

Maatalouden ympäristökuormitus: kohti parempaa tietoperustaa ja sääntelyä

Tutkimussuunnitelma (20.11.2017)

Suomen ympäristökeskus SYKE, Luonnonvarakeskus Luke, Helsingin yliopisto, Pyhäjärvi-instituutti, ELY-keskus

Sisällys

Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	1
Työpaketti 1: Kohti maatalouden digiloikkaa ja tehokasta hallintaa	2
Osatutkimus 1A: Yhdenntyn ravinnetietojärjestelmän oikeudelliset ja käytännölliset edellytykset	3
Osatutkimus 1B: Maatalouden ympäristönsuojelutoimien arviointi ja tehostaminen peltolohkokohtaisen tiedon avulla	4
Työpaketti 2: Maatalouden rehevöittävä fosforikuormitus ja sen vähentäminen	4
Osatutkimus 2A: Muokkauksen vaikutus liuenneen ja hiukkasmaisen fosforin huuhtoutumiseen	5
Osatutkimus 2B: Maa-ainesfosforin vapautuminen vesistöissä.....	6
Osatutkimus 2C: Rakennekalkitus maatalouden fosforikuormituksen vähentäjänä	7
Osatutkimus 2D: Rehevöittävän fosforikuorman kustannustehokas hallinta	8
Työpaketti 3: Viljelyjärjestelmien sopeutuminen muuttuviin ilmastollisiin olosuhteisiin ja ympäristövaatimuksiin – Käytännön ratkaisut kokeilualueilla ja vaikutusten seuranta.....	9
Osatutkimus 3A: Systeemianalyttinen menettelytapa ympäristövirtaamien hallinnassa	10
Osatutkimus 3B: Uuden seuranta-alustan luominen	11
Osatutkimus 3C: Kaksitasouomien mitoitus ja kosteikkojen tehokkuuden parantaminen	11
Osatutkimus 3D: Peltojen kasvukunnon parantaminen	11
Hankekokonaisuuden hallinta	12
Tiedottaminen ja vuorovaikutus.....	12
Budjetti.....	13

Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

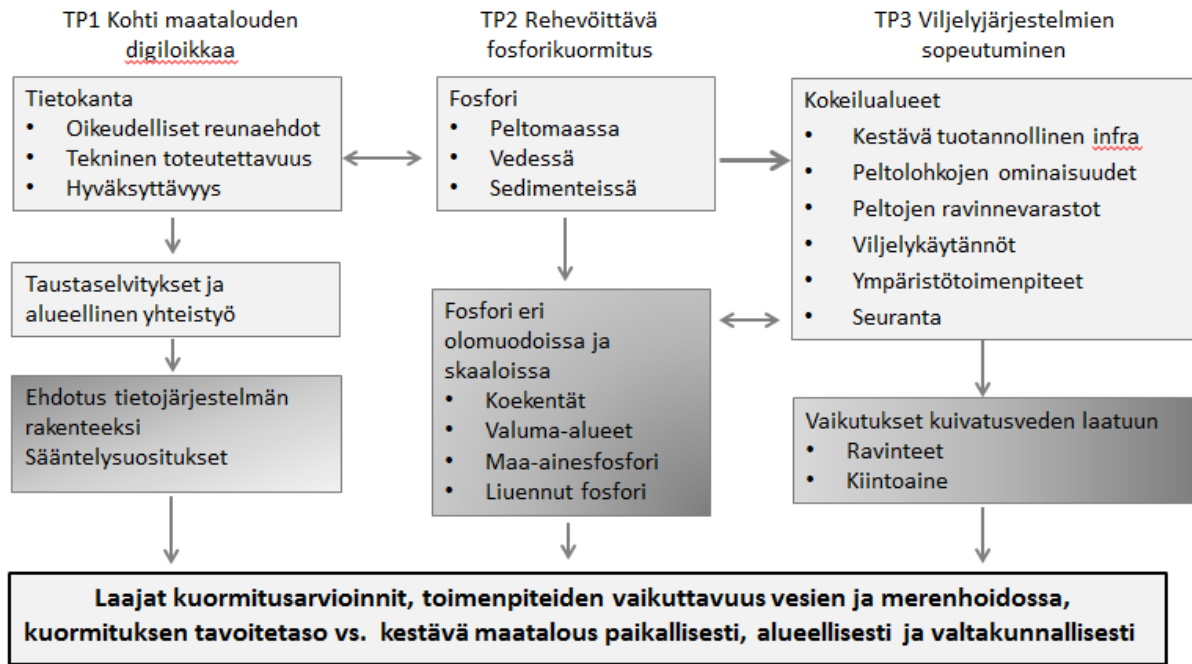
Maatalouden ympäristökuormituksen vähentämiseen on panostettu voimakkaasti. Esimerkiksi EU:ssa käytetään noin kolme miljardia euroa maatalouden ympäristötukiin ja USA:ssa maatalouden ympäristösuojeluun kuluu noin viisi miljardia dollaria vuosittain. Panostuksista huolimatta maatalouden ravinnekuormitus on pienentynyt vain vähän, eikä vesien tila ole merkittävästi parantunut¹.

Fosfori on Itämeren ja sisävesien rehevöitymisen ongelmaravinne. Rehevöittävän fosforin varanto on kasvanut Itämeressä yli kaksinkertaiseksi 1900-luvun puoliväliä edeltävältä tasolta. Samaan aikaan typpivaranto on pikemminkin alentunut. Maatalous on nykyään tärkein ihmisperäisen fosforikuormituksen lähde. Maatalouden vesistökuormituksen vähentäminen olisi kohdistettava pelloilta valumavesiin päätyvään, vesiä rehevöittävään fosforiin. Tähän on pyritty esimerkiksi alentamalla maan helppoliukoisien fosforin pitoisuutta, torjumalla eroosiota kasvipeitteen avulla ja lisäämällä peltoon fosforia sitovia aineita. Tavoitteen saavuttamista hankaloittaa kuitenkin se, että toimenpiteiden vaikuttavuus vaihtelee alueittain ja vaikutus veteen liuenneeseen ja eroosioaineksen kuljettamaan fosforiin on usein ristiriitainen (maa-ainesfosforin kuorma vähenee ja liuenneen kasvaa).

Tutkimus koostuu kolmesta työpaketista: niissä fosforia tarkastellaan luonnontieteellisestä, oikeustieteellisestä ja ympäristötaloustieteellisestä näkökulmasta. Luonnontieteellinen tutkimus tehdään eri skaaloissa – laboratoriokokeista aina valuma-aluetason analyysihin ja pilotteihin asti – ja tulokset nivotaan yhteen taloustieteellisellä mallilla. Pyrimme tuottamaan tietoa, joka on vaikuttavaa, ts. tukee maatalouden vesiensuojeluun liittyvää sääntelyä, mutta on myös tieteellisesti relevanttia; maailmanlaajuinen epäonnistuminen maatalouden ravinnekuormituksen vähentämisessä voi osin johtua taustalla olevien mekanismien puutteellisesta tuntemuksesta.

Hankkeessa tuotetaan päätelmiä maatalouden ympäristöohjauksen kiireellisimmistä muutostarpeista sekä siitä, miten eri vesiensuojelutoimet voivat parhaiten täydentää toisiaan. Tulokset kertovat myös, millaiset muuttujat ja niitä koskevat tiedot ovat tarpeen tarkoituksenmukaista kohdentamista suunniteltaessa. Hanke nojaa tiedon yhteistuotannon periaatteisiin. Se tarjoaa eturyhmille, viranomaisille, tiedon hyödyntäjille ja muille asianosaisille mahdollisuuden ottaa kantaa tuloksiin, tulkintoihin ja esitettyihin väitteisiin. Käydyt keskustelut ovat myös osa hankkeen aineistoa. Hankkeeseen osallistuvilla laitoksilla on hyvät ja toimivat yhteydet päätöksentekijöihin ja sidosryhmiin. Tuloksista viestitään paitsi tieteellisillä foorumeilla, myös yleistajuisesti sosiaalisessa ja perinteisessä mediassa.

¹ Response to Comments: Nutrient imbalances - Pollution remains 2009. Vitousek et al. Science 326:665.



