



28.6.2024

# Kuidun ja rakennekalkin vesiensuojeluvaikutukset 2.0 (RAKENNE-KUITU 2.0)

## HANKKEEN LOPPURAPORTTI

Maria Kämäri<sup>1</sup>, Paula Luodeslampi<sup>2</sup>, Lauri Anttila<sup>3</sup>, Antti Kaseva<sup>4</sup>, Sami Talola<sup>5</sup>, Jaana Uusi-Kämppä<sup>6</sup>, Essi Kiiskinen<sup>3</sup>, Khaleda Begum<sup>1</sup>, Risto Uusitalo<sup>6</sup>, Petri Ekholm<sup>1</sup>.

Suomen ympäristökeskus<sup>1</sup>, Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry<sup>2</sup>, Pyhäjärvi-instituutti<sup>3</sup>, Turun ammattikorkeakoulu<sup>4</sup>, Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus<sup>5</sup>, Luonnonvarakeskus<sup>6</sup>

Hankkeen toteutus 1.1.2023 – 31.5.2024





## Sisällysluettelo

Tiivistelmä	3
1. Hankkeen tausta ja tavoitteet	5
2. Hankkeen toteutus	6
3. Hankkeen tulokset	8
3.1. Vaikutukset kiintoaineen ja fosforin pitoisuuteen ja huuhtoumaan	8
3.2. Vaikutukset typen pitoisuuteen ja huuhtoumaan	15
3.3. Vaikutukset hiilen huuhtoumaan	17
3.4. Maaperävaikutukset	18
3.5. Satovaikutukset	19
3.6. Viestinnän toteutuminen ja toimenpiteet	21
3.7. Tulosten analysointi ja johtopäätökset	22
4. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset	23
4.1. Vesien- ja merenhoidon edistäminen	23
4.2. Tiiviimpää yhteistyötä ja tiedonvaihtoa	24
5. Kokonaiskustannukset ja rahoitus	25
6. Johtopäätökset	27
7. Lähdeluettelo	30



## Tiivistelmä

Rakennekalkki ja ravinnekuitu ovat pelloilla käytettäviä maanparannusaineita, joilla voidaan parantaa maan rakennetta ja eroosion kestävyyttä sekä ravinnetasapainoa. Pelloilla tehtävät toimet ovat ensisijainen ja tehokkain keino vähentää hajakuormitusta vesistöihin. Maanparannusaineiden nykyistä laajamittaisemmalla käytöllä on mahdollista merkittävästi vähentää maatalouden hajakuormitusta.

Kipsin käyttöä ja sen vaikutuksia veden laatuun on tutkittu jo 2000-luvulta lähtien, mutta rakennekalkin ja kuidun vaikutusten tutkimusta on ollut vähemmän. Ympäristöministeriön Vesiensuojelun tehostamisohjelma alkoi vuonna 2019 rahoittamaan tutkimuksia, joissa aloitettiin seuraamaan valuma-alueittain vaikutuksia, joita rakennekalkin ja ravinnekuidun peltolevityksellä on valumavesiin. Tähän raporttiin on koottu tulokset RAKENNE-KUITU 2.0 -hankkeesta, jossa on jatkettu vuonna 2023 rakennekalkin ja kuidun vaikutusten seuranta aiemmin perustetuissa rakennekalkin ja ravinnekuidun tutkimuskohteissa.

Peltomaan rakennekalkituksen ja kuitulevityksen vaikutuksia maaperään, satoon ja valumavesiin tutkittiin monessa kohteessa. Rakennekalkituksen tutkimuskohteet sijaitsivat Eurajoella, Turussa ja Paimiossa, joissa rakennekalkkia levitettiin joko vuonna 2019 tai 2020. Kuidun laaja-alainen peltolevitys toteutettiin Tuusulassa vuonna 2021, minkä lisäksi esitetään tuloksia Jokioisilta, jossa koelohkoille levitettiin kuitua ensimmäisen kerran jo vuonna 2015. Maanparannusaineiden vaikutusten seuranta on tehty levittämisen jälkeen pääosassa kohteita 2–4 vuotta vuoden 2023 loppuun mennessä. Jokioisilla kuidun uusintalevitys toteutettiin 2020 ja vaikutusten seuranta jatkettiin sen jälkeen.

Tulokset osoittavat, että rakennekalkituksella voidaan vähentää valumavesien kiintoaine- ja fosforikuormitusta. Rakennekalkitus vähensi hiukkasmaisen fosforin pitoisuuksia niin Eurajoen valuma-aluekokeen ojavesissä kuin Turun koekenttien salaajavesissä ja pintavalunnassa. Eurajoella päävaluma-alueen pelloista 89 % rakennekalkittiin syksyllä 2020. Hiukkasmaisen fosforin valumapainotettu pitoisuus laski noin kolmanneksen rakennekalkitun alueen ojavedessä suhteessa vertailualueeseen ja ennen rakennekalkitusta mitattuihin arvoihin. Valumapainotettu kiintoainepitoisuus väheni noin puoleen. Kiintoainekuormia tarkasteltaessa saatiin suurempiakin reduktioita, mutta eri menetelmien välisissä reduktioprosenteissa oli vaihtelevuutta. Todennäköisesti vaihteluun vaikutti se, että vesitilanteet olivat hyvin erilaiset ennen ja jälkeen rakennekalkituksen tarkastelujaksoissa.

Tuusulassa kuitu levitettiin 50 %:lle tutkimusvaluma-alueen pelloista ja ojaveden laatua verrattiin viereisen vertailuvaluma-alueen ojaveden laatuun. Kiintoaineen ja hiukkasmaisen fosforin pitoisuudet laskivat kuidun levitysalueen ojavedessä noin 23 % enemmän kuin vertailuojassa. Kiintoainekuormitus väheni noin 13 % ja hiukkasmaisen fosforin kuormitus 6 % enemmän vertailualueeseen verrattuna. Jos



valuma-alueen pelloista 100 % olisi käsitelty kuidulla, pitoisuuksien ja kuormituksen vähenemä olisi todennäköisesti ollut noin kaksinkertainen.

Jokioisilla Ojaisten sadetuskokeissa kuitulisäys vähintään puolitti kiintoaineen ja kokonaisfosforin huuhtouman käsittelemättömään maahan verrattuna. Vaikka vähenemä pieneni vuosien kuluessa, niin vielä 4,5 seurantavuoden jälkeen vähenemä oli havaittavissa. Sadetuskokeet, joissa tutkimusalue on pienempi ja olosuhteet paremmin kontrolloitu kuin koko valuma-alueella antoi tulokseksi suuremman kiintoaine ja fosforivähenemän kuin valuma-alueella toteutettu tutkimus.

Rakennekalkituksella tai kuidulla ei ollut vaikutusta ojavesien liukoisen fosforin, typen tai orgaanisen hiilen pitoisuuksiin tai kuormitukseen. Salaojavesissä rakennekalkitus kuitenkin nosti kokonaistypen pitoisuutta.

Rakennekalkituksella havaittiin positiivisia satovaikutuksia sokerijuurikkaalla ja satokasveilla, jotka hyötyvät maan pH-tilan noususta. Koeruudut, joille oli levitetty kuitua, tuottivat hieman paremman viljasadon kuin vertailuruudut, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.



## 1. Hankkeen tausta ja tavoitteet

Hankkeessa jatkui Vesiensuojeluntehostamisohjelman rahoituksella vuosina 2019–2021 toteutettujen rakennekalkittujen ja kuitukäsiteltyjen kohteiden seuranta ja tutkimus. Vuosina 2019–2021 käytettiin useissa peltokohteissa maanparannusaineina joko rakennekalkkia tai kuitua. RAKENNE-KUITU 2.0 -hankkeessa maanparannusaineiden vaikutusten seuranta jatkettiin kyseisissä kohteissa.

Hankekokonaisuuteen lukeutuvat seuraavat hankkeet:

- Rakennekalkki maatalouden vesiensuojelukeinona (RAKENNEKALKKI-hanke, 2019–2021)
- Kuitulietteet maatalouden vesiensuojelukeinona (KUITU-hanke, 2019–2021)
- Kuidun ja rakennekalkin vesiensuojeluvaikutukset (RAKENNE-KUITU -hanke, 2022)
- Kuidun ja rakennekalkin vesiensuojeluvaikutukset 2.0 (RAKENNE-KUITU 2.0 -hanke, 2023–2024)

Tavoitteena oli tuottaa tietoa peltojen rakennekalkki- ja kuitukäsittelyn vesiensuojeluvaikutuksen kestosta ja tehokkuudesta ja arvioida millainen vesiensuojeluvaikutus peltojen rakennekalkituksella tai kuitukäsittelyllä oli 2–3 vuotta maanparannusaineiden levittämisen jälkeen. Tavoitteisiin sisältyvät erityisesti seuraavat osa-alueet eli rakennekalkin ja ravinnekuidun:

- vaikutukset kokonais- ja liukoisen typen ja fosforin huuhtoumaan
- vaikutukset liukoisen orgaanisen hiilen huuhtoumaan
- vaikutuksia maaperän rakenteeseen, ravinnetasoon ja happamuuteen

Vesiensuojeluvaikutusten tutkimisen lisäksi tavoitteena oli tuottaa tietoa aineiden vaikutuksista satoon. Tähän liittyen laadittiin satoanalyysit neljästä satokaudesta eri annosmäärillä rakennekalkituista pelloista Paimiossa. Jokioisilla toteutettiin sadetuskokeita ja arvioitiin viiden vuoden jälkeen toistetun kuitukäsittelyn vaikutuksia satoon ja valumaveden laatuun.

Hankkeen tavoitteena on tuottaa näkemys maanparannusaineiden tehosta maatalouden hajakuormituksen hallinnassa Suomessa. Tulosten perusteella toimenpiteitä ja rahoitusta voidaan jatkossa ohjata vesiensuojelun näkökulmasta entistä paremmin.



## 2. Hankkeen toteutus

Seuranta jatkettiin kohteissa, joissa maanparannusaineita levitettiin pelloille vuosina 2019–2021. Valuma-alueen seuranta-kohteita oli kaksi eli Eurajoella ja Tuusulassa sijaitsevat tutkimusvaluma-alueet. Rakennekalkitukset toteutettiin RAKENNEKALKKI-hankkeen rahoituksella. Eurajoella kahden valuma-alueen pelloille levitettiin rakennekalkki pääosin syksyllä 2020. Paimiossa koealat rakennekalkittiin syksyllä 2019 ja peltolohkot Ainola ja Uro Turussa syksyllä 2020. Tuusulassa tutkittiin kuidun vesistövaikutuksia. Noormarkinojan valuma-alueen pelloille kuidun levityksen toteutus jakaantui vuosille 2020 (15 ha) ja 2021 (65 ha). KUITU-hankkeeseen sisältyi myös Jokioisten koekentällä kuidun uusintalevitys syksyllä 2020 ja koekenttien seuranta on jatkettu edelleen.

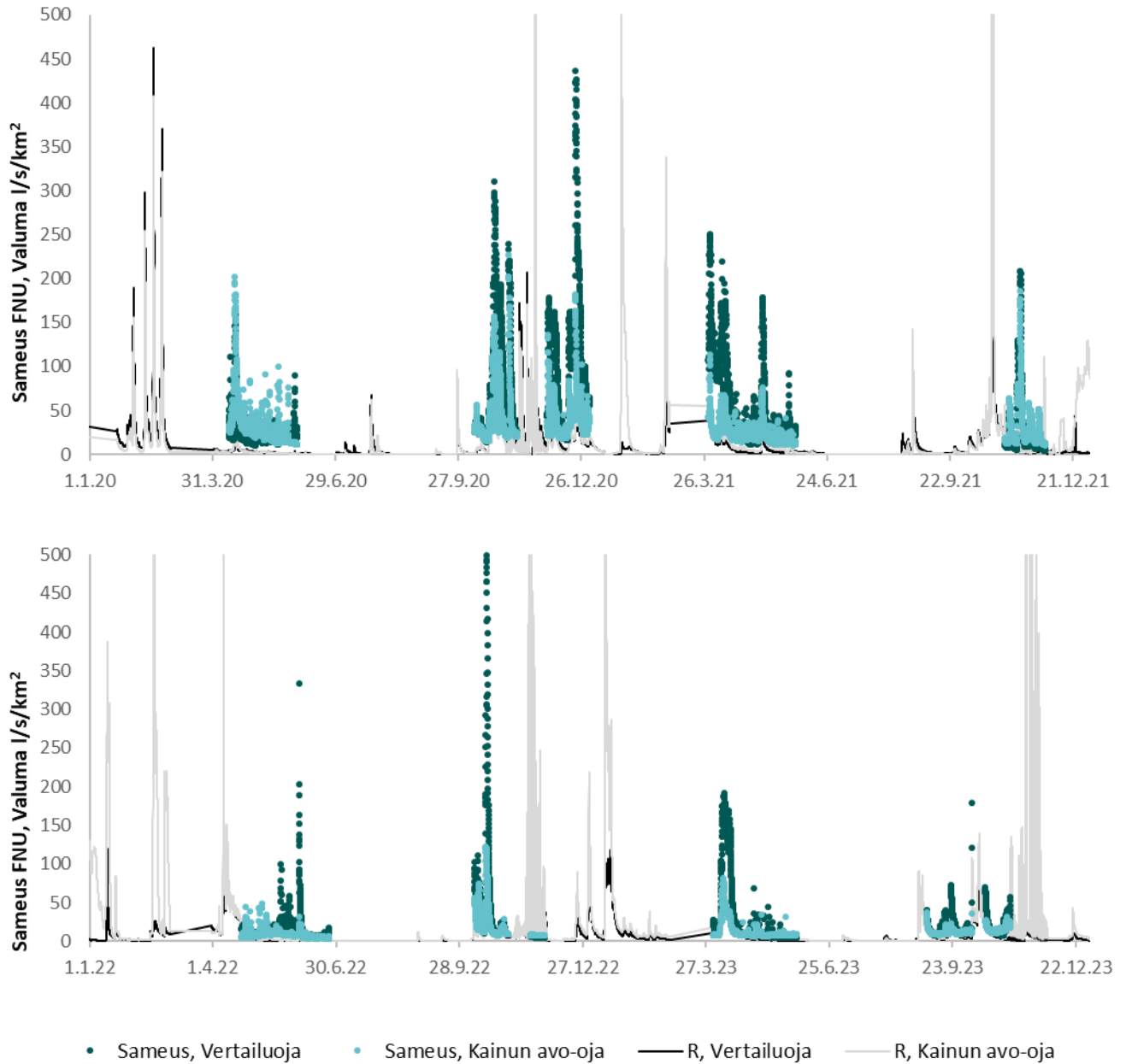
Vesistöseurannassa käytettiin jatkuvatoimisia vedenlaadun mittalaitteita ja pinnankorkeusantureita valuman mittaamiseen. Jatkuvatoiminen seuranta mahdollistaa erityisesti sameuden jatkuvan seurannan, jolloin mittauksia saadaan kattavasti jaksoilta, jolloin vesinäytteitä ei ole. Vesinäytteitä kerättiin maastosta Eurajoella, Turussa ja Tuusulanjärven valuma-alueella. Vesinäytteissä analyysivalikoima on huomattavasti laajempi kuin jatkuvatoimissa sensoreissa. Vesinäytteistä seurattiin esimerkiksi liukoisen fosforin pitoisuutta, hivenravinteiden huuhtoumaa ja kuidun osalta mm. kadmiumin pitoisuutta. Lisäksi vesinäytteitä käytettiin sensoridatan kalibrointiin. Paimiossa kerättiin maa- ja satonäytteet, joista arvioitiin kahden eri rakennekalkin annoskoon vaikutuksia eri pH-tason omaavissa maissa. Näytteistä teetettiin viljavuuspalvelussa rakennekalkittujen ja verrannealueen koealojen maanäteanalyysit ja toteutettiin sadon laatuanalyysit. Jokioisten kuitututkimuksessa maamonoliitteja sadetettiin laboratorioissa ja kerättiin kevätiljan satonäytteet.

