needs. Additionally, the report examines methods for targeting management and environmental measures to achieve the greatest benefit, as well as farmers' perspectives on agricultural environmental issues.

The results compiled in the report show that various management and environmental measures can positively impact the environmental effects of crop farming. Since the effects of the measures depend on many factors, they rarely influence all variables in the desired direction. The summary table of the report's conclusions brings together the most positive impacts of different measures on environmental challenges and crop yields.

**Keywords:** agriculture, water management, fertilisation, tillage methods, soil improvers, crops, crop systems, targeting methods, farmer perspective

# Sisällys

<b>1. Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Uudet menetelmät maatalouden ympäristövaikutusten hallinnassa .....</b>	<b>9</b>
2.1. Vesienhallinta .....	9
2.1.1. Johdanto .....	9
2.1.2. Vesienhallinta turvepelloilla .....	10
2.1.3. Vesienhallinnan ympäristövaikutuksista .....	11
2.1.4. Vesienhallinnan ja kasvihuonekaasupäästövähennysten kannattavuus ja kustannukset .....	12
2.1.5. Tietotarpeet .....	13
2.1.6. Viitteet .....	14
2.2. Maanparannusaineiden tuotanto ja käyttö .....	16
2.2.1. Johdanto .....	16
2.2.2. Orgaanisten maanparannusaineiden vaikutus maan hiileen .....	17
2.2.3. Metsäteollisuuden sivuvirtojen ja biohiilen vaikutuksista maan pieneliöstöön ja rakenteeseen .....	18
2.2.4. Rakennekalkki maanparannusaineena .....	19
2.2.5. Kipsi, rakennekalkki, ravinnekuitu ja biohiili vesiensuojelussa .....	19
2.2.6. Tietotarpeet .....	20
2.2.7. Viitteet .....	21
2.3. Lannoitus ja ravinteiden kierrätys .....	24
2.3.1. Johdanto .....	24
2.3.2. Kierrätyslannoitteiden vaikutuksista ja ravinteiden käyttökelpoisuudesta mineraalilannoitteisiin nähden .....	25
2.3.3. Tietotarpeet .....	27
2.3.4. Viitteet .....	27
2.4. Maanmuokkausmenetelmät .....	29
2.4.1. Johdanto .....	29
2.4.2. Maanmuokkausmenetelmien vaikutuksista .....	29
2.4.3. Maanmuokkausmenetelmien vaikutuksia kivennäis- ja turvemaiden kenttäkokeissa .....	29
2.4.4. Suojavyöhykkeet, maanmuokkaus ja ravinnekuitu .....	31
2.4.5. Maanmuokkausmenetelmien demonstrointi turvepelloilla .....	33
2.4.6. Tietotarpeet .....	34
2.4.7. Viitteet .....	34
2.5. Viljelykasvivalinnat .....	36

2.5.1. Johdanto.....	36
2.5.2. Viljelykasvivalintojen vaikutuksista.....	36
2.5.3. Tietotarpeet.....	37
2.5.4. Viitteet.....	38
2.6. Viljelykasvijärjestelmät.....	39
2.6.1. Johdanto.....	39
2.6.2. Luomuviljelyn vaikutuksista.....	39
2.6.3. Kasvipeitteet, seosviljely ja viljelyn monipuolistaminen.....	41
2.6.4. Tietotarpeet.....	42
2.6.5. Viitteet.....	43
2.7. Toimenpiteiden kohdentaminen.....	45
2.7.1. Johdanto.....	45
2.7.2. Uudet kohdentamista tukevat menetelmät ja aineistot.....	45
2.7.3. Tietotarpeet.....	49
2.7.4. Viitteet.....	50
2.8. Viljelijöiden näkökulma maatalouden ympäristökysymyksiin.....	52
2.8.1. Johdanto.....	52
2.8.2. Ilmastonmuutos.....	52
2.8.3. Vesienhallinta turvepelloilla.....	53
2.8.4. Maanparannusmenetelmät.....	55
2.8.5. Viljelijäyhteistyö.....	58
2.8.6. Tietotarpeet.....	59
2.8.7. Viitteet.....	60
<b>3. Johtopäätökset.....</b>	<b>62</b>

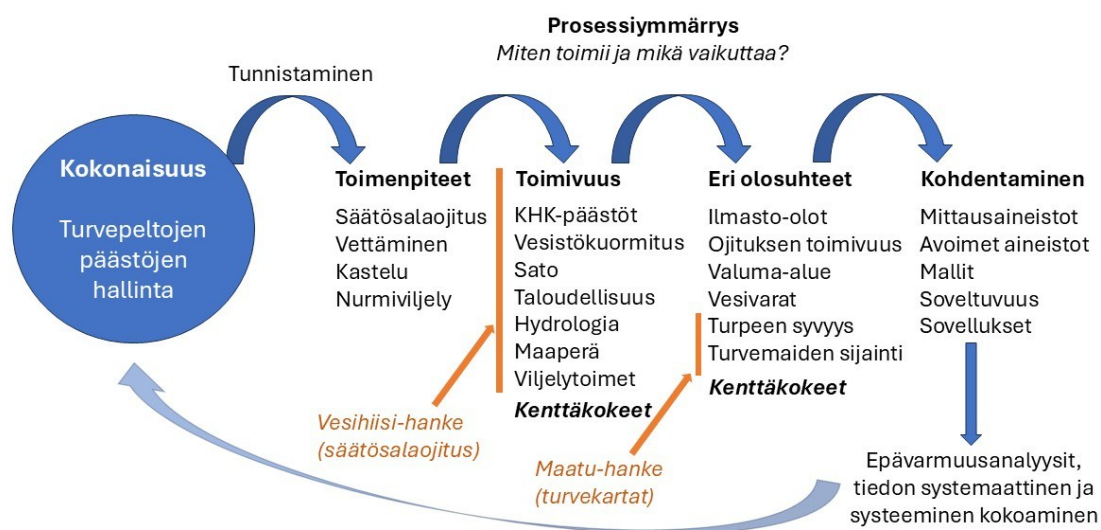
# 1. Johdanto

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseen liittyen viime vuosina on keskusteltu paljon peltomaiden hiilipitoisuudesta. Maaperä on tärkeä hiilinielu, joka pystyy sitomaan hiilidioksidia ja siten vähentämään kasvihuonekaasujen määrää ilmakehässä ja hidastamaan ilmaston lämpenemistä. Suomen maaperään on varastoitunut runsaasti hiiltä ja erityisen runsaasti sitä on turve- maassa, jota on 30 % Suomen maa-alasta ja 10,6 % peltoalasta. Peltolohkojen välinen ja sisäinen vaihtelu on kuitenkin suurta. Erityisenä huolenaiheena on ollut se, että maaperäseuran perusteella kivennäismailla peltomaan pintakerroksen (0–15 cm) hiilipitoisuus on laskenut noin 0,4 % vuodessa. Hiilen häviäminen tapahtuu vieläkin nopeammin turvepelloilta (Heikkinen 2013, Haavisto 2023, Räsänen ym. 2023).

Hiilikysymykset ovat olleet tärkeä painopiste myös tutkimuksessa, mutta on hyvä tarkastella kokonaisuutta laajemmin. Maan kasvukunto, kasvintuotanto ja ympäristövaikutukset ovat kytköksissä toisiinsa. Esimerkiksi satotaso, maaperän hiilipitoisuus, ravinnekuormitus ja kasvihuonekaasupäästöt voivat vaikuttaa kiinteästi toisiinsa. Taustalla vaikuttavat myös viljelymenetelmät, maaperän pieneliöiden toiminta, sääolosuhteet ja peltoalueen maalaji sekä muut ominaisuudet. Tiedon tuottamisella ja käytäntöön viemisellä on keskeinen rooli ymmärrettävässä kokonaisuuden toimintaa ja kehitettäessä parhaita käytäntöjä kestävässä maatalouden tarpeisiin.

Kestävä peltoviljely vaatii monen tavoitteen yhtäaikaista huomioimista, ja siten mm. tuottavuuden, maaperän laadun, vesistökuormituksen, kasvihuonekaasupäästöjen, hiilensidonnan ja monimuotoisuuden yhtäaikaista tarkastelua. Eri viljely- ja ympäristötoimien mahdollisuudet ja vaikutukset voivat usein olla aluekohtaisia, jolloin toimenpiteiden alueellinen suunnittelu tuottaa parhaimmat lopputulokset. Lisäksi menetelmät voivat vaikuttaa positiivisesti yhteen muuttujaan, mutta aiheuttaa ei-toivottuja vaikutuksia toiseen muuttujaan. Kokonaisuuden hallinnan mahdollisuuksien ja haasteiden ymmärtäminen on tärkeää parhaiden käytäntöjen ja menetelmien tunnistamisessa ja kehittämisessä.

Suuret tutkimusohjelmat asettavat tarkastelunäkökulman kansallisesti ja EU:n kannalta tärkeisiin teemoihin. Näihin teemoihin ministeriöt ja EU ovat ohjanneet merkittävästi rahoitusta ja tässä raportissa kootaan yhteen tuloksia erityisesti European Joint Programme SOIL (jatkossa EJP SOIL) ja kotimaisen Hiilestä kiinni -ohjelmien alaisten hankkeiden tuloksista. Tutkimusohjelmilla voi olla merkittävä rooli tiedon tuotannossa yhteiskunnallisiin haasteisiin vastattaessa ja käytäntöön viemisen näkökulmasta. Aihepiiriä voidaan tarkastella temaattisten kokonaisuuksien hallinnan, sekä tutkimushakkeiden kokojen ja aikaraamien kautta. Kokonaisuuksien hallintaan liittyy suuri määrä erilaisia tietotarpeita (Kuva 1, esimerkki alla), joista yksittäisten tietotarpeiden rajallinenkin tarkastelu voi vaatia useita tutkimushankkeita. Esimerkiksi turvepeltöjen päästöjen hallinnassa Maatu-hanke tuotti paikkatietoaineistot turvepeltöjen sijainneista ja turpeen syvyyksistä, kun taas Vesihiisi-hanke tarkasteli vesienhallintamenetelmien toimivuutta useasta eri näkökulmasta (Kuva 1). Tutkimusrahoitusohjelmien vahvuutena on lisätä tiedontuotannon synergiaetuja ja vähentää päällekkäistä työtä. Lisäksi ne voivat tuottaa rajallisella aikajänteellä käytäntöön soveltuva tietoa, siinä missä yksittäiset peräkkäiset pienet hankkeet jakautuisivat pitkälle aikavälille ja olisivat kokonaisuuden hahmottamisen kannalta hajanaisempia vaihtelevan hankerahoituksen vuoksi.



**Kuva 1.** Kaaviokuva, joka hahmottaa tutkimusrahoitusohjelmien mahdollisuuksia ohjata tiedontuotantoa tarvittaville alueille, kokonaisuuksien ymmärtämiseksi. Tässä esimerkkinä turvepeltojen päästöjen hallinta, jossa yksittäiset hankkeet (oranssilla) tuottavat tietoa pienemmistä kokonaisuuksista. Tutkimusohjelma voi ohjata lisää hankkeita tiedontuotantoon tarpeellisille alueille, kuten prosessiymmärrykseen ja kohdentamiseen.

Toisaalta on huomioitava, että tutkimusrahoitusohjelmilla on myös haasteensa tiedon tuottamisessa. Käytäntöön viemiseen tähtäävät tutkimusohjelmat voivat ohjata tiedon tuotantoa olemassa olevien menetelmien ja ratkaisujen asteittaiseen kehittämiseen. On huomioitava, että perustutkimukseen ja prosessiymmärrykseen keskittyvä tutkimus voi mahdollistaa aivan uusien ratkaisujen löytämisen, ja sikäli tarvelähtöistä käytäntöön soveltuvan tiedon tuottamista ei voi pitää ensisijaisena tavoitteena tutkimuksen rahoittamisessa, mutta ohjelmat voivat täydentää tiedon tuotannon kokonaisuutta strategisesti kohdennettuna. Toisaalta tutkimusrahoitusohjelmat ovat myös rahoittaneet tutkimusta liittyen mekanismien ymmärtämiseen ja uusien menetelmien kehittämiseen. Euroopan laajuisen EJP SOIL -ohjelman etuna voidaan myös mainita suomalaisen maaperätutkimuksen kehittämisen yhdessä muiden eurooppalaisten toimijoiden kanssa. Tämän voidaan katsoa vahvistavan tiedon kulun ja vaikuttavuuden lisääntymistä sekä parhaiden tutkimusmenetelmien käyttöönoton vahvistumista.

Yhteiskunta tarvitsee uutta tietoa käytännön sovelluksiin esimerkiksi ilmastonmuutoksen hillitsemisestä, biodiversiteetin vähenemisen estämisestä ja luonnonvarojen kestävästä kulutuksesta. Tämä raportti ei toimi ohjeistuksena tai suosituksena vaan keskittyy hahmottamaan maatalousmaan hoidon mahdollisuuksia ja haasteita sekä tutkimuksen tilannekuvaa. Raportti kokoaa ja tuo näkyväksi uusimpia tutkimustuloksia Luken maatalousmaahan liittyvien hankkeiden keskeisten tulosten kautta, keskittyen kahden suuren tutkimusrahoitusohjelman tuloksiin (EJP SOIL, ja kotimaisen Hiilestä kiinni -ohjelman). Yksittäisten hankkeiden tulokset näytettyvät usein irrallisina, joten tässä raportissa on koottu sekä julkaistut että julkaisemattomat tulokset yhteen ja nostettu myös esille keskeisiä haasteita ja tietotarpeita. Siten raportti kuvaa tiedon tilaa ja olemassa olevia ratkaisuja. Taulukossa 1 on nimetty näiden rahoitusohjelmien alaiset hankkeet, joiden tuloksia tässä raportissa käsitellään, ja linkit loppuraportteihin tai muuhun lisätietoon hankkeista.

EJP SOIL -ohjelma (<https://ejpsoil.eu/>) ja sen alaiset hankkeet keskittyivät maatalousmaahan ja sen hoitoon. Ilmastoviisas ja kestävä maaperänhoito vastaa samanaikaisesti ilmastomuutoksen hillinnän ja siihen sopeutumisen, ruokaturvan sekä maaperän tarjoamien ekosysteemi-palveluiden tarpeisiin. Tutkimuksen lisäksi EJP SOIL kehitti maaperäosaamista ja yhdenmu-kaisti maaperätietoa Euroopassa. Suomessa EJP SOIL -ohjelmaa rahoittivat Euroopan komis-sio ja maa- ja metsätalousministeriö (MMM).

MMM:n Hiilestä kiinni -kokonaisuudesta rahoitetut tutkimus- ja innovaatiohankkeet (<https://mmm.fi/maankayttosektorin-ilmastosuunnitelma/tutkimus-ja-innovaatio-ohjelma>) olivat käytännönläheisiä, tutkimustietoon perustuvia hankkeita, jotka edistivät siirtymää kohti ilmastokestävää maataloutta. Hankkeilla vauhditettiin maankäyttösektorin päästöjen vähentä-mistä, hiilinielujen ja -varastojen ylläpitämistä ja vahvistamista, varautumista ja sopeutumista ilmastomuutokseen sekä tuotettiin tietoa ilmastotoimien tueksi sekä edistettiin kyseisen tie-don käyttöä.

**Taulukko 1.** EJP SOIL ja Hiilestä kiinni -kokonaisuuksista rahoitetut hankkeet, joiden tuloksia esitellään tässä raportissa.

Projekti	Ohjelma	Tavoite lyhyesti	Lisätietoa tuloksista
ARTEMIS	EJP SOIL	Agroekologiset strategiat ilmastomuutoksen hillitsemisen ja siihen sopeutumisen edistämiseksi parantamalla maaperän ekosysteemipalveluja ja kestävää kasvintuotantoa.	<a href="https://zenodo.org/record/14034185">10.5281/zenodo.-14034185</a>
CarboSeq	EJP SOIL	Selvittää maaperän orgaanisen hiilen sitomispotentialia maatalousmaassa.	<a href="https://zenodo.org/record/14631500">10.5281/zenodo.-14631500</a>
EOM4SOIL	EJP SOIL	Tuottaa tietoa ulkoisten orgaanisten aineiden lähteiden (EOM), kuten mädätteiden, biohiilien ja kompostin, ominaisuuksista, käsittelystä ja käytöstä ilmastomuutoksen hillitsemiseksi lisäämällä orgaanisen aineksen sisältöä ja parantamalla maatalousmaan tuottavuutta.	<a href="https://zenodo.org/record/15025009">10.5281/zenodo.-15025009</a>
INSURE	EJP SOIL	Onnistuneen hiilensidonnin ja kasvihuonekaasujen lieventämisen indikaattorit vetetyillä viljellyillä turve-mailla.	<a href="https://zenodo.org/record/14034735">10.5281/zenodo.-14034735</a>
MIXROOT-C	EJP SOIL	Tutkia edistävätkö sekalajijärjestelmät maanalaista hiilen syötettä ja hiilensidontaa.	<a href="https://zenodo.org/record/14610435">10.5281/zenodo.-14610435</a>
PRAC2LIV	EJP SOIL	Maaperäkohtaiset ohjeet ja päätöksenteon tukityökä-lut keskittyen maaperän orgaaniseen ainekseen, ve-denpidätyskykyyn ja ravinteiden käytön tehokkuuteen.	<a href="https://zenodo.org/record/14033784">10.5281/zenodo.-14033784</a>
SCALE	EJP SOIL	Sedimenttien liitettävyyden hallinta maatalousmaise-missa veden eroosion vaikutusten vähentämiseksi.	<a href="https://scale-ejpsoil.eu/images/news/-2024-07-30_project-results/SCALE_WP-6-D5_Final%20pro-ject%20report.pdf">https://scale-ejpsoil.-eu/images/news/-2024-07-30_project-results/SCALE_WP-6-D5_Final%20pro-ject%20report.pdf</a>
SOMMIT	EJP SOIL	Maaperän orgaanisen aineksen kestävä hoito hiilensi-donnin ja typpioksiidi-, metaani- ja nitraattihäviöiden välisten kompromissien lieventämiseksi.	<a href="https://zenodo.org/record/14169895">10.5281/zenodo.-14169895</a>
ARMI	Hiilestä kiinni	Selvittää eloperäisten viljelymaiden ilmastotoimia yhteiskunnallisesti ja ajankohtaisesti merkittävässä tee-moissa.	<a href="https://mmm.fi/-/alueelliset-ratkaisukei-not-eloperäisten-maatalousmaiden-il-mastovaikutusten-hillitsemisessa">https://mmm.fi/-/alu-eelliset-ratkaisukei-not-eloperäisten-maatalousmaiden-il-mastovaikutusten-hillitsemisessa</a>

Projekti	Ohjelma	Tavoite lyhyesti	Lisätietoa tuloksista
FutureCrops2.0	Hiilestä kiinni	Monipuolistaa viljelyä valtavirrasta poikkeavilla kasvilajeilla, joissa on hiilen sidonnan ja ravitsemuksen kannalta hyödyllisiä ominaisuuksia.	<a href="https://mmm.fi/-/kysyntalahtoiset-hiiltsitovat-ja-monimuotoisuutta-lisaavat-viljelykierrot">https://mmm.fi/-/kysyntalahtoiset-hiiltsitovat-ja-monimuotoisuutta-lisaavat-viljelykierrot</a>
HIILETIN	Hiilestä kiinni	Arvioida koko Suomen kivennäismaapeltojen hiilensidontapotentiaali, tuottaa tietoa hiilenkerryttämisen kannalta potentiaalisten peltojen sijainnista sekä tehdä analyysi ohjauskeinoista, joiden avulla maaperän hiilinieluja voidaan kustannustehokkaasti kasvat- taa.	<a href="https://mmm.fi/-/peltomaan-prosessit-hiilensidontatoimien-kohdentamisen-pohjana">https://mmm.fi/-/peltomaan-prosessit-hiilensidontatoimien-kohdentamisen-pohjana</a>
LOHKO-KHK	Hiilestä kiinni	Kehittää järjestelmä Suomen peltolohkokohtaista hiilensidonnan ja kasvihuonekaasujen laskentaa varten.	<a href="https://mmm.fi/-/kohti-peltolohkokoh-taista-kasvihuone-kaasulaskentaa-uu-det-paastokertoimet-ja-mallitusratkaisut-seka-paivitettava-jarjestelma">https://mmm.fi/-/kohti-peltolohkokoh-taista-kasvihuone-kaasulaskentaa-uu-det-paastokertoimet-ja-mallitusratkaisut-seka-paivitettava-jarjestelma</a>
LuoVaMix	Hiilestä kiinni	Viljelyä monipuolistavien seoskasvustojen ja syyskylvöisten valkuaiskasvien viljelymenetelmien ja -tekniikoiden kehittäminen ja jalkauttaminen käytäntöön.	<a href="https://mmm.fi/-/luomuviiljelyn-viljelyvarmuuden-ja-ilmasto-kestavyyden-paran-taminen-sekavilje-lyn-ja-syyskylvöis-ten-valkuaiskasvien-avulla">https://mmm.fi/-/luomuviiljelyn-viljelyvarmuuden-ja-ilmasto-kestavyyden-paran-taminen-sekavilje-lyn-ja-syyskylvöis-ten-valkuaiskasvien-avulla</a>
MAATU	Hiilestä kiinni	Parantaa maaperätietämystä maatalouden turvemaiden osalta ja siten tukea maatalous- ja ilmastopoliittisten toimenpiteiden valmistelua, sekä ilmasto-, ympäristö- ja vesiensuojelutoimenpiteiden tarkoituksenmukaista kohdentamista.	<a href="https://mmm.fi/-/maatalousmaiden-turvetieto">https://mmm.fi/-/maatalousmaiden-turvetieto</a>
TURINA	Hiilestä kiinni	Perustaa kokeilualueita, joilla aktivoidaan viljelijöitä toteuttamaan pitkäkestoisia päästövähennystoimia.	<a href="https://mmm.fi/-/tur-vepeltojen-ilmasto-kestava-viljely-viljeli-jan-nakokulma-tu-rina-">https://mmm.fi/-/tur-vepeltojen-ilmasto-kestava-viljely-viljeli-jan-nakokulma-tu-rina-</a>
Vesihäisi	Hiilestä kiinni	Turveltojen hiilipäästöt kuriin innovatiivisella vesienhallinnalla.	<a href="https://mmm.fi/-/tur-vepeltojen-hiilipaas-tot-kuriin-innovatiivi-sella-vesienhallin-nalla">https://mmm.fi/-/tur-vepeltojen-hiilipaas-tot-kuriin-innovatiivi-sella-vesienhallin-nalla</a>
VÄPÄ	Hiilestä kiinni	Kehittää kansallisesti nurmenviljelyä vähäpäästöisemmäksi siirtämällä käytäntöön muissa hankkeissa vaikuttaviksi todettuja ja karjatiloilta hyväksi koettuja menetelmiä huomioimalla samaan aikaan tilatasolla mitattavia päästöihin vaikuttavia tunnuslukuja, kuten turpeen paksuus ja pohjavedenpinnankorkeus.	<a href="https://mmm.fi/-/11-vahempipaastoiset-nurmikierrrot-turve-pelloilla-vapa-">https://mmm.fi/-/11-vahempipaastoiset-nurmikierrrot-turve-pelloilla-vapa-</a>

## 2. Uudet menetelmät maatalouden ympäristövaikutusten hallinnassa

### 2.1. Vesienhallinta

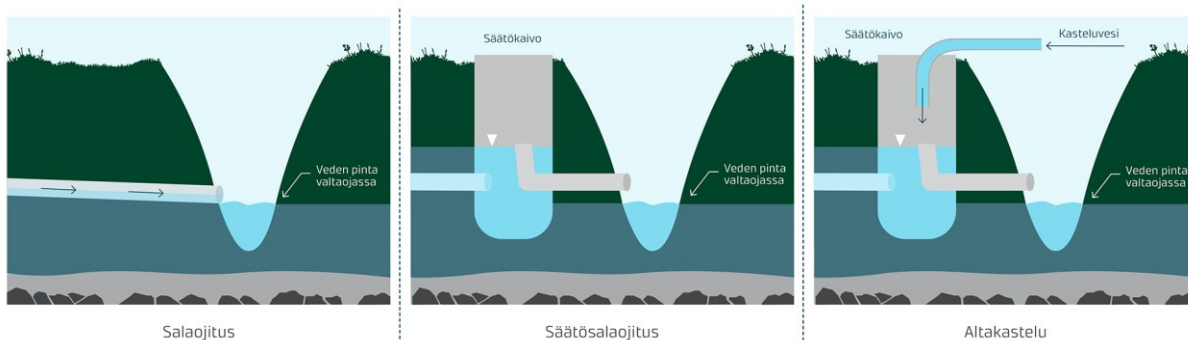
Tuula Larmola, Kristiina Lång, Jaana Uusi-Kämppe, Maarit Liimatainen ja Merja Myllys

*Kivennäismailla vesienhallintatoimet keskittyvät lisäämään kasvien vedensaantia sekä vähentämään valuntaa pelloilta. Turvemailla vesienhallinta keskittyy ympäristökuormituksen vähentämiseen. Turvepellon vesienhallinnan tai kosteikkoviljelmäksi vettämisen onnistuminen vaatii usein valuma-alueen suunnittelua, jotta alueelle saadaan ohjattua riittävästi vettä ympäri-vuotisesti ja erityisesti kasvukaudella. Säätäsalaojitus vaikuttaa valuntoihin, ravinnekuormitukseen sekä rajallisesti myös pohjavesitasoon turvepelloilla. Säätekastelu on säätäsalaojitusta tehokkaampi keino pohjavesitason nostamiseen, jos käytettävissä on lisävettä. Turvepeltoja voi viljellä myös erityisen märkinä: kosteikkoviljelyssä pohjaveden pintaa nostetaan patoamalla ojia. Osittainenkin pohjavesitason nosto vähentää hiilidioksidin vapautumista turpeen hajotuksesta. Vesienhallinta tuottaa viljelmiltä samanaikaisesti markkinakelpoista satoa ja edullisia kasviuonekaasupäästövähennyksiä. Tarvitaan lisää sekä tutkimustietoa vesienhallintatoimien kohdentamiseksi tehokkaasti ja päästökertoimien tarkentamiseksi, että logistiikan ja teollisuuden innovaatioita kosteikkoviljelyn arvoketjujen kehittämiseksi.*

#### 2.1.1. Johdanto

Kivennäismailla padotuksen ja kastelun tarkoituksena on lisätä kasvien käytössä olevan veden määrää satojen parantamiseksi sekä vähentää valuntaa ja sen myötä ravinteiden huuhtoutumista pelloilta. Turvemailla padotuksen ja kastelun tavoitteena on lähes yksinomaan ympäristökuormituksen vähentäminen, sillä kasvit eivät kärsi vedenpuutteesta kuin poikkeuksellisen kuivina kasvukausina. Turvepeltojen ympäristökuormitus on huomattavasti suurempaa kuin kivennäismaiden, sillä turvetta hajoaa ojituksen, maanmuokkauksen, lannoituksen ja kalituksen takia, ja siitä vapautuu kasviuonekaasuja ilmakehään ja hiiltä ja ravinteita vesistöihin. Tehokkain keino kasviuonekaasupäästöjen vähentämiseen on pohjaveden pinnan pitäminen korkealla, ja kun korkealla pitäminen edellyttää valunnan estämistä, niin samalla vähenvät myös ravinnehuuhtoumat.

Vesienhallintatoimia on kolmenlaisia (Kuva 2): Tavanomaisessa sala- tai avo-ojituksessa vesi virtaa vapaasti pois pelloilta. Padotuksella - joka voidaan toteuttaa säätäsalaojituksella tai avo-ojien padotuksella - estetään veden virtausta pelloilta pois. Kastelussa pellolle pumpataan tai ohjataan lisävettä esimerkiksi altakasteluna salaojien kautta tai sadetuskasteluna pinnan kautta.



**Kuva 2.** Eri vesienhallintatoimet kaavakuvana.

Vesienhallinta on myös keino vähentää happamien sulfaattimaiden hapettumisesta aiheutuvia haittoja. Suomessa vesienhallinta on perinteisesti liittynyt viljelyolosuhteiden parantamiseen tavanomaisen kuivatuksen avulla. Kastelun merkitys paremman sadon tuottamiseksi on ollut vähäinen verrattuna moneen muuhun maahan, mutta kuivuusjaksoihin varautumisen vuoksi kivennäismaiden peltojen kastelun ennustetaan lisääntyvän tulevaisuudessa.

Turvepeltoja voi viljellä myös erityisen märkinä: kosteikkoviljelyssä pohjaveden pintaa nostetaan patoamalla ojia. Turpeen hajoaminen veden pinnan alla hidastuu, ja sen hajoamisesta aiheutuvat ilmastovaikutukset vähenevät. Pellolla voidaan viljellä märkiin olosuhteisiin sopeutuvia kasveja, kuten ruokohelpeä tai pajua. Turvepeltojen ympäristökuormitusta vähennetään kaikkein tehokkaimmin, jos pelto vetetään kokonaan tai poistetaan viljelystä.

### 2.1.2. Vesienhallinta turvepelloilla

Turvepeltojen säätösalaajituksella saadaan hidastettua pellon kuivumista ja vaikutettua rajallisesti pohjavesitasoon. Ruukin koeasemalla säätösalaajitus nosti pohjavesitasoa noin 15 cm ohutturpeisella turvepelloilla (Salla ym. 2024) ja Jokioisten ohut- ja paksuturpeisilla koelohkoilla noin 1–30 cm (Myllys ym. 2025). Turvepeltojen pohjavedenpintaa on haastavaa nostaa enemmän pelkästään säätösalaajituksella, sillä yleensä peltoa pyritään kuivattamaan ennen kevään viljelytoimenpiteitä, ja olemassa olevat ojitukset on suunniteltu kuivattamiseen eikä pohjavesitason nostamiseen. Sulkujen ollessa kiinni pohjavedenpinta nousee vain, mikäli sadanta ja pellolle suotautuvien vesien määrä ylittävät haihdunnan ja pellolta valuvan veden määrän. Salaajaputkien etäisyys toisistaan, kaivojen määrä kaltevuuteen nähden ja kasvukauden aikaisen haihdunnan lisäksi monet valuma-alueen ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka vesi pysyy pellossa. Säätösalaajitustoimenpiteiden kohdentamisessa tulisi arvioida peltolohkon keskeisimmät onnistumiseen vaikuttavat tekijät, jotta pohjavedenpintaa saataisiin nostettua koko peltolohkolla.

