

TEHO-hankkeen raportteja, osa 1

Airi Kulmala (toim.)



 **TEHO**



TEHO-HANKKEEN JULKAISUJA 1/2011
Tehoa maatalouden vesiensuojeluun

Taitto: Graafinen suunnittelutoimisto Seepia / Mia Grönberg
Painopaikka ja aika: Edita Prima Oy, Helsinki 2011
Kannen kuvat: TEHO-hankkeen arkisto

Julkaisu on saatavilla internetistä: www.ymparisto.fi/teho

ISBN 978-952-257-205-9 (nid.)
ISSN 1798-1115 (pain.)
ISBN 978-952-257-206-6 (PDF)
ISSN 1798-1123 (verkkokj.)



Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hankkeessa v. 2008 - 2010 kehitetään ja toteutetaan käytännön vesiensuojelutoimenpiteitä. Hanketta rahoittavat maa- ja metsätalousministeriö ja ympäristöministeriö. Hankkeen toteutuksesta vastaavat Varsinais-Suomen ELY-keskus sekä MTK-Varsinais-Suomi ja MTK-Satakunta.

Esipuhe

Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hankkeessa on etsitty, pohdittu ja kokeiltu toimintatapoja maatalouden vesiensuojelun tehostamiseksi. Ensimmäisenä tavoitteena on tarkentaa kasvien lannoitus kasvien todellista ravinteiden tarvetta ja ottoa vastaavaksi. Seuraava askel on pidättää ravinteet pellolla kasvien käytettävissä. Koska ravinteita vääjäämättä myös huuhtoutuu pellolta, tulisi ne pystyä saamaan kiinni mahdollisimman pienissä vesiuomissa lähellä peltoa ennen niiden päätymistä jokien kautta lopulta mereen.

Tähän julkaisuun on koottu yhteen neljä hankkeen aikana kirjoitettua raporttia, jotta niissä oleva tieto olisi helposti mahdollisimman monen ulottuvilla. Julkaisun ensimmäinen raportti käsittelee jaettua tyypilannoitusta. Menetelmällä tavoitellaan muun muassa säätekijöistä aiheutuvan typen huuhtoutumisriskin minimoimista ja sadon määrän ja laadun sekä edelleen näiden kautta taloudellisen tuloksen maksimoimista.

Vesistökuormituksen vähentämiseen ei aina tarvita kovinkaan erikoisia ja kustannuksia aiheuttavia menetelmiä, vaan jo pientareista ja suojakaistoista huolehtimalla voidaan vähentää suoria valumia pelloilta vesiuomiin. Raportin toisessa osassa käsitellään pientareiden ja suojakaistojen vaikutusta lohkolta saatavaan taloudelliseen tulokseen.

Kolmannessa osassa esitetään tuloksia kokeilusta, jossa pyrittiin vähentämään kipsin avulla fosforin huuhtoutumista pellolta. Menetelmästä on saatu lupaavia tuloksia fosforikuormituksen vähentäjänä, mutta menetelmä vaatii vielä lisää selvityksiä muun muassa sen mahdollisesti aiheuttamista ympäristöriskeistä.

Neljäs raportti kokoaa yhteen valumavesien kemiallisessa puhdistuksessa ja suodatuksessa käytettyjä menetelmiä ja esittelee tarkemmin erään kemiallisen puhdistamon typen ja fosforin puhdistustehokkuutta. Kemiallisesta käsittelystä aiheutuu aina kustannuksia ja näin ne soveltuvat ensisijaisesti kohteisiin, joissa ravinnekuormitus on suurta, mutta käsiteltävät vesimäärät jäävät suhteellisen pieniksi.

Toivottavasti tämä julkaisu herättää keskustelua ja kiinnostusta esitettyjen menetelmien kokeiluun ja edelleen kehittämiseen.

Turussa 21.12.2010

Airi Kulmala
projektikoordinaattori, TEHO-hanke



SISÄLLYS

OSA I	4 - 21
Typpilannoituksen tarkentaminen TEHO:n tilakokeilu v. 2009	
Susanna Kaasinen, Kimmo Rasa ja Janne Heikkinen	
OSA II	22 - 33
Pientareiden ja suojakaistojen vaikutukset viljelyn taloudelliseen tulokseen ja työnmenekkiin	
Marko Erland	
OSA III	34 - 55
Kipsikokeilu TEHO-hankkeessa	
Maria Yli-Renko ja Kimmo Rasa	
OSA IV	56 - 79
Valumavesien kemiallinen puhdistus ja suodatus	
Susanna Kaasinen	
Kuvailulehti	80
Documentation page	81

OSA I

Typpilannoituksen tarkentaminen TEHO:n tilakokeilu v. 2009

Susanna Kaasinen, Kimmo Rasa ja Janne Heikkinen

SISÄLLYS

Johdanto	5
1. Typpilannoituksen jakaminen	6
2. TEHO-hankkeen kokeilu	9
2.1. Taustatiedot, menetelmät ja toteutus	9
2.2. Tulokset	13
2.3. Tulosten tarkastelu	16
3. Viljelijän kokemuksia	18
4. Johtopäätökset	18
Lähteet	20

Johdanto

Maatalouden tuotantopanosten hinnan nousu kannustaa viljelijöitä hakemaan säästöjä tuotannon kannattavuuden lisäämiseksi. Fosforilannoituksen taloudellisesta kannattavuudesta on viimeaikoina kirjoitettu alan ammattilehdissä ja pitkältä ajanjaksolta kerättyä tutkimustietoa fosforilannoituksen vaikutuksesta viljan satotasoihin on tarkasteltu uudessa valossa (Peltonen 2008, Valkama ym. 2009). Fosforilannoituksen tarkentamiselle ja sitä kautta kustannussäästöille näyttäisi olevan mahdollisuuksia. Samalla edistetään vesien suojelua.

Lannoituksen ympäristöhyötyjä voidaan fosforin lisäksi hakea myös typpilannoitusta tarkentamalla eli jakamalla lannoite kasvukaudella kasvin tarpeen ja sato-odotusten mukaisesti. Typpilannoituksen jakaminen on jo arkipäivää useilla tiloilla esimerkiksi tavoiteltaessa hyvälaatuista ja runsasta syys- tai kevätevehnäsatoa. TEHO-hankkeen typpilannoituksen tarkentaminen -kokeilussa keskityttiin siihen, mitä tekijöitä tilan tulee ottaa huomioon jaettuun typpilannoitukseen siirryttäessä. Tavoitteena oli tuottaa tietoa, joka kannustaisi ja helpottaisi tiloja kehittämään lannoitustaan.

Typpilannoituksen tarkentamisesta on hyötyä maatalouden vesien suojelun kannalta, sillä hyvänä satovuotena typpilannoituksen riittävä määrä ja oikea ajoitus tuottavat hyvän ja laadukkaan sadon, jonka mukana pelloilta poistuu myös muita ravinteita. Jos kevään typpilannoitusta seuraa pian runsaita sateita, on riskinä, että typpeä huuhtoutuu merkittävästi pois kasvien ulottuvilta. Muun muassa TEHO-hankkeen vedenlaatusurannoissa eri puolilla hankkeen aluetta oli nähtävissä sekä vuonna 2009 että 2010 alkukesällä merkittävää veden typpipitoisuuden nousua erikokoisissa uomissa. Jos esimerkiksi ympäristötuen ehtojen sallima koko typpilannoitemäärä on annettu kerralla, niin tilannetta ei voida enää korjata täydennyslannoituksella, vaikka edellytykset suurelle sadolle olisivat suotuisat. Mikäli taas kasvukauden alkupuolella todetaan satopotentiaalin olevan huono sääolosuhteista tai muista syistä johtuen, ei lohkolle kannata enää lisätä typpeä sateiden huuhdottavaksi. Tilan talouden kannalta yllä oleva tarkoittaa laskutoimitusta lannoituksen jakamisesta aiheutuvan lisätyön, lannoitesäästöjen ja sadon määrän sekä laadun välillä. Hyvän lopputuloksen saavuttamisen edellytys on omien peltojen hyvä tunteminen ja tarkkailu (Kleemola 2009). Typpilannoituksen jakamiseen käytetty työ voidaan nähdä myös osana laajempaa kokonaisuutta. Lannoituksen ajankohdan ja määrän arvioinnin yhteydessä voidaan samalla vaivalla arvioida myös esimerkiksi kasvinsuojelutarvetta lohko kohtaisesti.

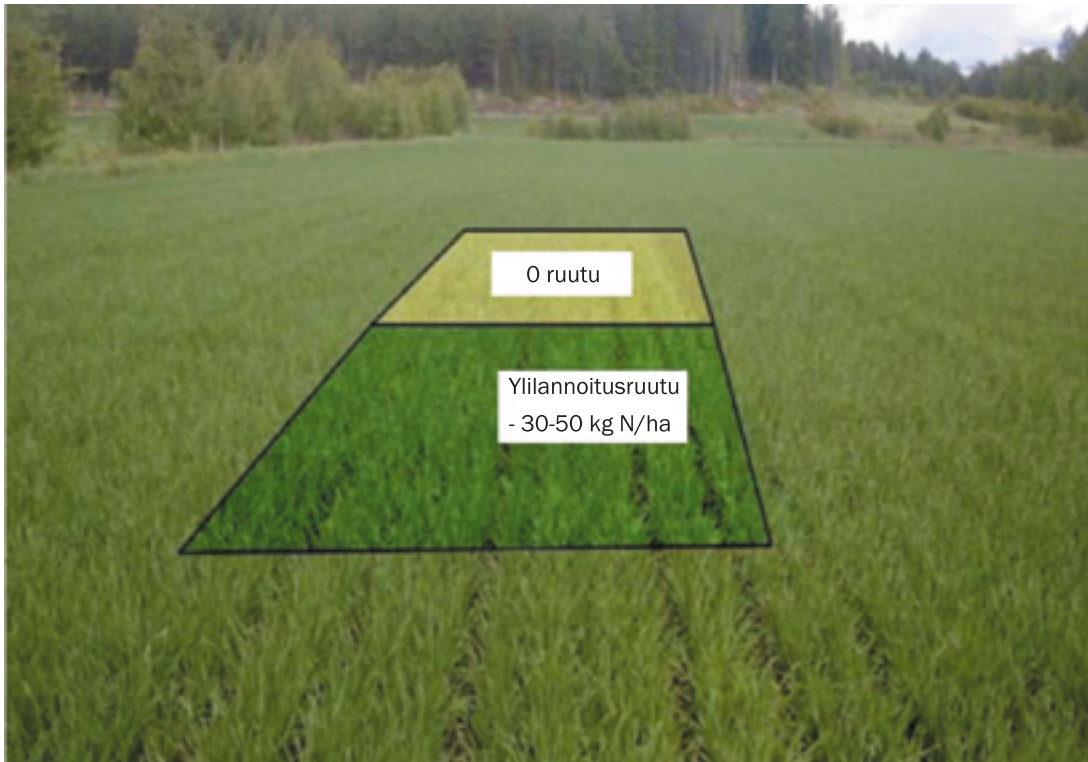
1. Typpilannoituksen jakaminen

Jos muut kasvuolosuhteet ovat kohdallaan, jakamalla typpilannoitus useampaan osaan on mahdollista saada sekä määrällisesti että laadullisesti parempi sato. Jaettu typpilannoitus on kokeiluissa tuottanut kevätevehnällä suuremman sadon sekä nostanut valkuaispitoisuutta ja sakolukua (Kauppila 2006).

Typpilannoituksen jakamisen onnistumiseksi viljelijän on tehtävä useita päätöksiä jo viljelyä suunniteltaessa ja edelleen täsmennettävä suunnitelmaa kasvukauden aikana. Päätöksiä tarvitaan muun muassa kylvön yhteydessä annettavasta lannoitteesta ja sen määrästä sekä lisälannoituksen tarpeesta, lannoitelajista ja ajankohdasta. Mitä pienempi on kylvön yhteydessä annettava typpilannoitus, sitä enemmän on pelivaraa kasvukaudella. Mikäli alkukasvukausi osoittautuu kasvuolosuhteiltaan huonoksi eikä hyvää satoa ole saatavissa, lisälannoitusta ei tarvita. Tällöin taloudelliset tappiot jäävät pienemmiksi kuin tilaneessa, jossa kaikki typpi annetaan kerralla kylvön yhteydessä. Lisäksi mahdollisesti huuhtoutuvan typen määrä maassa alenee. Toisaalta kasvuston seuranta (lannoitustarve ja -ajankohta) sekä lisälannoitteen levittäminen lisää työmäärää, ja jokainen uusi levityskerta lisää myös itse levittämisestä aiheutuvia kuluja.

Lannoitustarpeen arviointi

Typeä annetaan kasveille lisää vain, jos muut kasvutekijät ja kasvusto ennustavat hyvää satotasoa eli voidaan olettaa kasvin hyötyvän lisätypestä. Typpilannoituksen tarvetta voidaan arvioida niin sanotun lannoitusikkunan avulla (kuva 1). Lohkon keskimääräisiä olosuhteita edustavaan kohtaan perustetaan ns. ylilannoitusruutu (kylvökoneen leveys, pituus noin 10 m), jolle annetaan typeä 30 - 50 kg/ha enemmän kuin normaalisti. Vaihtoehtoisesti voidaan perustaa myös alilannoitusruutu, jolle levitetään typeä 30 kg/ha vähemmän kuin normaalisti. Typeä tulee kuitenkin käyttää vähintään 20 kg/ha, jotta maaperän ominien typpivarojen hyväksikäyttö alkaa samaan aikaan kuin ruudun ulkopuolella (Mäntylähti ym. 2009).



Kuva 1. Typpilannoituksen tarvetta voidaan arvioida lannoitusikkunan avulla (Agrimarket 2010a).

Yksinkertaistaen voidaan ajatella, että ylilannoitettu ruutu ei kärsi typenpuutteesta. Kun ympäröivän lohkon kasvuston väri (kertoo lehtivihreän määrästä, johon vaikuttaa taas käytettävissä olevan typen määrä) alkaa jäädä ylilannoitusruutua hailakamman vihreäksi, ympäröivän lohkon kasvusto alkaa kärsiä typen puutteesta. Toisaalta kun alilannoitettu ruutu alkaa erottua muuta kasvustoa vaaleampana, niin kasveille käyttökelpoiset maan omat typpivarat alkavat muutamien päivien kuluttua loppua myös muulta viljelykseltä (Mäntylah- ti ym. 2009).

Vehnän tuotannossa alilannoitusikkunalla voidaan suunnitella täydennyslannoitusta. Mitä aikaisemmin ikkuna erottuu vehnäpellolla, sitä varmemmin ja enemmän täydennystyppeä tarvitaan, jotta satoa ja sen valkuaispitoisuutta ei menetetä. Tähtäälle tulon aikoihin tai sen jälkeen erottuva ikkuna tarkoittaa, että valkuaisen nostoon tähtäävää lisätyypeä tuskin juuri tarvitaan (Mäntylähti ym. 2009).

Pelkästään silmämääräistä kasvuston värin arviointia tarkempi käsitys typpilannoituksen tarpeesta saadaan lehtivihreämittaria käyttämällä. Sadontuottokyky riippuu pitkälti lehtien lehtivihreäpitoisuudesta, mikä kuvastaa kasvin typpipitoisuutta. Mitä enemmän kasvissa on typpeä, sitä tummemman vihreä kasvi on. Ns. SPAD-mittarilla voidaan mitata epäsuorasti viljakasvuston typpipitoisuutta 1-solmuasteelta tähtäälle tulon loppuun saakka. Lehtivihreäpitoisuuden mittaamisessa lannoitusikkunan reilussa typpipitoisuudessa kasvavia verrataan normaaliin kasvustoon. Jos lannoiteikkunaa ei ole, voidaan mittaustuloksia ver- rata taulukkoarvoihin, mutta omien vertailunäytteiden mittaus antaa aina tarkemman tu- loksen (K-maatalous 2010).

Vaikka lannoitustarpeen arviointi saattaa vaikuttaa paperilla monimutkaiselta ja turhalta työvaiheelta, käytännön kommentit viljelijöiltä antavat tilanteesta toisenlaisen kuvan. Kokemuksen myötä lannoitustarpeen ja -ajankohdan valinta helpottuu.

Lannoitteen valinta

Lisälannoitukseen sopivien lannoitetyyppien eroja on vertailtu taulukossa 1. Kiinteä lannoite kannattaa valita, kun levitysmäärä on suuri, luokkaa kymmeniä kiloja hehtaaria kohden. Lannoite kannattaa levittää ennen sadetta tai kosteaan maahan (Kauppila 2006, Kleemola 2009). Etenkin, jos sateiden todennäköisyys on pieni, kannattaa käyttää mahdollisimman helposti vettä itseensä imeviä tuotteita kuten ammoniumnitraattia tai ureaa. Nämä tuotteet liukenevat maahan jopa yökasteesta. Haittapuolena varsinkin urean kohdalla on kuitenkin typen osittainen haihtuminen ilmaan, jos sateita ei tule (Kleemola 2009).

Kuivissa oloissa typpilannoitus kannattaa antaa nestemäisenä. Jos lannoite ruiskutetaan kasvustoon, on levitysmäärä yleensä rajoitettava noin kymmeneen kiloon hehtaaria kohti. Suuremmat annokset etenkin muilla typpilannoitteilla kuin urealla voivat aiheuttaa lehtiin vioituksia ja näin alentaa lannoituksen hyötyjä. Sopivin ajankohta ruiskutuksille on aamuhailalla tai illalla, kun ilman lämpötila on alle 15 °C ja ilmankosteus suuri. Jos on odotettavissa, että kasvusto pysyy kosteana pitkään ruiskutuksen jälkeen, on lannoitteen teho parempi ja lannoitteen käyttömäärää voi pienentää keskiarvosuosituksista (Kauppila 2006, Kleemola 2009).

Typpilannoitus voidaan antaa nestemäisenä myös valuttamalla lannoite ruiskusta letkujen kautta maan pinnalle. Kerta-annosmäärä voi tällöin olla yhtä suuri kuin kiinteää lannoitetta käytettäessä. Liuoksen typpipitoisuuden on kuitenkin oltava riittävän suuri, jottei levitettävä nestemäärä nouse liian korkeaksi (Kleemola 2009).

Taulukko 1. Lannoitteen valinta typen lisälannoitukseen (Kleemola 2009).

Lannoitetyppi	Plussat	Miinukset
Rakeet esim. CAN (yleensä 25 - 30 % typpeä sisältävät rakeet), ammoniumnitraatti, urea	+ Kätevä käyttää + Suuret kerta-annosmäärät mahdollisia	- Huono saatavuus kasveille kuivissa oloissa
Liuos maan pinnalle (Typpiliuos, urea liuotettuna veteen, Flex-tuoteperhe)	+ Rakeita parempi saatavuus kasveille + Ei vioitusriskiä kasvustolle	- Vaatii erikoisjärjestelyn levitykseen (ruisku + letkut tai erikoisuuttimet)
Ruiskutus lehdille (esim. Typpiliuos, urea, Nekon kasviraavinne, Flex-tuoteperhe)	+ Voi käyttää myös kuivissa oloissa + Hivenravinteiden hyväksikäyttöaste suurempi kuin maan kautta annettuna	- Pienet kerta-annosmäärät - Kasvuston vioitusriski

Lannoitusajankohta

Typenlisäys vaikuttaa satoon eri tavoin riippuen lisäysajankohdasta. Korrenkasvuvaiheessa ja sitä ennen annettu lisätyppi lisää ja ylläpitää jyvien lukumäärää. Lippulehtivaiheessa ja sen jälkeen annettu lisätyppi kasvattaa jyväkokoa ja lisää valkuaisen määrää (Kauppila 2006). Taulukossa 2 on esitetty typenlisäysajankohdan vaikutus satoon käytettäessä ureaa. Jos käytetään rakeista lannoitetta, on huomioitava, että kuivissa olosuhteissa rakeen liukenemisessä voi olla viivettä.

Taulukko 2. Lisätypen levitysajankohdan vaikutus satoon käytettäessä ureaa. Rakeista lannoitetta käytettäessä on huomioitava viive rakeen liukenemisessä kuivissa olosuhteissa (Kemiran maatalokokeet 1998).

Ruiskutusajankohta	Oletettu vaikutus
Lippulehtivaihe	Jyvien lukumäärä ja paino
Tähkälle tulo	Jyvän paino
1 - 2 viikkoa tähkälle tulon jälkeen	Valkuainen ja sakoluku

2. TEHO-hankkeen kokeilu

2.1. Taustatiedot, menetelmät ja toteutus

TEHO-hankkeen kokeilu kevätvehnän typpilannoituksen tarkentamisesta toteutettiin kasvu-kaudella 2009 (taulukot 3 ja 4). Kokeilulohko (11,6 ha) sijaitsi Loimaalla, ja sillä viljeltiin Amaretto-kevätvehnää. Kylvömenetelmänä oli suorakylvö. Vuosina 2005, 2006 ja 2007 lohko oli jaettu kahteen eri kasvulohkoon, jossa toisella viljeltiin vuosina 2006 - 2007 kuminaa ja toisella vuonna 2006 rapsia ja vuonna 2007 mallasohraa. Vuonna 2008 koko loholla viljeltiin mallasohraa. Keväällä 2009 tehdyn viljavuusanalyysin perusteella maalaji vaihteli loholla hietasavesta aitosaveen. Lohkon fosforitila oli välttävä ja pH 6,1 - 6,6.

Taulukko 3. Perustiedot typpilannoituskokeilusta.

Ajankohta	Kasvukausi 2009
Lohkon sijainti	Loimaa
Lohkon maalaji	Hietasavi, aitosavi
Viljavuustulokset	Fosfori välttävä (3,51 - 4,96 mg/l), pH 6,13 - 6,62
Esikasvi	2006 kumina ja rapsi, 2007 kumina ja mallasohra, 2008 mallasohra
Viljeltävä kasvi	Kevätvehnä, Amaretto

Taulukko 4. Lohkolla vuonna 2009 tehdyt viljelytoimenpiteet ja niiden ajankohta.

	Pvm.	Käytetyt laitteet ja tuotantopanokset
Kylvö	6.5.	Rapid, suorakylvö
Kylvölannoitus	6.5.	Yara Mila Pellon Y1 (27:2:3) 200 kg/ha (-> 54 kg N, 4 kg P ja 6 kg K/ha)
Jaettu lannoitus	8.6.	NH ₄ NO ₃ (N 34,4)
Kasvinsuojelu	18.6.	Express 1,5 tabl./ha + Sito-kiinnite
Puinti	10.9.	

Koelohko jaettiin kolmeen kaistaan, jotka lannoitettiin eri tavoin. Yhdelle kaistalle annettiin kylvölannoituksen yhteydessä koko typpimäärä 120 kg/ha ja kahdelle muulle 50 kg/ha. Kaksi jälkimmäistä kaistaa saivat typpeä lisälannoituksena 50 ja 30 kg/ha. Toteutuneet typen kokonaismäärät olivat 120 kg/ha, 100 kg/ha ja 80 kg/ha (taulukko 5).

Typpeä oli suunniteltu lisättävän toiselle kaistalle kerran ja toiselle kaksi kertaa. Typpi-lannoitetta päädyttiin kuitenkin lisäämään molemmille kaistoille vain yhden kerran, sillä kasvukauden aikaiset kasvuston SPAD-arvot eivät viitanneet typen puutteeseen. Kylvön yhteydessä annettu lannoite oli YaraMila Pellon Y1 (27:2:3). Lisätyppinä annettiin ammoniumnitraattia eli NH₄NO₃ (N 34,4).

Viljelijä toteutti jaetun lannoituksen parhaaksi katsomallaan tavalla, joten kaikki kokonaistyppimäärät edustavat todellista tilannetta käytännön viljelyssä. Aikaisempi satotaso lohkolla oli ollut 5000 - 6000 kg/ha. Lannoitustaso jätettiin kuitenkin alle ympäristötuen salliman rajan, koska vehnän myyntihinta oli alhainen. Lisälannoituksen ajankohta valittiin kasvuston kehitysasteen ja sään perusteella.

Taulukko 5. Lannoitus kokeilulohkolla vuonna 2009.

Lannoite	Ajankohta	120 kg N	50 + 50 kg N	50 + 30 kg N
YaraMila Pellon Y1 (26:2:3)	6.5.2009 (kylvö)	200 kg/ha (54 kg N, 4 kg P, 6 kg K)	200 kg/ha (54 N, 4 P, 6 K)	200 kg/ha (54 N, 4 P, 6 K)
NH ₄ NO ₃ (N 34,4)	6.5.2009 (kylvö)	200 kg/ha NH ₄ NO ₃ -> 69 kg N (yht. 121 kg N)	-	-
	8.6.2009	-	140 kg/ha -> 48 kg N (yht. 102 kg N)	90 kg/ha -> 31 kg N (yht. 83 kg N)

Maa-analyysit

Normaalin **viljavuusanalyysin** näytteet otettiin keväällä ennen kylvöjä. Kultakin kaistalta otettiin 10 osanäytettä, jotka yhdistettiin yhdeksi näytteeksi (yhteensä 3 näytettä).

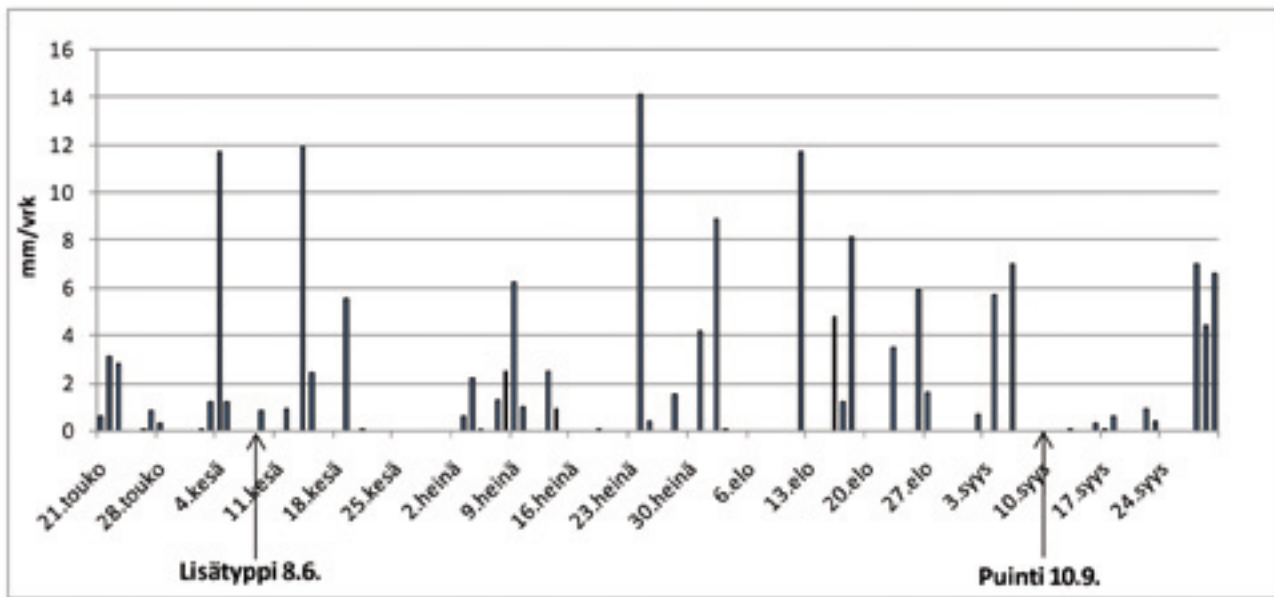
Maan liukoinen tyyppi analysoitiin keväällä roudan sulettua, ennen jaetun lannoituksen antamista, kukinnan loppuvaiheessa sekä puinnin yhteydessä (taulukko 6). Näytteet otettiin yhdeltä linjalta maakairalla 0 - 20 cm syvyydeltä. Lisäksi 21.7. otettiin näytteet 20 - 40 cm syvyydeltä ja 9.9. 20 - 60 cm syvyydeltä. Näytteet pakastettiin välittömästi. Typpinäytteiden otossa on kiinnitettävä erityistä huomiota näytteiden säilytykseen (välitön pakastaminen), jolloin voidaan minimoida mikrobitoiminnan aiheuttamat muutokset maan tyypessä. Näytteenoton yhteydessä on lisäksi syytä kirjata huomioita edellisten päivien sääolosuhteista, sadannasta ja lämpötilasta. Etenkin rankat tai pitkäaikaiset sateet saattavat huuhtoa liukoista tyyppiä maasta. Näytteistä analysoitiin sekä nitraatti- että ammoniumtyppi, mutta tuloksia käsiteltäessä nitraatti- ja ammoniumtyypen pitoisuudet on laskettu yhteen.