Työpaketti 1: Kohti maatalouden digiloikkaa ja tehokasta hallintaa

Vastuuhenkilöt Jussi Kauppila & Jani Salminen, SYKE

Tehokas sääntely vaatii tuekseen luotettavaa ja päivittyvää tietoperustaa. Vesipolitiikan puitedirektiivin asettamat tavoitteet ja pyrkimys tehdä Suomesta ravinteiden kierrätyksen mallimaa edellyttävät maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden entistä tehokkaampaa kohdentamista. *Yhtenäisen ravinnetietokannan* avulla erilaiset maatalouden ympäristönsuojelutoimet voitaisiin kohdentaa tarvelähtöisesti:² vaativimpia toimenpiteitä toteutettaisiin niillä pelloilla, joilla riski ravinteiden valumiselle vesistöihin on suurin.³ Tämä parantaisi sääntelyn vaikuttavuutta ja kustannustehokkuutta.⁴

Luotettavaa tietoa peltojen ravinteista ei kuitenkaan ole käytössä. Peltojen lannoitusta ja lannan levitystä valvotaan osana ympäristökorvausjärjestelmää, mutta tiedot eivät välity kattavasti viranomaisten ja tutkijoiden käyttöön. Lannoituksen lisäksi tarvittaisiin tietoja peltolohkojen viljelytoimenpiteistä, kuten kylvömuokkauksesta ja syksyllä tehtävästä muokkauksesta sekä satomääristä. Viljelijöillä on nämä lohkokohtaiset tiedot. Lisäksi joihinkin sopimusviljelyehtoihin kuuluu tarkkojen lohkokohtaisten toimenpide- ja viljelytietojen raportointi sopimusviljelyä teettävän yrityksen tietojärjestelmään. Viranomaisten ja tutkijoiden käytössä tietoja ei kuitenkaan ole.

Yhtenäisen tietokannan luomiseen ja hyödyntämiseen liittyy sekä käytännöllisiä että oikeudellisia haasteita. Yleisellä tasolla kyse on yhtäältä tietokannan ja ohjausjärjestelmän tehokkuudesta, ja toisaalta hyvän hallinnon ja maanviljelijöiden perusoikeuksien turvaamisesta.

² Cosens ym. 2014. The Adaptive Water Governance Project: Assessing Law, Resilience and Governance in Regional Socio-Ecological Water Systems Facing a Changing Climate. Idaho Law Review 1/2014.

³ Martinen ym 2017. Kohti ravinteiden kierrätyksen läpimurtoa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 45.

⁴ Kauppila ym. 2017. Muuttuva kotieläintalous ja vesistökuormituksen sääntely. Ympäristöpolitiikan ja -oikeuden vuosikirja.

Osatutkimus 1A: Yhdenntetyn ravinnetietojärjestelmän oikeudelliset ja käytännölliset edellytykset

Vetäjä Jussi Kauppila, SYKE

Osatutkimuksessa 1A tutkitaan yhtenäisen, viranomaiskäyttöön tarkoitetun ravinne- ja peltotietokannan edellytyksiä käytännöllisestä, oikeudellisesta ja yhteiskuntapoliittisesta näkökulmasta.

Ravinnetietokannan perustamiseen ja käyttöön liittyviä haasteita arvioidaan tarkastelemalla erilaisia tietoinfrastruktuurin toteuttamisvaihtoehtoja. Alueellisesti rajatulla tarkastelulla kartoitetaan tietokannan luomisen ja sen eri toteutusvaihtoehtojen kustannuksia sekä käytännöllisiä edellytyksiä. Samalla selvitetään ne erilaiset hallinnolliset tarpeet, joita tietokannan tulisi palvella sekä tunnistetaan instrumentin tarjoamat mahdollisuudet ohjauksen kehittämiseksi.

Tietojärjestelmän kehittäminen herättää maataloustuottajissa vastustusta, mutta kuten ns. LOHKO-hankkeen raportti toteaa, näkemykset asiasta vaihtelevat varsin paljon.⁵ Osahankkeessa toteutettava *hyväksyttävyyden ja sitoutumisen ehtojen tarkempi, laadulliseen aineistoon nojautuva analyysi* tuo esiin kysymyksiin liittyvän neuvotteluvaran sekä kertoo, miten argumentit ja argumentaatioketjut jäsentyvät. Tämä tieto on välttämätöntä toimivien ratkaisujen jatkokehittämiseksi.

Käytännöllisten ja hyväksyttävyyteen liittyvien haasteiden lisäksi lohko-kohtaisten tietojen käyttöön liittyy riski viljelijän perusoikeuksien loukkaamisesta. Oletus kuitenkin on, että riskit voidaan välttää oikeanlaisella sääntelyllä ja teknisillä ratkaisuilla.⁶ Peltoja koskevat tiedot ovat ympäristötietodirektiivissä⁷ tarkoitettuja ympäristötietoja, joiden saatavuutta ollaan muilla ympäristösääntelyn alueilla helpottamassa EU:sta tulleen paineen johdosta.⁸ Lainopillisen analyysin avulla selvitetään, miten perustuslain 20 §:n mukaisen ympäristöperusoikeuden toteuttaminen, ympäristötiedon saatavuuden ja sääntelyn vaikuttavuuden parantaminen suhtautuvat omistusoikeuteen ja viljelijän henkilötietosuojaan. Keskeisiä kysymyksiä ovat mm: Minkälaisia vaatimuksia ja rajoituksia mahdolliseen uuteen lainsäädäntöön kohdistuu perustuslain, EU-sääntelyn ja Suomea sitovien ja kansainvälisten sopimusten näkökulmasta. Minkälaisilla ratkaisuilla taataan sääntelyn tehokkuus ja läpinäkyvyys, viranomaistoiminnan julkisuus ja maanviljelijöiden henkilötietojen suoja?

Osatutkimuksessa tuotetaan 1) lainopillinen analyysi ravinnetietokannan perustamisen ja käytön oikeudellisista rajoista ja edellytyksistä (käsikirjoitus suomenkieliseen juridiikan alan julkaisuun 10/2019, osa suomenkieliseen raporttiin 12/2020) 2) tieteen- ja teknologiatutkimuksen teoriaa ja menetelmiä hyödyntävä analyysi yhteisen tietoperustan hyväksyttävyyden ehdoista (tieteellinen käsikirjoitus 6/2020, osa suomenkieliseen raporttiin 12/2020) 3) arvio tiedon käytettävyyttä ja luotettavuutta edistävistä tukijärjestelmämuutoksista ja kannustinrakenteista (osa suomenkieliseen raporttiin 12/2020) sekä 4) luonnos mahdollisen ravinnetietokannan infrastruktuuriksi, arvio kustannuksista ja niiden jakautumisesta sekä tarvittavasta uudesta lainsäädännöstä (suomenkielinen raportti/2020).

⁵ Kulmala 2016. Lohko-kohtaisen tiedon käyttö: Selvitys peltolohko-kohtaisen tiedon käytön edellytyksistä tutkimuksessa ja hallinnossa. Lohko-hanke.

⁶ Voutilainen 2011. ICT-oikeus sähköisessä hallinnossa. Edilex 2011. Voutilainen – Huttunen 2015: Julkisen tiedonhallinnan pirstoutuminen ja lainsäädäntö. Oikeus 1/2015.

⁷ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi ympäristötietojen julkisesta saatavuudesta

⁸ Ks. HE 170/2017 metsätietojärjestelmästä annetun lain muuttamisesta ja tähän liittyen ympäristötietodirektiivin (2003/4/EY) ja yhteisön paikkatietoinfrastruktuurin (INSPIRE) perustamisesta annetun direktiivin (2007/2/EY) tehokkaasta toimeenpanosta.

Osatutkimus 1B: Maatalouden ympäristönsuojelutoimien arviointi ja tehostaminen peltolohkokokohtaisen tiedon avulla

Vetäjä Jani Salminen, SYKE

Toistaiseksi maatalouden ympäristönsuojelutoimien vaikuttavuuden arviointi perustuu mm. ELY-alueiden fosforitaseisiin ja peltojen fosforilukujen kuntakohtaisiin keskiarvoihin. Toimien alueellinen kohdentaminen rajoittuu ELYissä tehtäviin suojavyöhykesuunnitelmiin. Ympäristönsuojelutoimien entistä tehokkaampi kohdentaminen edellyttäisi tarkempia tietoaineistoja.

