

TULOKSIA MAATALOUDEN VESIENHALLINTATUTKIMUKSESTA

Vesitalouden hallinta vesiensuojelussa 2 (VesiHave 2) -hankkeessa selvitettiin paikallis- ja peruskuivatusjärjestelmien säädön sekä täydennysojituksen vaikutuksia peltoalueiden hydrologiaan, vesistökuormitukseen ja satotasoon. Hankkeessa jatkettiin aiemmin perustettujen koekenttien seurantaa ja laskennallista tutkimusta. Hanke toteutettiin kolmena osahankkeena:

1. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen säätösalaajituksella ja salaajakastelulla sekä valtaojan padotusta käyttäen. Osahankkeessa jatkettiin vuonna 2019 aloitettuja mittauksia Sievin salaajakoekentällä ja Korvenojan kentällä Sievin järvikylässä Pohjois-Pohjanmaalla.
2. Perus- ja paikalliskuivatuksen vuorovaikutuksen ja optimaalisen säädön matemaattinen mallinnus peltoalueella.
3. Peltoviljelyn tuottavuuden parantaminen ja vesistökuormituksen vähentäminen täydennysojituksella ja maan biologisella ja mekaanisella kuohkeutuksella. Kohdealueena on Nummelan salaajakoekenttä Jokioisissa.

SÄÄTÖSALAOJATUTKIMUS SIEVISSÄ

Sievin koekenttä (2,3 ha) salaajitettiin kesällä 2015 (15 m ojaväli, 1 m ojasyvyys) ja toukokuussa 2019 osa kentästä (1,07 ha) muutettiin säätösalaajitukseksi asentamalla säätökaivo kokoojaputken laskuauk-

koon. Loppuosa kentästä (1,25 ha) säilyi verrokkialueena tavanomaisella salaajituksella. Säätösalaajitetun alueen reunoilte asennettiin muovi, joka ulottui 1,8 metrin syvyyteen estämään veden virtausta sivusuunnassa. Aluetta kasteltiin johtamalla vettä läheisestä Vääräjoesta säätöalueen yläpäässä olevaan jakokaivoon, josta se pääsi suoraan kokoojaojaan ja sieltä edelleen imuojiin. Koekentän maa-laji on hietaa ja hiuetta, ja sen keskikaltevuus on alle 0,2 %.

Pohjavedenpinnan syvyyttä mitataan säätösalaajitetulta ja verrokkialueelta käsin 56 pohjavesiputkesta noin kerran viikossa ja automaattisilla mittareilla (8 kpl) neljän tunnin välein. Salaajavalunnan määrää mitataan jatkuvatoimisesti (60 min välein) molemmilta koalueilta. Veden laatu määritetään salaajavalunnasta virtaaman suhteen otetuista kokoomänäytteistä. Kasvihuonekaasupäästöjä mitataan staattisen kammion menetelmällä keskimäärin viisi kertaa vuodessa.

Lohkolla viljeltiin vuonna 2019 ruista, 2020 ohraa ja vuosina 2021–2022 timoteinurmea siemenviljelynä. Säätökaivon padotus on ollut päällä kesäkuun 2019 alusta alkaen kylvöaikoja ja marras-joulukuuta 2020 lukuun ottamatta. Padotustaso on ollut noin 50 cm maanpinnan alapuolella säätökaivon kohdalla. Kesäaikaan säätösalaajitettua aluetta kasteltiin pumpaamalla vettä ojaston yläpäässä olevan jakokaivon kautta salaajastoon läheisestä Vääräjoesta. Vuonna 2021 salaajakastelua uudistettiin hankkimalla aurinkokennosta virtansa saava sähköpumppu entisen polt-

tomootorikäyttöisen tilalle. Vedenkulutus mitataan jatkuvatoimisella mittarilla jakokaivolla.