Taulukko 6. Maan liukoisen tyypin näytteenotto ja lehtivihreämittaukset.

Ajankohta	Pvm.	Liukoinen tyyppi	Lehtivihreämittaus	Huomioita sääoloista
Roudan sulettua, ennen kylvää	29.4.2009	0 - 20 cm		Viikon pouta ja lämmin tuulinen jakso. Ei yöpakkasia viikkoon. Ei merkittäviä sateita useaan viikkoon.
Ennen lisätyyppiä	5.6.2009	0 - 20 cm	x	4 - 5.6. sadetta vuorokauden verran. Juhannuksen alusviikot kostea ja viileää säätä.
Lisätyn (8.6.) jälkeen	10.6.2009		x	
Lisätyn jälkeen	7.7.2009		x	Juhannuksena viimeiset sateet ja juhannuksen jälkeen ainakin kaksi viikkoa hellettä. Lisätyn levitys rakeisena ei mahdollista, koska rae ei sula kuivassa maassa.
Myöhemmin	21.7.2009	0 - 20 cm, 20 - 40 cm	x	
Puinnin yhteydessä	9.9.2009	0 - 20 cm, 20 - 60 cm		

Lehtivihreämittaus

TEHO-hankkeen kokeilussa mitattiin SPAD-mittarilla kasvuston lehtivihreäpitoisuutta kasvuston eri kasvuvaiheissa. Mittaukset tehtiin ennen lisätyn levittämistä, pari päivää lisätyn levittämisen jälkeen sekä kaksi kertaa myöhemmin kesällä. Taulukkoon 6 on koottu sekä lehtivihreämittausten että liukoisen tyypin näytteenoton ajankohdat. Kuvassa 2 on tiedot alueen sadannasta kesän aikana.



Kuva 2. Sadanta Pöytyän sääaseman mittausten mukaan 21.5.2009 - 30.9.2009.

SPAD-mittaus tehtiin ylimmästä täysin kehittyneestä lehdestä. Mitattavasta lehdestä tarkistettiin, ettei siinä ole merkkejä kasvitautista tai torjunta-aineista johtuvia vaalentumia. Selvästi liian pieni tai suuri mittaustulos pudotettiin pois laskennasta (K-maatalous 2010).

Mikäli SPAD-mittarin tulokset ovat taulukon 7 arvojen rajoissa, voidaan olettaa kasvilla olevan riittävästi typpeä käytettävissä. Lannoitusikkunaa käytettäessä vehnällä lannoitusikkunan ja normaalin vehnäkasvuston mittaustuloksen erotuksen ollessa suurempi kuin kaksi, kasvusto saattaa kärsiä typen puutteesta. Taulukkoarvoja pienempi tulos tai suurempi erotus kuin kaksi kertoo kasvuston typen puutteesta, jolloin sadon määrä tai laatu voi jäädä heikoksi, mikäli kasvuston typensaantia ei voida parantaa (K-maatalous 2010).

Taulukko 7. Vehnän kehitysaste ja suositeltavat SPAD-mittarin arvot (Agrimarket 2010a).

Viljalaji	Kehitysaste	SPAD
Kevätvehnä	Lippulehtiaste 37 - 41	38 - 42
	Tähkälletulo 51 - 57	38 - 41
Syysvehnä	Lippulehtiaste 37 - 41	39 - 42
	Tähkälletulo 51 -57	40 - 44

Viljelijä teki itse havaintoja satoennusteesta käyttäen pohjana orastuneiden siementen määrää suhteessa kylvettyyn siemenmäärään ja kasvuston tasaisuutta. Monet maatalouskaupat tarjoavat myös usein mahdollisuutta satoennusteen tekemiseen. Ennusteita varten leikataan maanpäällinen kasvusto metrin pituudelta eri kohdista ja määritetään niiden massat. Lisäksi tarvitaan myös tiedot kylvöpäivästä lämpösumman määrittämistä varten,

lajikkeesta ja käytetystä siemenmäärästä (kg/ha). SPAD-mittauksen ja satoennusteen perusteella annetaan tietoa mahdollisista toimenpiteistä satotason parantamiseksi (Agrimarket 2010b, K-maatalous 2010).

Satoanalyysit

Kultakin koekaistalta leikattiin päivää ennen puintia kolme 1 m²-osanäytettä, jotka toimitettiin MTT:lle satoanalyysia varten. Jokaisen kaistan osanäytteiden yhdistelmästä analysoitiin sato (kg, kosteus 15 %), kuiva-aineprosentti, valkuaispitoisuus, hehtolitrapaino ja sakoluku.

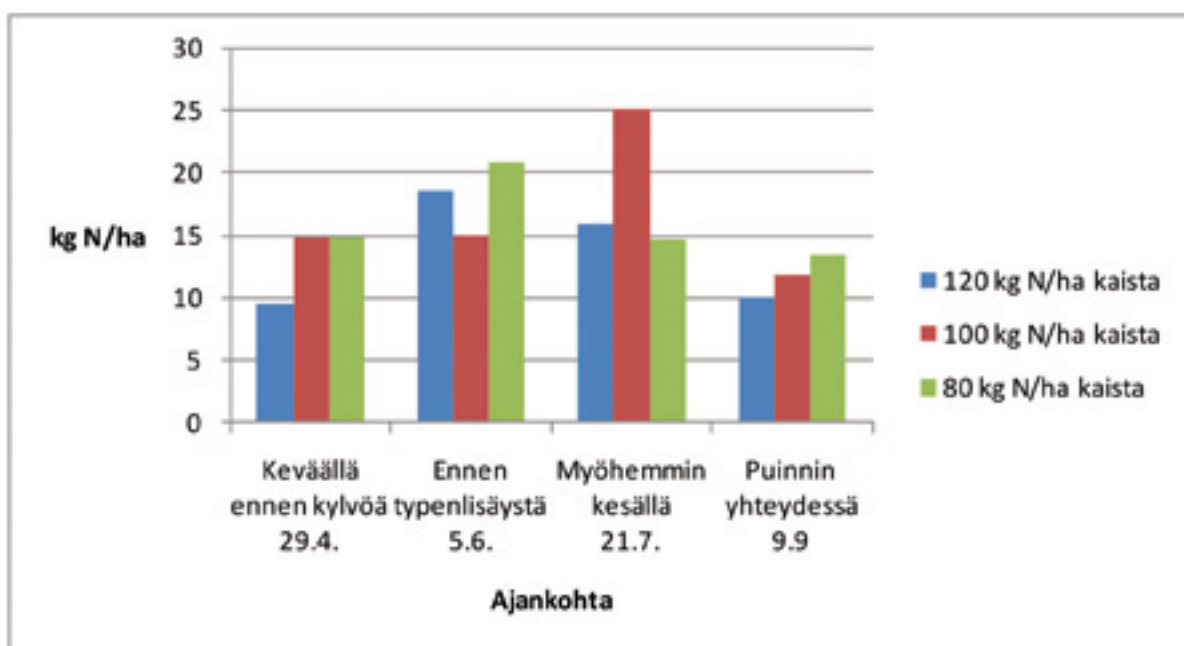
Typpitase

Typpitase laskettiin lohkolle annetun typen ja sadon mukana poistetun typen erotuksena. Tase laskettiin erikseen kullekin kolmelle kokeilukaistalle. Kokeilukaistojen typenlisäykset olivat 120 kg N/ha, 100 kg N/ha ja 80 kg N/ha. Ravinteiden poisto pellolta laskettiin satotason sekä sadon kuiva-aine- ja ravinnepitoisuuksien perusteella. Sadon typpipitoisuus laskettiin kaavalla sadon valkuaispitoisuus/6,25 (Maaseutuvirasto 2008).

2.2. Tulokset

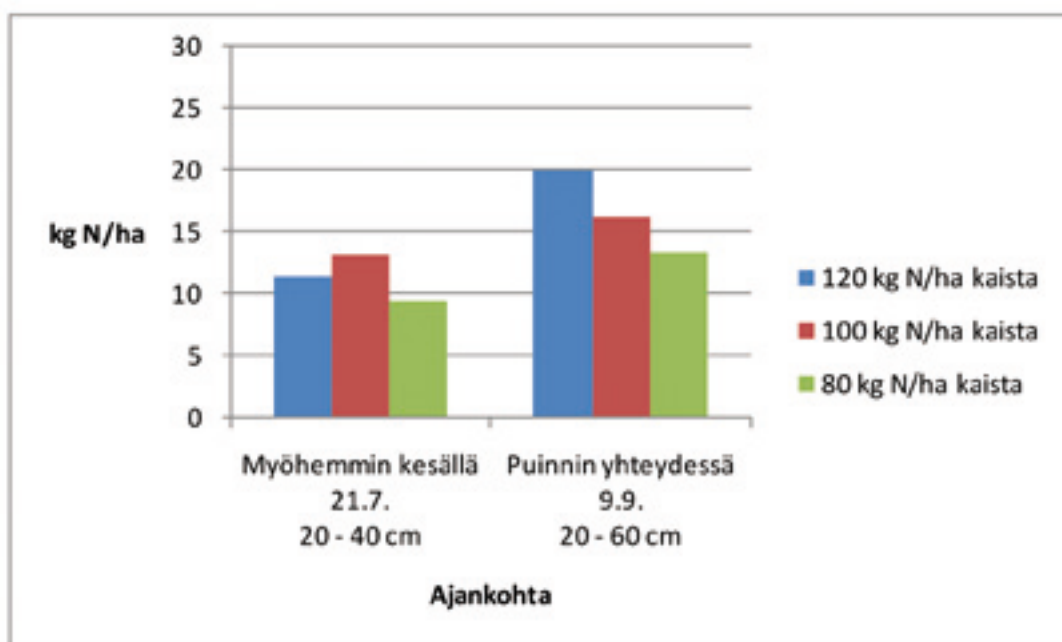
Maan liukoisen typen pitoisuudet koejaksolla

Kuvassa 3 on esitetty maanäytteiden typpipitoisuudet eri lannoitustasoilla 0 - 20 cm:n syvyydessä keväällä ennen kylvöä 29.4., ennen ensimmäistä typenlisäystä 5.6., myöhemmin kesällä 21.7. ja puinnin yhteydessä 9.9. Keväällä ennen kylvöä mitatut maan typpipitoisuudet olivat 10 - 15 kg/ha. Suurimmat typpipitoisuudet 120 kg N/ha - ja 80 kg N/ha -kaistoilla mitattiin 5.6. (19 ja 21 kg N/ha). Tämän jälkeen maan typpipitoisuudet laskivat näillä kaistoilla. Sen sijaan 100 kg N/ha -kaistalla maan typpipitoisuus oli suurin vasta 21.7. (25 kg/ha). Puinnin yhteydessä mitatut pitoisuudet olivat 100 kg N/ha - ja 80 kg N/ha -kaistoilla hieman keväällä mitattuja pitoisuuksia alemmat ja 120 kg N/ha -kaistalla typpipitoisuus oli kevään tasoa.



Kuva 3. Maanäytteiden typpipitoisuudet (kg/ha) eri ajankohtina 0 - 20 cm syvyydessä.

Maan typpipitoisuudet mitattiin koekaistoilta myös myöhemmin kesällä 20 - 40 cm:n syvyydestä ja puinnin yhteydessä 20 - 60 cm:n syvyydestä (kuva 4). 20 - 40 cm:n syvyydessä maan typpipitoisuudet olivat 9 - 12 kg/ha. Puinnin yhteydessä 20 - 60 cm:n syvyydestä mitatut pitoisuudet olivat 13 - 20 kg/ha. Toisin kuin 0 - 20 cm:n syvyydessä typpeä oli puinnin yhteydessä eniten 120 kg N/ha -kaistalla.



Kuva 4. Maanäytteiden typpipitoisuudet (kg/ha) eri ajankohtina. Näytteenottosyvyydet 20 - 40 cm (21.7.) ja 20 - 60 cm (9.9.).

Lehtivihreämittausten tulokset

Taulukossa 8 on esitetty mitatut SPAD-arvot kolmelta eri tavoin lannoitetulta kaistalta. SPAD-arvot olivat kaikkina mittausajankohtina selkeästi yli kevätvehnän ohjearvojen. Arvot olivat kaikkina mittausajankohtina suurimmat 120 kg N/ha -kaistalla.

Taulukko 8. Mitatut SPAD-tulokset.

Pvm.	Kehitysaste	Lannoitus kg N/ha		
		120	100	80
5.6.	Tulossa 1-solmuasteelle	42,5	37,6*	37,6*
10.6.		46,4	45,9	45,8
7.7.	Tähkälletulo (120 kg N/ha), lippulehtiaste / tähkälletulo (100 ja 80 kg N/ha)	51,0	45,2	45,0
21.7.	Kukinta loppumassa	53,6	53,2	53,1

* yhteinen mittaustulos, koska 5.6. mennessä saatu lannoitemäärä sama

Satotulokset

Korkein hehtaarisato saatiin kaistalta, jossa typpilannoitus oli jaettu 50+30 kg/ha (taulukko 9). Myös hehtolitraino, kuiva-aineprosentti, valkuaispitoisuus sekä sakoluku olivat suurimmat tällä kaistalla. Erot kuiva-aine- ja valkuaispitoisuudessa olivat kaikkien kaistojen kesken hyvin pienet. Sen sijaan sakoluku oli selvästi suurin 80 kg N/ha kaistalla.

Sato muodostui määrältään kaikilla kaistoilla hyväksi, mutta valkuaispitoisuus jäi alhaiseksi. Vehnäerät täyttivät sakoluvun (vähintään 180) ja hehtolitrainon (vähintään 78 kg) osalta esimerkiksi Ravintoraision (2009) viljan vastaanottovaatimuksen, mutta valkuainen jäi kauas vastaanoton alarajasta 12,5 %. Näin tuotetut erät eivät olleet leipävehnäkelpoista.

Taulukko 9. Eri lannoitusmäärillä ja -tavoilla saavutetut satomäärät ja sadon laatu.

Lannoitusmäärä kg N/ha	Hehtaarisato kg (kosteus 15 %)	Hehtolitraino kg	Kuiva-aine-%	Valkuaispitoisuus (% kuiva-aineesta)	Sakoluku
120	6962	80,6	87,1	10,0	190
100	6123	81,3	87,5	10,2	199
80	7128	82,5	87,7	10,8	224

Typпитase

Eniten typpeä jäi maahan eli suurin typpitase oli kaistalla, jota oli lannoitettu eniten. Vastaavasti pienin typpitase oli kaistalla, jota oli lannoitettu vähiten. Tällä kaistalla tase oli negatiivinen eli typpeä poistui sadon mukana enemmän kuin sitä oli annettu lannoitteena.

Taulukko 10. Kokeilukaistojen typpitaseet

Typpenlisäys kg/ha	Kuiva-ainesato kg/ha	Typpipitoisuus %	Sadon typpimäärä kg/ha	Typpitase kg/ha
120	6064	1,6	97	24,0
100	5358	1,6	87	14,6
80	6251	1,7	108	-25,0

2.3. Tulosten tarkastelu

TEHO-hankkeen kokeilukaistoilla maan typpipitoisuudet olivat keväällä 0 - 20 cm:n syvyydessä 10 - 15 kg/ha, nousivat kesän aikana korkeimmillaan 19 - 25 kiloon hehtaaria kohti ja palasivat puinnin aikaan kevään tasolle. Savijoen maatalouspilotti -hankkeessa mitattiin vuonna 2005 hankkeeseen osallistuneilta tiloilta nitraattitypen pitoisuuksia 0 - 20 cm:n syvyydeltä (Kulmala 2006). Keväällä nitraattityppipitoisuudet olivat kevätehnelohkoilla 6 - 22 kg/ha, lippulehtivaiheessa 11 - 28 kg/ha ja puinnin jälkeen 1 - 11 kg/ha. Kun otetaan huomioon, että TEHO-hankkeen kokeilulohkolla nitraattitypen pitoisuuksiin oli lisätty myös ammoniumtypen pitoisuudet, eivät TEHO-tilalla mitatut typpipitoisuudet olleet ainakaan Savijoella mitattuihin pitoisuuksiin verrattuna erityisen korkeita.

TEHO-hankkeen kokeilussa kesäkuussa annettu lisälannoitus näkyi heinäkuussa tehdyissä mittauksissa maan typpipitoisuuden selkeänä nousuna 100 kg N/ha -kaistalla. 80 kg N/ha -kaistalla, jolle lisättyä annettiin vähemmän, maan typpipitoisuus oli puolestaan heinäkuussa jo alemmalla tasolla kuin ennen lisättyä. Puinnin jälkeen maassa oli vähiten typpeä 80 kg N/ha -kaistalla, jos tarkastellaan koko maakerrosta 0 - 60 cm. Kun 80 kg N/ha -kaistalta vielä saatiin suurin sato, on kasvusto tällä kaistalla käyttänyt typen tehokkaasti hyödyksi kasvuunsa. Tätä kuvastaa myös negatiivinen typpitase eli kasvusto on käyttänyt lannoitetypen lisäksi maan typpivarantoja suuren jyväsadon tuottamiseen. Kaistat eivät kuitenkaan ole täysin vertailukelpoisia niiden eri esikasvihistorian vuoksi.

SPAD-arvot, jotka kuvastavat kasvin typpipitoisuutta, olivat kaikkina mittausajankohtina selkeästi yli kevätehnelohkojen ohjearvojen. Tästä pääteltiin, että kasvusto ei kärsisi typenpuutteesta, vaikka 120 kg/ha -kaistan ja kahden muun koekaistan 7.7. mitatuissa SPAD-arvoissa oli yli kahden yksikön erotus. Näin ollen toinen typpenlisäys jätettiin tekemättä. Jälkikäteen voidaan kysyä, olisiko lehtilannoitus ilman typen saatavuuteen vaikuttavia maaperän prosesseja sittenkin ollut tarpeen näin suurten satojen kohdalla, vaikka kasvuston väristä

sitä ei voinut päätelläkään. Pelkkä annetun typen määrä ei selitä asiaa, sillä alhaisimmalla N-määrällä saatiin suurin ja valkuaispitoisin sato, mutta oikea lisätypen ajoitus ja muoto olisi voinut nostaa yleisesti kaikkien koejäsenten valkuaispitoisuutta.

120 kg N/ha -kaistalla SPAD-arvot olivat kaikkina mittausajankohtina muita kaistoja suuremmat ja 80- ja 100 kg N/ha -kaistoilla SPAD-arvoissa ei ollut eroa. Viimeisellä lehtivihreäpitoisuuden mittauskerralla kaikki SPAD-arvot olivat lähes samat, mutta maan typpipitoisuuksissa oli suurimman ja pienimmän pitoisuuden välillä yli 10 kg/ha ero. Alhaisimman ja korkeimman typpilannoituksen kohdalla SPAD-arvot nousivat maan typpipitoisuuden aletessa, kuten voi olettaakin tapahtuvan, mutta 100 kg N/ha -kaista käyttäytyi aivan päinvastoin. Tässä kokeilussa kasvin typpipitoisuudesta kertovat SPAD-arvot eivät siis selkeästi kuvastaneet maan typpipitoisuuden vaihteluja.

Vuonna 2009 kasvuolosuhteet olivat hyvät ja monilla tiloilla saatiin ennätysmääriä (Liespuu 2009). Myös TEHO:n kokeilussa sato oli hyvä kaikilla koekaistoilla. Paras sato saatiin kaistalta, jolla typpilannoitus oli jaettu 50+30 kg/ha. Sato oli toiseksi paras kaistalla, jolle kaikki lannoitus oli annettu kerralla ja heikoin kaistalla, jolla typpilannoitus oli jaettu 50+50 kg/ha.

Yksi mahdollinen satotasojen selittävä tekijä lienee koekaistojen eri esikasvihistoria. Kaistalla, jolle lannoitusta annettiin vähiten, mutta jolta saatiin paras sato, oli pari vuotta aiemmin viljelty kuminaa. Kuminan suotuisa esikasvivaikutus on saattanut vaikuttaa satotasoon, vaikka edellisen vuoden kasvilajina koko loholla oli Prestige-mallasohra. Tässä kokeilussa viljelyn monipuolistaminen ja esikasviarvon hyödyntäminen on voinut olla osin syynä siihen, että pienemmällä typpilannoituksella on saatu suurempi ja hieman parempi-laatuinen sato.

Kasvuun kuluu paljon ravinteita sekä energiaa, ja sadon kasvaessa myös ravinteiden tarve kasvaa. Vuoden 2009 kesällä typpilannoitus ei useilla tiloilla riittänyt kevätkuivilla myllyvehnälle vaadittavaan 12,5 % valkuaiseen (Liespuu ym. 2009). Näin kävi myös TEHO-hankkeen kokeilutilalla, mutta onko syynä N-lannoituksen määrä, joku muu tekijä vai näiden yhteisvaikutus. Valkuaispitoisuuksissa ei ollut suuria eroja koekaistojen välillä eli typen määrä ei ollut ratkaiseva tekijä valkuaispitoisuuden kannalta. Suurimmat valkuaispitoisuudet saatiin kuitenkin kaistoilta, joilla typpilannoitus oli jaettu kahteen osaan. Valkuaista olisi ehkä voitu nostaa antamalla lisätyppeä vielä tähkälletulovaiheessa.

Puinnin yhteydessä tehtyjen mittausten perusteella typpeä jäi huuhtoutumiselle alttiiksi 20 - 60 cm:n syvyyteen eniten 120 kg N/ha -kaistalle. Tämä voi kertoa siitä, että tältä kaistalta osa muokkauskerroksen liukoisesta tyypestä on kesän aikana jo huuhtoutunut veden mukana maakerroksissa alaspäin. 120 kg N/ha -kaistan typpitaso oli positiivinen ja vertailuista korkein. Toisaalta muokkauskerroksen typpipitoisuus oli puinnin aikaan tässä koejäsenessä alhaisin. Nämä havainnot voivat viitata siihen, että kasvusto ei ole pystynyt käyttämään hyödyksi kaikkea lannoitusta vaan osa siitä on huuhtoutunut kesän aikana. Osa tyypeistä on voitu menettää myös denitrifikaation tai muun typen haihtumisen myötä.

3. Viljelijän kokemuksia

Kokeilussa saatiin kuva typpilannoituksen jakamisesta käytännön viljelyssä. Viljelijä toteutti jaetun lannoituksen parhaaksi katsomallaan tavalla. Lohkon aikaisempi satotaso oli 5000 - 6000 kg/ha, mutta alhaisesta viljan hinnasta johtuen viljelijä jätti lannoituksen lohkolla alle ympäristötuen salliman enimmäismäärän. Lannoitustaso oli linjassa aiempien vuosien tasojen kanssa.

Lisätypen levitysajankohta valikoitui kasvuston kehitysasteen ja sään perusteella. Alun perin yhdelle koekaistalle oli tarkoitus levittää lisätyppeä vielä toisen kerran. SPAD-arvot olivat kuitenkin niin korkeita, ettei niiden perusteella lisätyppeä tarvittu. Viljelijä arvioi jälkeinpäin, että lisätyppeä olisi pitänyt antaa vielä tähkälle tulovaiheessa lehtilannoitukseksi. Vehnän valkuainen jäi kokeilussa alhaiseksi. Myös viljelijän aikaisempien kokemusten mukaan Amaretto-vehnällä valkuainen jää usein liian alhaiseksi eli kyseessä voi olla osittain myös lajikeominaisuus. Virallisissa lajikekokeissa vuosina 2002 - 2009 Amaretton valkuaispitoisuus on ollut keskimäärin 12,2 %, kun yhtä lukuun ottamatta muiden lajikkeiden keskiarvot ovat olleet yli 13 % (Salo ym. 2010).

Tilalla ei ole kokeiltu antaa lisätyppeä tähkälle tulovaiheessa aikaisempina vuosina. Viljelijän mukaan jaetussa lannoituksessa ei kokeiluvuonna säästetty kustannuksia ja työtä oli enemmän. Hyötynä oli kuitenkin riskinhallinta. Viljelijä harkitsi lannoitteen jakamista myös vuonna 2010, mutta se ei toteutunut, koska kylvöille päästiin vasta normaalia myöhempään. Tulevina vuosina typpilannoitus voidaan kuitenkin jakaa. Päätös tehdään aina tilanteen mukaan ja siihen vaikuttavat muun muassa kylvöajankohta ja lannoitteiden hinnat.

4. Johtopäätökset

TEHO:n kokeilussa kesällä 2009 tutkittiin typpilannoituksen jakamisen vaikutuksia maan liukoisen typen pitoisuuteen ja saavutettuun satoon. Viljelykasvina oli Amaretto-kevätkuivä. Kesän aikana seurattiin myös lehtivihreämittausten kasvien typpipitoisuuksia. Lehtivihreämittausten SPAD-arvot eivät tässä kokeilussa täysin kuvastaneet niitä maan typpipitoisuuden vaihtelua, joita koelohkolla mittausten perusteella kesän aikana tapahtui.

Sato oli hyvä kaikilla koekaistoilla. Paras sato saatiin kaistalta, jolla typpilannoitus oli jaettu 50+30 kg/ha. Erot satotuloksissa voivat johtua lannoituksen lisäksi eroista koekaistojen välillä. Yksi mahdollinen satotasojen selittävä tekijä on koekaistojen erilainen historia esikasvien suhteen.

Kasvuun kuluu paljon ravinteita ja energiaa ja sadon kasvaessa myös ravinteiden tarve kasvaa. Vuoden 2009 kesällä typpilannoitus ei TEHO-hankkeen kokeilutilalla riittänyt myl-

lyvehnälle vaadittavaan 12,5 %:n valkuaispitoisuuteen. Valkuaispitoisuuksissa ei ollut suuria eroja koekaistojen välillä. Suurimmat valkuaispitoisuudet saatiin kuitenkin kaistoilta, joilla typpilannoitus oli jaettu kahteen osaan. Viljelijän kokemusten mukaan valkuainen on aiemminkin jäänyt Amaretto-vehnällä liian alhaiseksi. Valkuaista olisi ehkä voitu nostaa antamalla lisätyppeä vielä tähkälletulovaiheessa. Koska SPAD-arvot olivat korkeita ja ylittivät kevätvehnän ohjearvot, lisätypenanto ei kasvukaudella vaikuttanut tarpeelliselta. Jälkikäteen viljelijä arvioi, että lisätyppeä olisi kuitenkin kannattanut antaa.