Peltolohkojen viljavuustiedoista kerätään tietoa ympäristökorvausjärjestelmän valvonnan yhteydessä. Tietoa on jo koottu myös ympäristökorvausjärjestelmän arvioinnin yhteydessä (MYTVAS 1 ja 2). Lisäksi sopimusviljelytoiminnan yhteydessä kerätään tarkkoja tietoja lohkojen viljavuuksista sekä lohkoilla tehdyistä viljelytoimenpiteistä. Tässä osatutkimuksessa selvitetään näiden eri tietolähteiden saatavuutta, hyödynnettävyyttä ja tietosisältöjä sekä hyödynnetään muita saatavilla olevia aineistoja ympäristönsuojelutoimien tehokkuuden arvioimiseksi. Valtakunnallisen tarkastelun lisäksi toteutetaan alueellinen pilotti Etelä-Satakunnassa.

Salminen ym. (2017)⁹ tarkastelivat fosforivirtoja Etelä-Satakunnan Pyhäjärvisseudulla. Kuntatason fosforilukutietoihin perustuva tarkastelu osoitti, että alueelle jää vuosittain arviolta 13 tonnin fosforiylijäämä. Tämä ylijäämä olisi arviolta noin 20 tonnia suurempi ilman yrityslähtöistä ravinteiden kierrätystoimintaa. Tässä osatutkimuksessa fosforin tarkempaa jakautumista ja fosforivirtoja alueella tarkastellaan hyödyntämällä ympäristökorvausjärjestelmän valvonnan yhteydessä kerättäviä lohkokohtaisia tietoja, tapaustarkastelualueella toimivan yrityksen sopimusviljelyjärjestelmän monipuolisia tietoja viljelytoimenpiteistä ja lohkojen viljavuusanalyysistä sekä tarkennettuja paikkatietoja kierrätykseen päätyvistä ravinteista yhteistyössä paikallisten yritysten kanssa. Näitä aineistoja tarkastellaan rinnan alueen vedenlaadusta saatavilla olevien seurantatietojen kanssa. Sopimusviljelyjärjestelmän tietosisältöä ja toimintamallia käytetään osatutkimuksen 1A eräänä pilottina paitsi tietosisällön niin myös viljelijöiden kanssa tapahtuvan yhteiskehittämisen osalta.

Osatutkimus tuottaa arvion eri tietolähteistä nykyisin saatavilla olevien lohkokohtaisten tietosisältöjen kattavuudesta ja siitä, miten niitä voidaan hyödyntää maatalouden ympäristönsuojelutoimien nykyistä tehokkaammassa kohdentamisessa (osa suomenkieliseen raporttiin 12/2020). Tapaustarkastelu tuottaa konkreettisen, monipuolisten aineistojen pohjalta tuotetun arvion olemassa olevien ja tunnistettujen maatalouden ympäristönsuojelutoimien ja ravinteiden kierrätyksen alueellisesta vaikuttavuudesta. Edelleen arvioidaan sitä, millaisia ja miten maatalouden ympäristönsuojelutoimia tulisi kohdentaa alueella tulevaisuudessa, jotta toimet olisivat tehokkaita (tieteellinen käsikirjoitus 12/2019, osa suomenkieliseen raporttiin 12/2020). Lisäksi osatutkimus kuvaa lohkokohtaisen tiedon keräämisen infrastruktuuria osana sopimusviljelyä ja viljelijöiden kokemuksia siihen liittyen (tieteellinen käsikirjoitus 6/2020, osa suomenkieliseen raporttiin 12/2020; molemmat yhteistyössä osion 1A kanssa).

Työpaketti 2: Maatalouden rehevöittävä fosforikuormitus ja sen vähentäminen

Vastuuhenkilö Risto Uusitalo, Luke

Pelloilta vesiin päätyvän fosforin määrää on pyritty vähentämään, niin Suomessa kuin muuallakin, siirtymällä peltojen syyskynnöstä kevennettyyn muokkaukseen (ml. suorakylvö), ts. edistämällä peltojen talviaikaista kasvipeitteisyyttä. Suomessa muutokseen kannustaa ympäristökorvausjärjestelmämme, joka edellyttää, että vähintään 20 % viljelijän peltoalasta on oltava talvisin kasvipeitteistä ja viljelijän saama tuki kasvaa aina 80 % kasvipeitteisyyteen asti¹⁰. Vuoden

⁹ Salminen, Tikkanen, Koskiahho (toim.) Kohti vesiviisasta kiertotaloutta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 16/2017.

¹⁰ Kohdentamisalueella III (kattaa noin 70 % Suomen peltoalasta) 80 %:iin asti, muilla alueilla 60 %:iin asti.

2010 maatalouden rakennetutkimuksen mukaan syksyllä kynnetyn pellon ala onkin pienentynyt 1990-luvun alun 1,2–1,3 miljoonasta hehtaarista 0,51 miljoonaan hehtaariin.

Talviaikainen kasvipeitteisyys on fosforin osalta ongelmallinen: vaikka se vähentää peltojen eroosiota ja maa-ainekseen sitoutuneen fosforin kuormitusta, täysimääräisesti rehevöittävän liuenneen fosforin kuormitus voi kasvaa. Maa-ainekseen sitoutunut fosfori taas on vain osittain leville käyttökelpoista ja sen käyttökelpoisuuden oletetaan riippuvan vastaanottavan vesistön ominaisuuksista. Viime vuosina on saatu yhä enemmän viitteitä siitä, että talviaikainen kasvipeitteisyys voi jopa lisätä rehevöitymistä¹¹. Ympäristökorvausjärjestelmä siis maksaa viljelijöille toimista, jotka voivat olla joillakin alueilla ympäristön kannalta vahingollisia.

Talviaikaisen kasvipeitteisyyden vesiä rehevöittävän vaikutuksen arviointi edellyttää tietoa kahdesta asiasta: (1) millaisia ovat maa-ainekseen sitoutuneen ja liuenneen fosforin kuormat, kun eriasteista kasvipeitteisyyttä sovelletaan eri ympäristöoloissa, ja (2) mikä on maa-ainekseen sitoutuneen fosforin rehevöittävä vaikutus, erityisesti kun otetaan huomioon ne olosuhteet, joihin maa-aines joutuu sen laskeuduttua hapettomiin sedimenttikerrokseen. Kokonaisvaltainen arviointi edellyttää vielä, että nämä tiedot yhdistetään mahdollisesti alentuneeseen typen huuhtoutumiseen ja erilaisten vesien herkkyyteen typpikuormitukselle. Työpaketti 2 pyrkii arvioimaan maatalouden fosforinkuormituksen rehevöittävyttä ja vähentämistä neljän osatutkimuksen voimin.

Osatutkimus 2A: Muokkauksen vaikutus liuenneen ja hiukkasmaisen fosforin huuhtoutumiseen

Vetäjä Risto Uusitalo, Luke

Suorakylvöä ja kyntöä vertaileva koe on aloitettu vuonna 2008 Luken Jokioisten Kotkanojan huuhtoumakoekentällä, ja käsittelyjen vaikutuksesta valumavesien ravinnepitoisuudet kehittyvät edelleen toisistaan poikkeaviin suuntiin. Osatutkimuksessa 2A jatketaan Kotkanojan suorakylvö- ja kyntökoetta kolmen vuoden ajan. Lisäksi muokkauksen keventämisen vaikutusta fosforikuormiin arvioidaan muilta koekentiltä kertyneiden tulosten avulla.

Suorakylvökäsittelyssä fosfori on rikastunut maan (n. 2 cm:n) pintakerrokseen, mikä on kokeen alusta lähtien nostanut pintavalunnan liuenneen fosforin pitoisuuksia. Vastaavaa on raportoitu monessa muussakin tutkimuksessa. Uusi havainto on se, että viimeisinä vuosina myös salaojavesien liuenneen fosforin pitoisuus on kohonnut suorakylvöruuduilla ja alkanut lähentyä pintavalunnan liuenneen fosforin pitoisuutta. Kyntökäsittelyssä fosforipitoisuudet ovat sen sijaan pysyneet muuttumattomina. Oletettavasti suorakylvettyyn maahan on muodostunut aikaa myöten vahvistuva huokosten ja halkeamien rakenne, kun maata ei muokkauksella häiritä. Tämä sallii veden virtauksen maan läpi salaojiin ilman suurempaa kontaktia fosforia pidättävään pohjamaahan. Maan huokosrakenteesta kertovia mittauksia (Ksat, kyllästetyn maan vedenjohtavuus) on kentällä tehty aika ajoin, mutta ei suorakylvökokeen aikana. Tämän hankkeen aikana tehdään uudet mittaukset koekentällä ja maan huokosrakenteen kehitystä arvioidaan aiempien tulosten¹² perusteella.

