**Maatalouden ympäristökuormitus: kohti parempaa tietoperustaa ja sääntelyä**

**Tutkimussuunnitelman tiivistelmä (20.11.2017)**

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

**Tutkimuksen tausta ja tavoitteet**

Fosfori on Itämeren ja sisävesien rehevöitymisen ongelmaravinne, jonka tärkein ihmisperäinen lähde on maatalous. Maatalouden ympäristökuormituksen vähentämiseen on panostettu voimakkaasti. Panostuksista huolimatta maatalouden ravinnekuormitus on pienentynyt vain vähän, eikä vesien tila ole merkittävästi parantunut. Maatalouden vesistökuormituksen vähentämiseen on pyritty esimerkiksi alentamalla maan helppoliukoisen fosforin pitoisuutta, torjumalla eroosiota kasvipeitteen avulla ja lisäämällä peltoon fosforia sitovia aineita. Tavoitteen saavuttamista on kuitenkin hankaloittanut se, että toimenpiteiden vaikuttavuus vaihtelee alueelta toiselle ja vaikutus veteen liuenneeseen ja eroosioaineksen kuljettamaan fosforiin on usein vastakkainen (maa-ainesfosforin kuorma vähenee ja liuenneen kasvaa). Näkemyksemme mukaan vesiensuojelutoimia olisi painotettava fosforin biologisen käyttökelpoisuuden mukaan.

Tutkimus koostuu kolmesta työpaketista (kuva 1): niissä fosforia tarkastellaan luonnontieteellisestä, oikeustieteellisestä ja ympäristötaloustieteellisestä näkökulmasta. Luonnontieteellinen tutkimus tehdään eri skaaloissa – laboratoriokokeista aina valuma-aluetason analyyseihin 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.

**Työpaketti 1: Kohti maatalouden ympäristösuojelun digiloikkaa ja tehokasta hallintaa** Vastuuhenkilöt: Jussi Kauppila ja Jani Salminen, SYKE

Lainsäädännössä ja hallitusohjelmassa asetettujen vesiensuojelu- ja kiertotaloustavoitteiden toteuttaminen edellyttää maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden entistä tehokkaampaa kohdentamista. Tämä ei ole mahdollista ilman luotettavaa ja päivittyvää tietoperustaa. *Yhtenäisen ravinnetietokannan* avulla erilaiset maatalouden ympäristönsuojelutoimet voitaisiin kohdentaa tarvelähtöisesti: vaativimpia toimenpiteitä toteutettaisiin niillä pelloilla, joilla riski ravinteiden valumiselle vesistöihin on suurin.

Luotettavaa tietoa peltojen ravinteista ei kuitenkaan ole viranomaisten tai tutkijoiden 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.

Viranomais- ja tutkijakäyttöön tarkoitetun ravinnetietokannan luomiseen ja hyödyntämiseen liittyy sekä käytännöllisiä että yhteiskunnalliseen ja oikeudelliseen hyväksyttävyyteen kytkeytyviä, riippumatonta akateemista perehtymistä vaativia haasteita. Tietoa tulee kerätä ja hyödyntää niin, että hyvän hallinnon periaatteet toteutuvat ja maanviljelijöiden perusoikeuksista huolehditaan. Työpaketissa 1selvitetään toimivan tietokannan edellytykset. Siinä tuotetaan 1) analyysi tietokannan perustamisen ja käytön oikeudellisista reunaehdoista ja hyväksyttävyydestä, 2) arvio eri tietolähteistä nykyisin saatavilla olevien lohkokohtaisten tietosisältöjen kattavuudesta ja siitä, miten niitä voidaan hyödyntää erilaisten ympäristönsuojelutoimien vaikuttavuuden arvioinnissa ja kohdentamisessa, 3) ehdotus tiedon käytettävyyttä ja luotettavuutta edistäväksi sääntelyksi ja 4) luonnos ravinnetietokannan rakenteesta.