Yhden kokeilun perusteella ei voida vetää laajakantoisia johtopäätöksiä, mutta tämäkin kokeilu tukee sitä, että **sadon määrään ja laatuun voidaan vaikuttaa typpilannoituksen oikealla ajoittamisella**. Samalla voidaan **mahdollisesti vähentää tarvittavia lannoitteiden kokonaismääriä ja hallita sääolosuhteista aiheutuvia riskejä entistä paremmin**. Mikäli typpilannoituksen jakamisessa onnistutaan, **sadosta saatavat tulot lisääntyvät samalla, kun huuhtoutumiselle altis typpimäärä vähenee**. Vesiensuojelun kannalta yksi ongelmallinen jakso ajoittuu kevääseen lannoitusta seuraaviin muutamiin viikkoihin. Tähän ajanjaksoon osuvat voimakkaat sateet saattavat huuhtoa runsaasti typpeä, sillä pahimmassa tapauksessa kasvien typenotto ei ole vielä edes alkanut. Toinen hankala jakso ajoittuu sadonkorjuun jälkeiseen aikaan, jos maahan on jäänyt paljon typpeä käyttämättä. Tämä typpi huuhtoutuu herkästi pois pellolta syys- ja talvisateiden aikana.

Lähteet

Agrimarket 2010a. Typen mittaus. www.digipaper.fi/agrimarket/17720/index.php?pgnumb=3. [Viitattu 7.4.2010]

Agrimarket 2010b. Kasvuohjelma – mittauksia varten. agrimarket.mederra.com/files/gallery/1241011356.pdf. [Viitattu 7.4.2010]

Kauppila, R. 2006. Kannattaako kevätvehnän typpilannoitus jakaa? Leipä leveämmäksi 3/2006: 10-11.

Kemiran maatilakokeet 1998. Kevätvehnäkokeet. www.pellervo.fi/maatila/kemira/kevatveh.html. [Viitattu 29.3.2010]

Kleemola, J. 2009. Jaettuna vai kerralla. Käytännön Maamies 7: 14-17.

K-maatalous 2010. K-maatalouden viljelyohjelma. www.k-maatalous.fi/tuotteet/kasvin-viljely/viljelyohjelmat/Documents/Lehtivihreämittaus_ja_satoennuste.pdf. [Viitattu 7.4.2010]

Kulmala, A. 2006. Peltoviljelysten ympäristömittaukset: Kokemuksia Savijoen valuma-alueelta 2005 - 2006. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2006. Turku, Lounais-Suomen ympäristökeskus. 40 s. www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=60237.

Liespuu, J., Kerminen, A. & Kauppila, R. 2009. Viime kesänä lannoitus ei riittänyt hyvään valkuaiseen. Leipä leveämmäksi 4/2009: 26-30.

Maaseutuvirasto 2008. Ravinnetaseet, Ympäristötuen lisätoimenpide lannoituksen ja sadon ravinnemäärien seurantaan. Helsinki, Maaseutuvirasto. 16 s. www.mavi.fi/attachments/mavi/Viljelijatuet/hakuoppaatjaohjeet/ymparistotuenperusjalisatoimenpiteidenoppaat/5uWe8u-HRL/Ravinnetaseohje_2008.pdf.

Mäntylähti, V., Jaakkola, A. & Kari, M. 2009. Ravinnetarpeiden määrittäminen. Teoksessa: Peltonen, J. & Harmoinen, T. (toim.). Ravinteet kasvintuotannossa. Vantaa, ProAgria Keskusten Liitto. Tieto tuottamaan 127. s. 48-61.

Peltonen, J. 2008. Fosforin lannoitus kannattaa lopettaa. Maatilan Pellervo 10: 32-34.

Ravintoraisio Oy 2009. Ravintoraisio Oy:n sopimus- ja hankintaehdot vilja- ja öljykasveille. Sadonkorjuuvuosi 2009. Raisio, Raisio Oy. 7 s.

Salo, Y., Erlund, P. & Jalli, M. 2010. Kevätvehnä. Teoksessa: Kangas, A. & Harmoinen, T. (toim.). Peltokasvilajikkeet 2010. Vantaa, ProAgria Keskusten Liitto. Tieto tuottamaan 131. s. 25-31.

Valkama, E., Uusitalo, R., Ylivainio, K., Virkajärvi, P. & Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. Agriculture, Ecosystems and Environment, 130, 3-4: 75-85.

OSA II

Pientareiden ja suojakaistojen vaikutukset viljelyn taloudelliseen tulokseen ja työnmenekkiin

Marko Erland

SISÄLLYS

1.	Pientareet ja suojavyöhykkeet	23
1.1.	Ympäristötuen ehdot pientareille ja suojakaistoille	23
1.2.	Pientareiden ja suojakaistojen perustaminen ja ylläpito	23
2.	Taloudellinen kannattavuus ja katetuottolaskelmat	24
2.1.	Pientareiden ja suojakaistojen taloudelliset vaikutukset	24
2.2.	Katetuottolaskelmat	25
2.3.	Konetyön kustannukset	27
2.4.	Herkkyystarkastelu	29
3.	Muut vaikutukset	31
4.	Yhteenveto	32

1. Pientareet ja suojavyökkeet

1.1. Ympäristötuen ehdot pientareille ja suojakaistoille

Maatalouden ympäristötukijärjestelmän (v. 2007 - 2013) yhtenä tavoitteena on maatalouden vesistökuormituksen pienentäminen. Ympäristötuen perustoimiin kuuluu valtaojien varsille jätettävä vähintään yhden metrin levyinen piennar. Pientareen tulee olla kasvipeitteinen eikä sitä saa muokata tai käsitellä torjunta-aineilla. Piennarta ei tarvitse niittää, mutta vesakoituminen on estettävä. Sadon saa hyödyntää.

Peruslohkon reunoilla olevat pientareet lasketaan peruslohkon pinta-alaan tietyin ehdoin. Lohkon alaan kuuluville pientareille maksetaan samat tuet kuin muullekin lohkolle. Piennar saa olla enintään kaksi metriä leveä ojan niskasta kasvuston reunaan, jos reunaoja on yli kolme metriä leveä. Jos reunaoja on alle kolme metriä leveä, piennar saa olla kaksi metriä ojan keskeltä kasvuston reunaan. Ympäristötuen ehtojen mukaiset pientareet ja monimuotoisuuspiennarit saavat kuitenkin olla keskimäärin enintään kolme metriä leveitä mitattuna ojan niskasta kasvuston reunaan.

Pientareiden lisääminen olisi vesiensuojelun lisäksi tärkeää myös luonnon monimuotoisuuden näkökulmasta. Ympäristötuen ehdot sallivat peruslohkon kaikille reunoille jätettävän monimuotoisuuspiennarin. Hoitovaatimukset ja rajoitukset ovat samat kuin valtaojan varteen jätettävällä pientareella. Monimuotoisuuspiennarta ei tarvitse erottaa omaksi kasvulohkokseen, joten sille maksetaan sama tuki kuin muullekin lohkolle.

Valtaojaa suurempien vesiuomien varteen ja talousvesikaivojen ympärille on perustettava monivuotisen kasvillisuuden peittämä suojakaista, joka voi olla 3 - 10 metriä leveä. Suojakaista on erotettava omaksi kasvulohkoksi, jos se on yli 3 metriä leveä. Suojakaista on pidettävä hoidettuna esimerkiksi niittämällä. Sadon saa käyttää hyödyksi, mutta korjuuvelvoitetta ei ole. Erillisenä kasvulohkona ilmoitettavalle suojakaistalle maksetaan normaalit tuet (mm. tilatuki, LFA-tuki ja sen lisäosa, ympäristötuki), jos lohko on vähintään 0,05 ha.

1.2. Pientareiden ja suojakaistojen perustaminen ja ylläpito

Tässä raportissa, joka on kirjoitettu huhtikuussa 2010, tarkastellaan pientareiden ja suojakaistojen hoitoa ensisijaisesti kasvinviljelytilan näkökulmasta, jolloin niillä kasvavaa kasvustoa ei useinkaan hyödynnetä.

Ympäristötuen ehtojen mukaisilla pientareilla, monimuotoisuuspiennareilla ja suojakaistoilla on oltava nurmi-, heinä- ja niittykasvillisuuden muodostama kasvusto. Kasvilajien osalta ei ole asetettu tätä tarkempia rajoituksia tai vaatimuksia. Alueen vesakoituminen tulee estää, eli puuvartisista kasveista, kuten paju, ei alalla saa kasvaa. Yleensä pientareita ei tarvitse

erikseen perustaa, jos pientareella on jo ennestään sopiva kasvipeite. Suojakaistat vaativat erillisen perustamisen. Jos pientareen tai suojakaistan kasvillisuus tuhoutuu esimerkiksi talven aikana tai ojen kaivuun yhteydessä, on alalle kylvettävä uusi kasvusto mahdollisimman pian. Vaurioitumisesta ja uusimisesta tulee ilmoittaa kunnan maatalousviranomaiselle.

Jos perustettavan monimuotoisuuspientareen ala on muokattuna, voi siihen kylvää esimerkiksi timotein siementä, joka on edullinen monivuotinen vaihtoehto. Kylvön voi pienille aloille tehdä käsin pintakylvönä, joko edullisella käsikylvökoneella tai perinteiseen tyyliin ”vakkakylvönä”. Myös traktori- tai mönkijäkäyttöisiä piensiemenkylvökoneita voi käyttää, joskin siemenen menekki voi olla pienen levitysleveyden vuoksi käsikylvöä suurempi. Kylvökoneen piensiemennäköllä on vaikeaa kylvää kasvustoa aivan ojan reunaan asti. Erityisesti kuivina keväinä voi siementen itämistä edistää siementen multaamisella esimerkiksi rikkaakeellä tai muulla vain vähän maata sekoittavalla laitteella. Kasvuston voi perustaa myös viljan aluskasviksi.

Pientareilla ei vaadita paljoa ylläpitotoimia. Hukkakauran torjunnasta ja vesakoitumisen estämisestä tulee kuitenkin huolehtia. Rikkakasvien kurissapitämiseksi pientareiden ja suojakaistojen niitto on kuitenkin sallittua ja käytännössä myös suositeltavaa. Lisäksi niittojätteen poiskorjuu on toivottavaa. Esimerkiksi juolavehnekasvusto ja ohdake pysyvät mukavasti kurissa jo vuosittaisen yhden - kahden niitokerran avulla. Pientareita ei saa niittää ennen 1.8., ellei kyse ole esimerkiksi rikkakasvien torjunnasta, jolloin aiempikin niitto on sallittu. Vastaavana syynä pidetään niittoa yhtä aikaa muun lohkon kasvillisuuden kanssa. Tällöin aikaistetun niiton syy tulee kirjata lohkokohtaisiin viljelymuistiinpanoihin.

2. Taloudellinen kannattavuus ja katetuottolaskelmat

2.1. Pientareiden ja suojakaistojen taloudelliset vaikutukset

Pientareiden ja suojakaistojen taloudelliset vaikutukset voidaan viljelijän näkökulmasta jakaa kolmeen eri osaan:

1. vaikutukset peltolohkon tukikertymään ja katetuottoon
2. vaikutukset konetyön kustannuksiin ja työn menekkiin (perustaminen ja hoito)
3. vaikutukset lohkon muuhun viljelyyn

Teoriassa peltolohkon katetuoton muutokset sisältävät kaikki viljelyssä tapahtuvat tulojen ja kustannusten muutokset. Käytännössä on kuitenkin syytä käsitellä pientareiden ja suojakaistojen aiheuttamia vaikutuksia vielä yksityiskohtaisemmin, jotta tulokset olisivat yksittäisen maatilan kannalta järkevästi hyödynnettävissä.

Tukikertymän muutokset ovat taloudellisista vaikutuksista helpoimmin arvioitavissa. Pien-

tareiden ja monimuotoisuuspientareiden osalta lohkon tuet pysyvät ennallaan. Leveydeltään 3 - 10 metrin suojakaista, joka erotetaan muusta lohkosta erilliseksi kasvulohkoksi, saa normaalit hehtaarikohtaiset maataloustuet, mutta tietyt kasvikohtaiset tukimuodot jäävät pois. Tällöin suojakaistan tukikertymä on hieman muuta peruslohkoa pienempi.

Pientareiden ja suojakaistojen perustaminen ja hoito saattaa vaatia koneinvestointeja, lohkon muusta viljelystä erillisiä työvaiheita tai urakoitsijan käyttöä. Nämä kustannukset vaihtelevat suuresti riippuen kunkin tilan konekannasta, koneiden käyttöasteesta ja viljelijän työlleen asettamasta palkkavaatimuksesta.

Perustettava piennar tai suojakaista vaikuttaa myös peruslohkon varsinaiseen viljelyyn. Viljelyala pienenee, mutta samalla voidaan esimerkiksi suoristaa hankalia mutkia lohkon reunoilla. Piennar tai suojakaista antaa myös lisää tilaa koneiden kääntämiseen päisteissä. Etenkin muodoltaan epäsäännöllisillä lohkoilla ja tehokkailla koneilla työskenneltäessä työnmenekki saattaa vähentyä viljelytoimien nopeutuessa. Myös nämä muutokset kustannuksissa vaihtelevat suuresti tapauskohtaisesti.

Kolme metriä leveää piennarta voi tarvittaessa käyttää ajourana. Näin peltoliikenne saadaan keskitettyä pois satokasvien viljelyalalta, jolloin maan tiivistymisen haitat vähenevät. Märissä olosuhteissa on kuitenkin huomattava, että mikäli pientareen kasvillisuus tuhoutuu, täytyy se perustaa uudelleen.

Pientareiden ja suojakaistojen etuna on myös, että muuta lohkoa heikommin kasvaville, usein tiivistyneille päistealueille käytettävien panosten määrä pienenee. Tämän ansiosta lohkon ravinnetase voi parantua ja mahdollisesti myös sadon laatu voi olla entistä korkeampi. Muuta lohkoa heikommin kasvavien, usein varjoisten reunavyöhykkeiden sato saattaa valmistua hieman pellon keskiosia myöhemmin, jolloin kuivauskustannukset nousevat. Näiden alueiden sato laskee myös koko sadon hehtolitrapainoa. Myös nämä hyödyt vaihtelevat suuresti peltolohkosta riippuen.

2.2. Katetuottolaskelmat

Katetuottolaskelma kuvaa viljelyn kannattavuutta eli tulojen ja menojen erotusta. Laskelmassa huomioidaan viljelystä saatavien tulojen (tuet ja myyntituotot) lisäksi kaikki viljelyn vaatimat muuttuvat ja kiinteät kustannukset sekä työn menekki. Muuttuvia kustannuksia ovat esimerkiksi lannoitteet, siemenet, polttoaineet sekä muut viljelykasvin ja satotason myötä muuttuvat kustannukset. Kiinteitä kustannuksia ovat puolestaan koneiden pääomajä korjauskulut, pellon kulut (vuokra tai pääomakulu) ja rakennusten kustannukset. Nämä eivät vaihtele vuosittain tai kasvilajin vaihtuessa, ellei tarvita uusia koneinvestointeja. Lisäksi kustannukseksi lasketaan työkulu, joka määritellään maataloustyöntekijän palkan ja palkan sivukulujen summana. Laskelma laaditaan yleensä kuvaamaan yhden peltohehtaarin tuottoja ja kuluja.

Kevään 2010 hintasuhteilla kaikkien peltoviljelykasvien katetuotto on negatiivinen. Tämä

merkitsee sitä, että viljelijä ei saa työilleen sitä tuntipalkkaa, joka kustannuksissa on työku-
luksi arvioitu, eikä viljelyyn sijoitetulle pääomalle vaatimusten mukaista korkotuottoa. Vilje-
lystä ei myöskään muodostu yrittäjänvoittoa. Jos katetuotto on 0, viljelijä on saanut työilleen
vuoden 2009 tasolla 14,50 euron tuntipalkan ja liikepääomalle 5 % koron. Jos katetuotto
on positiivinen, on nollan ylittävä osuus yrittäjän voittoa.

Seuraavassa on arvioitu eri viljelykasvien hehtaarikohtaiset katetuotot ja vertailtu niitä
pientareiden ja suojakaistojen katetuottoihin (taulukko 1). Laskelmissa on käytetty A-tu-
kialueen peltotukia, jotka ovat käytännössä yhteismäärältään samat myös B-tukialueella.
Laskelmissa ei ole mukana mahdollisia tilakohtaisia tilatuen lisäosia. Laskennan perus-
teena on käytetty ProAgrian Tuottopehtori-mallilaskelmia sekä maatalouskalenteri 2010:n
tietoja. Ostopanosten hintataso on helmikuun 2009 mukainen ja tuotteiden hinnat marras-
kuun 2009 arvioita ¹⁾.

Suojakaistojen ja pientareiden vaatimaksi työmääräksi on oletettu perustamisvuonna 4,3
tuntia hehtaaria kohden ja seuraavina vuosina 3,3 tuntia ²⁾. Laskelmat perustuvat perus-
tamisvuoden työmäärään. Vertailun vuoksi kevätiljoilla työmäärä on tavanomaisessa
tuotannossa 12 ja luomutuotannossa 13 tuntia hehtaaria kohden. Piennar tarkoittaa pe-
ruslohkon reunalla olevaa, korkeintaan 3 metriä leveää monimuotoisuuspiennarta. Suoja-
kaista on vesistön varrella oleva 3 - 10 metriä leveä, muusta lohokosta erotettu alue.

Taulukosta 1 nähdään, että katetuottolaskelmien perusteella pientareet ja suojakaistat
ovat taloudellisesti kannattavia. Kaikilla viljelykasveilla peruslohkon hehtaariuotto on
pientareen tai suojakaistan osalta muuta lohkoa suurempi. Erityisen suuri taloudellinen
hyöty on korkean hehtaarituen kasveilla, sokerijuurikkaalla ja perunalla. Luomutuotannos-
sa pientareet ja suojakaistat eivät ole suhteessa yhtä kilpailukykyisiä kuin tavanomaisessa
tuotannossa. Silti niiden alalta saatava katetuotto on kaikissa tapauksissa suurempi kuin
parhaankaan viljelykasvin katetuotto. Laskelmissa ainoat positiiviset katetuotot saavute-
taan juuri pientareiden ja suojakaistojen avulla.

Katetuottolaskelmat osoittavat, että peltojen viljely aivan vesiuomien reunaan saakka ei
ole taloudellisesti perusteltua. Yleisesti viljelyn kannattavuuden arvioinnissa käytetyillä las-
kentamenetelmillä ja lähtöoletuksilla näyttää siltä, että pientareet ja suojakaistat paranta-
vat viljelyn taloudellista tulosta.

¹⁾ Tuotteiden hinnat ovat pysyneet melko vakaina talven 2009 - 2010. Tuotantopanosten hinnat ovat puolestaan
nousseet, lannoitteiden merkittävästikin. Tämä antaa tavanomaisen kasvintuotannon katetuotosta liian positiiv-
vistä kuvan nykyhetkeen (kevät 2010) verrattuna.

²⁾ Pientareen hoito sisältää niiton kaksi kertaa vuodessa, mikä ei ole käytännössä kovinkaan yleistä. Murskai-
mella ajetaan 3 m piennar edestakaisin (nopeus 4 km/h, työsaavutus 0,66 ha/h). Suojakaistalla, missä tilaa
on enemmän, voidaan käyttää suurempia nopeuksia, jolloin hehtaarikustannus pienenee. Tätä ei laskelmissa
ole huomioitu. Kylvökustannuksena on oletettu kylvö käsikylvökoneella, työsaavutus 1 ha/tunti. Kylvökoneen
hinta noin 100 euroa (alv 0 %) sisältyy yleiskustannuksiin.

Taulukko 1. Eri viljelykasvien sekä samalla peruslohkolla sijaitsevien pientareiden ja suojakaistojen (oma kasvulohko) tuotot, kustannukset sekä katetuotot (euroa/hehtaari).

	Piennar ja suojakaista	Vehnä	Ohra	Kaura
TUOTOT	532	966	932	852
KUSTANNUKSET				
Muuttuvat	90	722	629	634
Kiinteät	54	879	883	887
Katetuotto	-106	-635	-580	-669
	Piennar	Suojakaista	Ruis	Rypsi
TUOTOT	573	532	953	1093
KUSTANNUKSET				
Muuttuvat	90	90	740	730
Kiinteät	548	548	931	910
Katetuotto	-65	-106	-718	-547
	Piennar	Suojakaista	Luomuvehnä	Luomukaura
TUOTOT	711	711	1229	1221
KUSTANNUKSET				
Muuttuvat	90	90	466	412
Kiinteät	548	548	913	933
Katetuotto	73	73	-151	-124
	Piennar	Suojakaista	Sokerijuurikas	
TUOTOT	1316	532	2306	
KUSTANNUKSET				
Muuttuvat	90	90	1723	
Kiinteät	548	548	1058	
Katetuotto	678	-106	-475	
	Piennar	Suojakaista	Peruna	
TUOTOT	932	532	5012	
KUSTANNUKSET				
Muuttuvat	90	90	2536	
Kiinteät	548	548	2835	
Katetuotto	294	-106	-359	
	Piennar	Suojakaista	Luomuruus	Luomurypsi
TUOTOT	752	711	1216	1142
KUSTANNUKSET				
Muuttuvat	90	90	390	321
Kiinteät	54	54	940	95
Katetuotto	114	73	-114	-134

2.3. Konetyön kustannukset

Yleiset katetuottolaskelmat eivät aina anna todellista kuvaa yksittäisen tilan taloudellisen kannattavuuden muutoksista. Esimerkiksi olemassa oleva vanha, mutta toimiva konekanta voi mahdollistaa toiminnan hyvinkin pienillä kustannuksilla laskennallisiin konekustannuksiin nähden.

Konekustannusten arvioinnin perustana voidaan käyttää niittomurskauksen tai lautasniiton urakointihintoja. Vertailun vuoksi voidaan laskea myös konekustannus halvalla sänki

murskaimelle tai lautasniittokoneelle. Mikäli vanhaa kalustoa on käytössä, kustannuksina voidaan kuitenkin joskus pitää lähinnä traktori- ja työkustannusta.

Taulukossa 2 on esitetty erilaisten pientareiden ja suojakaistojen hoitoon kelpaavien työko-
neiden käyttökustannuksia. Kustannukset riippuvat suuresti koneen vuotuisesta käytöstä,
minkä vuoksi kunkin koneen kohdalla on ilmoitettu vuotuinen käyttötuntimäärä. Tauluk-
koon on laskettu myös kahden eri traktorin tuntikustannus. Laskelmat perustuvat Työte-
hoseuran konekustannuslaskelmien lähtötietoihin sovellettuna alkuvuoden 2010 kustan-
nustasoon.

Oletuksina konekustannusten laskennassa on käytetty sänkimurskaimelle 10 vuoden ja
lautasniittokoneelle 12 vuoden poistoaikaa. Jäännösarvo on 0. Vuotuinen ylläpitokustan-
nus on 4 % uuden koneen hankintahinnasta ja korkokanta 5 %. Uuden traktorin oletettu
poisto aika on 7 vuotta ja jäännösarvo 45 % jälleenhankintahinnasta. Traktorikustannukset
sisältävät ajajan palkan 14,50 euroa tunnissa. Kustannukset ovat arvonlisäverottomia.

Taulukko 2. Erilaisten niittokoneiden ja traktorien tuntikustannuksia.

Konetyyppi	Hinta € (ALV 0 %)	Käyttökustannus €/h (ALV 0 %)
Sänkimurskain (10 h)	3000	49,50
Sänkimurskain (30 h)	3000	16,50
Sänkimurskain (100 h)	6000	9,90
Lautasniittokone (10 h)	1000	27,50
Lautasniittokone (60 h)	3000	7,10
"Vanha kone" (10 h)	0	12,00
Traktori 60 - 70 kW (600 h)	29000	29,20
Traktori, vanha (100 h)	0	23,70

Traktoriyö sisältää ajajan palkan sivukuluineen 14,50 €/h

Vuonna 2008 traktoriyön toteutunut urakointihinta oli keskimäärin 36,80 euroa tunnilta.
Vastaavasti niittomurskauksen urakointihinta oli keskimäärin 55 euroa tunnilta (TTS tutki-
mus/Maatalouskalenteri 2010).

Maatalouskoneiden käyttökustannukset ovat hyvin vahvasti riippuvaisia niiden vuotuisesta
käytöstä. Vähäisellä käytöllä halvankin koneen tuntikustannus nousee huomattavaksi.
Kun taulukon ensimmäisen sänkimurskaimiesimerkin tuntikustannukseen 49,50 euroa li-
sätään uuden traktorin tuntikustannus 29,20 euroa, huomataan, että urakoitsija niittäisi
hehtaarin huomattavasti halvemmalla.

Vastaavasti vanhankin koneen vuotuiset käyttökulut tuntia kohden voivat olla suuret. Tau-
lukossa on oletettu vanhan traktorin ja niittokoneen kiinteiksi kuluiksi 0 euroa ja huoltokus-
tannuksiksi vastaavan uuden koneen vuotuiset kulut. Pienellä käyttötuntimäärällä jo huolto-
ja käyttökulut sekä ajajan palkka nostavat tuntikustannuksen yhteensä yli 30 euroon.
Tämä on kuitenkin jo selvästi edullisempaa kuin urakoitsijan käyttö.

Päätoimisen viljatilän viljelijän vuotuinen työaika on yleensä niin pieni, ettei ole mielekasta arvioida työkustannusta maataloustyöntekijöiden palkkakustannuksen perusteella. Jos viljelijä ei laske työlleen täyttä palkkavaatimusta, laskee vanhoilla koneilla tehdyn työn tuntikustannus merkittävästi. Koska kaikkien viljelykasvien katetuotto on negatiivinen, viljelijä tinkii käytännössä joka tapauksessa palkkavaatimuksestaan kaikessa viljelyssä.

Yleensä pelkkien pientareiden ja suojakaistojen hoitoa varten ei ole taloudellisesti mielekasta investoida kovinkaan paljon konekantaan, sillä koneen vuotuiset käyttötunnit jäävät vähäisiksi. Jos koneille on tilalla muutakin käyttöä, pientareiden ja suojakaistojen hoitokulut ovat pienet. Monilla tiloilla saattaa kuitenkin olla vanhoja niittokoneita, jotka ovat hyvin käyttökelpoisia tässä tarkoituksessa. Myös sänki- ja vesakkomurskaimet sekä muu erilaisten nurmien (mm. kesanto, viherlannoitus, rehunurmi) niittoon tarkoitettu kalusto on yleistynyt myös muilla kuin nautatiloilla. Kolmen metrin levyinen piennar mahdollistaa ajon traktorilla, jolloin esimerkiksi sivusiirrolla varustetulla niittomurskaimella voidaan niittää sekä piennaralue että ojan luiska.

2.4. Herkkyystarkastelu

Taloudellisen toiminnan kannattavuus riippuu aina viime kädessä toiminnan vaihtoehtokustannuksista. Tämä tarkoittaa sitä vaihtoehtoista tuloa, joka olisi saatavissa muualta tietyn työvaiheen suorittamiseen kuluvana aikana. Myös vapaa-aika voi olla vastaava vaihtoehtokustannus. Tilalla, jossa viljelijän työ määrää ei voida enää kasvattaa tai joudutaan jo nyt käyttämään ulkopuolista työvoimaa, vaihtoehtokustannus on työntekijän palkan suuruinen. Päätoimisella viljatilalla viljelijä ei ole aina täystyöllistetty, jolloin vaihtoehtokustannus saattaa olla hyvin pieni.