TULOKSET

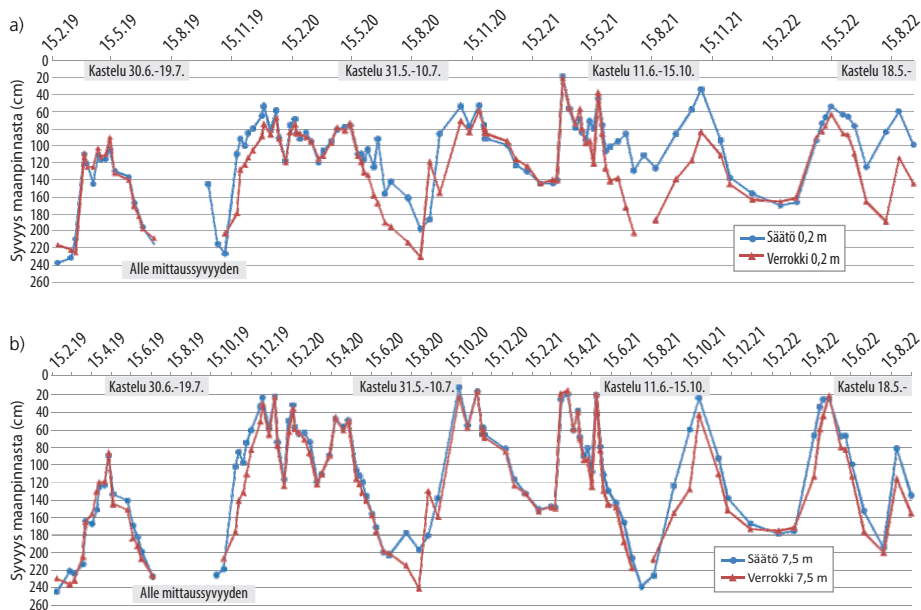
Pohjavedenpinta oli kesäaikana padotuksen ja kastelun seurauksena säästöalueella korkeammalla kuin verrokkialueella, v. 2020 ero oli keskimäärin 28 cm, v. 2021 42 cm ja v. 2022 33 cm. Touko–elokuun sademäärät olivat 2019 181 mm, 2020 207 mm, 2021 327 mm ja 2022 287 mm. (Kuva 1).

Talviaikana pohjavedenpinnoissa ei havaittu eroa säästö- ja verrokkialueiden välillä. Pohjavedenpinnan pitäminen tavanomaista salaojitusta korkeammalla pelkällä säästosalaojituksella edellyttää,

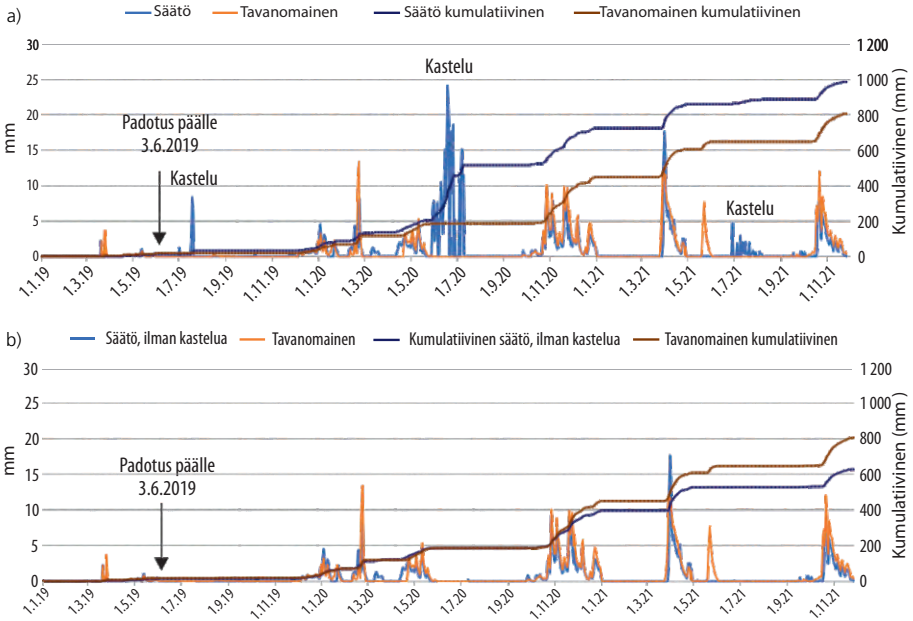
että huonosti vettä läpäisevä kerros sijaitsee kohtuullisen lähellä salaojasyvyyyttä, jotta lohkolta ei tapahdu voimakasta pohjavesivirtausta ympäröiville alueille.

