

# Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa 2 (VesiHave2)

## LOPPURAPORTTI

11.11.2022



**Hankkeen nimi:** Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa 2 (VesiHave2)

**Hankkeen rahoittajat:** Hankkeen rahoittivat Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus, Salaojituksen Tukisäätiö sr, Sven Hallinin tutkimussäätiö sr ja hankkeeseen osallistuneet organisaatiot.

**Hankkeen toteuttajat:** Hanke toteutettiin yhteistutkimushankkeena, jonka osapuolet/työryhmän jäsenet olivat:

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry: DI Helena Äijö ja DI Jyrki Nurminen

Salaojayhdistys ry: DI Helena Äijö, MMM Minna Mäkelä

Luonnonvarakeskus (Luke): MMM Merja Mylly

Aalto yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, vesi- ja ympäristötekniikka: Prof Harri Koivusalo, TkT Heidi Salo, DI Aleks Salla, TkK Vilma Jokinen, TkK Kieli isomäki, TkK Elina Paavonen

Sven Hallinin tutkimussäätiö sr: TkL Maija Paasonen-Kivekäs, TkT Hanne Laine-Kaulio

Hankkeen yhteistyötaho oli prof. Laura Alakukku Helsingin yliopistosta.

Salaojituksen tutkimusyhdistys ry vastasi hankkeesta, ja sen vastuullinen johtaja oli Helena Äijö.

Yhteyshenkilö ja yhteystiedot (puhelin ja sposti): Helena Äijö (040 757 2821, helena.aijo@salaojayhdistys.fi) 28.11.2022 alkaen Olle Häggblom (040 162 0864, olle.haggblom@salaojayhdistys.fi)

**Hankkeen toteutusaika:** 1.1.2021-15.11.2022

Hankkeesta laaditaan Salaojituksen tutkimusyhdistyksen tiedote, jossa kuvataan hankkeen menetelmät ja tulokset. Tiedote tulee vapaasti saataville Salaojituksen tutkimusyhdistyksen ja Salaojayhdistyksen kotisivuille: [www.salaojitustutkimus.fi](http://www.salaojitustutkimus.fi)

## Sisällys

1. Tiivistelmä .....	3
2. Hankkeen lähtökohta, tavoitteet ja kohderyhmä.....	3
3. Projektin toteutus .....	5
4. Yhteistyö ja sidosryhmätyöskentely .....	8
5. Viestintä ja tiedottaminen .....	9
6. Hankkeen tuotokset.....	10
7. Hankkeen tulokset .....	11
8. Hankkeen innovatiivisuus, monistettavuus, uutuusarvo, hankkeen hyöty .....	14
9. Toiminnan jatkuvuus.....	15
10. Hankkeen rahoitus.....	15
11. Hankkeen toteutus numeroina.....	15
12. Toteutusvaiheen arviointi .....	15

## LIITTEET

Liite 1. Hankkeen kustannuserittely

## 1. Tiivistelmä

Hankkeessa selvitettiin paikallis- ja peruskuivatusjärjestelmien säädön vaikutuksia peltoalueiden hydrologiaan, vesistökuormitukseen ja satotasoon. Pellon vesitaloutta säädettiin säätösalaajituksen ja salaojakastelun avulla tavoitteena maksimoida sato, turvata kestävä maan rakenne sekä minimoida vesistökuormitus. Lisäksi hankkeessa selvitettiin, miten huonotuottoisen märkyydestä kärsineen peltoalueen täydennysojitus, maan rakenteen kuohkeutus ja fosforitilan nosto vaikuttavat tuottokykyyn. Hankkeessa jatkettiin *Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa* (VesiHave) -hankkeessa (elokuu 2018–joulukuu 2020) perustettujen koealueiden seuranta ja laskennallista tutkimusta. Hanke toteutettiin neljänä osahankkeena:

1. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen säätösalaajituksella ja salaojakastelulla. Menetelmällä onnistuttiin pitämään pohjavedenpinta korkeammalla kasvukauden aikana, sekä vähentämään typpikuormitusta saaden samanaikaisesti sadonlisää.
2. Valtaojan padotuksen vaikutus pohjavedenpinnan korkeuteen padon yläpuolisilla peltoalueilla. Padotuskoe saatiin onnistuneesti käyntiin ja sen mittauslaitteet toimimaan. Padotuskoe ja sen tuottamat aineistot tullaan hyödyntämään tulevassa VESIMA-hankkeessa sekä mallintamistyössä.
3. Perus- ja paikalliskuivatuksen vuorovaikutuksen ja optimaalisen säädön matemaattinen mallinnus peltoalueella. Laadittiin kaksi uutta mallinnuskokonaisuutta, jotka täydentävät FLUSH-mallia.
4. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen täydennysojituksella ja maan biologisella ja mekaanisella kuohkeutuksella. Täydennysojitus paransi maan vesitaloutta, mutta pitkään märkyydestä kärsineen pellon rakenteen ja fosforitilan parantaminen ovat hitaita prosesseja. Luotettavien tulosten saaminen vaatii tältä osin pidempää seuranta.

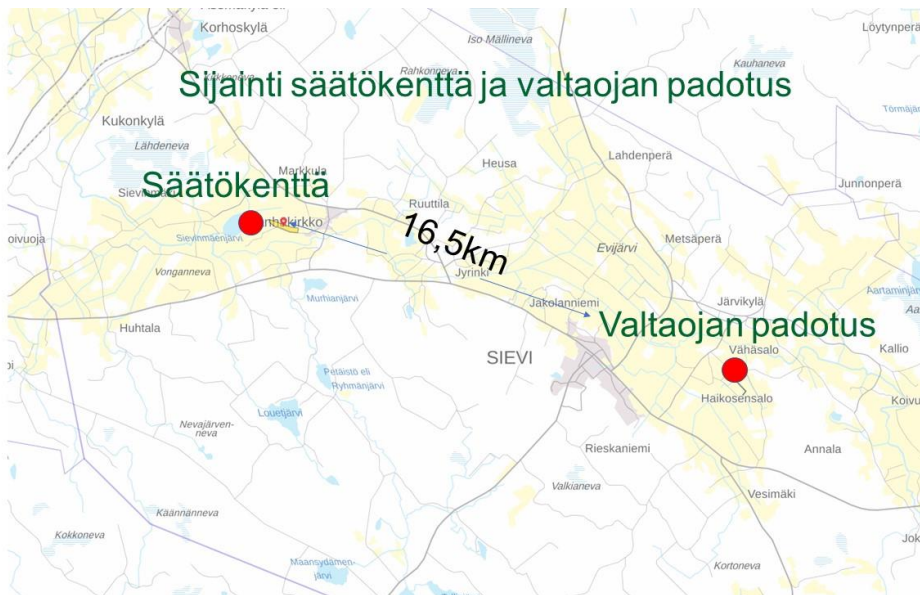
Hankkeen tulokset ovat laajasti sovellettavissa peltoalueiden kuivatusjärjestelmien parantamiseen käytännössä ja eri ojitusratkaisujen vaikutusten arviointiin maatalouden vesiensuojelussa. Tulokset ovat hyödynnettävissä mm. maatalouden ympäristönsuojelun sekä tuotannollisten investointien tukien kehittämisessä ja ohjauksessa. Tuloksista on tiedotettu laajasti sidosryhmille. VesiHave2-hanke toteutettiin yhteistutkimushankkeena vuosina 2021–2022, ja tutkimus jatkuu Vesienhallinta maatalousvaltaisilla valuma-alueilla (VESIMA)-hankkeessa vuosina 2023–2024.

## 2. Hankkeen lähtökohta, tavoitteet ja kohderyhmä

*Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa 2* (VesiHave2) -hankkeessa jatkettiin *Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa* (VesiHave) -hankkeessa (elokuu 2018 – joulukuu 2020) perustettujen koealueiden seuranta ja laskennallista tutkimusta. Tavoitteena oli selvittää, miten paikallis- ja peruskuivatukseseen kohdistuvilla toimenpiteillä voidaan säätää pellon vesitaloutta siten, että hyödynnetään satopotentialiaali, turvataan kestävä maan rakenne ja minimoidaan vesistökuormitus. Ojituksen lisäksi hankkeessa tutkittiin syväjuuristen kasvien ja jankkuroinnin vaikutusta em. tekijöihin. Lisäksi tutkittiin maan kuivatustilan ja kasvihuonekaasupäästöjen välisiä yhteyksiä sekä fosforilannoituksen vaikutusta satoon. Hankkeessa tutkittiin salaajituksen ja valtaojan vuorovaikutuksia ja optimaalista säätöä matemaattisia malleja käyttäen. Kohderyhminä olivat hallinto, viljelijät, suunnittelijat, urakoitsijat, maatalousneuvojat sekä tutkimusyhteisö.