Kun viljelyn kustannuksia ja hyötyjä arvioidaan pelkkien katetuottolaskelmien pohjalta, on oletuksena, että toiminnan vaihtoehtokustannus on maataloustyöntekijän palkan tai urakointikustannusten suuruinen. Konekustannukset oletetaan uusien koneiden kustannusten mukaisiksi. Useimmilla tiloilla tämä ei kuitenkaan käytännössä päde. Edellä esitettyjä katetuottolaskelmia tulee tämän vuoksi tarkastella myös erilaisilla lähtöoletuksilla, jolloin jokainen viljelijä voi itse arvioida toimien kannattavuutta omalla tilallaan.

Lyhyellä aikavälillä viljelijä arvioi toimintansa kannattavuutta käytännössä viljelyn tuottojen (myyntitulot sekä tuet) ja muuttuvien kustannusten erotuksena. Kiinteät kone- ja rakennuskustannukset sekä palkka- ja korkovaatimukset eivät suoraan vaikuta yrityksen kassavirtaan yksittäisenä vuonna. Siksi pientareiden ja suojakaistojen kannattavuutta on syytä tarkastella myös tällaisesta näkökulmasta.

Normaali käytännön tilanne on, ettei viljelijä laske vanhoille koneille juurikaan kustannuksia. Jos vanhaa traktoria syystä tai toisesta joka tapauksessa ylläpidetään, muuttuvia kustannuksia ovat lähinnä polttoainekulut. Jos arvioidaan poltto- ja voiteluainekustannukseksi 4,10 euroa tunnissa ja siemenkustannukseksi 12 euroa hehtaarilta tulee pientareen tai suojakaistan vuotuisiksi muuttuviksi kustannuksiksi ilman työtä ensimmäisenä vuonna noin 26 euroa ja sen jälkeen 14 euroa hehtaarilta. Tällä panostuksella saa siis normaalit

tuet. Vastaavasti ohrahehtaarin vastaavat muuttuvat kustannukset ovat 456 euroa ja myyntituotot 400 euroa (4000 kg/ha satotasolla)³⁾. Ohrahehtaaria kohden vaaditaan 12 tuntia työtä, suojakaistahehtaaria kohden 4,3 tuntia ensimmäisenä ja 3,3 tuntia seuraavina vuosina. Pientareen alalta saa siis edelleen hieman muuta lohkoa paremman tuoton kolmasosalla viljahehtaarin työmäärästä.

Luomutuotannossa vastaavan kustannuksen laskeminen on huomattavasti vaikeampaa, sillä yksittäisen vuoden muuttuvat kustannukset ja tuotot ovat riippuvaisia myös viljelykierron edellisistä vuosista. Toisaalta esimerkiksi viherlannoitusvuosina suojakaista tai piennar tulee hoidettua osana koko lohkoa. Yksittäisen viljavuoden tuotot ovat kuitenkin suojakaistaa paremmat. Tämä johtuu siitä, että luomutuotannossa viljelyn muuttuvat kustannukset ovat aina pienet. Luomutuotannossa totuudenmukainen vertailu vaatisi kuitenkin katetuoton laskemisen koko viljelykierrolle tilakohtaisesti.

Jos traktorille lasketaan käypä tuntikustannus, ero pientareen ja suojakaistan hyväksi kasvaa, koska myös traktorityötä tarvitaan vain neljäsosa viljahehtaariin verrattuna. Työmeneikin erosta johtuu myös, että mitä suurempi työvoimakustannus on, sen kannattavampia ovat pientareet ja suojakaistat. Samoin pientareiden suhteellinen kannattavuus paranee, kun peltolohkon tukitaso nousee. Suojakaistojen (3 - 10 m) tuki sen sijaan pysyy aina vakiona, joten peruslohkon tukitason noustessa niiden suhteellinen asema heikkenee.

Kiinteisiin kuluihin ja pääomakuluihin pientareilla ja suojakaistoilla ei juuri ole vaikutusta. Niiden kokonaisala on harvoin niin suuri, että se vaikuttaisi tilan kaluston tarpeeseen tai kulumiseen suuntaan tai toiseen.

Kevään 2010 viljan ja toisaalta tuotantokustannusten hinnoilla suurikaan satotaso ei tuota yhtä hyvää taloudellista tulosta kuin pientareet ja suojakaistat. Tämä johtopäätös on sama sekä käytettäessä katetuottolaskelmien laskennallisia kustannuksia että käytännön viljelyyn sovellettua muuttuvien kustannusten ja tuottojen vertailua. Pientareet ja suojakaistat ovat kannattavia, vaikka hoidon teettäisi urakoitsijalla. Jos viljelijä tekee työn itse vanhoilla koneilla ja pienellä palkkavaatimuksella, kannattavuus paranee entisestään.

Jotta viljelykasveista saataisiin sama hehtaarikohtainen katetuotto kuin pientareilta ja suojakaistoilta, tulisi oletetulla panoskäytöllä ja panosten hintatasolla saavuttaa viljoilla yli 10 tonnin ja rypsiä 4 tonnin hehtaarisato. Tämä vaatisi todellisuudessa huomattavaa tuotantopanosten käytön lisäämistä, eikä tulos silti olisi mahdollista kuin parhailla peltolohkoilla.

Tuotteista saatavalla hinnalla on myös olennainen vaikutus viljelyn katetuottoihin. Jos tarkastellaan tilannetta vuodenvaihteen 2007 - 2008 hintatasolla⁴⁾, vehnän ja ohran katetuotto on 4 tonnin hehtaarisadolla edelleen puolta heikompi kuin pientareilla ja suojakaistoilla. Rypsi sen sijaan saavuttaa 2 tonnin hehtaarisadolla saman katetuoton. Tässä tarkastelussa tuotantopanosten hinnat ovat kuitenkin nykyisellään, mikä antaa viljelykasvien katetuotosta liian positiivisen kuvan. Todellisuudessa viljan hinnan nousu nostaa myös tuotantopanosten kysyntää ja hintoja, mikä nähtiin selkeästi vuonna 2008.

³⁾ 5000 kg/ha satotasolla ohran tuotot ovat 500 euroa ja kulut 537 euroa sekä vehnän 543 euroa ja 621 euroa.

⁴⁾ Vehnä 220 €/tn, reuhevhnä ja ohra 200 €/tn ja rypsi 500 €/tn

3. Muut vaikutukset

Ympäristötuen ehtojen mukaan ojien pientareita ei saa käsitellä torjunta-aineilla. Pientareilla kasvaa usein esimerkiksi ohdaketta ja muita kestorikkakasveja. Mikäli lohkon reunalla on kolme metriä leveä monimuotoisuuspiennar tai suojakaista, on pientareen ja ojan luiskan niittäminen mahdollista myös kasvukauden aikana. Näin voidaan torjua kestorikkakasveja ja estää niiden siementäminen ja leviäminen muulle lohkolle.

Monimuotoisuuspientareiden ja suojakaistojen avulla on mahdollista helpottaa etenkin epäsäännöllisen muotoisten peruslohkojen viljelyä. Hankalat nurkat ja mutkaiset ojanvarret voi oikoa niin, että työkoneilla on entistä helpompi ja myös nopeampi liikkua lohkolle. Myös päisteisiin saadaan näin lisää esteetöntä kääntymistilaa.

Lohkon viljelyn helpottumisen aiheuttamia kustannusvaikutuksia ei voida laskennallisesti arvioida muuten kuin tapauskohtaisesti. Yleisesti voidaan kuitenkin arvioida nämä vaikutukset positiivisiksi. Etenkin pienillä tai epäsäännöllisillä lohkoilla, joiden reunoilla on esteitä (pylväät yms.) ylimääräinen pelivara saattaa helpottaa työtä merkittävästi ja säästää jopa konerikoilta. Tätä riskiä on vaikeaa suoraan hinnoitella, mutta pahimmillaan kesken kiireisen kylvö- tai sadonkorjuusesongin sattunut konerikko voi aiheuttaa merkittäviä kustannuksia.

Suomen peltolohkot ovat keskimäärin melko pieniä. Tätä pidetään merkittävänä haittana etenkin suurten koneiden tehokkaan käytön näkökulmasta. Lohkon reunoille jätettävät pientareet ja suojakaistat pienentävät viljelyssä olevaa pinta-alaa. Tämä haitta voidaan kuitenkin arvioida niin pieneksi, ettei sillä ole merkitystä viljelytoimien kokonaistehokkuuden näkökulmasta. Keskimääräisellä lohkolle reunamuotojen selkeytyminen kompensoi haittaa.

Esimerkiksi voidaan laskea monimuotoisuuspientareen pinta-alan eteläsuomalaisella lohkolle, jonka pituus on 300 m ja leveys 200 m. Lohko on lähes suorakulmainen, joten viljelytoimien kannalta pientareista on melko vähäinen hyöty. Toisaalta 3 metriä leveä piennar tämän pinta-alaltaan 6 ha lohkon ympärillä vie alaa 0,1 ha eli 1,6 % kokonaisalasta. Koneiden käytön tehokkuuteen pientareella ei voida katsoa olevat negatiivista vaikutusta. Pienillä lohkoilla pientareen suhteellinen ala kasvaa, mutta samalla kasvavat myös viljelytoimien helpottumisen kautta saatavat hyödyt ja ajansäästö.

Pientareet ja suojakaistat pienentävät siis konetyön menekkiä. Tästä seuraa koneiden vuotuisen käyttötuntimäärän vähentyminen. Periaatteessa tämä nostaa muun viljelyn konekustannuksia, mikäli työssä ei käytetä urakoitsijoita. Toisaalta koneiden todellinen kestoai-ka pidentyy käytön vähentyessä. Nämä muutokset ovat kuitenkin niin vähäisiä, että niille ei ole mahdollista laskea arvoa muuten kuin tapauskohtaisesti ⁵⁾.

⁵⁾ Tilanteessa, jossa koneketjun jokin osa on kapasiteettinsa ylärajoilla, voi vuotuisen työmäärän lasku mahdollistaa koneinvestoinnin lykkäämisen. Tämä laskee huomattavasti viljelyn kustannuksia ainakin väliaikaisesti. Toisaalta, jos koneet ovat valmiiksi vajaan käytössä, viljelyalan pieneneminen nostaa konetyön hehtaarikustannuksia.

4. Yhteenveto

Maatalouden ympäristötukeen sitoutuneen viljelijän tulee jättää valtaojien varsille 1 - 3 metriä leveä viljelemätön piennar. Valtaojia suurempien vesistöjen reunaan tulee vastavasti perustaa 3 - 10 metriä leveä suojakaista, josta perustetaan tarvittaessa oma kasvulohkonsa.

Tämän lisäksi peruslohkon kaikille reunoille on mahdollista jättää viljelemätön monimuotoisuuspiennar. Sen hoitovelvoitteet ovat samat kuin pientareilla ja suojakaistoilla: pientareen tulee olla kasvipeitteinen, sen saa niittää ja laiduntaa sekä käyttää sadon hyödyksi. Niitto- tai sadonkorjuuvelvoitetta ei kuitenkaan ole. Ainoastaan vesakon kasvu sekä hukka-kaura tulee torjua. Kemiallisia torjunta-aineita tai lannoitteita ei saa käyttää.

TEHO-hankkeessa on laskettu pientareiden, monimuotoisuuspientareiden ja suojakaistojen taloudelliset vaikutukset. Tulosten mukaan ne ovat peruslohkon tuottavin osa peltoviljelyn taloudellisen kannattavuuden näkökulmasta. Kevään 2010 tuottajahinnoilla ja tuotantopanosten hintatasolla suurestakaan sadosta ei millään peltoviljelykasvilla saa yhtä suurta tuottoa hehtaaria kohden laskettuna.

Pientareille, monimuotoisuuspientareille ja suojakaistoille maksetaan pääsääntöisesti samat tuet kuin muullekin lohkolle ⁶⁾. Koska niiden perustamiseen ja hoitoon kuluu vain pieni osa muun viljelyn vaatimasta työmäärästä ja kustannuksista, muodostuu hehtaarikohtainen tuotto erittäin hyväksi.

Parhaimmillaan pientareiden katetuotto on yli 1000 euroa hehtaarilta parempi kuin viljelykasvilla (sokerijuurikas). Tavanomaisilla viljoilla ero on noin 500 euroa viljan tappioksi. Luomutuotannossa erot ovat pienemmät, mutta kuitenkin selkeät.

Peruslohkoilla, joille maksetaan kasvikohtaisia tukia (esim. valkuaiskasvit, juurikasvit) suojakaistan (yli 3 m leveä, oma kasvulohko) tukitaso on pienempi kuin pientareen. Silti suojakaistankin katetuotto on näillä kasveilla selvästi itse viljelykasvia parempi.

Pientareiden ja suojakaistojen hehtaarikohtainen tuotto olisi viljelykasveja parempi myös nykyistä olennaisesti korkeammilla viljan hinnoilla. Taloudellisessa mielessä viljelijän kannattaa siis perustaa mahdollisimman leveät monimuotoisuuspientareet tai suojakaistat kaikkien peruslokojensa ympärille.

Rikkakasvien torjunta niittämällä pientareilta, monimuotoisuuspientareilta ja suojakaistoilta on mahdollista ja suositeltavaa. Jos piennar on leveydeltään sallitut 3 metriä, mahtuu siinä ajamaan traktorilla. Esimerkiksi sivusiirrolla varustetulla sänki- tai piennarmurskai-

⁶⁾ Suojakaistan pinta-alan tulee kuitenkin olla vähintään 0,05 ha tukien maksamiseksi. Suojakaistalle ei makseta kasvikohtaisia tukia (valkuaiskasvipalkkio ym.).

mella voidaan niittää myös ojan luiska. Säännöllisellä niitolla ohdakkeen, pujon sekä muiden yksi- ja monivuotisten rikkakasvien torjunta ojien pientareilta on helppoa ja tehokasta. Normaalisti ojan pientareilla kasvavia rikkakasveja ei voida torjua viljapeltojen reunoilta kasvukauden aikana tallaamatta kasvustoa.

Kolme metriä leveää piennarta voi tarvittaessa käyttää myös ajourana. Näin peltoliikenne saadaan keskitettyä pois satokasvien viljelyalalta, jolloin maan tiivistymisen haitat vähenevät. Märissä olosuhteissa on kuitenkin huomattava, että mikäli pientareen kasvillisuus tuhoutuu, täytyy se perustaa uudelleen ja ilmoittaa tästä kunnan maatalousviranomaiselle.

Lohkon reunoilla olevat pientareet ja suojakaistat helpottavat lohkon viljelyä. Kun koneilla ei tarvitse ajaa tarkasti ojan reunaa myöten, voidaan työnopeutta nostaa. Kääntyminen peltolohkon kulmissa ja päisteissä helpottuu, kun pientareta tai suojakaistaa voi käyttää hyödyksi. Myös peltolohkon reunassa tai ulkopuolella olevien esteiden aiheuttamat haitat ja törmäyksen aiheuttaman konerikon riski vähenevät.

Monimuotoisuuspientareiden ja suojakaistojen perustaminen ja ylläpito on kannattavaa, vaikka hoitotoimet teetettäisiin urakoitsijalla. Jos tilalla on valmiina niittoon soveltuvaa kalustoa, kannattavuus paranee entisestään. Sen sijaan pienten pinta-alojen (alle 5 hehtaaria) hoitoa varten ei kannata talouden näkökulmasta ostaa halpaakaan uutta konetta. Vain hyvin harvoin tilalla on näin paljon pientareita ja suojakaistoja ⁷⁾.

Uusien monimuotoisuuspientareiden ja suojakaistojen perustamiseen riittää esimerkiksi monivuotisen timotein kylvö, mikäli alalla ei ole ennestään kasvillisuutta. Kylvö on tarpeen vain perustamisvuonna, ellei kasvusto jostakin syystä tuhoudu myöhemmin. Pienille aloille siemenen voi kylvää jopa käsin. Siemenen menekki on noin 5 kg hehtaarille ja hinta noin 2,50 euroa kilolta (alv 0 %). Olemassa olevia piensiemementen kylvökoneita voi tietenkin käyttää. Siemenen voi kylvää myös viljakasvuston sekaan, jolloin puinnin jälkeen alalla on valmis nurmipeite.

Pientareet ja monimuotoisuuspientareet, jotka ovat keskimäärin korkeintaan kolme metriä leveitä, luetaan mukaan peruslohkon pinta-alaan. Niiden osalta riittää, että perustaminen ja hoitotoimet mainitaan lohkokohtaisessa kirjanpidossa. Yli kolme metriä leveät suojakaistat pitää kuitenkin muistaa erottaa muusta lohkoista omaksi kasvulohkokseen.

⁷⁾ Pinta-ala 5 ha, 2 niittoa/vuosi, työsaavutus 0,6 ha/tunti. Kokonaistyöaika 16 tuntia, koneen hankintahinta 3000 € (alv 0 %), tuntikustannus traktorityö mukaan lukien noin 59 €. Niittomurskauksen urakointihinta 55 €/tunti.

OSA III

Kipsikokeilu TEHO-hankkeessa

Maria Yli-Renko ja Kimmo Rasa

SISÄLLYS

Johdanto	35
1. Aineisto ja menetelmät	36
1.1. Kokeilulohkot ja käsittelyt	36
1.2. Maanäytteistä tehdyt analyysit ja kasvustonäytteet	38
1.3. Tilastolliset analyysit	39
2. Tulokset ja niiden tarkastelu	40
2.1. Kipsin levitys	40
2.2. Vesiuuttoinen fosfori	41
2.3. Viljavuusfosfori	42
2.4. Johtoluku	42
2.5. Rikki	44
2.6. Kalsium	46
2.7. Maaperän pH	47
2.8. Kalium ja magnesium	47
2.9. Kipsin vaikutus eroosioon	48
2.10. Sato ja sadon laatutekijät	50
3. Johtopäätökset	51
Lähteet	53

Johdanto

Maatalouden vesiensuojelua koskevilla keskusteluilla puhutaan yleisellä tasolla vesistö- ja rehevöittävästä ravinteista, tuesta ja fosforista. Pohdittaessa tarkemmin ravinteita ja niiden käyttäytymistä maaperässä ja vesistöissä, on huomiota kiinnitettävä kokonaisuutena lisäksi myös siihen, missä muodossa kyseinen ravinne esiintyy luonnossa. Maassa tapahtuvat prosessit vaikuttavat fosforin biologiseen käyttökelpoisuuteen, joka määräytyy viime kädessä sitoutumislujuuden tai orgaanisten yhdisteiden liukoisuuden ja hajoamiskyvyn mukaan. Biosaatavuuden perusteella fosforireservit voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: 1) aktiivinen eli liukoinen fosfori, 2) labiili eli helposti vapautuva fosfori sekä 3) stabiili eli erittäin huonosti käytettävissä oleva fosfori (Hartikainen 2009). Karkeasti ottaen voidaan puhua kiintoaineeseen sitoutuneesta ja sen mukana kulkevasta partikkelifosforista sekä liukoisesta fosfaattifosforista. Vesistökuormituksen kannalta ero on olennainen, sillä liukoinen fosfori on välittömästi levillä ja kasveille käyttökelpoista, kun taas partikkelifosforin käyttökelpoisuuteen vaikuttavat monet lähtöaineen ja vastaanottavan vesistön ominaisuudet.

Fosforin puute rajoittaa luontaisesti perustuotantoa vesistöissä ja fosforimäärän lisääntyminen vesistöissä aiheuttaa niiden rehevöitymistä (Hartikainen 2009). Maatalous on merkittävä vesistöjen kuormittaja eri lähteiden ja laskentatapojen perusteella. Erityistä ongelmaa aiheuttavat saviset eroosioalttiit pellot sekä korkean fosforipitoisuuden pellot. Rehevöitymiskiirteen katkaiseminen vesistöissä on vaikeaa. Vesiensuojelun kannalta onkin olennaista rajoittaa fosforin pääsyä vesistöihin ja kohdistaa ennalta ehkäisevät toimenpiteet valuma-alueelle (Hartikainen 2009). Esimerkiksi kasvipeitteisyyden lisääminen ja suojavyöhykkeet ovat hyviä keinoja vähentää eroosiota ja samalla partikkelifosforin kulkeutumista vesistöön.

Aktiiviseksi fosforikuormituksen vähentämiskeinoksi on viime aikoina esitetty kipsin (kalsiumsulfaatti, CaSO_4) levittämistä peltolohkoille. Yksi menetelmän eduista on se, että loholla voi jatkaa viljelyä entiseen malliin. Kipsin käyttöä voidaan ajatella ns. ratkaisukeskeisenä lähestymistapana, jossa toimenpide suoritetaan kohdennetusti eniten kuormittavilla pelloilla. Menetelmä perustuu maaperätieteen hyvin tuntemiin prosesseihin (Ekholm 2009). Kipsi sisältää kalsiumia, joka on kaksiarvoinen kationi. Kalsium muuttaa maan rakennetta "sitomalla" maapartikkeleja yhteen. Tämä parantaa maan mururakenteen kestävyyttä, jolloin maa kestää paremmin eroosiota (Aura ym. 2006). Samalla vähenee myös hienojakoisen maa-aineksen mukana kulkeutuvan partikkelifosforin liikkuminen valumavesien mukana vesistöön. Lisäksi kipsin liuetessa veteen veden ionivahvuus kohoaa, mikä muuttaa maan sähköisiä ominaisuuksia siten, että liukoisen fosfaattifosforin pidättyminen tehostuu. Maanesteeseen liuennut kipsi siis ikään kuin sitoo liuennutta fosforia maahiukkasten pintaan (Aura ym. 2006). Sidos on kuitenkin niin löyhä, että vaikka fosforin huuhtoutumisriski pienenee, se säilyy kasveille käyttökelpoisena (Pietola & Kulokoski 2009). Lisäksi kalsium ja fosfaattifosfori voivat muodostaa emäksisissä olosuhteissa keskenään niukkaliukoisia yhdisteitä.

Pietolan (2008) tekemissä laboratoriotutkimuksissa saadut tulokset ovat antaneet lupavia tuloksia kipsin toimivuudesta fosforin pidättäjänä. Kipsikäsittelyt vähensivät erityisesti eroosiota, mutta myös liukoisen fosforin huuhtoutumista. Varsinkin hienojakoisilla savi- mailla kipsipohjaisilla tuotteilla näyttäisi olevan eroosiota hillitsevä vaikutus. Valumavesien kirkastuessa myös liunneen fosforin konsentraatio selkeästi väheni, mikä todettiin ensin laboratorio-olosuhteissa. Viljavuusluvun noustessa valumaveden fosforipitoisuus kasvaa, mutta kipsilisäys puolitti pitoisuuden ja vaikutti määrällisesti eniten korkeilla fosforiluvuilla (Pietola & Kulokoski 2010). Laboratoriosta saatujen tulosten perusteella kipsin käyttöä on tutkittu myös kenttäkokein TraP-hankkeessa (Yara Suomi, SYKE, MTT, TTS tutkimus ja Luode Consulting). Hankkeen tulosten mukaan kipsikäsittely vähensi fosforikuormaa vesistöön jopa 60 % tutkimuksen aikana. Kipsi paransi savimaiden eroosiokestävyyttä erityisesti niissä tapauksissa, missä maata muokattiin joko kyntäen tai kultivaattorilla (Palva & Alasuutari 2009). Kipsi sisältää lisäksi kasveille käyttökelpoista rikkiä ja kalsiumia (Mustonen 2008). Kipsi ei kuitenkaan poista pellostä fosforia. Pysyvän vesiensuojelullisen tuloksen saavuttamiseksi lohkojen fosforitilaa on edelleen tarpeen alentaa poistamalla ravinteita pitkäjänteisesti sadon mukana.

Kipsin soveltuvuudesta fosforin huuhtoutumisen vähentäjänä Suomen ilmasto-olosuhteissa ja maalajeilla on saatavissa vielä kuitenkin niukalti tietoa, ja siksi lisäselvitykset ovat tarpeellisia. TEHO-hankkeessa tehdyn kokeilun tarkoituksena oli tuoda lisävalaistusta asiaan tilatason mittakaavassa. On kuitenkin huomioitava, että TEHO:ssa tehty kipsikokeilu perustui lähinnä maaperän kemiallisen tilan seurantaan eikä se täytä koejärjestelyiltään tutkimukselle asetettuja vaatimuksia.

1. Aineisto ja menetelmät

1.1. Kokeilulohkot ja käsittelyt

Yara Suomi Oy:n Siilinjärven kaivokselta peräisin olevaa kipsiä ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) levitettiin TEHO-hankkeen kokeilussa kuudelle Lounais-Suomessa sijaitsevalle peltolohkolle (taulukko 1). Kipsiä syntyy fosforihapon valmistuksen sivutuotteena, kun fosforia erotetaan apatiitista rikkihapolla (Pietola & Kulokoski 2009). Siilinjärven kipsi soveltuu peltokäyttöön, sillä se ei sisällä haitallisia määriä esimerkiksi raskasmetalleja eikä radioaktiivisuutta (Pietola & Kulokoski 2009; Fertilizer International 2000). Peltolohkoille levitettiin kipsiä joko noin 4 tn/ha (kalkinlevityskalusto) tai noin 16 tn/ha (lannanlevitysvaunu). Kipsiä levitettiin syksyllä 2008 sekä sulan maan aikaan että maan ollessa jäässä. Peltolohkoille levitetty kipsi sisältää itsessään fosforia vajaat 0,15 %, jolloin sitä tulee kipsin mukana (4 tn) peltoon noin 5 kg/ha.

Kokeilussa jokainen peltolohko jaettiin kahteen osaan, josta toiselle tehtiin kipsikäsittely (kipsikaista) ja toiselle ei (verrannekaista). Peltolohkon kipsi- ja verrannekaistalla noudatettiin samoja viljelytoimenpiteitä. Kipsin vaikutusta maan kemiallisiin ominaisuuksiin seuratiin.

tiin eri ajankohtina otettujen maanäytteiden avulla. Syksyllä 2008 kokeilulohkoilta otettiin maanäytteet ennen kipsin levitystä. Lohkot olivat multavia ja runsasmultaisia hieta- tai hiesavia (taustanäytteet, taulukko 1). Koelohkolta 3 taustanäyte otettiin vasta kipsinlevitystä seuraavana päivänä. Tällöin maan pintakerros kuitenkin pyrittiin puhdistamaan kipsistä mahdollisimman hyvin, joskin kipsin vaikutusta taustanäytteisiin ei voida täysin sulkea pois. Kaikilta lohkoilta otettiin maanäytteet keväällä ja syksyllä 2009, keväällä 2010 sekä koelohkoilta 4 - 6 syksyllä 2010 kipsin vaikutuksen arvioimiseksi. Lisäksi kolmelta lohkolta (koelohkot 1 - 3) otettiin näytteet myöhäissyksyllä 2008 ennen maan jäätymistä (jatkossa talvi 2008). Muruanalyysiä varten maanäytteitä otettiin viideltä lohkolta (koelohkot 1 - 2 ja 4 - 6).

Taulukko 1. Taustanäytteistä analysoidut tiedot.