Kotkanojan (2 ha:n) koekentälle on erotettu neljä hydrologisesti eristettyä 0,5 ha:n ruutua. Kokeissa kahdella ruudulla on ollut kontrollikäsittelynä syyskyntö ja kahdella ruudulla erilaisia kevennettyjä muokkaustapoja¹³. Viimeisimmän muokkauskokeen jälkeen koko kenttää on viljelty yhdenmukaisesti aiempien käsittelyjen vaikutusten pienentämiseksi, ennen suorakylvökoetta kentällä oli pysyvä nurmi vuosina 2002–2008.

¹¹ Jarvie, Johnson, Sharpley, Smith, Baker, Bruulsema, Confesor. 2017. Increased soluble phosphorus loads to Lake Erie: Unintended consequences of conservation practices? J. Env. Qual. 46:123–132.

¹² Turtola ym. 2007. Surface runoff, subsurface drainflow and soil erosion as affected by tillage in a clayey Finnish soil. Agric Food Sci 16:332–351.

¹³ Uusitalo ym. 2007. Phosphorus losses from a subdrained clayey soil as affected by cultivation practices. Agric Food Sci 16:352–365.

Vesinäytteitä otetaan tiheästi, keskimäärin noin 30 kertaa vuodessa (n. 600 yksittäistä näytettä/vuosi), painottaen kevään ja syksyn märkeä kausia, joina näytteitä voi tulla useampia saman päivän aikana. Ruuduilta johdetaan kaikki valumavesi vesimäärän mittaukseen (5 keräintä/ruutu). Valunnan määrä mitataan laskurein varustetuilla kippiastioilla (*tipping buckets*). Kippiastioiden tyhjentyessä 0,1 % valunnasta johdetaan näytteenottoastioihin. Talteen otetusta valunnasta määritetään kiintoaines, liennut fosfori, kokonaisfosfori, ammonium- ja nitraattityppi, sähkönjohtavuus ja pH. Määritykset tehdään standardimenetelmillä Luken Jokioisten laboratoriossa, joten näytteet eivät ehdi muuttua ennen mittausta. Lisäksi mitataan sato ja sen sisältämän ravinteiden määrä.

Osatutkimuksen hypoteesit ovat:

H1: Fosforin rikastuminen maan pintakerrokseen lisää vähitellen myös salaojavalunnan liuenneen fosforin pitoisuutta maan huokosrakenteen kehittyessä ilman muokkauksen aiheuttamaa häiriötä. Salaojavesien fosforipitoisuus voi lopulta nousta pintavalunnan pitoisuuksien tasolle.

H2: Pintamaan rikastuminen fosforilla voidaan purkaa muokkaamalla maa aika ajoin voimakkaammin. Rikastumisen purkautuminen alentaa välittömästi valumavesien liuenneen fosforin pitoisuuksia.

Osatutkimus 2A pyrkii tuottamaan kolme tieteellistä julkaisua: (1) ravinnekuormituksen kehittyminen muokkauksen keventyessä (pohjautuen useiden koekenttien tulosaistoon), (2) fosforin rikastumisen ja maan huokosrakenteen kehittymisen yhteys valumavesien ravinnepitoisuuksiin (Kotkanojan aineisto), (3) pintamaan fosforin rikastumisen purkamisen vaikutus ravinnehuuhtoumiin ja valumaveden fosforin muotoihin (Kotkanojan pysyvän nurmen kyntö 2008).

Osatutkimus 2B: Maa-ainesfosforin vapautuminen vesistöissä

Vetäjä Jouni Lehtoranta, SYKE

Vesiensuojelutoimien suunnittelu ja toteutus edellyttävät tietoa maa-ainesfosforin rehevöittävydestä, jota ei kuitenkaan ole riittävästi. Rehevöittävyttä on selvitetty lukuisin levätestein, mutta vain siltä osin kuin vapautuminen tapahtuu vesifaasissa; vesistön pohjalla tapahtuvia prosesseja levätestit eivät kuvaa lainkaan. Kemiallisilla uutoilla voidaan karkeasti simuloida sedimenttiprosesseja, mutta ne eivät ota huomioon vesistöjen välisiä eroja ja mikrobiologisen hajotuksen dynamiikkaa. Maa-ainesfosforin rehevöittävyys vaihtelee todennäköisesti vesistökohtaisesti, sillä maa-aineksella, vesistön ominaisuuksilla ja sedimenttiprosesseilla on biogeokemiallisten teorioiden mukaan perusteltua olettaa olevan yhdysvaikutus fosforin vapautumiseen. Yhdysvaikutus syntyy, kun maa-aineksen fosforin kierto kytkeytyy vesistön hapen, hiilen, raudan, mangaanin ja rikin kiertoihin ja maa-aineksen mineralogisiin muutoksiin. Vesiensuojelutoimenpiteiden toimivuutta ja vaikutuksia on näiden perusteella tarkasteltava koko pelto-vesistö-sedimentti -jatkumolla.

Osatutkimuksen 2B tavoitteena on osoittaa kokeellisesti, että maa-aineksen fosforin vapautumiseen vaikuttavat itse maa-aines, vastaanottava vesistö ja sen pohjasedimentti. Mittaamme aluksi hapellisissa oloissa maa-aineksesta vapautuvan fosforin vesi-, anioninvaihtoharts-, natriumhydroksidi- ja vesi-uuttoina. Pohjan prosessien tuottaman fosforin mittaamme uudella pullokoe-menetelmällä, jota olemme soveltaneet peltomaalle ja murtovedelle¹⁴. Yhdysvaikutusten selvittämiseksi teemme kokeet ns. faktorikokeena inkuboimalla peltomaita hapettomissa oloissa järvi- ja murtovedessä. Faktoreina toimivat rauta (maa-aineksessa), orgaaninen hiili ja sulfaatti. Kohdevesistöinä ovat sulfaatti- ja trofiatasoltaan erilaiset järvet Pielinen ja Pyhäjärvi ja Itämeren altaat Perämeri ja Saaristomeri. Mittaamme koeyksiköistä useiden prosessimuutoksia osoittavien aineiden pitoisuudet fosforin ohella. Maa-aineksen metallimineraalien sidoksissa ennen ja jälkeen käsittelyjen tapahtuvien atomi- ja molekyyllitason muutosten määrittämiseen käytetään uusimpia

¹⁴ Lehtoranta et al. 2015. Labile organic carbon regulates the phosphorus release from eroded soil transported into anaerobic coastal systems. *Ambio* 44:S263–S273.

röntgensäteilyyn perustuvia analyttisiä menetelmiä kuten röntgenabsorptiospektroskopiaa (HY:n Fysiikan laitoksen röntgenfysiikan laboratorioissa).

Määrittelemme maa-ainesfosforin rehevöittävyyttä myös tilastollisesti, hyödyntäen valuma-alueen tietoja ravinnekuormista, valuma-alueen ominaisuuksista ja vesistöjen rehevyydestä¹⁵. Aineistosta selvitetään valuma-alueen vaikutukset kiintoaineen, maa-ainesfosforin ja liuenneen fosforin ja typen kulkeumiin sekä näiden yhteydet vesistöjen rehevyyteen. Osatutkimuksen 2B hypoteesit ovat:

H1: Hapellisissa oloissa vapautuvan fosforin määrä voidaan arvioida vesiutolla.