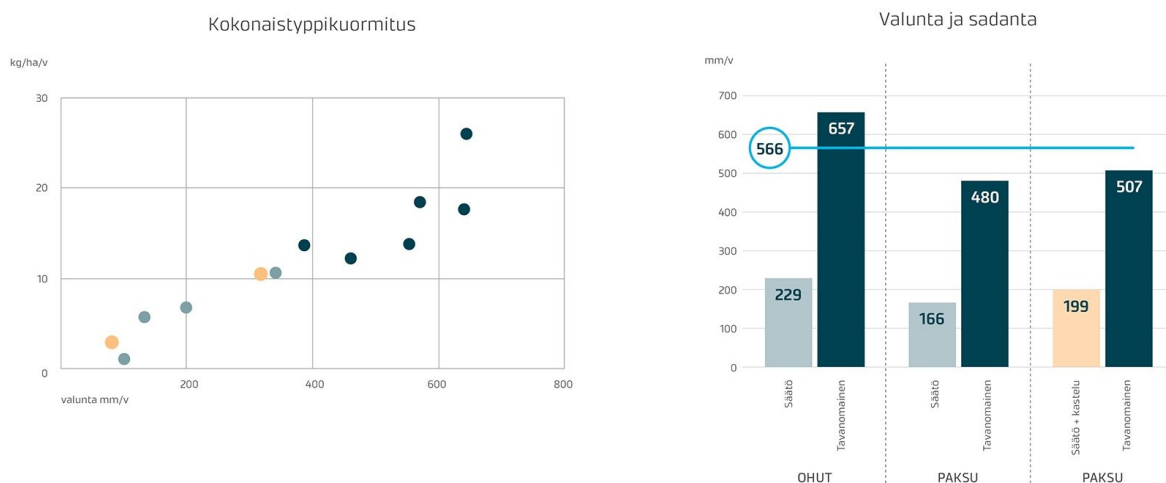
Altakastelu salaajien kautta on säätösalaajitusta tehokkaampi keino pohjavesitason nostamiseen turvepelloilla, jos käytävissä on lisävettä. Lisävettä tarvitaan erityisesti kesä-elokuussa. Silloin valuma-alueiden virtaamat ovat vähäisiä, minkä vuoksi tarvitaan veden varastointia. Ruukin koeasemalla on rakennettu yläpuolisen valuma-alueen veden varastoimiseksi allas. Varastoitua vettä syötetään säätökastelujärjestelmään (Liimatainen ym. 2024) sen sijaan, että vettä pumpattaisiin vesistöstä. Ruukissa on säätökasteltu usean vuoden ajan ja tavoitteena on nostaa pohjavedenpinta 50 cm maanpinnan alapuolelle. Tasoa on ollut vaikea saavuttaa kesäkuukausina, kun valuma-alueen virtaamat heikkenevät. Säätökastelun käytännön toteutuksessa on huomioitava peltolohkon koko ja sijainti valuma-alueella sekä valuma-alueen koko suhteessa siihen, kuinka paljon lisävettä tarvittaisiin. Tutkimus tuottaa myös uutta

mittaustietoa säätökastelun vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin ja vesistökuormitukseen. Tuloksia voidaan verrata pellon säätösalaajituksen aikaisiin päästöihin (Yli-Halla ym. 2022, Pham ym. 2023, Gerin ym. 2023). Vesistökuormituksen suuruuteen vaikuttaa erityisesti turvekerroksen paksuus (Yli-Halla ym. 2022, Pham ym. 2023). Pohjavedenpinnan nostaminen säätökastelun avulla vaatii aktiivisia toimia läpi kasvukauden. Esim. Ruukin asemalla kastelu perustuu pumppaamisen sijaan painovoimaiseen veden ohjaamiseen ja altaassa oleva veden määrä määrää sen, minne vettä pystytään milloinkin ohjaamaan. Koska veden riittävyys kesäkuukausina on yleensä ongelma ja haihduntaa on kompensoitava läpi kesän, käytännössä on löydettävä tuntuma siihen kuinka märissä olosuhteissa kevään ja alkukesän viljelytoimia pystytään tekemään, jotta peltoa ei kuivateta ennen kesää liikaa. Kasteluvien riittävyyden alueellisesta arvioinnista on kirjoitettu enemmän luvussa 2.7 Toimenpiteiden kohdentaminen.

Vesienhallinnan automatisointia on tutkittu useassa eri hankkeessa (Liimatainen ym. 2023, Liimatainen ym. 2024). Vesienhallinnan automatisointi voi motivoida viljelijöitä tekemään enemmän toimenpiteitä, mutta avoimia kysymyksiä on vielä paljon. Automatisoinnin vähimmäistason säätökaivoja voidaan etäohjata: tarkistaa esim. kännykkäsovelluksella, ovatko luukut kiinni vai auki ja sovelluksen avulla avata tai sulkea luukkuja. Ruukin koeasemalla on saatu usealta vuodelta käytännön kokemuksia laitteiden tulvien ja pakkasenkestävyydestä. Materiaalien tulee kestää esim. ruostetta, alhaisia pH-arvoja ja mahdollisia happaman sulfaattimaan esiintymiä. Laitteistojen kustannukset on pidettävä maltillisena, jotta automatisointi ei olisi liian kallista suhteessa hyötyihin. Viljelijän automatisoinnista tai etäohjauksesta saama hyöty riippuu erityisesti siitä, mitä viljellään.

### 2.1.3. Vesienhallinnan ympäristövaikutuksista

Säätösalaajituksella eli padottamalla vettä peltoon pystytään vähentämään salaajituksen ravinnekuormitusta vesistöihin samassa suhteessa kuin valuntaakin (Kuva 3). Jokioisten turve- maalla sijaitsevalla säätösalaajituskentällä, jossa sulut pidettiin kiinni muulloin paitsi ennen kentällä tehtäviä viljelytoimia, valunta ja ravinnekuormitus vähenivät keskimäärin kolmasosaan (Kuva 3). Eri ravinteilla vähenemä oli 50–80 %. Ravinnekuormitusta voi siis vähentyä merkittävästi yksinkertaisella ja edullisella toimella.



**Kuva 3.** Valunnan ja ravinnekuorman riippuvuus Jokioisten säätösalaajituskentällä (esimerkkinä kokonaistyyppikuormitus, jonka riippuvuus valunnan määrästä oli ravinteista selvin), ja valunta sekä sadanta Jokioisten säätösalaajituskentän kolmella alueella. Padotus vähensi valuntaa ja sen myötä ravinnekuormitusta noin kolmasosaan. (Myllys ym. 2025)

Turvepeltojen kasvihuonekaasupäästöt ovat Suomessa noin 9 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. vuodessa. Pohjaveden korkeus on merkittävin turvepellon kasvihuonekaasupäästöjä määrittävä tekijä. Vähäisenkin nousu vuoden keskimääräisessä vesipinnassa voi tuoda merkittävän päästövähennyksen. Mittauksissa on havaittu jokaisen 10 cm noston vesipinnassa vähentävän vuotuista hiilidioksidipäästöä 3,2 t hehtaarilta (Lång ym. 2024a) tai 5–14 % (Regina ym. 2014, Heikkinen ym. 2024). Kokonaispäästöjen (hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi) havaittiin vähenevän erilaisilla vettämiskohteilla 2–12 t CO<sub>2</sub>-ekv./ha/vuosi (Lång ym. 2024b). Dityppioksidin päästöt yleensä pienenevät veden pinnan noustessa (Regina ym. 2014, Lång ym. 2024a) ja merkittäviä metaanipäästöjä syntyy vasta, kun vesipinta nousee 20–30 cm korkeudelle (Regina ym. 2014, Lång ym. 2024a, Heikkinen ym. 2024). Verrattuna luonnontilaa tavoittelevaan ennallistamiseen kosteikkoviljelyssä hiilitasetta heikentää sadon mukana pois viety hiili. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistoimilla on potentiaalisesti pitkäkestoisin vaikutus paksaturpeisilla peltoalueilla. Vesienhallintatoimenpiteiden alueellisesta kohdentamisesta ja vettämiskelpoisuuden arvioinnista on kirjoitettu enemmän luvussa 2.7 Toimenpiteiden kohdentaminen.

Vesienhallintatoimenpiteet ovat keskeisiä ympäristövaikutusten vähentämisessä myös happamalla sulfaattimailla (Österholm ym. 2015). Maan kohoamisen, viljelykseen oton ja kuivatuksen myötä aiemmin meren pohjassa olleet sulfidia sisältävät maakerrokset hapettuvat ja muuttuvat vähitellen happamiksi sulfaattimaiksi. Maan pH voi laskea jopa alle 4:n sulfidikerrostuman hapettuessa. Happamasta maasta liukenevat haitalliset metallit yhdessä happamuuden kanssa aiheuttavat kalakuolemia ja kalkkikuoristen eläinten häviämistä. Lisäksi kasvihuonekaasuja voi vapautua ilmaan ja tyypeä huuhtoutua valumavesiin (Yli-Halla ym. 2020). Haittoja voidaan ehkäistä säätämällä pohjaveden pinta korkeammalle, jotta sulfidien hapettuminen vähentyy. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi valumavesiä patoamalla, säätösalojituksella tai altakastelulla. Happamia sulfaattimaita on erityisesti rannikkoseudulla. Luke Ruukin koeaseeman NorPeat-tutkimuspellolla on tutkittu useita vuosia vesienhallintaa ensin säätösalojituksen ja nyt säätökastelun keinoin (ks. edellä). Eri toimenpiteiden toteutuksessa seurataan myös, miten happamat sulfaattimaat vaikuttavat ympäristöpäästöihin (Yli-Halla ym. 2022, Liimatainen ym. 2023). Söderfjärdenin happamalla sulfaattimaalla tyypeä huuhtoutui keskimäärin 55 kg/ha ja vapautui typpioksiduulin muodossa 18 kg/ha vuodessa, mikä on huomattavasti enemmän kuin kivennäismailla (Yli-Halla ym. 2020). Vesienhallintaa varten kaivettujen veden varastoaltaiden sijainti happamilla turvemaiden tulisi huomioida niiden rakentamisessa ympäristövaikutusten hillitsemiseksi (Liimatainen ym. 2024). Ruukin NorPeat-pelto on ollut viljelyksessä sata vuotta, mutta sijainti happamilla sulfaattimailla näkyy edelleen vesistökuorituksessa (Yli-Halla ym. 2022, Pham ym. 2023).

#### **2.1.4. Vesienhallinnan ja kasvihuonekaasupäästövähennysten kannattavuus ja kustannukset**

Turvepeltojen viljelyn vesienhallintatoimet tulevat viljelijöille kannattaviksi, jos ne tuottavat sadonlisää tai jos viljelijälle maksetaan vesienhallintatoimien käytöstä saatavista päästövähennyksistä. Sadonlisäksi riittää arvokkailla sadoilla muutama prosentti (perunalla 1–4 %), kun taas esimerkiksi rehukauralla tarvitaan 5–30 % riippuen siitä, onko vesienhallinta toteutettu edullisesti esimerkiksi lisäämällä säätösalojakaivo valmiiseen salaojitukseen vai onko myös ojitus uusittu ja lisätty kastelumahdollisuus. Korkeampi pohjavesi tuottaa kuitenkin sadonlisää ainoastaan kuivina kasvukausina, sillä turvepelloilla ei yleensä ole puutetta vedestä. Siten kannattavuus edellyttää, että viljelijöille maksetaan päästövähennyksistä 3–15 €/t CO<sub>2</sub>-ekv. jos päästövähennys olisi 40 %. Valtiolla päästövähennyskustannus olisi tällöin 8–55 €/t CO<sub>2</sub>-ekv.,

kun mukaan lasketaan viljelijöille maksettavat säätösalaajituksen investointituki ja valumavesien hallinnan tuki. Päästövähennykset olisi siis valtiolle selvästi edullisempi kuin tämänhetkinen päästöoikeuden hinta EU:n päästökauppajärjestelmässä (74 €/t CO<sub>2</sub>-ekv.) (Wejberg ym. 2024).

Kosteikkoviljelmä voi samanaikaisesti tuottaa markkinakelpoista satoa ja edullisia kasvihuonekaasupäästövähennyksiä. Kosteikkoviljelyn avulla saavutetun päästövähennyksen kustannus (8–39 €/t CO<sub>2</sub>-ekv.) on erittäin edullinen verrattuna hiilidioksiditonin nykyiseen huutokauppahintaan EU:n päästökaupassa (Miettinen ym. 2022). Näissä laskelmissa verrattiin rehu-kauran ja luonnonhoitopellon nurmen viljelyä kuivatetulla pellolla kosteikkoviljelyyn ruokohelpeen, karpaloon ja rahkasammaleeseen. Nykyisin kosteikkoviljelyt alat ovat oikeutettuja maataloustukiin, jos niillä viljellään tukikelpoisia kasveja. Uusia tukimuotoja voisivat olla maatalouden ympäristökorvaus kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä tai investointituki avo-ojien padotukseen (Miettinen ym. 2022, Miettinen 2023). Nykyisin monet turvepellot ovat vähätuottoisia heikon ojituksen vuoksi, ja kosteikkojen perustamiseen ja hoitoon osoitetuilla tuilla pyritään myös vähentämään huonokuntoisten turvepeltojen alaa.

### 2.1.5. Tietotarpeet

Valuma-alueella veden riittävyyden varmistamiseen liittyy yhä tietotarpeita. Mistä lisävesi saadaan eri sijainneissa erityisesti keskikesällä, kun pohjavesitason nosto olisi tärkeintä? Pumpataanko joesta tai muusta vesistöstä vai varastoidaanko vettä altaisiin? Lisäksi toimenpiteiden vaikutusten seurantaan liittyy tietotarpeita. Miten parhaiten seurata ja mitata pohjavesitasoa, ja miten viljelijä todentaa tekemänsä turvepellon vesienhallintatoimet? Miten mitata tulvahuippuja ja niiden vesistö- ja ilmastopäästöjä? Mikä on riittävä taso vesienhallinnalle? Miten vesienhallinta vaikuttaa satoon eri olosuhteissa? Parantuisivatko tulokset tulosperusteilla tuilla ja kannustinjärjestelmillä?

Lisää tutkimustietoa kaivattaisiin myös erilaisista peltokohteista ja niiden eri vesienhallintatoinista, jotta voidaan tarkentaa oma päästökerroin sellaisten turvepeltojen viljelylle, joiden veden pintaa on nostettu. Millaisissa tilanteissa nostettu veden pinta voi lisätä kasvihuonekaasupäästöjä?

Tutkimustietoa pelloilta huuhtoutuvan hiilen ja typen vapautumisesta kasvihuonekaasupäästöinä avo-ojista ja alapuolisista vesistöistä tarvitaan myös kasvihuonekaasuinventaarissa, sillä hallitusten välisen ilmastomuutospaneelin (IPCC:n) oletuskertoimien maatalousmaiden huuhtoutuvan typen osuus on liian suuri Suomen oloihin. Suomen oloihin sopivaa laskentamenetelmää varten tarvitaan lisää tutkimusta siitä, miten vesienhallinta ja viljelytoimet vaikuttavat typen ja orgaanisen hiilen määrään, laatuun ja siihen, sedimentoituuko orgaaninen hiili vai mineralisoituuko se ja vapautuu kaasumaisena.

Tavoitteellinen vesienhallinta ilman lisävetä on haasteellista, ja siksi happamilla sulfaattimailla tarvitaan tutkimustietoa vaihtelevan pohjavesitason vaikutuksista vesistö- ja ilmastokuormitukseen. Happamia sulfaattimaita on erilaisia ja niiden esiintyvyyden sekä riskikartoituksen tarkentaminen edesauttaisivat kohdentamaan vesienhallintatoimia niihin paikkoihin, joissa pohjavesi tulisi pystyä pitämään korkealla. Happamien sulfaattimaiden kohdalla yleisesti puhutaan happamuudesta ongelmana, mutta tietotarpeita olisi myös niiden muista haitoista.

Kosteikkoviljelyn arvoketjujen kehittyminen vaatii erityisesti logistiikan ja teollisuuden innovaatioiden kehitystä. Lisäksi rahoitusmalleja tulee kehittää ja tukikelpoisten kasvien listalle

lisätä kosteikkokasveja. Muuttuva ilmasto vaatii myös vesienhallintatoimien sopeuttamista uusiin olosuhteisiin kuten kuivuuteen. Lisäksi turvepeltojen ilmastoviisaiden menetelmien monimuotoisuusvaikutuksista Suomessa ei ole julkaistua tutkimustietoa.

### 2.1.6. Viitteet

- Gerin, S., Vekuri, H., Liimatainen, M., Tuovinen, J.-P., Kekkonen, J., Kulmala, L., Laurila, T., Linkosalmi, M., Liski, J., Joki-Tokola, E. & Lohila, A. 2023. Two contrasting years of continuous N<sub>2</sub>O and CO<sub>2</sub> fluxes on a shallow-peated drained agricultural boreal peatland. *Agricultural and Forest Meteorology* 341: 109630. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109630>.
- Heikkinen, J., Lång, K., Honkanen, H. & Myllys, M. 2024. Mitigation of Greenhouse Gas Emissions by Optimizing Groundwater Level in Boreal Cultivated Peatland. *Wetlands* 44: 78. <https://doi.org/10.1007/s13157-024-01833-4>
- Liimatainen, M., Lötjönen, T., Lienes, T., Läpikivi, M., Marttila, H. & Joki-Tokola, E. 2023. Turvemaat ja niiden kestävä viljely vesienhallinnan keinoin. *Vesitalous* 1: 20–24.
- Liimatainen, M., Lötjönen, T., Lienes, T., Läpikivi, M., Kinnunen, J. & Marttila, H. 2024. Valuma-alueen veden varastointi maatalouden kastelukäyttöön. *Vesitalous* 1/2024: 5–8.
- Lång, K., Hakola, S., Iho, A., Kekkonen, H., Miettinen, A., Niskanen, O., Ojanen, H. & Wejberg, H. 2023. Turvepeltojen kosteikko-ohjelma: Ehdotus kosteikkoviljelyyn varatun rahoituksen käytöstä vuosina 2023–2025. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 12/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 43 s.
- Lång, K., Honkanen, H., Heikkinen, J., Saarnio, S., Larmola, T. & Kekkonen, H. 2024a. Impact of crop type on the greenhouse gas (GHG) emissions of a rewetted cultivated peatland. *Soil*. <https://doi.org/10.5194/>
- Lång, K., Honkanen, H., Kekkonen, H., Laurila, M., Nieminen, M., Saarnio, S., Sarkkola, S., Savikko, R., Sorvali, J. & Virkkunen, E. 2024b. Kosteikkoviljely ilmastomuutoksen hillintäkeinona. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 106/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 90 s.
- Miettinen, A., Koikkalainen, K., Laurila, M. & Silvan, N. 2022 Kosteikkoviljely ja viljely korotetulla pohjaveden pinnan tasolla – kustannukset ja hyödyt viljelijöille ja yhteiskunnalle. Julkaisussa: Virkkunen, E. (toim.). Turvepeltojen kosteikkoviljely ja pohjaveden korkeuden säätely: Kannattavuus ja päästövähennysmahdollisuudet. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 12/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s. 15–28.
- Miettinen, A. 2023: Ruokohelven kosteikkoviljely: tarvittavat taloudelliset kannustimet ja kasvihuonekaasupäästövähennysten kustannukset. Julkaisussa: Larmola, T., Saarnio, S., Miettinen, A., Näkkilä, J., Karvonen, J., Lång, K. & Turunen, A. 2023. Kosteikkoviljelyllä ilmaston kannalta kestävä ratkaisu kasvualuestatuotantoon. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 106/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. s.30–36.
- Myllys, M., Heikkinen, J., Tähtikarhu, M., Wejberg, H., Lehtonen, H., Mäkelä, M. & Häggblom, O. 2025. Turvemaiden viljelyn ympäristövaikutukset – mahdollisuudet päästöjen hillintään pellon vesienhallinnalla. *Vesitalous* 1:1 5–18.

- Pham, T., Yli-Halla, M., Marttila, H., Lötjönen, T., Liimatainen, M., Kekkonen, J., Läpikivi, M., Klöve, B. & Joki-Tokola, E. 2023. Leaching of nitrogen, phosphorus and other solutes from a controlled drainage cultivated peatland in Ruukki, Finland. *Science of The Total Environment* 904: 166769. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166769>.
- Salla, A., Salo, H., Tähtikarhu, M., Marttila, H., Läpikivi, M., Liimatainen, M., Lötjönen, T. & Koivusalo, H. 2024. Simulating controlled drainage and hydrological connections in a cultivated peatland field. *Vadose Zone* e20387. <https://doi.org/10.1002/vzj2.20387>
- Regina, K., Sheehy, J. & Myllys, M. 2014. Mitigating greenhouse gas fluxes from cultivated organic soils with raised water table. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. DOI 10.1007/s11027-014-9559-2
- Wejberg, H., Miettinen, A., Lehtonen, H., Mäkelä, M., Häggblom, O. & Myllys, M. 2024. Vesienhallinnan taloudelliset edellytykset turvella. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 78/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki.
- Yli-Halla, M., Virtanen, S., Regina, K., Österholm, P., Ehnvall, B. & Uusi-Kämpä, J. 2020. Nitrogen stocks and flows in an acid sulfate soil. *Environmental Monitoring and Assessment* 192(12): 751. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08697-1>
- Yli-Halla, M., Lötjönen, T., Kekkonen, J., Virtanen, S., Marttila, H., Liimatainen, M., Saari, M., Mikkola, J., Suomela, R. & Joki-Tokola, E. 2022. Thickness of peat influences the leaching of substances and greenhouse gas emissions from a cultivated organic soil. *Science of The Total Environment* 806(1): 150499. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150499>
- Österholm, P., Virtanen, S., Rosendahl, R., Uusi-Kämpä, J., Ylivainio, K., Yli-Halla, M., Mäensivu, M. & Turtola, E. 2015. Groundwater management of acid sulfate soils using controlled drainage, by-pass flow prevention, and subsurface irrigation on a boreal farmland. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science* 65(1): 110–120. <https://dx.doi.org/10.1080/09064710.2014.997787>

## 2.2. Maanparannusaineiden tuotanto ja käyttö

*Elina Tampio, Krista Peltoniemi, Elena Valkama, Helena Soinne, Ansa Palojärvi, Taina Pennanen, Jaana Uusi-Kämppä ja Sari Luostarinen*

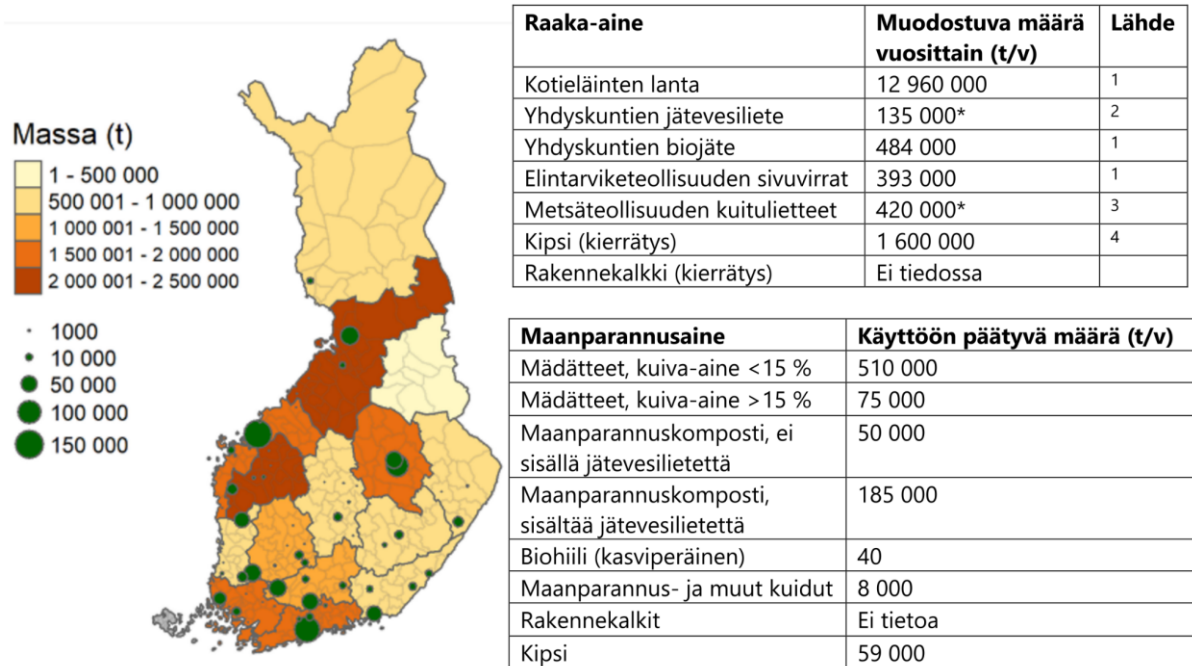
*Maanparannusaineilla voidaan vaikuttaa maaperän kasvukuntoon. Lisäksi vesiensuojelukäytössä tietyillä maanparannusaineilla voidaan saavuttaa suuriakin ravinnekuormitusvähennyksiä. Maanparannusaineiden hiilen pysyvyydessä on suuria eroja: maanparannusaineen prosessointi vaikuttaa merkittävästi niiden sisältämään orgaaniseen ainekseen ja siten maaperän hiilivaraston kertymiseen. Maanparannusaineiden reaktiot maassa ovat yhä rajallisesti tunnettuja, ja vaikutusmekanismien kattavampi tuntemus edesauttaisi viljelytoimenpiteiden kehittämistä.*

### 2.2.1. Johdanto

Maanparannusaineilla tarkoitetaan tuotteita, joilla on esimerkiksi maan rakennetta, vesitaloutta, ravinteiden pidätystä ja/tai sadontuottoa parantava vaikutus. Ne voivat sisältää ravinteita (pääravinteet typpi, fosfori ja kalium sekä hivenravinteet), mutta lannoitusvaikutus ei ole niiden pääasiallinen vaikutusmekanismi. Maanparannusaineen teho voi perustua sen sisältämän orgaanisen aineksen maan rakennetta ja hiilipitoisuutta parantavaan vaikutukseen tai esimerkiksi kiintoaine- ja fosforihuuhtoumia vähentävään vaikutukseen. Samalla tuotteella voi myös olla useita vaikutusmekanismeja. Maanparannusaineita voidaan valmistaa erilaisista eloperäisistä tai epäorgaanisista materiaaleista. Sivuvirtoja hyödyntämällä voidaan parhaimmillaan parantaa resurssitehokkuutta, tukea ruuantuotannon huoltovarmuutta ja kiertotalouden tavoitteiden saavuttamista sekä saavuttaa ilmasto- ja vesiensuojeluhyötyjä.

Suomessa on runsaasti potentiaalia maanparannusaineiden tuotannolle, mutta markkinoilla olevien tuotteiden määrä ei vastaa potentiaalia (Kuva 4). Maanparannuskuituja tuotetaan metsäteollisuuden kuitulietteistä, kipsiä muodostuu fosforikaivoksen sivutuotteena ja erilaisia rakennekalkiksi soveltuvia tuotteita muodostuu esimerkiksi sellu- ja sokeriteollisuuden sivuvirtana. Myös kotieläinten lannalla on vaikutuksia maaperään. Lanta hyödynnetään suurilta osin suoraan sellaisenaan kotieläintiloilla, eikä sen käyttö siksi näy suoraan lannoitevalmistusten tilastoissa.

Maanparannusaineiden maaperävaikutukset poikkeavat toisistaan, ja vaikutukset voivat poiketa esimerkiksi maalajeittain. Tehokkaan käytön edistämiseksi on tärkeää tuntea eri maanparannusaineiden keskeiset vaikutukset eri olosuhteissa.



**Kuva 4.** Karttakuvassa ravinnepitoisten biomassojen potentiaali (taustakartta) vs. niistä tuotetut maanparannusaineet Suomessa (vihreät ympyrät) (Luostarinen ym. 2023). Luvut eivät sisällä kipsiin, rakennekalkkiin ja maanparannuskuituihin liittyviä biomassoja ja valmisteita. Taulukot näyttävät lannoitteiden ja maanparannusaineiden tuotannon kierrätysperäisten raaka-aineiden potentiaalin Suomessa (\*kuiva-ainetonnia) sekä pelto- tai puutarhaviljelyyn päätyvät maanparannusaineet perustuen vuoden 2020 Ruokaviraston keräämiin lannoitevalmisteiden vuosi-ilmoituksiin. Lähteet: 1: Luostarinen ym. 2023, 2: VVY 2021, 3: Uusi-Kämpä ja Virtanen, 4: Yara.

### 2.2.2. Organisten maanparannusaineiden vaikutus maan hiileen

Metsäteollisuuden sivuvirtojen käyttö maanparannusaineina edistää kiertotaloutta ja voi auttaa palauttamaan hiiltä takaisin peltoon. Kuitulietteissä maahan lisätty orgaaninen aine hajoaa kuitenkin melko nopeasti. Laboratorio-olosuhteissa lisätystä kalkkistabiloidun kuitulietteen hiilestä hävisi noin 40 % ensimmäisten 2–3 kuukauden aikana (Räty ym. 2023, Kinnula ym. 2024). Kenttäkokeiden perusteella kalkkistabiloidun kuitulietteen mukana lisätystä hiilestä häviää noin puolet 0,5–1 vuoden aikana (Keskinen ym. 2024), ja neljä vuotta lisäyksen jälkeen kuitulietteen mukana tullut hiililisa ei merkittävästi nostanut maan kokonaishiilipitoisuutta verrattuna käsittelemättömään maahan (Rasa ym. 2021). Hiilivaraston kasvattamisen kannalta toistuvat lisäykset lienevät välttämättömiä.

Sen sijaan puupohjaisen biohiilen mukana lisätystä hiilestä lähes 80 % löytyi maasta vielä kaksi vuotta biohiililisäyksen jälkeen (Soinne ym. 2020). Biohiili on heikosti mikrobien hajotettavissa ja näin ollen biohiililisäyksellä voidaan kasvattaa maan hiilivarastoa melko pysyvästi. Biohiilellä ei toistaiseksi Suomen olosuhteissa ole havaittu merkittäviä satovaikutuksia ja näin ollen biohiilen hiilivarastoa kasvattava vaikutus perustuu pitkälti muualla tuotetun hiilen prosessointiin ja siirtoon pellolle (Soinne ym. 2020).