Vuonna 2020 kastelun teho oli tarpeettoman suuri, ja salaojakastelun aikana osa kasteluvdestä ei ehtinyt imeytyä maahan, vaan purkautui salaojien kautta laskuojaan (Kuva 2a). Jos ohivirtausta ei otettu huomioon, salaojavalunta oli säästosalaojitetulta alueelta hieman pienempi kuin verrokkialueelta (kuva 2b).

Salaojavalunnan laadussa ei havaittu juurikaan eroja säästö- ja verrokkialueen välillä, lukuun ottamatta syksystä 2020 alkaen havaittuja pienempiä typpipitoisuuksia säästöalueen valunnassa. Kokonaistypen kuorma oli 2019–2021 verrokkialueelta yhteensä 82 kg N/ha eli



Kuva 1. Pohjavedenpinnan syvyudet (mediaanit) 0,2 metrin (a) ja 7,5 metrin (b) etäisyydellä salaojista säästosalaojitetulla alueella ja tavanomaisesti ojitetulla alueella. Padotus on ollut 3.6.2019 lähtien päällä lukuun ottamatta kylvöaikoja ja marras-joulukuuta 2020.



Kuva 2. Salaojavalunnat vuosina 2019–2021 kastelun kanssa (a) ja ilman (b).

keskimäärin noin 27 N/ha/v, kun se oli säättöalueelta 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 kasteluvien fosforipitoisuus oli suurempi kuin salaojavalunnan, ja lisäsi siten peltoon fosforia.

Rukiin, ohran ja nurmen sadot olivat hieman paremmat säättöalueella kuin verrokialueella. Sadonlisä oli rukiilla 4,5 %, ohralla 8,8 % ja nurmella 11,9 %. Säättöalueella sisäinen vaihtelu oli vertailu-alueetta pienempää.

MALLINNUSTUTKIMUS SIEVIN KOEKENTTIEN POHJALTA

Mallinnusosahankkeen tavoitteena oli tutkia perus- ja paikalliskuivatuksen välistä vuorovaikutusta sekä pellon hydrologiaan kohdistuvia vaikutuksia. Mallinnuskokonaisuus toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäisessä vaiheessa simuloitiin peruskuivatusuomassa tapahtuvan valtaojan padotuksen vaikutusta uoman vedenpinnan tasoihin. Toisessa osassa keskityttiin simuloimaan säättöojituksen vaikutuksia peltoalueen vesitaseseen ja pohjavedenpintoihin erilaisissa olosuhteissa.

Mallinnustyökaluna käytettiin Aaltoyliopistossa kehitettyä FLUSH-mallia, jota on sovellettu myös aikaisemmissa maatalouden vesienhallinnan tutkimushankkeissa vuosina 2010–2020. FLUSH

on alun perin kehitetty kuvaamaan veden virtausta, eroosiota ja aineiden kulkeutusta salaojitetuilla savipelloilla. Mallia on jälkeempään sovellettu myös ojitetuilla suometsäalueilla, jolloin malliin liitettiin avouomavirtausta kuvaava uomakomponentti. FLUSH-mallilla voidaan simuloida tavanomaisen salaojituksen lisäksi myös avo-ojitusta sekä uusimpana ominaisuutena säätösalaajitusta. VesiHave 2 -hankkeessa malliin liitettyä avouomavirtausta kuvaavaa uomakomponenttia sovellettiin ensimmäistä kertaa maatalouskuivatusuomassa. Samalla mallin säätösalaajituksen kuvausta kehitettiin siten, että samanaikaisesti pystytään huomioimaan myös valtaojan padotuksen vaikutus peltoalueen salaojavalunnan muodostumiseen.