H2: Hapettomissa oloissa vapautuvan fosforin määrä riippuu sekä peltomaan että vesistön ominaisuuksista: (1) potentiaalisesti vapautuvan maa-ainesfosforin määrää säätelee ensisijaisesti rautaan sitoutunut fosfori ja toissijaisesti mineralisoituva fosfori. (2) Vesistössä maa-ainesfosforin vapautumista suosivat korkea sulfaattipitoisuus ja orgaanisen hiilen määrä, ts. eniten fosforia vapautuu rehevissä murtovesisysteemeissä. (3) Hiili ja sulfaatti aiheuttavat rautasulfidi-mineraalin muodostuksen maa-aineksessa, jolloin rauta menettää kykynsä sitoa fosforia vesinäytteen hapettumisen jälkeen. Hiili ja niukka sulfaatti-asetelma vapauttaa maasta sekä rautaa että fosforia, mutta näytteen hapettuessa fosforia sitova rauta pitää vapautuvan fosforin määrän pienenä. (4) Sulfaattikuormitus voi pahentaa järven rehevöitymistä, sillä se muuttaa raudan ja fosforin sitoutumista sedimenteissä.

Osatutkimus 2B tuottaa julkaisuja maa-aineksen rehevöittävästä fosforista, mineraalimuutoksista ja toisiinsa kytkeytyneistä ainekiirroista trofia- ja sulfaattitasoltaan erilaisissa sisä- ja murtovesisysteemeissä sekä siitä, miten valuma-alueelta tuleva kiintoaineen, raudan ja sulfaatin kuormitus heijastuu vesistöjen rehevyyteen.

Osatutkimus 2C: Rakennekalkitus maatalouden fosforikuormituksen vähentäjänä
Vetäjä Risto Uusitalo, Luke

Sekä liuenneen että maa-ainesfosforin päästöjen samanaikainen vähentyminen on havaittu Vantaanjoen valuma-alueella tehdyssä (100 ha) kipsikokeilussa¹⁶. Kipsin käyttöä sisävesien valuma-alueilla kuitenkin rajoittaa siitä aiheutuvat sulfaattihuuhtoumat, jotka voivat pahentaa rehevöitymistä järvissä. Sitä vastoin rakennekalkki (kalkkiseos, jossa vähintään 25 % reaktiivista poltettua tai sammutettua kalkkia, $\text{CaO}/\text{Ca}(\text{OH})_2$) soveltuu myös järvien valuma-alueille. Rakennekalkista on vain muutama tieteellisesti dokumentoitu tutkimus. Näissä muita rakennekalkin käyttöön liittyviä vaikutuksia, esimerkiksi rakennekalkituksesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä kalkin prosessoinnin ja sen maaperäreaktioiden seurauksena, ei ole huomioitu.

Tässä hankkeessa Jokioisiin perustetaan kaksi kenttäkoetta savespitoisuuksiltaan erilaisille lohkoille. Vesistövaikutusten arviointi perustuu pelloilta otettujen maamonoliittien sadesimulaatioon laboratorioissa¹⁷. Käsittelyt pelloille tehdään alalle, johon rajataan viisi käsittelyruutua ja viisi käsittelemättömiä kontrolliruutua. Jokaisesta ruudusta kairataan häiriintymättömät maamonoliitit. Sadesimulaatioissa maamonoliittien läpi valuneesta vedestä (kustakin monoliitista 5 erillistä näytettä sadetuksen eri vaiheissa) analysoidaan samat muuttujat kuin Kotkanjoen kenttäkokeen vesistä (ks. Osatutkimus 2A). Rakennekalkilla käsiteltyjen ruutujen ja käsittelemättömien kontrolliruutujen sadon määrät mitataan ja määritetään sadon sisältämien ravinteiden pitoisuudet.

Käsittelyn tehoa ja satovaikutuksia seurataan hankkeen ajan ja koealusta säilytetään hankkeen päätyttyä, jotta sillä voidaan seurata vaikutuksen kestoa edelleen (esim. 5 vuoden välein).

¹⁵ Samalla selvitetään mahdollisuus käyttää Baltic Nest Instituten muista Itämeren valuma-alueen maista keräämää tietoa.

¹⁶ Ekholm et al. 2012. Gypsum amendment of soils reduces phosphorus losses in an agricultural catchment. *Agric Food Sci* 21:279–291.

¹⁷ Uusitalo et al. 2012. The effects of gypsum on the transfer of phosphorus and other nutrients through clay soil monoliths. *Agric Food Sci* 21:260–278.

Rakennekalkitusta on Suomessa tehty jonkin verran yksityisten viljelijöiden pelloille ja myös näiltä tutkitaan maamonoliittinäytteitä parantamaan tulosten yleistettävyyttä. Useissa kohteissa rakennekalkituille pelloille on jätetty käsittelemätön kaista (Timo Kanerva, Ab Nordkalk Oy, henkilökohtainen tiedonanto), josta saamme kontrollinäytteet käsitellyille maille. Rakennekalkituksen ilmastovaikutuksista tehdään elinkaariarvio, jossa otetaan huomioon myös käsittelyn satovaikutukset.

Osatutkimuksen hypoteesit ovat:

H1: Rakennekalkituksella voidaan nopeasti stabiloida maan mururakenne, jolloin maan eroosioherkkyys vähenee. Rakennekalkitus vähentää myös liuenneen fosforin huuhtoutumista saostamalla maanesteen fosforia kalsiumfosfaateiksi. Hypoteesia testataan kenttäkokeiden ja aiemmin tehtyjen rakennekalkitusten maamonoliittien sadetusten avulla.

H2: Vaikutukset maan mururakenteen vahvistajana ovat pitkäaikaisia, mutta vaikutus liuenneen fosforin huuhtoumaan voi vähentyä ajan mittaan kalsiumfosfaattien liukoisuuden kasvaessa maan pH:n laskun myötä. Aineisto analysoidaan ottaen huomioon rakennekalkituksesta kulunut aika.

H3: Maatalouden vesiensuojeluun käytetyillä maanparannusaineilla on vaihtelevia ilmastovaikutuksia. Oletettavasti rakennekalkilla on suuremmat ilmastovaikutukset kuin useilla teollisuuden jätevirroilla, kuten kipsillä. Hypoteesia tarkastellaan elinkaarianalyysin avulla.

Osatutkimus 2C:n tieteelliset julkaisut keskittyvät (1) rakennekalkituksen vesiensuojeluvaikutusten todentamiseen usean tyyppisillä maille (aineistona koekentät ja yksityisten pellot), (2) vaikutusmekanismeja käsittelevään tutkimukseen, jonka perusteella voidaan ennakoida eri fosforin muotojen kuormamuutoksia pitemmän ajan kuluessa, sekä (3) vesiensuojeluvaikutusten ja satotason huomioon ottavaan elinkaarivertailuun rakennekalkin ja teollisuuden sivuaineiden välillä.

Osatutkimus 2D: Rehevöittävän fosforikuorman kustannustehokas hallinta

Vetäjä Antti Iho, Luke

Tämän osatutkimuksen tavoitteena on ratkaista suorakylvön, rakennekalkituksen ja fosforilannoituksen kustannustehokas yhdistelmä, eli yhdistelmä joka tuottaa mahdollisimman suuren vähennyksen vesistöjä rehevöittävän fosforin huuhtoumassa annetuilla resursseilla. Vesistöjä rehevöittävä fosfori määritellään liuenneen fosforin ja maa-ainesfosforin biologisesti käyttökelpoisen (ks. Osatutkimus 2B) fosforiosuuden summana. Erityisesti selvitämme, miten maa-ainesfosforin biologinen käyttökelpoisuus vaikuttaa kustannustehokkaaseen yhdistelmään ja tätä kautta suositella maatalouden ympäristösuojelun fosforivähennystavoitteisiin uutta rehevöittävän fosforin mittayksikköä. Nykyiset ympäristötavoitteet on asetettu painottaen samalla tavalla maa-ainesfosforia ja liuennutta fosforia. Tuottamamme tehokkaat suojeluratkaisut voivat muuttaa vesiensuojelun painopisteitä voimakkaasti. Aiemmin kalliilta näyttäneet toimenpiteet, joilla kuitenkin on nimenomaan rehevöittävää fosforin kuormitusta vähentävä vaikutus, voivat saada ison roolin kustannustehokkaassa suojelussa.

Osatutkimuksen hypoteesit ovat:

H1. Toimenpiteiden tehokkuuden arvioiminen rehevöittävän fosforin mittayksikköä käyttäen vaikuttaa voimakkaasti maatalouden vesiensuojelun tehokkaisuuden toimenpideyhdistelmiin.