Kaikki tutkimuskohteet oli perustettu jo aiempien hankkeiden puitteissa, joten tässä RAKENNE-KUITU 2.0 -hankkeessa seuranta vuodelle 2023 suunniteltiin aiemmista hankkeista saadun kokemuksen perusteella. Tiedettiin, että kuivuus kesällä sekä talvikausi ja pakkasen aiheuttavat taukoa seurannoissa. Tavoitteena oli keskittää vesinäytteenotto keväällä ja syksyllä keskimääräistä suurempiin valumiin, sillä ne ovat tilanteita, jolloin pelloilta ja valuma-alueelta lähtee eniten ainesta liikkeelle. Näytteenotto saatiinkin ajoitettua edustavasti vuonna 2023. Esimerkiksi Eurajoelle vesinäytteiden keräämisen aikaa valuma oli keskimäärin 26 l/s/km<sup>2</sup>. Sensoriseurannan arvioitiin olevan luotettavaa vuonna 2023 yhteensä 110 päivän aikana, jolloin keskivaluma oli Kainun avo-ojassa 12,7 l/s/km<sup>2</sup> ja Haukkalanojassa 7,7 l/s/km<sup>2</sup>. Vesinäytteet saatiin siten kerättyä keskimääräistä selvästi suurempien valumien aikaan.

Rakennekalkin valuma-alueutkimuksessa tutkimuskohteen perustamisen ja mittapatojen rakentamisen jälkeen havaittiin, että alavalla maalla läheinen Eurajoki, jota säännöstellään, padottaa vettä ajoittain toisella seurantapaikalla. Rakennettu mittapato jäi käytännössä ajoittain kokonaan tulvaveden alle, jolloin rakennekalkin vaikutusten seuranta ei ole luotettavaa. Kohteeseen asennettiin riistakamera 3.3.2021,



jotta pystyttiin näkemään lähes reaaliaikaisesti ojaveden vedenpinnankorkeuden vaihtelu mittapadolla. Se auttoi ajoittamaan vesinäytteenottoa vuolaan valuman tilanteisiin, jolloin padotusta ei ollut.



**Kuva 1.** Kahdella rakennekalkin vaikutusten tutkimusvaluma-alueella jatkuvatoimisesti mitattu sameus tilanteissa, jolloin ei ole padotusta, pakkasta tai kuivuutta sekä valuma (R). (Valuman aikasarajoissa erottuu kuvassa ajoittain suoria viivoja, kun epäluotettava mittaustieto on poistettu tai sensorit ovat olleet kokonaan pois ojjista.)

Vuonna 2023 padottavia tilanteita oli käsittelyvaluma-alueella huomattavan paljon, mikä osaltaan johtui ylivaluntojen ajoittumisesta aikaiseen syksyyn, jolloin runsas kasvillisuus vähensi mittauspisteen alapuolisten uomien vedenjohtokykyä. Riistakamera auttoi tunnistamaan näitä tilanteita, jolloin vedenlaatusensorin data oli epäluotettavaa, koska vesi seisojassa eikä virrannut vapaasti.



Vedenlaatusensorin mittausten analysoimisessa tämä pystyttiin huomioimaan riistakameraseurannan ansiosta ja analyysissä käytettiin vain luotettavaksi arvioitua mittadataa, mikä samalla rajasi suurimmat valuntahuiput analyysin ulkopuolelle. Kuvassa 1 näkyvät sameuden sensorimittaukset, joita on käytetty rakennekalkin vaikutusten arviointiin. Kuvassa 1 kesäkaudet erottuvat osaltaan selvästi, sillä kuivina jaksoina pelloilta ei tullut huuhtoumia ojiin ja mittauksissa oli tauko.

Myös kuitututkimuksen verrannevaluma-alueella Flinkinojassa esiintyi jonkin verran padotusta kaikista suurimmilla virtaamilla. Molempien ojien anturiaineistosta poistettiin havainnot niiltä ajanjaksoilta, joilla ilmeni padotusta ja valumavesien nousua pelloille.

### 3. Hankkeen tulokset

Hankkeen keskeiset tulokset esitetään tässä kappaleessa tiiviisti. Tarkempia taustatietoja tutkimuksen toteutuksesta, aineiden levityksestä ja koalueista on esitetty KUITU-hankkeen (Uusi-Kämpä ym. 2022) ja RAKENNEKALKKI-hankkeen loppuraporteissa.

#### 3.1. Vaikutukset kiintoaineen ja fosforin pitoisuuteen ja huuhtoumaan

Kiintoaine kuljettaa mukanaan hiukkasmaista fosforia savivaltaisten valuma-alueiden virtavesissä ja rakennekalkin oletetaan vähentävän sen huuhtoumaa. Rakennekalkitus vähensi veden sameutta ja kiintoainepitoisuutta ojavesissä Eurajoella sekä salaojissa Turussa. Hiukkasmaisen fosforin keskipitoisuus laski Eurajoella rakennekalkkialueen ojavedessä arvosta 175 µg/l arvoon 61 µg/l. Vertailuojassa muutos oli arvosta 176 µg/l arvoon 89 µg/l eli hiukkasmaisen fosforin pitoisuudet laskivat rakennekalkitun alueen ojavedessä vertailuojaa enemmän. Rakennekalkin hiukkasmaista fosforia vähentävä vaikutus tulee hyvin esiin myös valumaan suhteutettuna. Kainun avo-ojassa hiukkasmaisen fosforin pitoisuudet pysyivät isoilla valumilla ( $R > 20$  l/s/km<sup>2</sup>) rakennekalkituksen jälkeen alemmalla tasolla kuin Haukkalanojassa (kuva 2).

Ilman rakennekalkitusta vesinäytteenottotilanteiden hiukkasmaisen fosforin valumapainotetut pitoisuudet olisivat olleet havaittua suurempia Kainun avo-ojassa rakennekalkituksen jälkeisenä aikana olettaen, että muutos olisi ollut suhteellisesti samansuuruinen kuin vertailualueella. Kun otetaan huomioon, että Kainun avo-ojan valuma-alueella 89 % pelloista levitettiin rakennekalkkia niin Kainun avo-ojassa valumapainotettu hiukkasmaisen fosforin pitoisuus väheni rakennekalkituksen vaikutuksesta 38 %.

Ennen ja jälkeen rakennekalkitusta kerättyjen vesinäytteiden hiukkasmaisen fosforin pitoisuseroja analysoitiin myös tilastollisilla testeillä. Eurajoella pelto-ojien välillä ei ollut ennen rakennekalkitusta eroa hiukkasmaisen fosforin pitoisuuksissa (n=14). Sen sijaan rakennekalkituksen jälkeen kerättyissä näytteissä (n=73) ojien vedenlaadussa oli selkeä ero (p = 0,02). Hiukkasiin sitoutuneen fosforin pitoisuuden lasku ojavedessä, rakennekalkituksen vaikutuksesta, oli tilastollisesti merkittävää.





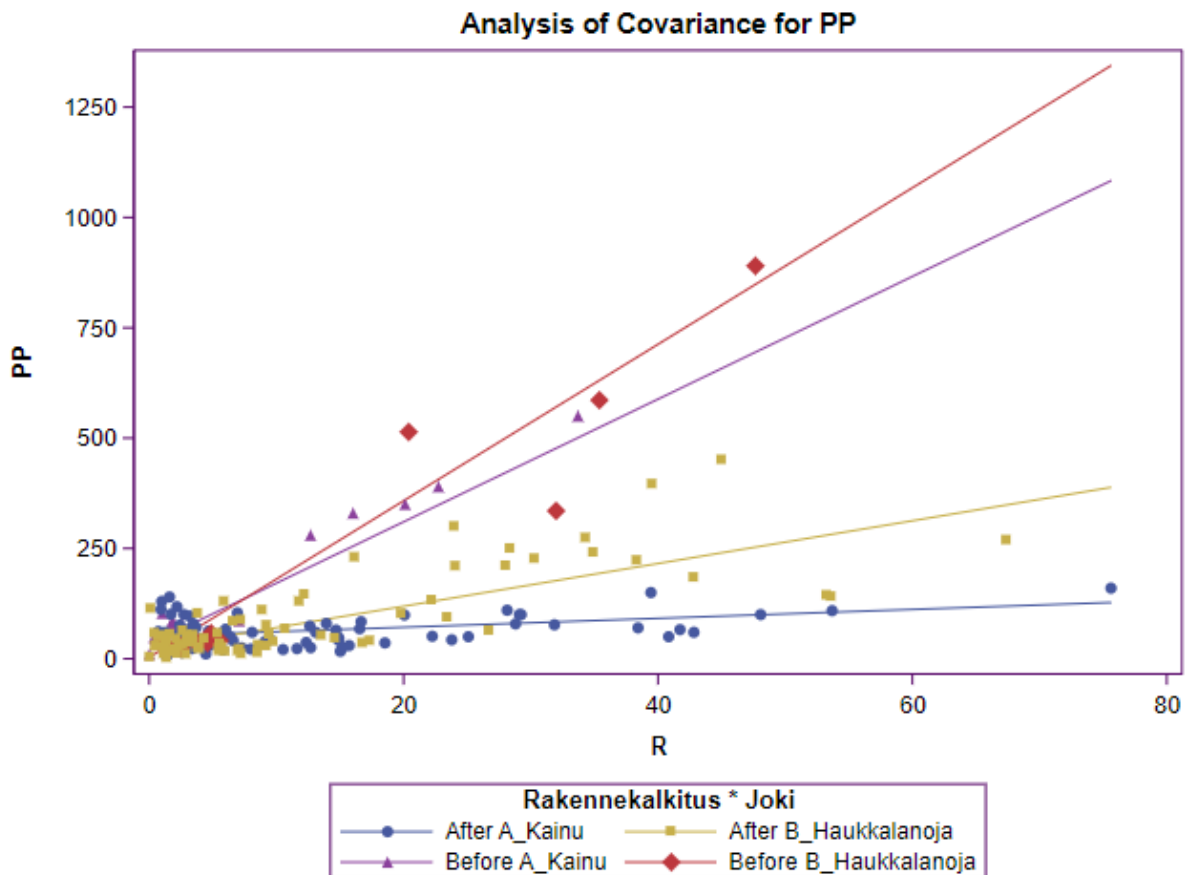
Samansuuntainen tulos saatiin myös, kun tarkasteltiin vesinäytteistä laskettuja hiukkasmaisen fosforin kuormia, joissa ei ollut merkittävää eroa ennen rakennekalkitusta mutta rakennekalkituksen jälkeen kuormitus oli rakennekalkitusalueen ojavedessä merkittävästi pienempi kuin vertailuojoissa ( $p = 0,01$ ).

Kiintoaineen huuhtouma väheni Eurajoella rakennekalkituksen jälkeen noin 70 % sensorimittausten perusteella. Kun kiintoaineen huuhtouma-arvot sovitettiin kovarianssimalliin, niin vähenemä oli 35 %. Vesinäytteistä hetkellisistä arvoista analysoituna huuhtouma väheni 24 %. Eri menetelmillä lasketut reduktiot vaihtelevat paljon. Eroihin vaikuttaa ilmeisesti havaintojen jakautuminen erilaisiin valuntatilanteisiin ennen ja jälkeen rakennekalkituksen. Taulukossa 1 sekä kuvassa 1 näkyy, että ennen rakennekalkitusta sensorihavaintoja oli kuin melko pienillä valumilla keväällä 2020. Rakennekalkituksen jälkeisillä jaksoilla keskimääräinen valuma ja huippuarvot olivat selvästi suurempia.

**Taulukko 1.** Valuman (R) tuntikeskiarvot sensorimittauksissa ennen ja jälkeen rakennekalkituksen Eurajoen tutkimuskohteen ojavesissä. n on havaintojen lukumäärä.

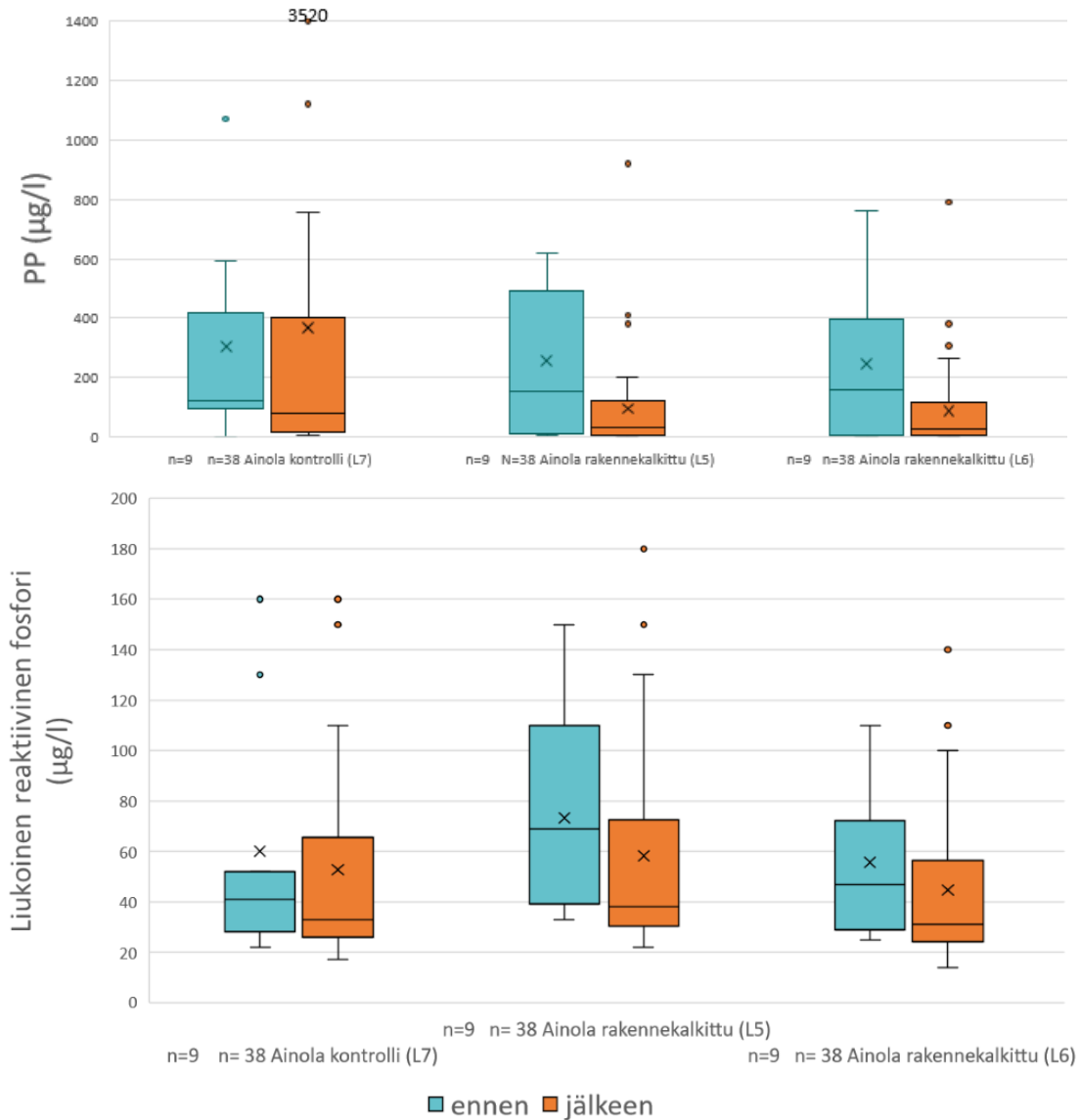
Jakso	Oja	n	R keskiarvo l/s/km <sup>2</sup>	R minimi l/s/km <sup>2</sup>	R maksimi l/s/km <sup>2</sup>
Ennen	Haukkalanoja	1200	3,1	0,7	16,0
Ennen	Kainun avo-oja	1200	3,2	0,4	24,4
Jälkeen	Haukkalanoja	8758	9,6	0,2	77,3
Jälkeen	Kainun avo-oja	8345	12,7	0,0	200,6

Hiukkasmaisen fosforin huuhtouma vesinäytteenottohetkillä väheni Eurajoen ojavesissä 12 %. Reduktio oli pienempi kuin kiintoaineen reduktio vesinäytteistä laskettuna. Eurajoella sensorin sameuden ja vesinäytteistä määritetyn fosforin välille ei löytynyt Kainun avo-ojan osalta hyvää yhteyttä niin että sensorin sameus olisi voitu muuntaa hiukkasmaiseksi fosforiksi. Kainun avo-ojassa vesinäytteistä analysoidun sameuden ja hiukkasmaisen fosforin välinen lineaarinen regressiosovite oli hyvä (mallin selitysaste  $R^2=0,86$ ), mutta sensorisameuden ja hiukkasmaisen fosforin välinen yhteys oli heikko ( $R^2=0,34$ ).