Mallinnustyöt sijoittuivat kahteen eri kohteeseen Sievissä, Pohjois-Pohjanmaalla (Kuva 3). Valtaojan padotuksen vaikutusta simuloitiin Korvenojalla, josta oli saatavilla vedenpinnan tason mittauksia mallinnuksen tueksi. Säätösalaajituksen ja valtaojan padotuksen yhteisvaikutusta simuloitiin Sievin koepellolla (noin 10 km Korvenojalta), jonne FLUSH-malli oli aikaisemmassa tutkimuksessa sovitettu koekentän mittauksia vasten. Sievin koepeltoa simuloitiin 12 vuoden jaksolle (2010–2021), kun taas Korvenojan kuivatusuoman padotusta simuloitiin vuoden jaksolle (2021). Vaikka mallinnustyöt toteutettiin eri kohteissa, työt kytkeytyivät yhteen siten, että Korvenojan kuivatusuomaan peltolohkoilta tulevan valumaveden määrä saatiin arvioitua ominaisuuksiltaan vastaavan Sievin koekentän simulaatiotuloksista, joissa kokonaisvalunta pellolta uomaan muodostui niin ikään salaoja-, pohjavesi- ja pintakerrosvalunnasta.

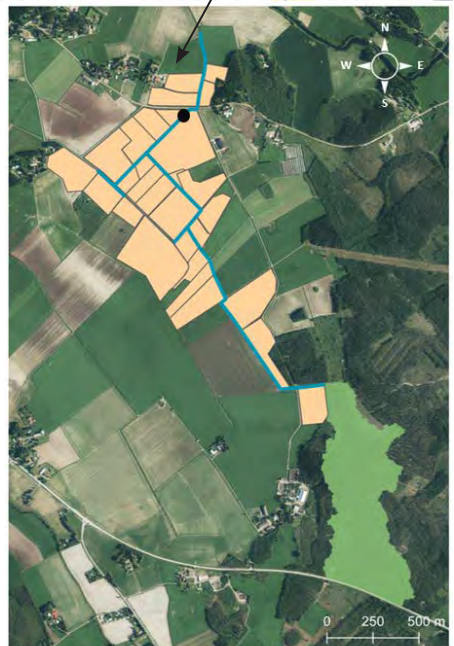
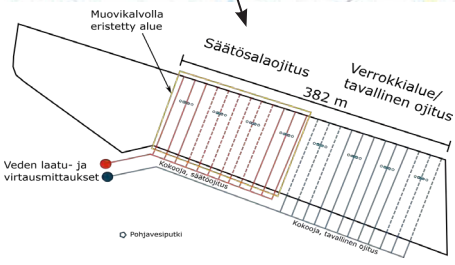
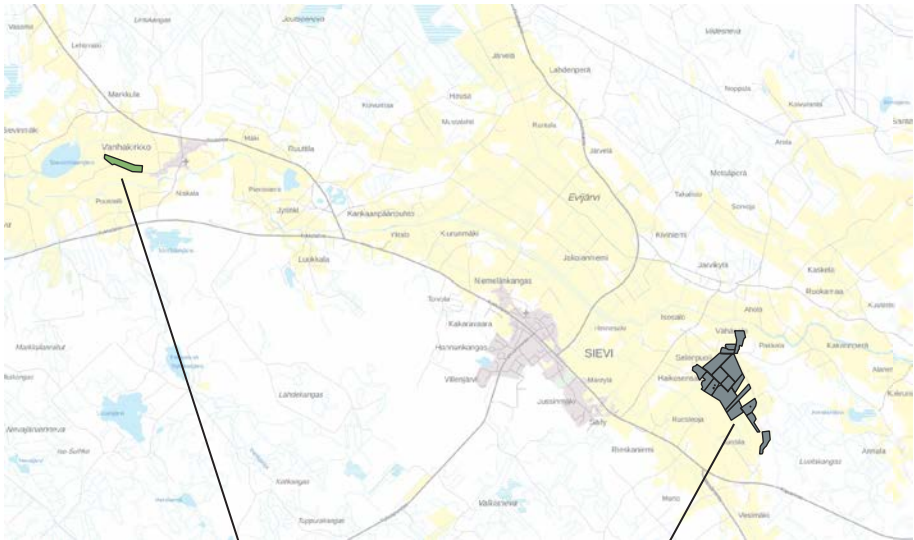
Korvenojan simulaatioita tehtiin neljällä eri padotuskorkeudella ja neljällä eri