Organisten lannoitevalmisteiden käytöllä voidaan paitsi lisätä maaperän orgaanisen aineksen määrää, myös edistää ravinteiden kierrätystä. Erityisesti lantaa ja mädätteitä lisätään pelto- ja puutarhaan usein niiden sisältämien ravinteiden mukaan, jolloin orgaanisen aineksen maanparannusvaikutus saadaan lannoitevaikutuksen lisänä. Maaperässä orgaanisen aineksen ja sen

sisältämän hiilen pysyvyys riippuu lisätyn materiaalin koostumuksesta ja käsittelystä. Prosesoinnin on havaittu heikentävän ja hidastavan maaperään lisätyn orgaanisen aineksen hajoamista (Heikkinen ym. 2021), jolloin lisäystä hiilestä suurempi osuus jää maaperään.

Esimerkiksi biokaasuprosessi muuttaa käsiteltävän orgaanisen aineksen koostumusta ja vaikuttaa lopputuotteen hiilen pysyvyyteen muuntamalla helposti hajoavan orgaanisen aineksen biokaasuksi ja tiivistämällä hajotusta paremmin kestävästä hiilestä mädätteeseen. Mädätteiden peltokäytön onkin tutkimuksissa todettu lisäävän maaperän hiilipitoisuutta (Béghin-Tanneau ym. 2019). Mädätteiden käyttö ei tuo maaperään lisää hiiltä verrattuna mädättämättömään raaka-aineeseen, mutta mädätyksen jälkeen suurempi osuus mädätteen sisältämästä hiilestä on pysyvämmässä muodossa (Heikkinen ym. 2021, Tampio ym. 2024), jolloin se säilyy maaperässä hajoamattomana pidempään (Tampio ym. 2024).

Kuten biokaasuprosessi, myös kompostointi stabiloi orgaanista ainesta ja hiiltä. Lisäksi kompostoinnissa voidaan käsiteltävään materiaaliin seostaa hitaammin hajoavia ja erilaiset ominaisuudet omaavia materiaaleja ja näin lisätä kompostituotteen hiilen pysyvyyttä ja muita vaikutuksia maaperässä. Verrattuna esimerkiksi biohiileen, jonka sisältämä hiili on tunnetusti stabiilista ja maaperässä pitkäikäistä (Heikkinen ym. 2021), mädäte- ja kompostituotteiden sisältämä pysyvämpikin hiili hajoaa maaperässä vuosikymmenissä. Näiden tuotteiden toistuva leittäminen kuitenkin tukee maaperän hiilipitoisuuden ylläpitoa ja kasvua.

### **2.2.3. Metsäteollisuuden sivuvirtojen ja biohiilen vaikutuksista maan pieneliöstöön ja rakenteeseen**

Mikrobien hajotustyö muuttaa peltomaahan lisättyjen aineiden kemiallista koostumusta muokaten niistä uusia yhdisteitä, jotka voivat sitoutua esimerkiksi mikrobien kuolleeseen biomassaan pysyvimiksi yhdisteiksi lisäten maan hiilivarastoja (Costa ym. 2018). Hitaasti hajoavat yhdisteet, joita on paljon puumateriaalissa, kuten selluloosa ja ligniini, voivat synnyttää mikrobitoiminnan seurauksena pysyvämpiä organomineraalisia muodostelmia pienten maahiukkasten kanssa (Tisdall & Oades 1982, Kopittke ym. 2018, 2020). Tämä voi lisätä maahiukkasten mururakenteen muodostumista, joka tekee maaperästä vakaamman tai vähemmän alttiin eroosiolle (Diacono & Montemurro, 2010, Le Bissonnais 1996).

Suomessa sellutehtaan sivuvirtojen vaikutuksia maanparannusaineina on edelleen tutkittu vähän. Muualla tehdyissä tutkimuksissa sellutehdaslietteen on havaittu stimuloivan mikrobeja ja vaikuttavan positiivisesti maaperän hiukkasiin ja siten maan mururakenteeseen (Bipfubusa ym. 2008, Abdi ym. 2017). Erilaisia sivuvirtoja vertailevassa astiakokeessa sellusivuvirrat ja lehtipuupuru lisäsivät peltomaahan sieniä, mutta havupuupurulla ja maatalouden ei-puuperäisillä sivuvirroilla oli vähäisempi vaikutus maaperän sieniin (Clocchiatti ym. 2020). Suomalaisen tutkimuksen mukaan peltokokeessa testatut sellutehtaan ylijäämälietteistä valmistetut maanparannusaineet, vähäravinteinen nollakuitu, ja runsasravinteisemmat kalkkistabiloitu sekä kompostoitu selluliete lisäsivät mikrobien hengitysaktiivisuutta keväällä, mikrobibiomassaa syksyllä ja muuttivat sekä sienten että bakteerien lajiston rakennetta neljä vuotta aineiden levittämisen jälkeen (Rasa ym. 2021). Maanparannusainelietteiden havaittiin lisäävän sellaisen lajiston suhteellisia määriä, joilla on havaittu olevan yhteyksiä vaikeiden aineiden hajotukseen, maan mururakenteeseen, maan ravinnetasapainon edistämiseen ja biologiseen torjuntaan taudinaiheuttajamikrobeja vastaan. Tutkimus osoittaa, että kierrätyspohjaiset metsäteollisuuden sivuvirroista muokatut maanparannusaineet voisivat tarjota keinon lisätä maaperän

laatua ja biologista toimintaa (Rasa ym. 2021, 2024), vaikka vaikutukset maan vedenpidätyskykyyn voivat olla pienet (Rasa ym. 2024).

Puupohjaisten aineiden vaikutuksia suomalaisen peltomaan mikrobeihin on tutkittu myös kontrolloidussa laboratorionkokeessa, jossa peltomaahan sekoitettiin havupuun kuorirouhetta ja siitä eri tavoin uutettuja aineita (Peltoniemi ym. 2023). Kuoresta uutetut aineet lisäsivät bakteerien määrää sekä savi- että hiesumaassa. Sienten määrä lisääntyi vain savimaassa käsittelemättömällä kuorirouheella ja kuumavesiuuton läpikäyneellä kuorirouheella. Lisätyt puupohjaiset aineet muuttivat ja monipuolistivat mikrobilajistoa, joista osalla voi olla hyödyllisiä vaikutuksia mm. maaperän hiilen varastoitumiseen ja sitä kautta monimuotoisuuteen (Bastida ym. 2021), joka pitkällä tähtäimellä edistää kestävästä maataloutta.

Viime vuosina uusia tutkimuksia on julkaistu metsäperäisen biohiilen vaikutuksista suomalaisen maatalousmaiden mikrobiologiaan, lajistoon ja aktiivisuuteen. Metsän hakkuutähteistä peräisin olevan biohiilen (30 tn/ha) lyhyen aikavälin vaikutuksia (2 vuotta levityksestä) ei havaittu maaperän bakteerien ja sienten lajistoon tai mikrobien biomassaan savipitoisen pellon pintamaassa (Soinne ym. 2020). Myöskään mikrobien aktiivisuudessa (maahengitys) ei havaittu vaikutuksia syksyn näytteistä tehdyissä maahengitysmittauksissa. Tulokset eivät olleet yllättäviä, sillä maan fysikaalisissa ja kemiallisissa mittauksissa ei huomattu biohiilen muuttaneen maan pH:ta tai vedenpidätyskykyä. Viikin koetilan pitkäaikaiskokeessa ei myöskään havaittu maan vesi- ja ravinnetaloudessa pysyviä muutoksia, huolimatta siitä, että biohiili toi pienen, tosin vaihtelevan, positiivisen vaikutuksen satomääriin (Kalu ym. 2021).

#### **2.2.4. Rakennekalkki maanparannusaineena**

Rakennekalkki on maatalouskalkin ( $\text{CaCO}_3$ ) ja reaktiivisen kalkin ( $\text{CaO}$  tai  $\text{Ca(OH)}_2$ ) seos. Reaktiivisen kalkin osuus on 15–25 %, ja sitä pyritään levittämään vähintään 1 000 kg hehtaarille. Rakennekalkki nostaa maan pH:ta ja parantaa maan mururakenteen kestävyttä. Rakennekalkki nostaa liuetteissaan maanesteen ionivahvuutta, jolloin maahiukkasia ympäröivä vesikehä ohenee ja hiukkaset pääsevät lähemmäksi toisiaan. Rakennekalkin mukana maahan päätyvät kalsiumionit edistävät sidosten muodostumista maapartikkelien välille edistämällä siten murujen muodostumista. Maan pH:n nousu vilkastuttaa mikrobitoimintaa, mikä myös edistää kestävästä mururakenteen muodostumista. Jos maan pH ja kalsiumpitoisuus ovat erittäin korkeita, savepartikkelien pinnoilla voi tapahtua myös niin sanottuja laastireaktioita. Rakennekalkki suositellaan levittämään kuivaan ja lämpimään maahan ja se tulee muokata 48 tunnin kuluessa levityksestä, jolloin siitä saadaan paras mahdollinen hyöty maan rakenteelle (Ajosenpää 2021). Neitseellisen rakennekalkin valmistuksessa syntyy kasvihuonekaasupäästöjä. Rakennekalkkia valittaessa tulisikin suosia kierrätysmateriaaleista valmistettuja tuotteita.

#### **2.2.5. Kipsi, rakennekalkki, ravinnekuitu ja biohiili vesiensuojelussa**

Myös vesiensuojelutarkoituksessa peltoja voidaan käsitellä kipsillä, rakennekalkilla tai ravinnekuidulla. Tavoitteena on vähentää kiintoaineen ja fosforin kulkeutumista pelloilta vesistöihin. Yaran Siilinjärven tehtaalta peräisin olevaa kipsiä (kalsiumsulfaatti,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) on käytetty Saaristomeren valuma-alueen KIPSI-hankkeessa vuodesta 2020. Vaikka kotimainen kipsi ei sisällä haitta-aineita, sitä ei kuitenkaan sisältämiensä sulfaatin takia suositella käytettävän järvien valuma- tai pohjavesialueilla eikä Natura 2000 -alueilla. Luomuviljelyssä tällä hetkellä vain luonnonkipsi on sallittua. Savimailla kipsin voi usein korvata rakennekalkilla tai ravinnekuiduilla (Ajosenpää ym. 2021).

Viisi vuotta kestäneissä Savijoen valuma-aluekokeissa (SAVE- ja SAVE2-hankkeet) kipsi vähensi hiukkasmaisen fosforin huuhtoumaa keskimäärin 35 %, kiintoaineen huuhtoumaa 59 % ja liuenneen orgaanisen hiilen huuhtoumaa 64 % (Ekholm ym. 2024). Liukoisen fosforin huuhtouma väheni 25 % Savijoen keskiosassa, mutta alaosassa se kasvoi 13 %.

Laboratorio-olosuhteissa tehdyissä sadetuskokeissa ravinnekuitu vähintään puolitti kiintoaineen sekä kiintoaineeseen sitoutuneen fosforin pitoisuudet (Rasa ym. 2021). Tuusulan valuma-aluekokeessa hiukkasmaisen fosforin ja kiintoaineen pitoisuudet laskivat ojavedessä 23 % enemmän kuin vertailuojassa. Valuma-aluekokeissa ravinnekuitu ei ollut yhtä tehokas vähentämään fosforipitoisuuksia kuin sadetuskokeissa, mikä selittyy valuma-alueen vaihtelevilla olosuhteilla sekä sillä, että vain osa pelloista oli käsitelty kuidulla (Kämäri ym. 2024). Kuitulietteillä voi olla myös potentiaalia vähentää typen huuhtoumaa kasvukauden ulkopuolella (Räty ym., 2023, Kinnula ym. 2024). Maanparannusaineen levityksen jälkeen maa muokataan, mikä sänkimaahan verrattuna saattaa lisätä maa-aineksen kulkeutumista pellolta veteen. Sen sijaan biohiililisäyksen ei havaittu vaikuttavan merkittävästi ravinnehuuhtoumiin kenttäkokeessa savimaassa (Soinne ym. 2020). Laboratorio-olosuhteissa biohiili voi kuitenkin prosessointitavasta riippuen hieman nostaa maan vedenpidätyskykyä ja edistää kestäväen maan rakenteen muodostumista (Heikkinen ym. 2019).

Alustavien ojavositulosten mukaan rakennekalkin on todettu puolittavan kiintoainepitoisuuden ja vähentävän 38 % hiukkasmaisen fosforin pitoisuutta vertailtaessa rakennekalkilla käsitellyn ja käsittelemättömän alueen ojavesiä (Kämäri ym. 2024).

Varsinais-Suomessa on meneillään Maanparannusaineiden yhteiskäytön mahdollisuudet – kiertotaloutta ja maanhoitoa (AIN3) -hanke, jossa selvitetään kipsin, rakennekalkin ja ravinnekuidun rinnakkaiskäytön vaikutuksia Savijoen vedenlaatuun (Luke 2023). Syksyllä 2024 levitettiin ravinnekuitua 182 hehtaarille, rakennekalkkia 167 hehtaarille ja kipsiä 74 hehtaarille. Alustavia tuloksia saadaan syksyllä 2025.

Maanparannusaineiden käytössä on oleellista huomioida myös niiden taloudellisuus. Ravinnekuitua levitetään rekkakuormallinen eli 25–40 tonnia hehtaarille. Sen käyttö on edullisinta lähellä metsäteollisuuslaitoksia, sillä jo parin sadan kilometrin kuljetusmatkat nostavat hintaa huomattavasti. Myös kipsin ja rakennekalkin kuljetusmatkat voivat olla pitkiä, mutta kipsiä levitetään vain 4 tonnia ja rakennekalkkia 4–4,5 tonnia hehtaarille. Rekkakuormasta rakennekalkkia tai kipsiä riittää 10–12 hehtaarille. Kierrätystuotteista valmistettua rakennekalkkia ja sivuvirtapohjaista ravinnekuitua on saatavissa vain rajallisia määriä. Vuosittain niitä levitetään muutamalle tuhannelle hehtaarille. Sen sijaan kipsiä riittää kaikille Suomen pelloille, jopa useampaankin käsittelykertaan. Suomen rannikon valuma-alueella kipsin hankinnasta, kuljetuksesta, varastoinnista ja levityksestä vastaa ELY-keskuksen koordinoima KIPSI-hanke, jonka tavoitteena on levittää kipsiä 100 000 peltohehtaarille (ELY-keskus).

### **2.2.6. Tietotarpeet**

Rakennekalkin kuten muidenkin maanparannusaineiden reaktiot maassa ovat heikosti tunnettuja, ja niitä tulisi tutkia lisää. Lisätutkimuksia tarvitaan, jotta aineiden pidemmän ajan vaikutuksia maan laatuun ja mikrobeihin voidaan arvioida. Vaikutusten mekanismien ymmärtämisen, ja sitä kautta mahdollisten sovellusten ja viljelytoimenpiteiden kehittämisen kannalta olisi tulevaisuudessa erityisen hyödyllistä saada selville mitkä mikrobiryhmät ja niiden toiminnot ovat maaperän mururakenteen muutosten taustalla.

Biohiilitutkimuksia suomalaisilta pelloilta on olemassa vielä liian vähän, ja suurempien johtopäätösten tekeminen vaatisi lisätutkimuksia eri lähtömateriaaleista peräisin olevien biohiilimateriaalien, erilaisten levitysmäärien ja olosuhteiden ja aikajaksojen vaikutuksista maan rakenteeseen ja biologiaan kuten Palansooriya ym. (2019) ovat suositelleet.

Lisäksi tarvitaan kokonaisvaltaista tutkimusta huomioiden tuotteiden valmistusprosessit, niiden vaikutukset tuotteen ominaisuuksiin ja edelleen vaikutuksiin maaperässä ja ympäristössä.

### 2.2.7. Viitteet

- Abdi, D., Ziadi, N., Shi, Y., Gagnon, B., Lalande, R. & Hamel, C. 2017. Residual effects of paper mill biosolids and liming materials on soil microbial biomass and community. *Canadian Journal of Soil Science* 97: 188–199.
- Ajosenpää, T., Anttila, L., Ekholm, P., Heikkinen, J., Jaakkola, S., Kaseva, A., Kämäri, M., Kääriä, J., Luodeslampi, P., Malmilehto, S., Muurinen, S., Rasa, K., Soinne, H., Talola, S., Uusi-Kämppe, J. & Uusitalo, R. 2021. Kipsi, kuitu ja rakennekalkki – opas viljelijöille. ProAgrian hankejulkaisuja 10. ISSN 2342-8643. [www.proagria.fi/hankkeet/kipsikuiturakennekalkki](http://www.proagria.fi/hankkeet/kipsikuiturakennekalkki)
- Bastida, F., Eldridge, D.J., García, C., Kenny Png, G., Bardgett, R.D. & Delgado-Baquerizo, M. 2021. Soil microbial diversity–biomass relationships are driven by soil carbon content across global biomes. *ISME J* 15: 2081–2091. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-00906-0>
- Béghin-Tanneau, R., Guérin, F., Guiresse, M., Kleiber, D. & Scheiner, J.D. 2019. Carbon sequestration in soil amended with anaerobic digested matter. *Soil and Tillage Research* 192: 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.04.024>
- Bipfubusa, M., Angers, D.A., N'Dayegamiye, A. & Antoun, H. 2008. Soil aggregation and biochemical properties following the application of fresh and composted organic amendments. *Soil Science Society of America Journal* 72: 160–166. <https://doi.org/10.2136/sssaj2007.0055>
- Clocchiatti, A., Hannula, S.E., van den Berg, M., Korthals, G. & de Boer, W. 2020. The hidden potential of saprotrophic fungi in arable soil: Patterns of short-term stimulation by organic amendments. *Applied Soil Ecology* 147: 103434. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103434>.
- Diacono, M. & Montemurro, F. 2010. Long-term effects of organic amendments on soil fertility: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 30: 401–422. <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Ekholm, P., Ollikainen, M., Punttila, E., Ala-Harja, V., Riihimäki, J., Kiirikki, M., Taskinen, A. & Begum, K. 2024. Gypsum amendment of agricultural fields to decrease phosphorus losses – Evidence on a catchment scale. *Journal of Environmental Management* 357: 120706. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120706>
- ELY-keskus. KIPSI-hanke. <https://www.ely-keskus.fi/web/kipsinlevitys> (päivitetty 13.11.2024)

- Heikkinen, J., Keskinen, R., Soinne, H., Hyväluoma, J., Nikama, J., Wikberg, H., ... & Rasa, K. 2019. Possibilities to improve soil aggregate stability using biochars derived from various biomasses through slow pyrolysis, hydrothermal carbonization, or torrefaction. *Geoderma* 344: 40–49.
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Seppänen, L., Luostarinen, S., Fritze, H., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Hanajik, P. & Regina, K. 2021. Chemical composition controls the decomposition of organic amendments and influences the microbial community structure in agricultural soils. *Carbon Management* 12: 359–376.  
<https://doi.org/10.1080/17583004.2021.1947386>
- Keskinen, R., Nikama, J., Kostensalo, J., Rätty, M., Rasa, K. & Soinne, H., 2024. Methodological choices in size and density fractionation of soil carbon reserves—A case study on wood fiber sludge amended soils. *Heliyon* 10(2).
- Kinnula, S., Kanerva, S., Soinne, H., Toivonen, M., Joonas, J., Tuulos, A., Parviainen, T., Kinnunen, O. & Kivelä, J. 2024. Pulp mill sludges as a solution for reducing the risk of mineral nitrogen leaching from agriculture. *Agricultural and Food Science*.  
<https://doi.org/10.23986/afsci.142012>
- Kalu, S., Simojoki, A., Karhu, K. & Tammeorg, P. 2021. Long-term effects of softwood biochar on soil physical properties, greenhouse gas emissions and crop nutrient uptake in two contrasting boreal soils. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 316: 107454.  
<https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107454>
- Kopittke, P.M., Dalal, R.C., Hoeschen, C., Li, C., Menzies, N.W. & Mueller, C.W. 2020. Soil organic matter is stabilized by organomineral associations through two key processes: The role of the carbon to nitrogen ratio. *Geoderma* 357: 113974.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.113974>
- Kopittke, P.M., Hernandez-Soriano, M.C., Dalal, R.C., Finn, D., Menzies, N.W., Hoeschen, C. & Mueller, C.W. 2018. Nitrogen-rich microbial products provide new organo-mineral associations for the stabilization of soil organic matter. *Global Change Biology* 24: 1762–1770. <https://doi.org/10.1111/gcb.14009>
- Kämäri, M., Luodeslampi, P., Anttila, L., Kaseva, A., Talola, S., Uusi-Kämppe, J., Kiiskinen, E., Begum, K., Uusitalo, R. & Ekholm, P. 2024. Kuidun ja rakennekalkin vesiensuojeluvaihtukset 2.0. (RAKENNE-KUITU 2.0). Hankkeen loppuraportti 28.6.2024.
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 47: 425–437.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01843.x>
- Luke 2023. Maanparannusaineiden yhteiskäytös mahdollisuudet – kiertotaloutta ja maanhoidtoa (AIN3). [www.luke.fi/fi/projektit/ain3](http://www.luke.fi/fi/projektit/ain3)
- Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Jyske, T., Rasi, S. & Pennanen, T. 2023. Impacts of coniferous bark-derived organic soil amendments on microbial communities in arable soil – a microcosm study. *FEMS Microbiology Ecology*. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiad012>

- Luostarinen, S., Laakso, J., Tampio, E., Skyttä, A. & Lehtonen, E. 2023. Ravinteiden kierrätyksen tilastointi ja seuranta. Ensimmäinen indikaattori ja kehittämissuhteet. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 107/2023. Luonnonvarakeskus, Helsinki.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-823-2>
- Palansooriya, K.N., Wong, J.T.F., Hashimoto, Y., Huang, L., Rinklebe, J., Chang, S.X., Bolan, N., Wang, H. & Ok, Y.S. 2019. Response of microbial communities to biochar-amended soils: a critical review. *Biochar* 1: 3–22.
- Rasa, K., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Kaseva, J., Joonas J. & Uusitalo, R. 2021. Pulp and paper mill sludges decrease soil erodibility. *Journal of Environmental Quality* 50: 172–184. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20170>
- Rasa, K., Tähtikarhu, M., Miettinen, A., Kähärä, T., Uusitalo, R., Mikkola, J. & Hyväluoma, J. 2024. A large one-time addition of organic soil amendments increased soil macroporosity but did not affect intra-aggregate porosity of a clay soil. *Soil and Tillage Research* 242: 106139.
- Räty, M., Termonen, M., Soinne, H., Nikama, J., Rasa, K., Järvinen, M., Lappalainen, R., Auvinen, H. & Keskinen, R. 2023. Improving coarse-textured mineral soils with pulp and paper mill sludges: Functional considerations at laboratory scale. *Geoderma* 438: 116617.
- Soinne, H., Keskinen, R., Heikkinen, J., Hyväluoma, J., Uusitalo, R., Peltoniemi, K., Velmala, S., Pennanen, T., Fritze, H., Kaseva, J., Hannula, M. & Rasa, K. 2020. Are there environmental or agricultural benefits in using forest residue biochar in boreal agricultural clay soil? *Science of the Total Environment* 731: 138955. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138955>
- Tampio, E., Laaksonen, I., Rimhanen, K., Honkala, N., Laakso, J., Soinne, H. & Rasa, K. 2024. Effect of manure co-digestion on methane production, carbon retention, and fertilizer value of digestate. *Science of The Total Environment* 927: 172083.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172083>
- Tisdall, J.M. & Oades, J.M. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science* 33: 141–163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755.x>
- VVY 2021. Yhdyskuntaliikenteen käsittelyn ja hyödyntämisen nykytilannekatsaus vuosilta 2019–2020. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 71. Vesilaitosyhdistys, Helsinki.  
[https://www.vvy.fi/site/assets/files/4691/yhdyskuntaliikenteen\\_kasittelyn\\_ja\\_hyodyntamisen\\_nykytilannekatsaus\\_2021.pdf](https://www.vvy.fi/site/assets/files/4691/yhdyskuntaliikenteen_kasittelyn_ja_hyodyntamisen_nykytilannekatsaus_2021.pdf)
- Uusi-Kämppe, J. & Virtanen, E., Metsäteollisuuden kuituliikenteiden hyödyntäminen peltoviljelyssä. Practise abstract 47. Boosting Rural Bioeconomy Networks Following Multi-Actor Approaches – Branches. <https://www.branches.fi/branches-verkosto/parhaita-kaytantoja/?PHPSESSID=r2q525569qe207dkamh6u1mhg3> (viitattu 12.11.2024)
- Yara. Siilinjärven kipsikasa lyhyesti. <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/vastuullisuus/ymparisto/vesiensuojelu/> (viitattu 12.11.2024)

## 2.3. Lannoitus ja ravinteiden kierrätys

*Elena Valkama, Riitta Lemola, Tapio Salo*

*Kierrätyslannoitteiden ravinteiden käyttökelpoisuudessa viljelykasveille on eroja. Käyttökelpoisuus riippuu osin viljelymenetelmistä sekä sääolosuhteista, mutta se voi osin vastata väkilannoitteiden tehoa. Ravinteiden kierrätyksellä on lannoitusvaikutuksen ohella myös muita oheisvaikutuksia, ja laajassa analyysissä todettiin kierrätyslannoitteiden pienemmät N<sub>2</sub>O-päästöt verrattuna väkilannoitteisiin. Kenttäkokeiden määrän kasvattaminen koskemaan laajempaa määrää eri olosuhteita, kierrätyslannoitteita ja niiden yhdistelmiä tarkentaisi kokonaiskuvaa.*

### 2.3.1. Johdanto

Lannoittamalla korvataan kasvien maasta ottamia ravinteita. Perinteisesti kasvien ottamia ravinteita palautettiin peltoon karjanlannan ja kuivikkeiden muodossa, myöhemmin siirryttiin enenevässä määrin väkilannoitteiden käyttöön karjanlannan rinnalla ja yksistään. Typpi- ja fosforilannoitusta ohjataan maatalouteen liittyvällä lainsäädännöllä ja tukimuodoilla. Lannoitetyypen ja -fosforin satovaikutuksia kenttäkokeissa on tutkittu kenttäkokeista kerätyissä meta-analyysissä (Valkama ym. 2009, 2013). Satovastekokeet sekä meta-analyysit ovat tukenet myös lannoitussuosituksen kehitystä. Pääosin orgaanista alkuperää olevien raaka-aineidensa vuoksi (ks. Kuva 4), osa kierrätyslannoitteiden tyypestä ja fosforista muuttuu lannoitevalmisteen prosessoinnin aikana yleensä hitaammin kasveille käyttökelpoiseen muotoon kuin väkilannoitteissa, jolloin satovaikutukset usein eroavat väkilannoitteista (esim. Hernandez-Mora ym. 2024, Müller ym. 2024).

Tuotannon erikoistumisesta ja kotieläintuotannon keskittymisestä on syntynyt tarve siirtää lannan ravinteita, erityisesti fosforia (Lemola ym. 2023), pois keskittymisalueilta, jotta vältetään ravinteiden kertyminen maahan ja vesistökuormitusriskin lisääntyminen. Huoltovarmuuteen liittyvät kysymykset lannoitetyypen saatavuudesta (Vainio 2022) ovat myös osaltaan lisänneet tarvetta ja kiinnostusta ravinteiden kierrätykseen. Tuotannon muutokset liittyvät osittain myös maan kasvukuntoon. Suomalaisten viljelysmaiden hiilipitoisuus on laskenut 0,4 %:n vuosivauhdilla (Heikkinen ym. 2013). Orgaanista ainesta sisältäviä kierrätyslannoitteita voidaan pitää myös maanparannusaineina, joilla on potentiaalia ylläpitää maan kasvukuntoa, kerryttää hiiltä ja vähentää kasvihuonekaasupäästöjä (ks. kappale 2.2).

Kasvihuonekaasupäästöjen osalta N<sub>2</sub>O-päästöjä on tutkittu vähemmän kuin hiilidioksidipäästöjä. Noin 6,2 Tg N<sub>2</sub>O-N / vuosi, eli 35 % maailman vuosittaisista päästöistä, tulee maatalousmaasta (Kroeze ym. 1999). Kemiallisen tai orgaanisen lannoitteen levityksen jälkeen mikrobi-prosessit ovat N<sub>2</sub>O:n ensisijaisia lähteitä maaperässä. Maaperän hoitostrategiat, joihin liittyy orgaanisen aineksen käyttö (kasvinjätteet, viherlannoitus, karjanlanta, liete, mädäte, komposti ja biohiili), voivat lisätä maaperän hiilisyötettä, mutta samanaikaisesti johtaa muiden kasvihuonekaasupäästöjen kuin hiilidioksidin, kuten N<sub>2</sub>O:n, lisääntymiseen (Bolinder ym. 2020). Siksi kierrätyslannoitteiden satovasteiden ohella on oleellista tarkastella kattavasti niiden oheis- ja ympäristövaikutuksia.

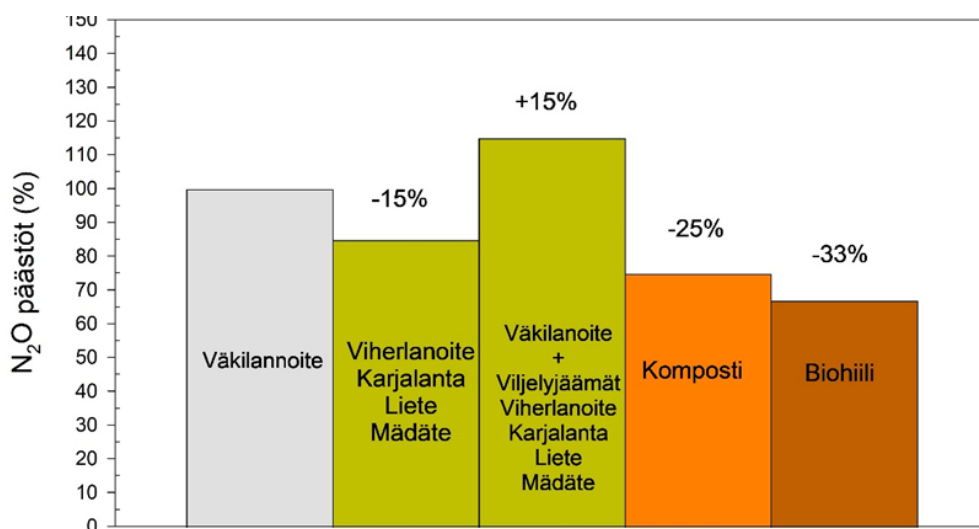
### 2.3.2. Kierrätyslannoitteiden vaikutuksista ja ravinteiden käyttökelpoisuudesta mineraalilannoitteisiin nähden

53 kenttätutkimuksen tuloksista toteutettiin yhteenveto meta-analyysin avulla, jossa tarkasteltiin seitsemän erityyppisen maaperään lisätyn orgaanisen aineksen (viljelykasvijäämät, viherlannoitus, karjanlanta, liete, mädätysjäännös, komposti ja biohiili) vaikutusta kumulatiivisiin N<sub>2</sub>O-päästöihin. Kontrollikäsitellyt lannoitettiin mineraalityypilannoitteella. Kokeet tehtiin 15 Euroopan maassa, ja ne kattoivat ympäristövyöhykkeet Alppien pohjoisosasta Välimeren eteläosaan. Erilaisia peltokasveja, pääasiassa viljaa, viljeltiin monokulttuurissa tai viljelykierrossa kivennäismailla. Nämä tutkimukset julkaistiin pääasiassa vertaisarvioituissa tieteellisissä lehdissä vuosina 1993–2022. Lisäksi tutkittiin maaperän ja ilmasto-olojen, viljelykäytäntöjen sekä orgaanisten aineiden laadun vaikutuksia N<sub>2</sub>O-päästöihin.