**Kuva 2.** Hiukkasmaisen fosforin pitoisuus vesinäytteissä (PP µg/l) suhteessa valumaan (R, l/s/km<sup>2</sup>) ennen ja jälkeen rakennekalkituksen Kainun avo-ojassa sekä Haukkalanojan vertailuojassa. Suorat viivat ovat kovarianssianalyysin mukaisesti mallinnetut ojavesien hiukkasmaisen fosforin pitoisuudet valuman suhteen ennen ja jälkeen rakennekalkituksen. Kainun avo-ojassa hiukkasmaisen fosforin pitoisuus suhteessa valumaan ja Haukkalan vertailuojaan laski tilastollisesti merkittävästi.

Myös Ainolan ja Uron koekentän salaojavesissä Turussa hiukkasmaisen fosforin keskipitoisuus laski rakennekalkituilla lohkoilla vertailualueita enemmän. Ainolan vertailulohkolla pitoisuuden lasku ei jaksojen välillä ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta rakennekalkituilla lohkoilla hiukkasmaisen fosforin pitoisuuden mediaanien lasku (80 %) puolestaan oli tilastollisesti merkitsevä (kuva 3). Tämä viittaa siihen, että rakennekalkitus on vähentänyt salaojavesien hiukkasmaisen fosforin pitoisuutta Ainolan koekentällä. Uron koekentällä hiukkasmaisen fosforin pitoisuus laski merkittävästi sekä rakennekalkitun että kalkitsemattoman alueen salaojissa.



**Kuva 3.** Salaojavesinäytteiden hiukasmaisen fosforin (PP) ja liukoisen reaktiivisen fosforin pitoisuudet Ainolan koekentän rakennekalkitulla ja kontrollilohkoilla ennen (16.9.2019–24.7.2020) ja jälkeen (21.10.2020–26.4.2024) rakennekalkituksen. Kuvaajissa näkyvät minimi- ja maksimiarvot, keskiarvo raksilla, mediaani (viiva) sekä 25 % ja 75 % fraktiilit.

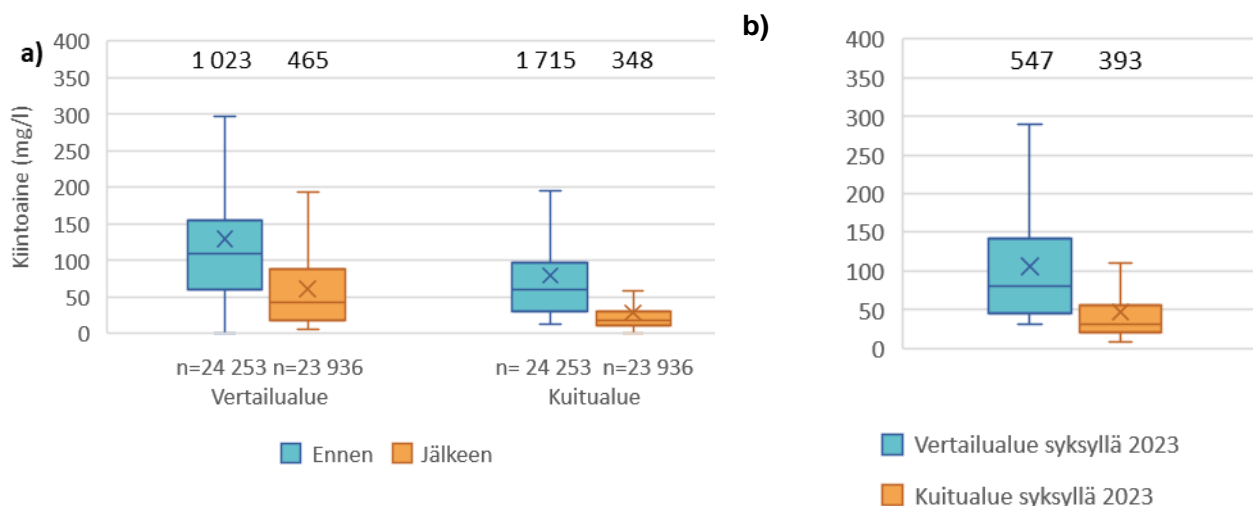
Tuusulan kuitututkimuksessa ojavesien sameus sekä kiintoainepitoisuus (kuva 4) ja kokonais- ja hiukasmaisen fosforin pitoisuudet laskivat tutkimuksen kuluessa molemmilla valuma-alueilla. Kuidun levitysalueella ojaveden kiintoainepitoisuus oli kuidun levityksen jälkeen 22 % matalampi vertailualueeseen verrattuna (kuva 4a) ja alueiden välinen ero näkyi vielä syksyllä 2023 (kuva 4b). Kokonaisfosforin pitoisuus oli 12 % ja hiukasmaisen fosforin pitoisuus 24 % matalampi vertailualueeseen verrattuna. Kiintoaineen kuormitus oli kuitualueella 12 % pienempää ja hiukasmaisen fosforin kuormitus 6 % pienempää vertailualueeseen verrattuna (kuva 5b). Kokonaisfosforissa kuormitusero ei ollut yhtä selkeää (kuva 5a). Koska kuitualueella vain puolet peltopinta-alasta käsiteltiin



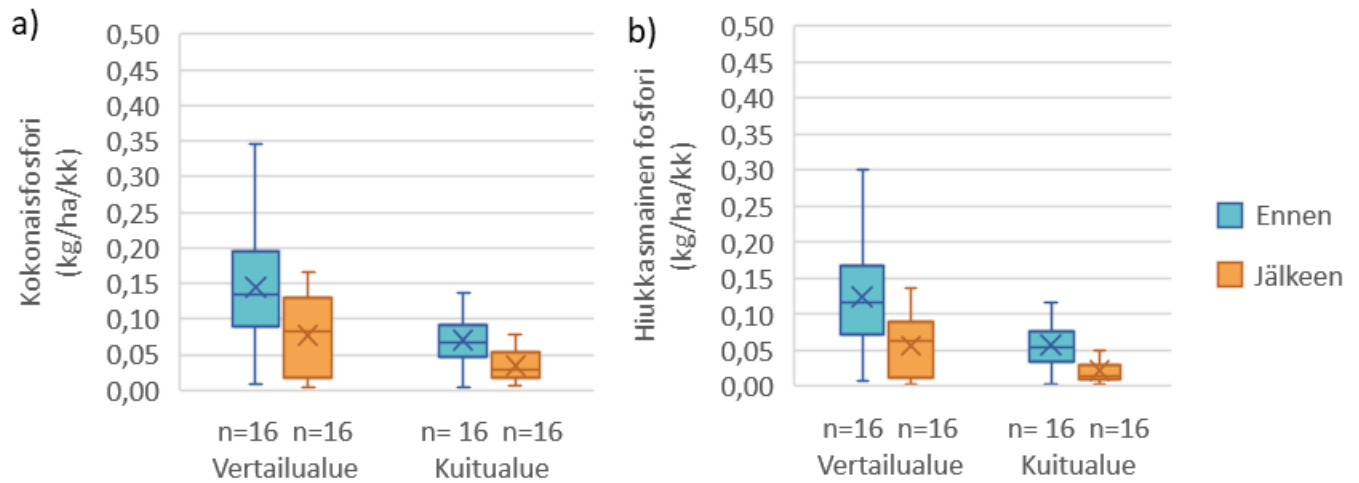
kuidulla, voidaan olettaa että 100 %:n käsittelyalalla pitoisuudet ja kuormat olisivat laskeneet noin kaksi kertaa enemmän.

Tuusulan ojavesissä sameusarvot olivat lähellä kiintoaineen arvoja (kiintoaine (mg/l) = 0,92 sameus (FNU) + 7,9, n = 135,  $r^2 = 0,96$ ), joten kiintoainekuormaa arvioitiin myös sensorien sameusarvoista kovarianssianalyysillä. Siinä sovitettiin jaksoille ennen ja jälkeen kuitujen levitystä sekä kuitualueelle että vertailualueelle hetkellisen kiintoainekuorman ja valunnan välille lineaarinen yhteys, jonka perusteella laskettiin kumulatiivinen kiintoainekuorma käyttäen koko mittausjakson valumia. Näin tasoitettiin valumien eroja jaksoilla ennen ja jälkeen kuitujen levityksen. Kuitujen vaikutus arvioitiin olettamalla, että ilman kuituja kuitualueen kiintoainekuormitus olisi muuttunut prosentuaalisesti saman verran kuin vertailualueella. Arvion perusteella kuidut olisivat vähentäneet kiintoainekuormitusta 13 %. Koska kuituja levitettiin vain puolelle peltoalasta, kuitujen voidaan olettaa vähentäneet levitysalalla huuhtoumaa 27 %. Vähentymä on voinut olla suurempikin, sillä 19 % kuiduista levitettiin ennen kuituja -jaksolla.

Kovarianssianalyysiä sovellettiin myös hiukkasmaisena fosforin huuhtouman muutosten arviointiin. Kuitujen aiheuttama vähennys oli kuitujen levitysalalla huomioon ottaen vain 6 %. Tarkastelussa hiukkasmainen fosfori arvioitiin sameudesta toisen asteen yhtälöllä ( $PP (\mu\text{g/l}) = -0,0009 \text{ Sameus}^2 + 1,4356 \text{ Sameus} + 23,49$ ,  $r^2 = 0,9161$ , n = 135), mikä tarkoittaa, että mitä korkeampi sameus (= kiintoainepitoisuus) sitä vähemmän kiintoaine sisältää fosforia. Tämä voisi selittää heikomman reduktion hiukkasmaiselle fosforille kuin kiintoaineelle. Sama ilmiö on havaittu myös valuma-alueen kipsitutkimuksissa.



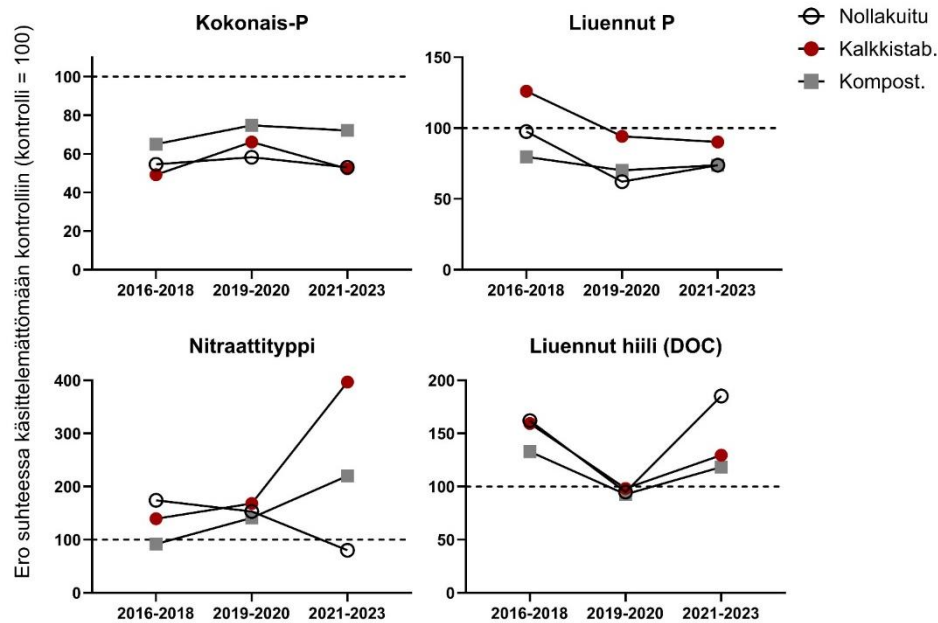
**Kuva 4.** Ojaveden keskimääräinen kiintoainepitoisuus kuidun vertailualueelta ja kuidun levitysalueelta a) ennen (syksy 2019-kevät 2021) ja jälkeen (syksy 2021-kevät 2023) kuidun levityksen sekä b) syksyllä 2023. Kuvaajissa näkyvät minimi- ja maksimiarvot, keskiarvo raksilla, mediaani (viiva) sekä 25 % ja 75 % fraktiilit. Maksimiarvot on ilmoitettu lukuina kuvaajan yläreunassa.



**Kuva 5.** Keskimääräinen a) kokonaisfosforin ja b) hiukkasmaisen fosforin kuormitus kuidun vertailualueelta ja kuidun levitysalueelta ennen (syksy 2019-kevät 2021) ja jälkeen (syksy 2021-kevät 2023) kuidun levityksen. Kuvaajissa näkyvät minimi- ja maksimi-arvot, keskiarvo raksilla, mediaani (viiva) sekä 25 % ja 75 % fraktiilit.

Kuidun levityksen jälkeen esiintyi hetkellisesti korkeampia kokonaisfosforipitoisuuksia ojavedessä, mutta ne näyttävät liittyvän enemmän peltojen muokkaukseen ja sääoloihin kuin itse kuidun levitykseen. Esimerkiksi syksyllä 2020 kuitua levitettiin vain 15 ha alalle ja peltojen muokkauksen jälkeen tuli pitkä sadejakso. Tällöin fosforipitoisuudet (kokonais-, hiukkasmainen ja liukoinen fosfori) kuitujen levitysalueen ojassa kasvoivat hetkellisesti, suhteessa enemmän kuin taas syksyllä 2021, jolloin kuitua levitettiin huomattavasti suuremmalle (65 ha) alalle. Fosforipitoisuudet kasvoivat myös vertailuajassa juuri syysmuokkausten ja sateiden jälkeen. Syksyllä 2020 pitoisuudet kasvoivat vertailuajassa vähemmän kuin kuidunlevitysalueella ja syksyllä 2021 suunnilleen saman verran kuin kuidunlevitysalueella.