karkeuskertoimella, jotka kuvasivat uoman kasvillisuuden määrää. Korvenojan simulaatiotulokset eri padotuskorkeuksilla ja karkeuskertoimilla osoittivat, että padotusvaikutus oli suurin vähäisen kasvillisuuden uomassa eli pienellä karkeuskertoimella. Suurimmillaan, padotuskorkeuden ollessa 1,0 metriä, padotusvaikutus ulottui 900 metriä ylävirtaan padolta noin 0,1 % kaltevuuden uomassa. Padotuksella pystyttiin nostamaan uoman vedenpintaa jopa 72 cm padottomaan tilanteeseen verrattuna.

Sievin koekentän simulaatioita toteutettiin eri ojitusskenaarioilla, joihin kuului tavanomainen salaojitus, säätösalaajitus, valtaojan padotus ja säätösalaajitus yhdistettynä valtaojan padotukseen. Säätösalaajitus nosti pohjavedenpintoja tasaisesti koko pellon alueella, kun taas valtaojan padotus nosti pohjavedenpintoihin noin 200 m matkalla valtaojasta pellon kaltevuuden ollessa alle 0,2 %.

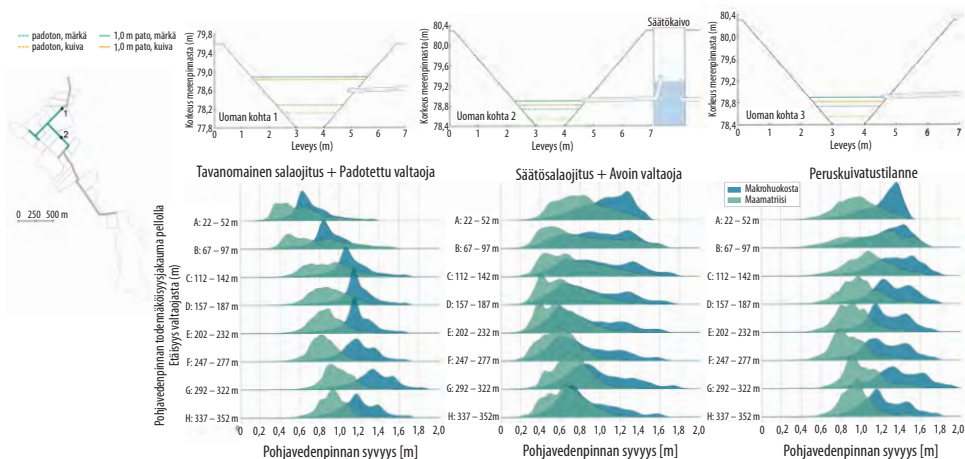
Korvenojan simulointituloksista nähtiin, kuinka valtaojan padotus vaikuttaa vedenpintoihin salaojasyvyyteen nähden eri kohdissa uomaa (Kuva 4). Lähellä padon sijaintia padotus nosti vedenpinnan salaojasyvyyden yläpuolelle, kun taas kauempana padosta (650 metriä ylävirtaan) padotusvaikutus ei enää ylettynyt salaojasyvyyden yläpuolelle. Valtaojan padotuksella oli näin yhteys myös peltoalueiden kuivatustilaan, sillä Sievin koekentän simulaatiot demonstroivat, kuinka säätöojitus vaikutti eri tavalla pohjavedenpinnan syvyyksiin pellon eri osissa. Lähellä valtaojaa pohjavedenpinta pysyi korkeammalla valtaojan padotuksen vaikutuksesta, kun taas säätösalaajitus nosti tasaisemmin pohjavedenpintoja koko peltoalueella tavanomaiseen salaojitukseen verrattuna (Kuva 4).