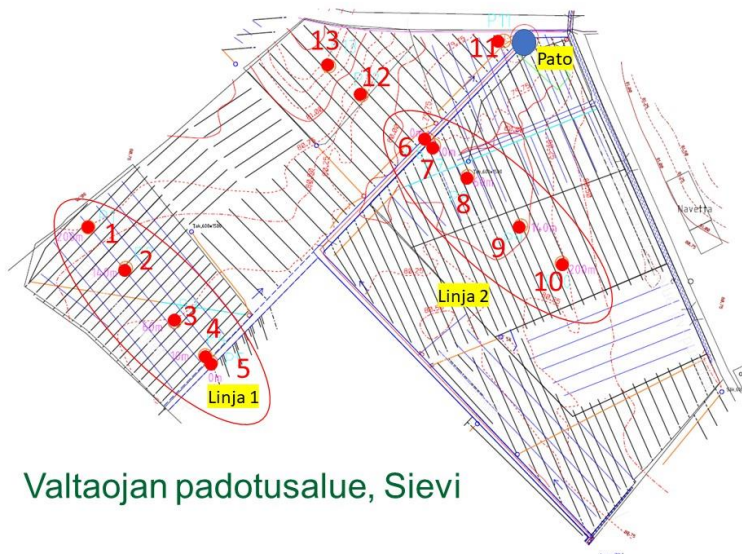
Hankkeen yksityiskohtaisemmat tavoitteet olivat osahankkeittain:

1. Selvittää, miten säätösalaajitus ja salaojakastelu vaikuttavat pellon vesitaseen komponentteihin ja pohjavedenpinnan korkeuteen, satoon ja vesistökuormitukseen peltoalueen mittakaavassa tavanomaisella kivennäismaalla. Lisäksi tutkittiin kasvihuonekaasupäästöjä maan eri kosteustiloissa. Kohdealueena oli Sievin salaajituskoekenttä.



Kuva 2.1. Sievin salaojituskoekenttä ja valtaojan padotuskoe (Korvenoja)

2. Selvittää kokeellisesti, miten valtaojan padotus vaikuttaa pohjavedenpinnan korkeuteen padon yläpuolisilla peltoalueilla. Kohdealueena oli Korvenoja Järvikylässä Sievissä.



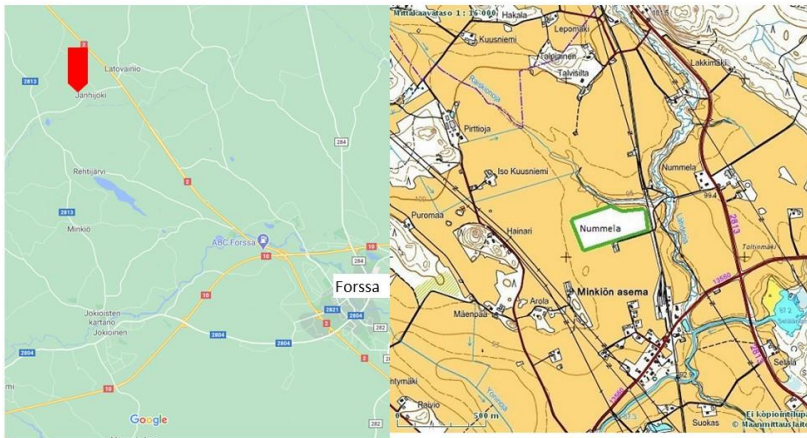
Valtaojan padotusalue, Sievi

Kuva 2.2. Korvenojan padotusalue

3. Kehittää matemaattinen mallijärjestelmä, joka kuvaa salaojituksen ja valtaojien välistä vuorovaikutusta ja säätöä.

4. Selvittää, miten täydennysalaojitus ja sen jälkeen tehtävä maan biologinen ja mekaaninen kuohkeutus vaikuttavat pellon tuottokykyyn ja vesistökuormitukseen sekä maan rakenteeseen. Lisäksi tutkittiin kasvihuonekaasupäästöjä salaojitetusta savimaasta. Kohdealueena oli Nummelan koekentän täydennysojitettu peltoalue Jokioisissa.

# Nummellan koekenttä, Jokioinen



Kuva 2.3. Nummellan koekenttä

## 3. Projektin toteutus

Säätösaloajituksen, valtaojan padottamisen sekä täydennysojituksen ja muiden perusparannustoimenpiteiden vaikutuksia tutkittiin kenttäkokein ja laskennallisesti. Hankkeessa hyödynnettiin jo olemassa olevien koekenttien mittausjärjestelyjä ja -aineistoja. Hanke toteutettiin neljänä osahankkeena:

### 1. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen säätösaloajituksella ja salaojakastelulla

Hankkeen kokeellinen osa toteutettiin Sievissä sijaitsevalla koekentällä, jossa selvitettiin 2015–2018 eri salaojakoneilla tehtyjen ojitusten toimivuutta. Keväällä 2019 osa 3,2 hehtaarin peltoalueesta säätösaloajitettiin ja osa jätettiin tavanomaiseksi salaojituksiksi. **Säätöojitetulla alueella oli käytössä kastelu, joka toteutettiin pumppaamalla vettä läheiseltä joelta salaojastoon.** Maalajit vaihtelevat salaojasyvytydessä hiedan (Ht) ja hiueen (He) välillä. Pintamaaltaan pelto on runsasmultaista hietaa (rmHt). Pellon kaltevuus on 0,1 %. Maalajinsa ja tasaisuutensa puolesta peltoalue soveltuu hyvin säätösaloajitustutkimukseen. Koekentän pohjavedenpinnan syvyyksistä, salaojavalunnoista ja satotasosta on mittauksia vuosilta 2015–2019 ennen säätösaloajituksen asennusta.

Koealueilla mitattiin seuraavia muuttujia: sadanta, pohjavedenpinnan syvyys (manuaalisesti ja jatkuvatoimisesti), salaojavalunta jatkuvatoimisesti, salaojavesien ravinne- ja kiintoainepitoisuudet kokoomänäytteinä sekä lisäksi nitraattipitoisuuden mittaus jatkuvatoimisesti antureilla, maan kosteus kolmelta syvyydeltä jatkuvatoimisilla antureilla sekä sadon määrä. Koealueilla mitattiin myös kasvihuonekaasupäästöjä maan eri kosteustiloissa.

Mittausaineistojen perusteella selvitettiin säätösaloajituksen ja salaojakastelun vaikutuksia pellon hydrologiaan, ravinnepäästöihin, kasvihuonekaasupäästöihin ja satotasoon.

Kastelua kehitettiin hankkeen edetessä karttuneiden kokemusten pohjalta. Hankkeen alussa käytössä oli suuritehoinen polttomoottoritoiminen pumppu, joka vaihdettiin myöhemmin pienitehoisempaan aurinkokennotoimiseen.

### 2. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen valtaojan padotuksella

**Kokeellinen tutkimus tehtiin Korvenojalla Järvikylässä Sievissä. Valtaojaan on asennettu säädettävä settipato tilusjärjestelyjen yhteydessä.** Valtaojassa mitattiin vedenpinnan korkeutta, jonka perusteella voidaan laskea virtaama padon yli purkautumiskäyrän avulla. Peltoalueilla mitattiin pohjavedenpinnan korkeutta pohjavesiputkissa ja säätösaloajitusten padotuskorkeutta säätökaivoissa. Uoman matemaattinen mallintaminen perustui padotuskokeeseen (osahanke 3).

### **3. Perus- ja paikalliskuivatuksen vuorovaikutuksen ja optimaalisen säädön matemaattinen mallinnus peltoalueella**

Mallinnustutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa muodostettiin pienvaluma-alueen mittakaavan matemaattinen uomamalli, jonka avulla voidaan laskea dynaamisesti valtaojaverkoston vedenkorkeutta ja virtausta. Uomamallin pohjana oli Haahdin et al. (2014) kehittämä avouomavirtausmalli, jolla on aiemmin simuloitu metsätalouden vesiensuojelutoimenpiteiden vaikutuksia (Haahti et al. 2018). Uomamalli parametrisoitiin Sievin Korvenojan valuma-alueelle käyttämällä paikkatietoja valtaojien topografiasta ja uomaverkon rakenteesta. Uomaan sijoitettiin valtaojan patorakenne, jonka perusteella mallinnettiin Korvenojalle rakennetun padon vaikutusta uoman hydraulikkaan padon yläpuolisessa uomassa. Uomaverkon virtaustilanteista tuotettiin laskennallinen kuvaus vuodelle 2021 käyttämällä FLUSH-mallin (Salla et al. 2021, Warsta, 2011) tuottamaa pelloilta tulevaa kokonaisvaluntaa estimaattina uomaan ympäröivältä valuma-alueelta tuleville vesimäärille. Mallin antamaa teoreettista tulosta vedenkorkeuksista verrattiin mittauksiin.