Kuva 5 osoittaa erityyppisten orgaanisten aineiden vaikutuksen N<sub>2</sub>O-päästöihin verrattuna mineraalilannoitteisiin. Tulokset osoittivat, että komposti ja biohiili vähensivät N<sub>2</sub>O-päästöjä 25 % ja 33 % verrattuna mineraalityypilannoitteisiin. Biohiilen ja kompostin tehokkuus N<sub>2</sub>O-päästöjen vähentämiseksi riippui kuitenkin ilmasto-olosuhteista ja maaperän pH:sta. Analyysin mukaan boreaalisten vyöhykkeiden happamassa maaperässä (pH 5,7–6,5) komposti ja biohiili voivat vähentää N<sub>2</sub>O-päästöjä jopa 50 %.

On huomattava, että biohiilen laaja käyttö Euroopan maataloudessa on vähäistä, ja tutkimuksissa (myös tässä meta-analyysissä) havaitut biohiilen N<sub>2</sub>O-vähennykset on useimmiten saavutettu, kun on käytetty suuria annoksia (> 10 t/ha). On epärealistista odottaa näin suurien annosten käyttöä laajaperäisessä maataloudessa biohiilen nykyisen korkean markkinahinnan vuoksi (800 €/t, Garcia ym. 2022).

Muiden tutkittujen orgaanisten aineiden osalta voidaan saavuttaa pieni N<sub>2</sub>O-päästöjen vähennys (15 %), jos niitä käytetään ilman mineraalityypilannoitetta (Kuva 5). Sitä vastoin niiden yhteiskäyttö mineraalityypilannoitteiden kanssa nosti päästöjä jossain määrin (15 %) mineraalityypilannoitteisiin verrattuna. Meta-analyysi paljasti, että maaperän ominaisuudet tai ilmasto eivät vaikuttaneet N<sub>2</sub>O-päästöjen muutoksiin viherlannoituksen, karjanlannan, viljelykasvien jäämien, lietteen ja mädätteen osalta, mikä viittaa siihen, että tulokset pätsivät kaikilla Euroopan ympäristövyöhykkeillä, mukaan lukien boreaalinen vyöhyke.



**Kuva 5.** Orgaanisten kierrätyslannoitevalmisteiden vaikutukset N<sub>2</sub>O-päästöihin verrattuna mineraalityypilannoitteisiin (Valkama ym., 2024).

Seitsemän tutkitun orgaanisen kierrätyslannoitevalmisteen joukossa kompostin ja biohiilen käyttö ovat lupaavimpia maaperän hoitokäytäntöjä, pohjautuen selvälle N<sub>2</sub>O-päästöjen vähenemiselle mineraalityypilannoitteeseen verrattuna. Sen sijaan muilla tutkituilla orgaanisilla aineksilla oli pieni taipumus lieventää N<sub>2</sub>O-päästöjä, ja päästövähennys saavutettiin vain silloin, kun niitä käytettiin ilman mineraalityypilannoitteita. Tutkimus oli ensimmäinen eurooppalainen meta-analyysi, jossa esitetään yhteenveto maaperän hoitostrategioiden vaikutuksesta, johon sisältyy erilaisten orgaanisten aineiden vaikutus peltomaan N<sub>2</sub>O-päästöihin.

Ympäristövaikutusten ohella ravinteiden käyttökelpoisuus on tärkeässä roolissa kierrätyslannoitteiden käytössä. Kierrätyslannoitteiden typen ja fosforin käyttökelpoisuus oli keskeisenä tutkimusaiheena Horizon 2020-ohjelmasta rahoitetussa Lex4Bio-hankkeessa. Kenttäkokeissa tutkittiin 16 orgaanisen tyypilannoitteen typen käyttökelpoisuuden suhdetta verrattuna mineraalityypilannoitteisiin (Müller ym. 2024). Typen nettomineralisaatiota ja typen määritystä erilaisiin uutoliuoksiin mitattiin 32:sta tyypilannoitukseen soveltuvasta orgaanisesta lannoitteesta tai maanparannusaineesta (Agostini ym. 2024). Typen nopeaa vapautumista lannoitevalmisteesta kuvasi parhaiten 1:60 vesiuutto, kahden viikon aikana tapahtuvaa vapautumista 1:12 rikkihappouutto (0,1 M, 100 °C, 4 h) ja vastaavasti typen vapautumista 84 vuorokauden aikana hiili-tyyppi suhde (Agostini ym. 2024). Lannoitelain mukaiset ainesosa- tai tuoteluokat eivät selittäneet typen vapautumista.

Kenttäkokeissa kierrätyslannoitteiden sisältämä kokonaistyyppi vastasi keskimäärin 70 % mineraalityyppiä. Kasvukausien sääolot ja viljelykasvit vaikuttivat kierrätyslannoitteiden tehokkuuteen (Müller ym. 2024). Muokkaus maahan paransi kierrätyslannoitteiden typen saatavuutta verrattuna pintalannoituksiin. Lannoitusta seuraavana viljelyvuonna ei havaittu tyypestä merkittävää jälkivaikutusta.

Kierrätyslannoitteiden fosforin käyttökelpoisuutta tutkittiin Lex4Bio-hankkeessa sekä astiakokeissa. Astiakokeessa verrattiin kolmenkymmenen kierrätyslannoitteen fosforin tehoa superfosfaattiin. Jos fosforin olomuoto oli ammoniummagnesium-, monoammonium-, monokalsium- tai dikalsiumfosfaatti, niin fosforin käyttökelpoisuus vastasi superfosfaattia. Jos fosforin pääasiallinen olomuoto kierrätyslannoitteessa oli hydroksiapatiitti, trikalsiumfosfaatti, fytiinihappo tai rautafosfaatti, niin fosforin käyttökelpoisuus oli heikompi kuin superfosfaattissa. Fosforin olomuotojen erot fosforin saatavuudessa kasveille olivat pääosin vastaavat kenttäkokeessa kuin astiakokeessakin. Fytaaattia sisältäneet kierrätyslannoitteet vapauttivat kenttäkokeissa fosforia kasvien käyttöön paremmin kuin astiakokeissa, joten kenttäkokeet ovat myös tarpeen fosforin käyttökelpoisuuden arvioinnissa.

Lex4Bio-hanke tutki myös ammoniakkin haihtumista typpipitoisista kierrätyslannoitteista inkubaatiokokeessa ja fosforin huuhtoutumista fosforia sisältävistä kierrätyslannoitteista. Ammoniakin haihtumista lisäsivät kierrätyslannoitteen korkea ammoniumpitoisuus ja pH. Jos kierrätyslannoite muokattiin maahan, ammoniakkin haihtuminen väheni selvästi (Wester-Larsen ym. 2022). Näin samat syyt, jotka vaikuttavat ammoniakkin haihtumiseen karjanlannasta, vaikuttavat myös kierrätyslannoitteissa. Lex4Bio-hankkeessa tehdyssä mallinnustyössä typen hävikit eivät eronneet mineraali- ja kierrätyslannoitteiden välillä, jos lannoituksessa annetun kokonaistypen määrät olivat samat. Koska kierrätyslannoitteiden teho on hieman alempi, tällöin joudutaan hyväksymään hieman matalammat satotasot. Fosforin huuhtoutumiseen vaikuttavat sekä kierrätyslannoitteen että maaperän ominaisuudet. Suomalaisen peltomaan kohdalla kierrätyslannoitteiden fosforin huuhtoutuminen oli pienempi kuin superfosfaatin.

### 2.3.3. Tietotarpeet

Vaikka N<sub>2</sub>O-meta-analyysin tietokannassa olevien riippumattomien kokeiden kokonaismäärä ylitti 50, mitä pidetään suurena joukkona tutkimuksia meta-analyysiä varten, kenttäkokeiden saatavuus jokaiselle orgaaniselle ainetyypille oli suhteellisen pieni. Tämä haittasi yksityiskoh- taista tutkimusta maaperän ja ilmastollisten tekijöiden ja viljelykäytäntöjen roolista suhteessa tiettyyn orgaanisen aineen tyyppiin. Siksi tarvitaan lisää eurooppalaisia tutkimuksia, joissa seurataan N<sub>2</sub>O-päästöjä kentällä. Yleisesti kierrätyslannoitteiden ravinteiden huuhtoutumista ja kaasumaisia päästöjä on tutkittu melko vähän.

### 2.3.4. Viitteet

- Agostini, L., Bünemann, E.K., Jakobsen, C., Salo, T., Wester-Larsen, L. & Symanczik, S. 2024. Prediction of nitrogen mineralization from novel bio-based fertilizers using chemical extractions. *Environmental technology and innovation* 36: 10378. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103781>
- Bolinder, M.A., Crotty, F., Elsen, A., Frac, M., Kismányoky, T., Lipiec, J., Tits, M., Tóth, Z. & Kä- terer, T. 2020. The effect of crop residues, cover crops, manures and nitrogen fertiliza- tion on soil organic carbon changes in agroecosystems: a synthesis of reviews. *Mitiga- tion and Adaptation Strategies for Global Change* 25: 929–952. <https://doi.org/10.1007/s11027-020-09916-3>
- Butterbach-Bahl, K., Baggs, E.M., Dannenmann, M., Kiese, R. & Zechmeister-Boltenstern, S. 2013. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sci- ences* 368: 20130122. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0122>
- Garcia, B., Alves, O., Rijo, B., Lourinho, G. & Nobre C. Biochar: Production, Applications, and 2022. Market Prospects in Portugal. *Environments* 9: 95. <https://doi.org/10.3390/envi- ronments9080095>
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V. & Regina, K. 2013 Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global Change Biology* 19: 1456–1469. doi: 10.1111/gcb.12137
- Hernandez-Mora, A., Duboc, O., Lombi, E., Bünemann, E.K., Ylivainio, K., Symanczik, S., Del- gado, A., Abu Zahra, N., Nikama, J., Zuin, L., Doolette, C.L., Eigner, H. & Santner, J. Ferti- lization efficiency of thirty marketed and experimental recycled phosphorus fertilizers. *Journal of Cleaner Production* 467: 142957. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.- 142957>
- Kroeze, C., Mosier, A. & Bouwman, L. 1999. Closing the global N<sub>2</sub>O budget: A retrospective analysis 1500–1994, *Global Biogeochem. Cycles* 13(1): 1–8. <https://doi.org/10.1029/1998GB900020>
- Lehtinen, T., Schlatter, N., Baumgarten, A., Bechini, L., Krüger, J., Grignani, C., Zavattaro, L., Costamagna, C. & Spiegel, H. 2014. Effect of crop residue incorporation on soil or- ganic carbon and greenhouse gas emissions in European agricultural soils. *Soil Use and Management* 30: 524–538. <https://doi.org/10.1111/sum.12151>

- Lemola, R., Uusitalo, R., Luostarinen, S., Tampio, E., Laakso, J., Lehtonen, E., Skyttä, A. & Turtola, E. 2023. Fosforin kierrätyksen tarve ja potentiaali kasvintuotannossa: Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 10/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 56 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:%20978-952-380-612-2>
- Müller, B., Wester-Larsen, L., Jensen, L.S., Salo, T., Recena Garrido, R., Arkoun, M., D'Oria, A., Lewandowski, I., Müller, T., Bauerle, A. 2024. Agronomic performance of novel, nitrogen-rich biobased fertilizers across European field trial sites. *Field Crops Research* 316: 109486. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109486>.
- Sandén, T., Spiegel, H., Stüger, H.P., Schlatter, N., Haslmayr, H.P., Zavattaro, L., Grignani, C., Bechini, L., D' Hose, T., Molendijk, L. & Pecio, A. 2018. European long-term field experiments: knowledge gained about alternative management practices. *Soil Use Management* 34: 167–176. <https://doi.org/10.1111/sum.12421>
- Thangarajan, R., Bolan, N.S., Tian, G., Naidu, R. & Kunhikrishnan, A. 2013. Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Science of the Total Environment* 465: 72–96. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.031>
- Vainio, E. (toim.) 2022. Maatalouden typpihaaste – vaihtoehtoja ja ratkaisuja : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 68 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-458-6>
- Valkama, E., Uusitalo, R., Ylivaino, K., Virkajärvi, P. & Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 130: 75–85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.12.004>
- Valkama, E., Salo, T., Esala, M. & Turtola, E. 2013. Nitrogen balances and yields of spring cereals as affected by nitrogen fertilization in northern conditions: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 164: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.09.010>
- Valkama, E., Tzemi, D., Esparza-Robles, U.R., Syp, A., O'Toole, A. & Maenhout, P. 2024 Effectiveness of soil management strategies for mitigation of N<sub>2</sub>O emissions in European arable land: A meta-analysis. *European Journal of Soil Science* 75(3): e13488. <https://doi.org/10.1111/ejss.13488>
- Wester-Larsen, L., Müller-Stöver, D.S., Salo, T. & Jensen, L.S. 2022. Potential ammonia volatilization from 39 different novel biobased fertilizers on the European market – A laboratory study using 5 European soils. *Journal of Environmental Management* 323: 116249. [10.1016/j.jenvman.2022.116249](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116249)

## 2.4. Maanmuokkausmenetelmät

*Kristiina Lång, Maarit Liimatainen, Timo Lötjönen ja Jaana Uusi-Kämpä*

*Maanmuokkausta vähentämällä voidaan hillitä maaperän eroosiota merkittävästi. Kynnön keventämisen haasteita ovat kuitenkin satotasojen ylläpitäminen ja lisääntyvä liukoisen fosforin kuormitusriski. Mahdollisuus maaperän hiilivaraston kasvattamiseen vaikuttaa olevan rajallinen. Suorakylvön, kevytmuokkauksen ja suojavyöhykkeiden vaikutuksista karkeilla ja eloperäisillä mailla kaivattaisiin lisätietoa.*

### 2.4.1. Johdanto

Viljelymaiden perusmuokkaus on Suomessa ja Pohjoismaissa tehty perinteisesti kyntöauralla. Se soveltuukin hyvin nurmivaltaisiin viljelykiertoihin, kevyille maalajeille ja kosteisiin ilmasto-oloihin. Noin 25 senttimetrin syvyyteen ulottuvalla kynnöllä pyritään luomaan hyvät kasvuolosuhteet ja muokkaamaan maan rakennetta suotuisaan suuntaan. Perusmuokkausta täydennetään 1–2 kylvömuokkauksella ennen kylvöä. Tämä tehdään useimmiten S-piikkiäkeellä, ja sen tehtävänä on valmistaa pintamaan rakenne noin 5 senttimetrin syvyyteen asti siementen orastumiselle suotuisaksi.

Kevytmuokkaus on hiljalleen yleistynyt mm. maan tiivistymisen, kosteusolojen ja viljelykäytöjen muutosten vuoksi. Menetelmässä kasvinjätteet sekoitetaan pintamaahan kultivaattorilla, lautasmuokkaimella tai lapiorullaäkeellä. Muokkauksyvyys on usein selvästi kyntöä matalampi, esimerkiksi 5–15 senttimetriä, eikä maata käännetä niin perusteellisesti kuin kynnössä. Muokkausta täydennetään kylvömuokkauksella samaan tapaan kuin kynnettäessäkin. Aurattoman viljelyn ääriesimerkki on suorakylvö, jossa maata häiritään kylvökoneen vantailla vain sen verran, että siemenet saadaan kylvettyä 2–4 senttimetrin syvyyteen. Suorakylvö on Suomessa suhteellisen suosittu menetelmä. Viimeisimmän arvion mukaan noin 10 % viljelyalasta on ollut suorakylvettyä.

Maanmuokkausmenetelmillä on erilaisia vaikutuksia satotasoihin, hiilen kertymiseen ja ympäristökuormiin, ja vaikutukset voivat vaihdella maalajeittain ja alueittain. Tuottavuuden, maan kasvukunnon ja ympäristövaikutusten hallinnan näkökulmien yhteensovittamiseksi on oleellista ymmärtää maanmuokkausmenetelmien vaikutukset eri tekijöihin ja eri olosuhteissa.

### 2.4.2. Maanmuokkausmenetelmien vaikutuksista

Suomessa on tutkittu maanmuokkausmenetelmiä enimmäkseen pitkäaikaisissa kenttäkokeissa 1980-luvulta asti. Kokeet ovat tyypillisesti ruutukokeita, joissa verrokkina on toiminut kyntö, ja vähennetyn muokkauksen käsittelyinä erilaisin suorakylvö- tai kevytmuokkauslaittein toteutettu kasvuston perustaminen. Kokeilta on mitattu satotasoja, maaperän ominaisuuksia, maaperäeliöiden yleisyyttä ja aktiivisuutta sekä päästöjä ympäristöön.

### 2.4.3. Maanmuokkausmenetelmien vaikutuksia kivennäis- ja turvemaiden kenttäkokeissa

Kotkanojan savimaan pitkäaikaiskokeella Jokioisilla havaittiin syysmuokkauksesta luopumisen vähentävän eroosiokuormaa kaudella 1991–2001, mutta syksyllä tehdyn kynnön ja kevytmuokkauksen välillä eroa ei ollut (Turtola ym. 2007). Kaudella 2008–2018 mitattiin suorakylvössä 56 % alhaisempi eroosiokuorma kuin tavanomaisessa kynnössä (Honkanen ym. 2021).

Sadot jäivät suorakylvössä 17 % alhaisemmiksi, minkä on havaittu toisella Jokioisilla sijaitsevalla pitkäaikaiskokeella kasvattavan ravinnetaseita (Kauppi ym. 2024). Hiukkasmaista fosforia on kulkeutunut valumavesissä vähemmän ja liukoista fosforia enemmän vesistöön suorakylvössä kuin kynnössä (Uusitalo ym. 2018, Uusi-Kämpä & Jauhiainen 2010), ja kertakyntö suorakylvövuosien välissä vähensi fosforin pintamaahan kertymisestä johtuvia päästöjä (Uusitalo ym. 2024). Nitraatin pitoisuudet valumavedessä olivat pienemmät suorakylvössä, mutta maanmuokkauskäsittelyjen välillä ei ollut eroa liuenneen hiilen tai typen pitoisuuksissa (Manninen ym. 2018). Kyntö kuitenkin lisäsi liuenneen hiilen biosaatavuutta. Suorakylvö ei kerryttänyt hiiltä maaprofiiliin, sillä kasvintähteiden jäädessä pintaan 10–30 cm maakerroksen hiilipitoisuus aleni merkittävästi (Honkanen ym. 2021). Hiilitaseen tarkempi tarkastelu 2019–2020 osoitti, että suorakylvö lisää maaperän hengitystä, mikä osaltaan selittää vähäistä hiilensidontapotentialia (Honkanen ym. 2024).

Maan hiilipitoisuus ei useimmiten ole noussut suorakylvössä tai kevytmuokkauksessa, mutta yhdellä savimaan kokeella kevytmuokkaus nosti hiilipitoisuutta verrattuna kyntöön (Taulukko 2). Samoin kuin Kotkanojalla, näillä pelloilla suorakylvö lisäsi orgaanisen aineksen hajotusnopeutta. Muokkauksen vähentyessä maa tiivistyy, mikä on omiaan lisäämään dityppioksidin päästöjä maaperästä (Regina & Alakukku 2010, Sheehy ym. 2013). Turvepelloille perustetulla kokeella hiilitase oli jonkin verran parempi ja N<sub>2</sub>O-päästöt alhaisemmat suorakylvössä kuin kynnössä, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä kaikkina kolmena koevuotena (Honkanen ym. 2023).

Maan muokkauksessa kuluu paljon polttoainetta. Kotimaisten tutkimusten mukaan multa-maan kyntöön, kahteen äestyskertaan ja kylvöön voi kulua polttoöljyä 32 l/ha ja suorakylvöön 7 l/ha. Savimaalla polttoöljyä kuluu muokkauksiin keskimäärin 43 l/ha (Kaustell ym. 2024). Dieselöljyn päästökerrointa ja turvepellon IPCC:n määrittämää päästökerrointa käyttäen voimme laskea, että polttoainesäästön merkitys on alle 0,5 prosentin luokkaa turvemaan kokonaispäästöistä, kun siirrytään kyntöviljelystä suorakylvöön. Vaikka säästö voi olla isolla tilalla euroissa mitattuna merkittävä, niin suorakylvön polttoainesäästö on ilmastopäästöiksi muutettuna turvemaaympäristössä vähäinen. Raskailla savimailla maanmuokkauksen osuus ilmastopäästöistä on suurempi.

**Taulukko 2.** Havaitut erot eri muuttujissa verrattuna tavanomaisen kyntöön tai laitumeen eri kenttäkokeissa. Kun vertailu on tehty kenttäkokeissa, vertailuparin parempi vaihtoehto on nimetty. 0=ei muutosta, vertailuparit yhtä hyvät.

Peltö, maalaji	Maan hiili	Erosio	Typpivalunta	Fosforivalunta		N <sub>2</sub> O-päästö
				Hiukkasmai- nen fosfori	Liukoinen fosfori	
Ojainen_1, savi <sup>a,b</sup>						
SK vs KY	0					kyntö
KM vs KY	0					0
Ojainen_2, savi <sup>a,b</sup>						
SK vs KY	0					kyntö
KM vs KY	0					0
Vihti, savi <sup>a,b</sup>						
SK vs KY	0					kyntö
Säkylä, hieta <sup>a,b</sup>						
SK vs KY	0					0
Olkikoe, savi <sup>c</sup>						
KM vs KY	kevytmuokkaus					
Kotkanoja, savi <sup>d,e,f,g,h</sup>						
SK vs KY	kyntö	suorakylvö	suorakylvö	suorakylvö	kyntö	
KM vs KY		0				
Kuuma, turve <sup>i</sup>						
SK vs KY	0 / suorakylvö					0 / suorakylvö
Lintupaju, savi <sup>j,k</sup>						
SK vs KY		suorakylvö	suorakylvö	suorakylvö	kyntö	
SK vs laidun		laidun	0	laidun	suorakylvö	
Laidun vs KY		laidun	laidun	laidun	kyntö	

SK=suorakylvö; KM=kevytmuokkaus; KY=kyntö. <sup>a</sup>Sheehy ym. 2015; <sup>b</sup>Sheehy ym. 2013; <sup>c</sup>Singh ym. 2015; <sup>d</sup>Honkanen ym. 2024; <sup>e</sup>Turtola ym. 2007; <sup>f</sup>Honkanen ym. 2021; <sup>g</sup>Manninen ym. 2018; <sup>h</sup>Uusitalo ym. 2018; <sup>i</sup>Honkanen ym. 2023; <sup>j</sup>Uusi-Kämpä & Jauhiainen 2010; <sup>k</sup>Uusi-Kämpä 2010.

Muokkauksen vähentämisen on siis todettu olevan tehokas keino vähentää eroosiota ja hiukkasmaisen fosforin määrää valumavesissä. Ongelmiksi on todettu liukoisen fosforin kertyminen maan pintakerrokseen sekä suurempi kasvinsuojeluaineiden tarve. Myös satotasojen ylläpitäminen saattaa olla haasteellista muokkausta vähennettäessä.

#### 2.4.4. Suojavyöhykkeet, maanmuokkaus ja ravinnekuitu

EJP SOIL SCALE -hankkeessa tarkasteltiin suojavyöhykkeiden toimintaa eri menetelmillä muokatuilla peltolohkoilla ja käytettäessä ravinnekuitua. Suojavyöhykkeellä tarkoitetaan pellon reunaan perustettua 10–50 metriä leveää viljelemätöntä, monivuotisen nurmen peittämää aluetta. Sen tarkoituksena on poistaa pintavalunnasta maa-ainesta ja ravinteita. Myös maaperän eroosio on vähäisempää rinteeseen perustetulla suojavyöhykkeellä verrattuna vastaavaan viljeltyyn maa-alueeseen. Jokioisissa Lintupajun koekentällä on tutkittu vuodesta 1991 lähtien 10 metriä leveän niitetyn nurmivyöhykkeen ja lehtipuita kasvavan luonnonkasvivyöhykkeen kykyä vähentää maa-ainesta sekä hiukkasmaista ja liukoista fosforia pintavalunnasta (Uusi-Kämpä & Jauhiainen 2010, Kuva 6). Koekentän eri ruuduilla on eri jaksoina toteutettu kyntöä, laidunnusta, suorakylvöä ja ravinnekuidun käyttöä (Taulukko 2). Kontrolliruutujen avulla verrattiin eri menetelmien vaikutuksia vesistökuormitukseen ja suojavyöhykkeiden tehoon.



**Kuva 6.** Lintupajun suojakaistakenttä. Sänkimaan alareunassa niitetty nurmivyöhyke, ei suoja-  
vyöhykettä (kontrolli) ja puita kasvava luonnonkasvivyöhyke. Kuva: Jaakko Heikkinen, Luke.

Ruuduilla, joilla ei ollut suojavyöhykettä, suurin eroosio mitattiin kynnessä (1 tn/ha/v) ja pie-  
nin laiturilla (0,28 tn/ha/v). Suorakylvössä eroosio oli 0,53 tn/ha/v. Suorakylvömaalle tehdyn  
ravinnekuitulevityksen jälkeen eroosio (0,60 tn/ha/v) kasvoi hieman, koska samalla maan pin-  
takerros (10–12 cm) muokattiin.

Suojavyöhykkeillä saatiin paras maa-aineksen pidätysteho (53–58 %) silloin, kun maa oli ta-  
vanomaisesti muokattu (kyntö syksyllä ja kylvömuokkaus keväällä), ja eroosion määrä koko-  
naisuudessaan oli silti suurinta tavanomaisessa muokkauksessa (Taulukko 3). Suorakylvössä  
nurmivyöhyke poisti maa-ainesta 24 % ja luonnonkasvivyöhyke 31 %. Hiukkasmaisen fosforin  
kuorma väheni 44–45 % kynnessä ja 21–28 % suorakylvössä. Kuitukäsittelyn jälkeen suoja-  
vyöhykkeet poistivat kolmanneksen maa-aineksesta ja hiukkasmaisesta fosforista.

Ensimmäisinä koevuosina niittämällä hoidettu nurmivyöhyke pidätti maa-ainesta ja hiukkas-  
maista fosforia yhtä hyvin kuin puita kasvava luonnonkasvivyöhyke, josta kasvustoa ei kor-  
jattu. Aikaa myöten luonnonkasvivyöhykkeellä maanpintaa peittävä kasvipeite alkoi kärsiä  
puiden varjostuksesta ja maa jäi mullokselle. Toisaalta 20–30 vuotta vanhat lehtipuut haihdut-  
tivat vettä ja sitoivat ravinteita.

Kynnessä liukoisen fosforin määrä kasvoi luonnonkasvivyöhykkeellä 60 %, kun sulamisvedet  
huuhtelivat fosforia pakkasen rikkomista kasvisoluista. Nurmivyöhykkeillä maanpäällisen nur-  
mibiomassan vähentäminen (niittäminen ja niittojätteen poistaminen) hillitsi liukoisen fosforin  
kuormitusta 7 %. Suorakylvössä suojavyöhykkeet vähensivät liukoisen fosforin kuormaa 6–8 %,  
mutta ravinnekuitukäsittelyn jälkeen ne lisäsivät sitä 7–9 %.

**Taulukko 3.** Keskimääräinen eroosio (tn/ha/v) sekä hiukkasmainen ja liukoinen fosforikuorma (kg/ha/v). Suojavyöhykkeen puhdistusteho suluissa (%).

	Koejäsen	Eroosio tn/ha/v	Hiukkas- mainen P	Liukoinen P
			kg/ha/v	
Tavanomainen muokkaus (1991–2001)	Ei suojavyöhykettä	1,06	0,87	0,15
	Nurmivyöhyke	0,50 (-53)	0,49 (-44)	0,14 (-7)
	Luonnonkasvivyöhyke	0,45 <b>(-58)</b>	0,48 <b>(-45)</b>	0,24 (+60)
Laidun (2003–2005)	Ei suojavyöhykettä	0,28	0,30	0,44
	Nurmivyöhyke	0,25 (-11)	0,27 (-10)	0,36 (-18)
	Luonnonkasvivyöhyke	0,24 (-14)	0,32 (+7)	0,28 <b>(-36)</b>
Suorakylvö (2006–syyskuu 2021)	Ei suojavyöhykettä	0,53	0,62	0,30
	Nurmivyöhyke	0,40 (-24)	0,49 (-21)	0,28 (-6)
	Luonnonkasvivyöhyke	0,36 (-31)	0,44 (-28)	0,27 (-8)
Suorakylvö, ravinnekuitu, muokkaus (lokakuu 2021– elokuu 2024)	Ei suojavyöhykettä	0,60	0,64	0,30
	Nurmivyöhyke	0,38 (-36)	0,46 (-28)	0,33 (+9)
	Luonnonkasvivyöhyke	0,38 (-36)	0,42 (-34)	0,32 (+7)

#### 2.4.5. Maanmuokausmenetelmien demonstrointi turvepelloilla

VÄPÄ-hankkeessa demonstroitiin viljelijöiden turvemaapelloilla erilaisten muokausmenetelmien toimivuutta uudistaessa nurmea, pidentäessä nurmen ikää täydennyskylvöllä ja viljeltäessä nurmea korotetulla pohjavedenpinnalla (Liimatainen ym. 2023). Toimenpiteiden oletetaan vähentävän turvemaiden ilmasto- ja vesistö päästöjä. Näitä osoittavia mittauksia ei tehty, vaan havainnointiin viljelyn onnistumista kasvustoista ja satomittauksin.

Hankkeen demonstraatioihin osallistui 11 maitotilaa Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan alueelta, joilla on keskimääräistä suurempi pelto- ja eläinmäärä. Syntynyt tilaverkosto keskustelee edelleen aktiivisesti keskenään ja hanketoimijoiden kanssa, mitä on pidettävä arvokkaana saavutuksena.