H2. Suorakylvö tai muu pysyvä kasvipeitteisyys kannattaa rikkoo säännöllisin väliajoin. Vesistökuormituksen ja kustannukset minimoiva muokkausfrekvenssi riippuu peltolohkon tyypistä ja muista suojelutoimenpiteistä.

H3. Rakennekalkitus on osa kustannustehokasta vesiensuojelua tietyillä peltolohkoilla.

Työ laajentaa Iho ja Laukkasen¹⁸ kehittämää bio-ekonomista dynaamisen optimoinnin viitekehystä liittämällä siihen suorakylvön ja pintamaan vertikaalisen kerrostumisen, joka vaikuttaa liuenneen fosforin huuhtoumaan. Kustannustehokas suojeluratkaisu määritellään asettamalla joko ulkoinen vähennystavoitteen aikaura, tai asettamalla rehevöittävällä huuhtoumalle arvottamistutkimuksiin nojaava rahamääräinen kustannus. Tämän jälkeen ratkaistaan eri toimenpideyhdistelmistä se, joka toteuttaa tavoitteen alhaisimmin kustannuksin. Mikäli huuhtoumalle on määritelty hinta, löytyy optimaalinen ratkaisu suojelu- ja ympäristökustannusten summa minimoimalla. Erityistä huomiota kiinnitetään siihen, miten maa-ainesfosforin biologinen käyttökelpoisuus (osatutkimus 2B) vaikuttaa optimaaliseen ratkaisuun sekä siihen, minkälainen luottamusväli käyttökelpoisuudelle voidaan eri lähtöalueille ja vesistöille antaa. Mikäli optimipolitiikka on merkittävästi erilaista käyttökelpoisuuden todennäköisillä arvoilla kuin mitä se on nykyisellä oletuksella (täysimääräinen käyttökelpoisuus), tutkimuksen tuloksilla voi olla merkittävä vaikutus vesiensuojelupolitiikkaan.

Työpaketti on poikkitieteellinen ja siinä käytettävät funktiot johdetaan muiden työpakettien tuloksista.¹⁹ Osatutkimuksessa tuotettavat julkaisut ovat (1) Optimaalinen kyntöfrekvenssi, kun maaperän P:n vertikaalinen stratifikaatio voimistuu ajan kuluessa (2) pitkän aikavälin optimoitu rakennekalkin käyttö osana kustannustehokasta vesiensuojelua.

Työpaketti 3: Viljelyjärjestelmien sopeutuminen muuttuviin ilmastollisiin olosuhteisiin ja ympäristövaatimuksiin – Käytännön ratkaisut kokeilualueilla ja vaikutusten seuranta

Vastuuhenkilö Laura Alakukku, HY

Maatalouden vesistövaikutukset muodostuvat pääosin kasvukauden ulkopuolella peltolohkojen kuivatusvesien mukana kulkeutuvista ravinteista, jotka heikentävät vastaanottavien vesistöjen ekologista tilaa. Pitkäaikaiset koekenttätutkimukset²⁰ kuvaavat lohkotason ilmiöitä ja mm. suojavyöhyke- ja kosteikkotutkimukset menetelmäkohtaisia vaikutuksia. Ympäristökorvausjärjestelmämme toimenpiteet perustuvat pitkälti tähän tietoon. Tilatason päätöksiin mukaan vapaaehtoisuuden pohjalta tätä ohjelmaa toteutetaan käytännön viljelyssä ja tavoitteena on vaikuttaa monipuolisesti ympäristön tilaan. Vaikka sitoutuneisuus ohjelmiin ja toimenpiteiden kattavuus on korkea, toteutettujen ympäristötoimenpiteiden vaikutukset valuma-alueetasolla eivät kuitenkaan tule selkeästi esiin²¹. Yksi syy voi olla suuri hydrologinen vuosivaihtelu ja mittausten epävarmuus.

Peltoviljelyn toimenpiteet ja viljelykierrot muodostavat ominaisuuksiltaan erilaisilla peltolohkoilla hyvin monimutkaisen syy- ja seuraussuhteen. Lohkotason toimenpiteiden yhteisvaikutuksen selvittäminen edellyttää kokonaisvaltaista systeemitutkimusta, jotka tulee toteuttaa kokeiluhankkeena rajatulla hydrologisella alueella. Lähestymistapa on uusi ja edellyttää paikallisen tahon kanssa tehtäviä tiivistä yhteistyötä. Tästä on jo kokemusta osalla hankkeeseen osallistuvista tutkijoista.

Tämän osatutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten uudella ojitussännöintimallilla ja luonnonmukaisilla peruskuivatusuomilla voidaan edistää vesiensuojelumenetelmien ja -rakenteiden käyttöönottoa ja parantaa kuivatusvesien laatua. Viljelyssä käytetään monipuolista viljelykiertoa, alus- sekä kerääjäkasveja ja erilaisia muokkausmenetelmiä, joilla varmistetaan pellon ympärivuotinen kasvipeitteisyys sekä maa-aineksen tehokas sidonta. Valumaherkillä pelloilla lisätään

¹⁸ Iho, Laukkanen. 2012. Precision phosphorus management and agricultural phosphorus loading. *Ecol Econ* 77:91–102.

¹⁹ Osatutkimus tulee liittymään Antti Ihon akatemiantutkijan tehtävään, mikäli tämä tehtävä hänelle myönnetään syksyn 2017 haussa. Siinä fosforiekvivalentin käsitettä kehitellään Itämeren, Erie-järven ja Chesapeaken lahden alueille.

²⁰ Puustinen, Turtola, Kukkonen, Koskiah, Linjama, Niinioja, Tattari. 2010. VIHMA - A tool for allocation of measures to control erosion and nutrient loading from Finnish agricultural catchments. *Agric Ecosyst Environ* 138 306–317.

²¹ Tattari, Koskiah, Kosunen, Lepistö, Linjama, Puustinen. 2017. Nutrient loads from agricultural and forested areas in Finland from 1981 up to 2010—can the efficiency of undertaken water protection measures seen? *Environ Mon Ass* 189:1–25.

muokkauskerroksen hiilipitoisuutta esimerkiksi kasviperäisellä biohiilellä. Peltujen kasvukunto arvioidaan viljelijöiden käyttämällä peltomaan laatutestillä. Arviota tarkennetaan pelloilta tehtävillä maaperäfyysikaalisilla mittauksilla. Määritysten perusteella tutkitaan toimenpiteiden vaikutusta maan vesitalouteen ja mittaussuonistoa käytetään myös sen mallituksessa. Erillistutkimuksella selvitetään vajaatehoisten kosteikkojen pidätyskyvyn parantamista alumiinipolymeereillä ja/tai luonnonmateriaaleihin pohjautuvilla adsorbenteilla. Valuntamittausten ja veden laadun lisäksi mitataan viljelyjärjestelmien vaikutusta maan orgaanisen aineen määrään, hiilen sidontaan sekä mahdollisuutta vähentää kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja pienentää niiden valutariskia. Tavoitteena on muodostaa kuivatusalueen mittakaavassa kestävä viljelyjärjestelmä peltujen kasvukuntoa, vesitaloutta ja vesiensuojelua edistävillä toimilla.

Työpaketin hypoteesit ovat:

H1: Ojitusisännöinnillä voidaan edistää vesiensuojelurakenteiden käyttöönottoa ja luonnonmukaisilla peruskuivatusuomilla voidaan parantaa kuivatusvesien laatua (kiintoaine ja ravinteet) sekä lisätä pelloilta tehtävien toimenpiteiden kokonaisvaikutuksia

H2: Maatalouden kiintoaine- ja ravinnekuormitusta voidaan vähentää tehokkaasti laaja-alaisesti toteutetuilla ympäristötoimenpiteillä. Ne edistävät myös peltomaan kasvukunnon parantamista ja ylläpitoa sekä todennäköisesti maan hiilivarannosta huolehtimista.