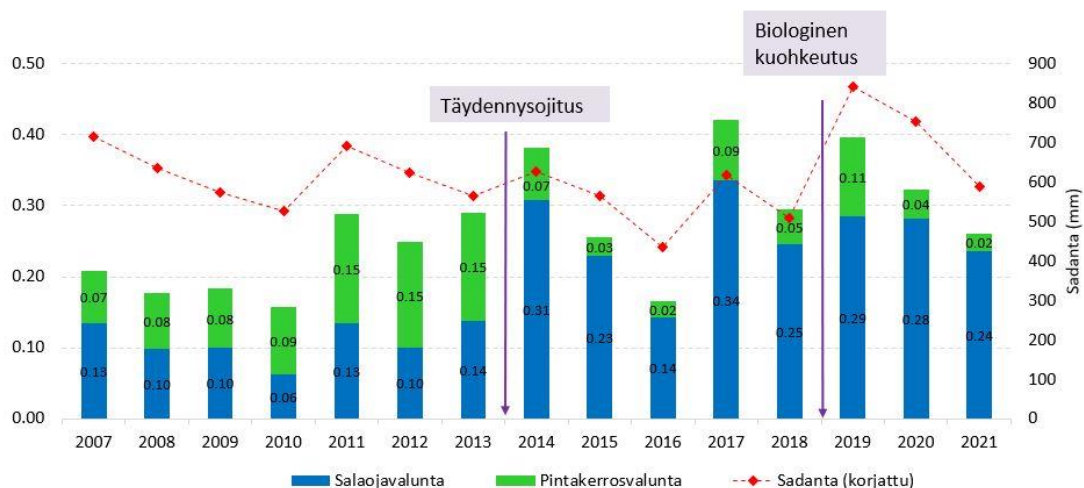
Valmiilla uomamallilla tuotettiin skenaarioita 1) valtaojan padon korkeuteen laskennallisesti kahdessa ulottuvuudessa pystyprofiilina valtaojasta pellon yläosaa kohti. Mallilla tutkittiin paikallis- ja peruskuivatuskombinaatioita mukaan luettuna vertailutilanne, jossa padotusta tai säätöä ei käytetä ollenkaan. Mallissa säätösalojituksen säätövara pystytettiin muuttamaan halutulla tavalla eri etäisyyksillä valtaojasta ja eri aikoina. Valtaojan padotus kuvattiin pellon alaosassa sijaitsevana reunaehtona, jonka uoman vedenkorkeus määräsi. Malli valmisteltiin sekä staattista valtaojan reunaehtoa että dynaamista reunaehtoa varten, jolloin valtaojan vedenpinnan korkeus saatiin uomamallin laskemasta vedenkorkeudesta. Tutkimukseen valitut laskentaskenaariot olivat 1) ilman säätösalojitusta ja valtaojan padotusta 2) pelkän valtaojan padotuksen kanssa, 3) pelkän säätösalojituksen kanssa ja 4) valtaojan padotuksen ja säätösalojituksen yhtäaikaisessa käytössä. Mallitulosten perusteella arvioitiin kuivatuksen vaikutusta pohjaveden pinnan korkeuksiin erikseen pienten huokosten maamatriisissa ja maan makrohuokostilassa eri etäisyyksillä valtaojasta. Lisäksi tarkasteltiin pellon vesitasetta ja sadannan jakautumista haihduntaan ja valuntakomponentteihin erilaisissa kuivatustilanteissa. Tarkasteluvuodet valittiin kuvaamaan erilaisia sääolosuhteita.

### **4. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen täydennysojituksella ja biologisella ja mekaanisella kuohkeutuksella**

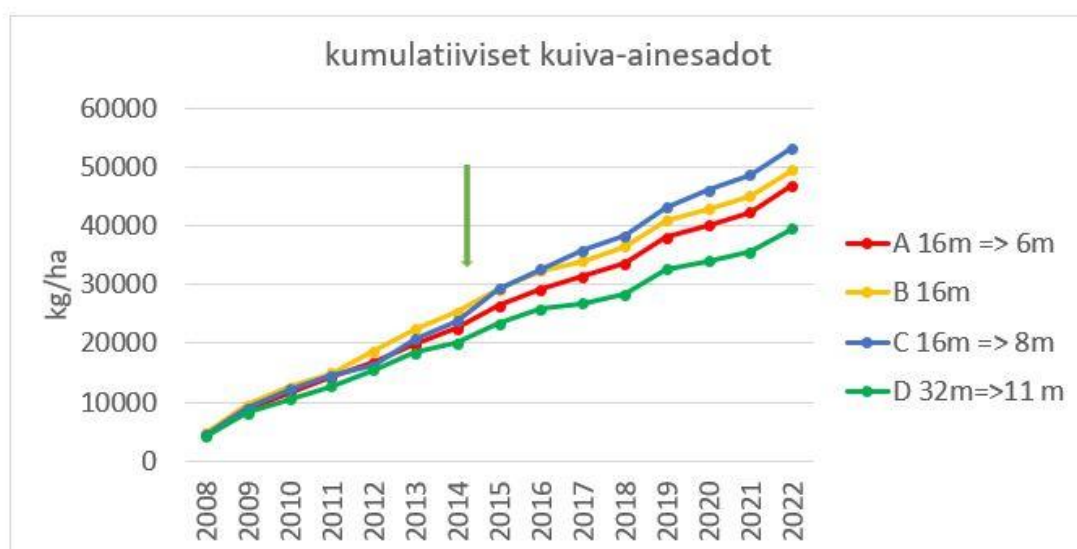
Tutkimus tehtiin Jokioisilla sijaitsevalla Nummelan koekentällä Luonnonvarakeskuksen pelloilla. Maa oli aitosavimaata. Koekenttä oli perustettu salaojatutkimusta varten vuosina 2006–2007 (Vakkilainen ym. 2010, Äijö ym. 2014 ja 2017). Kenttä koostuu neljästä 2–3 hehtaarin suuruisesta koealueesta A–D, joista alue D oli ojitettu vuonna 1954 32 metrin ojaväleillä ja muut 16 metrin ojaväleillä. Koekentällä on ollut vuodesta 2007 alkaen tutkimushankkeita, joissa on tuotettu pitkäaikaista tietoa täydennysojituksen vaikutuksesta kuivatustilaan, vesistökuormitukseen, ravinnetaseisiin sekä maan rakenteeseen ja satoon. Hankkeiden aikana alueille A ja C on tehty täydennys- tai uusintaojitus vuonna 2008 ja alueelle D täydennysojitus vuonna 2014. Alue B on pidetty koskemattomana verrannealueena. Tutkimushankkeiden ajan kentällä on viljelty ohraa tai kauraa.

Jokaisella koealueella mitataan salaoja- ja pintakerrosvaluntaa, ravinnekuormitusta, maan kosteutta, roudan syvyyttä, sadon määrää ja laatua sekä seurataan maan rakenteen kehittymistä. Näitä vuonna 2007 aloitettuja mittauksia on jatkettu Vesihave2 -hankkeessa.

VesiHave2 -hankkeen päätavoite Jokioisten koekentällä oli selvittää vuosikymmeniä märkydestä kärsineen D-alueen tuottokyvyn parantamista biologisella (syväjuuriset kasvit) ja mekaanisella (jankkurointi) kuohkeutuksella. Kuohkeutuskoe oli perustettu vuonna 2019, sillä oli todettu, että huonon kuivatustilan aiheuttamien ongelmien parantamiseen ei riitä pelkkä täydennysojitus vaan tarvitaan muitakin perusparannustoimia; vaikka vuonna 2014 tehty täydennysojitus oli selvästi parantanut maan kuivatustilaa (kuva 3.1), sadot eivät olleet parantuneet (kuva 3.2). Monivuotinen kuohkeutuskoe jatkui koko Vesihave2-hankkeen ajan ja päättyi vasta seuraavassa hankkeessa vuonna 2024.



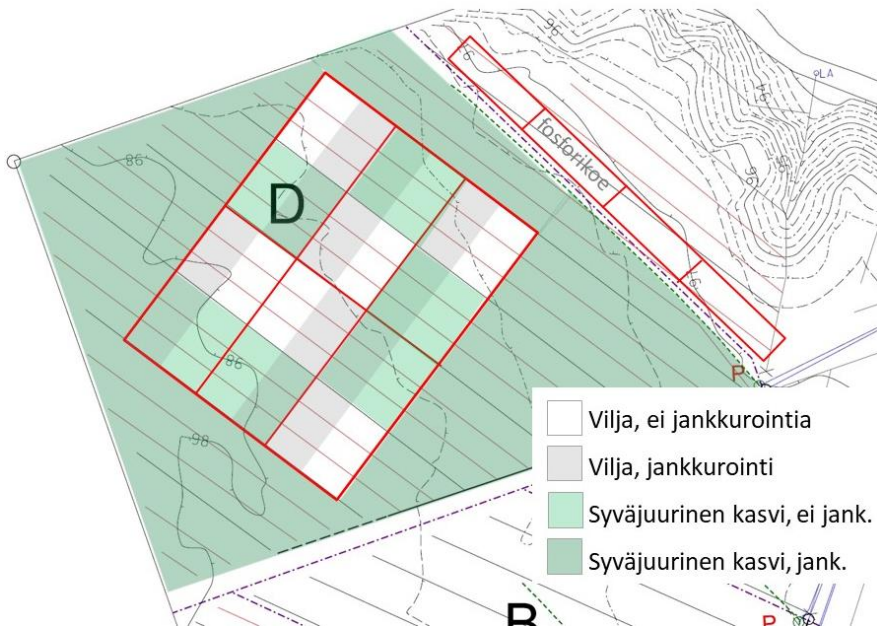
Kuva 3.1 Salaoja- ja pintakerrosvalunnan osuus sadannasta sekä sadanta. Täydennysojitus lisäsi salaojavalunnan 2,3-kertaiseksi ja puolitti pintakerrosvalunnan.



Kuva 3.2. Nummelan koekentän eri alueiden kumulatiiviset viljasadot vuodesta 2008 alkaen. Nuoli osoittaa alueen D täydennysojituksen ajankohdan.