0 1 2 km

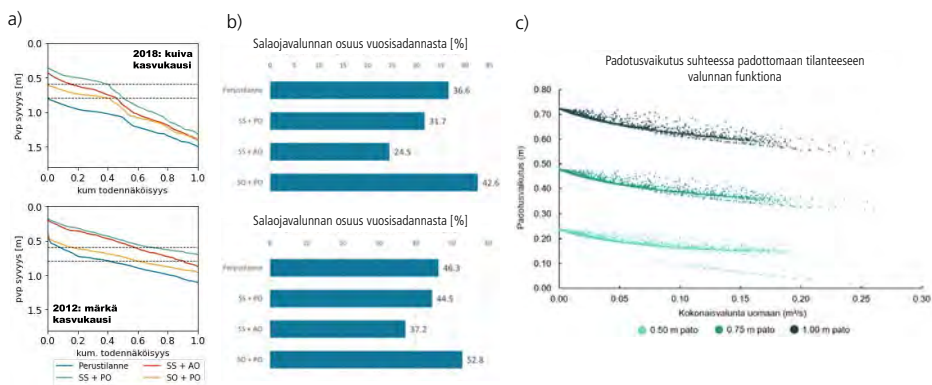


Taustakartta © Maanmittauslaitos
 Ilmakuva © Maanmittauslaitos
 Hallintorajat © Maanmittauslaitos
 Peltolohkot © Ruokavirasto

Kuva 3. Mallinnskohteet Sievissä Pohjois-Pohjanmaalla. Sievin koekentällä selvitettiin säädetyn paikalliskuivatuksen vaikutuksia ja Korvenojalla peruskuivatuksen säädön vaikutuksia.



Kuva 4. Peruskuivatuksessa käytettävän vesitalouden säädön (valtaojan padotus) vaikutus valtaojassa ja peltoalueella sekä paikalliskuivatuksen säädön (säätösalaajitus) vaikutus peltoalueella.



Kuva 5. Säädön vaikutus peltoalueen (a) pohjavedenpintaan ja (b) salaajavaluntaan kuivina ja märkinä kesinä sekä (c) valtaojan padotuksen vaikutus suhteessa pelolta tulevaan valumaveden määrään

Simuloitaessa paikalliskuivatusta Sievin koekentällä, säätöajituksella pystyttiin simulaatiotulosten mukaan korottamaan pohjavedenpintaa salaajasyvyydestä (1,0 m) kasvin vedenoton kannalta arvioitun optimisyvyyteen (0,6–0,8 m) etenkin kuivina kesinä (Kuva 5a). Märkinä kesinä pohjavedenpinta pysyi salaajasyvyyden yläpuolella myös ilman säätöä. Kuivina vuosina myös salaajavalunnan määrä

pystyttiin vähentämään enemmän suhteessa märkiin vuosiin (Kuva 5b). Myös simuloitaessa peruskuivatuksen säätöä Korvenojalla huomattiin, että padotuksella on suurin vaikutus silloin, kun pelolta uomaan tuleva valumaveden määrä on pienimmillään (Kuva 5c).

Simuloitaessa paikalliskuivatusta Sievin koekentällä, säätöajituksella pystyttiin simulaatiotulosten mukaan pitämään

pohjavedenpinta optimisyvytydessä (0,6–0,8 m), mikä korostui kuivina kesinä. Mallin mukaan kuivina vuosina salaojavalunnan määrää pystyttiin vähentämään enemmän suhteessa merkkiin vuosiin (Kuva 5b). Myös simuloitaessa peruskuivatuksen säätöä Korvenojalla, padotuksella on suurin vaikutus silloin, kun pellolta uomaan tulevan valumaveden määrä on pienimmillään (Kuva 5c).