H3: Alentamalla maan fosforipitoisuutta voidaan pienentää liuenneen fosforin huuhtoutumisriskiä muokkausta kevennettäessä ja siirryttäessä talviaikaiseen kasvipeitteisyyteen. Käytännön viljelyssä voidaan tunnistaa maan fosforipitoisuuden taso, jolloin liuenneen fosforin huuhtoutumien kasvuriski on merkittävä

H4: Vajaatehoisen kosteikon fosforin pidätyskykyä voidaan lisätä alumiinipolymeereillä ja/tai luonnonmateriaaleihin pohjautuvilla adsorbenteilla

H5: Vedenlaadun seurantatiedon tuottaminen ja tekeminen näkyväksi lisää viljelijöiden halukkuutta ottaa käyttöön ympäristöä säästäviä viljelytoimenpiteitä

Osatutkimus 3A: Systemianalyttinen menettelytapa ympäristövirtaamien hallinnassa

Vetäjät Markku Puustinen & Sari Väisänen, SYKE

Peruskuivatusjärjestelmät muodostavat keskeisen tuotannollisen rakenteen, mikä mahdollistaa pohjoisissa olosuhteissamme kasvituotannon. Uomaverkosto toimii myös kiintoaineen ja ravinteiden kulkuväylänä pelloilta vesistöihin. Tästä syystä tarvitaan peltujen vesitalouden hoidossa uusi ajattelutapa: vesi on keskeinen osa ympäristövirtaamia. Ojitusisännöinti on uusi toiminta- ja menettelytapamalli, jossa peruskuivatusjärjestelmien huolto- ja perkaustarpeen arviointi ja toteutus ulkoistetaan asiaan perehtyneille ammattilaisille hoidettavaksi. Kollektiiviseen vastuuseen perustuvasta vesiensuojelusta on mm. USA:ssa Chesapeake-lahden osavaltioalueella Conewagejoella saatu rohkaisevia tuloksia.²²

Tätä ajatusta on kehitetty Varellyn ja Syken 'Biotuotuksen keinoin kohti ilmastokestävyyttä' -hankkeessa (BILKE) uudeksi toiminta- ja menettelytapamalliksi²³. Ratkaisukeskeinen ajattelutapa ojitusisännöinnissä on edistää kunnostustarpeessa olevien uomien perkausta luonnonmukaisen vesistörakentamisen periaatteiden mukaan kaksitasouomaksi. Tällaiseen mutkitteluvaan uomaan sisältyy tulvaniittyjä, suojavyöhykkeitä, kosteikkoja ja laskeutusaltaita. Kokonaisvaltainen ajattelu sisältää myös koko kuivatusalueen viljelykierron, viljelytavat ja ympäristötoimenpiteet.

Peruskuivatusuoman vaikutuspiirissä olevasta maa-alasta muodostuu hydrologisesti yhtenäinen kuivatusalue. Työpaketissa toteutetaan yksi kaksitasoinen uoma. Samalla alueen pelloilla toteutetaan laajasti eroosion ja ravinnekuormituksen vähentämiseen tähtääviä ympäristötoimenpiteitä, mm. fosforilannoituksen tarkentaminen ja talviaikainen kasvipeitteisyys. Toteutettavat toimenpiteet

²² Segerson. 1988. Uncertainty and incentives for nonpoint pollution control. Journal of environmental economics and management 15:87-98.

²³ Kauppinen, Puustinen. 2017. Climate change resilient water management measures in agriculture in Finland, International society of irrigation and drainage. IDW2017, Ahwaz, Iran 3/2017.

päätetään yhteistyössä maanomistajien kanssa. Lisäksi valitaan toinen kuivatusalue, jossa toteutetaan ojitussäätöjä ja peltolohkojen ympäristötoimenpiteitä. Kohdealueilla selvitetään peltolohkojen kaltevuus, maalaji, kuivatustila, maan viljavuus mukaan lukien maan hiili sekä maan rakenne.

Osatutkimus 3B: Uuden seuranta-alustan luominen

Vetäjä Sirkka Tattari, SYKE

Kokeilualueille määritetään mallintamalla vastaanottavien vesistöjen tilan perusteella kuormitustaso²⁴, joka tulisi vuosittain alittaa. Kaksitasouomaksi peratun kuivatusalueen purkupisteeseen perustetaan mittapato ja asennetaan jatkuvatoimiset veden virtaama, sameutta ja typpipitoisuutta mittaavat anturit. Sameudesta lasketaan kiintoaine ja maa-ainekseen sitoutunut fosfori. Liuenneen fosforin pitoisuus määritetään vesinäytteistä. Toisella kuivatusalueella kiintoaine ja ravinteet määritetään vesinäytteistä ja virtaama uoman poikkileikkauksen ja veden korkeuden perusteella. Virtaamien ja veden laadun seurantiedon perusteella lasketaan toteutunut kuormitus. Perustettavat kohdealueet toimivat hankkeen jälkeen tutkimusalustoina pitkäaikaisten vaikutusten selvittämiseksi osana osan pienten tutkimusvaluma-alueiden verkkoa.

Osahankkeen seurannoissa selvitetään kiintoaine-, fosfori ja typpikuormitusta. Fosforin osalta keskitytään liuenneen fosforin kuormitukseen. Selvitetään sen merkitys käytännön toimenpiteiden yhteisvaikutuksena. Tutkitaan, kuinka paljon maa-ainesfosforin huuhtoumien vähentäminen (eroosiontorjunta) lisää valuma-alueella liuenneen fosforin huuhtoutumista ja lisäksi määritetään maan fosforitilan riskitasot.

Kokeilualueen vedenlaadun seurannan tavoitteena on antaa alueen viljelijöiden itse havainnoida ja oppia siitä, miten alueen yhteiset viljely- ja ympäristösuojelutoimenpiteet heijastuvat veden laatuun. Seurataan myös, miten viljelijöille seurantatiedon näkyväksi tekeminen jo ennen sen lopullista analysointia vaikuttaa heidän toimenpidevalintoihin. Tämä toteutetaan järjestämällä kuivatusalueen osakkaille yhteisiä viljelijätapaamisia ja tuottamalla verkkomateriaalia.

Osatutkimus 3C: Kaksitasouomien mitoitus ja kosteikkojen tehokkuuden parantaminen

Vetäjä Turo Hjerpe/Jari Koskiahho SYKE

Kaksitasouomien keskeinen ominaisuus on virtaustilan muutokset vesimäärien vaihdellessa. Aliveden virtaus tapahtuu pienemmässä alivesiuomassa ja on jatkuvaa. Vesimäärän kasvaessa veden pinta nousee ja levittäytyy leveämmän tulvauoman tulvatasanteille. Siten veden virtausnopeus ei kasvakaan ja kiintoainetta sedimentoituu hitaassa virtaustilassa tulvatasanteille. Keskeistä on, että vesi nousee tulvatasanteille oikea-aikaisesti ja taas vesimäärän vähentyessä virtaus tapahtuu pelkästään alivesiuomassa. Tässä osahankkeessa hyödynnetään Ritobäckenin uomasta saatuja virtaamatietoja ja kokemuksia²⁵ ja tuotetaan mitoitusvirtaamat vaihtoehtoisille ilmastomuutoskenaarioille. Lisäksi selvitetään kosteikkojen tehokkuuden parantamista stabiloimalla kosteikkorakenteita ja nopeuttamalla kiintoaineksen laskeutumista kosteikon pohjalle Rantamo-Seittelissä Tuusulassa (http://www.virtuaalituusula.fi/kohde.tmpl?sivu_id=100;id=86;k=86).

Osatutkimus 3D: Peltojen kasvukunnon parantaminen

Vetäjät Marja Jalli, Luke & Laura Alakukku, HY

Alueen peltojen kasvukunto arvioidaan viljelijöiden tekemää peltomaan laatutestiä hyödyntäen. Lisäksi tehdään maaperäfyysikaalisia mittauksia pelloilta, joiden kuormituspotentiaali on hankkeessa arvioitu suureksi. Mitattua tietoa tarvitaan mm. mallinnuksessa ja tarkasteltaessa eri toimenpiteiden vaikutusta maan rakenteeseen sekä sitä kautta veden liikkeisiin maaprofiilissa.

²⁴ Kotamäki, Pätynen, Taskinen, Huttula, Malve. 2015. Statistical dimensioning of nutrient loading reduction—LLR assessment tool for lake managers. *Environ Manage* 56:480, DOI 10.1007/s00267-015-0514-0

²⁵ Västilä, Järvelä. 2017. Characterizing natural riparian vegetation for modeling of flow and suspended sediment transport. *J Soils Sediments*.