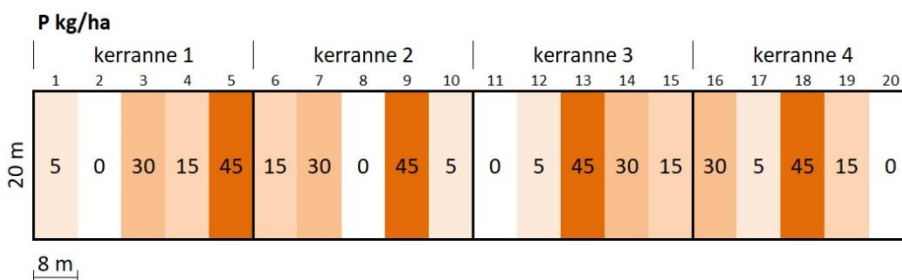
Kuohkeutuskoee on ruutukoe, ja siinä on seuraavat käsittelyt kuutena kerranteena: 1) syväjuurinen kasvilajiseos ilman jankkurointia, 2) syväjuurinen kasvilajiseos ja jankkurointi, 3) vilja verrannekasvina ilman jankkurointia ja 4) vilja ja jankkurointi (kuva 3.3). Syväjuurisessa kasvilajiseoksessa on neljää nurmikasvilajia: sinimailasta, rehumailasta, ruokonataa ja timoteitä. Nurmi on niitetty vain kerran vuodessa, jotta kasveilla riittäisi energiaa syvän juuriston kasvattamiseen. Jankkurointi tehtiin kesällä 2022. Syksyllä 2023 koko alueelle kylvetään yhtenäinen nurmi, jotta vuonna 2024 voidaan verrata käsittelyjen vaikutuksia maan ominaisuuksiin ja satoon samanlaisissa olosuhteissa. Kokeen tulokset käsitellään tilastollisin menetelmin.

D-alueella myös ruutukokeen ympärillä kasvaa syväjuurinen nurmi, joten nurmen vaikutuksesta ravinnehuuhtoumiin voidaan tehdä päätelmiä vertaamalla D-alueen huuhtoumia muihin alueisiin.



Kuva 3.3. Kuohkeutuskokeen käsittelyt ja kenttäkartta.

Koekentälle oli perustettu vuonna 2019 myös fosforilannoituksen porraskoe, sillä alueen D huonot sadot voivat johtua myös muita alueita selvästi huonommasta fosforitilasta. Märkyiden takia fosforia on todennäköisesti sekä huuhtoutunut että pidättynyt tiukasti maahan enemmän kuin muilla alueilla. Kokeessa seurataan eri fosforilannoitusmäärien vaikutusta maan fosforitilaan ja sadon määrään ja laatuun. Kokeessa on neljänä kerranteena viisi fosforilannoitusmäärää; 0, 5, 15, 30 ja 45 kg/ha (kuva 3.4). Tulokset käsitellään tilastollisin menetelmin.



Kuva 3.4. Fosforikokeen kenttäkartta.

VesiHave2-hankkeessa kentällä mitattiin kasvihuonekaasupäästöjä hyvärakenteisella alueella C ja huonorakenteisella alueella D erilaisissa kosteus- ja lämpötilaoloissa. Hyvärakenteisen maan kasvihuonekaasupäästöt olivat yleensä suuremmat kuin huonorakenteisen, mikä on seurausta hyvärakenteisen maan vilkkaasta mikrobitoiminnasta.

#### 4. Yhteistyö ja sidosryhmätyöskentely

Hanke toteutettiin usean toimijan yhteishankkeena. Salaojituksen tutkimusyhdystys ry vastasi hankkeesta, ja sen muita toteuttajia olivat Salaojayhdistys ry, Aalto-yliopisto, Luke sekä Sven Hallinin tutkimussäätiö sr. Hankkeen kenttäkokeet Sievissä toteutettiin yksityisomistuksessa olevilla pelloilla, joiden viljelijät/omistajat olivat yhteistyössä hankkeen kanssa. Säätosalaojakokeen kenttää viljeli Sakari Sikkilä, joka avusti hankkeen aineiston keräämisessä, ja Markus Sikkilä (Maveplan), joka hoiti valtaosan kentän käytännön tutkimustoimista hankepartnerina. Korvenojan kentän omistaja ei osallistunut hankkeen toimintaan, mutta hänen kanssaan keskusteltiin hankkeen toimista.



Mittalaitteiden toimittajat olivat tärkeitä yhteistyökumppaneita hankkeessa. Mittalaitteiden hankinnat ja ylläpito muodostivat merkittävän osan hankkeen kokeellisesta osasta, ja laitteiden ylläpidon ja huollon asiantuntemus oli avainasemassa hankkeen onnistumiselle. Laitteita ja niiden käyttöön ja huoltoon liittyviä tukipalveluita ostettiin seuraavilta yrityksiltä: Profimeas Oy, Soilscout Oy, Luode Consulting Oy, Agrolink Ab, Pythagoras Oy ja Caproc Oy.

Nummelan koekentällä Jokioisilla on tehty yhteistyötä Luonnonvarakeskuksen Smart Farming -projektin kanssa. Koekentälle asennettiin langattomia Soil Scout -antureita ([www.soilscout.com](http://www.soilscout.com)) mittaamaan maan kosteutta, lämpötilaa ja johtolukua jatkuvatoimisesti 20 minuutin välein. Kentällä on seitsemän anturia 20 cm:n syvyydessä. Mittaustuloksia verrataan kentällä Time Domain Reflectometer -menetelmällä tehtyihin mittauksiin.

Mallinnusosahankkeessa kehitystyötä tehtiin yhteistyössä Aleks Sallan väitöskirjaprojektin kanssa. Salla tutkii väitöskirjatutkimuksessaan vesitalouden säädön vaikutuksia turvepellolla Ruukissa, joka on Luonnonvarakeskuksen hallinnoima koealue Siikajoella. FLUSH-mallin soveltaminen useissa eri kohteissa edesauttaa arvioimaan mallin prosessien toimintaa sekä toiminnan luetettavuutta eri käyttökohteissa. Mallinnustulosten vertailu eri kohteiden välillä auttaa myös arvioimaan, kuinka vesitalouden säätö toimii ominaisuuksiltaan erilaisilla peltoalueilla.

## 5. Viestintä ja tiedottaminen

Hankkeen ja sen tulosten viestinnän pääsisältö käsitti säätösalaajituksen, salaojakastelun, valtaojan padotuksen ja täydennysojituksen vaikutukset pellon tuottokykyyn ja vesistökuormitukseen. Lisäksi esiteltiin biologisen kuohkeutuksen toteutusta syväjuurisia kasveja käyttäen maan rakenteen parantamiseksi. **Hankkeesta tiedotettiin monipuolisesti eri kohderyhmille internetin välityksellä, painetuissa julkaisuissa ja seminaareissa. Viestintä kohdistui hallinnolle, viljelijöille, suunnittelijoille, urakoitsijoille, maatalousneuvojille ja tutkimusyhteisölle. VesiHave2 -hanketta esiteltiin seuraavissa tilaisuuksissa, julkaisuissa ja internetissä:**

### Seminaariesitykset

- **Salaojituksen neuvottelupäivät 2021 ja 2022, esitykset**
  - Säätösalaajituksen koekentän tuloksia (VesiHave2 -hanke), Markus Sikkilä, Maveplan (2021)
  - Sievin säätökentän ja valtaojan padotuskokeen tuloksia (Vesihave2), Minna Mäkelä (2022)
- **Maaperätieteiden päivät 2021, esitys**
  - Pellon vesitalouden hallinta säätösalaajituksen ja salaojakastelun avulla - Sievin koekentän tuloksia
- **Salaojakasteluwebinaari 2022, esitys**
  - VesiHave2 Säätösalaajitus- ja salaojakastelukoe
- **Maataloustieteenpäivät 2022, esitykset**
  - Säätösalaajituksen vaikutus pohjavedenpinnan syvyyteen ja vesitaseeseen tasaisella peltoalueella muuttuvassa ilmastossa
  - Pellon vesitalouden hallinta säätösalaajituksen ja salaojakastelun avulla - Sievin koekentän tuloksia
- **Nordic Hydrological conference, Tallinna, Viro, 2022, konferenssiesitykset**
  - Effect of supplementary subsurface drainage on field scale nutrient fluxes (Mäkelä et al. 2021)
  - Modelling spatio-temporal extent of water level control in an agricultural ditch network (Paavonen, E. et al. 2021)
  - Combined effects of controlled drainage and main ditch damming on water table and water balance in a Nordic agricultural field (Isomäki, K. et al. 2021)
- **International Drainage Symposium, Des Moines, Iowa, Yhdysvallat, esitys**
  - Agricultural water management with controlled drainage and subirrigation - results from Sievi, Finland
- **Vesienhallintahankkeiden Webinaari 5–6.10.2022, esitys**

- Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa 2: VesiHave2
- **Maatalouden kestävä vesienhallinta -seminaari, Helsinki, 13.10.2022, esitys ja posterit**
  - Minna Mäkelä (esitys): Säättösalaajituksen ja salojakastelun mahdollisuudet tuotannon ja ympäristön näkökulmasta
  - Elina Paavonen ja Kielo Isomäki ym. (posterit): Valtaojan padotus ja säättösalaajitus ruuantuotantoalueilla – vaikutusten laskennallinen tarkastelu
- **Maatalouden ympäristötiedon vaihtopäivät, Tampere, 26.10.2022**
  - VesiHave2 –hanketta esiteltiin Mahdollisuuksien tori –tilaisuudessa

### **Julkaisut**

#### **Tieteellinen artikkeli**

Jokinen, V. et al. Runoff and nitrogen loads from clayey field sections before and after improved subsurface drainage, lähetetään vertaisarvioitavaksi Irrigation & Drainage-lehteen syksyn 2022 aikana.