TÄYDENNYSOJITUSTUTKIMUS JOKIOISILLA

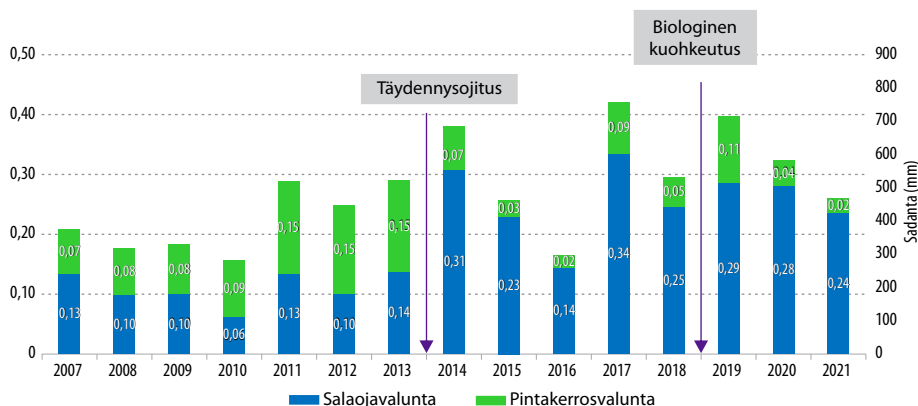
Nummelan koekenttä sijaitsee Jokioisissa Luonnonvarakeskuksen toimipisteen yhteydessä aitosavimaalla. Koekenttä koostuu neljästä 2–3 hehtaarin suurisesta koealueesta A–D, joista alue D oli ojitettu vuonna 1954 32 metrin ojaväleillä ja muut 16 metrin ojaväleillä. Koekentällä on ollut vuodesta 2007 alkaen tutkimushankkeita, joissa on tutkittu ojitusmenetelmien vaikutusta kuivatustilaan, ravinnehuuhtoumiin 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. Jokaisella koealueella mitataan salaoja- ja pintakerrosvaluntaa, ravinnekuormitusta, maan kosteutta, roudan syvyyttä, sadon määrää ja laatua sekä seurataan maan rakenteen kehittymistä.

Täydennysojituksen vaikutus

Harvalla ojavälillä ojitetun ja märkydestä kärsineen alueen D täydennysojituksen vuonna 2014 jokaiseen ojaväleihin lisättiin kaksi imuojaa niin, että ojaväliksi tuli 10,7 m. Tämä vaikutti maan kuivatustilaan selvästi; salaojavalunta kasvoi 2,3-kertaiseksi entiseen verrattuna, ja pintakerrosvalunta puolittui (kuva 6). Pohjavesi ei enää nousut märkinä kausina maan pintaan kuten ennen täydennysojitusta.

Vaikka kuivatustila parani, alueen D sadot (kuva 7) eivät maan ominaisuudet lähteneet parantumaan viiden seuranta vuoden aikana, joten pellon tuottokyvyn parantamiseksi tarvitaan myös muita perusrangustoimia.



Kuva 6. Vuotuisten salaojavaluntojen ja pintakerrosvaluntojen osuudet vuosisadannasta (korjattu arvo) alueella D.

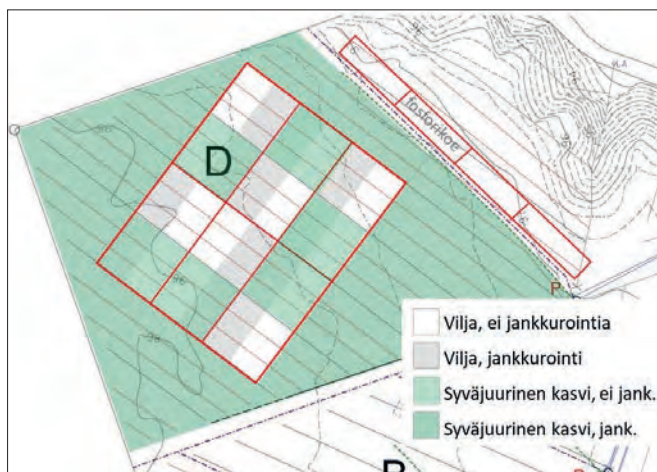


Kuva 7. Nummelan koekentän eri alueiden kumulatiiviset viljasadot vuodesta 2008 alkaen. Nuoli osoittaa alueen D täydennysojituksen ajankohdan.

Savimaan kuohkeutuskoe

Alueella D on menossa maan kuohkeutuskoe, jossa märkyyden vaivaaman maan ominaisuuksia parannetaan mekaanisella ja biologisella kuohkeutuksella. Mekaaninen kuohkeutus tarkoittaa maan jankkurointia ja biologinen kuohkeutus maan rei'ittämistä syväjuuristen kasvien (sinimailanen, ruokonata) avulla. Biologinen kuohkeutus on

ollut käynnissä vuodesta 2019 alkaen, ja jankkurointi tehtiin kesällä 2022. Koe on monivuotinen; se perustettiin Vesihave-hankkeessa, jatkui Vesihave 2-hankkeessa, ja tulokset saadaan seuraavassa hankkeessa (Vesima) vuonna 2024. Tällöin koko kokeelle kylvetään nurmi yhtäläisten olosuhteiden luomiseksi jokaiseen koeruutuun ja tehdään tarkat sato- ja maan rakenneanalyyisit kuohkeutuksen tehon selville saamiseksi.

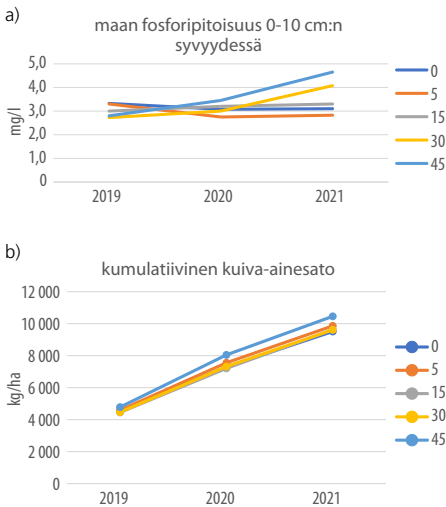


Kuva 8. Kuohkeutuskokeen käsitellyt ja kenttäkartta.

Fosforikoe

Alueen D huonot sadot voivat johtua huonorakenteisen maan lisäksi myös siitä, että alueen D fosforitila on selvästi huonompi kuin muiden alueiden. Märkyuden takia fosforia on todennäköisesti sekä huuhtoutunut että pidättynyt tiukasti maahan enemmän kuin muilla alueilla.

Aivan alueen D viereen perustettiin fosforin porraskoe, jossa seurataan eri fosforilannoitusmäärien vaikutusta maan fosforitilaan ja sadon määrään ja laatuun. Kokeessa on viisi fosforilannoitusmäärää; 0, 5, 15, 30 ja 45 kg/ha. Tähän mennessä vain suurimmilla fosforilannoitusmäärillä on onnistuttu parantamaan maan fosforitilaa ja sadon määrää (kuva 9).



Kuva 9. Maan fosforipitoisuuden muutokset (a) ja kumulatiivinen viljasadon määrä (b) fosforikokeessa eri lannoitusmäärillä. Fosforipitoisuus on määritetty viljavuusanalyysimenetelmällä.

JATKOTUTKIMUS JA RAHOITUS

VesiHave2-hankkeen loppuraportti julkaistaan vuoden lopussa Salaojituksen tutkimusyhdistyksen Tiedotteet -sarjassa. Hankkeen rahoittivat Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus (ympäristöministeriö/Vesiensuojelun tehostamisohjelma), Salaojituksen Tukisäätiö sekä osallistuvat organisaatiot.

Tutkimusta jatketaan kaksivuotisessa Vesima-hankkeessa (Vesitalouden hallinta maatalousvaltaisilla valuma-alueilla) ensi vuodesta alkaen. Hankkeen rahoittavat Pohjois-Pohjanmaan ELY-keskus (ympäristöministeriö/Vesiensuojelun tehostamisohjelma), Salaojituksen Tukisäätiö, Maa- ja vesiteknikan tuki ry sekä osallistuvat organisaatiot.

Tekstin on koostanut hankkeen työryhmästä: *Minna Mäkelä, Merja Mylly, Jyrki Nurminen, Markus Sikkilä, Kielo Isomäki, Elina Paavonen, Heidi Salo, Alekski Salla, Harri Koivusalo ja Helena Äijö*