Suojaviljan viljely ja nurmen perustaminen turvemaalla onnistui varmimmin syys- tai kevät-kynnön avulla, mutta onnistumisia tuli myös lautasmuokkainta tai lapiorullaäestä käytettäessä. Suorakylvölläkin tuli onnistumisia, mutta useammin epäonnistumisia. Koska vesi liikkuu turvemaassa hitaasti, kuivatuksen tulisi olla erityisen tehokasta suorakylvöä ja kevytmuokkausta ajatellen. Kyntö kuohkeuttaa maata tehokkaasti, voi auttaa pintamaan kuivumisessa ja hävittää tiivistymiä sekä pinnan epätasaisuuksia. Toinen kompastuskivi suorakylvössä oli puutteet juolavehnan torjunnassa.

Luken Ruukin koekentän turvemaalla tehdyissä ruutukokeissa viljojen sadot ovat olleet suorakylvössä keskimäärin 5 % ja kevytmuokkauksessa 15 % alhaisemmat verrattuina kyntöön. Tielanteissa, joissa juolavehna on vaivannut kynnetyt ruutuja selvästi, ja suorakylvössä kemiallinen torjunta on onnistunut hyvin, on suorakylvö saattanut menestyä selvästi kyntöä paremmin.

#### 2.4.6. Tietotarpeet

Suorakylvön ja kevytmuokkauksen vesistövaikutuksista karkeilla ja eloperäisillä maalajeilla kaivattaisiin lisätietoa. Tulisi ohjeistaa, millaisilla peltolohkoilla eroosion ja partikkelifosforikuormituksen torjunta on tarpeen ja milloin olisi tärkeämpää keskittyä liukoisen fosforin torjuntaan. Suojavyöhykkeiden tehokkuudesta turvemaille ja karkeammilla mailla sekä niiden vaikutuksista salaojavesiin tarvitaan lisätietoa. Myös integroitujen suojavyöhykkeiden suunnittelu ja toiminnan testaaminen pohjoisissa olosuhteissa tulisi aloittaa.

#### 2.4.7. Viitteet

- Honkanen, H., Kekkonen, H., Heikkinen, J., Kaseva, J. & Lång, K. 2023. Minor effects of no-till treatment on GHG emissions of boreal cultivated peat soil. *Biogeochemistry*.  
<https://doi.org/10.1007/s10533-023-01097-w>
- Honkanen, H., Nuutinen, V., Heikkinen, J., Lemola, R., Turtola, E., Kaseva, J. & Lång, K. 2024. Maintaining favourable carbon balance in boreal clay soil is challenging even under no-till and crop diversification. *Geoderma Regional* 37: e00818.  
<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00818>
- Honkanen, H., Turtola, E., Lemola, R., Heikkinen, J., Nuutinen, V., Uusitalo, R., Kaseva, J. & Regina, K. 2021. Response of boreal clay soil properties and erosion to ten years of no-till management. *Soil and Tillage Research* 212: 105043.  
<https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105043>
- Kauppi, K., Kaseva, J., Jalli, M., Palojärvi, A., Alakukku, L., 2024. Long-term nitrogen and phosphorus balances for spring barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivation as affected by primary tillage of a Nordic clay soil. *European Journal of Agronomy* 155: 127131.  
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127131>
- Kaustell, K., Aro, K., Jaakkonen, A.-K., Kapuinen, P., Latukka, A., Lötjönen, T., Markkanen, J. & Vehviläinen, H. 2024. Synteesiraportti: Suomen maataloustuotannon energiankulutus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 62 s.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-946-8>
- Liimatainen, M., Joki-Tokola, E., Lötjönen, T., Niiranen, M., Nieminen, J., Semberg, S., Mattila, K., Manni, K., Jokela, R., Pätsi, H., Sohlo, M., Korva, J., Hakala, T., Läpikivi, M. & Marttila, H. 2023. Vähempipäästöiset nurmikierrat turvepelloilla (VÄPÄ) : MMM:n hiilestä kiinni -maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuusloppuraportti. Luonnonvarakeskus, 41 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202501021059>
- Manninen, N., Soinne, H., Lemola, R., Hoikkala, L. & Turtola, E. 2018. Effects of agricultural land use on dissolved organic carbon and nitrogen in surface runoff and subsurface drainage. *Science of the Total Environment* 618: 1519–1528.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.319>
- Regina, K. & Alakukku, L. 2010. Greenhouse gas fluxes in varying soils types under conventional and no-tillage practices. *Soil and Tillage Research* 109 144–152.  
<https://doi.org/10.1016/j.still.2010.05.009>

- Sheehy, J., Nuutinen, V., Six, J., Palojarvi, A., Knuutila, O., Kaseva, J. & Regina, K. 2019. Earthworm *Lumbricus terrestris* mediated redistribution of C and N into large macroaggregate-occluded soil fractions in fine-textured no-till soils. *Applied Soil Ecology* 140: 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.004>
- Sheehy, J., Regina, K., Alakukku, L. & Six, J. 2015. Impact of no-till and reduced tillage on aggregation and aggregate-associated carbon in Northern European agroecosystems. *Soil and Tillage Research* 150: 107–113. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.01.015>
- Sheehy, J., Six, J., Alakukku, L. & Regina, K. 2013. Fluxes of nitrous oxide in tilled and no-tilled boreal arable soils. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 164: 190–199. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.10.007>
- Singh, P., Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., Palojarvi, A., Sheehy, J., Esala, M., Mitra, S., Alakukku, L. & Regina, K. 2015. Tillage and crop residue management methods had minor effects on the stock and stabilization of topsoil carbon in a 30-year field experiment. *Science of the Total Environment* 518: 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.027>
- Turtola, E., Alakukku, L. & Uusitalo, R. 2007. Surface runoff, subsurface drainflow and soil erosion as affected by tillage in a clayey Finnish soil. *Agricultural and Food Science* 16: 332–351. <https://doi.org/10.2137/145960607784125429>
- Uusitalo, R., Lemola, R., Šuštar, M., Kurkilahti, M., Kaseva, J. & Turtola, E. 2024. Strategic tillage of no-till decreased surface and subsurface losses of dissolved phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 53: 657–668. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20612>
- Uusitalo, R., Lemola, R. & Turtola, E. 2018. Surface and Subsurface Phosphorus Discharge from a Clay Soil in a Nine-Year Study Comparing No-Till and Plowing. *Journal of Environmental Quality* 47: 1478–1486. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.06.0242>
- Uusi-Kämppe, J. 2010. Effect of outdoor production, slurry management and buffer zones on phosphorus and nitrogen runoff losses from Finnish cattle farms. Doctoral Dissertation. *MTT Science* 7. <http://www.mtt.fi/mtttiede/pdf/mtttiede7.pdf>
- Uusi-Kämppe, J. & Jauhiainen, L. 2010. Long-term monitoring of buffer zone efficiency under different cultivation techniques in boreal conditions. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137: s75–85. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.01.002>

## 2.5. Viljelykasvalinnat

*Hannu Känkänen, Marjo Keskitalo ja Maarit Liimatainen*

*Viljelykasvien valinnat vaikuttavat satotasoon, maaperään ja ympäristökuormitukseen, ja vaikutukset ovat sijainnista riippuvaisia. Viimeaikaiset hankkeet ovat luoneet tietopohjaa mm. maanpeitekasvien, vaihtoehtoisten kasvilajien ja pohjoisten turvepeltojen nurmiviljelyn tueksi. Näillä viljelyvalinnoilla on selkeää potentiaalia ympäristövaikutusten hallinnassa. Ilmastonmuutoksen ja alueellisen vaihtelun vuoksi lisätarvetta olisi ennakoivalle ja ajantasaiselle tiedolle liittyen kasvien viljelyyn eri olosuhteissa.*

### 2.5.1. Johdanto

Viljelykasvien kasvutavat, biomassan määrä, maanpäällisen kasvuston ja juuriston rakenne, sekä kasvustosta ja juurista erittyvien aineiden vaikutus maan pieneliöstöön vaihtelevat suuresti. Maanpäällinen kasvimassa voi kasvusta riippuen peittää maata vahvasti ja kattavasti suurimman osan vuotta, jopa useita vuosia, tai vain osittain ja suhteellisen lyhyen osan kasvukaudesta. Kasvi voi työntää vahvan paalujuuren syvälle tai levittää hajajuuria tiheästi maan pintakerrokseen, ja kaikkea tältä väliltä. Näillä eri ominaisuuksilla on huomattava merkitys sille, miten kasvilaji vaikuttaa peltomaan ominaisuuksiin ja siihen millaisia agronomisia hyötyjä ja ympäristövaikutuksia viljelyllä on. Viljelykasvalintaan vaikuttaa muiden tekijöiden ohella maalaji sekä alueellinen sijainti. Kasvilajien valinnan suhteen on siksi oleellista ymmärtää kuinka lajit soveltuvat erilaisiin olosuhteisiin ja minkälaisia vaikutuksia niillä on peltomaassa.

### 2.5.2. Viljelykasvalintojen vaikutuksista

Luken viimeaikaisissa hankkeissa on tarkasteltu kasvilajien maaperävaikutuksia ja soveltuvuutta eri olosuhteissa, koottu tietoa päätöksenteon tueksi ja etsitty keinoja kestäväan viljelyyn turvepelloilla.

22 kasvilajin ominaisuudet, kasvutapa ja soveltuminen viljelykiertoon maanpeitekasvien eri käyttömuodoissa koottiin yhteen Iktivihreä-hankkeessa. Tuloksena syntyi tietopaketti (Peltonen ym. 2023), jossa jokaisesta kasvista on sivun verran helppolukukuista tietoa, sisältäen mm. suositeltavan kylvösiemenmäärän ja siemenkustannuksen. Maanpeitekasveilla on positiivinen vaikutus mm. maan kasvukuntoon ja ravinnehuuhtoumien vähenemiseen. Tietopaketin avulla vähennetään epävarmuuksia peitekasvien käyttöönotossa kasvilajien valinnan ja viljelykäytäntöjen suhteen.

Maanpäällisen kasvuston ja juurien biomassoja sekä korjuun jälkeen peltomaahan jäävän biomassan hiili- ja typpisyötettä on selvitetty Luken vaihtoehtoisten kasvilajien tutkimuksissa (mm. FutureCrops2, CN-Kasvisyöte, Diveraction ja Viking –hankkeet). Elintarvikkeeksi viljeltävistä mm. härkäpapu, kumina, kvinoa ja öljyhamppu sekä uusista satokasveista mm. amarantti ja hirssi jättävät suotuisissa oloissa runsaasti korjuun jälkeistä biomassaa maahan. Sopivan maalajin ja typpilannoituksen ansiosta erityisen rehevän kvinoan varsisadossa on ollut hiiltä 3 000 kg/ha, öljyhampulla jopa yli 8 000 kg/ha. Ylimmän 30 cm maakerroksen juurimassat ovat olleet suurimmat kuminalla ja öljyhampulla, jopa 3 000 kg/ha, jolloin hiiltä on jäänyt juurien mukana sadon korjuussa maahan noin 1 300 kg/ha. Poikkeuksellisen rehevien ja rotevien öljyhampukasvustojen maanpäällisen kasvuston ja juurien (juuret 30 cm syvyydeltä) yhteenlaskettu hiilisyöte voi olla 10 000 kg/ha, tavanomaisesti vain kolmannes tästä. Kuminan korjuusta hiiltä voi jäädä 2 500 kg/ha, härkäpavusta tuhat kiloa vähemmän. Hirssi oli usean muun

yksivuotisen kasvilajin (tattari, camelina, öljyhamppu, härkäpapu ja makealupiini) joukossa ainoa, joka jätti peltoon kauraa enemmän hiiltä. Ero kauraan oli 250 kg/ha. Soijan ja kikherneen juuristot ovat härkäpapua ja hernettä puumaisempia ja ne todennäköisesti myös hajoavat ja vapauttavat typen hitaammin (Keskitalo 2024). Kansainvälisesti kiinnostava monivuotinen vilja (Kernza) on noussut Luken tutkimuksiin erityisesti potentiaalisen suuren peltoon jäävän biomassan takia (Korge 2024, Keskitalo ym. 2023). Juurta on alustavien tutkimusten mukaan kolminkertaisesti syysvehnään verrattuna 0–30 cm syvyydessä.

Vaihtoehtoisten kasvien viljely voisi parantaa peltoon jäävää hiilisyötettä, niiden suuren biomassapotentialin ansiosta. Hiiltä ei kuitenkaan jää peltoon, jos kasvu on vähäistä. Rehevän kasvun takaamiseksi tarvitaan resursseja maalajien, viljelytekniikoiden sekä alueellisen soveltuvuuden selvittämiseen. Näin vaihtoehtoiset kasvit saadaan monipuolistamaan erityisesti Etelä-Suomen viljelijärjestelmää. Ryhmän kasvilajeissa on huomattavaa potentiaalia tuottaa maanpäällistä ja juuribiomassaa ja siten sitoa hiiltä. Onnistuessaan ne tuottavat hyviä ekosysteemipalveluja ja ruokaa ihmisille samanaikaisesti. Ravintosisällön (mm. rasvahapot, valkuaisen laatu, kuitupitoisuus, antioksidantit) suhteen erikoiskasveissa on lajeja, jotka voivat olla viljoja terveellisempiä tai täydentää ruokavaliota. Koska näiden lajien satoindeksi on monia viljoja pienempi, suurempi osuus biomassasta jää korjuutähteeksi peltoon puinnin jälkeen. Samasta syystä vaihtoehtokasvien hehtaarisadot ovat vastaavasti pienemmät.

Nurmiviljelyn kasvivalintoja, erityisesti Pohjois-Suomen oloissa, on selvitetty VÄPÄ-hankkeessa (Liimatainen ym. 2023). Turvepeltojen kestävään viljelyyn etsittiin keinoja, jotka mahdollisimman moni viljelijä pystyy toteuttamaan, tavoitteena laaja vaikuttavuus. Kasvilajivalinnalla on suoria ja välillisiä vaikutuksia turvepeltojen ilmastopäästöihin. Turvepelloilla tulisi suosia monivuotisten nurmien viljelyä, koska niiden kasvihuonekaasupäästöt ovat pienemmät kuin yksivuotisten kasvien, kuten viljan. Toisinaan hyvän sadon saavuttaminen Pohjois-Suomen haastavissa sääoloissa kuitenkin edellyttää nurmen uusimista suositeltua tiheämmin. Kasvilajit vaikuttavat eri tavoin myös erilaisten juuristojensa vuoksi. Hanke kyseenalaisti syväjuuristen kasvien viljelyn turvemaidella, koska ne voivat kuljettaa happea syvemmälle ja kiihdyttää juurieritteillään turpeen hajoamista. Toisaalta syväjuuriset nurmikasvit voivat parantaa pelton kantavuutta, mahdollistaen viljelytoimenpiteitä märemmässä turvemaassa. Kasvien selviytyminen Pohjois-Suomen oloissa poikkeaa muusta Suomesta, ja siksi nurmiseosten lajit on mietittävä tarkkaan. Monilajiset nurmet ovat joka tapauksessa kestävä viljelyä, sillä ainakin osa seoksen lajeista selviää haastavissa oloissa, jolloin monimuotoisuus ja jatkuva kasvipeitteisyys toteutuvat paremmin. Toisaalta Pohjois-Suomen peltopinta-alasta noin 70 % on kivennäismaita, joilla viljelykasvivalikoima on laajempi kuin turvemaidella. Monilla tiloilla onkin erillinen viljelykierto kivennäis- ja turvemaidelle.

### 2.5.3. Tietotarpeet

Ilmastonmuutos muuttaa eri viljelykasvien pärjäämisen voimasuhteita. Talvet ovat jo muuttuneet haastavammiksi ja sään ääri-ilmiöiden on ennustettu lisääntyvän. Esimerkiksi kuivuusjaksojen lisääntyminen asettaa haasteita kasvien selviämiseksi. Myös kasvitautien ja tuholaisten määrä voi lisääntyä. On tutkittava ennakoivasti, miten viljelykasvivalinnoilla ja jalostuksella voidaan sopeutua muuttuviin oloihin, ja miten viljellään kestävästi, huomioiden luonnon monimuotoisuus menettämättä hyviä satotasojia.

Vaihtoehtoisia kasveja ja erikoiskasveja tulisi tutkia edelleen ja selvittää niille parhaiten soveltuvat maalajit ja viljelykäytännöt. Näiden vaihtoehtoisten kasvien osalta on myös liian vähän tietoa satoisuudesta, kysynnästä markkinoilla ja viljelyn kannattavuudesta.

Tulisi selvittää, mitä yksittäisten kasvilajien ja kasvilajiryhmien juurista tai niiden vaikutuksista mikrobeihin jo tiedetään ja miten paljon on tietoaaukkoja. Esimerkiksi kuinka paljon voidaan vaikuttaa jalostuksella juuriston hyödyllisiin ominaisuuksiin ja kasvin kasvua edistävän kasvimikrobi-vuorovaikutuksen tehostamiseen?

Turvemailla kasvilajivalintoja on mietittävä eri tavalla kuin kivennäismailla. Esimerkiksi syväjuuristen kasvien vaikutukset turvemailla eivät ole täysin selvät turpeen hajoamisen ja maan kantavuuden suhteen.

#### **2.5.4. Viitteet**

Keskitalo, M., Yli-Hemminki, P. & Peltonen, S. 2023. Uudet ruokaproteiinikasvit viljelykierrossa. Luke Tietokortti 2023: 12 s. URN:NBN:fi-fe20231108143569

Keskitalo, M. 2024. Uusien valkuaiskasvien typpisato, hiilisyöte ja esikasvivaikutus kauralle yksin ja härkäpavun seoksessa viljeltynä. Maataloustieteen päivät, Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 41, esitelmätiivistelmä s 24. [https://www.smts.fi/sites/-smts.fi/files/Abstraktikirja%202024\\_final.pdf](https://www.smts.fi/sites/-smts.fi/files/Abstraktikirja%202024_final.pdf)

Korge, M. 2024. VIKING: validating the introduction of kernza in the Nordic-Baltic region, 18<sup>th</sup> Congress of the European society for Agronomy, Poster no 227: <https://events.institut-agro.fr/event/1/contributions/369/>

Liimatainen, M., Joki-Tokola, E., Lötjönen, T., Niiranen, M., Nieminen, J., Semberg, S., Mattila, Kati., Manni, K., Jokela, R., Pätsi, H., Sohlo, M., Korva, J., Hakala, T., Läpikivi, M. & Marttila, H, 2023. Vähempipäästöiset nurmikierrot turvepelloilla (VÄPÄ) : MMM:n hiilestä kiinni -maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuusloppuraportti. Luonnonvarakeskus, 41 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202501021059>

Peltonen, S., Känkänen, H. & Peltonen-Sainio, P. 2023. Maanpeitekasvien valinta. Luke Tietokortti 2023: 25 s. URN:NBN:fi-fe20231023140854

## 2.6. Viljelykasvijärjestelmät

*Hannu Känkänen, Marjo Keskitalo, Maarit Liimatainen, Elena Valkama, Ansa Palojärvi ja Sari Iivonen*

*Sato- ja ympäristötekijöiden huomioiminen peltoviljelyn suunnittelussa ja toteutuksessa edellyttää hyvää systeemitason tietotasoa viljelyjärjestelmistä. Kasvipeitteet, seosviljely ja viljelyn monipuolistaminen tarjoavat mahdollisuuksia maan kasvukunnon ylläpitoon, viljelyvaihtoehtojen lisäämiseen ja kestävämpien kasviyhdistelmien löytämiseen. Sekaviljelyllä on potentiaalia luomuviljelyn taloudellisuuden ja viljelyvarmuuden parantamisessa. Eri kasvilajien, viljelykierron ja viljelytoimien yhteensovittamiseksi eri olosuhteisiin kaivataan nykyistä enemmän kokeellista tietoa.*

### 2.6.1. Johdanto

Yksivuotisen kasvilajin tai hyvin samankaltaisten kasvilajien toistuva viljely pääsääntöisesti heikentää peltomaan kasvukuntoa (mm. Heikkinen ym. 2022). Kun kasvivalikoimaa monipuolistetaan, pellon kasvukunto yleensä paranee. Kasvilajit voivat vuorotella viljelykierrossa yksilajisina, tai useita lajeja voi kasvaa samaan aikaan samalla peltoalalla sekaviljelyssä. Viljelyä voidaan monipuolistaa alus- ja kerääjäkasvein tai muilla maanpeitekasveilla. Kahden tai useamman satokasvin sekaviljelyä voidaan toteuttaa monin tavoin, kasvien kasvaessa joko kokonaan tai vain osittain samaan aikaan, ja mm. vuororiveihin tai siemensetoksena kylvettyinä. Monilajiset tuotantonurmet ovat karjatilojen ratkaisu, viherkesanto tai luonnonhoitopelto voi monipuolistaa kasvinviljelytilan viljelykiertoa. Puuvartisten kasvien kasvattaminen yhdessä peltoviljelykasvien kanssa on Suomessa harvinaista, mutta yksi mahdollisuus monipuolistamiseen. Myös lajikeseoksilla voidaan kasvattaa viljelyvarmuutta. Viljelykierrolla ja viljelymenetelmillä, jotka lisäävät maaperän labiiliin hiilen määrää (POM-C, mikrobibiomassa-C), on havaittu olevan maalevintäisiä kasvitauteja hillitsevä vaikutus (Palojärvi ym. 2020).

Viljelykasvijärjestelmät edellyttävät systeemitason suunnittelua ja toteuttamista peltojen ja ympäristön hyväksi niin, että sadot ja viljelyn kannattavuus ovat hyvällä tasolla. Tärkeää on kasvien sopivuus kasvaa keskenään tai toistensa esikasveina, mutta myös muokkaus-, kylvö-, lannoitus-, kasvinsuojelu- ja korjuumenetelmät tulee sovittaa järjestelmään tehokkaasti, tuotantotavan (luomu tai tavanomainen) tarpeet ja mahdollisuudet huomioiden. Toimiva ja kestävä viljelyjärjestelmän toteutus edellyttää hyvää tietämystä erilaisten viljelykasvijärjestelmien soveltuvuudesta eri olosuhteisiin.

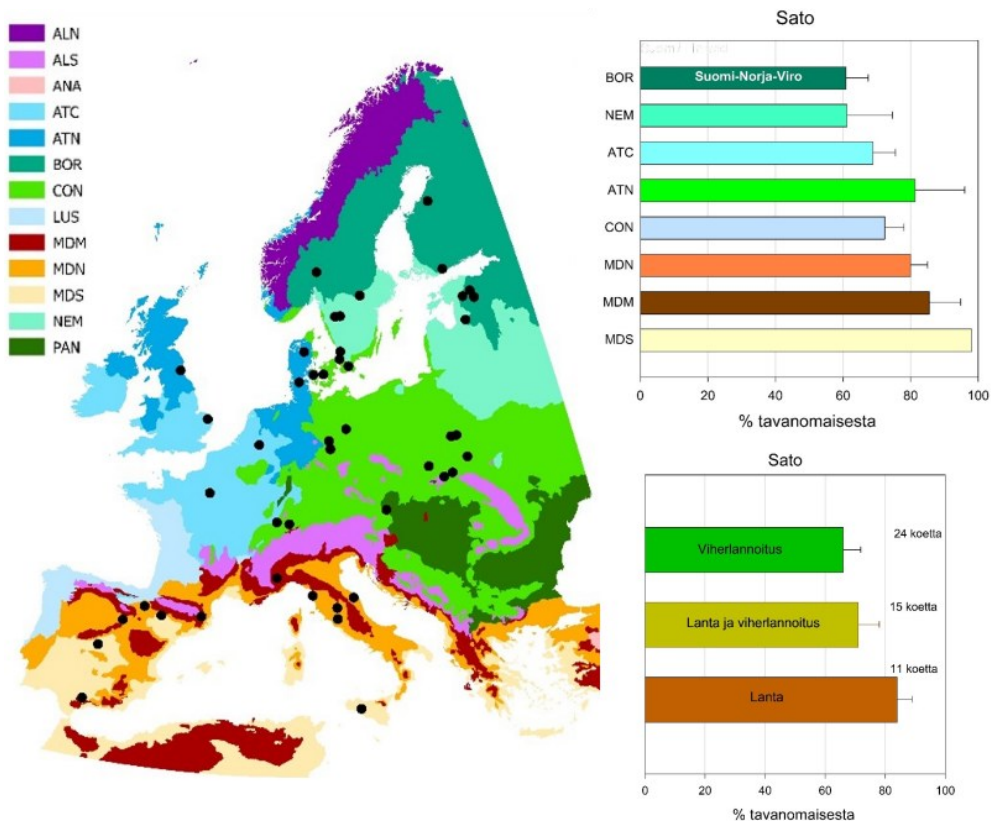
### 2.6.2. Luomuviljelyn vaikutuksista

Sekaviljelykokeita luomuviljelyssä tehtiin LuoVaMix-hankkeessa Jokioisilla, Mustialassa ja Mikkelissä. Palko- ja kevätviljojen sekaviljelykokeet kylvettiin käytännön mittakaavassa, toistaen käsittelyt kahtena sadan metrin kaistana, joiden kahdesta näytekohdasta puitiin sato. Koe oli yksivuotinen (v. 2023). Härkäpavun ja kauran sekaviljely tuotti yksilajisia kasvustoja isommat sadot ja paremman taloudelliseen tuloksen. Sekaviljelyn sato oli 3 800–4 000 kg/ha, kun yksilajisen kauran jyväsato oli 3 400 kg/ha ja härkäpavun siemensato n. 2 800 kg/ha (Pietilä ym. 2024a, 2024b). Kokeiden eri sekaviljelyvaihtoehdoissa nettovoitto oli 200–500 €/ha, ja keskimäärin enemmän kuin yksilajisissa kasvustoissa (Karhula 2024). Seoksen valkuaisato oli samaa luokkaa kuin pelkän härkäpavun. Menetelmä onkin sopiva runsasvalkuaisia rehuja tarvitseville karjatilaille. Sekaviljely auttaa luomutiloja rikkakasvien hallinnassa ja lisää viljelyvarmuutta. Hankkeessa tarkasteltiin myös tilojen välistä satovaihtelua. Palkoviljojen luomusadot ovat suhteellisesti lähempänä tavanomaisen tuotannon satoja kuin viljojen.

Luomuhärkäpavulla saavutettiin keskimäärin 84 % ja luomuviljoilla keskimäärin 61 % tavanomaisen tuotannon vastaavista sadoista (Iivonen ym. 2024).

Jokioisilla tutkittiin syyshärkäpavun, -ohran ja -vehnän sekaviljelyä seosten ja kaistasekaviljelyn avulla. Syysohralla oli keväällä elossa enemmän oraita niissä koejäsenissä, joissa kasvia oli viljelty seoksessa syyshärkäpavun kanssa, vaikka itse syyshärkäpapu ei selvinnyt kevään lumettomasta pakkaskaudesta hengissä. Kaistasekaviljelyssä viljojen sadot ja valkuaispitoisuudet olivat koholla ulommaisissa riveissä reunavaikutuksen takia (Keskitalo 2024b).

50 kokeen luomuviljasatotulokset analysoitiin viidestätoista Euroopan maasta ARTEMIS (EJP SOIL) -hankkeessa (Valkama ym. 2024, Jarosch ym. 2024). Kokeet sijaitsivat yhdeksällä ilmastovyöhykkeellä, pohjoisen boreaaliselta alueelta Välimeren eteläpuolelle (Kuva 7). Rukiin, syys- ja kevätvehnän, ohran ja kauran satoja tutkittiin niissä 3–35 vuoden ajan. Luomuviljeltyjen koejäsenten lannoitus perustui lantaan, viherlannoitukseen tai molempiin. Tavanomaiset koelohkot saivat yleensä vain mineraalilannoitteita. Useimmissa tutkimuksissa peltojen perusmuokkauksena oli kyntö. Luomusato oli noin 30 % pienempi verrattuna tavanomaiseen satoon. Kuva 7 osoittaa, että satoero pieneni vuotuisen keskilämpötilan noustessa. Borealisella ilmastovyöhykkeellä (BOR) satoero oli 40 %, mutta Välimeren eteläisellä alueella (MDS) satoeroa ei ollut. Luomun ja tavanomaisen tuotannon välinen satoero pieneni typen käytön lisääntyessä. Luomun ja tavanomaisen viljelyn välinen satoero oli pienempi käytettäessä lantaa kuin viherlannoitusta (Kuva 7).



**Kuva 7.** 50 kokeen sijainti Euroopan eri ilmastovyöhykkeillä (suurin osa Suomesta kuuluu boreaaliseen vyöhykkeeseen, BOR), luomusato eri ilmastovyöhykkeillä ja lannoituksen vaikutus luomusatoon. ALN, Pohjois-alpiininen; ALS, Etelä-alpiininen; ANA, Anatolialainen; ATC, Keski-atlanttinen; ATN, Pohjois-atlanttinen; BOR, Boreaalinen; CON, Mantereinen; LUS, Lusitaniaalinen; MDM, Välimeren vuoristoinen; MDN, Välimeren pohjoinen; MDS, Välimeren eteläinen; NEM, Nemoraalinen; PAN, Pannonialainen.

### 2.6.3. Kasvipeitteet, seosviljely ja viljelyn monipuolistaminen

Jatkuvan elävän kasvipeitteen ylläpitäminen (mm. käyttämällä maanpeitekasveja viljelykierrossa) on tehokkain tapa parantaa maan rakennetta (CLIMASOMA-hanke, Garré ym. 2022). Jatkuva elävä kasvipeite johtaa runsaaseen ja aktiiviseen maaperän elämään ja lisää hiiltä maaperään, jotka molemmat edistävät hyvän maan rakenteen muodostumisessa. Hyvä maan rakenne pystyy vastaanottamaan ja pidättämään hyvin vettä. Jatkuva elävä kasvipeite vähentää nitraattien joutumista pohjaveteen ja kasvihuonekaasupäästöjä, mutta palkokasvit eivät hankkeen mukaan näin tee (CLIMASOMA Policy brief; Garré ym. 2022). Hanke veti yhteen 36 meta-analyysia, mutta totesi silti, että tietoaukkoja on paljon. i-SOMPE-hanke (Vanwindekens ym. 2022) osoitti, että EU:n alueella on yleisesti suuri potentiaali lisätä maanpeitekasveja, mutta Suomen ilmasto-olosuhteet ja viljelymenetelmät (mm. satokasvin aluskasviksi kylväminen, aikaisin korjattavat satokasvit) rajautuivat kuitenkin hankkeen analyysin ulkopuolelle. Viljelymenetelmien soveltamisessa on suurta vaihtelua EU:n sisäisesti, mikä osoittaa tarpeen tehdä tutkimusta Suomen paikallisissa olosuhteissa.