#### **Salaojayhdistyksen jäsenjulkaisu**

2021: Pellon vesitalouden hallinta säättösalaajituksen ja salojakastelun avulla Sievin koekentällä

2022: Tuloksia maatalouden vesienhallintatutkimuksesta

#### **Salaojayhdistyksen uutiskirje**

Toukokuu 2021: VesiHave-hankkeen loppuraportti julkaistu, Tutkimus jatkuu VesiHave2 -hankkeessa

Lokakuu 2021: Aurinkopaneelitoiminen pumppu salojakasteluun

#### **Vesitalous-lehti**

Tammikuu 2023: Säättösalaajituksen ja altakastelun mahdollisuudet ruuantuotannon ja ympäristönsuojelun näkökulmasta

#### **Kotisivut**

Hanke on esitetty Salaojituksen tutkimusyhdistyksen kotisivuilla [www.salaojitustutkimus.fi](http://www.salaojitustutkimus.fi). Kotisivuja päivitetään hankkeen loppuraportin valmistuttua.

#### **Hankkeessa tehdyt opinnäytetyöt**

Elina Paavonen, 2022, diplomityö: Modelling spatio-temporal extent of water level control in an agricultural ditch network. Aalto-yliopisto.

Kielo Isomäki, 2022, diplomityö: Säättösalaajituksen ja valtaojan padotuksen yhteisvaikutus pellon vesitalouteen. Aalto-yliopisto.

Hankkeen loppuraportti julkaistaan Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedotteena nro 37, 2023

## **6. Hankkeen tuotokset**

Hankkeen tuotokset ovat saadut tutkimustulokset ja kokemukset säättösalaajituksesta, salojakastelusta ja valtaojan padotuksesta, täydennysojituksista ja maan kuohkeutusmenetelmistä. Lisäksi hankkeen mallinnusosuuden tuotoksena syntyi laskentatyökaluja, joiden avulla voidaan tuottaa teoreettinen kuvaus pellon ja uomaverkoston hydrologiasta muuttuvissa sääolosuhteissa.

Hankkeen yksityiskohtaiset tulokset ja kokemukset julkaistaan Salaojituksen tutkimusyhdistyksen tiedotteet-sarjassa. Hanke tuotti myös muita julkaisuja (kts. Kohta 5).

## 7. Hankkeen tulokset

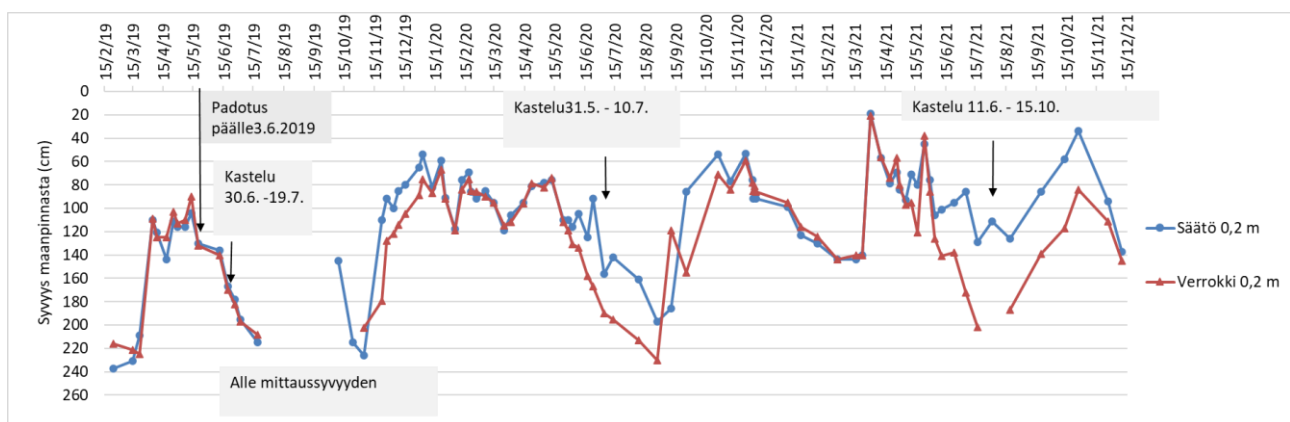
### Sievin koekentän tulokset

Sievin koekentän mittaustulokset osoittivat, että säätösalaajitus ja salaajakastelu nostivat pohjavedenpintaa kesäisin, mutta talvella eroa ei ollut havaittavissa. Pohjavedenpinta oli kesäaikana padotuksen ja kastelun seurauksena säätöalueella korkeammalla kuin verrokkialueella, vuonna 2020 ero oli keskimäärin 28 cm, 2021 42 cm ja 2022 33 cm. Touko-elokuun sademäärät olivat 2019 181 mm, 2020 207 mm, 2021 327 mm ja 2022 287 mm. Sievin valtaojan padotuskokeesta ei saatu mittauslaitteiden haasteiden takia edustavia tuloksia vuodelta 2021. Padotuskoe jatkuu VESIMA-hankkeessa.

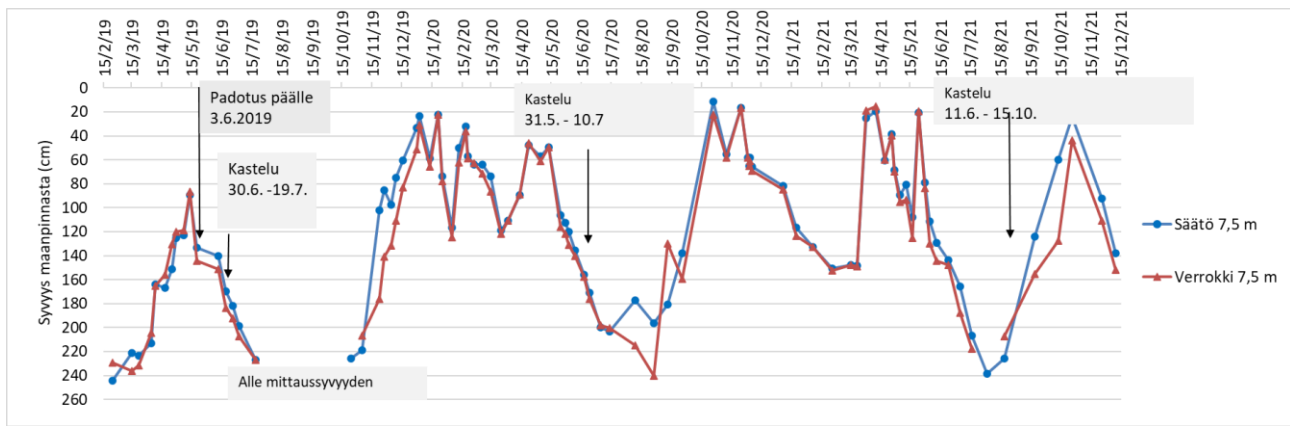
Pohjavedenpinnan pitäminen tavanomaista salaajitusta korkeammalla pelkällä säätösalaajituksella edellyttää, että huonosti vettä läpäisevä kerros sijaitsee kohtuullisen lähellä salaajasyvyyyttä, jotta lohkolta ei tapahdu voimakasta pohjavesivirtausta ympäröiville alueille (kuva 1 ja 2). Vuonna 2020 kastelun teho oli tarpeettoman suuri, ja salaajakastelun aikana osa kasteluvedestä ei ehtinyt imeytyä maahan, vaan purkautui salaajien kautta laskuojaan. Jos ohivirtausta ei oteta huomioon, salaajavalunta oli säätösalaajitetulta alueelta hieman pienempi kuin verrokkialueelta. Ohivirtauksen vaikutus poistettiin laskennallisesti siten, että niiltä päiviltä, kun kastelu oli käytössä, ja salaajavaluntaa havaittiin ainoastaan säätökentältä mutta ei verrokkikentältä, valunnan oletettiin johtuvan yksinomaan kastelun ohivirtauksesta. Tällaiset päivät jätettiin pois, kun haluttiin tarkastella salaajavalunnan määrää ja ravinnekuormitusta ilman ohivirtauksen vaikutusta.

Salaajavalunnan laadussa ei havaittu juurikaan eroja säätö- ja verrokkialueen välillä, lukuun ottamatta syksystä 2020 alkaen havaittuja pienempiä typpipitoisuuksia säätöalueen valunnassa. Kuormitukset laskettiin kertomalla salaajavalunnassa mitattu pitoisuus valunnan määrällä. Kokonaistypen kuorma oli 2019–2021 verrokkialueelta yhteensä 82 kg N/ha eli keskimäärin noin 27 kg N/ha/v, kun se oli säätöalueelta 65 kg N/ha (n. 22 kg N/ha/v), kun ohivirtauksen typpikuormaa ei otettu huomioon. Kokonaisfosforin pitoisuudet olivat molemmilta alueilta verrattain pieniä. Vuosina 2019–2021 kokonaisfosforin kuorma oli molemmilta alueilta sama, noin 200 g P/ha eli alle 70 g P/ha/v, kun ohivirtauksen fosforikuormaa ei otettu huomioon. Vääräjoesta otetun kasteluveden fosforipitoisuus oli yhden mittauksen perusteella kaksinkertainen salaajavalunnan keskimääräiseen pitoisuuteen nähden. Vuoden 2022 aikana mittauslaitteiden toiminnassa oli haasteita, eikä edustavia tuloksia vesistökuormituksen kannalta saatu.

Rukiin, ohran ja nurmen sadot olivat hieman paremmat säätöalueella kuin verrokkialueella. Sadonlisä oli rukiilla 4,5 % (2019), ohralla 8,8 % (2020) sekä nurmella 11,9 % (2021) ja 16 % (alustava tulos 2022). Säätöalueella sisäinen vaihtelu oli vertailualueita pienempää.



Kuva 1 - Säätösalaajitus- ja salaajakastelukokeen tulokset. Pohjavedenpinnan korkeus salaajien kohdalla (0,2 m ojista).