Viljelyssä käytetään monipuolista viljelykiertoa, alus- sekä kerääjäkasveja ja erilaisia muokkausmenetelmiä²⁶, joilla varmistetaan pellon ympärivuotinen kasvipeitteisyys sekä maa-aineksen tehokas sidonta. Valumaherkillä pelloilla lisätään muokkauskerroksen vedenpidätyskykyä esimerkiksi kasviperäisellä biohiilellä. Biohiilen ohella käytetään tarvittaessa muita maan rakennetta ja hiilivarantoa ylläpitäviä maanparannusaineita. Valuntamittausten lisäksi mitataan viljelyjärjestelmien vaikutusta maan orgaanisen aineen määrään, hiilen sidontaan sekä mahdollisuutta vähentää kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja valutariskiä. Luodaan kuivatusalueille hallittu viljelyjärjestelmä, joka tuottaa hyvän määrällisen ja laadullisen sadon ja sopeutuu kasvukauden vaihteleviin tuotanto-olosuhteisiin ja kasvukauden ulkopuoliseen jaksoon ympäristövaikutukset minimoiden.

Työpaketti 3 tuottaa tieteelliset julkaisut kaksitasouomiin pidättyvän kiintoaineksen ja ravinteiden määristä, peltolohkoilla toteutettavien toimenpiteiden vaikutuksista vesistökuormitukseen ja kosteikoissa käytettävien pidätyskykyä parantavien aineiden vaikutuksissa. Kansallisiin tarpeisiin kootaan yhteenveto kokeilualueiden toimenpiteistä ja niiden kokonaisvaikutuksista kiintoaine- ja ravinnevirtoihin.

Hankekokonaisuuden hallinta

Hankkeeseen osallistuvat kolmen tutkimusorganisaation osastot, joiden erityisosaaminen kattaa tämän monitieteisen tutkimushankkeen tutkimusalat. Suomen ympäristökeskuksesta mukana ovat vesi-, meri- ja ympäristöpolitiikkakeskus sekä kulutuksen ja tuotannon keskus. Luonnonvarakeskuksesta hankkeeseen osallistuvat Luonnonvarat ja biotuotanto sekä Talous ja yhteiskunta -yksiköt. Helsingin yliopistosta mukana ovat maataloustieteiden, taloustieteen ja fysiikan laitokset. Lisäksi mukana on Pyhäjärvi-instituutti ja ELY-keskus.

Hankkeessa on kolme toisiaan täydentävää työpakettia, joissa kussakin on mukana vähintään kolme organisaatiota. Työpaketin 1 vastuuhenkilöinä ovat OTT Jussi Kauppila (SYKE) ja TkT Jani Salminen (SYKE) ja tutkimuspäällikkö FT Anne-Mari Ventelä koordinoi Pyhäjärvi-instituutin osuutta. Työpaketin 2 vastuuhenkilö on MMT Risto Uusitalo (Luke) ja työpaketin 3 prof. Laura Alakukku (HY). Kaikki työpaketit on jaettu osatutkimuksiin, joilla kullakin on oma vetäjänsä.

Koko hankkeen yleisestä koordinaatiosta vastaa SYKE (Dos. Petri Ekholm). Koordinoiva organisaatio edistää työpakettien välistä vuoropuhelua, valvoo aikataulua ja vastaa hankkeen tiedotuksesta (ks. alla) ja yleisestä raportoinnista. Työpaketit vastaavat itsenäisesti oman työnsä toteuttamisesta ja raportoinnista. Työpaketeissa tehtävää tutkimusta koordinoidaan vähintään kaksi kertaa vuodessa pidettävissä yhteisissä kokouksissa. Kokouksissa käsitellään myös työpakettikohtaisia suunnitelmia ja keskustellaan tuloksista. Osallistujien välistä yhteistyötä, tiedon ja tulosten keskinäistä jakamista hankkeen aikana sujuvoitetaan nettipohjaisella alustalla (esim. Yammer). Hankkeessa tuotettu aineisto on kaikkien tutkimukseen osallistuvien vapaasti hyödynnettävissä ja se tehdään avoimeksi tieteellisen julkaisemisen jälkeen (Creative Commons CC BY 4.0).

Tiedottaminen ja vuorovaikutus

Eri tiedeyhteisöille tuotetun uuden tiedon lisäksi hankkeen tulokset ohjaavat vesien- ja merenhoidon suunnittelua ja edistävät merkittävästi maatalouden ympäristönsuojelutoimien kehittämistä ja toimeenpanoa. Hankkeen aikana keskustellaan alan muiden tutkijoiden ja toimijoiden, kuten ministeriöiden, ELY-keskusten/maakuntien, viljelijä- ja ympäristöjärjestöjen sekä säätiöiden kanssa. Hankkeeseen osallistuvilla laitoksilla ja tutkijoilla on hyvät ja toimivat yhteydet päätöksentekijöihin ja

²⁶ Puustinen, Tattari, Koskiahho, Linjama. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations on erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. Soil Till Res 93:44–55.

sidosryhmiin. Hankkeessa tuotetaan lukuisia tieteellisiä ja ammatillisia artikkeleita ja ne esitetään tiivistetysti ja yleistajuisesti sanomalehdissä ja sosiaalisessa mediassa. Tieteellisessä julkaisemisessa suositaan Open Access -tiedelehtiä, mutta ei laadun kustannuksella.

SYKE perustaa hanketta esittelevät nettisivut, joilla etenemistä ja päätuloksia voi seurata ennen tieteellistä julkaisemista. Osallistumme hankkeen aikana aktiivisesti sekä kansainvälisiin tieteellisiin konferensseihin että paikallisiin seminaareihin ja työpajoihin. Hankkeen lopussa laaditaan Policy Brief -tyyppisiä päättäjille ja asiantuntijoille suunnattuja tiiviitä ja perusteltuja kannanottoja. Kuten yllä todetaan, hanke nojaa tiedon yhteistuotannon periaatteisiin. Se tarjoaa eturyhmille, viranomaisille, muille tiedon hyödyntäjille ja asianosaisille mahdollisuuden ottaa kantaa tuloksiin, tulkintoihin ja esitettyihin väitteisiin jo tutkimuksen aikana.

Tutkimusryhmällä on vireät kontaktit alan käynnissä oleviin tutkimushankkeisiin, tutkijoihin ja toimijoihin. Hankkeen puitteissa järjestetään yhteisiä työpajoja mm. Yhdysvaltaisten ympäristötalous- ja maatalouden vesistösuojelututkijoiden kanssa jo olemassa olevien henkilöyhteyksien ja hankesuunnitelmien pohjalta. Tiedon välittäminen hankkeessa tapahtuu aktiivisessa vuorovaikutuksessa asianosaisten kanssa. Hankkeessa syntyneen uuden tiedon yleistajuinen välittäminen suurelle yleisölle toteutetaan osallistuvien laitosten kokeneiden viestintäosastojen kanssa.

Budjetti

Hankkeen kokonaisbudjetti (= anottava rahoitus) on **2 808 046 €** ja sisältää 406 henkilötyökuukautta (henkilösivukulut 55 tai 56 %, yleiskulut 15 %). SYKEN osuus anottavasta rahoituksesta 41 %, Luken 38 %, Helsingin yliopiston 12 %, Pyhäjärvi-instituutin 5 % ja ELY-keskuksen 5 %. Työpaketti 2:n osuus rahoituksesta on 41 %, työpaketti 3:n 35 % ja työpaketin 1:n 24 %. Työpakettien väliset erot johtuvat osin työpaketeissa 2 ja 3 tehtävästä resurssi-intensiivisestä kokeellisesta tutkimuksesta. Tarkempi budjetti on esitetty liitteenä Excel-taulukossa.

Kustannukset euroina							
Työpaketti	SYKE	Luke	HY	PJI	ELY	Yhteensä (€)	%
1	312 743	230 021	0	129 766	0	672 530	24,0
2	329 293	657 707	161 374	0	0	1 148 375	40,9
3	515 059	178 701	162 457	0	130 924	987 141	35,2
Kaikki	1 157 096	1 066 429	323 831	129 766	130 924	2 808 046	
%	41,2	38,0	11,5	4,6	4,7		100