**TP 2: Maatalouden rehevöittävä fosforikuormitus ja sen vähentäminen** Vastuuhenkilö: Risto Uusitalo, Luke

Vesien rehevöitymistä aiheuttaa vain se osa fosforikuormituksesta, joka voi päätyä biologiseen kiertoon. Maatalouden fosforikuormitus koostuu kahdesta pääjakeesta: liuenneesta, suoraan biologisesti käyttökelpoisesta fosforista ja vain osittain käyttökelpoisesta maa-ainekseen sitoutuneesta fosforista. Maatalouden aiheuttaman rehevöitymisen vähentäminen edellyttää tietoa siitä (1) miten eri oloissa toteutettavat vesiensuojelutoimet vaikuttavat näiden kahden fosforijakeen kuormitukseen, ja (2) mikä on maa-ainesfosforin rehevöittävyys, erityisesti kun otetaan huomioon ne olot, joihin maaaines joutuu laskeuduttuaan vesistön pohjalle. Työpaketti 2 tutkii rehevöittävää fosforikuormitusta ja sen kustannustehokasta vähentämistä neljän osatutkimuksen avulla. Tulokset voivat muuttaa merkittävästi yleistä käsitystä vesiensuojelumenetelmien vaikuttavuudesta.

*Osatutkimus 2A. Muokkauksen vaikutus liuenneen ja maa-ainesfosforin huuhtoutumiseen* (Vetäjä R. Uusitalo, Luke)

Suorakylvetyn ja kevennetysti muokatun pellon ala on merkittävästi kasvanut Suomessa ja muualla. Luken Kotkanojan koekentän kohta kymmenvuotinen suorakylvötutkimus on osoittanut, että fosfori rikastuu maan pintakerrokseen ja nostaa liuenneen fosforin pitoisuuksia pintavalunnassa. Aivan viime vuosina myös salaojavesien liuenneen fosforin pitoisuus on kohonnut suorakylvetyllä maalla. Maahan lienee muodostunut pysyvä huokosverkosto, minkä seurauksena veden kontakti pohjamaan kanssa jää vähäiseksi. Tarkastelemme, onko pitkäaikainen suorakylvö lainkaan rehevöittävää kuormitusta vähentävä toimi, jos pohjamaahan ei enää pidäty valumaveteen liuennutta fosforia.

*Osatutkimus 2B. Maa-ainesfosforin vapautuminen vesistöissä* (Vetäjä J. Lehtoranta, SYKE)

Vesiensuojelutoimet muuttavat ravinnekuormien lisäksi myös fosforin kiertoon liittyvien aineiden (hiili, rauta, mangaani, rikki) sedimenttiin päätyviä määriä. Näkemyksemme mukaan maaainesfosforin vapautumista sedimentissä säätelevät sekä peltomaan että vesistön ominaisuudet. Rehevöittävää vaikutusta selvittääksemme sovellamme uutta laboratoriomittakaavan pullokoemenetelmää, jota olemme testanneet peltomaalla ja murtovedellä. Kokeissa peltomaita sekoitetaan järvi- ja murtoveteen, ja seoksia pidetään hapettomissa oloissa. Metalli-fosforisidoksissa tapahtuvia atomi- ja molekyylitason muutoksia tutkimme röntgenabsorptiospektroskopialla. Tilastoanalyysissa tarkastelemme valuma-aluetason ravinnekuormien ja ominaisuuksien yhteyttä vesistöjen rehevyystasoon.

*Osatutkimus 2C. Rakennekalkitus fosforikuormituksen vähentäjänä* (Vetäjä R. Uusitalo, Luke)

Pellon kipsikäsittelyissä on havaittu sekä liuenneen että maa-ainesfosforin kuormien selkeä lasku. Kipsistä vesistöön päätyvä sulfaatti voi kuitenkin pahentaa rehevöitymistä järvissä. Sen sijaan rakennekalkki (25 % reaktiivista CaO/Ca(OH)2:a) soveltuu myös järvien valuma-alueille. Rakennekalkista on lupaavaa, mutta vähäistä tieteellisesti dokumentoitua tutkimusta, eikä tutkimuksissa oteta lainkaan kantaa kalkin prosessoinnista ja reaktioista seuraaviin kasvihuonekaasupäästöihin. Perustamme Jokioisiin kaksi kenttäkoetta, jotka säilytetään hankkeen päättyessä vaikutuksen keston seurantaa varten. Täydennämme aineistoa yksityisten viljelijöiden rakennekalkituilta lohkoilta. Vesiensuojeluvaikutusten arvioinnin teemme sadesimulaatioiden avulla. Satotason huomioivia ilmastovaikutuksia selvitetään elinkaarianalyysillä.