Kuva 2 - Säättösalaojitus- ja salaojakastelukokeen tulokset. Pohjavedenpinnan korkeus salaojien välistä (7,5 metriä ojista).

## Mallinnustulokset

Mallinnustulokset koekentältä osoittivat mekanistisesti, miten säättösalaojitus vähensi salaojavaluntaa ja miten kuivatus muutti veden kiertokulua ja valuntareittejä pellolla. Säättösalaojituksen seurauksena pohjavesivalunta lisääntyi ja tietyissä olosuhteissa myös pintavalunta, mikä tulee ottaa huomioon arvioitaessa säättösalaojituksen vaikutuksia peltoalueelta tulevaan kokonaiskuormitukseen.

Valtaojaan asennettu settipato piti vedenpinnan valtaojassa keväällä ja alkukesästä padotustasossa, kunnes se haihdunnan seurauksena kuivui lähes kokonaan. Matemaattisella mallilla saadut teoreettiset tulokset osoittivat, että **padottamalla vettä valtaojassa tasaisilla alueilla voidaan hidastaa pohjavedenpintojen laskua, olettaen että vedenpinta valtaojassa ei laske padotuskorkeuden alapuolelle.**

Korvenojan simulointitulokset havainnollistivat, miten valtaojan padotus vaikuttaa vedenpintoihin salaojasyvyyteen nähden eri kohdissa uoma. Lähellä padon sijaintia padotus nosti vedenpinnan Korvenojalla salaojasyvyyden yläpuolelle, kun taas kauempana padosta (650 metriä ylävirtaan) padotusvaikutus ei enää ylettynyt salaojasyvyyden yläpuolelle. **Valtaojan padotuksella oli näin yhteys myös peltoalueiden kuivatustilaan, sillä Sievin peltoprofiilin simulaatiot havainnollistivat, kuinka säättöojitus vaikutti eri tavalla pellon pohjavedenpinnan syvyyksiin eri etäisyyksillä valtaojasta. Lähellä valtaojaa pohjavedenpinta pysyi korkeammalla valtaojan padotuksen vaikutuksesta, kun taas säättösalaojitus piti tasaisemmin pohjavedenpintoja korkeammalla koko peltoalueella tavanomaiseen salaojituksen verrattuna.**

Simuloitaessa paikalliskuivatusta Sievin koekentällä, säättöojituksella pystyttiin simulaatiotulosten mukaan korottamaan pohjavedenpintaa salaojasyvyydestä (1,0 m) kasvin vedenoton kannalta arvioituun optimisyvyyteen (0,6–0,8 m) etenkin kuivina kesinä. Märkinä kesinä pohjavedenpinta pysyi salaojasyvyyden yläpuolella myös ilman säättöä. Kuivina vuosina myös salaojavalunnan suhteellista määrää sadannasta pystyttiin vähentämään enemmän verrattuna märkiin vuosiin. Myös simuloitaessa peruskuivatuksen säättöä Korvenojalla huomattiin, että padotuksella on suurin vaikutus silloin, kun pelloilta uomaan tulevan valumaveden määrä on pienimmillään.

Valtaojan padotuksen simulaatiotuloksista ilmeni, että valtaojaa padottamalla uomaan voidaan varastoida vettä enimmillään noin 2,5 litraa peltoneliömetriä kohti (2,5 mm), mikä ei ole merkittävästi esimerkiksi laaja-alaiseen kastelutarpeeseen verrattuna. Korvenojan uomaverkoston, joka toimi tarkasteltuna vesivarastona, kokonaispituus oli 3,2 km ja sitä ympäröivä peltoala oli 76 ha kokonaisvaluma-alueen ollessa 113 ha.

## Nummelan koekentän tulokset

**Vuonna 2014 tehty täydennysojitus ei nostanut satotasoa Nummelan koekentän koalueella.** Alue oli kärsinyt märkyydestä vuosikymmeniä harvasta ojituksesta johtuen. Maan fosforiluku oli alhainen (2–3 mg/l maata) ja rakenne heikko. **Kuivatustilan parantaminen ei aina yksinomaan riitä satotason parantamiseksi vaan tarvitaan lisäksi muita perusparannustoimenpiteitä ja hyvä maan ravinnetila.** Maan perusparannustoimenpiteenä keväällä 2019 aloitettu biologinen kuohkeutus syväjuurisia kasveja käyttäen osoittautui pitkäaikaiseksi prosessiksi, jonka vaikutukset maan rakenteeseen ja satoon voidaan arvioida vasta muutaman vuoden päästä, **kun tulokset valmistuvat VESIMA-hankkeen puitteissa.**

Fosforilannoituskokeessa (lannoitemäärät 0, 5, 15, 30 ja 45 kg/ha) satovaste näkyi vasta lannoitemäärillä 30 ja 45 kg/ha. Lannoitemäärät 15–45 kg/ha kasvattivat pintamaan (0–10 cm) fosforipitoisuutta, mutta eivät syvempien kerrosten (10–20 ja 20–30 cm) pitoisuutta. Fosforitase oli pienillä lannoitemäärillä negatiivinen, lähellä nollaa lannoitemäärällä 15 kg/ha ja sitä suuremmilla määrillä selvästi positiivinen, jolloin huuhtoutumisriski kasvaa.

Fosforilannoituskoe osoitti, että mikäli maan fosforiluku on laskenut hyvin alhaiseksi, tarvitaan suuria lannoitemääriä fosforiluvun ja sadon nostamiseksi. Rungas lannoitus nostaa fosforitasetta, mikä lisää huuhtoumariskiä.

Pitkäaikaiset mittaukset (kesäkuu 2007–toukokuu 2022) Nummelan savisella peltoalueella osoittivat, että täydennysojitus lisäsi salaojavalunnan osuutta salaojavalunnan ja pintakerrosvalunnan summasta ja siten salaojien kautta tulevaa vesistökuormitusta. Pintavalunta ja sen mukana tullut kuormitus vähenivät selvästi verrattuna aikaan ennen täydennysojitusta, mutta vähenemä oli pienempi kuin salaojavalunnan mukana tullut lisäys. Ravinne- ja kiintoainepitoisuudet olivat pintakerros- ja salaojavalunnassa melko lähellä toisiaan. Kuormituksen suuruus määräytyi pääasiallisesti valunnan määrän mukaan. Pohjavesivalunta väheni aiempien tutkimusten perusteella ja siten oletettavasti sen mukana kulkeutuva kuormitus. Satotason nosto ja oikein mitoitettu lannoitus ovat keskeisiä huuhtoutumisriskin pienentämiseksi täydennysojituksen jälkeen.

Hanke lisäsi ymmärrystä siitä, miten maan kuivatuksella voidaan vaikuttaa satotasoon ja vesistökuormitukseen. Uutta tietoa saatiin myös biologisen kuohkeutuksen toteutuksesta syväjuurisia kasveja käyttäen.

Hyvä- ja huonorakenteiselta savimaalta eri oloissa tehdyt kasvihuonekaasumittaukset osoittivat, että hyvärakenteisen maan kasvihuonekaasupäästöt saattavat olla suuremmat kuin huonorakenteisen, mikä on seurausta hyvärakenteisen maan vilkkaammasta mikrobitoiminnasta. Alustavien tulosten mukaan hyvärakenteinen maa tuotti keskimäärin 1,6-kertaiset sadot eli sitoi hiiltä selvästi enemmän kuin huonorakenteinen. Lopulliset aineistosta tehtävät hiilitaselaskelmat valmistuvat VESIMA- hankkeen puitteissa.

Pellon vesitalouden hallinta on keskeinen tekijä pellon tuottavuuden parantamisessa ja vesistökuormituksen vähentämisessä. Paikallis- ja peruskuivatusjärjestelmät kattavat lähes Suomen koko peltoalueen, joten niiden toimintaa parantamalla voidaan saavuttaa merkittäviä ja laaja-alaisia vesiensuojeluhyötyjä. Hankkeessa saatua tietoa maan vesi- ja ravinnetaloudesta voidaan hyödyntää poliittisessa valmistelutyössä ja viljelijöiden päätöksenteon tukena.

Hankkeen tulokset esitetään yksityiskohtaisesti loppuraportissa, joka julkaistaan alkuvuodesta 2023 Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedotteena.

## Poikkeamat verrattuna suunnitelmiin ja poikkeamien syyt

Maan kuohkeutuskokeeseen kuuluvaa jankkurointia jouduttiin siirtämään Nummelan koekentällä eteenpäin kahdesti. Ensimmäisellä kerralla vuonna 2020 syynä oli sinimailasen huono talvehtiminen, minkä takia jouduttiin tekemään täydennyskylvöjä ja odottamaan nurmen vahvistumista. Toisella kerralla vuonna 2021 maa oli alkukesällä liian kuivaa ja loppukesällä liian märkää jankkuroinnin kannalta. Koetta ei haluttu pilata huonoissa oloissa tehdyllä jankkuroinnilla, ja vihdoin vuonna 2022 se tehtiin optimaalisissa olosuhteissa.

Kasvihuonekaasupäästöjen mittaaminen jäi hankkeessa suunniteltua pienempään rooliin mittausten vaatimien, oletettua suurempien resurssien takia. Mittauksia tehtiin vuosina 2021–22 muutamia kertoja kasvukauden aikana, mutta niiden perusteella on vielä vaikea arvioida luotettavasti maan kosteuden ja pohjaveden tason vaikutusta päästöihin.