Kuidun vaikutusta kiintoaineen ja kokonaisfosforin huuhtoumaan tutkittiin myös sadetuskokein (kuva 6). Jokioisilla Ojaisten sadetuskokeissa sadetettiin kahden päivän aikana 5 mm/h intensiteetillä vuosittain otettuja maamonoliitteja, jotka kairattiin keväisin häiriintymättöminä lieriöihin (halkaisija 30 cm, korkeus 40 cm). Kuitulisäys vähintään puolitti kiintoaineen ja kokonaisfosforin huuhtouman käsittelemättömään maahan verrattuna. Vaikka vähenemä pieneni vuosien kuluessa, niin vielä 4,5 seurantavuoden jälkeen vähenemä oli havaittavissa. Kuitua levitettiin uudelleen samalle paikalle viisi vuotta ensilevityksen jälkeen. Kiintoaineen ja fosforin vähenemä verrokkimaahan nähden oli prosentuaalisesti samanlaista kuin aiemmin.

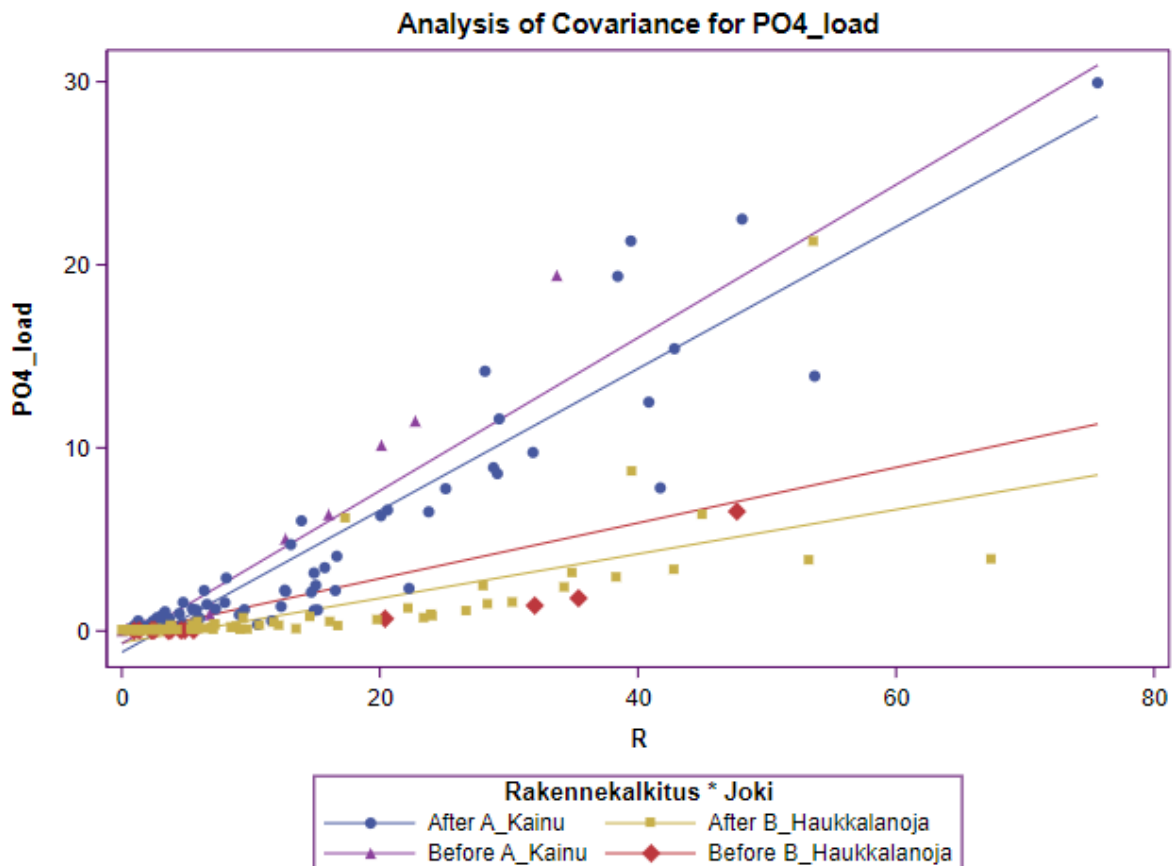


**Kuva 6.** Jokioisten Ojaisten kuitukokeista otettujen maamonoliittien sadetusvesistä mitatut kokonais-P:n, liuennun P:n, nitraattityypin ja liuennun hiilen pitoisuudet prosenttilukuina suhteessa kontrollinäytteiden ainepitoisuuksiin (pitoisuus kontrollinäytteessä = pystyakselin luku 100). Ensimmäinen jakso (2016–2018) näyttää kolmen vuoden jakson keskiarvot ensimmäisen levityksen jälkeen, toinen jakso (2019–2020) näitä seuraavien kahden vuoden keskiarvot ja kolmas jakso (2021–2023) toisen levityksen jälkeisten kolmen vuoden keskiarvot.

Liukoisen reaktiivisen fosforin pitoisuuteen ja huuhtoumaan ei ollut vaikutusta rakennekalkituksella eikä kuidun peltolevityksellä. Eurajoella levitysalueen ojavedenlaadussa tai kuormissa ei tapahtunut suurta muutosta suhteessa vertailuojaan ennen ja jälkeen maanparannusaineiden levityksen. Tätä tulosta havainnollistaa kuva 7, jossa aineistoon sovitettu kovarianssimalli osoittaa, että valumaan suhteutettu liukoisen fosforin kuorma on rakennekalkin levityksen jälkeen laskenut kummassakin ojassa.

Liukoisen reaktiivisen fosforin keskipitoisuuksissa oli Kainun avo-ojan (75 µg/l, n=14) ja vertailuojan (7µg/l, n=14) välillä iso ero ennen rakennekalkitusta ja myös sen jälkeen, mikä heijastuu myös kuvan 7 kuormiin. Rakennekalkituksen jälkeen keskipitoisuus oli Kainun avo-ojassa 64 µg/l (n=69) eli se pieneni, kun taas vertailuojassa keskipitoisuus 10 µg/l oli hieman aiempaa suurempi. Pitoisuusmuutos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkittävä kovarianssianalysissä.

Turussa kummaltakin koekentältä saatiin viitteitä, että rakennekalkki vähentäisi liukoisen fosforin pitoisuutta salaojavesissä. Ainolassa salaojen liukoisen fosforin pitoisuudet laskivat niin kontrollilohkoilla, kuin rakennekalkituilla lohkoilla, mutta muutos oli suurempi ja tilastollisesti merkitsevä rakennekalkituilla lohkoilla (kuva 3). Tutkimus antoi lisäksi viitteitä, että rakennekalkitus voi nostaa liukoisen fosforin pitoisuutta pintavalunnassa.



**Kuva 7.** Liukoisien reaktiivisen fosforin tuntikuormat (PO<sub>4</sub>\_load, g/h/km<sup>2</sup>) suhteessa valumaan (R, l/s/km<sup>2</sup>) ennen ja jälkeen rakennekalkituksen Kainun avo-ojassa sekä Haukkalanojan vertailuajassa.

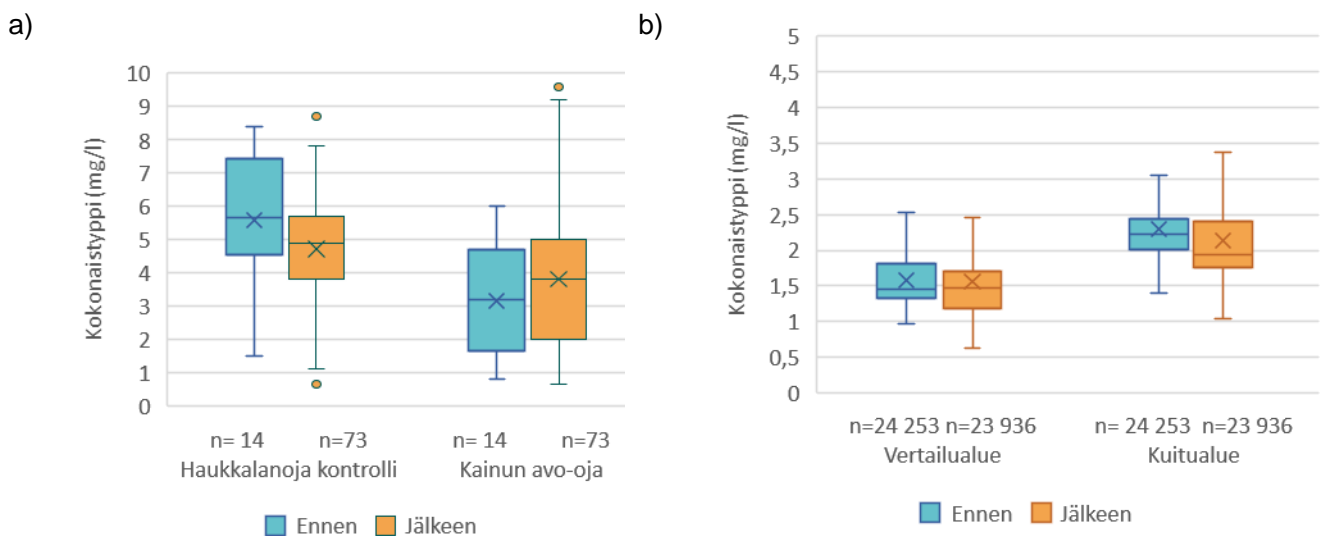
### 3.2. Vaikutukset typen pitoisuuteen ja huuhtoumaan

Eurajoella ojavesien typpipitoisuudet olivat selvästi korkeampia kuin kuitukohteessa Tuusulassa. Rakennekalkialueen ojavedessä typpipitoisuuden keskiarvo nousi arvosta 3,3 mg/l arvoon 3,9 mg/l rakennekalkituksen jälkeen (kuva 8a), mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkittävä. Haukkalanojan typpipitoisuuksissa ei myöskään ollut merkittävää eroa ennen ja jälkeen jaksojen välillä. Myös valumapainotettu kokonaistypen pitoisuus nousi Kainun avo-ojassa. Valumat olivat ennen rakennekalkitusta otettujen näytteiden aikaan pienempiä kuin rakennekalkin levityksen jälkeen. Aineiston hajonta oli iso eikä rakennekalkilla todettu merkittävää vaikutusta ojavesien kokonaistypen pitoisuuteen tai typpikuormaan. Turussa rakennekalkilohkojen ojavesissä typpipitoisuus nousi levityksen jälkeen vertailulohkoja enemmän (kuva 9). Keskipitoisuudet kasvoivat niin vertailulohkojen, kuin rakennekalkittujen lohkojen salaojavesissä mutta kasvu (tilastollisesti merkittävä ero) oli rakennekalkituilla lohkoilla vertailulohkoja suurempaa. Sen sijaan pintavalumavesien kokonaistypipitoisuuksissa ei ollut selkeitä eroja vertailualueen ja rakennekalkitun lohkon välillä.



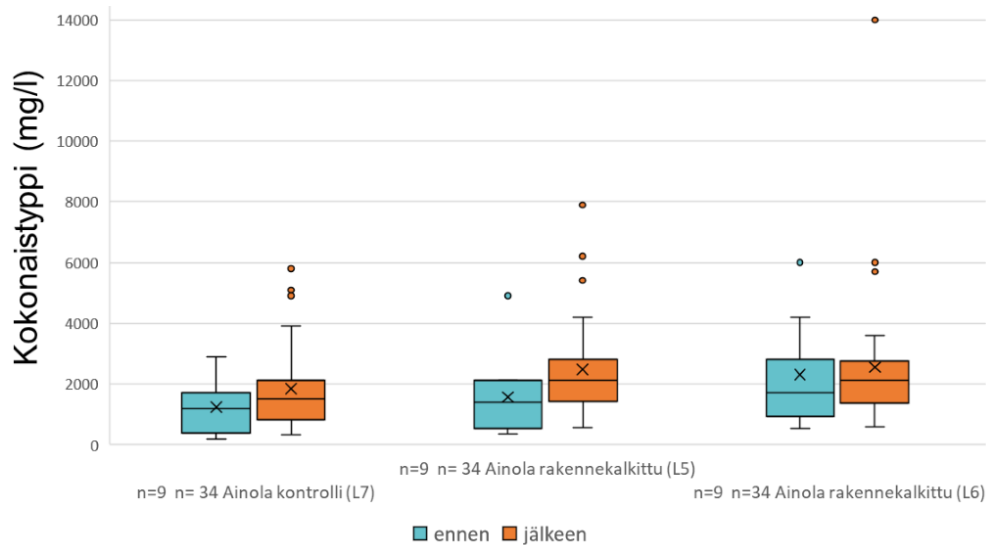
Kuidun levitysalueen ojaveden nitraatti- ja kokonaistypen pitoisuudet olivat alusta saakka hieman suurempia vertailuosaan verrattuna. Kuidun levityksen valuma-alueella on llotulustehdas, jonka pitkään jatkuneet koeammunnat ovat mahdollisesti hieman nostaneet typpipitoisuuksia. Käytännössä pitoisuustaso oli kuitenkin alhainen. Kokonaistypen pitoisuuksissa (kuva 8b) ja kuormituksessa ei ollut eroa ennen- ja jälkeen-jaksojen välillä.

Pelloille levitetyn kuidun (40 t/ha) mukana tuli liukoista typpeä 17 kg/ha ja kokonaistyppeä 265 kg/ha. Kuidun levityksen jälkeen ojaveden nitraatti- ja nitriittityypen pitoisuuksissa oli yksittäisiä piikkejä pahimpien loka- ja marraskuun sateiden aikaan (syksyt 2020 ja 2021). Korkeat pitoisuudet eivät johtuneet välttämättä kokonaan kuidusta, sillä syksy 2020 oli kuormittavampi kuin syksy 2021, jolloin suurin osa kuidusta levitettiin. Myös vuoden aikana annettu lannoitus ja satojen onnistuminen vaikuttavat pellolle jäävän typen määrään ja edelleen huuhtoutumisriskiin. Jos levityksen ja muokkauksen jälkeen tulee kovia sateita, on olemassa kuitenkin riski, että osa kuituaineksesta huuhtoutuu ojiin ja lisää kuormitusta hetkellisesti.



**Kuva 8.** Kokonaistypen pitoisuusvaihtelu ennen ja jälkeen a) rakennekalkin ja b) kuidun levityksen. Rakennekalkin Eurajoen tutkimusalueen typpipitoisuuden vaihtelu on laskettu kuvaan vesinäytteistä ja Tuusulan tutkimusalueella jatkuvatoimisista sensoreista, joiden osalta havaintojen lukumäärä (n) on suuri.





**Kuva 9.** Kokonaistyyppien pitoisuusvaihtelu salaojavesissä ennen ja jälkeen rakennekalkin levityksen Turussa Ainolan koekentällä.