Lohko	Fosfori (P)	Kalium (K)	Kalsium (Ca)	Magnesium (Mg)	Rikki (S)	Johtoluku	Maalaji	Multavuus
	mg/l maata					10 x mS/cm		
Lohko 1	15	307	2328	673	9	1	HtS	rm
Lohko 2	15	196	2869	692	7	1	HtS	m
Lohko 3	14	276	4662	168	59	2	HtS	rm
Lohko 4	79	182	2231	158	6	1	HeS	m
Lohko 5	17	194	1743	72	7	1	HeS	m
Lohko 6	74	241	3232	120	11	2	HeS	m
MEDIAANI	16	219	2598	163	8	1		

*mediaani = suuruusjärjestykseen asetetuista muuttujan arvoista keskimääräinen

Viljelytoimenpiteet kokeilulohkoilla noudattivat tilan normaaleja käytäntöjä kipsikokeilun ajan (taulukko 2). Viljelykasveina oli kauraa, syysvehnää, ohraa, sokerijuurikasta ja mallasohraa. Samoillakin lohkoilla viljelykasvit vaihtelivat kokeilun aikana. Koelohkoilla muokausmenetelminä olivat suorakylvö ja kyntö. Lannoituskäytännöt vaihtelivat koelohkoilla vuosittain.

Näytteenottopisteiden määrät vaihtelivat lohkoista ja käsittelystä riippuen (1 - 4 näytettä/käsittely). Maanäytteet otettiin kahdelta syvyydeltä, lastalla 0 - 5 cm syvyydeltä ja maanäyte-kairalla 0 - 20 cm. Näytteenottosyvyys 0 - 20 cm valittiin, jotta voidaan tarkastella, miten kipsin levitys vaikuttaa maan kemiallisiin ominaisuuksiin suorittaessa näytteenotto ympäristötuen tarkoittamalla tavalla. Maanäytteet otettiin myös syvyydeltä 0 - 5 cm, koska mukana oli suorakylvölohkoja, joiden pintamaahan saattaa tutkimusten mukaan kertyä fosforia (Muukkonen ym. 2009). Kynnetyllä koelohko 3:lla näyte otettiin vain 0 - 20 cm syvyydeltä. Myös syksyn 2010 maanäytteet otettiin ainoastaan 0 - 20 cm syvyydestä ja näistä huomioitiin tuloksissa ainoastaan rikki ja johtoluku. Pisteet tallennettiin GPS-laitteella ja seuraavan näytteenottokerralla näytteet otettiin samoilta paikoilta. Yksi näyte koostui viidestä osanäytteestä, jotka otettiin GPS:llä tallennetusta pisteestä (1 kpl) ja 5 metrin säteellä keskipisteestä neljään ilmansuuntaan (4 kpl). Osanäytteet yhdistettiin yhdeksi kokoomanäytteeksi

ja sekoitettiin tasalaatuiseksi. Lohkoilta otettiin lisäksi lastalla sekoittamattomat näytteet muruanalyysijä varten 0 - 5 cm syvyydestä.

Taulukko 2. Koelohkojen viljelytoimenpiteet.

	2008	2009	2010
Lohko 1	Viljelykasvi: syysvehnä Muokkaus: lautasäes Lannoitus: sianliete	Viljelykasvi: syysvehnä Muokkaus: lautasäes Lannoitus: typpi, hivenravinteet	Viljelykasvi: syysvehnä Muokkaus: kyntö Lannoitus: sianliete
Lohko 2	Viljelykasvi: syysvehnä Muokkaus: lautasäes Lannoitus: Suomensalpietari	Viljelykasvi: ohra Muokkaus: lautasäes Lannoitus: sianliete, typpi, hivenravinteet	Viljelykasvi: syysvehnä Muokkaus: kyntö Lannoitus: sianliete
Lohko 3	Viljelykasvi: kevätvehnä Muokkaus: kyntö Lannoitus: Pellon Y4, Suomensalpietari	Viljelykasvi: kaura Muokkaus: kyntö, joustopiikkiäes Lannoitus: Suomensalpietari, sianliete	Viljelykasvi: kevätrypsi Muokkaus: kyntö, joustopiikkiäes Lannoitus: Suomensalpietari, naudän kuivikelanta
Lohko 4	Viljelykasvi: sokerijuurikas Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: sianliete	Viljelykasvi: mallasohra Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: urea-ammoniumnitraatti	Viljelykasvi: sokerijuurikas, viherlannoitusnurmi Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: typpi, sianliete
Lohko 5	Viljelykasvi: mallasohra Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: typpi	Viljelykasvi: mallasohra Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: kalsiumammoniumnitraatti	Viljelykasvi: rypsi Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: typpi
Lohko 6	Viljelykasvi: Mallasohra Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: naudän ja broilerin kuivalanta	Viljelykasvi: sokerijuurikas Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: kalsiumammoniumnitraatti	Viljelykasvi: sokerijuurikas, viherlannoitusnurmi Muokkaus: suorakylvö Lannoitus: typpi, sianliete

1.2. Maanäytteistä tehdyt analyysit ja kasvustonäytteet

Näytteistä tehtiin viljavuusanalyysin perustutkimus, jossa uuttonesteenä käytetään hapan-ta ammoniumasetaattiliuosta (pH 4,65). Ravinteista määritettiin viljavuusfosfori, kalsium, kalium, magnesium sekä rikki. Lisäksi määritettiin maan pH, johtoluku, aistinvarainen maalaji sekä multavuus. Analyysit teetettiin viljavuusanalyysijä tekevässä kotimaisessa kaupallisessa laboratoriossa. Osasta näytteitä määritettiin myös vesiuttopainen fosfori (uut-tosuhte 1:60) Yara Suomen laboratoriossa.

Kipsikäsittelyn vaikutusta maaperän mururakenteen kestävyteen testattiin Yara Suomen

laboratoriossa märkäseulonnan avulla. Menetelmässä simuloidaan maan murujen altistumista märille olosuhteille ja veden liikkeelle eli eroosiota aiheuttaville olosuhteille. Saadut murut jaetaan heikkoihin ja kestäviin muruihin. Heikot murut hajoavat testin vesikäsitteilyn aikana, kun taas kestävätkin murut hajoavat vasta natriumhydroksidiliuoksessa. Mitä suurempi prosenttiosuus näytteestä on heikkoja muruja, sitä heikompi maaperän mururakenne on. Heikon mururakenteen omaava maa on alttiimpi liettymiselle, kuorettumiselle ja eroosiolle. Murujen kestävyttä tutkittiin myös toisella menetelmällä, jossa murujen annettiin olla seisovassa vedessä yön yli (15 g maanäytettä ja 30 ml vettä). Muruista irtoavan maa-aineksen määrää mitattiin sameuden perusteella, jolloin suuri sameus indikoi eroosioherkkää murua (Pietola & Kulokoski 2011, tulossa).

Kasvukauden 2009 aikana viideltä lohkolta otettiin kasvustonäytteet, ja oraiden ravinnepitoisuudet analysoitiin kaupallisessa laboratoriossa. Analysoidut alkuaineet olivat N, Ca, K, Mg, P, S, Fe, B, Cu, Mn ja Zn. Näytteiden esikäsitteily tehtiin perkloorihappotyypihappo-märkäpoltolla ja mittaus ICP-OES-plasmaemissiospektrometrillä. Typpi analysoitiin Kjeldahlin menetelmällä. Sadonkorjuun aikaan kipsi- ja verrannekaistoilta otettiin satonäytteet (3 x 1 m², leikkuu saksilla). Satonäytteet puitiin ja analysoitiin MTT:n Piikkiön toimipisteessä. Sadon määrä määritettiin kolmesta rinnakkaisnäytteestä. Tämän jälkeen näytteet yhdistettiin yhdeksi kokoomanäytteeksi ja siitä määritettiin kosteus ja valkuaisainepitoisuus kuiva-aineesta sekä hehtolitraino ja sakoluku.

1.3. Tilastolliset analyysit

Tilastollisilla analyyseillä tutkittiin käsittelyiden välisiä eroja saaduista viljavuusanalyyseiden tuloksista. Analyyseissä ei ole otettu koelohko kolmelta saatua tuloksia mukaan, koska levitetyn kipsin määrä (16 tonnia/ha) poikkesi huomattavasti muiden lohkojen kipsimäärästä. Eri maakerroksista otettuja näytteitä ei voitu pitää täysin riippumattomina toisistaan, koska syvemältä otettu näyte sisälsi myös pintamaannäytteen. Tämän vuoksi analyysit tehtiin erikseen molemmille näytteenotto- syvyyksille (0 - 5 cm ja 0 - 20 cm). Malleissa otettiin myös huomioon aineiston toistomittausluonne, koska jokaisella näytteenottokerralla maanäyte oli otettu samasta peltolohkon kohdasta. Aineisto analysoitiin pääasiassa käyttäen yleisiä lineaarisia malleja. Joissain tilanteissa käytettiin myös yleistettyjä lineaarisia malleja, koska yleisten lineaaristen mallien normalisuusoletukset ja/tai varianssien yhtäsuuruusoletukset eivät täyttyneet. Malleissa käytettiin selittävinä muuttujina näytteenottoaika, näytteenottoaika (lohko), käsittelyä (kipsi/verranne) sekä näiden välisiä interaktioita eli yhdysvaikutuksia. Näytteenottoaika voidaan ajatella sisältävän vaihtelun kaikissa pellon ominaisuuksissa kuten esimerkiksi kasvilajin, muokkauksen ja maalajin. Lisäksi mallissa käytettiin kovariaattina vuonna 2008 syksyllä saatua maanäytetuloksia, jolloin koalueille ei ollut levitetty kipsiä. Näin ollen alkuaineiden lähtötaso peltolohkoilla on otettu analyyseissä huomioon. Tuloksissa on esitetty mitattujen aineiden keskiarvot. Virhemarginaalit kuvaavat näiden keskihajontaa, jolla tarkoitetaan havaintoarvojen poikkeamaa keskiarvosta. Mitä pienempi on keskihajonta, sitä tiiviimmin havaintoaineisto on keskittynyt keskiarvon ympärille.

Muruanalyyseistä saatu aineisto analysoitiin käyttämällä yleistettyjä lineaarisia malleja, koska selitettävien muuttujien normaalisuusoletukset eivät täytyneet. Analyyseissä selittävinä muuttujina käytettiin käsittelyä (kipsi/verranne), näytteenottoa (lohko) sekä aikaa. Tuloksissa on esitetty keskiarvot selitettäville muuttujille (heikkojen ja vedenkestävien murujen prosenttiosuudet sekä sameus). Virhemarginaalit kuvaavat näiden keskihajontaa.

Satoaineisto analysoitiin käyttämällä yleistettyjä lineaarisia malleja, koska vastemuuttujan (sadon määrä) normaalisuusoletus ei täytynyt. Analyyseissä selittävinä muuttujina käytettiin käsittelyä (kipsi/verranne) sekä näytteenottoa (lohko). Tuloksissa on esitetty sadon keskiarvot. Virhemarginaalit kuvaavat keskihajontaa.

2. Tulokset ja niiden tarkastelu

2.1. Kipsin levitys

Kipsin levitys onnistui parhaiten kalkinlevityskalustolla kipsin ollessa kuivaa. Levitysjälki oli tasaista ja levitysmäärä pystyttiin säätämään hyvin lähelle haluttua määrää (4 tn/ha). Kipsi kostui, paakkuuntui ja jäättyi, kun sitä varastoitiin syksyllä pellon laidalla ilman peitettä. Tämän seurauksena kipsikasan pintakerros jouduttiin hajottamaan traktorin kauhalla. Kipsikokkareet säilyivät muokkaamattoman pellon pinnassa kevääseen 2009 (kuva 1), ja joitakin paakkuja näkyi lohkoilla vielä syksyn 2009 näytteenoton yhteydessä. Vaikka kipsi pääosin levisikin kokeilulohkoille tasaisesti, ovat hitaasti sulaneet kipsikokkareet saattaneet osin vaikuttaa tuloksien suureen hajontaan. Kipsi tulisikin pitää kuivana levitysajankohtaan asti peittämällä kipsikasa pressulla, mikäli sitä ei voida levittää välittömästi kuljetuksen jälkeen. Vastoin aiempaa Suomessa tehtyä kipsin levitykseen soveltuvaa kalustoa koskevaa tutkimusta (Palva & Alasuutari 2009), TEHO:n kokeilussa käytetty lannanlevityskalusto (yleisperävaunu neljällä pystytelalla) ei soveltunut kipsinlevitykseen. Ongelmaksi muodostui se, että levitysmäärää ei yrityksistä huolimatta saatu riittävän alhaiselle tasolle (4 tn/ha). Palvan ja Alasuutarin tutkimuksessa käytettiin kuivalannan tarkkuuslevittämiä.

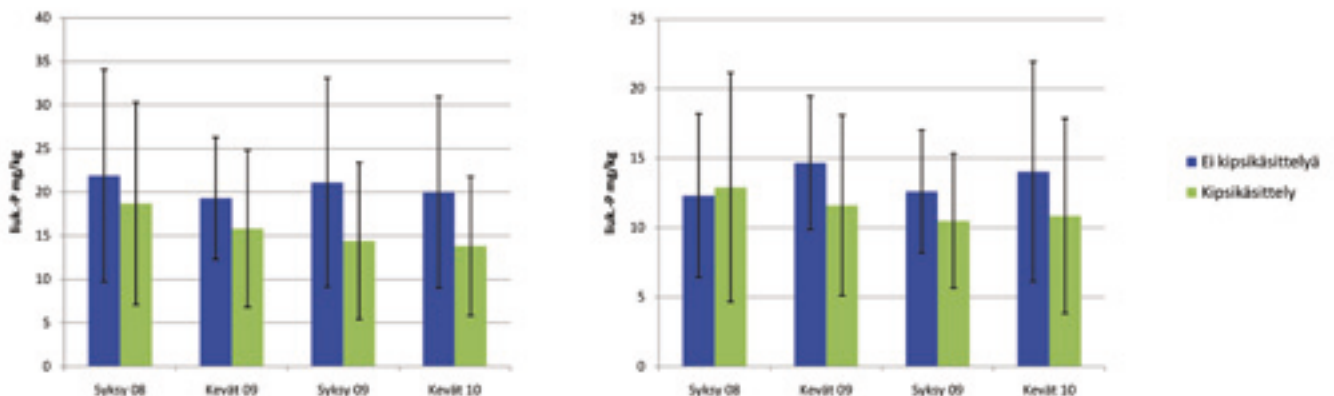
Kipsin hyötyjä arvioitaessa on otettava huomioon myös levityksestä aiheutuvat haitat maan rakenteelle etenkin, jos levitys joudutaan toistamaan usein. Levityksessä joudutaan käyttämään raskasta levityskalustoa, jolloin maa altistuu tiivistymiselle. Maan tiivistymisriskiä voidaan vähentää ajoittamalla levitys kuiviin olosuhteisiin. Käytännössä tämä tuo kuitenkin omat haasteensa kipsin kuljetuslogistiikalle, sillä kipsi olisi levitettävä välittömästi kuljetuksen jälkeen tai varastoitava kuivissa olosuhteissa paakkuuntumisen estämiseksi. Maan rakenteen kannalta kipsi olisi edullista levittää routaiseen maahan, mutta toisaalta routaiselta maalta kipsi voi huuhtoutua suoraan ojiin sulamiskauden aikana.



Kuva1. Kipsiä sängellä, johon on levitetty sian lietalantaa sijoittavalla kalustolla (vasen). Sulanut kipsikokkare keväällä 2009 (oikea). Mittakaavana kuvassa on kolikko.

2.2. Vesiuttoinen fosfori

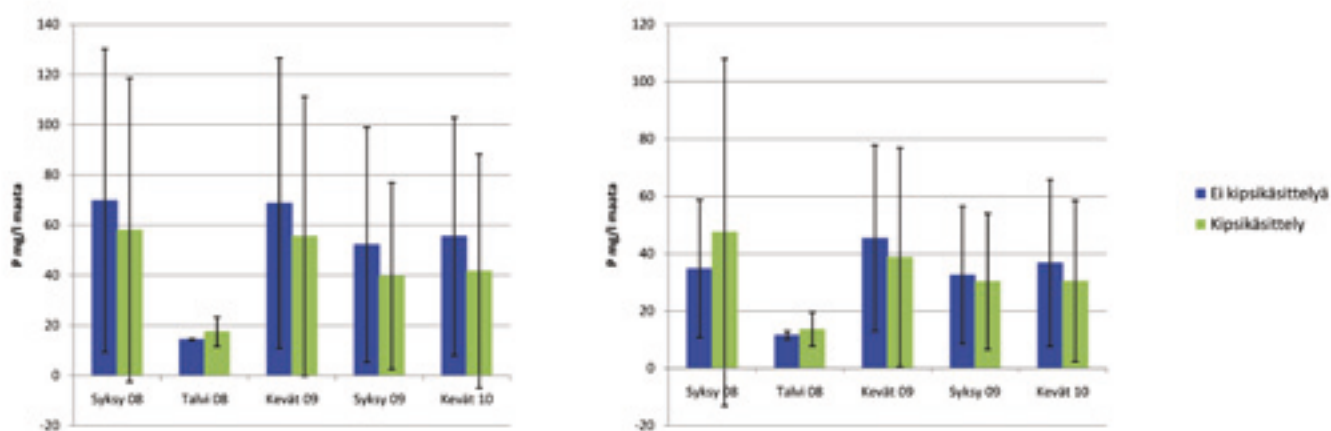
Fosforin vesiutto kuvastaa hyvin maan suolavahvuudesta ja happamuudesta aiheutuvia muutoksia fosforin liukoisuudessa ja soveltuu siksi hyvin kipsikäsittelyn vaikutusten tarkasteluun (Soinne 2009). Kipsikäsittelyllä on tarkoitus nostaa maaperässä olevan veden ionivahvuutta. Tämä muuttaa maan sähköisiä ominaisuuksia siten, että liukaisen fosfaattifosforin pidättyminen tehostuu. Kipsikäsittely vähensi vesiuttoisen fosforin pitoisuuksia maaperässä molemmissa maanäytesyvyyksissä (kuva 2).



Kuva 2. Keskimääräiset vesiuttoisen fosforin (liuk.-P) pitoisuudet peltolohkoilla eri näytteenottokerroilla 0 - 5 cm (vasen) ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.

2.3. Viljavuusfosfori

Viljavuusfosforilla tarkoitetaan fosforia, joka tutkitaan viljavuustutkimuksen yhteydessä ja jonka perusteella määrittyy pellon fosforin viljavuusluokka. Se on maaperään ajan mittaan kertynyttä fosforia, jonka määrä ei juuri riipu vuotuislannoituksesta. Kipsikäsittelyllä ei ollut vaikutusta viljavuusfosforiin kummassakaan maanäyttesyvytyksessä (kuva 3). Viljavuusanalyysin uuttomenetelmän voidaan katsoa olevan niin voimakas, ettei kipsin mahdollisia vaikutuksia maan fosforiin oletetakaan havaittavan ko. menetelmällä. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, ettei kipsikäsittelyllä ole vaikutusta lohkojen fosforilukuun eikä esimerkiksi siihen perustuvaan lannoitusohjeistukseen.



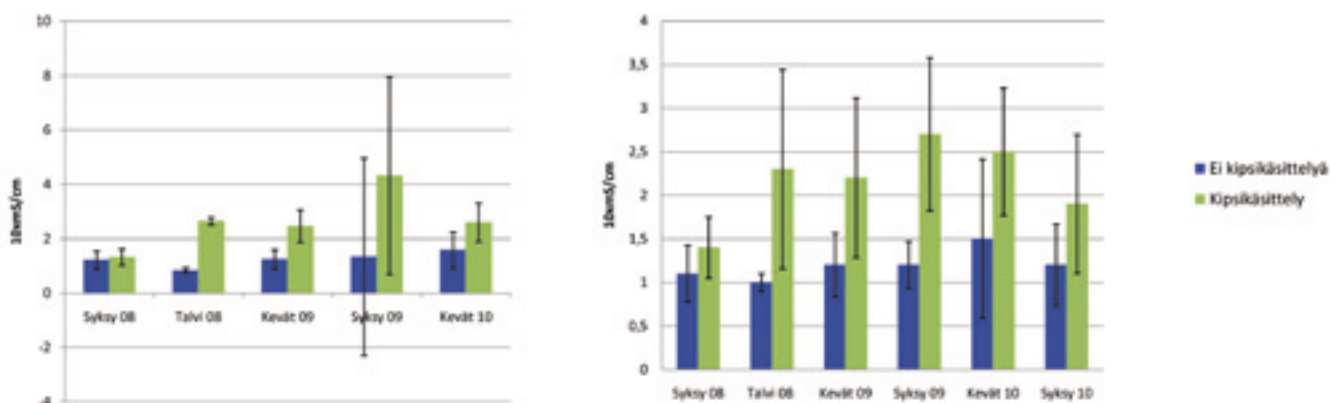
Kuva 3. Keskimääräiset viljavuusfosforipitoisuudet (P) peltolohkoilla eri näytteenottokerroilla 0 - 5 (vasen) cm ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteisissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.

2.4. Johtoluku

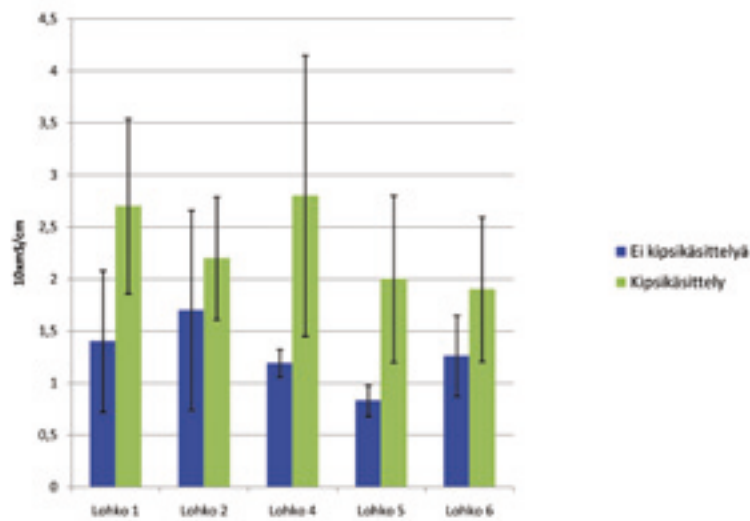
Johtoluku kuvaa maan vesiliukoisten suolojen pitoisuutta. Mitä korkeampi on maan johtoluku, sitä korkeampi on maan vesiliukoisten suolojen pitoisuus. Tavallisin johtoluku peltomaisissa on alle 2,5 (Viljavuuspalvelu 2008). Taustanäytteisissä sähkönjohtavuus ennen kipsikäsittelyä oli 0 - 5 cm maanäytteisissä 1,2 ja 0 - 20 cm maanäytteisissä 1,3. Kipsikäsittelyn tarkoituksena on nostaa maaperän johtolukua, mikä johtuu kipsin sisältämän sulfaatin liukenemisestä veteen. Tämän seurauksena veden ionivahvuus kohoaa, joka muuttaa maan sähköisiä ominaisuuksia siten, että liukoisen fosfaattifosforin pidäytyminen tehostuu. Johtoluvun pysyessä tasolla 2 - 3 kiintoaineen ja sen mukana kulkevan fosforin pitoisuus vedessä on vähäinen (TraP-hankkeen loppuseminaari, 23.11.2010). Kipsikäsittely nosti maan johtolukua molemmissa näytteenotto-syvyyksissä (kuva 4). Kuvasta neljä voidaan havaita tilastoanalyseissa merkitseväksi tullut käsittelyn ja ajan välinen yhdys-

vaikutus: käsittelyn vaikutus johtolukuun on voimakkaampaa tiettyinä näytteenottokerroina. Kipsikäsiteltyjen peltolohkojen keskimääräiset johtoluvut olivat korkeimmillaan syksyn 2009 näytteissä, jolloin 0 - 5 cm maanäytteissä sähkönjohtavuuden keskiarvo nousi yli 4:n ja 0 - 20 cm maanäytteissä yli 2,5:n. Keskihajonnat olivat kuitenkin suuria. Oletettavasti syksyllä 2009 (vuosi levityksen jälkeen) valtaosa kipsistä oli sulanut maahan. Syvyydeltä 0 - 20 cm otetuissa maanäytteissä käsittely vaikutti johtolukuun eri lailla eri lohkoilla (käsittelyn ja paikan välinen yhdysvaikutus), mikä saattaa olla seurausta pellon ominaisuuksien vaihtelusta tai kipsin levityksen tasaisuudesta (kuva 5).

Kipsikäsitellyn uusimistarvetta voidaan arvioida johtoluvun perusteella. Johtoluvun las-
kiessa lähelle alkuperäistä, tulee pohtia käsittelyn uusimista. TraP-hankkeen loppusemi-
naarissa esitettyjen tulosten perusteella kipsikäsitellyn vaikutus on voimakkain levityksen
jälkeisenä vuotena, mutta heikkenee jo toisena vuotena. Myös TEHO-hankkeen kokeilun
tulokset viittaavat siihen, että kipsin vaikutus on havaittavissa vielä toisena syksynä levityk-
sen jälkeen. TEHO:n kipsikokeilun seuranta tulisi jatkaa ainakin vuoden 2011 ajan, jotta
voitaisiin seurata kipsikäsitellyn vaikutusta pidemmällä aikavälillä. Tämä on olennainen
tieto, kun pohditaan kipsikäsitellyn uusintatarvetta.



Kuva 4. Keskimääräiset johtoluvut peltolohkoilla eri näytteenottoaikoilla 0 - 5 cm (vasen) ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.



Kuva 5. Keskimääräiset johtoluvut eri peltolohkoilla 0 - 20 cm maanäytteissä

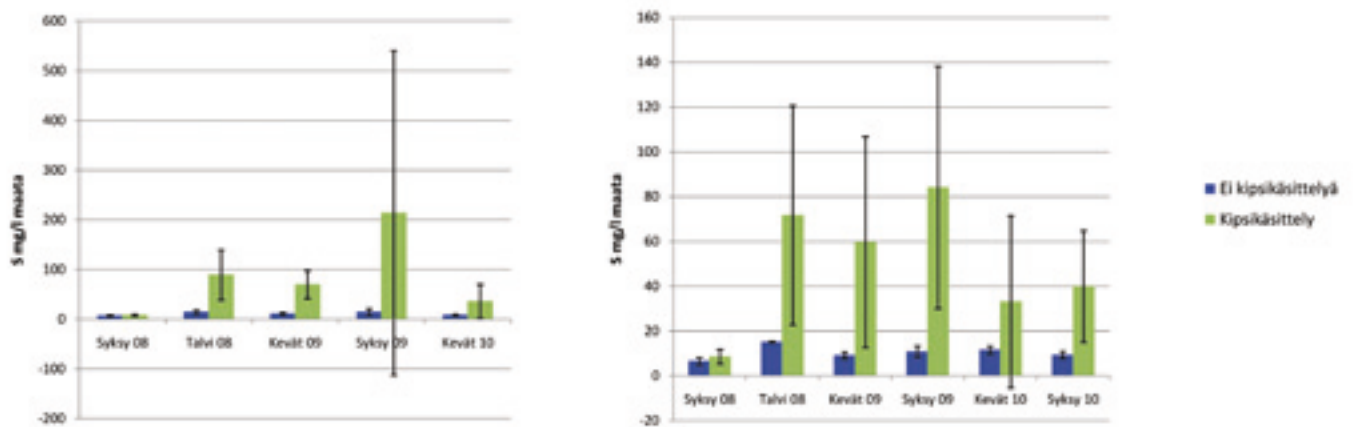
2.5. Rikki

Rikki on kasveille tärkeä ravinne, koska se toimii valkuaisaineiden ainesosana. Kasvit ottavat rikin maasta sulfaattina. Maaperän keskimääräiset rikkipitoisuudet nousivat selkeästi sekä 0 - 5 cm että 0 - 20 cm kerroksessa kipsin levityksen jälkeen (kuva 6). Suuret hajonnat kipsikäsitellyillä peltolohkoilla osoittavat kuitenkin, että rikin jakautuminen on hyvin epätasaista. Esimerkiksi koelohko 4:llä rikkipitoisuudet vaihtelivat kipsikäsitteilyssä (0 - 5 cm) näytenäytteiden välillä 32 - 1300 mg/l maata (n=12) keskiarvon ollessa 208 mg/l maata (arveluttavan korkean raja 150 mg/l maata). Korkeat luvut rikkipitoisuudessa saattavat johtua siitä, että maassa on edelleen ollut liukenemattomia kipsikokkareita, jotka kokoomaäytteeseen joutuessa kohottavat pitoisuuksia huomattavasti. 0 - 20 cm maanäytteissä myös paikan ja käsittelyn välinen yhdysvaikutus oli tilastollisesti merkitsevä, joten käsittelyn vaikutus rikkipitoisuuteen on erilainen eri paikoissa. Tämä viittaa siihen, että pellon ominaisuuksilla tai kipsikäsitteilyn tasaisuudella on vaikutusta siihen, miten kipsikäsitteily vaikuttaa maaperän rikkipitoisuuteen. Käytännössä tämä näkyy siinä, että kipsikäsitteily nostaa joillakin lohkoilla rikkipitoisuuksia voimakkaammin kuin toisilla (kuva 7). Rikkipitoisuuden keskiarvojen huiput kipsikäsitellyillä kaistoilla olivat vuoden 2009 syksyllä molemmissa näytteenottosyvyyksissä.