Mallinnusosahankkeen alkuperäisissä tavoitteissa oli listattu tutkittavista kuivatusparametreista myös salaojien ojaväli sekä maalaji ja pellon pinnan kaltevuus, jotka vaihtelevat alueiden välillä ja vaikuttavat pellon vesitalouteen. Tutkimuksen toteuttamisen yhteydessä laskentaskenaariot täsmentyivät kattamaan valtaosan

patorakenteen korkeuden, uoman virtausvastuksen ja eri perus- ja paikalliskuivatuskombinaatioiden vaihtoehtoja. Mallijärjestelmä mahdollistaisi ojavälin, maaperän ominaisuuksien ja kaltevuuden muuttamisen, mutta näiden muuttujien vaihtelun hydrologisten vaikutusten demonstroiminen jäi Sievin laskentaskenaarioiden ulkopuolelle. Hankkeessa kannalta tarkoituksenmukaisinta oli keskittyä perus- ja paikalliskuivatuksen rooliin pellon vesitalouden optimoinnissa.

## Tulosten hyödynnettävyys

Tulokset hyödyntävät ja helpottavat maatalouden ympäristönsuojelun sekä tuotannollisten investointien tukien kehittämistä ja ohjausta julkisessa hallinnossa. Hankkeen hyödynsajia ovat viljelijät, maatalous- ja ympäristöalan viranomaiset, salaojasuunnittelijat ja -urakoitsijat sekä neuvojat.

Hankkeesta saatiin tietoa erityisesti täydennysojituksen ja sääätosalaoituksen toteuttamisesta ja vaikutuksista sekä maan biologisen kuohkeutuksen toteutuksesta maan rakenteen parantamiseksi. Tuloksia hyödynnetään ojitusten suunnittelussa ja toteutuksessa. Tutkimustuloksia voidaan käyttää hyväksi myös ojituksen ja muiden perusparannustoimenpiteiden sekä vähemmän kuormittavien viljelymenetelmien yhteensovittamisessa.

Hankkeessa kehitettyjen mallisovellusten avulla voidaan arvioida sääätosalaoituksen toimivuutta ja vaikutusta vesistökuormitukseen eri alueilla nykyisissä ja tulevaisuuden ilmasto-olosuhteissa. Mallinnustulokset antavat numeerisia suuntaviivoja sille, kuinka laajalle alueelle valtaojan padotuksella voidaan vaikuttaa erilaisissa virtaustilanteissa sekä kuinka suuri vaikutus padotuksella on uoman vaikutusalueella olevien peltojen pohjavedenpinnan tasoihin. Mallilla voidaan myös laskea, kuinka suuren osan kasvukauden ajasta sääätosalaoituksella voidaan ylläpitää pohjavedenpintaa halutulla korkeustasolla ja näin ehkäistä kasville aiheutuvia kuivuushaittoja.

Tulokset viedään käytäntöön tiedottamalla niistä hallinnolle, viljelijöille, suunnittelijoille, urakoitsijoille ja maatalousneuvojille. Salaoituksen ja sääätosalaoituksen vaikutuksista pellon tuottokykyyn ja vesistökuormitukseen tiedotetaan erityisesti viljelijöille ja valtion maataloustukia valmisteleville viranomaisille. Salaoituksen ja sääätosalaoituksen suunnitteluohjeiden muutoksista vastaavat ensisijaisesti Salaoitusyhdistys ry ja Salaoituksen tutkimusyhdystys ry. Salaoituksen suunnittelu- ja toteutusohjeiden jalkauttamisesta vastaavat Salaoitajyhdistys ry sekä muut neuvontajärjestöt yhdessä viljelijöiden, salaojateknikkojen ja -urakoitsijoiden kanssa.

## 8. Hankkeen innovatiivisuus, monistettavuus, uutuusarvo, hankkeen hyöty

Peltoalueiden vesitalouden hallinta on keskeinen tekijä vesiensuojelussa. Paikallis- ja peruskuivatus-toimenpiteiden ensisijainen tavoite on pellon tuottokyvyn nostaminen ja satopotentiaalin hyödyntäminen, mikä vähentää ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Yhdistämällä valtaojan padotusta ja sääätosalaoitusta sekä salaojakastelua voidaan luoda hyvät kasvuolosuhteet ja vähentää ravinnehuuhtoumia. Ilmastonmuutokseen sopeutumisessa ja sään ääri-ilmiöiden lisääntyessä peltoalueiden vesitalouden säädön tarve korostuu.

Vesitaloudellisten toimenpiteiden vaikutusten arviointi muuttuvissa olosuhteissa edellyttää pitkäaikaista (10–20 vuotta) ja systemaattista kokeellista tutkimusta sekä peltoalueen että valuma-alueen tasolla. Lähtötilanteen kartoitus jää usein tekemättä lyhytaikaisissa hankkeissa, sillä se vaatii vähintään 2–3 vuoden seurannan ennen kuin toimenpiteitä tehdään. Veden ja ravinteiden kulkeutumisreittien ja -prosessien todentaminen edellyttää erittäin mittavia koejärjestelyjä, jotta saadaan mahdollisimman yksikäsitteistä tietoa peltoalueiden vesitalouden hallintaan vesiensuojelussa. Lisäksi tarvitaan laskennallista tutkimusta, jonka avulla voidaan analysoida toimenpiteiden vaikutuksia erilaisissa hydrologisissa, maaperä-, viljely- ja sääolosuhteissa sekä tulevaisuuden ilmastoskenaarioissa.

Hankkeessa on tehty uusi avaus FLUSH-mallijärjestelmän soveltamisesta maatalousalueen valtaojaverkon hydrauliiikan laskentaan sekä perus- ja paikalliskuivatuksen yhtäaikaiseen teoreettiseen tarkasteluun. Malli tarjoaa keinon monistaa ja yleistää kuivatuksen vaikutusten arviointia myös Sievin koealueen ulkopuolella. Kuivatusjärjestelmien yhtäaikaisella laskennallisella käsittelyllä on selkeä tieteellinen uutuusarvo, sillä sen kaltaista tarkastelua ei ole dynaamisen mallin avulla juurikaan tehty aikaisemmin.

## 9. Toiminnan jatkuvuus

Vesitalouden hallinta maatalousvaltaisilla valuma-alueilla (VESIMA) -hankkeessa tullaan jatkamaan ja kehittämään VesiHave2-hankkeessa tehtyä tutkimusta. Lisäksi VESIMA-hankkeessa tehdään maatalousmaiden vesistökuormituksen arviointi eri viljely- ja sääolosuhteissa Gårdskullan kartanon (Siuntio) kahdella peltolohkolla tehtyjen pitkäaikaisten (vuodesta 2008) mittausten perusteella, sekä laaditaan systemaattinen lähestymistapa ja suunnitteluohjeet maatalousvaltaisen valuma-alueen vesitaloudellista suunnittelua varten.

Mallinnusosuutta jatkavaa hanketta on myös suunnitteilla Aalto-yliopiston, Salaojituksen tutkimusyhdistyksen, Luonnonvarakeskuksen sekä Sven Hallinin tutkimusyhdistyksen yhteistyönä.

## 10. Hankkeen rahoitus

Hankkeen budjetti ja rahoitus toteutuivat suunnitelman mukaisesti. Hankkeen kokonaiskustannukset olivat 340 000 euroa. Eri tahojen rahoitusosuudet olivat: ELY-keskus 200 000 euroa, Salaojituksen Tukisäätiö sr 60 000 euroa ja osallistuvat laitokset 80 000 euroa. Kustannuserittely on erillisessä liitteessä.

## 11. Hankkeen toteutus numeroina

KYSYMYS	lkm
Kuinka monta maanomistajaa on ollut mukana hankkeessa? Myös maanvuokraajat lasketaan.	3
Kuinka monta uutta menetelmää hankkeessa pilotoitiin?	
Kuinka monta valuma-aluekohtaista / osa-valuma-aluekohtaista suunnitelmaa hankkeessa on laadittu?	
Mikä on valuma-aluekohtaisten suunnitelmien laajuus (pinta-ala, ha)?	
Kuinka monta tilaisuutta hanke on järjestänyt? Tässä huomioidaan tilaisuudet, joissa on mukana hankkeen ulkopuolisia osallistujia.	
Kuinka monta osallistujaa on yhteensä ollut hankkeen järjestämässä tilaisuuksissa? Tässä huomioidaan tilaisuudet, joissa on mukana hankkeen ulkopuolisia osallistujia.	
Kuinka moneen muiden järjestämään tilaisuuteen hanke / hankkeen edustajat ovat osallistuneet. Tässä huomioidaan vesienhallinnan teemaan liittyvät tilaisuudet. Esim. webinaariesittelyt/ Webinaarien arvioitu kuulijamäärät.	9
Kuinka monta viestintätuotetta hankkeessa on valmistunut? Viestintätuotteita ovat esimerkiksi tiedotteet/uutiset, blogit, videot, esitteet, podcastit, some, verkkosivut, lehtijutut yms.	5
Kuinka monta asiantuntija-artikkelia hankkeessa on valmistunut?	2

## 12. Toteutusvaiheen arviointi

Hankkeen toteutus onnistui pääosin suunnitellusti. Eniten haasteita kohdattiin Nummelan koekentällä, jossa jankkurointia jouduttiin siirtämään useita kertoja sääolosuhteiden takia. Jotta jankkurointi onnistuisi ja toimisi hyvin, se on tehtävä maan ollessa sopivan kostea. Lisäksi toimenpiteeseen tarvitaan siihen erityisesti tarkoitettu laitteisto ja osaava urakoitsija, mikä myös rajoittaa jankkuroinnin toteuttamista. Osa kuohkeutuskokeen syväjuurisista kasveista talvehti huonosti, mikä myös hidasti kuohkeutuskokeen toteuttamista. Nämä hankkeessa koetut haasteet ovat sellaisia, joita samoja toimenpiteitä toteuttava viljelijäkin voisi kohdata, joten nämä rajoitukset voivat myös vaikuttaa näiden menetelmien käyttökelpoisuuteen laajamittaisina maan rakenteen parannustoimenpiteinä.