### 3.3. Vaikutukset hiilen huuhtoumaan

Rakennekalkin tutkimusvaluma-alueella Kainun avo-ojassa liukoisen orgaanisen hiilen keskipitoisuus 9,2 mg/l oli Haukkalanojaa 7,7 mg/l merkittävästi suurempi ennen rakennekalkitusta tarkasteltaessa log-muunnettuja pitoisuuksia t-testillä. Kummassakin ojassa keskipitoisuus laski 2–3 % rakennekalkituksen jälkeen, joten pitoisuusmuutokset olivat pieniä. Rakennekalkin levityksen jälkeen Kainun avo-ojassa keskipitoisuus oli 8,9 mg/l ja Haukkalanojassa 7,5 mg/l. Valumapainotettujen keskipitoisuuksien osalta liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuuslasku oli rakennekalkitulla alueella hieman suurempaa, ja pitoisuuksien vähenemänarvio on –6 %. Rakennekalkitus merkittävästi vaikuttanut liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuuksiin Eurajoella. Vaikutusta ei ollut myöskään Turussa rakennekalkittujen lohkojen pintavaluntaveden orgaanisen hiilen pitoisuuksiin.

Salaojavesissä vaikutukset liukoisen hiilen pitoisuuteen vaihteli lohkojen välillä. Keskimääräiset liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuudet salaojavedessä kasvoivat hieman kummallakin kontrollilohkoilla, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Uron lohkon salaojavesissä rakennekalkituksen jälkeiset keskimääräiset liukoisen orgaanisen hiilen pitoisuudet olivat pienemmät, kuin ennen rakennekalkitusta (tilastollisesti merkitsevää ero). Ainolassa pitoisuudet kasvoivat rakennekalkituksen jälkeen, mutta kasvu oli pienempää, kuin kontrollilohkolla, eikä muutos ollut tilastollisesti merkitsevää.

Kuidun peltolevitys Tuusulassa ei vaikuttanut tilastollisesti merkittävästi orgaanisen hiilen pitoisuuksiin ojavesissä tai valuma-alueelta tulevaan kuormitukseen.



### 3.4. Maaperävaikutukset

Eurajoella rakennekalkitus nosti tilastollisesti merkitsevästi maan pH-arvoa ja sähkönjohtavuutta vielä kaksi vuotta rakennekalkituksen jälkeen (taulukko 2). Sähkönjohtavuudelle ("johtoluku") ei ole määritetty viljavuusluokkia, mutta pH:n osalta luokka nousi viidessä näytteessä ja laski yhdessä. Kolmessa näytteessä pH nousi arveluttavan korkeaksi, ts. yli arvon 7. Paimiossa rakennekalkituksen maan pH:ta nostava vaikutus näkyi molemmilla koelohkoilla neljä vuotta käsittelyn jälkeen. Turussa rakennekalkittujen koelohkojen muokauskerroksen pH oli kolmen vuoden kuluttua käsittelystä keskimäärin 0,2 pH yksikköä korkeampi, kuin ennen käsittelyä vuonna 2019. Rakennekalkitus ei merkittävästi muuttanut maan sähkönjohtavuutta Ainolan tai Uron koekentillä enää, kun kolme vuotta rakennekalkituksesta oli kulunut.

Rakennekalkki sisältää kalsiumia (Ca) ja odotetusti maan Ca-pitoisuus nousi kaikissa rakennekalkituissa kohteissa. Ca-pitoisuuden nousu oli tilastollisesti merkittävä Eurajoella sekä Turussa. Magnesiumin (Mg) osalta pitoisuuksien muutoksessa oli vaihtelua. Eurajoella ei havaittu merkittävää muutosta, mutta Turussa maan Mg-pitoisuus laski rakennekalkituksen jälkeen. Paimion Kalkkipellossa oli puutetta mangaanista (Mn) ja natriumista (Na) rakennekalkin levityksen jälkeen. 8 ja 12 tn/ha koeruuduilla Mn-luvut olivat 8,4 ja 6,0. Molemmat luvut olivat viljavuusluokassa huononlainen. Mangaanin puutos onkin melko yleistä kalkituilla mailla, joten se on hyvä tiedostaa kalkituksen yhteydessä.

**Taulukko 2.** Viljavuustutkimusten keskiarvot ennen ja jälkeen rakennekalkituksen Eurajoella ja Turun koekentillä.

Muuttuja	Eurajoki, n=11	Ainola, n=7	Uro, n=3
Sähkönjohtavuus (10 mS/cm), ennen	1,35	1,01	0,47
Sähkönjohtavuus (10 mS/cm), jälkeen	1,56 <sup>+</sup>	0,99	0,70
pH, ennen	6,7	6,9	6,2
pH, jälkeen	6,9 <sup>**</sup>	7,0	6,4
Ca (mg/l), ennen	2436	3385	1666
Ca (mg/l), jälkeen	3373 <sup>++</sup>	3800 <sup>**</sup>	2166
Mg (mg/l), ennen	435	404	353
Mg (mg/l), jälkeen	455	358 <sup>*</sup>	210
K (mg/l), ennen	245	257	200
K (mg/l), jälkeen	271	254	183
P (mg/l), ennen	11,9	18,1	11,0
P (mg/l), jälkeen	13,1	19,0	18,7
S (mg/l), ennen	12,4	7,39	5,73
S (mg/l), jälkeen	17,4	8,31	7,33

\* t-testin p-arvo<0,05, \*\* t-testin p-arvo<0,01, + Wilcoxon testin p-arvo <0,05, ++ Wilcoxon testin p-arvo <0,01



Tuusulassa kuidun valuma-alueutkimuskohteista ei tutkittu maaperää.

Jokioisten Ojaisten kuitukokeet tehtiin maamonoliitti-tyyppisille maanäynteille laboratoriossa. Noin 40 cm:n paksuisen maakerroksen läpi suotautuvan veden kokonaisfosforipitoisuudet laskivat ja kuitu vähensi maa-aineksen eroosiota. Kuitulisä kasvatti 20–27 % maan makrohuokostilavuutta, mikä vähentää osaltaan rankkasateisiin liittyvää pintavalunnan eroosioriskiä, kun makrohuokokset edistävät nopeaa veden imeytymistä maahan. Maan vedenpidätyskapasiteetissa tai pienempien huokosten tilavuudessa ei havaittu eroja kuitulisäysten seurauksena.

### 3.5. Satovaikutukset

Rakennekalkin kenttäkokeen Katinhätä ja Kalkkipelto- nimisillä koeruuduilla Paimiossa viljeltiin vuosina 2020–2023 viljelykierron mukaisesti kevätvehnää, sokerijuurikasta, öljykasveja ja kauraa. Kutakin satokasvia oli viljelyssä vuosittain vaihtelevasti eri pH-tason koeruuduilla (taulukko 3). Koerutujen lähtö pH-tasolla sekä satokasvilla oli tärkeä merkitys sille, oliko rakennekalkilla vaikutusta satotasoon.

Rakennekalkitus nosti juurikkaan satotasoja kumpanakin kasvukautena (kuva 10). Sokerijuurikas on vaativa kasvi maan pH:n suhteen ja se hyötyi Kalkkipellon rakennekalkkilisästä, joka edelleen nosti maan pH-arvoa. Rakennekalkin sisältämä kalsium vähensi sokerijuurikkaan taimipoltetta ja paransi siten satoa.

**Taulukko 3.** Viljelykierto kahden eri pH tason omaavilla lohkoilla vuosina 2020–2023

Lohko	2020	2021	2022	2023
<b>Katinhätä</b> , alhaisen pH-tason lohko, jossa pH 5,2	Kevätvehnä	Rypsi	Vehnä	Kaura
<b>Kalkkipelto</b> , hyvän pH-tason lohko, jossa pH 6,5 ja kaksi viljelykaistaa	Kevätvehnä Sokerijuurikas	Syysvehnä Sokerijuurikas	Rapsi Rapsi	Kevätvehnä Kevätvehnä

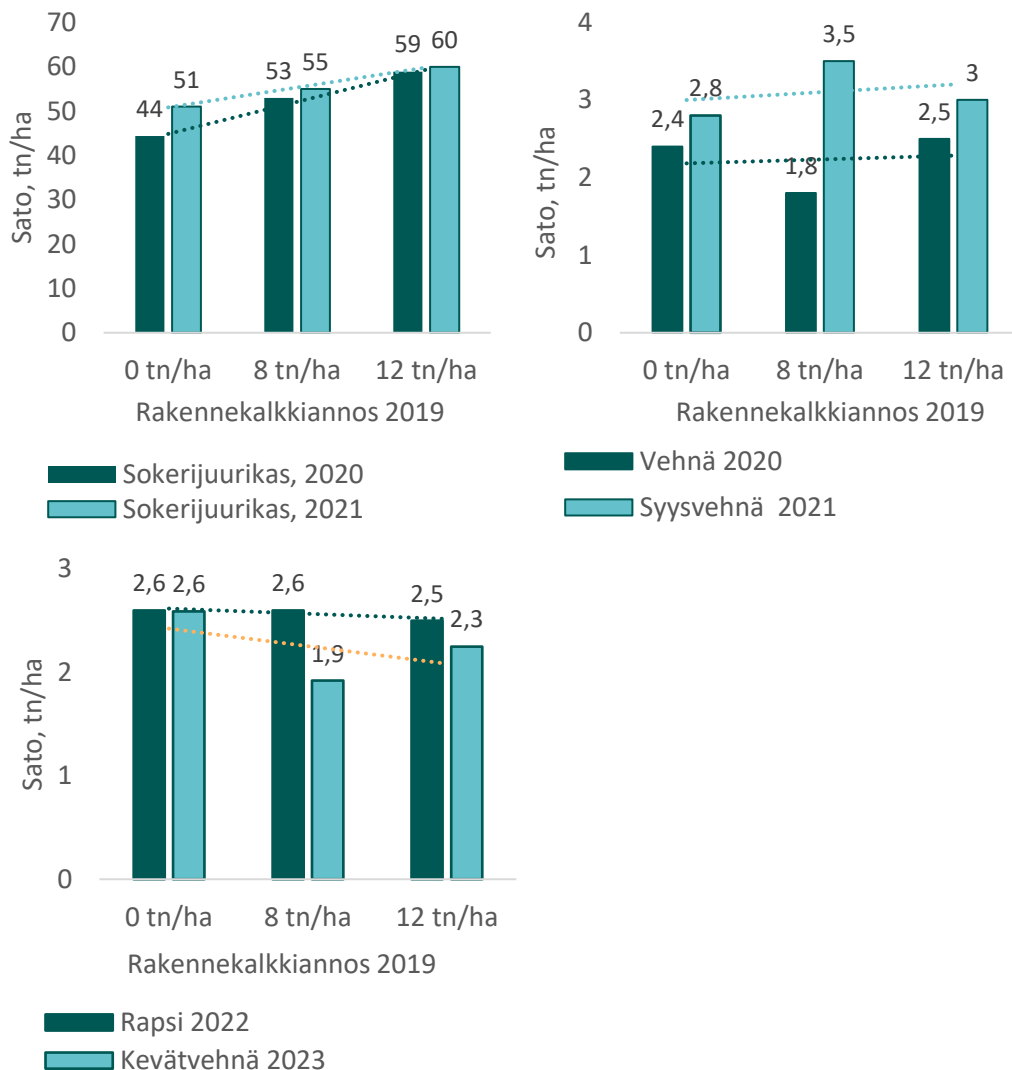
Viljojen osalta hajonta oli suurempaa (kuvat 10–11). Alhaisen pH-arvon omaavalla loholla vehnä hyötyi selvästi rakennekalkituksesta ja satotasot nousivat selvästi kalkitsematonta koerutua korkeammiksi vielä kolme vuotta rakennekalkin levityksen jälkeen. Sen sijaan korkeamman lähtö-pH:n Kalkkipellolla rakennekalkitus ei vaikuttanut kevätvehnän satoon.

Ruuduilta kerättiin kasvukauden aikana kasvustonäytteitä, joista mitattiin kasvien ravinnepitoisuuksia. Tavoitteena oli tarkkailla, löytyykö kasvien ravinteidenotossa eroja, kun rakennekalkitusmäärät

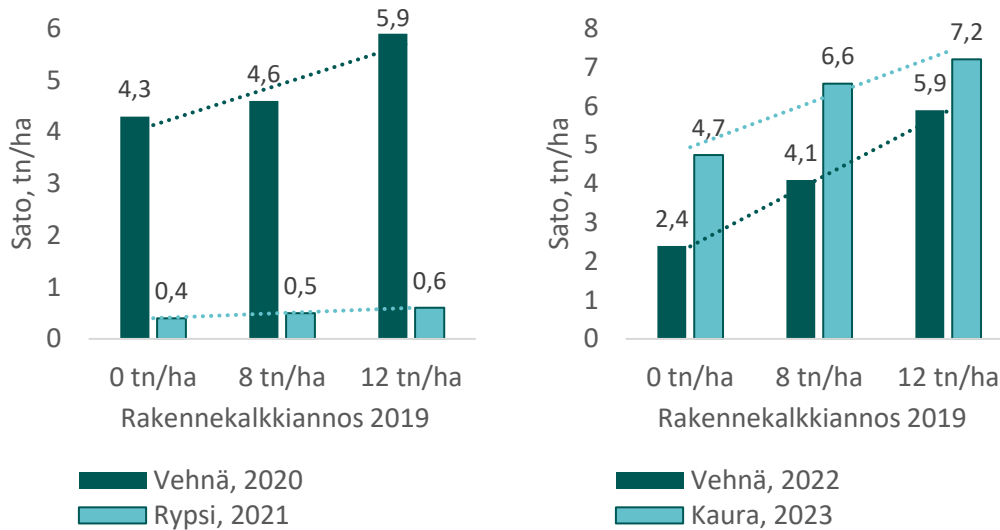


muuttuvat. Suuria eroja ei kasvustonäytteissä ollut 2021–2022, kun näytteitä kerättiin kalkitseemattomalta ruudulta ja ruuduilta, joille rakennekalkkia levitettiin 4 t/ha tai 8 t/ha. Kasvien mangaanipitoisuus oli alhaisempi rakennekalkitulla ruuduilla kuin kalkitseemattomalla ruudulla. Tämä johtuu siitä, että mangaanin käyttökelpoisuus laskee pH:n noustessa. Mangaanin puutosta kasveilla ei kuitenkaan esiintynyt. Molybdeeni toimii pH:n suhteen päinvastoin kuin mangaani. Siksi rakennekalkituilla ruuduilla kasvit olivat ottaneet molybdeeniä enemmän kuin kalkitseemattomalla ruudulla.

Jokioisten Ojaisilla vehnä-kaura-kaura viljelykierto vuosina 2016–2023 tuotti satokeskiarvot kalkkistabiloitu kuitu (3212 kg/ha) > nollakuitu (3047) > kompostoitu kuitu (2966) > käsittelemätön kontrolli (2939 kg/ha), mutta käsittelyjen välillä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa.