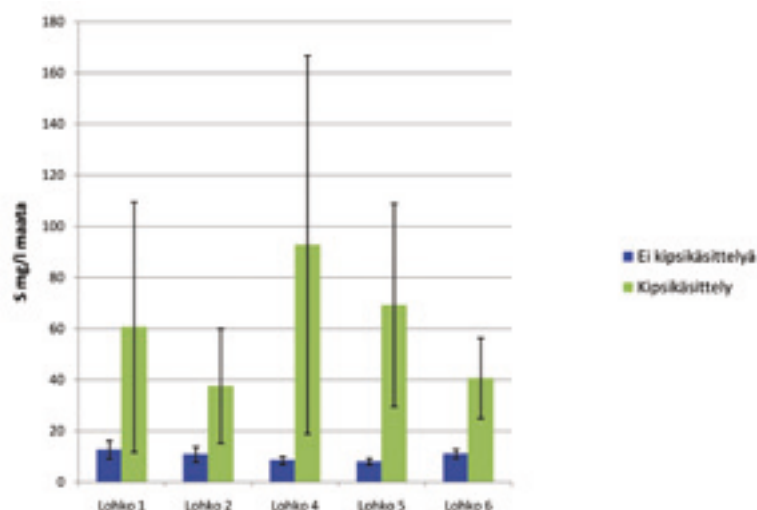
Yleensä rikki ei ole kasveille myrkyllistä suurinakaan määrinä, mutta on kuitenkin muistettava, että minkä tahansa ravinteiden liika saanti voi aiheuttaa ravinnesuhteiden vinoumia, jotka näkyvät puolestaan huonona tai hitaana kasvuna. Seleenin sitoutuminen ja biosaataavuus suomalaisissa maissa -hankkeen kokeissa on esimerkiksi todettu, että seleenin otto vähenee rikin lisäyksen seurauksena, koska rikki ja seleeni (sulfaatti ja seleniatti) kilpailevat keskenään (Seleenin sitoutuminen ja biosaataavuus suomalaisissa maissa -hankkeen loppuraportti 2009). Toisaalta esimerkiksi rypsilä esiintyi samaisessa tutkimuksessa sel-

viä rikinpuutosoireita ilman rikkilannoitusta, joten kipsi voisi tällaisissa tapauksissa toimia rikkilannoitteena. Myös TraP-hankkeessa saaduissa tuloksissa kipsin lisäyksellä näytti olevan vaikutusta kasvien seleenin ottoon.

TraP-hankkeessa saatujen tulosten mukaan valumavesien mukana saattaa kulkeutua huomattava osa kipsin sisältämästä sulfaattista vesistöihin. Sulfaatin vesistövaikutuksista ei kuitenkaan ole olemassa riittävästi tietoa. Merivedessä sulfaatti-ioni on yksi suolaisuuden muodostavista pääioneista, joten siellä sitä esiintyy luonnostaankin runsaasti. Sisävesissä (järvet ja joet) sulfaattien lisääntyminen puolestaan saattaa vaikuttaa veden kemiallisiin ominaisuuksiin, jolla voi olla vaikutuksia vesistön eliöihin. Varsinkin eliöiden nuoruusvaiheet ovat usein herkimpiä epäedullisille olosuhteille (Ilmavirta 1990). Teoriassa sulfaatti voi aiheuttaa myös järvien rehevöitymistä heikentämällä pohjasedimentin kykyä sitoa fosforia. Tätä asiaa selvitetään tutkimuksin (Valkama ym. 2010). Kipsin ympäristövaikutuksista järvien ja jokien valuma-alueella tarvitaan tietoa ennen kuin peltojen kipsikäsitelyä voidaan suositella näillä alueilla, koska esimerkiksi EU:n vesipolitiikan puitteiden direktiivi (2000/60/EY) edellyttää pintavesien hyvää ekologista tilaa hyvän kemiallisen tilan lisäksi vuoteen 2015 mennessä. Erinomaiseksi tai hyväksi luokiteltujen vesistöjen tilaa ei saa myöskään heikentää. Kipsin levittämisessä tulee myös huomioida pohjavesialueet. Mikäli levitys nostaa maaperän sulfaattipitoisuudet kovin korkeaksi, saattaa sulfaattia kulkeutua vajoavan veden mukana kohti pohjavettä.



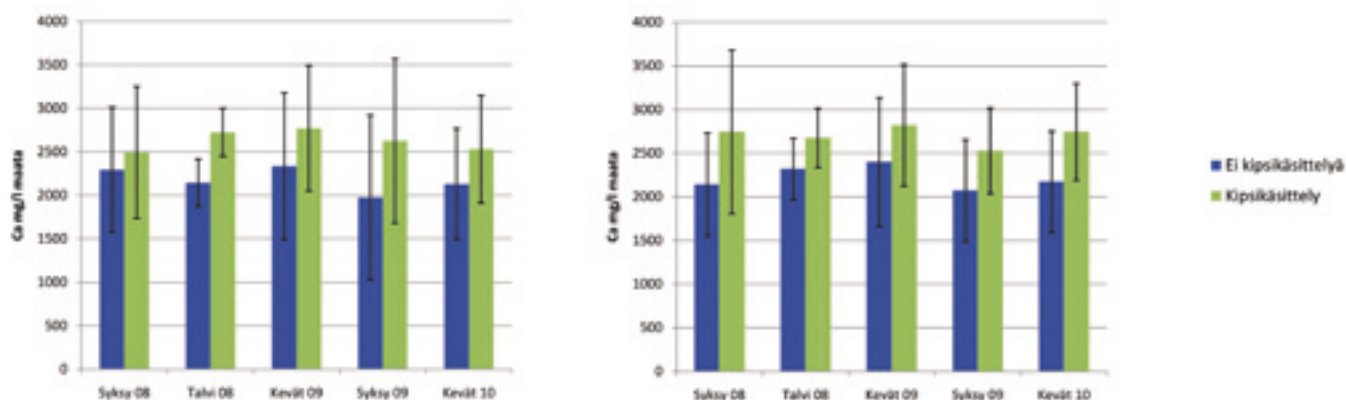
Kuva 6. Keskimääräiset rikkipitoisuudet (S) peltolohkoilla eri näytteenottokerroilla 0 - 5 cm (vasen) ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.



Kuva 7. Keskimääräiset rikkipitoisuudet (S) eri peltolohkoilla 0 - 20 cm maanäytteissä

2.6. Kalsium

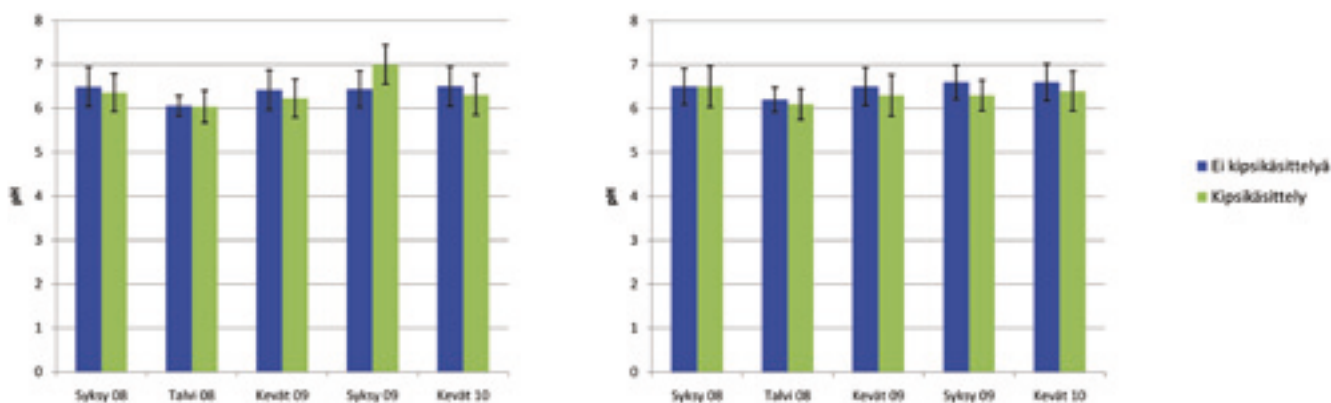
Kalsium on yksi kasvin tarvitsemista makroravinteista. Kalsium on kasvin soluseinämien rakennusaine ja eräiden entsyymien rakenneosia. Se säätelee solukalvon läpäisykykyä ja osallistuu solun osmoottisen paineen säätelyyn. Kalsiumia tarvitsee harvoin käyttää lannoitteena sellaisenaan. Jos kalkitus tehdään säännöllisesti, maahan saadaan samalla kalsiumvaraston täydennys (Kleemola 2009). Vaikka kipsi (CaSO_4) sisältääkin kalsiumia, ei kipsikäsittely nostanut kalsiumpitoisuuksia merkittävästi kummassakaan näytteenottosyvyydessä (kuva 8).



Kuva 8. Keskimääräiset kalsiumpitoisuudet (Ca) peltolohkoilla eri näytteenottoaikoilla 0 - 5 cm (vasen) ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.

2.7. Maaperän pH

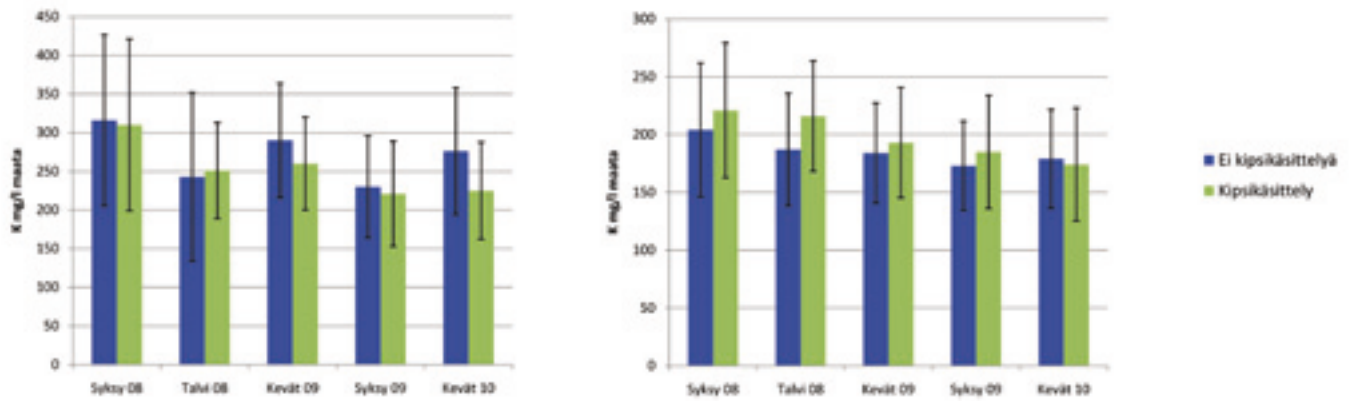
Maan happamuutta kuvataan pH-luvulla. Maaperän happamuus vaikuttaa maassa olevien ravinteiden ja siihen lisättävien ravinteiden käyttökelpoisuuteen. Kun maan pH on 6,0 - 6,5, ovat eri ravinteet parhaiten kasvien käytettävissä (Viljavuuspalvelu 2008). Kipsikäsittelyllä ei ollut vaikutusta maaperän happamuuteen kummassakaan maanäytesyvyudessa (kuva 9). Tämä oli odotettavissakin oleva tulos, koska kipsikäsittelyllä ei ole tarkoitus vaikuttaa maaperän happamuuteen.



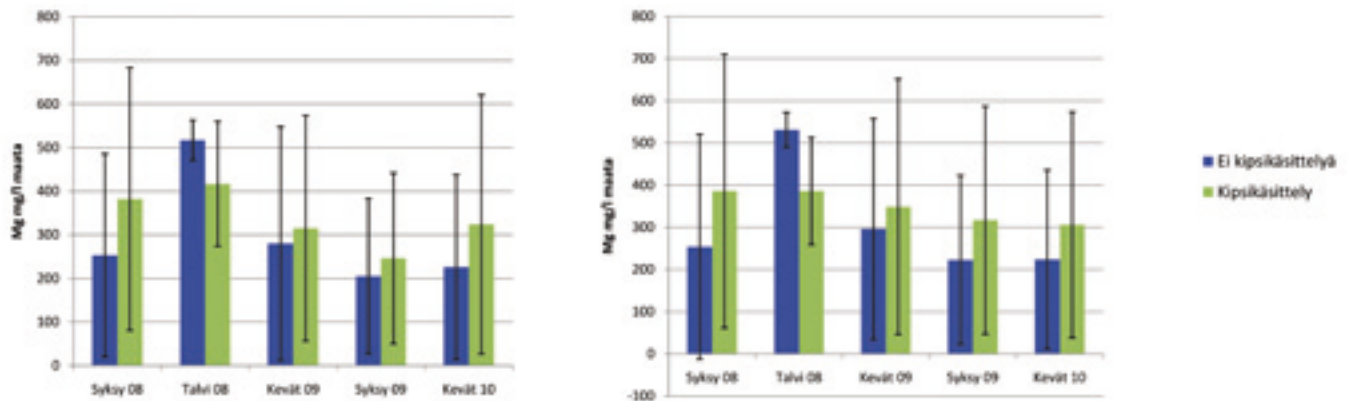
Kuva 9. Maaperän keskimääräinen pH peltolohkoilla eri näytteenotto-kerroilla 0 - 5 cm (vasen) ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.

2.8. Kalium ja magnesium

Kaliumin ja magnesiumin pitoisuudet maaperässä selvitettiin, koska haluttiin tietää, vaihtaako kipsin sisältämä kalsium maasta muita kationeja. Kalium ja magnesium ovat molemmat kasvien tarvitsemia makroravinteita. Kipsikäsittely ei vaikuttanut merkittävästi maaperän kalium- ja magnesiumpitoisuuksiin kummassakaan maanäytesyvyudessa (kuvat 10 ja 11). Toistuvien kipsilisäysten vaikutusta maan ravinnetasapainoon tulee kuitenkin seurata, koska Trap-hankkeen kipsikokeiluissa kipsin havaittiin lisäävän kaliumin ja magnesiumin huuhtoutumista sadetuskokeissa.



Kuva 10. Maaperän keskimääräinen kaliumpitoisuus (K) peltolohkoilla eri näytteenotto-kerroilla 0 - 5 cm (vasen) ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.



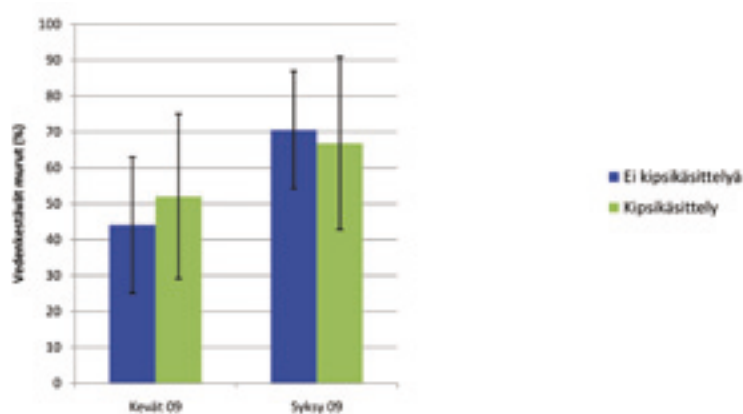
Kuva 11. Maaperän keskimääräinen magnesiumipitoisuus (Mg) peltolohkoilla eri näytteenotto-kerroilla 0 - 5 cm (vasen) ja 0 - 20 cm (oikea) maanäytteissä. Syksyn 2008 arvot kuvaavat tilannetta, jossa kipsiä ei ole levitetty peltolohkoille.

2.9. Kipsin vaikutus eroosioon

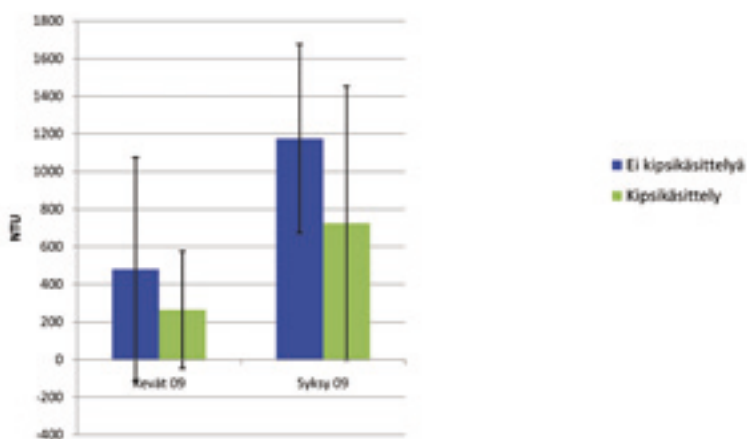
Maan murujen eroosionkestävyyttä tutkittiin kahdella eri laboratoriomenetelmällä eli märkäseulonnalla ja sameusmittaukseen perustuvalla menetelmällä, jossa murua seisotetaan vedessä ilman liike-energian vaikutusta. Märkäseulonnan perusteella kipsikäsittely ei vaikuttanut maaperän mururakenteeseen (kuva 12). Kun muruista irtoavan maa-aineksen määrää mitattiin sameuden perusteella, kipsikäsittely paransi murujen kestävyyttä (kuva 14).

Kipsin vaikutuksesta maan mururakenteen kestävyyteen ei kokeilun tulosten perusteella

voida vetää yksiselitteistä johtopäätöstä, sillä käytetty menetelmä vaikutti tuloksiin. Märkäseulonnassa maahan kohdistuu liike-energiaa (seulonnassa maata liikutetaan vedessä), joka edesauttaa murun hajoamista. Märkäseulonnassa käsittely on siten voimakkaampaa kuin seisotettaessa murua vedessä yön yli. Lisäksi murusta erkaantuneen maa-aineksen määrää mitattiin eri menetelmin. Märkäseulonnan massaan perustuva menetelmä huomioi kaiken kokoiset maahiukkaset. Sameuteen perustuvassa menetelmässä puolestaan suurimmat murusta irronneet maahiukkaset sedimentoituvat seisotusastian pohjalle eivätkä ne siten lisää vesifaasin sameutta. Sitä kumpi menetelmistä kuvastaa paremmin murujen kestävyttä ja niiden eroosioherkkyyttä ei voida arvioida kokeilun tulosten perusteella. Suomen olosuhteisiin hyvin soveltuvan laboratoriomittakaavan eroosioherkkyyttä/muruanalyysitestin löytämiseksi vaadittaisiinkin tieteelliseen tutkimukseen perustuva selvitys. Lisäselvyyttä murujen eroosionkestävyyttutkimukseen odotetaan Pietolan ja Kulokosken (2011, tulossa) tutkimuksista.



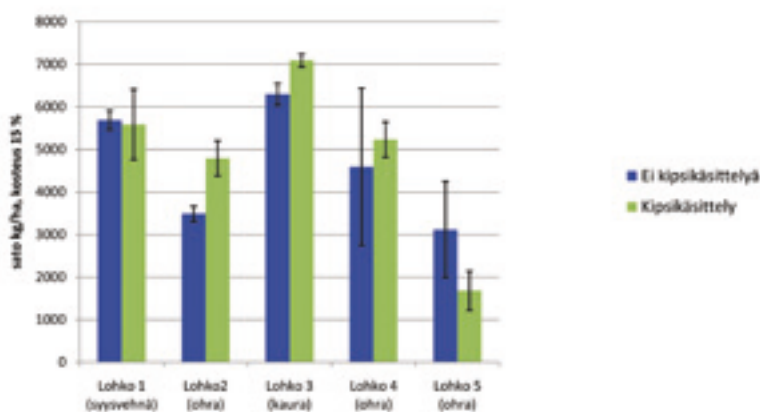
Kuva 12. Kipsikäsittelyn vaikutus maaperän mururakenteeseen (0 - 5 cm märkäseulonta). Mitä suurempi on vedenkestävien murujen prosenttiosuus, sitä kestävämpi on maaperän mururakenne.



Kuva 13. Kipsikäsittelyn vaikutus veteen liuotetun maanäytteen sameuteen. Suuri sameus indikoi eroosioherkkää murua. Sameutta kuvataan NTU-yksikön avulla (nephelometric turbidity units). Mitä korkeampi NTU-luku on, sitä sameampaa vesi on.

2.10. Sato ja sadon laatutekijät

Kasvukauden 2009 satotulokset on esitetty kuvassa 14. Koelohkolla kolme kasvoi kauraa, koelohkolla yksi syysvehnää ja muilla lohkoilla ohraa. Kipsikäsittely ei vaikuttanut keskimääräiseen satoon määrään vuonna 2009 (taulukko 3). Paikan ja käsittelyn välinen interaktio tuli kuitenkin tilastoanalyseissä merkitseväksi, joten käsittelyn vaikutus satoon on erilainen eri paikoissa. Tämä voidaan havaita kuvasta 14: joillain lohkoilla kipsikäsiteltyjen peltokaistojen satoon suuruus on suurempi verrattuna verrannekaistaan ja joillain pienempi. Tämä tulos ei selity viljelykasvilla, koska kipsikäsittely vaikutti eri tavoin koelohkoilla 2, 4 ja 5 vaikka näillä kaikilla kasvoi ohraa. Näiden tulosten perusteella näyttää siltä, ettei kipsillä ole vaikutusta satotasoon. Kipsikäsitteilyllä ei ollut vaikutusta myöskään sadon laatuun (taulukko 3). On kuitenkin huomioitava, että aineisto on hyvin pieni ja kipsikäsitteilyn satovaikutusten selvittäminen vaatisi laajempia tutkimuksia. Sadon laatutekijöitä arvioitaessa, täytyy huomiota kiinnittää myös kasvien seleenipitoisuuteen, koska runsas rikkilannoitus voi vähentää kasvien seleeninottoa. Esimerkiksi TraP-hankkeessa saatujen tulosten mukaan kipsikäsitteily vähensi kasvien seleenin ottoa voimakkaasti ensimmäisenä vuotena kipsinlisäyksestä. Toisena vuotena kipsikäsitteilystä sadon seleenipitoisuus oli vielä jonkin verran alhaisempi kuin kontrollikäsitteilyn sadoissa. Kasvien seleenin otto näyttää siis palautuvan asteittain kipsinlisäystä edeltävälle tasolle. Kuitenkin on huomioitava, että mikäli kipsi lisätään 3 - 4 vuoden välein peltoon, ei sadon seleenipitoisuus välttämättä ehdi palautua ennen kipsin lisäystä olevalle tasolle, jos peltoja käsitellään kipsillä useita vuosia.



Kuva 14. Vuoden 2009 satotulokset

Taulukko 3. Vuoden 2009 satotulokset ja sadon laatutekijät

Lohko	Osanäytteiden sadon keskiarvo (kg/ha), kosteus 15 %		Valkuaispitoisuus % kuiva-aineessa		Hehtolitraino (kg)	
	ei kipsikäsitteilyä	kipsikäsitteily	ei kipsikäsitteilyä	kipsikäsitteily	ei kipsikäsitteilyä	kipsikäsitteily
Lohko 1	5689	5586	9,3	9,6	78,4	78,8
Lohko 2	3488	4790	9,3	9,9	63,8	65,4
Lohko 3	6294	7091	12,6	12,8	51,3	50,7
Lohko 4	4591	5231	11,2	13,3	66,9	64,2
Lohko 5	3118	1683	10,8	9,6	63,6	67,3

3. Johtopäätökset

TEHO-hankkeen kipsikokeilussa oli tarkoituksena testata kipsin levitystä maataloilla sekä tuottaa käytännön olosuhteissa tietoa siitä, miten kipsi vaikuttaa maaperän kemiallisiin ominaisuuksiin. Tämä toteutettiin lohkomittakaavan kokeiluna, jossa kipsiä levitettiin yhteensä kuudelle Lounais-Suomessa sijaitsevalle peltolohkolle. Kipsin vaikutusta maaperän kemiallisiin ominaisuuksiin seurattiin eri aikoina otetuin maanäytein. Kokeilussa havaittiin, että **kipsin levitys onnistui parhaiten kalkinlevityskalustolla kipsin ollessa kuivaa**. Kipsin **säilytykseen tulee siten kiinnittää huomiota**. Aiemmissä tutkimuksissa on todettu kipsinlevityksen onnistuvan myös lannanlevityskalustolla, mutta kokeilumme perusteella tällöin tulee pitäytyä tarkkuuslevittimisessä, joilla saavutetaan riittävän alhainen hehtaari-kohtainen levitysmäärä.

Kipsi vaikutti maaperän kemiallisiin ominaisuuksiin pääosin odotetulla tavalla; maaperän rikkipitoisuus ja johtoluku nousivat, eikä maan pH tai viljavuusfosfori muuttunut käsittelyn seurauksena. **Vesiuuttoisen fosforin määrä näytti kuitenkin vähentyneen kipsikäsitteilyn seurauksena**. Kipsillä oli myös melko vähäinen vaikutus koelohkojen kalsiumpitoisuuksiin.

Kipsin teho fosforin pidättäjänä perustuu osin maan mururakenteen kestävyiden parantamiseen, mikä vähentää maan eroosioalttiutta. **TEHO:n kokeilussa käytetyt laboratorio-menetelmät tuottivat ristiriitaisia tuloksia kipsin vaikutuksesta murujen kestävyteen**. Tuloksista ei voida vetää yksiselitteistä johtopäätöstä kipsin vaikutuksesta maan rakenteeseen ja siten kipsin kykyyn alentaa eroosiota. Murujen kestävyttä kuvaavien laboratoriomittakaavan menetelmien valinta vaatisikin perusteellista tutkimusta, jotta pystyttäisiin varmuudella pureutumaan kipsin todellisiin vaikutuksiin maan rakenteen muokkaajana. **Koska valumavesistä ei kokeilussa otettu vesinäytteitä, on varsinaisen vesistökuormituksen muutoksen toteaminen näiden tulosten perusteella hankalaa**.