Esikasvilaji, kasvun rehevyys ja lannoitus ovat kokeissa (Monisopu, ScenoProt, Peltoluksus) vaikuttaneet seuraavan viljan satoihin. Esikasvin vaikutus satoon voi olla negatiivinen tai positiivinen mm. satotähteiden (juuret ja varret) tuoman typpihyödyn mukaan. Tyypeä sitoutuu muihinkin kuin palkokasveihin, erityisesti reheviin kaksisirkkaislajeihin. Esikasvit voivat vaikuttaa myös mm. maaperään ja tuholais- tai tautipaineeseen, ja siten seuraavan kasvin satoon. Vaikutukset voivat olla parhaimmillaan vasta toisena tai kolmantena vuonna, mikä tekee niiden havaitsemisen käytännön viljelyssä hankalaksi. Yleensä vaihtelua tuova muu kasvilaji lisää viljan satoa ainakin jonkin verran verrattuna peräkkäiseen viljan viljelyyn.

Kuminan suojakasvina viljellyn ohran lannoittaminen biokaasulaitoksen mädätejäännöksellä ja rejektivedellä hidasti kasville helposti käyttökelpoisten ravinteiden puuttumisen takia ohran kasvua. Hitaammin kasvavalle kuminalle orgaanisen lannoitteen hitaammin vapautuvat ravinteet soveltuivat ja myös ohran harvempi kasvusto oli eduksi. Kumina tuotti orgaanista lannoitevalmistetta käyttäen suuremmat sadot molempina satovuosina kuin annettaessa ravinteet väkilannoitteena. Kahtena vuoden yhteenlaskettua satoa saatiin 200–700 kiloa enemmän kuin annettaessa ravinteet väkilannoitteena. Kaiken kaikkiaan kuminan yhteenlasketut sadot (siemenmäärä 15 kg/ha) olivat koepaikasta riippuen 1 620–2 150 kg/ha orgaanisia ravinteita käyttäen ja 1 000–1 950 kg/ha kun ravinteet levitettiin väkilannoitteena. Ohra kilpaili silti riittävästi rikkakasveja vastaan, ja yksin viljeltyä kuminaa huomattavasti paremmin. Orgaanisen lannoituksen ansiosta maa pysyi todennäköisesti kosteampana, parantaen kuminan kasvua. Juuret olivat tyvestä paksumpia, kasvoivat syvemmälle ja olivat suurempia kuin väkilannoituksen saaneissa ruuduissa (Niemeläinen ym. 2018).

Seosviljelyä tutkittiin Diveraction, FutureCrops 2.0 ja Diversilience -hankkeissa viljelemällä muita ruokakasveja härkämpävun kanssa, puolittaen molemman kasvilajin siemenmäärä. Vilja (kaura), valevilja (tattari) sekä öljykasvi (öljyhamppu) kilpailivat hyvin, mutta camelinan kanssa härkämpä oli korjuuvaiheen vallitseva laji (Keskitalo ym. 2022, Keskitalo 2024a). Palkokasvin osuus seoksessa vaikutti tuloksiin. Esimerkiksi biomassan kokonaishiili- ja kokonaistyyppipitoisuudet olivat pääosin seoksissa (mm. kaura, hirssi, öljyhamppu) samat kuin puhdasviljelyssä, mutta kahdessa tapauksessa (camelina, tattari) seokset tuottivat selvästi paremmat tulokset (Keskitalo ym. 2022, Keskitalo 2024a).

Tattarin ja eri palkokasvilajien (mm. härkämpä, herne, linssi) seokset ovat useissa kokeissa tuottaneet selvästi kasvien yksinviljelyä tehokkaammin satoa, ja peltomaahan on jäänyt

enemmän hiiltä ja typpeä kasvintähteiden mukana. Seoksen sadon tuoton tehokkuutta ilmaistaan LER (Land Equivalent Ratio) luvun avulla: kun luku on yli yhden, katsotaan seoksesta olevan hyötyä. Tattarin ja palkokasvien kohdalla LER on pääsääntöisesti ollutkin yli yhden ja joskus jopa yli kahden, osoittaen kasviparin synergisyyttä sadon tuottamisen näkökulmasta. Menetelmä soveltuu sekä tavanomaiseen että luomuviljelyyn.

Kolmen erilaisen kasvintuotannon monimuotoistamismenetelmän vaikutuksia juuristoon on tutkittu EJP SOIL MixRoot-C –hankkeessa. Satokasviseokset palkokasvin kanssa, nurmiseokset ja puustoisien maatalouden ratkaisut lisäsivät yleisesti juuriston kokonaisbiomassaa ja maaperän hiilisyötettä. Oletuksena oli, että sekaviljelmät tarjoaisivat mahdollisuuden lisätä hiilisyötettä maahan eri kasvilajien juuristojen erilaisen kasvudynamiikan ja arkkitehtuurin kautta (Yin ym. 2025). MixRoot-C-hankkeessa testattiin ja kehitettiin satokasvien kasvumalleja, jotka huomioisivat juurten hiilisyötteen myös sekakasvustoissa.

Lisääntyvä kasvivalikoima erikois- ja vaihtoehtokasvien avulla tarjoaa vaihtoehtoja viljelyjärjestelmien luomiseen ja mahdollistaa erityisen kestävien kasviyhdistelmien löytymisen kiertoihin tai seoksiin. Kestävyyden lisääntyminen voi näkyä mm. parantuneena satona, tuotantopainosten vähentymisenä, lisääntyneenä hiilen sidontana tai/ja monimuotoisuuden lisääntymisenä.

#### **2.6.4. Tietotarpeet**

36 meta-analyysiä yhteen vetäneessä CLIMASOMA-hankkeessa todettiin, että viljelyä monipuolistava viljelykierto ei ole ollut usein kenttäkokeiden kohteena. Viljelykierron myönteisistä vaikutuksista peltomaan hiilensidontaan ja kasvinterveyteen on viitteitä, mutta kotimaista tarkennettua tutkimustietoa kaivataan. Peltokokeiden ja kokemusten perusteella olisi selvitettävä systeemitason toimivuutta eli kasvilajien, viljelykierron ja viljelytoimien yhteensovittamista taloudellisesti kannattavalla, maan terveyttä parantavalla ja ympäristöä hyödyttävällä tavalla.

Viljelijät kaipaavat tutkimustietoa maanpeitekasveihin liittyen etenkin kasvinsuojelusta, maaperävaikutuksista, kylvöajoista, kylvömenetelmistä, siemenseoksista ja vaikutuksista pääkasvien satoon (Peltonen-Sainio ym. 2023). Usein tarve liittyy Suomessa yleiseen aluskasvimenetelmään.

Sekaviljelyä on tutkittu vähän sen mahdollisuuksiin nähden. Eri lajien yhteensopivuutta, kylvössä käytettäviä siemenmääriä ja suhdetta kylvömäärissä tulisi tutkia. Kaistasekaviljelyn hyötyjen todentamista haittaavat sopivien viljelyteknologioiden puuttuminen (Nysand 2024) sekä syysmuotoisten kasvilajien ja kasvinjalostuksen vähäisyys (Keskitalo 2024). Sekaviljelyn sadonkäsittelyn teknologiaa, kuten lajittelua, tulisi kehittää. Koska pellon ominaisuudet ja sääolot vaikuttavat eri tavoin eri lajeihin ja siten niiden kasvun realisoitumiseen, tarvitaan kenttäkokeita erilaisissa kasvuoloissa toteutettuna.

Juuriston hiilisyötteen huomioiminen kasvien kasvumalleissa ja mallien kehittäminen soveltuviksi sekakasvustojen mallintamiseen auttaisivat tulosten yleistettävyydessä. Tarvitaan lisää tietoa siitä, onko satotasolla, juurten hiilisyötteellä, kasvien monimuotoisuudella ja maaperän hiilen sitomisella positiivinen yhteys.

### 2.6.5. Viitteet

- Climasoma Policy Brief, [https://ejpsoil.eu/fileadmin/projects/ejpsoil/1st\\_call\\_projects/CLIMASOMA/02032022\\_PolicyBriefWP1.pdf](https://ejpsoil.eu/fileadmin/projects/ejpsoil/1st_call_projects/CLIMASOMA/02032022_PolicyBriefWP1.pdf). Saavutettavuus tarkistettu 23.12.2024.
- Garré, S., Blanchy, G., Jarvis, N., Larsbo, M., Meurer, K. H. E., Lewan, E., O'Keeffe, S., Hassink, J., Verhagen, A., Di Bene, C., Nino, P., Bragato, G., Bonati, G., Farina, R., Francesco, S., Pellegrin, A., Koestel, J., & Albrecht, L. 2022. Climasoma: Climate change adaptation through soil and crop management: synthesis and ways forward: Deliverable WP5.D1: CLIMASOMA final report. Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO). <https://doi.org/10.18174/586993>
- Heikkinen, J., Keskinen, R., Kostensalo, J., Nuutinen, V. 2022. Climate change induces carbon loss of arable mineral soils in boreal conditions. *Global Change Biology*, 28, 3960–3973. <https://doi.org/10.1111/gcb.16164>
- Iivonen, S., Niemeläinen, O., Kokkinen, M., & Jauhiainen, L. 2024. Yield variation and yield potential of organic arable crops in Finland derived from statistical data. *Agricultural and Food Science*, 33(3), 212–222. <https://doi.org/10.23986/afsci.146579>
- Jarosch, K.A., Weiss, L., Walder, F., Carboni, G., Bregaglio, S., Baratella, V., Di Bene, C., Valkama, E., Fohrafellner, J., Panagea, I., Kizeková, M. 2024. ARTEMIS Final Report (Short version). 10.5281/zenodo.14034186
- Keskitalo, M., Heikkinen, J., Kahala, M., Kaivosoja, J., Nysand, M., Raiskio, K., Yli-Hemminki, P. 2022. Sekaviljelystä kestävyttä ruuan tuotantoon. Maataloustieteen päivät, Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 39, esitelmätiivistelmä s 156. <https://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/ABSTRAKTIKIRJA%202022.pdf>
- Keskitalo, M. 2024a. Uusien valkuaiskasvien typpisato, hiilisyöte ja esikasvivaikutus kauralle yksin ja härkäpavun seoksessa viljeltynä. Maataloustieteen päivät, Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote no 41, esitelmätiivistelmä s 24. [https://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/Abstraktikirja%202024\\_final.pdf](https://www.smts.fi/sites/smts.fi/files/Abstraktikirja%202024_final.pdf)
- Keskitalo, M. 2024b. Syysohran, syysvehnän ja syyshärkäpavun kaistasekaviljely. Luke Tietokortti 2024, 5 s: <http://www.urn.fi/URN:NBN:fi-fe20241215102747>
- Niemeläinen, O., Keskitalo, M., Niskanen, M., Raiskio, K., & Teinilä, T. 2018. Lisää kasvipeitteisyyttä heinästä, siemennurmista ja kuminasta: "Sieppari pellossa"- hankkeen tuloksia. (Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 64/2018). Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-674-2>
- Nysand, M. 2024. Kaistasekaviljelyn kylvö- ja puintimenetelmät. Luke Tietokortti URN:NBN:fi-fe2024092775058
- Palojärvi, A., Kellock, M., Parikka, P., Jauhiainen, L., Alakukku, L. 2020. Tillage System and Crop Sequence Affect Soil Disease Suppressiveness and Carbon Status in Boreal Climate. *Frontiers in microbiology* 11: 12 p.
- Pietilä, H., Korhonen, J., Laine, R., Vahtila, O., Känkänen, H. ja Niemeläinen, O. 2024. Härkäpavun ja kauran sekaviljelykoe Mustialan luomutilalla v. 2023. Luke Tietokortti

Pietilä, H., Korhonen, J., Laine, R., Vahtila, O., Känkänen, H. ja Niemeläinen, O 2024. Viljan ja palkoviljojen sekaviljelykoe Mustialan luomutilalla 2023. Luke Tietokortti.

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Känkänen, H. 2023. Finnish Farmers Feel They Have Succeeded in Adopting Cover Crops but Need Down-to-Earth Support from Research. *Agronomy* 13 9: 16 p. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092326>

Valkama E., Fohrafellner J., Jarosch K., Weiss L., Baratella V., di Bene C 2024. Luomuviljasadot Euroopassa. Posterin esitys, Luomupäivät-2024, 5-6.11.2024, Seinäjoki.

Vanwindekens, F., Heller, O., Di Bene, C., Nino, P., & Huyghebaert, B. 2022. i-SoMPE - Innovative Soil Management Practices across Europe - Final report (1.0). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14628090>

Yin, S., Chen, X., Terrer, C., Zhou, Z., Chen, J., Abalos, D. 2024. Increasing root trait complementarity in species mixtures may be detrimental for soil carbon storage. EGU24-12367, updated on 26 Jan 2025 <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-12367>

## 2.7. Toimenpiteiden kohdentaminen

Timo Räsänen, Maarit Liimatainen, Johanna Leppälä, Helena Soinne, Miika Läpikivi, Tuula Larmola, Kristiina Lång, Mika Tähtikarhu

*Viljely- ja ympäristötoimenpiteiden tehokkuus vaihtelee sijainnin mukaan, ja uudet kohdentamismenetelmät mahdollistavat olemassa olevan tiedon aiempaa kattavamman huomioimisen. Analyysit osoittavat kuinka kohdentaminen potentiaalisesti lisää saatavia hyötyjä. Kohdentamismenetelmien käytettävyyttä rajoittaa mittausaineistojen rajallisuus ja työkalujen kehittämisen useiden ympäristötekijöiden yhtäaikaiseksi huomioiseksi on haastavaa.*

### 2.7.1. Johdanto

Maatalousmaiden ympäristövaikutusten ja tuottavuuden hallinnan keskeinen haaste on toimenpiteiden kohdentaminen sijainnin ja ajallisen vaihtelun suhteen siten, että toimenpiteet ovat käytännössä toteutuskelpoisia ja saavutetut hyödyt ovat mahdollisimman suuria suhteessa käytettyihin resursseihin. Tehokkaammasta alueellisen tason kohdentamisesta voi olla hyötyä esimerkiksi eroosiontorjuntatoimenpiteissä ja turvepeltojen vesienhallintatoimenpiteissä. Tehokasta kohdentamista rajoittaa nykyisellään kattavan paikkatiedon puute eri ympäristömuuttujista sekä tieto toimenpiteiden vaikutuksista ja toimivuudesta eri ympäristöoloissa. Avoimien aineistojen ja laskennallisten menetelmien kehitys mahdollistaa yhä tehokkaamman aineistojen ja tiedon yhdistämisen, ja siten laajojen ja aiempaa kattavampien arvioiden tuottamisen.

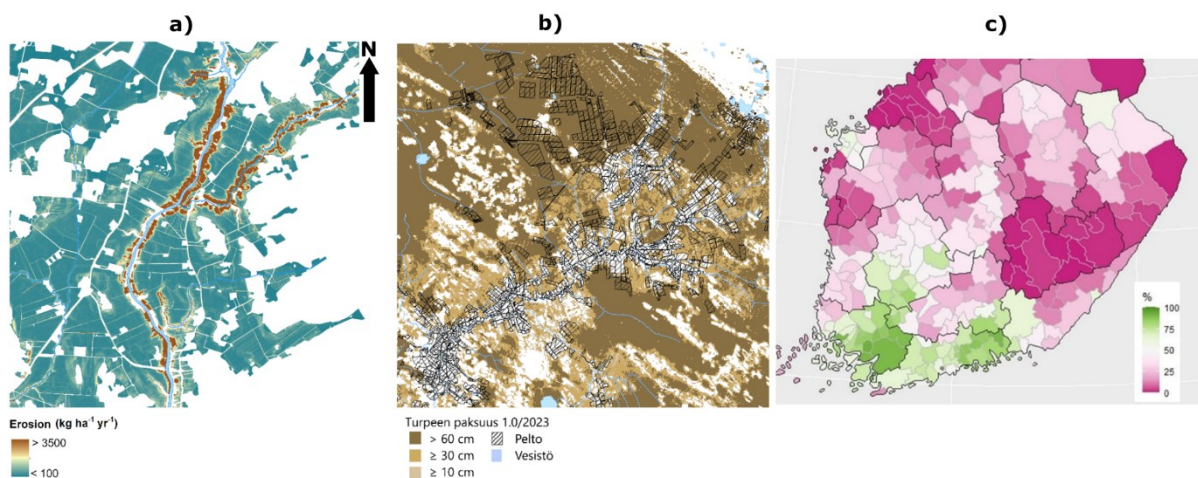
### 2.7.2. Uudet kohdentamista tukevat menetelmät ja aineistot

Eri mittausaineistojen ja laskennallisten mallien yhdistäminen on tuottanut sekä laajoja paikkatietoaineistoja että työkaluja tukemaan paikallisesti toimivien ratkaisujen laatimista. Mallit ja aineistot keskittyvät eri ympäristövaikutuksiin ja -muuttujiin sekä niiden hallintaan. Lisäksi hankkeissa on tarkasteltu päätöksentekotyökalujen toimintaa ja soveltamista yleisesti. Työkaluja on tyypillisesti laadittu vastaamaan eri tarpeisiin, mukaan lukien eroosion hallinta, hiilensidontatoimenpiteiden kohdentaminen ja veden riittävyyden arviointi turvepeltojen vesienhallintaratkaisuihin. Alla olevat kuvaukset osoittavat mallien ja aineistojen hyödyn, ja ne antavat suuntaa tehokkaammalle toimenpiteiden kohdentamiselle. Kuvausten jälkeen pohditaan lyhyesti tietotarpeita mallien ja aineistojen kehitystä varten.

#### **RUSLE-eroosiomalli ja vesieroosioaineisto**

Koko maan kattava paikkatietomuotoinen vesieroosioaineisto tuotettiin Luonnonvarakeskuksen toimesta RUSLE-eroosiomallilla (Räsänen ym. 2023a) kaikille peltoalueille, ja se kuvaa pitkän aikavälin keskimääräistä eroosion suuruutta peltolohkoilla 2 m × 2 m ruutukoon tarkkuudella (Kuva 8a). Perusaineistossa kaikille lohkoille on oletettu sama kasvipeite ja maanmuokaus, mikä mahdollistaa peltojen eroosioherkkyyden vertailun eri alueiden välillä ja eroosiota vähentävien toimenpiteiden kohdentamisen lohkotasolla koko maassa. Aineistolla on laskettu myös kuntakohtainen tilasto eroosion keskimääräisestä suuruudesta vuoden 2023 kasvi- ja toimenpidetiedoilla (Räsänen 2024, Luke 2024) ja sen avulla on parannettu suojavyöhykkeiden kohdentamista koko maassa Ruokaviraston toimesta osana CAP-kautta 2023–2027. Aineiston pohjalta toteutetaan myös ympäristötoimenpiteiden vaikutusten arviointia. Aineistoa

voi tarkastella verkkoselainpohjaisessa katselupalvelussa (Luke 2022) ja se on vapaasti kaikkien ladattavissa (Luonnonvarakeskus ja Räsänen 2021).



**Kuva 8.** Esimerkkikuvat a) koko maan kattavasta peltomaiden vesierosioaineistosta (Räsänen ym. 2023a), b) Turpeen paksuus 1.0/2023-aineistosta (Räsänen ym. 2023b) ja turvepeltolohkojen tunnistamisesta ja c) hiilenkerrytyspotentiaalia sisältävien viljavuusnäytteiden osuudesta kunnittain (maksimihiilenkerrytyspotentiaali on arvioitu savespitoisuuden perusteella hyödyntäen Dexterin 2008 teoriaa). Peltolohkot: Ruokavirasto.

RUSLE-aineistojen pohjalta on tehty mallinnuspohjaista jatkotutkimusta liittyen eroosionhallintatoimenpiteiden tehokkaaseen kohdentamiseen. RUSLE-aineistoa hyödyntävien analyysien mukaan eroosion syntyä voidaan vähentää nykyistä tehokkaammin kohdentamalla toimenpiteitä (esimerkiksi nurmialueet, suojavyöhykkeet ja talvipeitteisyys) vesierosioaineistosta tunnistetuille korkean eroosion alueille ja kiintoaineen kulkeutumisreiteille (Räsänen ym. 2024a, Tähtikarhu ym. 2024). Huomionarvoista on, että Suomen oloissa salaojat ja tehokas ojitus muodostavat kiintoaineille tehokkaita kulkureittejä vesistöihin, mikä tarkoittaa sitä, että tehokkaan vesistövaikutusten vähentämisen painopiste kannattaa keskittää eroosion synnyn torjuntaan, ja samaan aikaan tarkastella kuinka avo-ojaverkostoihin päätynyttä kiintoainekuormitusta pystyttäisiin hallitsemaan parhaiten.

### Turvemaa-aineisto

Koko maan kattava paikkatietomuotoinen Turpeen paksuus 1.0/2023-aineisto turvemaiden esiintymisestä ja paksuudesta tuotettiin yhteistyössä Luonnonvarakeskuksen, Geologian tutkimuskeskuksen, Maanmittauslaitoksen ja Ruokaviraston kanssa hyödyntäen koneoppimismallinnusta ja laajaa määrää kaukokartoitusaineistoja ja maaperähavaintoja (Räsänen ym. 2023b). Aineisto kuvaa turvemaiden esiintymistä paksuusluokittain ( $\geq 10$  cm,  $\geq 30$  cm,  $\geq 40$  cm ja  $> 60$  cm) ja 50 m  $\times$  50 m ruutukoon tarkkuudella (Kuva 8b). Aineisto parantaa aikaisemman turvetiedon tarkkuutta ja sen avulla voidaan tunnistaa turvepeltolohkot koko maassa ja kohdentaa niille toimenpiteitä ilmasto- ja vesistö päästöjen vähentämiseksi. Aineistoa tullaan käyttämään ympäristötoimenpiteiden kohdentamiseen Ruokaviraston toimesta ja sitä käytetään Suomen kasvihuonekaasuinventaariossa. Sen avulla tehdään myös jatkotutkimusta esimerkiksi parhaiten vettämiseen soveltuvien lohkojen tunnistamiseksi. Aineisto ole vielä avoimessa jakelussa, mutta se pyritään saattamaan laajempaan käyttöön.

### **Vettämiskelpoinen peltoala**

Vettämiskelpoisten turvepeltojen tunnistaminen on tärkeää ympäristökuormitusten vähentämiseksi (aiheesta enemmän kappaleessa 2.1). Vettämiskelpoisuutta on tarkasteltu hyödyntäen paikkatietomenetelmiä. Turvepelloista jopa puolet voi olla vettämiskelpoisia veden pinnan syvyysindeksin (depth to water, DTW) ja peruslohkorekisterin maalajitietojen perusteella (Kekkonen ym. 2025). Paksuturpeisten peltöjen hiilen määrä pinta-alaa kohti on luonnollisesti suurin, ja siten niiden päästöjen ja hiilen hävikin vähentämistoimilla kuten pohjaveden pinnan nostolla on pitkäkestoinen vaikutus (Kekkonen ym. 2019). Pellon pohjaveden pinnan nostoa vaikeuttavat se, että vettä ei ole riittävästi korkean veden pinnan ylläpitoon ympäröivien alueiden esim. metsien ojituksen vuoksi tai että vedenpinnan nosto haittaa viereisiä alueita (Lång ym. 2023).

### **Veden riittävyys paikallisiin vesienhallintaratkaisuihin turvepeltolohkoilla**

Luonnonvarakeskus ja Oulun yliopisto selvittivät turvepeltolohkojen mahdollisuuksia hankkia lisävettä pohjaveden korottamista varten peltöjen lähimmiltä valuma-alueilta (Liimatainen ym. 2023). Suomen ympäristökeskuksen (Syke) pitkän aikavälin valuman mittauksista laskettiin keskimääräisen ja kuivan kesän valuntasummat sekä kesän alivaluma kuvaamaan saatavilla olevan veden määrää ja sen jakautumista kesän aikana. Valuntasummalla tarkoitetaan kasteluun saatavilla olevaa vettä kesäkuukausien (kesäkuu – elokuu) aikana, kun taas kesän alivaluma tarkoittaa pienintä päivittäistä virtaamaa. Nämä mitoitusvalumat yhdessä pellon ja valuma-alueen pinta-alasuhteen kanssa kuvaavat saatavilla olevan veden määrää. Pohjaveden pinnan korotukseen vaadittavaa lisäveden tarvetta arvioitiin maanäytteistä arvioidulla lineaarisella yhtälöllä. Saatavilla olevan veden ja pohjaveden korottamiseen vaadittavan veden määrät tuntemalla turvepellot voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan. Parhaassa tapauksessa valuma-alue tuo aina riittävästi vettä pellon pysyvään vettämiseen. Toinen vaihtoehto on, että kuivana kesänä valuntasumma ei riitä täyttämään kastelutarvetta. Kolmas vaihtoehto on, että valuntasumma on riittävä, mutta kesän kuivimpina hetkinä vettä ei riitä enää päivittäisen kastelutarpeen täyttämiseen (Läpikivi ym. 2024).

Vaikka Suomessa on paljon vesivaroja ja puutteellinen kuivatus on perinteinen maatalouden ongelma, niin turvemaiden ilmastovaikutusten hillitsemiseksi tarvittavat vesimäärät ovat suuria. Etenkin kesäkuukausina saatavilla olevaa valuntaa ei edellä kuvatun selvityksen perusteella välttämättä ole saatavilla pohjaveden korottamista varten. Pohjaveden korottamistarpeen ja valuma-alueiden hydrologisen tiedon tuntemisen pohjalta turvepeltojen vesienhallintaa voidaan kohdentaa tehokkaammin peltolohkoille, joiden läheisyydessä katsotaan olevan riittävästi vettä pohjaveden nostamista varten. Hankkeissa kehitettyä ja tarkasteltua laskennallista konseptia voidaan soveltaa eri kohteisiin Perämeren alueen turvepelloille (Läpikivi ym. 2024). Laajemmissa tarkasteluissa on oleellista huomioida valuma-alueen vedenkäyttötarpeet myös muiden maanomistajien ja vedenkäyttäjien näkökulmasta, jotka vaikuttavat turvepeltojen päästövähennyksiin saatavilla olevan lisäveden määrään.

### **Mineraalimaiden orgaanisen hiilen sidonta Suomessa**

Suomalaisten kivennäismaapeltojen hiilenkerrytyspotentiaalia on arvioitu viljavuuslaboratoriossa analysoitujen peltomaanäytteiden avulla (Soinne ym. 2024). Maan mineraalipinnoille pidettyneen orgaanisen hiilen voidaan ajatella olevan stabiilia ja pitkäikäistä verrattuna vapaana maassa oleviin orgaanisiin molekyyleihin (Six ym. 2002). Maan hiilenkerrytyspotentiaali on sitä

suurempi, mitä kauempana maa on saturaatiotilasta (Stewart ym. 2007). Pidättävien pintojen rajallinen määrä ei kuitenkaan vaikuta vapaan orgaanisen aineksen kertymiseen. Arvio kivennäismaiden maksimihiilenpidätyskapasiteetista laskettiin hyödyntäen julkaistuja yhtälöitä maan hienoaineksen ja mineraalipinnoille pidättyneen hiilen yhteydestä, ja arvio nykyisistä hiilipitoisuuksista kivennäismaapeltojen pintamaassa tehtiin hyödyntäen viljavuuslaboratoroiden tuloksia. Näiden tulosten erotuksena saatiin arvio hiilenkerrytyspotentiaalista.

Maalajin perusteella arvioituna noin 40 %:lla kivennäismaapelloista voitaisiin lisätä ylimpään 15 cm kerrokseen mineraalipinnoille suojautuvan hiilen määrää. Alueet, joissa valtaosassa näytteistä oli hiilenkerrytyspotentiaalia jäljellä, sijoittuivat Etelä- ja Lounais-Suomeen (Kuva 8c). Nämä alueet ovat myös maatalouden vesistökuormituksen kannalta kriittisiä, ja näillä alueilla maan hiilivarastojen kasvattaminen todennäköisesti vähentäisi myös eroosiota ja ravinevalumia vesistöihin. Pohjois-Suomen karkeiden maiden hiilivarastot olivat mineraalipintojen pidätyskykyyn nähden suuremmat, mikä viittaisi ilmastonmuutoksen myötä kasvavaan riskiin hiilen hävikille. Näillä alueilla on tärkeä korostaa hiilivarastojen säilyttämisen tärkeyttä.

### **Kivennäismaiden orgaanisen hiilen kerrytys Euroopan laajuisesti**

Euroopan laajuisesti ei ole ollut saatavilla kattavaa arviota siitä, kuinka hyvin maatalousmaan orgaanista hiiltä voidaan kerryttää eri maaperänhoitotoimenpiteillä. EJP SOIL -ohjelman alainen CarboSeq -projekti on tutkinut mahdollisuuksia maatalousmaan orgaanisen hiilen kerrytykseen ottaen huomioon biofysikaaliset, tekniset ja taloudelliset rajoitukset. Pitkäaikaisten kenttäkokeiden aineistoja analysoimalla on tunnistettu toimenpiteitä, joilla voi lisätä maatalousmaan orgaanisen hiilen pitoisuutta (Seidel ym. 2025). Tällaisia toimenpiteitä ovat mm. biohiilen käyttö, rehupalkokasvien ja nurmien osuuden lisääminen viljelykierroissa, maanpeitekasvien viljely tai puustoisien maatalouden ratkaisut. CarboSeq-projektin keräämää tietokantaa voi käyttää eri laskennallisten mallien kanssa arvioimaan maatalousmaan hiilenkerrytysmahdollisuuksia. Mallintamalla pystytään ottamaan huomioon paikallinen ilmasto ja maaperän laatu arvioitaessa eri viljelymenetelmien vaikutusta maaperän hiilipitoisuuteen. Projektissa toteutetulla mallinnuksella arvioidaan myös Euroopan laajuisen hiilenkerrytysmallin tarkkuutta verrattuna maakohtaisiin malleihin. Projektin yhtenä lopputuloksena syntyi vuorovai-  
kutteinen kartta Euroopan maatalousmaiden hiilenkerrytyspotentiaalista. Karttatyökalun (<https://shinyapp.cra.wallonie.be/ejpsoil-carboseq/>) avulla käyttäjät voivat valita maaperän hiileen vaikuttavia toimenpiteitä ja nähdä kartalla potentiaaliset alueet, joilla ottaa toimenpiteitä käyttöön ja arvion toimenpiteiden vaikutusten suuruudesta.