**Kuva 10.** Satotasotulokset vuosina 2020–2023 Paimion Kalkkipellossa, jossa pH-taso oli 6,5 ennen rakennekalkitusta.



**Kuva 11.** Satotasotulokset vuosina 2020–2023 Katinhäntä-koelohkossa, jossa pH-taso oli 5,2 ennen rakennekalkitusta.

### 3.6. Viestinnän toteutuminen ja toimenpiteet

Viestintää on toteutettu monipuolisesti ja kohderyhmänä ovat olleet sekä viljelijät, asiantuntijat ja toiminnan rahoittajat. Hanketta, sen toimintaa ja tuloksia on esitelty erilaisissa tilaisuuksissa, jotka on kuvattu **liitteessä**. Hanketta, maanparannusaineita ja alustavia tuloksia kokeista on tuotu esiin pitämällä esitelmää, joita on pidetty yhteensä arviolta 8 kpl eri tilaisuuksissa. Maanparannusaineita ja alustavia tutkimustuloksia esiteltiin myös kansainvälisesti tutkijoille Baltic Sea Science kongressissa 2023 sekä Baltic Sea Action Groupin organisoimassa mittavassa hiiliviljelykonferenssissa (1st Northern Europe “4 per 1000” Regional Meeting). Lisäksi hankkeen puitteissa on osallistuttu kansainväliseen HELCOMin Agri-työpajaan.

Hankkeen viestintään liittyvät lisäksi seuraavat toimet ja tapahtumat:

- Mielipidekirjoitus ” Peltojen maanparannusaineet hillitsevät Itämeren ravinnekuormitusta”, joka julkaistiin Satakunnan kansassa 23.8.2023.
- Osallistuminen Itämeripäivään 2023 ständillä Helsingin Vanhankaupunginlahdella.
- Tutustuminen Eurajoen rakennekalkituskohteeseen 29.8.2023. Kohteessa pidettiin pellonpiennartilaisuus, jossa oli mukana paikallisia viljelijöitä. Tuusulan kuitukohteisiin ja seurantajärjestelyihin tutustuminen oli vuonna 2022.
- Päättäjille kohdistettua viestintää toteutui 14.5.2024 ministerivierailussa Lounais-Suomessa, kun Jaana Uusi-Kämppä kertoi maanparannusaineista.



- Hankkeen www-sivuja eri organisaatioiden osalta on päivitetty ja hanke on toteuttanut Some-viestintää.
- Sisäisiä hanketyökokouksia on pidetty yli 20, joista on laadittu 16 muistiota.

### 3.7. Tulosten analysointi ja johtopäätökset

Hankkeessa saatiin tuloksia valuma-alueittakaavassa vesistövaikutuksista, kun vuonna 2020 ja vuonna 2021 toteutetuista maanparannusaineiden levityksestä oli kulunut Eurajoella vähän yli 3 vuotta ja Tuusulassa vähän yli 2 vuotta. Kyseessä on ensimmäinen valuma-alueittakaavassa toteutettu kuidun levityksen vesiensuojeluvaiikutusten tutkimus. Rakennekalkin peltolevityksen vesistövaikutuksia on aiemmin tutkittu valuma-alueittakaavassa Vihdissä, jossa kaksi vuotta levityksen jälkeen pelto-ojan sameus oli 30 % aiempaa pienempi ja kiintoaine- sekä fosforikuormitus laskivat (Valkama & Luodeslampi 2020). Vihdin tutkimuksessa ei ollut käytettävissä vertailuojaa, vaan tuloksia verrattiin saman ojan aiempiin vedenlaatutuloksiin. Rakennekalkin vaikutuksia on aiemmin tutkittu myös kahdella pienellä valuma-alueella Kangasalan Sahalahdella, jossa peltomaa oli hiesusavea (Kämäri ym. 2019). Kyseisessä kohteessa ojavesien sameus oli matala ja hiukkasmaisen fosforin osuus ojavesien kokonaisfosforipitoisuudesta oli pieni, eikä rakennekalkin todettu hillitsevän kiintoaineen tai hiukkasmaisen fosforin huuhtoumaa, mikä kohteen pelloilta oli ilmeisen vähäistä.

Tämän hankkeen tulokset osoittivat, että rakennekalkin ja kuidun käyttö peltoviljelyssä auttaa vähentämään kiintoaineen ja hiukkasmaisen fosforin pitoisuuksia ja huuhtoumaa. Savivaltaisille pelloille levitettynä rakennekalkituksen positiiviset vaikutukset huuhtoumien vähentämisessä alkavat näkyvät nopeasti levityksen jälkeen (Anttila ym. 2021).

Rakennekalkilla tai kuidulla ei ollut vaikutusta liukoisen fosforin, orgaanisen hiilen tai typen pitoisuuksiin ojavesissä tutkimusaikana. Sen sijaan, salaojavesien seurannassa havaittiin rakennekalkin nostaneen kokonaistypen pitoisuutta. On mahdollista, että kuitu voi lisätä hetkellisesti liukoisen typen pitoisuutta ojavedessä, jos heti levityksen ja muokkauksen jälkeen tulee kovia sateita.

Tässä tutkimuksessa kuidulla ei havaittu selkeää vaikutusta ojavesien pH:hon. Ojaveden liukoisen kadmiumin pitoisuudet olivat korkeimmillaan (0,1 µg/l) kuidun levityksen jälkeisten sateiden aikana, mutta laskivat suhteellisen nopeasti. Kuitulevitys ei kasvattanut liukoisen kadmiumin pitoisuutta ojavedessä niin paljon, että ympäristölaatunormi (vuoden kaikkien näytteiden keskiarvo yli 0,1 µg/l) olisi ylittynyt.

Valuma-alueiden kokeissa olisi tärkeää toteuttaa seuranta ennen toimenpiteitä riittävän pitkään, jotta vertailu- ja käsittelyalueen ominaisuuksista sekä niiden eroista ja yhtäläisyyksistä saadaan hyvä käsitys ennen aineiden levitystä. Suositeltavaa olisi, että seuranta tehtäisiin ennen aineiden levitystä vähintään vuoden ja siten että mukana on erilaisia vesitilanteita. Eurajoella vedenlaadun seuranta-aineistossa ennen rakennekalkin levitystä oli suhteellisen lyhyt jakso vuonna 2020. Analyysitulosten perustana ollutta



vedenlaadun sensoriaineistoa vastaavat valumat olivat melko pieniä ja keskimäärin alhaisempia ennen rakennekalkitusta kuin sen jälkeen. Se on ilmeisesti vaikuttanut eroihin, joita tuli esiin eri menetelmillä tehdyissä kiintoaineen reduktioarvioissa. Vesinäytteitä ehdittiin kerätä 13 kertaa melko hyvin erilaisissa vesitilanteissa kevään ja kesän aikana ennen rakennekalkituksia. Kuidun valuma-alue tutkimuksessa levitys viivästyi, joten ennen levitystä kerättyjä näytteitä on pidemmältä jaksolta, mukaan lukien syksy 2020. Eurajoella seuranta ennen käsittelyä ei tehty lainkaan syysolosuhteissa.

Rakennekalkin satovaikutuksista saatiin tuloksia yhteensä neljänä satokautena rakennekalkin levityksen jälkeen. Satovaikutukset olivat kytköksissä satokasviin ja maan lähtötilanteen pH-arvoon. Matalamman pH-arvon omaavassa lohossa vehnä hyötyi rakennekalkituksesta, mutta korkeamman pH-arvon lohossa rakennekalkilla ei ollut vaikutusta vehnäsatoon. Sokerijuurikas on kasvi, joka hyötyi maan pH-arvon noususta. Rakennekalkituilla pelloilla maan pH-arvon nousu näkyi tutkimuksissa maanäytteissä, jotka kerättiin 2–4 vuotta rakennekalkituksen jälkeen. Rakennekalkitus nosti myös maan kalsiumpitoisuutta, mikä vähensi sokerijuurikkaan taimipoltetta ja paransi siten satoa.

Tutkimustulosten esilletuomiseksi on tärkeää, että tulokset julkaistaan siten, että niihin on mahdollista tutustua jälkikäteen sekä käyttää taustatietona ja viiteaineistona niin uusissa kotimaisissa kuin myös kansainvälisissä tutkimuksissa. Käytettävissä olevat resurssit huomioon ottaen kunnianhimoiseksi tavoitteeksi hankkeen kuluessa viestintää suunniteltaessa päätettiin laatia Syke-raporttisarjaan julkaisu hanketuloksista. Se olisi kansainvälistä tiedejulkaisemista tietyin osin kevyempi julkaisu ja suunnattu erityisesti Suomessa käytettäväksi. Julkaisu on hankkeen loppuessa luonnosasteella. On toivottavaa, että hankekokonaisuudessa kerätty iso seuranta-aineisto saadaan julkaistua sekä Syke-raporttisarjassa sekä erinäisissä tiedejulkaisuissa. Jatkossa on syytä kiinnittää huomiota, että tulosten analysointiin ja julkaisemiseen varataan mahdollisuuksien mukaan enemmän resursseja.

## 4. Hankkeen vaikuttavuus/vaikutukset

### 4.1. Vesien- ja merenhoidon edistäminen

- Hankkeen keskeinen sanoma on, että rakennekalkin tai ravinnekuidun käyttö vähensivät kiintoaineen ja hiukkasmaisen fosforin kuormitusta, aiheuttamatta haittaa viljelylle. Tutkimuksessa maanparannusaineita käytettiin todellisessa viljely-ympäristössä, jossa hankekumppaneina olivat tavalliset viljelijät.
- Hanke edistää vesien- ja merenhoitoa tuomalla monipuolisesti tietoa aineiden vaikutuksesta niin vesiin kuin myös maaperään ja satoon.



- Usean aineen käsittely samassa raportissa ja aineista kertominen samanaikaisesti tarjoaa puolueetonta tietoa rakennekalkin ja kuidun vaikutuksista.
- Tutkimustulokset tukevat viljelijän harkintaa ja päätöksentekoa rakennekalkin tai kuidun käytöstä pellolla. Käytännössä mahdollisuus maanparannusaineiden käytön pinta-alan merkittävään lisääntymiseen peltoviljelyssä on silloin, kun käyttö on taloudellisesti kannattavaa.
- Hankkeella on tähän mennessä saatu alueellinen vesiensuojeluhyöty pilottialueilla. Kuormitusta on saatu vähennettyä pienillä valuma-alueilla, joissa hanke toteutui.
- Valtakunnallinen hyöty syntyy tiedon saannin, aineiden ominaisuuksien, toiminnan ja vaikutusten paremman ymmärryksen ja maanparannusaineiden käyttöönoton myötä jatkossa. Hankkeen tuloksista tiedottaminen ja tiedon käyttöönotto ratkaisee pitkän aikajänteen vaikuttavuuden.
- Kuitujen käyttö on mahdollista niin järvien kuin mereen rajoittuvilla valuma-alueilla ja vähän orgaanista ainesta sisältävät maat hyötyvät niistä eniten. Kuituja muodostuu sellu- ja paperiteollisuuden sivutuotteena ja tällä hetkellä muutama toimija Suomessa jatkojalostaa niitä peltokäyttöön soveltuviksi. Kuituainesta voidaan kompostoida, kalkkistabiloida tai sitä voidaan käyttää ns. nollakuituna. Tuotteen hinta muodostuu kuidun käsittelyn ja kuljetuskustannusten mukaan. Kuitujen suuren käyttömäärän (noin 40 t/ha) takia on parempi mitä lähempänä viljelijän pellot ovat kuidun toimittajan toimipaikkoja, sillä sitä edullisempaa kuidun käyttö on viljelijälle (Ajosenpää ym. 2021).
- Maanviljelijöiden haastatteluissa on tullut ilmi, että heidän näkökulmastaan aineiden hinta ja viljelijän maanparannusaineista saama hyöty on keskeistä aineiden käyttöä ajatellen.
- Hankkeessa saatiin esimerkiksi tulos, että rakennekalkki paransi juurikassatoa, joten rakennekalkin käyttöönotto voi mahdollisesti lisääntyä juurikaskasvattajien keskuudessa.
- Hanke tuo osaltaan tietoa maanparannusaineiden vaikutuksista vesistöhuuhtoumiin, satoon ja maaperään. Tieto on käytettävissä päätöksenteon tukena, kun jatkossa arvioidaan, miten maanparannusaineiden käyttöä maataloudessa tuetaan vesiensuojelun tehostamiseksi.
- Vaikuttavuutta edistää, jos tuloksia on mahdollista jatkossa aktiivisesti viestiä eri kanavissa ja jalkauttaa esimerkiksi osana maatalousjärjestöjen viestintää. Aktiivinen viestintä jatkossa edellyttää resurssointia.

#### 4.2. Tiiviimpää yhteistyötä ja tiedonvaihtoa

- Viljelijöiden ja tutkijoiden välinen tiedonvaihto ja yhteistyö on vahvistunut paikallisesti
- Hankkeeseen osallistuneiden viljelijöiden haastatteluissa ja pellonpiennartilaisuuksissa palaute oli positiivista ja tulokset kiinnostivat viljelijöitä. Eurajoella pellonpiennartilaisuudessa nousi esiin rakennekalkituksen vaikutus maan muokkautuvuuteen. Viljelijä kertoi kokemastaan savimaan rakennekalkituksen jälkeen: ”Jäykkä maa muokkautui kauniisti, mitä ei aina tapahdu.”





- Hankkeen tulokset soveltuvat mm. AIN3-hankkeen, GYPREG ja NORD Gypsum -hankkeiden käyttöön, jotka toteuttavat maanparannusaineiteeman tutkimusta
- Tukijoiden parissa tietämys ja tiedonvaihto on lisääntynyt erilaisista tutkimusmetodeista, joita käytetään maanparannusaineiden tutkimuksessa. Tutkimusmenetelmien tulokset ovat osaltaan sidottuja käytetyn tutkimusmenetelmän reunaehtoihin ja oletuksiin. Hanke on lisännyt ymmärrystä eroista, joita aineiden vaikutuksissa havaitaan, kun tutkitaan asia eri menetelmillä esimerkiksi maastossa tai laboratoriossa.

## 5. Kokonaiskustannukset ja rahoitus

Hankkeen kokonaiskustannusarvio 293 366 € ylittyi hieman eli ympäristöministeriön hankkeelle myöntämä rahoitus 250 000 € käytettiin kokonaisuudessaan (taulukko 4). Kustannusarvion ylittävät osuudet jäivät hankkeen toteuttajien maksettavaksi eli osalla hankepartnerieista omarahoitus vähän kasvoi. Kustannuslajien osalta toteuma vastasi hyvin kustannusarviota ja prosentuaaliset erot toteuman ja suunnitelman välillä olivat alle 10 % kaikissa muissa kustannuslajeissa paitsi matkoissa. Matkakulut alittuivat suunnitellusta 1 065 € verran, millä kompensoitiin osin kasvaneita palkkakuluja.

Pyhäjärvi-instituutin osalta budjetti toteutui suunnitellusti, sillä budjettilinjojen toteuma erosi hyvin vähän hankesuunnitelmassa esitetystä arviosta. Hankkeeseen kohdistui henkilötyöresurssia kuitenkin hieman arvioitua mittavammin. Tämä selittyy hankehenkilöstössä tapahtuneilla muutoksilla, ja tältäkin osin budjetti pysyi muutoksista huolimatta hyvin arvioiduissa mittaluokassa. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen ja Luonnonvarakeskuksen osalta työ eteni ennakkosuunnitelmien ja budjetin mukaisesti. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen rahoitusosuus oli hankepartnerieista pienin ja heillä omarahoitus kasvoi suunnitelmaan nähden. Suomen ympäristökeskuksen osalta budjetti ylittyi hieman, ja tosiasiaa työaikaa käytettiin aineiston käsittelyyn ja raporttiin enemmän, kuin mitä hankkeelle kirjattiin tunteja. Osa aineistosta jäi silti analysoimatta kokonaisuudessaan. Eurajoen tutkimuskohteessa orgaanisen hiilen tulokset laadittiin vesinäyteaineistosta ja jatkuvatoiminen fDOM sensorimittausaineisto jäi analysoimatta hankerahoituksen puitteissa.