TraP-hankkeen tulosten mukaan kipsin vaikutus pellossa on selkeä ainakin kahden vuoden ajan kipsilisäyksestä, ja tehon oletetaan loppuvan noin 3 - 4 vuoden kuluessa. Myös

TEHO-hankkeen kokeilussa kipsikäsittelyn vaikutus näkyi peltolohkoilla selvästi vielä kahden vuoden jälkeen. Lienee selvää, että kipsin vaikutuksien seuranta on jatkettava, jotta voidaan arvioida käsittelyn vaikutuksia myös kolmantena ja neljäntenä vuotena levityksen jälkeen. **Lisätietoa tarvitaan mahdollisen uusintakäsittelyn vaikutuksista maan kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin.** TraP-hankkeessa tehtyjen laskelmien mukaan kipsin levitys pelloille maksaa noin 71 e/ha/vuosi. Mikäli kipsikäsittelyä suunnitellaan osaksi ympäristötukijärjestelmää, tulee kipsin saatavuus viljelijöille taata. Lisäksi hinnan on pysyttävä kohtuullisena, mikäli kipsiä joudutaan levittämään pellolle esimerkiksi kaksi kertaa yhden sopimuskauden aikana.

Kipsikäsittelyllä **ei ollut vaikutusta sadon määrään eikä laatuun** niiden muuttujien osalta, joita tässä kokeilussa mitattiin. **Kasvien seleenipitoisuuksiin tulee kuitenkin jatkossa kiinnittää huomiota**, koska runsas rikin lisäys maahan saattaa alentaa kasvien seleenin ottoa.

Kipsikäsittelyssä maahan lisätään runsaasti sulfaatteja, josta osa huuhtoutuu vesistöön. Sulfaatilla saattaa olla kemiallisia ja biologisia vaikutuksia sisävesissä (järvet ja joet), joissa sulfaatteja ei esiinny luontaisesti kuten merivedessä. Tämän vuoksi **tarvitaan lisäselvityksiä kipsikäsittelyn vaikutuksista sisävesien valuma-alueiden veden laadulle. Sulfaatti-ioninen kulkeutumista maaprofiilissa tulee selvittää etenkin pohjavesialueilla pohjaveden laadun turvaamiseksi.**

Kipsin käytölle fosforin pidättäjänä on vahva teoreettinen tausta, ja kentällä tehdyt kokeet ovat antaneet lupaavia tuloksia kipsin toimivuudesta kahtena kipsin levitystä seuraavana vuotena. Ennen kipsin laajamittaista käyttöönottoa tarvitaan kuitenkin lisäselvityksiä. Kipsikäsittelyä ei myöskään voida ajatella toimenpiteenä kaikille pelloille, vaan toimenpide tulee kohdentaa parhaiten tähän soveltuville lohkoille. Tämänhetkisen tiedon valossa näitä voisivat olla korkean fosforiluvun omaavat savipellot valuma-alueilla, joilta vedet päätyvät melko suoraan mereen. Lisäksi on syytä korostaa, että **pysyvän vesiensuojellisuuden tuloksen saavuttamiseksi lohkojen fosforitilaa on tarpeen alentaa poistamalla maasta ravinteita pitkäjänteisesti sadon mukana.** Kipsin hyötyjä arvioitaessa täytyy myös huomioida kipsin kuljetuksesta aiheutuvat taloudelliset kustannukset sekä ympäristöhaitat.

Lähteet

Aura, E., Saarela, K. & Rätty, M. 2006. Savimaiden eroosio. Jokioinen, MTT. MTT:n selvityksiä 118. 32 s.

Ekholm, P. 2009. Kipsin vaikutuksia valumaveden laatuun seurataan Nurmijärvellä. Leipä leveämmäksi 4/2009: 34 - 35.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2000/60/EY.

Hartikainen, H. 2009. Aineiden käyttäytyminen maaperässä: Fosfori. Teoksessa: Paasonen-Kivekäs, M., Peltomaa, R. & Vakkilainen, H. (toim.). Maan vesi- ja ravinnetalous. Ojitus, kastelu ja ympäristö. Helsinki, Salaojayhdistys ry. s. 166 - 174.

Ilmavirta, V. 1990. Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino. 479 s.

Kleemola, J. 2009. Ravinnelähteet: mineraalilannoitteet. Teoksessa: Peltonen, J. & Harmoinen, T. (toim.). Ravinteet kasvintuotannossa. Vantaa, ProAgria Keskusten Liitto. Tieto tuottamaan 127. s. 40 - 45.

Muukkonen, P., Hartikainen, H., Lahti, K., Särkelä, A., Puustinen, M. & Alakukku, L. 2007. Influence of no-tillage on the distribution and lability of phosphorus in clay soils. Agriculture, Ecosystems & Environment 120: 299 - 306.

Palva, R. & Alasuutari, S. 2009. Levityskoneet kipsin peltolevitykseen. TTS tutkimuksen tiedote, Luonnonvara-ala: Maatalous 6/2009 (615). 6 s.

Pietola, L. & Kulokoski, U. 2009. Phosphogypsum -based products for farm-scale phosphorus trap-ping. More Sustainability in Agriculture: New Fertilization & Fertilization management - 18th International Symposium of CIEC (International Scientific Centre for Fertilizers) Proceedings: 109 - 115.

Pietola, L. & Kulokoski, U. 2010. Gypsum effects on percolated water characteristics at various soil P. Teoksessa: Turtola, E., Ekholm, P. & Chardon, W. (toim.). Novel methods for reducing agricultural nutrient loading and eutrophication. Jokioinen, MTT. MTT Science 10. s. 48.

Pietola, L. & Kulokoski, U. 2011. Kipsikäsitellyn peltomaan mururakenteen muutokset ja ilmiön mittaaminen. Maaperätieteiden päivien abstraktit. Pro Terra, tulossa.

Pietola, L. 2008. Gypsum-based management practices to prevent phosphorus transportation. NJF 401 Proceedings on Phosphorus management in Nordic-Baltic agriculture - reconciling productivity and environmental protection. NJF Report 4: 79 - 83.

Seleenin sitoutuminen ja biosaatavuus suomalaisissa maissa -hankkeen loppuraportti 2009. Hankkeen Dnro MMM 4822/501/2005. 40 s.

Soinne, H. 2009. Extraction methods in soil phosphorus characterization – Limitations and applications. Pro Terra, No. 47. 49 s.

TraP-hankkeen loppuseminaari 23.11.2010, Nurmijärvi.

Valkama, P., Vahtera, H. & Lahti, K. 2010. Kipsillä ja kasveilla ravinteet kuriin. Aquarius 1/2010: 12 - 13.

Viljavuuspalvelu 2008. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Mikkeli, Viljavuuspalvelu. 7 s.

OSA IV

Valumavesien kemiallinen puhdistus ja suodatus

Susanna Kaasinen

SISÄLLYS

Johdanto	57
1. Puhdistusmenetelmät	58
1.1. Alumiinihydroksipolymeerisaostus	58
1.2. Alumiinisulfaattisaostus	59
1.3. Ferrisulfaattisaostus	60
1.4. Kalkkisuodatus	62
2. Ojavesipuhdistamokokeilu Turun Kaks Kerrassa	65
2.1. Yleistiedot Kaks Kerranjärvestä	65
2.2. Yleistiedot puhdistamosta	67
2.3. Mittaustulokset	69
2.4. Kustannukset	74
3. Yhteenveto ojavesipuhdistamoiden käyttömahdollisuuksista	75
Lähteet	76
Liite 1. Laskukaavat	78
Liite 2. Puhdistamon kemikaalinkulutus, käsitelty vesimäärä ja saostetun fosforin määrä	78

Johdanto

Maatalouden vesiensuojelussa on ensisijaisen tärkeää pyrkiä pitämään ravinteet pellolla kasvien käytettävissä. Pelloilta tapahtuu aina kuitenkin valuntaa, ja näiden valumavesien ravinnepitoisuutta pyritään vähentämään mm. viljelytekniikalla, viljelykasvien valinnalla ja lannoitusta kehittämällä. Ennen valumavesien päätymistä vesistöihin, niitä voidaan puhdistaa esimerkiksi kosteikkojen avulla. Maatalouden valumavesien suodatus ja kemialliset puhdistusmenetelmät ovat edellisiä vähemmän tunnettuja ja niiden kehittäminen on pitkälti vasta kokeiluasteella.

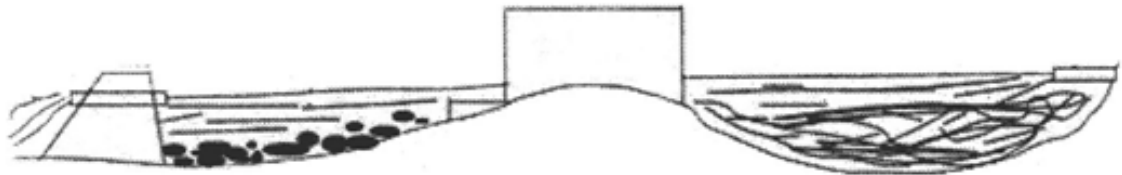
Tässä TEHO-hankkeen raportissa esitellään erilaisten puhdistusmenetelmien toimintaperiaatteita ja kokemuksia niiden käytöstä. Lisäksi kuvataan tarkemmin ojaivesipuhdistamon toimintaa Turun Kaksikerrassa. Tämä osa raporttia on tehty yhteistyössä Turun kaupungin kanssa.

1. Puhdistusmenetelmät

1.1. Alumiinihydroksipolymeerisaostus

Toimintaperiaate

Puhdistusmenetelmä perustuu vedessä olevan maa-aineksen murustamiseen pienimolekyyllisten alumiinihydroksipolymeerien avulla. Alumiinihydroksipolymeerit toimivat moniarvoisten kationien tapaan ja liiamaavat tehokkaasti savihiukkasia toisiinsa. Samalla vesiliukoista fosforia sitoutuu muodostuvien maamurujen sisässä oleviin oksideihin ja fosfori muuttuu leville käyttökelvottomaan muotoon. Yhteenliittyneet savihiukkaset laskeutuvat laskeutusaltaan pohjalle, ja vesi kirkastuu (kuva 1). Yhdellä kilolla pienimolekyyllistä alumiinihydroksipolymeeria pystytään puhdistamaan noin 10 000 - 100 000 litraa valumavettä (Aura ja Seppälä 2005).



Kuva 1. Kaavio puhdistuslaitteistosta (Aura 2000).

Alumiinihydroksipolymeerisaostusmenetelmä vaatii toimiakseen, että kemikaalin ja veden määrä ovat oikeassa suhteessa toisiinsa. Tätä varten ojasta tulevan veden virtaaminen voidaan tasata ensin altaassa (kuva 1), jonka jälkeen annostelulaite lisää puhdistettavaan veteen alumiinihydroksidipolymeeriliuosta. Toinen vaihtoehto on käyttää esimerkiksi aurinkopaneelilla toimivaa laitteistoa, joka mittaa veden virtausvoimakkuuden ja annostelee reagenssin automaattisesti venttiilikoneiston välityksellä virtauksen mukaisesti. Kemikaalilisäyksen jälkeen vesi siirtyy laskeutusaltaaseen, jossa fosfori laskeutuu kiintoaineen mukana pohjalle. Altaan pohjalle kertyvä kiintoaine on poistettava säännöllisesti. Aines voidaan levittää pellolle lannoitteeksi, mutta lietteen vaikutuksia kasvustoon ei ole Auran ja Seppälän (2005) tutkimuksessa selvitetty.

Käyttökokemukset

Menetelmää kokeiltiin sen kehittämisvaiheessa vuosina 1999 ja 2000 Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksen (MTT) 17 ha:n koelohkolla Jokioisissa, missä menetelmä poisti tehokkaasti sekä veteen liunneen että hiukkasiin sitoutuneen fosforin. Valumivesien laatu voi vaihdella huomattavasti, ja alustavien kokeiden perusteella vaikutti, että alumiinioksidipohjainen systeemi soveltuu parhaiten alueille, joilla saveksen eroosio on voimakasta (Aura ja Seppälä 2005).

Vuosina 2002 - 2004 laitteistoa kokeiltiin Lehtimäellä turkistarhalla sekä Pieksamäen Heiniönjärvellä 40 ha:n valuma-alueella, josta puolet oli peltoa. Heiniönjärvellä laitteisto alensi tehokkaasti vesiliukoisen fosforin pitoisuutta valumavedessä. Laitteistoa varten ei tehty erillistä virtauksentasausallasta. Turkistarhalla sekä liukoisen että kokonaisfosforin pitoisuudet alentuivat selvästi. Turkistarhalla oli käytössä sähköinen kemikaalin annostelija (Aura ja Seppälä 2005).

Menetelmään perustuva laitteisto on käytössä myös Turun Kaks Kerranjärvellä. Sen toiminnasta ja tuloksista kerrotaan tarkemmin luvussa 2.

1.2. Alumiinisulfaattisaostus

Toimintaperiaate

Alumiinisulfaattisaostusmenetelmä perustuu fosforin saostamiseen ojavedestä kyllästetyn alumiinisulfaattiliuoksen avulla. Käytettävä laitteisto on samanlainen kuin luvussa 1.1. kuvattu laitteisto (Aura ja Seppälä 2005).

Käyttökokemukset

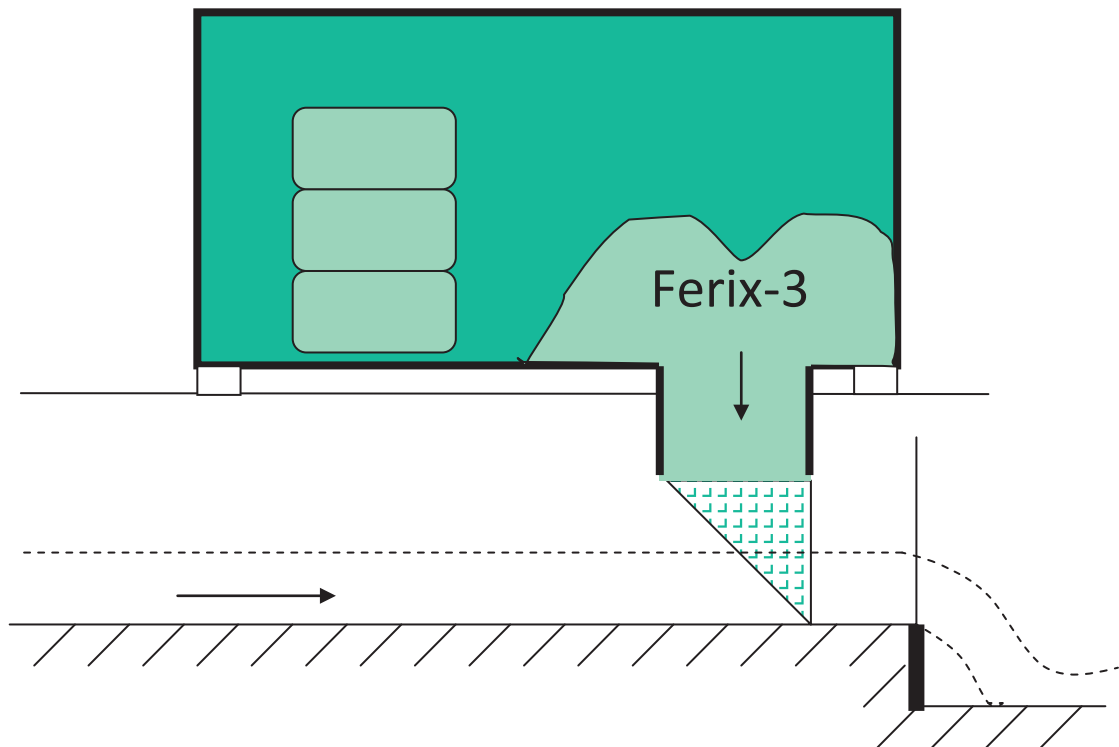
MTT:ssa kokeiltiin alumiinisulfaattisaostusta useissa eri kohteissa vuosina 2002 - 2004. Vihdin Lemmoossa laitteistoa kokeiltiin valuma-alueella, jossa on 30 ha peltoa ja 160 ha metsämaata. Puhdistamo alensi selvästi sekä liukoisen fosforin että kokonaisfosforin pitoisuuksia. Rymättylän Riittiöjärvellä valuma-alue oli noin 47 ha, josta peltoa oli 16 ha. Ojaan laskivat myös huonosti puhdistetut jätevedet kahdesta kiinteistöstä. Laitteisto alensi huomattavasti vesiliukoisen fosforin pitoisuutta, mikäli laitteistoon tulevan veden liukoisen fosforin pitoisuus ylitti selvästi luonnon vesien liukoisen fosforin pitoisuuden (0,01 mg/l). Kummassakaan kohteessa laitteistoa varten ei ollut tehty erillistä virtauksentasausallasta. Rymättylässä oli käytössä automaattinen kemikaaliannostelija. Laitteistoa kokeiltiin myös Virttaalla perunankuorimon ja Sukevalla turvesuon valumavesien käsittelyssä. Perunankuorimolla laitteiston kanssa oli ongelmia, mitkä johtuivat runsaasta saostuneesta perunan soluaineksesta. Turvesuolla sekä vesiliukoinen että kokonaisfosfori puhdistuivat

tehokkaasti. Turvesuolla alumiinisulfaattiliuokseen oli lisätty rikkihappoa humuksen saostumisen nopeuttamiseksi, ja pH:n nostamiseksi veden annettiin kemikaalinlisäyksen jälkeä juosta kalkkikivimurskeen läpi (Aura ja Seppälä 2005).

1.3. Ferrisulfaattisaostus

Toimintaperiaate

Ferrisulfaattisaostusmenetelmä perustuu fosforin saostamiseen ojavedestä ferrisulfaatin eli rauta(III)sulfaatin avulla. MTT:n kokeissa on käytetty useita hieman erilaisia laitteistoja ferrisulfaattisaostuksessa. Sekä peltojen että jaloittelutarhan valumavesien puhdistamiseen on käytetty systeemiä (A), jossa rakeinen ferrisulfaatti (Ferix-3) annostellaan virtaavaan ojaveteen verkkosuppilon (silmäkoko 4x4 mm) avulla (kuvat 2, 3). Ojaan asennetaan ensin V-pato, jonka avautumiskulma on 120 astetta. Annostelusäiliö ja -suppilo (korkeus ja halkaisija noin 300 mm) sijoitetaan padon yläjuoksun puolelle. Kun vedenpinta padossa nousee 300 mm, jää koko suppilo virtaavan veden sisään. Säiliöstä valuu suppiloon uutta kemikaalia sitä mukaan, kun ainetta liukenee ojaveteen (Närvänen ja Jansson 2007a, Närvänen ym. 2008).

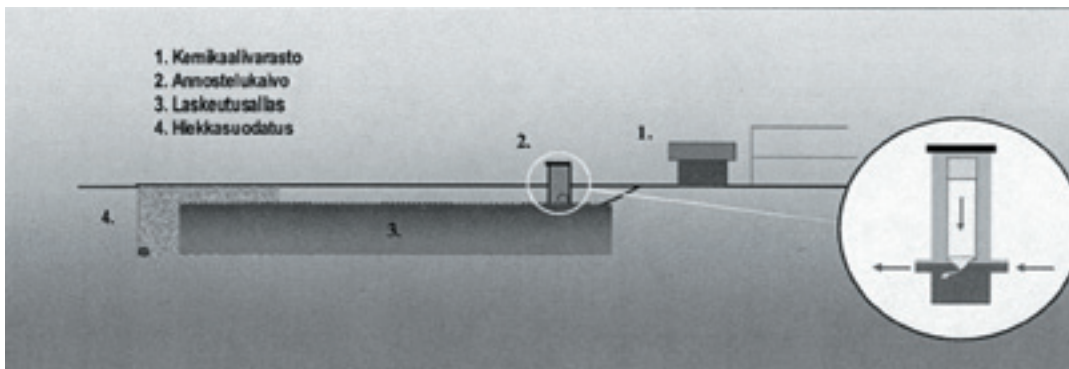


Kuva 2. Periaatepiirros ferrisulfaatin annostelulaitteesta (Närvänen ja Jansson 2007b).



Kuva 3. Ferrisulfaatin annosteluun voidaan käyttää yksinkertaista verkkopussia. Kuva: Airi Kulmala

Toisessa jaloittelutarhan valumavesien puhdistamiseen tarkoitetussa systeemissä (B) valumavedet saostetaan ferrisulfaatilla ja johdetaan noin 100 m²:n kokoisen lasketusaltaan ja hiekkasuodatuksen kautta avo-ojaan (kuva 4). Ferrisulfaatti annostellaan altaaseen tulevaan veteen salaojakaivon kautta. Salaojakaivossa on annosteluputki, josta vesivirtaus liuottaa kemikaalia pinnankorkeuden mukaisesti. Kokeessa kemikaalin annostelua säädettiin pH:n ja kemikaalikulutuksen seurannan perusteella (Närvänen ym. 2008). Ferrisulfaattisaostusta on testattu myös luvussa 1.1. kuvatulla laitteistolla (Aura ja Seppälä 2005).



Kuva 4. Jaloittelutarhan valumavesien puhdistus (Närvänen ym. 2008).

Käyttökokemukset

Systeemiä A kokeiltiin Jokioisten Rehtijärven valuma-alueella. Kevätvalunnan alkaessa kolmen ensimmäisen vuorokauden aikana käsiteltiin 14 000 m³ ojavettä, johon liuenneesta fosforista saatiin saostumaan 91 %. Ferrisulfaatin annostelusuhteena käytettiin 1:35 000 ja kemikaalia kului 400 kg. Veden pH laski 7,6:sta 5,7:ään. Kahden seuraavan viikon aikana ojavettä käsiteltiin 45 000 m³, johon liuenneesta fosforista saatiin saostumaan 66 %. Kemikaalia annosteltiin suhteessa 1:45 000 ja sitä kului 560 kg. Veden pH aleni 7,2:sta 6,6:een (Närvänen ja Jansson 2007a).

Kemiallisella saostuksella hyötysuhde on sitä parempi mitä korkeampi on saostettavan veden fosforipitoisuus, ja siksi kemiallisesti käsiteltävän veden osuus kannattaa kokonaisvalunnasta jättää pieneksi ja kohdistaa se fosforipitoisimpiin kevään alkuvaiheen vesiin tai pienehköihin ojanhaaroihin. Tällöin myös riskit haitoista jäävät pienemmiksi, sillä liian suuret annokset hapanta kemikaalia voivat haitata keväällä kutevien kalojen poikastuotantoa ojan suulla. Testattu laitteisto näyttäisi soveltuvan parhaiten alle 100 l/s suuruisten virtaamien käsittelyyn (Närvänen ja Jansson 2007a, Närvänen ja Jansson 2007b).

Kokeessa käytetyn annostelulaitteen tarvikekustannukset olivat noin 400 € ja rakennuskustannukset 200 - 300 €. Kemikaalia kului yhteensä 1 240 kg ja sen kustannukset olivat 744 € eli noin 500 € saostettua fosforikiloa kohti. Näiden lisäksi tulevat vielä seurannan kustannukset (Närvänen ja Jansson 2007b).

Jaloittelutarhan valumavesien puhdistuksessa systeemillä A liuennan fosforin poistuma oli keskimäärin 45 %, kokonaisfosforin poistuma 48 % ja kokonaistypen poistuma 69 %. Systeemillä B liuennan fosforin poistuma oli keskimäärin 84 %, kokonaisfosforin poistuma 69 % ja kokonaistypen poistuma 54 %. Systeemissä B ongelmana oli kemikaalin loppuminen annostelussa suurten virtaamien aikana. Puhdistustehoja vertaillaessa on hyvä huomata, että systeemissä A ei ollut hiekkasuodatinta ja altaaseen tuli jonkin verran sivusta saostamattomia vesiä. Lisäksi systeemin A valuma-alue oli suurempi. Ferrisulfaattisaostuksessa pH:n havaittiin laskevan yli yhden yksikön. Tätä ei kuitenkaan pidetty ongelmana jaloittelutarhojen kohdalla, sillä tarhavesien pH on lähtökohtaisesti yli 7 ja käsiteltävä vesimäärä on pieni (Närvänen ym. 2008).

Ferrisulfaattisaostusta kokeiltiin luvussa 1.1. esitetyllä laitteistolla peltojen valumavesien puhdistuksessa Vihdin Kotkaniemessä. Kemikaalia lisättiin suhteessa 1:50 000. Tällä määrällä ferrisulfaatti ei juurikaan alentanut veden pH-arvoa. Liukoinen fosfori saatiin hyvin saostumaan, mutta kokonaisfosforipitoisuus ei vähentynyt yhtä selvästi (Aura ja Sepälä 2005).

1.4. Kalkkisuodatus

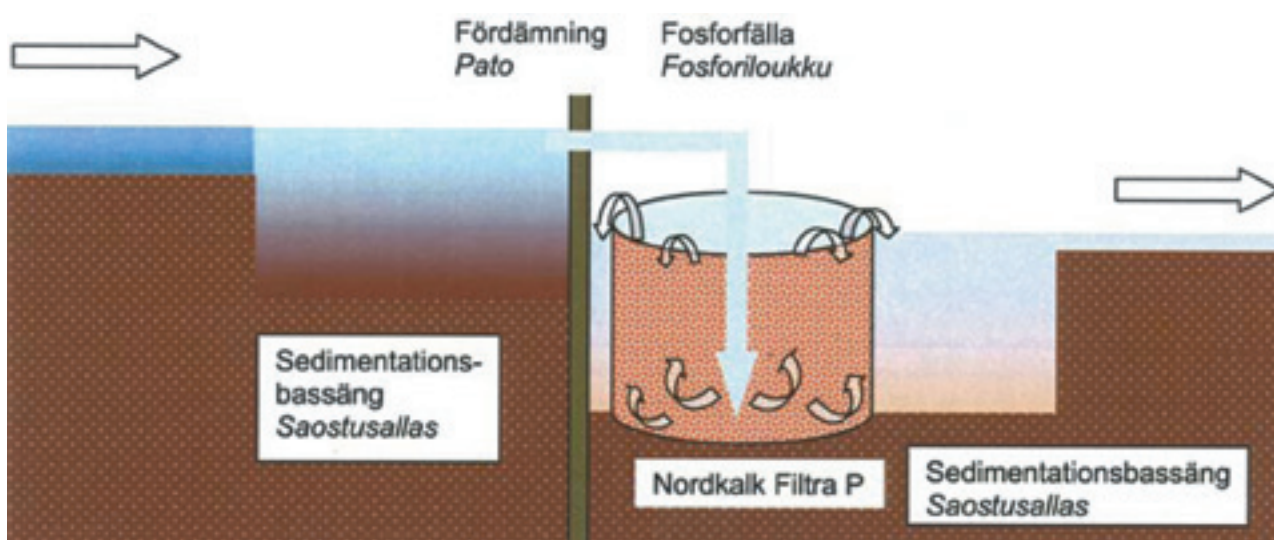
Toimintaperiaate

Kalkkisuodatukseen on kokeiltu useita eri menetelmiä. Näitä ovat kalkkisuodinojat, kalkkihiekkasuodatuskentät, ojapohjasuodatus sekä uutena fosforiloukku-menetelmä.