### **Päätöksentekoa tukevien työkalujen käyttö ja kehitys**

Päätöksentekoa tukevien työkalujen käyttöä sekä niihin liittyvä haasteita ja mahdollisuuksia tutkittiin eurooppalaisessa EJP SOIL-hankkeessa (Räsänen ym. 2024b, EJP SOIL 2023). Nykyisellään tukityökaluilla voidaan toteuttaa esimerkiksi kohdennettua lannoitusta, viljelykiertoa, sekä orgaanisen aineen hallintaa. Hankkeessa tehtiin kyselytutkimuksia ja sidosryhmätapaamisia 18:ssa Euroopan maassa ja selvitettiin 112 digitaalisen päätöksenteon tukityökalujen käyttöä. Suomalaisista työkaluista olivat mukana esimerkiksi Wisu-, Agrineuvos- ja Peltotuki Pro-viljelysuunnitteluohjelmistot. Selvityksen perusteella havaittiin, että työkalujen käyttö ei ole kovin laajamittaista, työkalut keskittyvät useimmiten yksittäisiin prosesseihin ja ne ovat harvemmin kokonaisvaltaisia siten, että ne ottaisivat huomioon useampia prosesseja ja päätöksenteon vaikutuksia laajemmin ja pidemmällä aikavälillä. Tämä koettiin työkalujen puutteeksi myös kyselytutkimuksiin ja sidosryhmätapaamisiin osallistuneiden osalta. Selväksi

kehitysalueeksi todettiin kokonaisvaltaisten työkalujen ja verkkoalustojen kehittäminen, jotka mahdollistavat päätöksen teon ottaen huomioon laajemman kirjon eri prosesseja, päätösten taloudelliset ja ympäristölliset vaikutukset, sekä päätöksiin liittyvät säännökselliset rajoitukset ja tavoitteet. Kokonaisuudessaan hankkeen tulokset osoittavat, että päätöksenteon tukityökalujen käyttöä voidaan edistää, oikein suunnitelluilla kokonaisvaltaisilla työkaluilla voidaan tukea maaperän terveyttä laajemmin, ja päätöksenteon tukityökalut voidaan kytkeä osaksi kansallisia kohdentamishjelmia.

### 2.7.3. Tietotarpeet

Aineistojen ja mallien vahvuus on tiedon johdonmukainen yhdistäminen ja siten aiempaa kattavampien arvioiden tuottaminen. Keskeisimmät tietopuutteet koko maan kattavien kohdentamista tukevien aineistojen tuottamisessa ovat perustutkimuksen ja mittausten rajallisuus. Aineistojen tuottaminen perustuu paljon mittaustiedon yleistämiseen laajemmille alueille matemaattisilla malleilla. Näin ollen mittauksien määrä heijastuu suoraan koko maan tasolle yleistettyjen aineistojen tarkkuuteen ja luotettavuuteen.

Yhä kattavamman maaperätiedon tarve kasvaa maankäyttöön liittyvien poliittisten ohjaustarpeiden myötä. Esimerkiksi eroosio- ja turvemaa-aineistojen tuotantoa on ajanut säännökset ja tavoitteet eurooppalaisessa CAP-ohjelmassa. Nykyisellään mittausaineistojen määrää voidaan pitää osin riittämättömänä. Maaperätiedon kannalta olisi hyödyllistä kehittää koordinoitusti ja malleja hyödyntäen mittauksiin perustuvan tiedon kokoamista erilaiset tarpeet huomioon ottaen.

Tekstuurin perusteella tapahtuva mineraalipintojen hiilensitomiskapasiteetin arvioiminen sisältää selviä epävarmuuksia erityisesti karkeiden maiden osalta. Huomattavan suuria hienoaineksen hiilipitoisuuksia karkeissa maissa on mitattu myös muualla (Wiesmeier ym. 2014, Urbanski ym. 2023), mikä viittaa erilaisiin hiilen sidontamekanismeihin. Karkeiden maiden hiilenpidätysmekanismeista sekä hiilen pysyvyydestä tarvitaankin selvästi lisätietoa.

Turvelpelojen päästövähennyksien kohdistamiseen vaaditaan tietoa turvemaiden sijainnin ja paksuuden lisäksi myös tietoa näiden peltojen kuivatustilasta. Nykyisen kuivatustilan ja sen vaikutuksen turvelpelojen kasvihuonekaasupäästöjen määrään on oleellista tuntea, jotta toimet voidaan kohdistaa pelloille, joilla niistä saadaan suurin hyöty.

Lisäksi pitkien aikasarjojen tarve on suuri ja on haastavaa priorisoida ja kohdentaa mittauksia niin, että ne kattavat mallien ja työkalujen kehittämisen kannalta riittävästi erilaisia alueita ja olosuhteita. Malleja on kehitettävä tiedon parantuessa ja pitkäaikaisessa käytössä olevia mallinnusmenetelmiä olisikin hyvä ajatella osana ylläpidettävää tutkimus- ja palveluinfrastruktuuria.

Eri paikkatietoaineistojen ja mallinnusmenetelmien tehokas yhdistäminen tuo hyötyjä yksittäisiä ympäristövaikutuksia ja -muuttujia kokonaisvaltaisempien arvioiden laatimiseen. Aineistojen ja mallien yhdistäminen vaatii kuitenkin kehitystyötä, koordinoitua mittauksia, datan hallintaa ja tutkimusta.

#### 2.7.4. Viitteet

- Dexter, A.R., Richard, G., Arrouays, D., Czyż, E.A., Jolivet, C. & Duval, O. 2008. Complexed organic matter controls soil physical properties. *Geoderma* 144(3-4): 620–627.
- EJP SOIL 2023. Project: Fostering soil management PRACTices and uptake and developing decision support TOols through LIVing labs in EU (PRAC2LIV). European Joint Programme on Agricultural Soil Management (EJP SOIL). <https://ejpsoil.eu/soil-research/prac2liv>
- Kekkonen, H., Ojanen, H., Haakana, M., Latukka, A. & Regina, K. 2019. Mapping of cultivated organic soils for targeting greenhouse gas mitigation, *Carbon Management*, 10(2): 115–126.
- Kekkonen, H., Salmivaara, A., Honkanen, H., Saarnio, S., Lehtonen, A., Peltoniemi, M., Ojanen, H. & Lång, K. 2025. Explorative analysis of depth-to-water index in identifying rewettable agricultural peat soils. *Journal of Environmental Management* 383: 125443.
- Lehtonen, H., Ojanen, H., Kekkonen, H., Niskanen, O., Savikko, R., Wejberg, H., Knuuttila, M., Stenberg, L., Niemi, J., Salmivaara, A. & Laurila, M. 2024. Turvepeltojen käytön tiekartta vuoteen 2050. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 89/2024. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 154 s.
- Liimatainen, M., Joki-Tokola, E., Lötjönen, T., Niiranen, M., Nieminen, J., Semberg, S., Mattila, Kati., Manni, K., Jokela, R., Pätsi, H., Sohlo, M., Korva, J., Hakala, T., Läpikivi, M. & Marttila, H. 2023. Vähempipäästöiset nurmikierrat turvellidoilla (VÄPÄ) : MMM:n hiilestä kiinni -maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuusloppuraportti. Luonnonvarakeskus. 41 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202501021059>
- Luke 2024. Peltojen vesierosio, Maaseutuohjelman indikaattorit 2014–2020. Luonnonvarakeskus (Luke). <https://www.luke.fi/fi/tilastot/indikaattorit/agrikaattori-maaseutuohjelman-indikaattorit-20142020/peltojen-vesierosio>
- Luonnonvarakeskus, Räsänen, T.A., 2021. Peltomaiden eroosioherkkyys, 2021. CSC - Tieteen tietotekniikan keskus Oy. <http://urn.fi/urn:nbn:fi:att:fdb14fe3-dd2d-499f-81a5-e1e799d8db8a>
- Luke 2022. Peltomaiden eroosioherkkyys [verkkokarttapalvelu]. Luonnonvarakeskus (Luke). <https://luonnonvaratieto.luke.fi/kartat?panel=peltomaat>
- Lång, K., Hakola, S., Iho, A., Kekkonen, H., Miettinen, A., Niskanen, O., Ojanen, H. & Wejberg, H. 2023. Turvepeltojen kosteikko-ohjelma: Ehdotus kosteikkoviljelyyn varatun rahoituksen käytöstä vuosina 2023–2025. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 12/2023. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 43 s.
- Läpikivi, M., Liimatainen, M. & Marttila, H. 2024. Turvepeltojen valuma-alueilta vettä päästövähennyksiä varten. *Vesitalous* 6/2024. s. 42–45.
- Räsänen T.A. 2024. Peltomaiden vesierosion arviointi RUSLE-mallilla ja vuoden 2023 kasvi- ja toimenpidetiedoilla. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 102/2024. Luonnonvarakeskus (Luke). Helsinki. 37 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-996-3>

- Räsänen, T.A., Tähtikarhu, M. & Hyväluoma, M. 2024a. Exploring the RUSLE-based structural sediment connectivity approach for agricultural erosion management. *CATENA* 246: 108420. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108420>
- Räsänen, T.A., Warren Raffa, D., Delin, S., Jouini, M., Kasparinskis, R., Dirnēna, B., Trinchera, A, Ooms, D., Saarloos, A., Kukušs, I., Baratella, V., Erdal, Ü., Demir, Z., Simonse, D. & Hanegraaf, M. 2024b. PRAC2LIV Final Report - Stocktake and Stakeholder Exchanges on Decision Support Tools for Soil Organic Matter, Nutrient Use Efficiency, and Water Retention Across EJP SOIL Countries. European Joint Programme on Agricultural Soil Management (EJP SOIL). <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14197806>, <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe20241213102531>
- Räsänen, T.A., Tähtikarhu, M., Uusi-Kämppe, J., Piirainen, S. & Turtola, E. 2023a. Evaluation of RUSLE and spatial assessment of agricultural soil erosion in Finland. *Geoderma Regional*, e00610. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2023.e00610>
- Räsänen, T.A., Middleton, M., Pohjankukka, J., Mäkinen, V., Kivimäki, A., Pitkänen, T.P., Lerssi, J., Laatikainen, M., Väänänen, T., Auri, J., Heikkinen, J., Kananoja, T., Kekkonen, H., Kivilompolo, J., Mylly, M., Möller, Å., Nousiainen, M., Oksanen, J., Puttonen, E., Salmivaara, A., Madetoja, J., Six, J., Conant, R.T., Paul, E.A. & Paustian, K. 2002. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. *Plant Soil* 241: 155–176.
- Seidel, F. ym. 2025. Final report of the CarboSeq project. EJP SOIL. <https://zenodo.org/records/14719195>
- Soinne, H., Hyyrynen, M., Jokubė, M., Keskinen, R., Hyväluoma, J., Pihlainen, S., Hyytiäinen, K., Miettinen, A., Rasa, K., Lemola, R. & Virtanen, E. 2024. High organic carbon content constricts the potential for stable organic carbon accrual in mineral agricultural soils in Finland. *Journal of Environmental Management* 352: 119945.
- Stewart, C.E., Paustian, K., Conant, R.T., Plante, A.F. & Six, J. 2007. Soil carbon saturation: concept, evidence and evaluation. *Biogeochemistry* 86: 19–31.
- Säävuori, H., Torppa J. & Salo, T. 2023. Turvemaiden digitaalinen kartoitus ja turvepeltolohkojen tunnistaminen. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 119/2023. Natural Resources Institute Finland (Luke). Helsinki. 76 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-851-5>
- Tähtikarhu, M., Räsänen, T.A., Uusi-Kämppe, J. & Hyväluoma, J. 2024. How to site grassed areas to reduce agricultural erosion efficiently? A computational analysis in Finland. *Geoderma Regional* e00904.
- Wiesmeier, M., Hübner, R., Spörlein, P., Geuß, U., Hangen, E., Reischl, A., Schilling, B., von Lützwow, M. & Kögel-Knabner, I. 2014. Carbon sequestration potential of soils in southeast Germany derived from stable soil organic carbon saturation. *Global Change Biology* 20(2): 653–665.
- Urbanski, L., Kalbitz, K., Rethemeyer, J., Schad, P. & Kögel-Knabner, I. 2023. Unexpected high alkyl carbon contents in organic matter-rich sandy agricultural soils of Northwest Central Europe. *Geoderma* 439: 116695.

## 2.8. Viljelijöiden näkökulma maatalouden ympäristökysymyksiin

*Jaana Sorvali, Maarit Liimatainen, Eija Pouta, Annika Tienhaara ja Emmi Haltia*

*Suomalaisten maanviljelijöiden keskuudessa ilmastoskeptisyys on vähäistä ja konkreettisiin ilmastotoimiin ryhtymistä selittää parhaiten usko omien ilmastotekojen vaikuttavuuteen. Turvepeltojen pohjaveden pintaa on säätänyt vielä varsin harva viljelijä. Viljelijöillä on enemmän kokemusta maanparannusmenetelmistä, ja erityisesti keräjäkasvien sekä eloperäisen aineen lisäämisen arvioitiin parantavan peltomaan laatua. Viljelijäyhteistyössä on olennaista löytää viljelytoimet, jotka vaikuttavat ilmastopäästöihin ja samalla parantavat tilan toimintaa, esimerkiksi suurempien satojen kautta.*

### 2.8.1. Johdanto

Viime kädessä viljelijä päättää, minkälaisia menetelmiä hallussaan olevilla pelloilla käyttää. Ta- loudellisten kannustimien lisäksi viljelijän päätöksentekoon vaikuttavat monet tekijät, joista keskeisimpiä ovat viljelijöiden aiemmat kokemukset, asenteet, arvot ja jopa tunteet (Sorvali 2023). Luonnonvarakeskuksessa on jo pitkät perinteet poikkitieteellisellä tutkimuksella, jossa eri tieteenalojen tuloksia sovelletaan yhdessä erilaisten sidosryhmien kanssa ongelmien ratkomiseksi. Aiemmissa luvuissa kuvattuja luonnontieteisiin pohjautuvia tutkimustuloksia on otettu lähtökohdaksi esimerkiksi kysely- ja haastattelututkimuksia suunniteltaessa, jotta saadaan selville mahdollisia toimeenpanon esteitä ja edistäjiä, kun ympäristöystävällisiä menetelmiä halutaan saada käyttöön viljelijöiden arjessa. Viljelijä on paras käytännön maataloustoimien asiantuntija, ja viljelijöiltä saadaan arvokasta tietoa eri menetelmien käyttöönottoon liittyvistä haasteista ja mahdollisuuksista. Tätä tietoa on mahdollista soveltaa itse menetelmien tai maatalouspolitiikan kehittämiseksi siten, että menetelmä tulee lopulta vietyä käytäntöön ja toivottu ympäristöhyöty saavutetaan. Tässä luvussa tuomme esille muutamia viimeaikaisia tutkimuksia ja tuloksia viljelijöiden näkemyksistä maatalouden ympäristökysymyksiin liittyen.

### 2.8.2. Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksen ja maatalouden väliset kytkennät nousivat laajemmin tutkimuksen ja keskustelun aiheiksi Suomessa reilut 10 vuotta sitten. Vuosina 2015–2022 toteutettu OPAL-Life hanke kehitti innovatiivisia menetelmiä maatalouden ilmastopäästöjen hillitsemiseksi (esim. Peltonen-Sainio ym. 2020 ja 2019) yhdessä viljelijöiden kanssa. Hankkeessa toteutettiin laajoja ilmastomuutosaiheisia viljelijöiden haastatteluja ja kyselytutkimuksia (2018; vastaajien määrä 4 401, 2020; vastaajien määrä 2 000 ja 2022; vastaajien määrä 2 590), joita jatketaan Luonnonvarakeskuksessa edelleen (2025).

Suomalaisten maanviljelijöiden keskuudessa ei ole paljonkaan ilmastoskeptisyyttä, eikä ilmastomuutoksen olemassaoloa juurikaan kiistettyä. Jo vuosina 2018 ja 2020 toteutettujen kyselytutkimusten mukaan vain pari prosenttia vastaajista tunnustautui ilmastoskeptikoiksi (Sorvali ym. 2021). Viljelijöiden näkemys ilmastomuutoksesta riskinä on pysynyt suhteellisen tasaisena vuosien kuluessa: n. 70 % suomalaisista viljelijöistä piti ilmastomuutosta suurena uhkana globaalille maataloudelle vuosien 2018, 2020 ja 2022 kyselyiden mukaan. Viljelijöiden näkemyksen mukaan ilmastomuutos ei uhkaa suomalaista maataloutta samassa määrin, vain n. 30 % vastaajista piti uhkaa suurena vuosina 2018 ja 2020, sekä n. 36 % vuonna 2022 (Sorvali ym. 2021, Haltia ym. 2025). Alhainen riskinäkemys vaikuttaa alentavasti viljelijöiden motivaatioon tehdä ilmastotoimia. Kovinkaan moni viljelijä ei tunnistanut ilmastomuutoksen

vaikutuksia omassa ympäristössään vielä vuonna 2018, mutta viimeaikaista tietoa asiasta ei ole saatavissa. Maanviljelijät kuitenkin ajattelivat jo tuolloin ilmastonmuutoksen vaikutusten maatalouteen lisääntyvän tulevaisuudessa. Erityisesti leudomprien talvien, rankkasateiden, kasvitautilien, -tuholaisten, tulvien ja rikkakasvien aiheuttaman paineen odotetaan kasvavan tulevaisuudessa. Sen sijaan maaperän eroosion, kuivuuden ja ravinteiden huuhtoutumisen vaikutusten ei odotettu yleisesti lisääntyvän (Peltonen-Sainio ym. 2020). Ilmastonmuutos voi tuoda suomalaiselle maa- ja metsätaloudelle myös uusia mahdollisuuksia, jos pystymme sopeutumaan sen mukana tuleviin haasteisiin (Huhta & Melin toim. 2023). Myös monet viljelijät ajattelevat ilmastonmuutoksen tuovan mahdollisuuksia suomalaiselle maataloudelle. Ajatus mahdollisuuksista on kasvanut hieman vuosien kuluessa. Vuonna 2018 mahdollisuuksiin uskoi n. 50 % viljelijöistä ja vuonna 2022 n. 53 % vastaajista (Sorvali ym. 2021, Haltia ym. 2025). Yhdessä alhaisen riskinäkemyksen kanssa, ajatus ilmastonmuutoksen mukanaan tuomista mahdollisuuksista voi laskea viljelijöiden motivaatiota ilmastonmuutoksen hillintätoimiin.

Tutkittaessa maatalouden ilmastotoimiin ryhtymisen selittäviä tekijöitä suomalaisilla viljelijöillä perustuen sosiaalipsykologi Paul C. Sternin kehittämään arvo-uskomus-normiteoriaan (value-belief-norm, VBN) (Stern 2000), tärkein viljelijöiden ilmastotoimiin ryhtymistä selittävä yksittäinen tekijä oli viljelijän näkemys omasta kyvystään tehdä konkreettisia ilmastotoimia (Sorvali ym. 2022a, Sorvali 2023). Vuosien 2018 ja 2022 välillä viljelijöiden usko omien ilmastotoimien vaikuttavuuteen on ilahduttavasti kasvanut. Kun vuonna 2018 n. 50 % vastanneista viljelijöistä ajatteli omilla viljelyratkaisulla olevan vaikutusta ilmastopäästöihin, vuonna 2022 n. 59 % vastaajista oli sitä mieltä. Myös muut viljelijän omia vaikutusmahdollisuuksia kuvaavat mittarit osoittivat lisääntyvää uskoa omiin mahdollisuuksiin ilmastotoimien tekijänä (Sorvali ym. 2021, Haltia ym. 2025). Vaikutusta on myös sillä, kokevatko viljelijät olevansa vastuussa ilmastotoimien tekemisestä. Ainoastaan n. 35 % viljelijöistä ajatteli heillä olevan henkilökohtainen vastuu ilmastopäästöjen vähentämisestä vuosina 2018 ja 2020 (Sorvali 2023). Parhailaan käynnissä olevan tutkimuksen mukaan viljelijöillä on vahva ajatus siitä, ettei maataloussektori ole yksistään vastuussa ilmastopäästöistä, joten myös muiden sektoreiden tulisi osallistua ilmastotalkoisiin. Tämä voi selittää alhaista lukua henkilökohtaisen ilmastovastuun kohdalla.

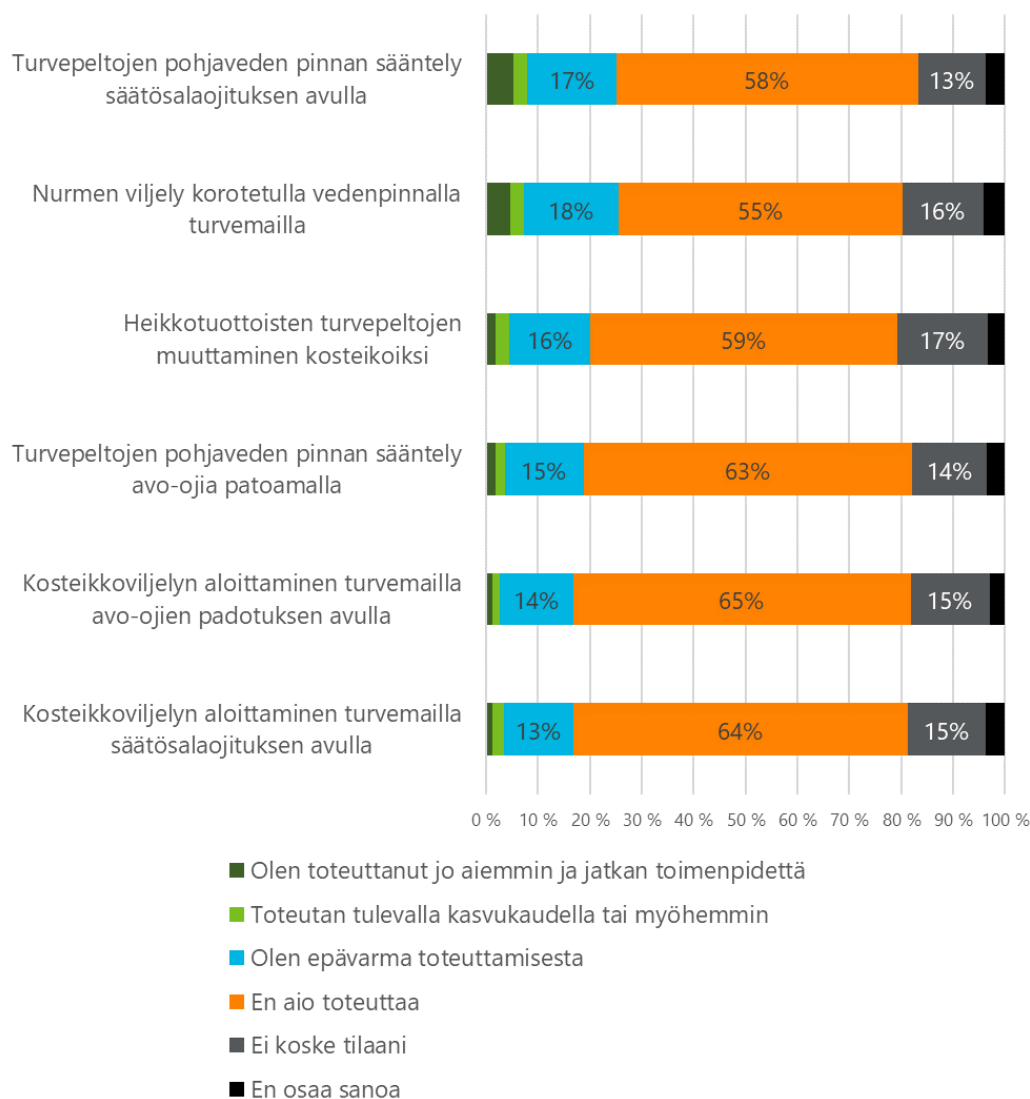
Eri maanviljelijäryhmien välillä on suuriakin eroja ilmastonmuutokseen liittyvissä näkemyksissä. Yleistäen naiset, luomuviljelijät sekä yliopistotutkinnon suorittaneet viljelijät kannattavat maatalouden ilmastotoimia enemmän kuin muut ryhmät. Tuotantosuunnalla ja maatalon maantieteellisellä sijainnilla ei todettu olevan juurikaan vaikutusta ilmastotoimihalukkuuteen (Sorvali 2023). Taustamuuttujien lisäksi myös viljelijän arvot vaikuttavat hänen ilmastonäkemyksiinsä, sekä halukkuuteen tehdä erilaisia ilmastotoimia (Sorvali ym. 2022a, Sorvali ym. 2022b). Myös tunteiden roolia viljelijöiden ilmastotyössä tutkitaan parhaillaan.

Keskeistä on ymmärtää, ettei ole olemassa jotain yhtä ja yhtenevää viljelijänäkemyksiä ilmastonmuutoksesta tai siihen liittyvistä toimenpiteistä, vaan joukko erilaisia näkemyksiä perustuen erilaisiin kokemuksiin ja taustatekijöihin (Sorvali 2023). Toki joissain teemoissa viljelijöiden näkemykset ovat enemmän toistensa kaltaisia kuin joissain toisissa. Näkemykset myös muuttuvat ajassa tiedon ja kokemusten lisääntyessä.

### 2.8.3. Vesienhallinta turvepelloilla

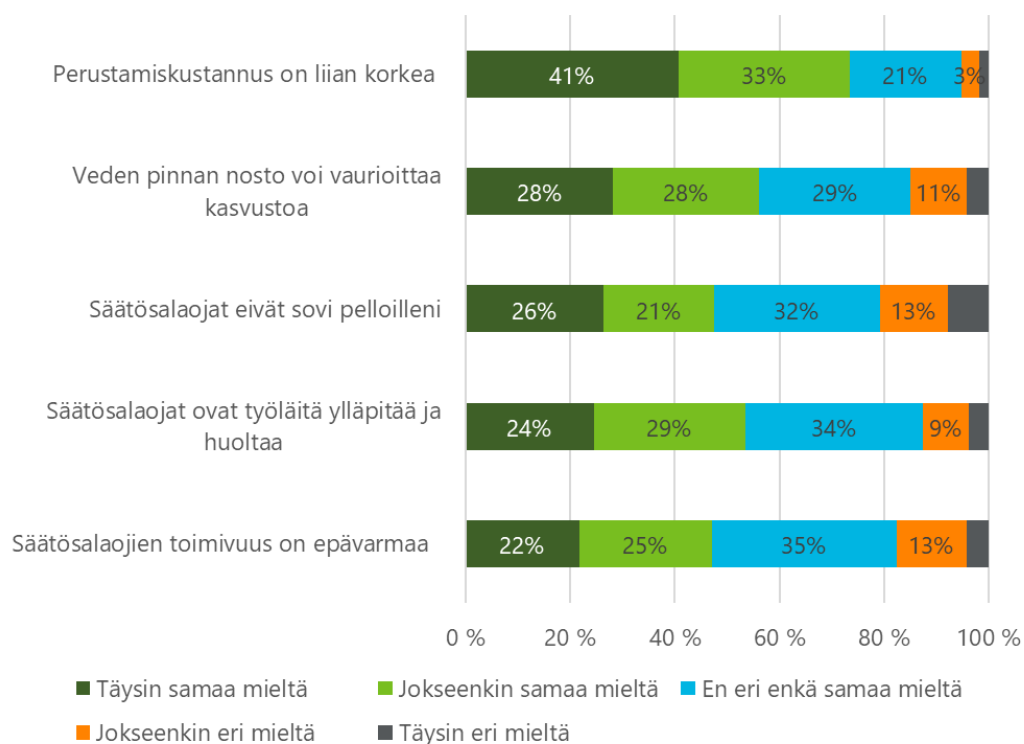
TUIMA-hankkeessa vuonna 2022 tehdyn kyselytutkimuksen mukaan (Haltia ym. 2025) vain pieni osa turvemaata viljelleistä viljelijöistä aikoi tehdä vedenpinnan säätelyyn liittyviä

toimenpiteitä. Noin 5 % vastaajista oli vastauksensa perusteella jo säädellyt turvepeltojen pohjaveden pintaa sääätosalaoituksen avulla tai viljellyt nurmea korotetulla veden pinnalla (Kuva 9), ja aikoi myös jatkaa näin toimimista. Vajaa kaksikymmentä prosenttia vastaajista oli epävarma siitä, aikooko tehdä edellä mainittuja toimia. Selvästi suurin osa vastaajista ei aikunut toteuttaa vedenpinnan nostoon liittyviä toimenpiteistä. Vielä pienempi osa vastaajista aikoi aloittaa turvepellolla kosteikkoviljelyn, nostaa vedenpintaa avo-ojia patoamalla tai vettä heikkotuottoisen turvepellon kosteikoksi.



**Kuva 9.** Maatalousyrittäjän aikomus toteuttaa turvemaalle kohdistuvia toimenpiteitä (n=687) (Haltia ym. 2025)

Viljelijöiltä kysyttiin kuinka paljon erilaiset tekijät rajoittavat vedenpinnan nostamiseen liittyvien toimenpiteiden tekemistä turvepelloilla (Kuva 10). Tarkastellut rajoitteet valittiin sidosryhmien kanssa käytyjen keskusteluiden ja aiemman tutkimuksen perusteella. Merkittävin este oli korkea perustamiskustannus, jonka koki rajoitteeksi lähes kolme neljännestä vastaajista. Yli puolet vastaajista oli täysin tai jokseenkin samaa mieltä väittämien kanssa, joiden mukaan veden pinnan nosto vaurioittaa kasvustoa tai että salaojat ovat työläitä ylläpitää ja huoltaa. Lähes puolet vastaajista olisi sitä mieltä, että salaojat eivät sovi heidän pelloillensa tai että salaojien toimivuus on epävarmaa.