Palkkojen muutosten myötä rahoitettu työaika väheni 5–8 % suunnitellusta. Kustannusten nousu vaikutti osin laboratoriopalvelujen hintoihin ja Turun koekentillä näytemäärää supistettiin kustannusnousun takia.

Hankesuunnitelmassa varattu työaika n. 10 htkk kaikille kuudelle hankepartnerille yhteensä aineiston käsittelyyn, tilastollisiin analyyseihin ja raportointiin oli jossain määrin riittämätön. Tämä tuli esiin, kun monista osatutkimuksista kerätystä aineistosta alettiin työstämään yhteneväisiä ja vertailukelpoisia tuloksia.



Ympäristöministeriölle esitettiin rahoitettavaksi enemmän työaikaa aineiston tulosten tieteelliseen käsittelyyn ja julkaisemiseen, kun jatkohanketta RAKENNE-KUITU 2.0 valmisteltiin. Rahoitus kuitenkin supistettiin neuvotteluista huolimatta työajan osalta minimiin. Suuri osa rahoituksesta ohjautui näyttöiden noutoon, mittauksiin ja laboratorioanalyysiin. Syke on koordinoanut hanketta ja analysoinut erityisesti vuonna 2024 hankkeessa erilaisia aineistoja, kun seurantajakso päättyi vuoden 2023 lopussa. Keväällä 2024 on todettu, rahoitettu työaika ei ole ollut riittävä koko mittavan aineiston kokonaisvaltaiseen käsittelyyn.

Viestintään ja viljelijäyhteistyöhön oli hankkeessa varattu yhteensä 2,5 htkk rahoitusosuus, mikä vastaa noin 50 työpäivää. Hankepartnerit osallistuivat hankkeen kuluessa yhteensä 20 eri tilaisuuteen (kts liite), joissa pidettiin muun muassa esitelmiä tai esiteltiin hanketta ja sen tuloksia muulla tavoin. Viestintään on käytetty työaikaa vähintäänkin suunnitelmassa esitetty määrä.

**Taulukko 4.** Hankkeen toteutuneet kustannukset 1.1.2023-31.5.2024, kustannusarvio sekä kustannusarvion ja toteuman välinen ero.

Kustannuslajit	Toteutuneet kustannukset, €			Kustannusarvio, €	Toteuman ja suunnitelman ero, €
	YM	Muut organisaatiot	Yhteensä	Yhteensä	Yhteensä
Palkat	81 721	14 841	96 561	93 270	3 291
Henkilösivukulut	33 598	6 539	40 137	42 459	-2 322
Matkat	2 849	386	3 235	4 300	-1 065
Laitteet, tarvikkeet	98	20	119		119
Ulkopuoliset palvelut	53 012	8 645	61 657	59850	1 807
Tietoaineistojen hankinta					
Julkaisukustannukset					
Muut kulutusmenot	10 676	1 651	12 327	12 387	-60
Yleiskustannukset	68 046	13 738	81 785	81 101	684
<b>Yhteensä</b> (ilman alv:a)	250 000	45 820	295 820	293 366	2 454



## 6. Johtopäätökset

Peltolevityksessä rakennekalkki ja ravinnekuitu vähensivät valuma-alueiden ojavesien sameutta sekä kiintoaineen ja hiukkasmaisen fosforin pitoisuuksia, kun tuloksia tarkasteltiin suhteessa vertailuvesistöön ja valumaan.

Toteutettu tutkimus koejärjestelyineen osoitti, että rakennekalkituksen ja kuidun vesiensuojeluvaikutus kestää ainakin 2–3 vuotta maanparannusaineen levityksestä eli vähintään siihen asti, kun vesistöseuranta hankkeessa päättyi. Maaperä- ja satovaiikutuksia havaittiin neljä vuotta maanparannusaineiden levityksestä. Näiden vesiensuojelumenetelmien kustannustehokkuuden ja täten laajemman käyttöönoton kannalta on erittäin tärkeää hankkia lisätietoa menetelmien tehosta ja ajallisesta kestosta. Vesiensuojeluvaikutuksen keston arvioimiseksi tulisi varata riittävät resurssit perustettujen koejärjestelyiden seurannan jatkamiseen.

Eurajoella rakennekalkki vähensi kiintoainehuuhtoumaa jopa 70 % sensorimittausten perusteella. Vesinäytteistä analysoituna kiintoaineen huuhtouma väheni 24 % ja hiukkasmaisen fosforin huuhtouma 12 %. Prosentuaaliset erot lasketuissa vähenemissä ovat suuret ja ero aiheutuu mittaus- ja laskentatavasta. Vesinäytteistä laskettu vähenemä kuvaa muutosta yksittäisissä tilanteissa, jolloin vesinäytteet on noudettu. Sensoridatasta laskettu vähenemä kuvaa pidempien jaksojen seuranta, vaikka se oli katkonaista mm. padotustilanteiden takia. Vähenemäprosentit ovat sidoksissa tarkastelujaksoon ja valumatilanteisiin, joita ne edustavat. Prosentuaaliset muutokset vaihtelevat ajankohdan ja tarkastelukohteen mukaan, mutta yksiselitteistä on, että rakennekalkki vähensi valuma-aluekokeessa sekä kiintoaineen että hiukkasmaisen fosforin huuhtoumaa. Rakennekalkin vesistövaikutuksista on saatu positiivisia tuloksia aiemmin Vihdissä toteutetussa valuma-alue tutkimuksessa, jossa rakennekalkki sielläkin vähensi eroosiota ja hiukkasmaisen fosforin huuhtoumaa (Valkama & Luodeslampi 2020 a,b).

Ruotsalaisissa savimaan peltokokeissa fosforihuuhtouma reduktio salaojavesissä oli kahden vuoden jälkeen rakennekalkituksesta 45 % ja kolmen vuoden jälkeen 26–38 % (Norberg & Aronsson 2022). He toivat myös esiin sen, että fosforin huuhtoumissa esiintyy paljon ajallista ja paikallista vaihtelua sekä isossa että pienemmässä mittakaavassa, mikä todettiin myös tässä tutkimuksessa. Toisessa ruotsalaisessa tutkimuksessa rakennekalkin hiukkasmaisen fosforin huuhtoumaa vähentävän vaikutuksen on todettu kestävän vähintään kuusi vuotta (Svanbäck et al. 2014). Seurantoja jatkamalla olisi mahdollista saada tietoa vaikutusten kestosta kuidun ja rakennekalkin osalta Suomen oloissa.

Tässä tutkimuksessa rakennekalkitulla valuma-alueella kiintoainepitoisuus väheni noin puoleen ja hiukkasmaisen fosforin pitoisuus väheni noin kolmanneksen.



Rakennekalkituksella tai kuidulla ei ollut vaikutusta ojavesien liukoisen fosforin, typen tai orgaanisen hiilen pitoisuuksiin tai kuormitukseen. Salaojavesissä kokonaistypen pitoisuudet nousivat Turun koekentillä enemmän rakennekalkitulla alueella kuin vertailualueiden salaojavesissä. Rakennekalkin osalta hiilen huuhtoumaa ojavesiin tarkasteltiin ainoastaan vesinäytetulosten perusteella.

Rakennekalkituksella havaittiin Paimiossa positiivisia satovaikutuksia sokerijuurikkaalla ja satokasveilla, jotka hyötyvät maan pH-tilan noususta. Satovaikutukset olivat selkeästi sidoksissa satokasviin ja maan pH-tilan lähtötasoon. Kuitulisällä ei ollut merkittävää vaikutusta vehnä-kaura-kaura viljelykierron jyväsatoon vuosina 2016–2023 Jokioisten Ojaisten tutkimuskohteessa.

Rakennekalkilla ja kuidulla ei havaittu negatiivisia vaikutuksia maaperän tai satoon, kun niitä käytetään suositusten ja viljelykasvin tarpeen mukaisesti. Tieto on tärkeä, sillä peltoleivityksestä ei saa olla haittaa viljelylle.

Maanparannusaineiden vaikutuksia tulee selvittää eri mittakaavoissa ja eri olosuhteissa. Valuma-alueen pilotit antavat peltolohkokokeita yleistettävämmän kuvan keskimääräisistä vaikutuksista, mutta valuma-alueen kokeissa ei voida vakioda kaikkia kuormitukseen vaikuttavia tekijöitä, mikä lisää tulosten epävarmuutta. Erityisen tärkeää on, että jakso ennen toimenpidettä kattaa erilaisia hydrologisia tilanteita, joita vasten maanparannusaineen levittämisen jälkeen havaittavia muutoksia voidaan peilata. Ilmastonmuutoksen lisätessä äärimmäisiä sääilmiöitä (kuivat jaksot, rankkasateet, leudot talvet), pitkien seurantajaksojen merkitys korostuu.

Tuusulassa peltojen muokkauksella ja sääoloilla oli suuri vaikutus ojavesien kiintoaine- ja ravinnepitoisuuksiin ja ne todennäköisesti peittivät alleen osan kuidun vaikutuksesta. Kiintoaineen ja hiukkasmaisen fosforin pitoisuudet olivat kuitualueella noin 23 % matalammat verrannealueeseen nähden, mikä on linjassa aiempien tutkimusten kanssa. Laboratoriossa toteutetuissa sadetuksissa kiintoaine- ja kokonaisfosforipitoisuudet laskivat 60–80 % (Rasa ym. 2018, Rasa ym. 2020) ja lohkotason tutkimuksessa noin 40 % (Luodeslampi 2023). Mitä suurempaan mittakaavaan tutkimuksessa edetään, sitä enemmän muut tekijät (mm. sääolot, valunta, peltojen muokkaus ja lannoitus) vaikuttavat lopputulokseen. Jos peltopinta-alasta olisi saatu käsiteltyä kuidulla 100 %, pitoisuudet kuitualueen ojassa olisivat todennäköisesti laskeneet enemmän.

Valuma-alue tutkimukseen sisältyi sekä kuidun että rakennekalkin osalta seurantakohteena myös vertailuvaluma-alue ja vertailuoja, jotta saatiin rinnalle tieto vedenlaadun muutoksista toisella valuma-alueella, ilman maanparannusaineita. Vertailuvaluma-alueet valittiin siten, että ne olivat mahdollisimman lähellä käsittelyaluetta ja ominaisuuksiltaan mahdollisimman vastaavat. Asetelman ytimessä on ajattelu, että vertailualueen ja toimenpidealueen ojavesissä ajan kuluessa tapahtuvat muutokset ovat lähtökohtaisesti samanlaisia. Jos maanparannusaineiden levityksen jälkeen kohteiden väliset erot vedenlaadussa tai kuormittavuudessa muuttuvat verrattuna ennen käsittelyä vallinneeseen tilanteeseen, niin muutoksen oletetaan johtuvan maanparannusaineista. Jokainen valuma-alue on kuitenkin



omanlaisensa ja vedenlaatuun vaikuttavat maanparannusaineiden lisäksi kaikki viljelytoimet ja muu maankäyttö mitä valuma-alueella on. Keräsimme valuma-alueittain muun muassa peltojen kasvipeitteisyystiedon, mutta esimerkiksi lannoituksen eroista ja sadon mukana pois kulkeutuneiden ravinteiden merkitystä ei ole lainkaan otettu huomioon vedenlaadun seurantatulosten arvioinnissa. Lohkokokeissa esimerkiksi lannoitus voidaan säädellä täysin samanlaiseksi käsittely- ja vertailukohteen välillä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on nostettu esiin ravinnetietovarannon tarpeellisuus. Se olisi hyödyllinen lisä kaikissa tutkimuksissa, joissa arvioidaan hajakuormitusta ja sen muutoksia.



## 7. Lähdeluettelo

- 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. ja Uusitalo, R. 2021. Kipsi, kuitu ja rakennekalkki – opas viljelijöille. ProAgria. ProAgrian hankejulkaisut. 52 s. ISSN 2342-8643.
- Anttila L., Kämäri M., Ekholm P. & Mikkilä E. 2021. Rakennekalkkikäsittelyn vaikutukset valumavesissä – lupaavia havaintoja Eurajoen pilottialueilta. *Vesitalous* 4/2021, 8–12.
- Kämäri, M., Ekholm, P., Röman, E., Ahonen, E., Seppälä, M., Markula, R., Kiirikki, M. & Urkko, J. 2019. Rakennekalkituksen vaikutus Pakkalanjärven fosforikuormitukseen. RAKAVA-hankkeen loppuraportti.
- Luodeslampi, P. 2023. Kipsi ja ravinnekuitu maatalouden vesiensuojelukeinoina -KK2-hankkeen loppuraportti. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu 96/2023. 39 s + 1 liite. ISBN 978-952-7019-28-3.
- Norberg L & Aronsson H. 2022. Mitigating phosphorus leaching from a clay loam through structure liming, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 72:1, 987-996, DOI: 10.1080/09064710.2022.2138528
- Rasa, K., Uusitalo, R. & Joonas, J. 2018. New sustainable products from the solid side streams of the chemical pulp mills. Poster presentation at European Sustainable Phosphorus Conference 11.-13.6.2018 Helsinki.
- Rasa, K., Pennanen, T., Peltoniemi, K., Velmala, S., Fritze, H., Kaseva, J., Joonas, J. & Uusitalo, R. 2020. Pulp and paper mill sludge decrease soil erodibility. *Journal of Environmental Quality*. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20170>
- Svanbäck, A., Ulén, B & Etana, A. 2014. Mitigation of phosphorus leaching losses via subsurface drains from a cracking marine clay soil. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 184, 124–134.
- Uusi-Kämppe, J., Heikkinen, J., Leppänen, J., Luodeslampi, P., Nieminen, M., Rasa, K., Soinne, H. ja Uusitalo, R. 2022. Kuitulietteet maatalouden vesiensuojelukeinoina. KUITU-hankkeen loppuraportti. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen raportti 15/2022.
- Valkama, P. & Luodeslampi, P. 2020a. Rakennekalkki ja ravinnekuitu – vaikutukset maatalouden vesiensuojelutoimina. RAKUVE-hankkeen loppuraportti. Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistyksen raportti 21/2020.
- Valkama, P. & Luodeslampi, P. 2020b. Tehoa maatalouden vesiensuojeluun rakennekalkin ja ravinnekuidun avulla. *Vesitalous* 5/2020. s. 31–35.