*Osatutkimus 2D. Rehevöittävän fosforikuormituksen kustannustehokas vähentäminen* (Vetäjä A. Iho, Luke)

Oletus, jonka mukaan kilon vähennys maa-ainesfosforin kuormituksessa olisi yhtä vaikuttava kuin liuenneessa muodossa olevan fosforikilon vähennys, on harhainen. Esimerkiksi Erie-järvellä eroosiontorjunta, joka tehokkaasti vähentää maa-ainesfosforin kuormitusta, on hallinnut maatalouden ympäristönsuojelua jo vuosikymmeniä, mutta järven veden tila on viimeisen vuosikymmenen aikana huonontunut, samanaikaisesti liuenneen fosforin kuormituksen kasvun kanssa. Tässä osatutkimuksessa integroimme työpaketin 2 muiden osatutkimusten tulokset dynaamiseen, bioekonomiseen malliin. Mallilla ratkaistaan eri vesiensuojelumenetelmien kustannustehokkaat yhdistelmät. Erityistavoitteena on tuoda maatalouden vesiensuojelun päätöksentekoon uusi rehevöittävän fosforin mittayksikkö, jonka avulla voidaan suositella kustannustehokkaita toimenpideyhdistelmiä erilaisille valuma-alueille ja vastaanottaville vesistöille.

**TP 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 koekenttätutkimukset kuvaavat lohkotason ilmiöitä ja mm. suojavyöhyke- ja kosteikkotutkimukset menetelmäkohtaisia vaikutuksia.

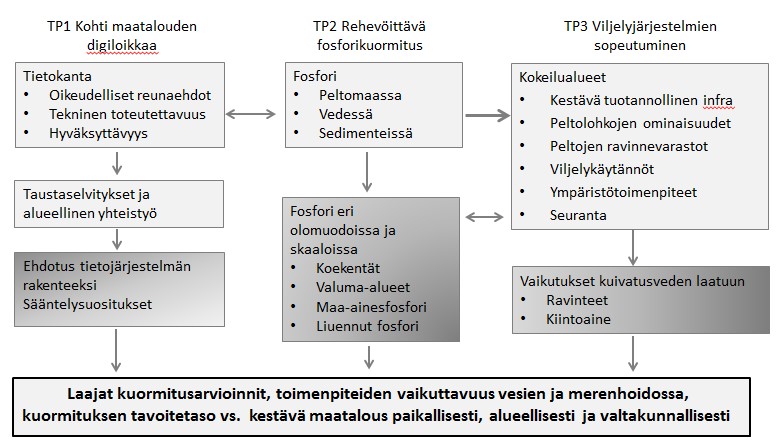
Ympäristökorvausjärjestelmämme toimenpiteet perustuvat pitkälti tähän tietoon. Toteutettujen maatalouden ympäristötoimenpiteiden vaikutukset valuma-aluetasolla eivät kuitenkaan tule selkeästi esiin. Lähtökohdiltaan valuma-alueiden seurannat ovat menetelmätutkimusta, jossa veden määrän ja laadun avulla arvioidaan valuma-alueella toteutettujen kaikkien toimenpiteiden vaikutuksia ympäristövirtaamien (so. vesistöjen tilaa muuttavat ainevirtaamat) muutoksiin.