Säätösalaajituksen ja salaojakastelun käytännön toteutuksesta kertyneet kokemukset nousivat hankkeen edetessä arvioitua suurempaan rooliin. Sekä säädön että etenkin salaojakastelun toteutus vaatii paljon opettelua, jotta niistä saataisiin paras mahdollinen hyöty. Sievin koekentän tutkimuksessa ilmeni, että padotuksen voi pitää päällä suurimman osan ajasta, etenkin jos ei ole tarpeen tehdä viljelytoimenpiteitä raskailla työkoneilla. Hankkeen loppuaikana viljelyssä on ollut nurmi, eikä pellolle ole ollut juuri tarpeen mennä keväällä, joten padotus on ollut päällä lähes yhtäjaksoisesti.

Kastelusta havaittiin, että vettä kannattaa syöttää salaojastoon hitaasti, jotta vältytään ylimääräiseltä valunnalta, ja että kastelu on aloitettava niin aikaisin, ettei pohjaveden taso ole ehtinyt laskea salaojasyvyyden alapuolelle, ja jatkettava niin kauan kuin haluaa pohjaveden pysyvän korkealla. Hankkeessa aurinkokennolla toimivaa pumpppua käytettiin yhtäjaksoisesti koko kasvukauden ajan. Koska erillisiä energiakustannuksia ei muodostunut, oli kustannustehokkainta antaa pumpun toimia aina kun aurinkoenergiaa riitti. Hankkeen kokemusten perusteella salojakastelu kannattaa toteuttaa pienimmällä (ja siten edullisimmalla) kohteeseen sopivalla pumpulla, jonka annetaan käydä niin paljon kuin mahdollista. Jos kastelu toteutetaan useamman salaojaston kautta, voi olla käytännöllisempää hankkia useampi pieni pumpppu kuin yksi tehokas, jota siirrettäisiin kaivosta toiseen. Aurinkoenergialla toimiva pumpppu soveltuu hyvin salojakasteluun, sillä sen tehontarve on pieni, ja vältytään sähkölinjojen vetämiseltä pellolle. Kustannukset myös koostuvat lähes yksinomaan investointikustannuksista, ja käyttö on edullista.

Jos kastelu toteutetaan liian nopeasti, vesi ei ehdi imeytyä maahan ja ylimääräinen vesi purkautuu laskuojaan. Ylimääräinen salojavalunta muodostaa myös lisääntyneen ravinnekuormituksen riskin. Hankkeessa saatujen tulosten perusteella näyttää siltä, että ylimääräinen valunta ja ravinnekuormitus muodostuu kasteluvdestä eikä ravinteita huuhtoudu maasta, mutta asia vaatii tarkempaa tutkimusta. Alkavassa VESIMA-hankkeessa kasteluveden koostumusta tarkastellaan lähemmin, jotta saataisiin selville mikä kastelun nettovaikutus on ravinnekuormituksen kannalta.

Oman haasteensa hankkeelle muodosti mittalaitteiden ylläpito. Valtaosa mittauksista kaikilla koealueilla tehtiin automaattisilla mittareilla, jotka olivat kenttäolosuhteisiin suunniteltuja. Laitteet vaativat kuitenkin säännöllistä ylläpitoa, ja toimintahäiriöitä esiintyi. Tyypillisesti häiriöiden syy ei ollut ilmeinen, joten yhteistyö laitteiden toimittajien kanssa oli tiivistä, ja arvokas osa hanketta. Myös laitteiden hankkiminen osoittautui yllättävän työlääksi. Markkinoilla on saatavilla laaja valikoima mittalaitteita, mutta hankkeen tarpeisiin sopivan laitteiston löytäminen osoittautui vaikeaksi prosessiksi, jossa oli otettava huomioon tieteellisiä (esim. mittaustarkkuus), teknisiä (laitteiden fyysinen koko, kytkennät) ja logistisia (toimitusaika, asennustyö) näkökohtia.

Koska kenttäkokeiden toteuttamiseen liittyy paljon vaihtelua aiheuttavia tekijöitä, joista yksi merkittävimmistä on sääolosuhteet, paras tapa kerätä luotettavaa aineistoa on pyrkiä kattamaan mittauksilla mahdollisimman pitkä ajanjakso. Näin mikään yksittäinen poikkeama ei korostu liikaa. Tämän hankkeen aineistoista pisimmät on aloitettu vuonna 2007 (Nummelan täydennysojituskoe), ja säätösaloitus- ja salojakastelukoe Sievissä on jatkunut vuodesta 2019. Mittaukset koekentillä tulevat jatkumaan VESIMA-hankkeessa, kerryttäen yhä luotettavampaa ja yleistettävää tietoa.

Pitkien kenttäkokeiden lisäksi mallinnus on erinomainen keino saada tietoa, joka kattaa monia eri maalajeja ja sääolosuhteita. Tässä hankkeessa koekenttien tietoja hyödynnettiin mallinnuksessa.

Mallinnustulosten tulkinnassa on huomioitava mallinuksissa käytetyt oletukset ja yksinkertaistukset. Valtaosan padotuksen simulaatioissa oletettiin, että uomasta ei tapahdu haihduntaa ja että vesi ei suotaudu uomasta ympäröiville alueille. Simulaatioissa oletettiin myös, että rakennettu pato on vesitiivis, eli siitä ei pääse vuotamaan vettä läpi tai ohi. Nämä oletukset huomioiden, simulaatiotulokset kertovat padotuksen maksimaalisen vaikutuksen, joka saavutettaisiin ilman luonnossa tapahtuvia häviöitä (haihdunta sekä suotautuminen) uoman vesivarastosta. Uoman kasvillisuus huomioitiin myös vakiokertoimella, vaikka todellisuudessa uoman kasvillisuus vaihtelee vuoden eri aikoina.

Sievin säätösaloituksen simulaatioissa toteutetut säätöskenaariot valittiin siten, että säätö oli joko aina päällä tai ei lainkaan. Tämä oletus johti myös niin sanotusti maksimaaliseen säädön vaikutukseen, kun todellisuudessa säätö voidaan kytkeä päälle tai pois päältä tarpeen mukaan. Jatkuva säätö myös kasvukauden aikana saattoi johtaa simulaatiotuloksiin, joissa pohjavedenpintaa saatiin kohotettua kasvin kannalta arvoitua optimisyvyttä lähemmäs maanpintaan. Etenkin märkinä kasvukausina säätöskenaariot tuottivat siis liian kosteita olosuhteita kasvukaudella, mitä pyritään ehkäisemään säädettävällä vesien hallinnalla, yhtä lailla kuin kuivuutta. Säätöskenaarioiden simulaatiotuloksista kävi ilmi, että tehokkain säätövaikutus saavutetaan, kun säädetään sekä valtaojaa että salaojia. Säätösaloitus kuitenkin aiheuttaa tasaisemman vaikutuksen pohjavedenpinnan nostoon koko peltoalueella, kun valtaojan padotus vaikuttaa muutaman sadan metrin matkalla valtaojasta pois päin.



## Viitteet

Haahti, K., Younis, B.A., Stenberg, L., Koivusalo, H. 2014. Unsteady flow simulation and erosion assessment in a ditch network of a drained peatland forest catchment in eastern Finland. *Water Resources Management* 28(14), 5175-5197.

Haahti, K., Nieminen, M., Finér, L., Marttila, H., Kokkonen, T., Leinonen, A., Koivusalo, H. 2018. Model-based evaluation of sediment control in a drained peatland forest after ditch network maintenance. *Canadian Journal of Forest Research* 48: 130-140.

Isomäki K, Salla A, Salo H, Mäkelä M, Äijö H, Sikkilä M, Paavonen E, Paasonen-Kivekäs M, Koivusalo H. 2022. Combined effects of controlled drainage and main ditch damming on water table and water balance in a Nordic agricultural field. The Nordic Hydrological Conference (NHC2022) 15-18 Aug 2022. Tallinn.

Mäkelä M, Myllys M, Nurminen J, Äijö H, Salo H, Koivusalo H. 2022. Effect of supplementary subsurface drainage on field scale nutrient fluxes. The Nordic Hydrological Conference (NHC2022) 15-18 Aug 2022. Tallinn.

Paavonen E, Salo H, Salla A, Leppä K, Isomäki K, Äijö H, Sikkilä M, Mäkelä M, Paasonen-Kivekäs M, Koivusalo H. 2022. Modelling spatio-temporal extent of water level control in an agricultural ditch network. The Nordic Hydrological Conference (NHC2022) 15-18 Aug 2022. Tallinn.

Salla, A., Salo, H., Koivusalo, H. 2021. Controlled drainage under two climate change scenarios in a flat high-latitude field. *Hydrology Research* 51, 14-28. doi: 10.2166/nh.2021.058

Warsta, L. 2011. Modelling water flow and soil erosion in clayey, subsurface drained agricultural fields. Väitöskirja. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 209 s.