**Taulukko 5. Hankkeen toteuma koko hankeajalta 1.1.2023 -31.5.2024**

<b>Seurattava muuttuja</b>	<b>Mittari</b>	<b>Toteuma</b>	<b>Lisätietoja</b>
Hankkeeseen osallistuvien tutkijoiden määrä (tavoite/toteutunut)	Lkm <i>Kuinka monta tutkijaa osallistui hankkeeseen?</i>	3 kpl SYKE 7 kpl PJI 3 kpl LUKE 1 kpl VHVSY 2 kpl Turku AMK 2 kpl SJT	18 kpl yhteensä tutkijoita
<b>Rakennekalkki</b>			
Vesinäytteiden lukumäärä (tavoite/toteutunut)	Lkm <i>Kuinka monta vesinäytettä otettiin?</i>	Tavoite 60+24 näytettä/Toteutunut 62 + 22 näytettä Eurajoki  Tavoite 90 näytettä/ Toteutunut 68 Turun koekentät.	Eurajoen valuma- aluepilottien osalta vesinäytteitä kerättiin suunnitelman mukaisena, ja se painottui kevään ja syksyn kuormittavimpiin valuntoihin.  Turun koekenttien näytemäärää jouduttiin vähentämään merkittävästi analyysikulujen nousun tähden.
Automaattisten mittareiden lukumäärä (tavoite/toteutunut)	Lkm <i>Kuinka monta automaattista mittaria oli käytössä?</i>	3 kpl sameus, 2 kpl fDOM 3 kpl johtokyky 3 kpl pH 9 kpl pinnankorkeus	Vedenlaadun mittari (3 kpl Eurajoki, PJI) Pinnankorkeusloggerit (5 kpl Turku, 4 kpl Eurajoki, PJI)  Eurajoen seurantakohteiden jatkuvatoiminen vedenlaadun mittaus toteutui vuonna 2023 pääosin suunnitelman mukaisesti. Mittarit olivat ojissa noin 8 kk ajan. Alkuvuoden pakkasjaksot sekä alkukesän kuivuus aiheuttivat pidemmät mittaustauot. Syksyllä mittarit haettiin pois ojista pakkasjakson alettua marraskuun lopussa. Lisäksi verrokkialueen mittarissa havaittu laiterikko aiheutti kevällä lyhyen tauon mittauksiin.



Rakennekalkituksen vaikutus pinta- ja pohjavesivaluntaan sekä vedenlaatuun ja kuormitukseen	Sanallinen kuvaus <i>Kuvataan sanallisesti uusia tuloksia, miten rakennekalkki vaikuttaa pinta- ja pohjavesivaluntaan sekä vedenlaatuun ja kuormitukseen</i>	<p>Rakennekalkitus puolitti ojavesien kiintoaine pitoisuuden. Kiintoainekuormia tarkasteltaessa saatiin suurempiakin reduktioita (jopa yli 70 %), mutta eri menetelmillä määritettyjen reduktioprosenttien välillä oli vaihtelua. Eurajoen valuma-aluekokeessa ennen rakennekalkitusta sensoriseurantajakso oli verrattain lyhyt, mikä osaltaan vaikuttaa tuloksiin.</p> <p>Rakennekalkilla ei ollut vaikutusta liukoisen fosforin, orgaanisen hiilen tai typen pitoisuuksiin ojavesissä pitkällä aikavälillä. Salaojavesissä havaittiin kuitenkin kokonaistypen pitoisuusnousu levityksen jälkeen suuremmaksi kuin vertailualueen salaojavesissä.</p>	
Rakennekalkituksen vaikutus maaperään ja satotasoon	Sanallinen kuvaus <i>Kuvataan sanallisesti uusia tuloksia, miten rakennekalkki vaikuttaa maaperään ja satotasoon</i>	<p>Rakennekalkitus nosti maan pH-arvoa ja se näkyi Paimiossa neljä vuotta käsittelyn jälkeen.</p> <p>Eurajoella rakennekalkitun maan pH-arvo ja sähkönjohtavuus olivat tilastollisesti merkittävästi nousseet 2 vuotta rakennekalkituksen jälkeen. Maan sähkönjohtavuudessa ei havaittu muutosta Turun kokeissa enää, kun 3 vuotta oli kulunut levityksestä.</p> <p>Odotetusti maan Ca-pitoisuus nousi kaikissa rakennekalkituissa kohteissa. Maan Mg pitoisuuksien muutoksessa oli vaihtelua. Eurajoella ei havaittu merkittävää muutosta, mutta Turussa maan Mg-pitoisuus laski rakennekalkituksen jälkeen.</p> <p>Mangaanin puutos onkin melko yleistä kalkituilla mailla ja sitä todettiin myös Paimion Kalkkipellolla.</p> <p>Rakennekalkitus paransi sokerijuurikkaan satoa.</p> <p>Viljojen osalta hajonta oli suurempaa. Alhaisen pH-arvon omaavalla loholla vehnä hyötyi selvästi rakennekalkituksesta ja satotasot nousivat selvästi kalkitsematonta koerutua korkeammiksi vielä kolme vuotta rakennekalkin levityksen jälkeen. Sen sijaan korkeamman lähtö-pH:n Kalkkipellolla rakennekalkitus ei vaikuttanut kevätvehnän satoon.</p>	
<b>Kuitu</b>			
Vesinäytteiden lukumäärä (tavoite/toteutunut)	Lkm <i>Kuinka monta vesinäytettä otettiin?</i>	Tavoite 50 näytettä/ Toteutunut 36 näytettä	Osa seuranta-ajasta oli sen verran kuivaa, että näytteitä otettiin hieman vähemmän kuin alun perin suunniteltiin.
Automaattisten mittareiden lukumäärä (tavoite/toteutunut)	Lkm <i>Kuinka monta automaattista mittaria oli käytössä?</i>	2 kpl EXO: Sameus, lämpötila, johtokyky, nitraattityppi, fDOM,	Anturiseuranta toteutui suunnitelman mukaisesti 1.1.–30.4. ja 15.8.–31.12.2023.





Kuidun vaikutus vedenlaatuun ja kuormitukseen	Sanallinen kuvaus <i>Kuvataan sanallisesti uusia tuloksia, miten kuitu vaikuttaa pinta- ja pohjavesivaluntaan sekä vedenlaatuun ja kuormitukseen</i>	Tuusulassa kuitukäsitellyn alueen ojaveden sameus sekä kiintoaine- ja hiukkasmaisen fosforin pitoisuus laskivat suhteessa enemmän vertailualueen ojan veteen verrattuna. Kuidulla ei ollut vaikutusta liukoisen fosforin, orgaanisen hiilen tai typen pitoisuuksiin ojavesissä pitkällä aikavälillä.  Jokioisten sadetuskokeissa kuitulisäys vähintään puolitti kiintoaineen ja kokonaisfosforin huuhtouman. Vaikka vähenemä pieneni vuosien kuluessa, vielä 4,5 seurantavuoden jälkeen vähenemä oli havaittavissa. Kuitua levitettiin uudelleen samalle paikalle viisi vuotta ensilevityksen jälkeen. Kiintoaineen ja fosforin vähenemä oli samanlaista kuin aiemmin.	
Kuidun vaikutus maaperään ja satotasoon	Sanallinen kuvaus <i>Kuvataan sanallisesti uusia tuloksia, miten kuitu vaikuttaa maaperään ja satotasoon</i>	Jokioisilla kuitulisä kasvatti 20–27 % maan makrohuokostilavuutta. Maan vedenpidätyskapasiteetissa tai pienempien huokosten tilavuudessa ei havaittu eroja kuitulisäysten seurauksena. Vehnä-kaura-kaura viljelykierto vuosina 2016-2023 tuotti satokeskiarvot kalkkistabiloitu kuitu (3212 kg/ha) > nollakuitu (3047) > kompostoitu kuitu (2966) > käsittelemätön kontrolli (2939 kg/ha), mutta käsittelyjen välillä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa.	
<b>Viestintä</b>			
Tilaisuudet	Lkm <i>Kuinka monta tilaisuutta on järjestetty sekä kuinka moneen muiden järjestämään tilaisuuteen on osallistuttu (ml. mediatilaisuudet)?</i>	23 kpl järjestetyt 14 kpl osallistumiset	<b>Järjestetyt tilaisuudet:</b> - 1 kpl Peltopäivä Eurajoki - yli 20 kpl Hankekokoukset - 1 kpl Hankkeen ja pilottialueiden esittely osarahoittajille - 1 kpl Hanke-esittely Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen 70 v. juhla <b>Osallistumiset</b> , kts LIITE
Tilaisuuksiin osallistuminen	Osallistujien lkm	600–700	
Tilaisuuksien palaute	Avoin palaute <i>Minkälaista palautetta tilaisuudesta saatiin? Sanallinen kuvaus palautteista.</i>	Viljelijät kokivat pellonpiennartilaisuuksissa hanketulokset mielenkiintoisiksi	
Viestintätuotteiden määrä	Lkm <i>Viestintätuotteita ovat esimerkiksi tiedotteet/ uutiset, blogit, videot, esitteet, podcastit, verkkosivut yms.</i>	19 kpl viestintätuotteita, joihin lukeutuu 2 kpl www-sivujen päivityksiä, hanke-esittelyjä, esitelmää, posteriesityksiä sekä maastotilaisuuksia, Lisäksi hanke on tuottanut some-sisältö Twitter/x kanavalla	
Asiantuntija-artikkelien määrä	Lkm	1 kpl	Mielipidekirjoitus Satakunnan kansa



## LIITE: Rakenne-Kuitu 2.0 -hankkeen viestintäkalenteri 1.1.2023-31.5.2024

	Aihe	Aika	Viestintäkanava, kohderyhmä	Vastuuhenkilö	Huomioita	Osallistajat lkm
1	ProArgian Kipsi, kuitu rakennekalkki verkkosivujen päivitys	tammikuu 2023				
2	Metsäteollisuuden kuitujen ja rakennekalkin käyttö ja niiden vaikutukset valumavesien laatuun.	17.1.2023	Webinaari, viljelijät	Paula	Esitelmä	20
3	Maanparannusaineet ja uuden CAP-kauden mahdollisuudet, Pyhäjärven valuma-alue	9.2.2023	Viljelijät, asiantuntijat	Lauri/PJI Sami Talola/SJT	Esitykset maanparannusaineista ja satovaikutuksista	10
4	Maanparannusaineiden vaikutus peltovalumavesien laatuun – havaitut haasteet valuma-alue tutkimuksissa.	14.2.2023	Vesistökunnostusverkoston talviwebinaari, vesistökunnostuksia tekevät tahot sekä ELY-keskuksen työntekijät	Paula	Esitelmä	100
5	SYKE- www-hankesivun päivitys	3/2023		Saara	Vanha Rakenne-Kuitu-hankesivu päivitetään uuteen hankkeeseen	
6	Maanparannusaineet ja uuden CAP-kauden mahdollisuudet, Eurajokivarren valuma-alue	9.3.2023	Viljelijät, asiantuntijat	Lauri ja Sauli /PJI Petri/SYKE	Esitykset maanparannusaineista	16
7	Hankkeen ja pilottialueiden esittely osarahoittajille	12.5.2023	JOKlohjeman rahoittajat	Lauri/PJI	Tutustuminen vedenlaatuasemaan ja pilottialueeseen. Yhteistyöviljelijä Tero Tuominen kertoi kokemuksiaan.	13
8	HELCOM Agri työpaja : maanparannusaineet	15.5.2023	Teams	Kimmo/Petri	Kansainvälinen	10-15
9	Poster: Structure liming as a water protection tool for agricultural clayey soils – results on carbon losses from a catchment scale study	6.-7.6.2023	The 1st Northern Europe “4 per 1000” Regional Meeting,	Essi/Maria	Sometetaan paikan päältä	40
10	Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus 70v.	14.6.2023		Susanna/Sami	kipsiin ja rakennekalkkiin liittyvien tutkimusten esittelyä, posterit ja Some paikan päältä	30
11	OKRA Maatalousnäyttely 2023	5.-8.7.2023	Osallistutaan maanparannusaineiden asiantuntijana messuille hallinnon/kipsi-porukan ständeillä ja markkinoidaan	Jaana/Maria	Twitter Syken tiiltä "tervetuloa ständille ja pääaiheet" tms. +kuva paikan päältä	100



			mm. Kipsi, kuitu, rakennekalkki esitettä 5.7. Maria, 6.7.-7.7. Jaana			
12	Maatalouden vesistökuormituksen vähentäminen	16.8.2023	SDP:n eduskuntaryhmän vierailu VHVSY:n tiloissa	Paula	Esitelmä, kuidun vaikutuksia veden laatuun.	10
13	Esitelmä maanparannusaineista	23.8.2023	Baltic Sea Science congress	Jaana	Esitelmä	30
14	Mielipidekirjoitus Satakunnan kansa	23.8.2023	<a href="https://www.satakunnankansa.fi/mielipiteet/art-2000009801003.html">https://www.satakunnankansa.fi/mielipiteet/art-2000009801003.html</a>	Jaana		
15	Eurajoen rakennekalkituskohteeseen tutustuminen	29.8.2023	Hanketoimijat, paikalliset viljelijät	Maria/ viljelijäkontaktointi PJI		15
16	Itämeripäivä	31.8.2023	VHVSY:n ständi Helsingin Vanhankaupunginlahdella #Itämeripäivä	Paula	Kerrottu standilla maanparannusaineista, niiden käytöstä ja vaikutuksista veden laatuun.	20
17	Esitelmä: Rakennekalkki maatalouden vesiensuojelukeinona – havaintoja Eurajoen pilottilueiden tuloksista	20.9.2023	<a href="https://pyhajarvi-instituutti.fi/tapahtuma/kaytannon-toimet-maa-ja-metsatalouden-vesienhallinnan-pohjana-webinaari/">https://pyhajarvi-instituutti.fi/tapahtuma/kaytannon-toimet-maa-ja-metsatalouden-vesienhallinnan-pohjana-webinaari/</a> .	Maria	PJI:n järjestämä webinaari: Käytännön toimet maa- ja metsätalouden vesienhallinnan pohjana -webinaari	53
18	Automaattianturiseuranta VHVSY:n toiminta-alueella	16.11.2023	Suomen Vesiensuojelun Keskusliiton koulutuspäivät, paikalla maatalouden vesiensuojeluhankkeiden työntekijöitä	Paula	Osana esitelmää kuituhankkeen ja kuidun vaikutusten esittely	30
19	Posterit, AIN3-hankkeen esittely, Maataloustieteen Päivät, Viikki	10.- 11.1.2024	Maatalous- ja ympäristöalan väkeä	Jaana		100
20	Ministerivierailu (Mykkänen ja Essayah), tapaaminen	14.5. 2024	YM, MMM, ELY, Paimionjoen suojeluyhdistys	Jaana		50
21	Loisketta Eurajoessa - Eurajoki melonnan yleisöjuhla	25.5.2024	Alueellinen yleisötillaisuus ja tiedottaminen vesien tilaan vaikuttamisesta maanparannusaineilla	PJI	Asiantuntija- ja viljelijähaastattelut. Vuojoen kartanolla	50
22	Maatalouden vesien- ja ympäristönsuojelun neuvottelupäivät, hanke-esittely	4.-5.6.2024 Jyväskylä	Maatalouden ja ympäristönsuojelun alalla toimivat ympäristöviranomaiset ja hanketyöntekijät	Kämäri, Valkama	Esitelmä	
			<b>Twitter/X</b>			
	Kipsi, kuitu ja rakennekalkki - viljelijäoppaan mainostus	5.7.2023	<a href="https://twitter.com/SYKEinfo/status/1676542558263025664">https://twitter.com/SYKEinfo/status/1676542558263025664</a>	@Sykeinfo		711
	Okra MESSUT	6.7.2023	<a href="https://twitter.com/SYKEinfo/status/167695263575335683">https://twitter.com/SYKEinfo/status/167695263575335683</a>	@Sykeinfo		924
	Eurajoen peltopäivä	30.8.2023	<a href="https://twitter.com/SYKEinfo/status/169677552625983985">https://twitter.com/SYKEinfo/status/169677552625983985</a>	@Sykeinfo		1058