Edelleenkin tarvitaan tietoa vesiensuojelutoimenpiteiden tehokkuudesta. Yksittäisten toimenpiteiden vaikutukset riippuvat toteutuspaikan olosuhteista eikä tuloksia voida siirtää toisenlaisiin olosuhteisiin. Tämän vuoksi tarvitaan jatkuvaa kokonaisvaltaista tutkimustietoa toimenpideyhdistelmien vaikutuksista laajemmilta alueilta. Tämä osoittaa, kuinka paljon maatalouden ympäristöohjelmien toteuttaminen todellisuudessa pienentää ympäristövirtaamia. Se on ohjelmien kehittämisen kannalta erittäin tärkeää.

Tämän osatutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten uudella ojitusisännöintimallilla ja luonnonmukaisilla peruskuivatusuomilla voidaan edistää vesiensuojelumenetelmien ja -rakenteiden käyttöönottoa ja parantaa kuivatusvesien laatua. Viljelyssä käytetään monipuolista viljelykiertoa, alus- sekä kerääjäkasveja sekä erilaisia muokkausmenetelmiä, joilla varmistetaan pellon ympärivuotinen kasvipeitteisyys sekä maa-aineksen tehokas sidonta. Valumaherkillä pelloilla lisätään muokkauskerroksen hiilipitoisuutta esimerkiksi kasviperäisellä biohiilellä. Peltojen kasvukunto arvioidaan viljelijöiden käyttämällä peltomaan laatutestillä. Arviota tarkennetaan pelloilta tehtävillä maaperäfysikaalisilla mittauksilla. Määritysten perusteella tutkitaan toimenpiteiden vaikutusta maan vesitalouteen ja mittausaineistoa käytetään myös sen mallintamisessa. Kasvusto- ja satonäytteistä analysoidaan sadon mukana poistuvat ravinteet. Erillistutkimuksella selvitetään vajaatehoisten kosteikkojen pidätyskyvyn parantamista alumiinipolymeereillä ja/tai luonnonmateriaaleihin pohjautuvilla absorbenteilla. Valuntamittausten ja veden laadun lisäksi mitataan viljelyjärjestelmien vaikutusta maan orgaanisen aineen määrään, hiilen sidontaan sekä niiden mahdollisuutta vähentää kasvinsuojeluaineiden käyttöä ja valuntariskiä. Tavoitteena on muodostaa kuivatusalueen mittakaavassa kestävä viljelyjärjestelmä peltojen kasvukuntoa, vesitaloutta ja vesiensuojelua edistävillä toimilla.

Osatutkimuksessa perustetaan kaksi kontrolloitua kokeilualuetta myöhemmin valittaville kuivatusalueille. Näillä alueilla testataan yllä mainittujen toimenpideyhdistelmien vaikuttavuutta ja haetaan kuivatusalueen mittakaavassa ratkaisuja mm. eroosion torjunnasta aiheutuvan liuenneen fosforin huuhtoutumisriskin hallintaan. Toimintatavalla saadaan yksittäisiä tiloja laajempi kattavuus ympäristötoimenpiteille sekä hyväksyntä kohdealueen kuivatusjärjestelmien luonnonmukaistamiselle. Uusi ojitusisännöintimalli toisi merkittävästi paremmat mahdollisuudet hallita vesistökuormitusta yksittäisiä maatiloja tehokkaammin ja edistää sopeutumista muuttuviin paineisiin, esim. ilmastomuutokseen. Vaikutusten seuranta toteutetaan kuivatusalueen purkupisteessä perustettavalla mittapadolla ja veden laadun seurannalla. Vertailualueina käytetään olemassa olevia pienten tutkimusvaluma-alueiden verkostoa ja metsäseurantaverkkoa. Vertailulla selvitetään toimenpiteiden vaikutukset. Kuormituksen vähentämisen tavoitetaso määritetään mallinnuksen avulla vastaanottavan vesistön tilan perusteella. Kokeilualueen viljelijät sitoutetaan hankkeeseen vapaaehtoisuuteen perustuen yhdessä paikallisten neuvonta- ja tuottajajärjestöjen kanssa.

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



Kuva 1. Hankkeen työpakettien keskeinen sisältö.

**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.