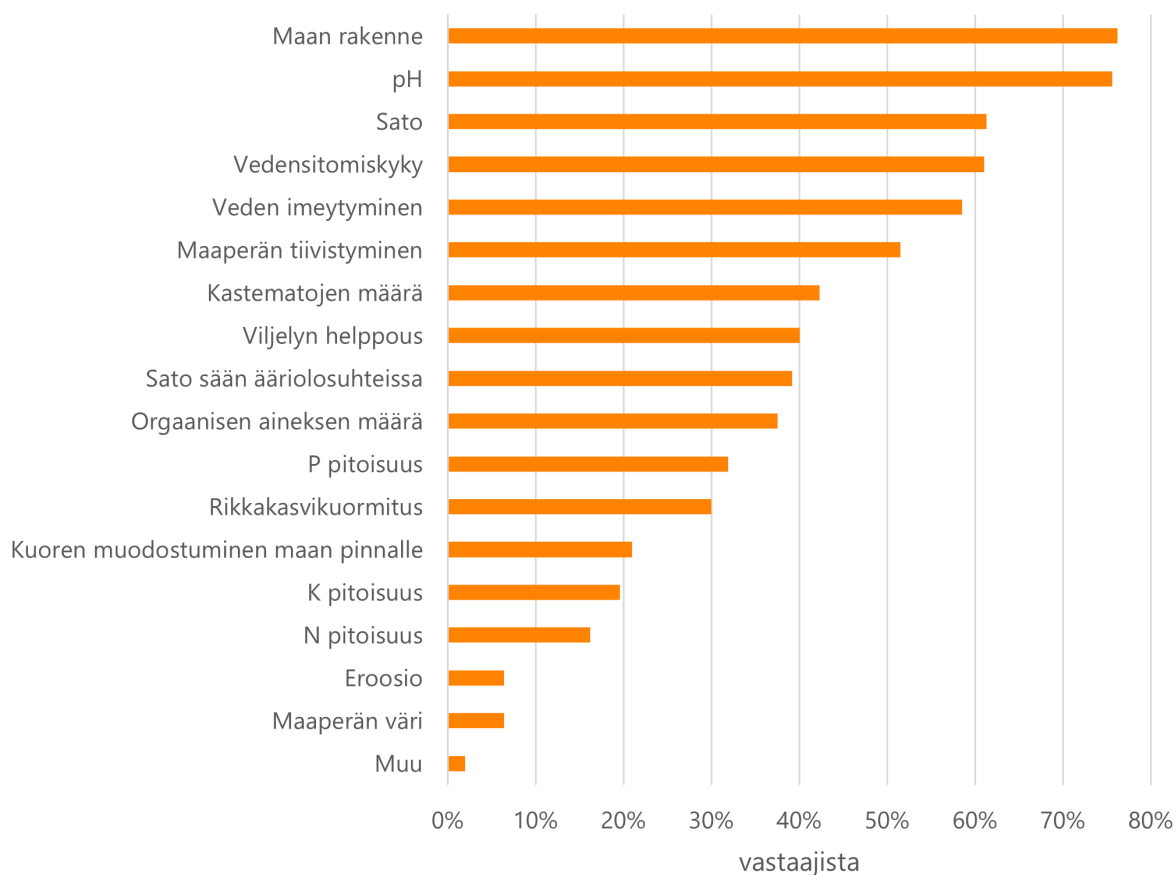


**Kuva 10.** Erityisesti kosteikon perustamista ja säätösalaajituksen käyttöönottoon liittyviä rajoitteita (n=687) (Haltia ym. 2025).

#### 2.8.4. Maanparannusmenetelmät

Peltomaan monimuotoisuutta voidaan lisätä vain, jos viljelijät ovat kiinnostuneet toteuttamaan monimuotoisuustoimenpiteitä. EU:n rahoittamassa SoildiverAgro-hankeessa selvitettiin viljelijöiden halukkuutta maaperän laadun parantamiseen (Pouta ym. 2025). Kuudella Euroopan kasvillisuusvyöhykkeellä (viidessä maassa) toteutettiin viljelijäkysely vuonna 2023, jolla selvitettiin viljelijöiden näkemyksiä peltomaan monimuotoisuutta lisäävistä toimista ja kiinnostusta toteuttaa niitä. Suomesta kyselyyn vastasi 358 viljelijää.

Kyselyn mukaan Suomessa keskeisimpiä tekijöitä, joiden mukaan viljelijät arvioivat peltomaan laatua viljelyn kannalta, ovat maaperän rakenne, pH, vedensitomiskyky ja sato (Kuva 11). Peltomaan monimuotoisuutta indikoivaan kastematojen määrään kiinnitti huomiota 43 % viljelijöistä. Viljelijöistä kolme prosenttia arvioi oman tilansa maaperän laadun erittäin hyväksi. Tyyppillinen arvio oli melko hyvä, jonka ilmoitti 48 % vastaajista.

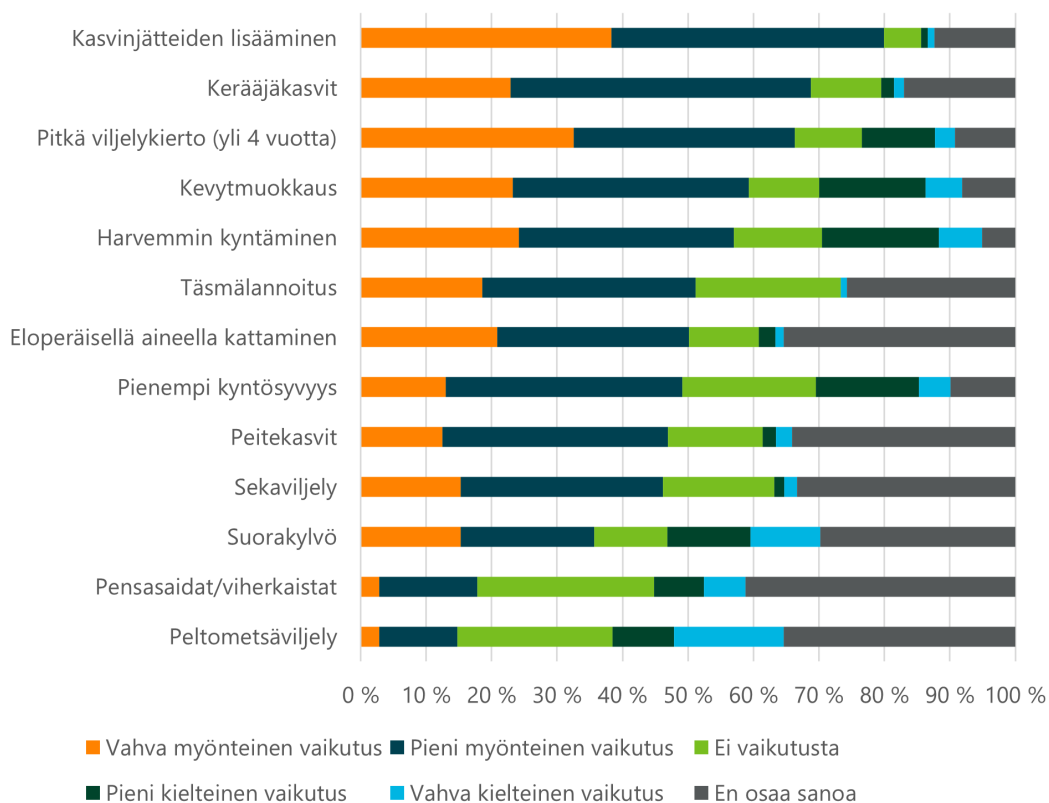


**Kuva 11.** Peltomaan laadun arvioinnissa käytetyt tekijät.

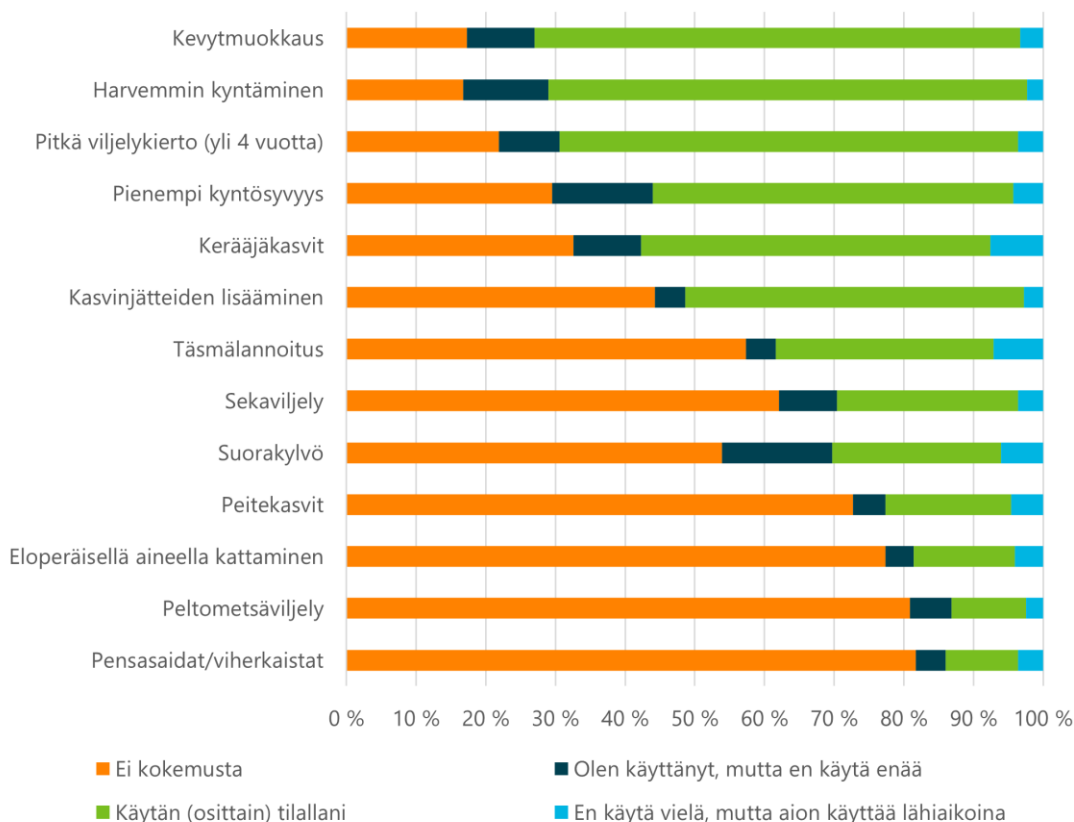
Viljelijöiltä kysyttiin, kuinka he arvioivat erilaisten viljelykäytäntöjen ja tuotantotapojen vaikuttavan maaperän laatuun. Kolmestatoista kyselyssä luetellusta viljelykäytännöstä eniten pelto- maan laatua parantaviksi arvioitiin kerääjäkasvit ja eloperäisen aineen lisääminen (Kuva 12).

Viljelijöillä oli eniten kokemusta kyntöjen harventamisesta, pienemmästä kyntösyvyydestä, kevyt- muokkauksesta, kasvijätteen lisäämisestä, pitkistä viljelykierroista ja kerääjäkasveista (Kuva 13). Aikomukset ottaa uusia käytäntöjä käyttöön kohdistuivat erityisesti kerääjäkasveihin, kevyt- muokkaukseen ja täsmälannoitukseen.

## Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 4/2026



**Kuva 12.** Viljelijöiden arvio eri viljelykäytäntöjen ja tuotantotapojen vaikutuksista maaperän laatuun.



**Kuva 13.** Kokemus eri viljelykäytäntöjen ja tuotantotapojen käytöstä.

Viljelijöiden halukkuutta parantaa peltomaan laatua selitettiin suunnitellun käyttäytymisen teoriaan (Theory of planned behavior) pohjaavalla rakenneyhtälömallilla (Pouta ym. 2025). Peltomaan laadun parantamiseen liittyvät asenteet olivat keskeinen aikomusten selittäjä, kun taas koetuilla normiryhmillä ja rajoitteilla oli vähemmän merkitystä aikomuksille parantamaan laatua. Tuotantotavalla, luomulla tai tavanomaisella oli mallissa melko vähän vaikutusta, ja vaikutus kohdistui lähinnä eettisiin syihin parantaa maaperän laatua. Nämä koettiin keskeisemmiksi luomutuotannon piirissä.

Suomessa tarkasteltiin erityisesti kasvipeitteiseen viljelyyn yhdistettyä kevytluokkausta. Viljelijöistä 61 % ilmaisi selkeää kiinnostusta tämän käytännön käyttöönottoon. Vaikutukset peltomaan kosteuteen, rakenteeseen ja rikkakasvien hallintaan olivat keskeisiä tekijöitä, kun viljelijät arvioivat tämän käytännön vaikutuksia. Usko siihen, että käytäntö voisi vähentää valumaa, vaikutti myös myönteisesti viljelijöiden kiinnostukseen ottaa käytäntö käyttöön. Ympäristötaivoitteita painottavilta viljelijöiltä saadut kokemukset koettiin tärkeiksi, mutta ne eivät merkittävästi vaikuttaneet aikomukseen omaksua viljelykäytäntöä. Poliittikkatyökalut, erityisesti tukimahdollisuudet, nähtiin vaikuttavina tekijöinä. Aikomukset käyttää käytäntöä muotoutuivat suurelta osin aiempien kokemusten ja asenteiden perusteella.

### 2.8.5. Viljelijäyhteistyö

Hiilestä kiinni rahoituskokonaisuudessa painotettiin viljelijöiden ja muiden maatalouden sidosryhmien osallistamista hankkeisiin, jotta tutkimustieto voidaan kytkeä käytännön tietoon maataloilta ja esimerkiksi ilmastokestäviä viljelytoimia saadaan jalkautettua tehokkaammin tiloille. Monessa Hiilestä Kiinni -hankkeessa toteutettiin viljelijäyhteistyötä tavalla tai toisella. Alla kuvaamme yhden onnistuneen esimerkin viljelijöiden ja tutkijoiden yhteistyöstä korostaen yhteistyön onnistumisen kannalta keskeisiä asioita.

VÄPÄ-hankkeessa etsittiin yhteistyötiloja, jotka hankkeessa lähtisivät kokeilemaan ja pilotoimaan tutkimuksen kautta hyväksi osoitettuja viljelytoimia turvepelloilla (Liimatainen ym. 2023). Tiloja etsittiin Keski- ja Pohjois-Pohjanmaalta eli alueilta missä turvepeltojen määrä on Suomen suurimpia ja turvepeltoihin liittyvä keskustelu myös kiivainta. Hankkeeseen haluttiin mukaan nurmea viljeleviä Valion maitotiloja ja yhteydenotot tiloihin toteutti hankkeessa mukana olleet Pohjolan Maito sekä ProAgria Oulu. Tämän katsottiin olevan tehokkaampi tapa saada tilat aktiivisesti toimiin mukaan kuin että Luonnonvarakeskuksen tutkija olisi ollut ensimmäinen yhteydenottaja. Tällä tavalla saatiin matkaan 11 karjatilaa. Jotta tilat saatiin sitoutettua hankkeen toimintaan mukaan, se vaati lukuisia puhelinsoittoja ja tiloilla käyntejä, jotta hanke ja henkilöt tulivat tutuiksi. Kunkin tilan kanssa etsittiin heitä itseään kiinnostavat asiat eli kullekin tilalle räätälöitiin oma heitä kiinnostava viljelymenetelmän pilotointi (Kuva 14). Tällaisia toimia olivat esimerkiksi niittokorkeuden testaus, eri muokkausmenetelmät sekä biokaasulaitosten näytteenotto. Lisäksi kaikille tiloille valittiin yksi yhteinen toimi, joka sitoi heidän toimintansa yhteen ja missä suhteessa he pystyivät vertailemaan omia tuloksiaan muiden tilojen tuloksiin. Yhteiseksi tekijäksi valittiin jatkuvatoiminen pohjavesitason mittaus Oulun yliopiston toteuttamana viljelijän itsensä valitsemalla turvepellolla (Läpikivi ym. 2024). Jotta tilat eivät kokeneet hankkeesta mukana olemista liian työlääksi, viljelijöitä pyrittiin vaivaamaan mahdollisimman vähän ja tilavierailuja tekivät vain tietyt hankehenkilöt, jotta henkilöt tulivat tutuiksi. Jotta tilat kokivat saavansa hankkeesta jotain myös itselleen, tiloille järjestettiin yhteisiä tapaamisia kerran tai kahdesti vuodessa, missä hankkeen toiminnasta ja tuloksista kerrottiin kasvotusten ja viljelijöillä oli mahdollisuus tutustua toisiinsa ja verkostoitua hankkeen kautta.

Tilaisuudet pyrittiin järjestämään niin, että keskustelulle ja viljelijöiden omille palautteille, asiasta tai asian vierestä, jäi riittävästi aikaa.

VÄPÄ-hankkeessa tavoitteena oli löytää keinoja viljellä turvepeltoja ilmastokestävästi. Viljelijät ovat valveutuneita ja hyvin tietoisia turvepeltojen suurista kasvihuonekaasupäästöistä. Päästöjen vähentäminen ei sinänsä ole kuitenkaan asia, joka olisi heille tilatoiminnassa kovinkaan konkreettinen, koska siihen ei tällä hetkellä saa tukea, eikä kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen sinänsä vaikuta suoraan tilan toimintaan. Jotta tilat saadaan pysymään aktiivisesti toiminnassa mukana, on löydettävä ne viljelytoimet, joilla tilat voivat välillisesti vaikuttaa ilmastopäästöihin ja joilla on suurempi vaikutus heidän tilan toimintaansa esimerkiksi suurempien satojen kautta. Kun toimenpiteet ovat sellaisia, jotka mahdollisimman moni pystyy tekemään ja kun viljelijällä on kokemus, että hän voi itse valita omalle tilalleen soveltuvimmat toimenpiteet, hyviä käytäntöjä saadaan tehokkaammin vietyä tilatasolle.

VÄPÄ-hankkeessa rakennettu viljelijäyhteistyöverkosto oli onnistunut, sillä hankkeen päätyttyä jokainen tila halusi jatkaa jatkohankkeessa turvepeltojen pohjavesimittauksia. Viljelijäyhteistyöverkosta sekä pohjavesimittauksia saatiin laajennettua 18 tilaan. Verkostoitumisen arvo on suuri, sillä uusien parempien viljelykäytäntöjen tehokkainta jalkautusta tiloille on, kun viljelijä jakaa omia hyviä kokemuksiaan toisille viljelijöille sen sijaan, että tutkija kertoo mitkä toimet olisivat hyviä erityisesti, jos toimenpiteiden käytännön toteutettavuus mietityttää.



**Kuva 14.** Tutkimustiedon yhdistäminen viljelijöiden omaan käytännön kokemuksiin esimerkiksi tiloilla tehtävien pilotointien avulla on tehokas tapa jalkauttaa hyviä käytäntöjä eteenpäin maataloilla (Kuva: Maarit Liimatainen, Luke).

### 2.8.6. Tietotarpeet

Jotta viljelijät saataisiin tehokkaammin toteuttamaan omilla tiloillaan ympäristöystävällisiä ja ilmastokestäviä toimia pitäisi niiden vaikuttavuus pystyä osoittamaan selkeämmin tutkimukseen pohjaten. Viljelykäytäntöjen ympäristövaikutuksiin liittyvä tieto vaikuttaa asenteisiin ja edelleen käytäntöjen omaksumiseen. Hyvien käytäntöjen onnistunut jalkauttaminen tiloille

vaatii sen, että eri toimenpiteiden käytännön toteutettavuus on hyvin mietitty ja testattu riittävän isossa mittakaavassa. Tiedon jalkauttamiseen liittyvä tutkimus ja yhteiskehittely viljelijöiden kanssa voisi avata uusia näkökulmia käytäntöjen muuttumiseen.

Tilojen kannattavuus on ollut ongelmana nykyisessä maatalouden rakennemuutoksessa, eikä viljelijä ole valmis ottamaan ylimääräisiä riskejä viljelytoimissa erityisesti, jos kokee, että toimenpiteistä ei ole hänelle varsinaisesti mitään hyötyä esimerkiksi suurempien satojen tai säästettyjen tuotantopanosten kautta. Monet viljelijät kokevat, että paine ympäristö- ja ilmastotoimien tekemisessä kohdistuu voimakkaasti maatalouteen ja alkutuotantoon. Jotta hyviä käytäntöjä saataisiin tulevaisuudessa vietyä paremmin osaksi tilojen toimintaa, viljelijöiden tulisi kokea, että ilmasto- ja ympäristöasioiden edistäminen on toteutettu yhteiskunnassa reilusti.

Osa päästövähennystoimista sopii vain tiettytyypisille kohteille. Esimerkiksi vettäminen ei ole kaikissa kohteissa mahdollista maastonmuotojen tai ympäröivän maankäytön vuoksi. Jatkossa tulisi tarkastella tarkemmin myös sitä, että millaisia alueita eri tavoin suhtautuvat maanomistajat omistavat ja mitkä toimet ovat tilan ominaisuuksien näkökulmasta mahdollisia niille maanomistajille, joilla on enemmän kiinnostusta toteuttaa niitä.

Myös erilaiset yhteistoiminnan muodot voisivat edelleen edistää uusien käytäntöjen jalkauttamista. Viljelijöille tärkeitä viiteryhmiä peltomaan hoitoon liittyvissä päätöksissä ovat toiset viljelijät, jotka voivat tarjota kokemusperäistä tietoa. Moni maatalouden ympäristövaikutuksia vähentävä toimenpide pohjaa valuma-alueen tarkasteluun, missä eri maanomistajien ja viljelijöiden yhteistyö korostuu onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi. Ympäristöyhteistyön rakentaminen valuma-aluepohjaisesti hyötyisi tutkimukseen pohjaavista kokeiluista ja toimivimpien yhteistyövaihtoehtojen hahmottelusta.

### 2.8.7. Viitteet

- Haltia, E., Aalto-Setälä, J., Horne, P., Hänninen, J., Kauppi, P., Kekkonen, H., Korhonen, O., Koskela, T., Kujala, P., Maidell, M., Niemi, J., Ruuskanen, O.-P., Sorvali, J., Wejberg, H. & Lehtonen, A. 2025. Turvemaiden omistajat tuuppauksen kohteena: Taustaselvitys tuuppausohjauskeinojen kehittämiseksi. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 8/2025. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 84 s.
- Huhta, E. & Melin, M. (toim.) 2023. Ilmastonmuutoksen ja sään ääri-ilmiöiden vaikutukset luontoon ja luonnonvaratalouteen : Synteesiraportti. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 118/2020. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 62 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-849-2>
- Liimatainen, M., Joki-Tokola, E., Lötjönen, T., Niiranen, M., Nieminen, J., Semberg, S., Mattila, Kati., Manni, K., Jokela, R., Pätsi, H., Sohlo, M., Korva, J., Hakala, T., Läpikivi, M. & Marttila, H. 2023. Vähempipäästöiset nurmikierrat turvellidoilla (VÄPÄ): MMM:n hiilestä kiinni -maankäyttösektorin ilmastotoimenpidekokonaisuusloppuraportti. Luonnonvarakeskus, 41 s. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe202501021059>
- Läpikivi, M., Liimatainen, M. & Marttila, H. 2024. Turvepeltojen valuma-alueilta vettä päästövähennyksiä varten. Vesitalous 6/2024, s. 42-45.

- Peltonen-Sainio, P., Sorvali, J. & Kaseva, J. 2020. Winds of change for farmers: Matches and mis-matches between experiences, views and the intention to act. *Climate Risk Management* 27. 17 p. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.100205>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L. & Latukka, A. 2020. Interactive tool for farmers to diversify high-latitude cereal-dominated crop rotations. *International Journal of Agricultural Sustainability* 18(4): 319–333. <https://doi.org/10.1080/14735903.2020.1775931>
- Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, L., Laurila, H., Sorvali, J., Honkavaara, E., Wittke, S., Karjalainen, M. & Puttonen, E. 2019. Land use optimization tool for sustainable intensification of high-latitude agricultural systems. *Land Use Policy* 88. 10 p. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104104>
- Pouta, E., Bijttebier, J., Aleksandrova, O. Tienhaara, A. ym. 2025. Farmers' adoption of sustainable soil management practices. Deliverable 6.4. SoildiverAgro.
- Sorvali, J. 2023. Finnish farmers' climate change perceptions: Towards a psychological understanding of pro-environmental behavior in agriculture: Doctoral Dissertation. *Natural resources and bioeconomy studies*, 53/2023. <http://hdl.handle.net/10138/357196>
- Sorvali, J., Liu, X. & Kaseva, J. 2022a. Climate change opportunities reduce farmers' risk perception: extension of the Value-Belief-Norm theory in the context of Finnish agriculture. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.939201>
- Sorvali, J., Kaseva, J., Vainio, A., Verkasalo, M., Peltonen-Sainio, P. 2022b. Value priorities of the Finnish farmers—Time to stop thinking of farmers as inherently conservative and traditional. *Journal of Community and Applied Social Psychology* 32(2): 12–240. <https://doi.org/10.1002/casp.2561>
- Sorvali, J., Kaseva, J. & Peltonen-Sainio, P. 2021. Farmer views on climate change – a longitudinal study of threats, opportunities and action. *Climatic Change* 164(3-4): 19. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03020-4>
- Stern, P.C. 2000. New Environmental Theories: Toward a Coherent Theory of Environmentally Significant Behavior. *Journal of Social Issues* 56(3): 407–424. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00175>

### 3. Johtopäätökset

Raportissa esitetyt tulokset osoittavat, että eri menetelmillä on selkeä potentiaali vaikuttaa positiivisesti erityisesti yksittäisiin ympäristömuuttujiin. Esimerkiksi kasvipeitteisyys ja suorakylvö voivat vähentää merkittävästi eroosiota, vesienhallinnalla voidaan vaikuttaa turvepeltojen päästöihin ja maanparannusaineet voivat vähentää vesistökuormitusta (Kuva 15). Viljelykasvivalinnoilla ja viljelykasvijärjestelmien suunnittelulla voidaan vaikuttaa useisiin eri ympäristötekijöihin sekä taloudelliseen tulokseen. Kokonaisuuden hallinnan kannalta on haaste, että ympäristökuormitusmuuttujia on suuri määrä ja ympäristökuormia vähennettäessä on tärkeää samanaikaisesti ylläpitää tai kasvattaa satotasoa. Toimenpiteet vaikuttavat harvoin haluttuun suuntaan jokaisen muuttujan suhteen. Esimerkiksi suorakylvö voi vähentää tehokkaasti maaperän eroosiota, mutta samanaikaisesti tyypillisesti lisää liukoisen fosforin kuormitusta ja voi pienentää satotasoa. Maanparannusaineilla on erilaisia vaikutuksia mm. aineen prosessointimenetelmästä riippuen, ja aineiden tuotantokeskittymät eivät aina sijaitse optimaalisesti potentiaalisimpien käyttökohteiden välittömässä läheisyydessä. Turvepeltojen vesienhallinnan vaikutukset voivat riippua turpeen paksuudesta. Jokaisessa menetelmien vaikutuksia kuvaavissa osiossa (2.1–2.6) tuleekin esille menetelmien tehokkaan kohdentamisen potentiaaliset hyödyt. Lisäksi tietotarpeena mainittiin useimmiten vaikutusmekanismien parempi ymmärrys. Mekanismien ymmärrys on oleellista, jotta menetelmien soveltuvuutta ja toimivuutta eri olosuhteisiin voidaan arvioida.

Toimenpide	Toimenpiteen soveltamisen haasteet						Toimenpiteeseen liittyviä tietotarpeita	
	Kasvihuonekaasupäästöjen väheneminen	Vesistökuormituksen hillintä	Maan rakenteen paraneminen	Biodiversiteetti	Satotaso	Hilien kerryttäminen		
Vesienhallinta	■	■					Paksu turve, veden riittävyys	Veden riittävyys, seuranta, sadot, päästökertoimet, monimuotoisuus
Ravinteiden kierrätys	■						Parhaat viljelykäytännöt ja alueellisuus	Huuhtoumat, päästöt ja ravinteiden käyttökelpoisuus eri olosuhteissa
Maanmuokkauksen vähentäminen		■					Korkean eroosion alueet ja liukoisen fosforin kuormitus	Suorakylvö kärkeilla ja eloperäisillä maalajeilla
Maanparannusaineet		■	■	■		■	Parhaat viljelykäytännöt ja alueellisuus	Mekanismit, parhaat viljelykäytännöt ja alueellinen priorisointi
Viljelykasvivalinnot		■	■	■	■	■	Soveltuvuus eri olosuhteisiin	Ajantasainen ja ennakoiva soveltuvuus
Viljelykasvijärjestelmät		■	■	■	■	■	Soveltuvuus eri olosuhteisiin	Parhaat kasvilajien, viljelykierron ja viljelytoimien yhdistelmät

**Kuva 15.** Tutkimukseen perustuvat parhaat toimenpiteet (vihreällä), joilla vaikuttaa peltomailla ympäristö- ja agronomisiin muuttujiin ja toimenpiteiden soveltamiseen liittyvät haasteet sekä tietotarpeet. Taulukko havainnollistaa vaikutuksia tässä raportissa esitettyjen tulosten kautta, eikä ole kattava kaikkien Suomessa tehtyjen tutkimusten suhteen. Harmaalla merkityt solut tarkoittavat, että toimenpiteen vaikutuksista ei ole selkeää positiivista tai negatiivista tutkimusnäyttöä, tai toimenpiteen vaikutukset vaihtelevat maalajista ja muista olosuhteista riippuen.

Kohdentamismenetelmissä sekä mekanistisessa ymmärryksessä onkin tapahtunut selvää kehitystä EJP SOIL ja Hiilestä kiinni -tutkimusohjelmien aikana. Kohdentamismenetelmien haasteena on aineistojen rajallinen kattavuus ja menetelmien kehitykselliset haasteet. Nykyisellään kohdentamiseen liittyvien menetelmien ja aineistojen kehitys on tyypillisesti tarvelähtöistä ja yhteen ympäristömuuttajaan keskittävää monia ympäristömuuttujia käsittelevien mallien

sijaan. Teknisesti useiden muuttujien yhtäaikaista kohdentamista edesauttavat ratkaisut näyttävät mahdollisilta. Ne kuitenkin vaativat tuekseen suuria määriä mittausaineistoja ja luultavasti myös prosessitason tutkimusta. Myös mittausaineistojen tuotanto ja hyödyntäminen malleissa toteutuu usein erillisten tutkimushankkeiden kautta, mikä ei ole optimaalisin tapa vastata suuriin systeemiin haasteisiin. Tutkimusrahoitusohjelmilla on mahdollisuus kohdentaa tutkimustyötä strategisesti suuriin kokonaisuuksiin, ja sitä kautta rakentaa systeemisesti monien muuttujien yhtäaikaista tarkastelua ja kokonaiskestävien ratkaisujen löytymistä.

Ratkaiseva asema toimenpiteiden käyttöönotossa on viljelijöillä, joita motivoi usko omien ympäristötekojen vaikuttavuuteen. Tutkittu tieto esim. ilmastonmuutoksen uhkista kannustaa ympäristötoimenpiteisiin, mutta menetelmistä aiheutuvat lisäkustannukset voivat rajoittaa kiinnostusta. Parhaiden uusien viljelykäytäntöjen edistämiseksi viljelijöiden keskinäinen verkostoituminen ja hyvien kokemusten jakaminen on keskeisessä roolissa. Tutkimuksen tuottamaa tietoa kannattaakin lähteä viemään eteenpäin yhteistyössä viljelijöiden kanssa, monitoimijaisissa verkostoissa.



**Löydät meidät  
verkosta**

**luke.fi**



Luonnonvarakeskus (Luke) Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki