

Eri salaojitusmenetelmien vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen ja satoon

Maija Paasonen-Kivekäs¹⁾, Laura Alakukku²⁾, Harri Koivusalo³⁾, Merja Myllys⁴⁾, Jyrki Nurminen⁵⁾, Markku Puustinen⁶⁾, Mika Turunen³⁾, Lassi Warsta³⁾ ja Helena Äijö⁵⁾

¹⁾ *Sven Hallinin tutkimussäätiö, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki, maija.paasonen@hallin.fi*

²⁾ *Maataloustieteiden laitos, PL 28, 00014 Helsingin yliopisto, laura.alakukku@helsinki.fi*

³⁾ *Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos, vesiteknikka, Aalto-yliopisto, PL 15200, 00076 Aalto*

⁴⁾ *MTT Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen, merja.myllys@mtt.fi*

⁵⁾ *Salaojayhdistys ry, Simonkatu 12 A 11, 00100 Helsinki, etunimi.sukunimi@salaojayhdistys.fi*

⁶⁾ *Suomen ympäristökeskus, PL 140, 00251 Helsinki, markku.puustinen@ymparisto.fi*

Tiivistelmä

Pellon vesitalouden optimointi (PVO)-hankkeessa tavoitteena on tutkia salaojan ympärysaineen ja ojavälin vaikutuksia pellon kuivatustilaan, satoon, ravinnehuuhtoumiin ja maan ominaisuuksiin. Tutkimus aloitettiin Jokioisten Nummelan koekentällä keväällä 2007. Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen loppuraportti julkaistiin vuonna 2009. Toinen vaihe (PVO2) käynnistettiin vuonna 2011 ja se kestää vuoden 2013 loppuun.

Koekentän pinta-ala on noin yhdeksän hehtaaria, ja se on salaojitettu vuonna 1954. Alueen kaltevuus on noin 1 % ja maa on kauttaaltaan aitosavea. Koekenttä on jaettu neljään alueeseen, joista kolme on alunperin ojitettu 16 metrin (A, B, C) ja yksi 32 metrin ojavälillä (D). Alue A uusinta- ojitettiin ja alue C täydennysojitettiin kesäkuussa 2008. Vertailualueiksi jätettiin alueet B ja D. Täydennysojitus tehtiin perinteellisesti käyttäen ympärysaineena soraa, lisäämällä vanhojen imuojen väliin uusi imuoja ja niihin sorasilmäkkeitä, jolloin ojaväliksi tuli kahdeksan metriä. Uusinta- ojituksessa ojaväli oli kuusi metriä, ja ympärysaineena käytettiin ohutta esipäällystettä. Lisäksi alue jankkuroitiin runsas vuosi uusintaojituksen jälkeen.

Koelaitteilla mitataan pintakerros- ja salaojavaluntaa 15 minuutin välein. Ravinne- ja kiintoaine pitoisuudet määritetään virtaamapainotteisista kokoomänäytteistä. Lisäksi seurataan pohjavedenpinnan korkeutta, maan kosteutta sekä sadon määrää ja laatua. Mittauksia tehtiin noin vuoden ajan ennen uusia ojituksia alueiden välisen luonnollisen vaihtelun selvittämiseksi. Maan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määritettiin tutkimuksen alussa, ja vastaavat määritykset tehdään uudelleen tutkimuksen lopussa.

Mittaustulosten mukaan huomattava osa kuormituksesta tuli salaojavalunnan mukana. Harvaan ojitetulta alueelta salaojavaluntaa ja kuormitusta tuli odotetusti vähiten. Täydennysojitus lisäsi vuotuista salaojavaluntaa 77-135 % vanhaan 16 metrin ojavälin alueeseen verrattuna. Uusintaojituksen vaikutus salaojavaluntaan jäi osittain epäselväksi koelaitteen ominaisuuksista johtuen. Valunnan kasvu lisäsi ravinne- ja kiintoainehuuhtoumia täydennysojitetulta alueelta. Uusintaojituksessa typpihuuh- touma kasvoi selvästi ojitusta seuraavana vuonna salaojavesien suurista pitoisuuksista johtuen, mutta ajan myötä pitoisuudet alkoivat pienetä. Uusintaojitetulla ja jankkuroidulla alueella salaojaveden fosforipitoisuudet olivat pienemmät kuin muilla alueilla.

Sadon määrässä tai laadussa ei ollut havaittavissa selviä eroja täydennys- ja uusintaojitetujen alueiden ja vertailualueen B välillä. 32 metrin ojavälin alueen kuiva-ainesadot olivat 200-720 kg ha⁻¹ pienemmät kuin muilta alueilta keskimäärin. Myös sadon laatu oli heikompi.

Maan ominaisuudet ja topografia vaihtelevat yksittäisten koelaitteiden välillä, mikä ojitusten ohella aiheuttaa eroja kasvien kasvussa sekä veden virtauksissa ja ravinteiden kulkeutumisessa. Eri ojitusmenetelmien vaikutuksia arvioidaan jatkossa tarkemmin matemaattisia malleja ja tilastollisia menetelmiä käyttäen.

Asiasanat: salaojitus, ojaväli, ympärysaine, ravinnehuuhtoumat, sato

Johdanto

Pellon vesitaloudella on keskeinen merkitys sadon määrään, vesistökuormitukseen ja maan rakenteeseen. Vuonna 2006 aloitettiin Pellon vesitalouden optimointi (PVO) tutkimushanke, jonka tavoitteena on selvittää erilaisilla salaojarakenteilla, ojaväleillä ja jankkuroinnilla toteutettujen salaojitusten vaikutuksia maan vesitalouteen ja ominaisuuksiin, satoon ja ravinnehuuhtoumiin useilla koealueilla Suomessa. Tutkimus käynnistyi muun muassa tarpeesta selvittää eri materiaalien käyttökelpoisuus salaojien ympärysaineena. Erityisesti ohuen esipäällysteen tutkimiseksi valtioneuvosto antoi vuonna 2006 erillisen asetuksen (322/2006) sellaisten salaojitusten tukemisesta, jotka eivät täyttäneet silloisia laatuvaatimuksia, mutta tulivat mukaan PVO-tutkimushankkeeseen. Hankkeen ensimmäisen vaiheen loppuraportti julkaistiin vuonna 2009 (Vakkilainen ym. 2009). Tammikuussa 2011 käynnistyi hankkeen toinen vaihe (PVO2), joka jatkuu vuoden 2013 loppuun. Kokeellisen tutkimuksen lisäksi koekenttien vesitasetta ja salaojitusten toimintaa analysoidaan matemaattisilla malleilla.

PVO2-hanketta rahoittavat Salaojituksen tutkimusyhdistys, maa- ja metsätalousministeriö, Maa- ja vesiteknikan tuki ry. ja hankkeen toteutuksesta vastaavat laitokset: Salaojayhdistys, MTT, Aalto-yliopisto, SYKE, Helsingin yliopisto ja Sven Hallinin tutkimussäätiö. Vuoden 2010 mittauksen rahoituksesta vastasi Salaojituksen tutkimusyhdistys.

Tässä kirjoituksessa esitellään MTT:n Nummelan koealueella tehtävää tutkimusta, jonka tavoitteena on selvittää eri ympärysaineilla (sora ja ohut esipäällyste) ja eri ojaväleillä tehtyjen ojitusten toimintaa. Kirjoitus käsittelee erityisesti salaojavaluntaa ja sen kuljettamia ainemääriä kalibrointi-jaksolla (6/2007-5/2008) ja kolmella tutkimusjaksolla (6/2008-5/2009, 6/2009-5/2010, 6/2010-5/2011).

Koealue ja mittaukset

Jokioisten Nummelan koekenttä on MTT:n hallinnoima peltoalue, jolla on 1950-luvulla maa- ja metsätalousministeriön toimesta tehty salaojien etäisyyskoe käyttäen ojavälejä 16 m ja 32 m. Koekentän pinta-ala on yhteensä noin yhdeksän hehtaaria. Alue on lievästi viettävä, ja maa on lähes kauttaaltaan aitosavea. Viljelykasvit ja -menetelmät ovat olleet koko alueella samanlaiset vuosikymmenien ajan. Koekentällä tutkitaan täydennys- ja uusintaojitusmenetelmien ja eri ojavälien (6, 8, 16 ja 32 m) vaikutuksia ravinnehuuhtoumiin, satoon ja maan rakenteeseen.

Koekenttä koostuu neljästä koealueesta, joista kolmella (alueet A, B ja C) oli alkujaan 16 metrin ojaväli ja yhdellä (alue D) 32 metrin ojaväli. PVO-hankkeessa alue A uusintaojitettiin ja alue C täydennysojitettiin kesäkuussa 2008. Täydennysojitus alueella C tehtiin perinteellisesti lisäämällä vanhojen imuojien väliin uusi imuoja, jolloin ojaväliksi tuli kahdeksan metriä. Ympärysaineena käytettiin soraa, ja lisäksi tehtiin sorasilmäkkeitä keskimäärin seitsemän metrin välein. Uusinta- ojituksessa alueella A käytettiin kuuden metrin ojaväliä ja ympärysaineena Suomen kuituteollisuuden valmistamaa ohutta esipäällystettä (Fibrella 2160). Lisäksi alueella A maa syvämuokattiin (jankkuroitiin) runsas vuosi uusintaojituksen jälkeen. Alueet B ja D jätettiin vertailualueiksi.

Maan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määritettiin kultakin koealueelta heti tutkimuksen alussa. Koealueiden maakerrokset olivat lajitekoostumukseltaan ja rakenteeltaan melko samanlaisia. Orgaanisen aineksen määrä muokkauskerroksessa vaihteli välillä 5,7-7,2 % ja sen alapuolisessa kerroksessa (20-35 cm) 5,3-6,6 %. Muokkauskerroksen kemiallisissa ominaisuuksissa oli jonkin verran eroja eri alueiden välillä. Maan heppoliukoisen fosforin määrä vaihteli keskimäärin välillä 2,9-11,6 mg l⁻¹ maata. Eniten fosforia oli alueella C ja vähiten alueella D. Koealueiden ominaisuudet on esitetty yksityiskohtaisesti julkaisussa Vakkilainen ym. (2009).

Koealueilta mitataan pintakerros- ja salaojavaluntaa 15 minuutin välein. Valumavesistä otetaan automaattisesti virtamaapainotteisia näytteitä, joista määritetään laboratoriossa kokonaisfosforin, liukoisen epäorgaanisen fosforin (ortofosfaatti), kokonaistypen ja nitraatti- ja nitriittitypen pitoisuudet sekä haihdutusjäynnös, jolla kuvataan kiintoainepitoisuutta. Lisäksi seurataan pohjavedenpinnan korkeutta ja maan kosteutta (0-30 cm kerros) sekä sadon määrää ja laatua (jyvien tyypipitoisuus, hehtolitraino ja 1000 jyvän paino). Maan fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet määritetään uudelleen vuoden 2013 loppupuolella. Mittausmenetelmät on kuvattu julkaisuissa Vakkilainen ym. (2008, 2009).

Koealueilla tehtiin em. mittauksia noin vuoden ajan (kalibrointijakso) ennen täydennys- ja uusintaajituksia alueiden välisen luonnollisen vaihtelun selvittämiseksi. Kesäkuun alussa 2008 tehtyjen ojitusten jälkeen alkoi varsinainen tutkimusjakso.

Täydennys- ja uusintaajitusten vaikutuksia arvioidaan ns. vertailualuemenetelmää ja matemaattisia malleja käyttäen. Turunen (2011) tutki Nummelan koealueiden ja koko koekentän vesitasetta, eri koealueiden välisiä riippuvuuksia ja salaojitusten toimintaa Warstan (2011) kehittämällä Flushmallilla.

Tulokset ja tulosten tarkastelu

Valunta

Salaoja- ja pintakerrosvalunta sekä sadanta kalibrointijaksolta ja kolmelta tutkimusjaksolta on esitetty taulukossa 1. Pintakerrosvalunnan mittausysteemi toimi kohtuullisen hyvin kalibrointijaksolla, jolloin talvi oli poikkeuksellisen lauha. Tutkimusjaksoilla pintavalunnan mittaukset olivat ajoittain epätarkkoja, varsinkin alueella B, johtuen lähinnä maan jäätymisestä ja lumen sulannan aiheuttamista virtauksista pengerrysten yli. Vuotuisista kokonaisvalunnoista ja -kuormituksista ei siten saatu luotettavaa kuvaa.

Taulukko 1. Koealueiden pintakerros- ja salaojavalunnat (mm a^{-1}) ja koekentän sadanta (korjattu, mm a^{-1}) kalibrointijaksolla (6/2007-5/2008) ja tutkimusjaksoilla I (6/2008-5/2009), II (6/2009-5/2010) ja III (6/2010-5/2011).

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D	Sadanta
Kalibrointijakso					
Salaojavalunta	151	231	217	96	
Pintavalunta	40	27	31	53	
Yhteensä	191	258	248	149	715
Tutkimusjakso I					
Salaojavalunta	130	221	125	63	
Pintavalunta	51	32	*	50	
Yhteensä	181	253		113	646
Tutkimusjakso II					
Salaojavalunta	63	192	95	58	
Pintavalunta	25	10	*	48	
Yhteensä	88	202		105	575
Tutkimusjakso III					
Salaojavalunta	53	148	63	33	
Pintavalunta	18	21	*	50	
Yhteensä	72	169		83	526

* Alueen B pintavalunnan mittauksissa epätarkkuutta.

Salaojavalunta muodosti huomattavan osan mitatusta kokonaisvalunnasta (salaoja- ja pintakerrosvalunnan summa) koealueilla A ja C ja todennäköisesti myös alueella B, vaikka tutkimusjaksoilla pintakerrosvalunnan mittauksissa olikin puutteita. Kalibrointijakson talvi oli poikkeuksellisen leuto ja sateinen, mikä synnytti suhteellisen paljon salaojavaluntaa kaikilla koealueilla. 32 metrin ojavälin alueella D pintavalunnan osuus oli odotetusti suurempi kuin tiheimmin ojitetuilla alueilla.

Kalibrointijaksolla salaojavaluntaa muodostui alueilla B ja C lähes sama määrä, mutta alueen A salaojista purkautui vettä noin 33 % vähemmän kuin näiltä alueilta samasta ojavälistä (16 m) huolimatta. Alueen D muita alueita pienempi salaojavalunta selittyy pitkälti suuremmalla ojavälillä. Täydennysojitus (ojaväli 8 m) lisäsi alueen C salaojavaluntaa 77-135 % alueeseen B nähden, jonka ojaväli on kaksinkertainen. Uusintaajitetulla alueella A salaojavalunta näytti kasvavan selvästi vain ensimmäisenä vuonna ojituksen jälkeen suhteessa kalibrointijaksoon ja alueeseen B. Mitattu salaojavalunta alueelta A oli 41-67 % pienempi kuin alueelta C, vaikka sen ojitus oli tiheämpi.

Uusinta- ja täydennysojitusten jälkeen maan kuivatustila parani koealueilla A ja C. Pohjavesi ei enää noussut maan pintaan asti rankkojenkaan sateiden jälkeen kuten tapahtui 16 ja 32 metrin välein

ojitetuilla alueilla. Ennen ojitusta 16 metrin ojavälin alueiden pintakerrosten kosteudet olivat likimain samanlaiset. 32 metrin ojavälin alue D oli aina muita märempi kuten odotettua.

Koealueiden pinta-alat ovat käytännön syistä johtuen erisuuruiset ja niiden maanpinnan korkeustasojen ja kaltevuuksien välillä on jonkin verran eroja, mikä vaikuttaa veden liikkeisiin ja pohjavedenpinnan korkeuden vaihteluun koealueiden välillä. Alueella C pohjavesi on luontaisesti korkeammalla kuin muilla alueilla, ja alueilta A ja D vettä purkautuu herkästi myös pohjavesivaluntana. Koealueiden suuresta pinta-alasta johtuen niitä ei ole eristetty toisistaan seinämillä, vaan pohjavesi pääsee virtaamaan luonnolliseen tapaansa. Myös mallintamistulokset osoittivat, että koealueet eivät ole riippumattomia toisistaan. Laskentatulosten mukaan alueen C täydennysojitus vaikuttaa myös vertailualueen B pohjavedenpinnan syvyyteen ja valuntoihin (Turunen 2011). Tämä luonnollisesti vaikeuttaa mittaustulosten tulkintaan.

Ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat

Huomattava osa ravinne- ja kiintoainekuormituksesta alueilta A, B ja C tuli salaojien kautta. 32 metrin ojavälin alueelta D myös pintakerrosvalunnan mukana tuli odotetusti merkittävää kuormitusta. Salaojien kautta kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainemäärät kalibrointijaksolla ja tutkimusjaksolla on esitetty taulukossa 2. Vuotuiset kokonaistypen huuhtoumat vaihtelivat välillä 1,1-23,4 kg ha⁻¹, kokonaisfosforin huuhtoumat välillä 0,1-2,6 kg ha⁻¹ ja kiintoainekuormat välillä 88-1796 kg ha⁻¹. Liukoisen epäorgaanisen fosforin osuus kokonaisfosforihuuhtoumasta oli 3 -26 % koealueesta ja ajanjaksosta riippuen.

Taulukko 2. Salaojavalunnan mukana kulkeutuneet ravinne- ja kiintoainekuormat (kg ha⁻¹ a⁻¹) kalibrointijaksolla (6/2007-5/2008) ja tutkimusjaksoilla I (6/2008-5/2009), II (6/2009-5/2010) ja III (6/2010-5/2011).

	Alue A	Alue C	Alue B	Alue D
Kokonaistyyppikuorma				
Kalibrointijakso	16,2	17,7	17,4	6,2
Tutkimusjakso I	23,4	8,7	3,6	1,3
Tutkimusjakso II	4,0	6,9	2,8	1,1
Tutkimusjakso III	5,7	7,8	4,3	1,9
Kokonaisfosforikuorma				
Kalibrointijakso	1,6	2,1	2,0	0,8
Tutkimusjakso I	0,7	2,6	2,1	0,6
Tutkimusjakso II	0,1	0,5	0,2	0,1
Tutkimusjakso III	0,2	0,7	0,7	0,4
Liukoisen fosforin kuorma				
Kalibrointijakso	0,13	0,36	0,21	0,10
Tutkimusjakso I	0,03	0,21	0,14	0,04
Tutkimusjakso II	0,01	0,12	0,03	0,01
Tutkimusjakso III	0,02	0,11	0,05	0,01
Kiintoainekuorma				
Kalibrointijakso	1180	1280	1403	591
Tutkimusjakso I	831	1796	1307	454
Tutkimusjakso II	94	383	153	88
Tutkimusjakso III	219	519	451	307

Kalibrointijaksolla kaikkien 16 metrin ojavälin alueiden (A, B ja C) ravinne- ja kiintoainehuuhtoumat olivat samaa suuruusluokkaa. Suurin suhteellinen ero oli alueiden A ja C fosfaattifosforikuormien välillä. Alueen A huuhtoumat olivat pienimmät johtuen pienimmästä salaojavalunnan määrästä. Alueen A salaojavesien keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus (12,1 mg l⁻¹) oli 60-70 % korkeampi kuin alueilla B (7,1 mg l⁻¹) ja ja D (7,4 mg l⁻¹). Alueiden kokonaisfosforipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,76-0,96 mg l⁻¹ ja kiintoainepitoisuudet välillä 558-668 mg l⁻¹. Suurin keskimääräinen fosfaattifosforin pitoisuus oli alueella C (186 ug l⁻¹), jonka muokkauskerroksessa oli myös runsaimmin fosforia. Alueen A vastaava pitoisuus oli 125 ug l⁻¹ ja alueen B 87 ug l⁻¹.

Sekä täydennys- että uusintaajitus lisäsivät typen huuhtoumista salaojista. Heti uusintaajituksen jälkeen alueella A kokonaistyyppihuuhtouma salaojista kasvoi selvästi kalibrointijakssoon ja muihin koealueisiin verrattuna. Ensimmäisellä tutkimusjaksolla alueelta A (ojaväli 6 m) huuhtoutui typpeä yli kuusinkertainen määrä alueeseen B (ojaväli 16 m) verrattuna, vaikka niiden salaojavalunnat olivat yhtäsuuret. Kuormituslisäyksen aiheutti alueen A suuret pitoisuudet. Keskimääräinen kokonaistyyppipitoisuus alueella A oli 17,7 mg l⁻¹, kun se alueella B oli vain 3,3 mg l⁻¹ ja alueella C (ojaväli 8 m) 5,8 mg l⁻¹. Alueen A pitoisuudet alkoivat kuitenkin pienetä ajan myötä ja kolmannella tutkimusjaksolla keskiarvo oli 11,2 mg l⁻¹, eli samaa suuruusluokkaa kuin ennen uusintaajitusta. Vertailualueen B keskipitoisuudet sitä vastoin kasvoivat ensimmäisen tutkimusjakson jälkeen, keskiarvo II jaksolla oli 5,9 mg l⁻¹ ja III jaksolla 6,9 mg l⁻¹. Alueen C pitoisuudet säilyivät melko vakioina, II jaksolla 5,1 mg l⁻¹ ja III jaksolla 5,6 mg l⁻¹. Täydennysajituksessa tyyppihuuhtoumien kasvu suhteessa alueeseen B oli pysyvämpää. Se johtui ennen kaikkea salaojavalunnan lisääntymisestä, vaikka ensimmäisenä vuonna ojituksen jälkeen alueen C pitoisuuksissa oli havaittavissa kasvua samoin kuin alueella A. Uusintaajituksessa käytetty aurakonetekniikka ja jankkurointi lisäsivät ilmeisesti orgaanisen typen mineralisaatiota ja siten veteen liunneen typen määrää maaperässä. Maan kuivatustilan ja siten happitalouden parantuminen edisti myös mineraalityypen vapautumista.

Kokonaisfosforin ja liukoisen epäorgaanisen fosforin huuhtoumat vähenivät uusintaajituksessa, mikä johtui pitkälti pienistä pitoisuuksista varsinkin ensimmäisellä tutkimusjaksolla. Tällöin alueen A salaojista kokonaisfosforia huuhtoutui vain yksi kolmasosa alueen B määrästä. Tutkimusjaksoilla alueen A salaojaveden keskimääräiset kokonaisfosforipitoisuudet olivat 0,25-0,57 mg l⁻¹. Alueella B vastaavat arvot olivat 0,64-1,41 mg l⁻¹, alueella C 0,41-0,99 mg l⁻¹ ja alueella D 0,73-0,88 mg l⁻¹. Alueen A salaojavedessä keskimääräiset fosfaattifosforipitoisuudet olivat 18-29 µg l⁻¹, kun ne alueella B olivat 49-110 µg l⁻¹, alueella C 46-83 µg l⁻¹ ja alueella D 35-64 µg l⁻¹. Fosforipitoisuuksien muutos alueella A oli mahdollisesti seurausta siitä, että uusintaajituksessa käytetty aurakonetekniikka ja maan syvämuokkaus muuttivat maan rakennetta ja siten veden virtausreittejä ja fosforin reaktioihin vaikuttavia tekijöitä maassa. Täydennysajitusalueella fosforihuuhtoumat kasvoivat salaojavalunnan kasvun myötä samoin kuin typen kohdalla, sillä alueen C salaojavesien fosforipitoisuudet olivat täydennysajituksen jälkeen pienemmät kuin vanhan ojitusalueen B pitoisuudet. Jaksolla III alueiden C ja B kokonaisfosforihuuhtoumat olivat yhtäsuuret. Tällöin alueen B salaojavalunta oli vain 43 % alueen C valunnasta, mutta alueen B keskimääräinen pitoisuus oli yli 1,5-kertainen alueen C pitoisuuteen verrattuna.

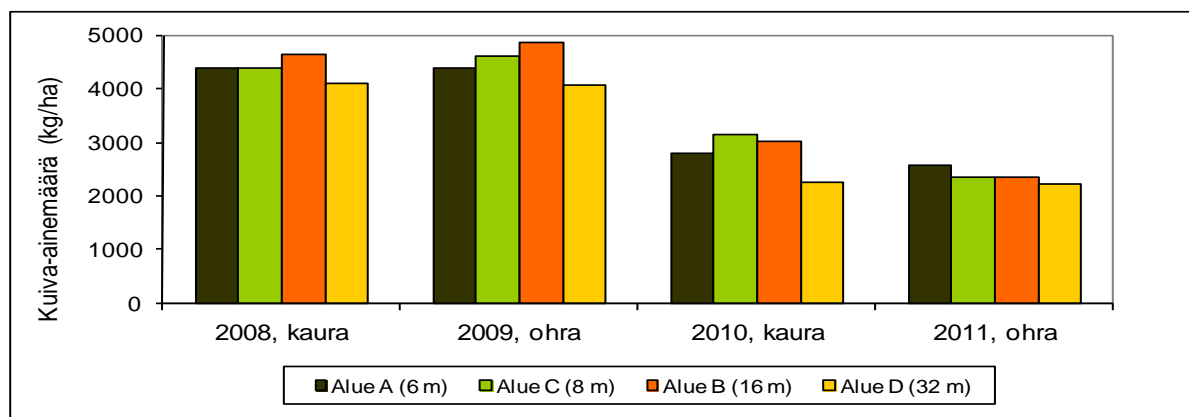
Runsaimmin kiintokuormitusta tuli täydennysajitetun alueen C salaojista. Uusintaajitetun alueen A vuotuiset kiintoainekuormat olivat pienemmät kuin alueen C ja vertailualueen B kuormat. Salaojavesien keskimääräiset pitoisuudet uusinta- ja täydennysajitetuilla alueilla olivat lähes samansuuruiset, joten kuormituserot alueiden A ja C välillä johtuivat erilaisista valuntamääristä. Alueen B keskimääräiset vuotuiset pitoisuudet olivat 33-58 % suuremmat kuin alueiden A ja C keskiarvot, mutta sen kuormitus jäi aluetta C vähäisemmäksi pienemmästä valunnasta johtuen.

Harvaan ojitetun alueen D pienet kuormitusarvot olivat odotettavissa sen vähäisestä salaojavalunnasta johtuen. Alueen D salaojavesien keskimääräiset kokonaistypen pitoisuudet olivat sekä kalibrointijaksolla että tutkimusjaksoilla lähellä alueen B pitoisuuksia, samoin kokonaisfosforin ja kiintoaineen pitoisuudet ensimmäistä tutkimusvuotta lukuunottamatta.

Sato

Kuvassa 1 on esitetty sadon kuiva-ainemäärä tutkimusjaksoilla. Rehuviljojen satomäärissä ei ollut havaittavissa selviä eroja uusintaajitetulla alueella A ja täydennysajitetulla alueella C verrattuna vanhaan 16 metrin ojavälin alueeseen B. Myöskään sadon laatuparametreissa ei ollut systemaattisia eroja. Harvaan ojitetulla alueella D sadon määrä oli 200–720 kg ha⁻¹ pienempi kuin muilla alueilla keskimäärin. Myös kaikki laatu tekijät olivat märeillä maalla huonommat.

Mittaustuloksista ei saada yksikäsitteisesti selville sitä, kuinka paljon ojitusmenetelmät vaikuttivat sadon muodostumiseen. Vaikka koko koekenttää on vuosikymmenet viljelty samalla tavalla ja maalaji on kauttaaltaan samanlainen, yksittäisten koealueiden fysikaalisissa, kemiallisissa ja biologisissa ominaisuuksissa on eroja. Maan kosteuden ohella myös ne vaikuttavat sadon määrään ja laatuun.



Kuva 1. Sadon kuiva-ainemäärä (kg ha^{-1}) eri tavoilla ojitetuilla koealueilla tutkimusjaksoilla I, II ja III. Alueiden ojaväli on suluissa.

Johtopäätökset

Tutkimus vahvisti aiempien tutkimusten tuloksia siitä, että kuivatustehokkuuden parantaminen ojaväliä pienentämällä lisää varsinkin typen huuhtoumista salaojien kautta. Kuormituksen kasvu johtui ennen kaikkea kasvaneesta salaojavalunnasta, mutta myös typpipitoisuudet kasvoivat heti ojitustoimenpiteiden jälkeen. Nummelan savipelloilta kulkeutui salaojavalunnan mukana runsaasti myös fosforia ja maa-ainesta, mikä on tullut esille muillakin eteläsuomaisilla koekentillä. Uusintaojitusmenetelmässä, jossa käytettiin 6 metrin ojaväliä ja ohutta suojakangasta putken ympärillä sekä jankkurointia, sekä kokonaisfosforin että liukoisen epäorgaanisen fosforin pitoisuudet salaojavesissä vähenivät täydennysojitukseen ja vanhoihin ojituksiin verrattuina. Syynä tähän on oletettavasti aurasalaojituskoneella ja jankkuroinnilla aikaansaatu maan syvämuokkaus. Luotettavia johtopäätöksiä sen vaikutuksesta fosforin käyttäytymiseen ei tässä vaiheessa voida vielä tehdä, vaan tarvitaan lisää mittaustuloksia. Tiheän ojavälin (6 m) ja ohuen esipäällysteen vaikutus salaojavaluntaa ja siten ravinnehuutoumiin jäi samoin epäselväksi koealueen ominaisuuksista johtuen.

Pellon märkyys pienentää tunnetusti sadon määrää ja laatua. Täydennys- tai uusintaojituksen tarve ja käytettävä ojaväli kannattaa kuitenkin tarkkaan selvittää, sillä tässä tutkimuksessa uusien tiheämpien ojitusten ja vanhan 16 metrin ojavälin alueen sadoissa ei ollut havaittavissa selviä eroja.

Mittaustulokset osoittavat, että valunta ja ravinne- ja kiintoainekuormitus vaihtelevat paljon ja satunnaisesti sekä eri peltolohkojen välillä että samallakin lohkolle eri vuosina. Lisäksi maan ominaisuuksien ja topografian vaihtelu suhteellisen homogeenisilläkin koealueilla vaikeuttaa luotettavien johtopäätösten tekemistä. Salaojitusten toimintaa ja peltoviljelyn ravinnehuutoumia koskeva tutkimus on perusteltua tehdä todellisen viljelylohkon tai salaojaston valuma-alueen mittakaavassa, mutta se aiheuttaa monia hankaluuksia ja rajoituksia koejärjestelyissä ja siten mittaustulosten tulkinnassa. Jatkossa mittaustuloksia analysoidaan matemaattisia malleja ja erilaisia tilastollisia menetelmiä käyttäen. Mallien avulla voidaan arvioida muun muassa mittausten luotettavuutta ja koejärjestelyjen edustavuutta. Mallilaskelmin voidaan teoreettisesti erottaa salaojituksen, maaperän ominaisuuksien, säätilan ja viljelytoimenpiteiden vaikutukset pellon vesitalouteen, satotasoon ja ravinnehuutoumiin.

Nummelan koekentän tutkimuksesta käy ilmi, että peltoviljelyn vesiensuojelussa tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota salaojien kautta tulevaan ravinnekuormitukseen ja sen vähentämiseen. Niiden kautta tasaisiltakin peltoalueilta voi kulkeutua paljon sekä ravinteita että kiintoainetta vesistöihin.

Kirjallisuus

Turunen, M. 2011. Pellon vesitaseen ja salaojien toimivuuden analyysi. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. 166 s. + liitteet 9 s.

Vakkilainen, P., Alakukku, L., Myllys, M., Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Puustinen, M., Äijö, H. 2008. Pellon vesitalouden optimointi. Väkiraportti 2008. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 29: 100 s.

Vakkilainen, P., Alakukku, L., Koskiaho, J., Myllys, M., Nurminen, J., Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R., Puustinen, M., Äijö, H. 2010. Pellon vesitalouden optimointi. Loppuraportti 2010. Salaojituksen tutkimusyhdistys ry:n tiedote 30: 112 s. + liitteet 46 s.

Warsta, L. 2011. Modelling water flow and soil erosion in clayey, subsurface drained agricultural fields. Aalto University. Department of Civil and Environmental Engineering. Aalto University publication series: Doctoral Dissertations 82/2011. 209 p.