Kalkkisuodinoja on salaoja, jonka kaivannon täyttömaahan on sekoitettu poltettua kalkkia. Kalkkiseoksen ansiosta ojakaivannon vedenläpäisevyys parantuu, ja valumavedet suodatuvat rakenteen läpi, jolloin veden mukana liikkuvaa fosforia sitoutuu ojakaivantoon. Kalkkisuodinojitus vähentää myös alunamaiden eli happamien sulfaattimaiden valumavesien happamuutta. Kalkkisuodinojat soveltuvat rakennettaviksi erityisesti viettäville savimaille sekä pelloille, joiden pohjamaa on hapanta sulfaattimaata (Kalkkisuodinojitus 2005).

Kalkkihiekkasuodatuskenttä on suorakaiteen muotoinen ja noin metrin syvyinen imeytyskenttä, joka on täytetty kalkkihiekkaseoksella. Valumavedet suodatetaan kalkin ja hiekan seoksen läpi, jolloin suodattimeen sitoutuu kiintoainesta ja siihen sitoutunutta fosforia sekä liukoista fosforia. Ojapohjasuodatuksessa avo-ojan pohjalle levitetään 5 - 15 cm:n kalkkihiekkakerros, joka suodattaa ojavedestä fosforia (Kalkkihiekkasuodatus 2005).

Fosforiloukku-menetelmässä peltojen valumavedet johdetaan suurehkoon avo-ojaan, jossa on suodinkaivanto (kuva 5). Kaivantoon sijoitetaan säkissä Filtra P -kalkkimassaa, joka puhdistaa ojaveden fosforia. Massaa on aiemmin käytetty haja-asutusalueella jätevesien puhdistamisessa ja nyt sen puhdistustehoa kokeillaan myös peltojen valumavesien osalta. Suodinkaivanto sijoitetaan mahdollisimman lähelle peltoalueen ulkoreunaa, jotta mahdollisimman suuri osa valumavedestä saadaan ohjattua suotimen lävitse (Nordkalk 2009).



Kuva 5. Fosforiloukun toimintaperiaate (Novia 2010).

Käyttökokemukset

Säkylän Pyhäjärvellä on kokeiltu sekä kalkkisuodinoja että kalkkihiekkasuodatuskenttiä. Järveen laskevien Yläneenjoen ja Pyhäjoen jyrkimmille rantapelloille rakennettiin 1990-luvun lopulla lähes kuusi kilometriä kalkkisuodinoja. Puhdistustehon mittaaminen on vaikeaa, koska pintavaluntavedestä on hankala saada edustavia vesinäytteitä. Puhdistustehoa voitiin kuitenkin mitata tilalla, jossa kolmen peltohehtaarin salaojavedet ja kotitalouden jätevedet kerätään kaivon ja pumpataan edelleen kalkkisuodinojaan. Kalkkisuodinojan fosforinpuhdistustehoksi saatiin keskimäärin 40 %. Koska uomansuuntaisten, pellon ja suojakaistan rajaan rakennettujen kalkkisuodinojen perustamiskustannukset ovat suhteellisen korkeat, niitä kannattaa perustaa kohtiin, joista pintavalunta virtaa suojakaistan läpi (Tarvainen ja Ventelä 2007).

Pyhäjärvellä valumavesiä on käsitelty lisäksi suodatuskentissä, joissa kalkkiahiekkasuodattimet ovat tehokkaasti poistaneet fosforia. Vuosina 1997 - 2001 puhdistusteho oli keskimäärin 75 %. Tyypeä suodattimet eivät ole juurikaan pystyneet poistamaan. Ravinteita on pyritty poistamaan Pyhäjärven alueen ojavesistä myös ojanpohjasuodattimilla kahdeksassa eri kohteessa. Ojanpohjasuodatuskokeilussa olevien ojien fosforipitoisuutta saatiin ensimmäisinä vuosina vähennettyä keskimäärin 30 % (Tarvainen ja Ventelä 2007).

Ojanpohjasuodatusta on kokeiltu myös Keski-Uudellamaalla sijaitsevalla Tuusulanjärvellä. Keväällä 2006 Mäyränojan valuma-alueen pelloilla sijaitseviin avo-ojiin rakennettiin viisi ojanpohjasuodatinta. Suodatinten toimivuutta pyrittiin seuraamaan vesinäytteiden avulla, mutta edustavien näytteiden otto osoittautui kuitenkin käytännössä vaikeaksi. Jotta vedenlaatua olisi voitu seurata, ojanpohjasuodatinten yhteyteen olisi pitänyt rakentaa esimerkiksi näytteenottokaivot. 13 - 30 metrin pituisten suodattimien rakentaminen viiteen pelto-ojaan maksoi yhteensä noin 5 000 euroa (Marttila ja Värttö 2009).

Kalkkisuodatuksessa ongelmana on kalkkimassan suodatustehon heikkeneminen. Kun fosforinpidätysteho loppuu, suodatin on vaihdettava tai siihen on sekoitettava uutta massaa. Happamilla sulfaattimailla kalkkisuodainojien fosforinsitomiskyky näyttää alustavien kokeiden mukaan häviävän muutamassa vuodessa (Kalkkisuodainojitus 2005). Pyhäjärvellä suodattimien puhdistustehon säilymistä ei ole seurattu.

Valumavesien fosforinpuhdistusta kokeillaan kalkkisuodattimella keväällä 2009 käynnistyneessä Fosforiloukku-hankkeessa (Novia 2010). Menetelmää on tarkoitus testata usean vuoden ajan. Vuoden 2009 kesän kokemusten perusteella Filtra P -massa sinänsä toimii pellon valumavesien puhdistuksessa samalla tavoin kuin jätevesijärjestelmissäkin. Menetelmä vaatii kuitenkin vielä kehittämistä. Nyt on käytetty 500 kg:n suodinmassakasetteja, joiden valumahuiput ovat liian kovia vesivirtaamaan nähden. Massan kapasiteetti ei aina riitä käytetyllä suodatinkoolla ja joudutaan turvautumaan osittaiseen ohijuoksutukseen (Nordkalk 2009). Vantaanjoen alueella aloitettiin alkukesästä 2010 uusi kokeilu, jossa fosforiloukkuun laitettiin saostuskemikaaliksi rauta-kalsiumseosta (Sachtofer PR), jonka toivotaan olevan kalkkipellettiä tehokkaampi liukaisen fosforin sitoja (Runsten 2010a, b).

2. Ojavesipuhdistamokokeilu Turun Kaks Kerrassa

2.1. Yleistiedot Kaks Kerranjärvestä

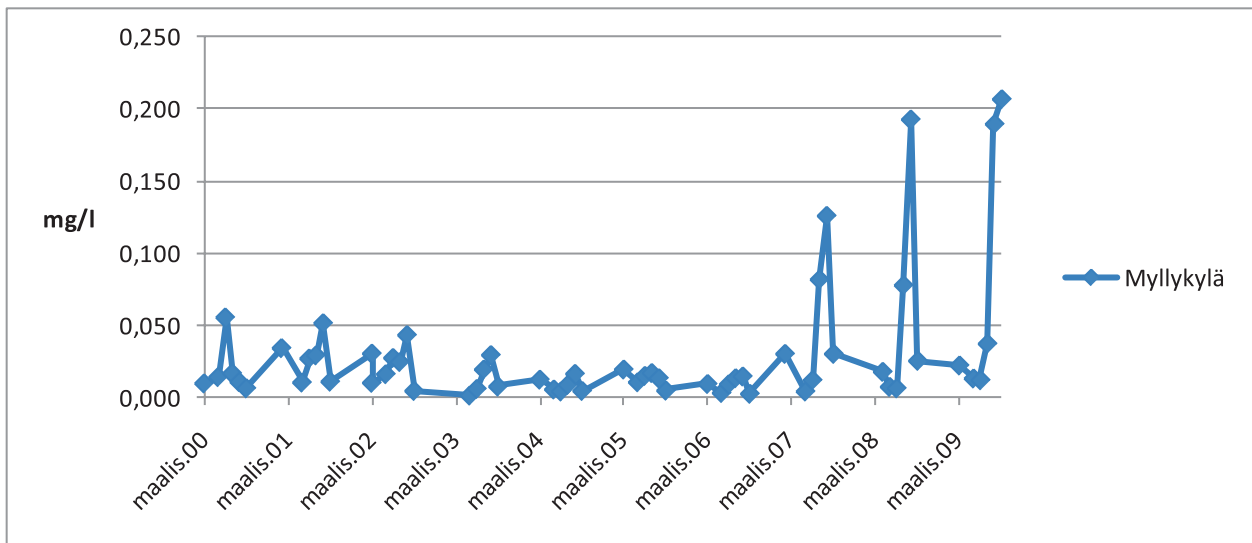
Turussa sijaitseva Kaks Kerranjärvi on kapea ja pitkänomainen järvi keskellä Kaks Kerran saarta. Järven pinta-ala on 1,6 km² ja tilavuus 9,8 miljoonaa m³. Kaks Kerranjärven keskisyvyys on 6 metriä ja sen suurin syvyys Myllykylän syvänteessä on 15,5 metriä. Järven valuma-alue on 7,1 km², josta peltoa on 27 %. Valuma-alueella on viisi järveen laskevaa suurempaa ojaa. Järvestä laskee mereen yksi laskuoja (Myllyoja). Järven veden teoreettinen viipymä on selvästi suomalaisten järvien keskiarvoa pidempi eli noin neljä vuotta (Kempainen 2008, Koivunen 2009).

Järveä on säännöstelty 1800-luvulta lähtien Myllyojan säännöstelypadon avulla. Säännöstelyssä on pyritty noudattamaan kruununvouti Sevonin 2.8.1819 laatimia säännöstelyohjeita. Vanhojen säännöstelyohjeiden mukainen säännöstely ei ole virkistyskäytön kannalta järkevä, ja nyt säännöstelyä ollaan kehittämässä. Suunnitelmissa on rakentaa uusi kiinteä pato vanhan settipadon tilalle. Uusi pato tasaisi järven pinnanvaihteluja nostamalla alivedenkorkeuksia ja laskemalla ylivedenkorkeuksia eikä sillä pitäisi olla negatiivisia vaikutuksia järven tilaan tai kuormitukseen eikä järven kalastoon (Harjattula Golf Oy:n hakemus... 2009).

Kaks Kerranjärvi oli vielä 1900-luvun alussa karu järvi, mutta 1940-luvulla se alkoi rehevöityä muun muassa fosfaattipitoisten lannoitteiden käyttöönoton myötä (Koivunen 2009). Järveä on myös 1950-luvulla lannoitettu fosfaatilla kalatalouden edistämiseksi.

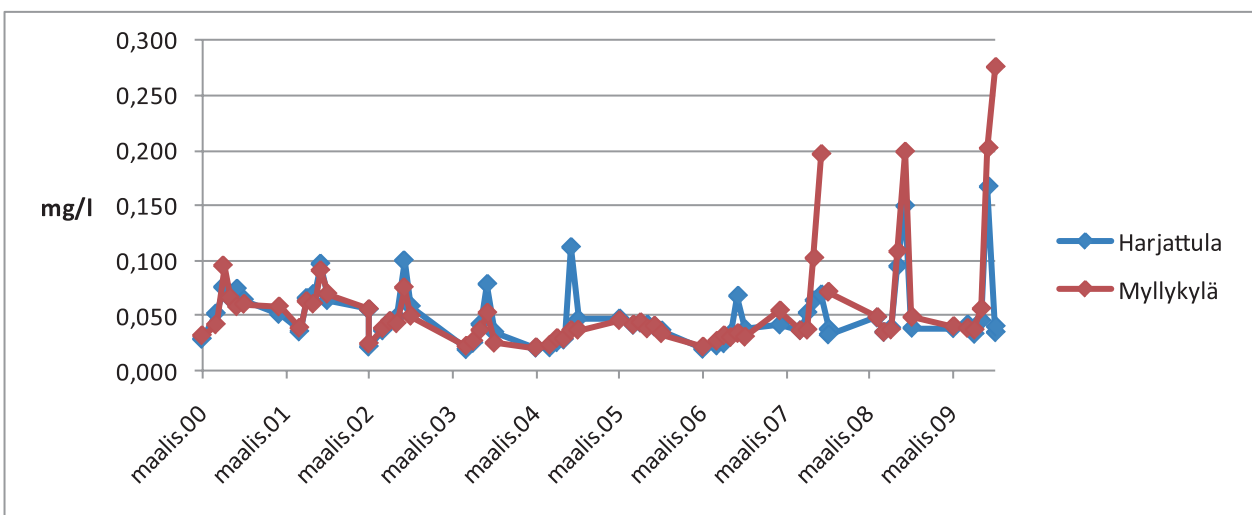
Järven tilaa on tutkittu 1960-luvulta alkaen. Ensimmäiset sinileväesiintymät havaittiin 1980-luvulla ja ensimmäiset massakukinnat 1990-luvulla. Rehevöitymishaittojen lieventämiseksi järveä alettiin vuonna 1987 hoitaa hapettamalla, ja vuonna 1989 aloitettiin kalojen tehopyynti ja petokalaistutukset (Koivunen 2009). Ravinneketjukurunostuksen tuloksia on selvitetty koekalastusten ja -ravustuksen avulla. Koekalastusten perusteella kalakantarakenne vaikuttaa melko terveeltä eikä ainakaan tehokalastuksiin ole toistaiseksi tarvetta (Ylönen 2005). Kalastoon perustuvan järven ekologisen tilan arvioinnin mukaan Kaks Kerranjärven ekologinen tila on tyydyttävän ja hyvän rajamailla, mutta niukasti tyydyttävän puolella johtuen kohtalaisen suurista yksikkösaaliista (Sairanen 2007). Kaks Kerranjärveä kuormittavat luonnonhuuhtouman ja ilmalaskeuman lisäksi maatalouden ja asutuksen hajapäästöt. Järven tilaa seurataan säännöllisesti mittauksilla. Vuoden 2008 seuranta tutkimuksessa järvi luokiteltiin reheväksi ja järven pohjassa havaittiin happikatoa kesäkuukausina (Koivunen 2009).

Kuvassa 6 on Kaks Kerranjärven liukoisen fosforin pitoisuudet Myllykylän syvänteen mitauspisteessä vuosilta 2000 - 2009. Kuvassa on eri syvyyksiltä tehtyjen mittausten keskiarvot. Liukoisen fosforin pitoisuuksien keskiarvo ajalta 2000 - 2009 oli 0,030 mg/l. Pitoisuudet ovat olleet selkeästi pienempiä pintavedessä, keskimäärin 0,006 mg/l. Koko vesipatsaan keskiarvoja nostavat pohjan läheisestä vedestä mitatut korkeat pitoisuudet, joista korkeimpana mitattiin 0,660 mg/l elokuussa 2008.



Kuva 6. Liukoisin fosforin pitoisuudet (mg/l) koko vesipatsaan keskiarvoina Kaksikerranjärvessä Myllykylän mittauspisteessä 2000 - 2009.

Kuvassa 7 on Kaksikerranjärven kokonaisfosforipitoisuudet Harjattulan ja Myllykylän syvänteiden mittauspisteistä. Kuvassa on eri syvyyksiltä tehtyjen mittauksien keskiarvot. Kokonaisfosforipitoisuuksien keskiarvo ajalta 2000 - 2009 oli Harjattulan mittauspisteessä 0,053 mg/l ja Myllykylän syvänteiden mittauspisteessä 0,058 mg/l. Myös kokonaisfosforipitoisuudet ovat olleet keskimäärin pienempiä pintavedessä, noin 0,035 mg/l kummassakin mittauspisteessä. Koko vesipatsaan keskiarvoja nostavat pohjan läheisestä vedestä mitatut korkeat pitoisuudet. Suurin pitoisuus, 0,970 mg/l, mitattiin pohjan läheisessä vedessä Myllykylän syvänteessä syyskuussa 2009.



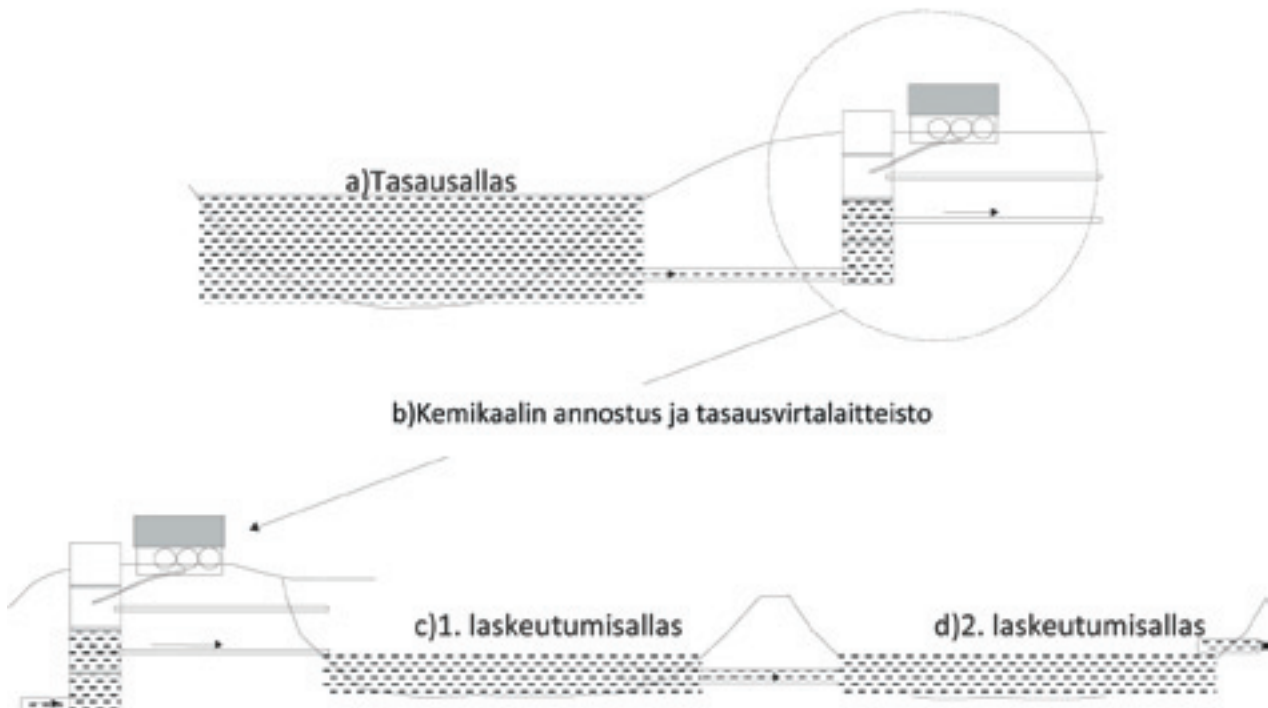
Kuva 7. Kokonaisfosforipitoisuudet (mg/l) koko vesipatsaan keskiarvoina Kaksikerranjärvessä Myllykylän ja Harjattulan mittauspisteillä 2000 - 2009.

Vuonna 2002 Turun kaupunginhallitus päätti järven suojelun tehostamiseksi perustaa Kaksikerranjärven neuvottelukunnan, jonka tehtäväksi annettiin järven tilaan vaikuttavien toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus. Neuvottelukunta on muun muassa järjestänyt neuvontaa ja yleisötilaisuuksia sekä teettänyt selvityksiä. Vuonna 2008 se teetti järven valuma-alueelle maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden yleissuunnitelman, jossa on kartoitettu luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeitä kohteita sekä alueita, joihin olisi tarpeellista perustaa suojavyyöhykkeitä tai kosteikkoja (Turun kaupunki 2009).

2.2. Yleistiedot puhdistamosta

Vuoden 2003 marraskuussa yhteen Kaksikerranjärveen laskevaan ojaan asennettiin oja-vesipuhdistamo fosforikuormituksen pienentämiseksi (kuvat 8 - 11). Puhdistamo sijaitsee valuma-alueella, jonka vesistä 64 % tulee pelloilta. Vuotuinen virtaama ojassa on tehdyn ojavesiselvityksen mukaan noin 158 000 - 210 000 m³. Puhdistamo pystyy käsittelemään noin kolmasosan keskimääräisestä virtaamasta. Ojavesipuhdistamon kapasiteetti on kuitenkin erityisesti maksimivirtaamien aikana, jolloin puhdistamo pystyy käsittelemään vain pienen osan ojan virtaamasta.

Ojasta vesi pumpataan uppopumpulla veden käsittelylaitteistoon (kuva 8, kohta a; kuvat 9, 11). Pumppu käynnistyy automaattisesti veden noustessa ojassa ja kytkeytyy pois päältä vedenpinnan laskiessa. Pumppausteho oli vuosina 2003 - 2008 noin 4 l/s. Tämä tarkoittaa noin 345 m³ päivässä, mikäli pumppu on koko ajan päällä.



Kuva 8. Kaksikerrassa sijaitsevan puhdistamon toimintakaavio.



Kuva 9. Kaksikerrassa sijaitseva ojavedenpuhdistamo. Puhdistamolaitteiden suojaksi on rakennettu puinen mökki. Etualalla on ojaveden ottoputki. Kuva: Turun kaupunki/Ympäristönsuojelutoimisto



Kuva 10. Saostusallas ja purkuputki puhdistamosta. Kemiakaalikäsittelyssä syntyy kevyttä, vaahdontaista ainesta, joka painuu vähitellen altaan pohjaan. Kuva: Turun kaupunki/Ympäristönsuojelutoimisto

Vuonna 2008 pumppu vaihdettiin. Uuden pumpun teho on 6 - 7 l/s eli 518 - 605 m³ päivässä, mikäli pumppu on koko ajan päällä. Pumppauksen ollessa päällä saostuskemikaalia annostellaan automaattisesti veteen suhteella 1:30 000 (kuva 8, kohta b). Saostuskemikaalina käytetään polyalumiinikloridia eli alumiinihydroksikloridia (Kempac 18).



Kuva 11. Saostuskemikaalin lisäslaitteistoa. Kuva: Airi Kulmala

Kemikaalilisäyksen jälkeen vesi johdetaan putkella saostusaltaaseen, jossa saostuminen pääasiassa tapahtuu (kuva 8, kohta c; kuva 10). Saostunut vesi kulkeutuu altaasta vähitellen järveen. Saostusaltaan pohjalle kertynyt massa poistetaan aika ajoin. Saostusallas on tyhjennetty tähän mennessä kerran vuonna 2006 ja sinne kertynyt aines vietiin Turun kaupungin jätevedenpuhdistamoon. Tulevaisuudessa tämä ei ole mahdollista, mutta saostusmassa voidaan levittää pellolle lannoitteeksi. Saostusaltaisiin tehtiin muutostöitä vuonna 2006, jolloin ensimmäisen saostusaltaan perään kaivettiin toinen saostusallas (kuva 8, kohta d). Myös valuma-alueen maankäytössä on tapahtunut muutoksia, kun osa lähialueen pelloista on muutettu suojavyöhykkeeksi. Suojavyöhyke perustettiin v. 2007 suojaviljaan ja vuosina 2008 ja 2009 siitä kerättiin nurmen kasvusto hevosenheinäksi. Suojavyöhykkeelle ei levitetä lannoitteita.

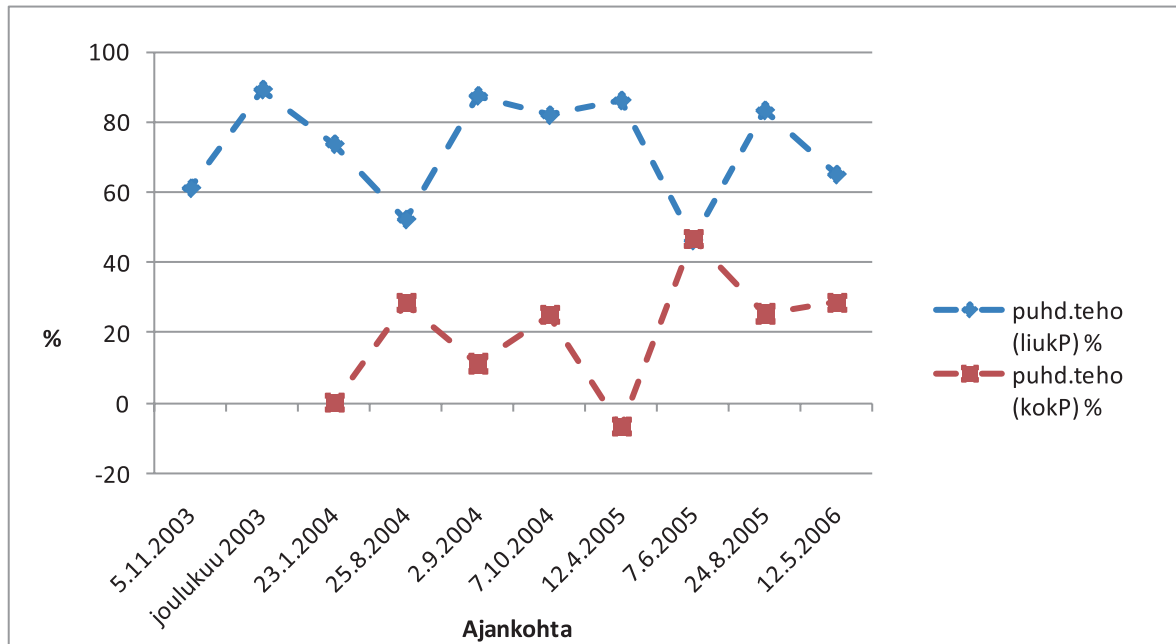
2.3. Mittaustulokset

Puhdistamon toimintaa on tarkasteltava erikseen vuosilta 2003 - 2006 ja vuosilta 2009 - 2010, sillä tällä välillä toimintaan tehtiin muutoksia. Vuosina 2007 - 2008 puhdistamon toimintaa ei seurattu näytteenoton avulla, joten nämä vuodet puuttuvat tarkastelusta.

Vuosina 2003 - 2006 vesinäytteet otettiin puhdistamoon tulevasta ojavedestä ja puhdistetusta ojavedestä läheltä puhdistamosta tulevan putken suuta. Tämän jälkeen saostusaltaita muutettiin kaivamalla toinen saostusallas, ja myös näytteenottopaikkoja vaihdettiin. Vuonna 2009 ja vuoden 2010 toukokuussa näytteet otettiin tulevasta ojavedestä, puhdistetusta ojavedestä ensimmäisen saostusaltaan loppupuolelta sekä toisen saostusaltaan loppupuolelta. Puhdistustehon laskennassa on käytetty jälkimmäistä näytettä. Puhdistamosta tullut vesi on siis toisessa näytesarjassa viipynyt pidempään saostusaltaisissa ennen näytteenottoa kuin ensimmäisinä vuosina. Vuoden 2010 huhtikuussa näytettä ei jäätilan-teen vuoksi saatu toisen saostusaltaan loppupuolelta vaan se otettiin toisen saostusaltaan alkupäästä. Näytteistä analysoitiin pitoisuudet kokonaisfosforille ja liukoiselle fosforille sekä vuosina 2009 - 2010 myös kokonaistypelle. TEHO-hankkeen näytteenotto lopetettiin loppukevällä 2010, joten tältä vuodelta on mukana vain kahden näytteenottokerran tulokset. Mittaustulosten analysoinnissa käytetyt laskukaavat on koottu liitteeseen 1.

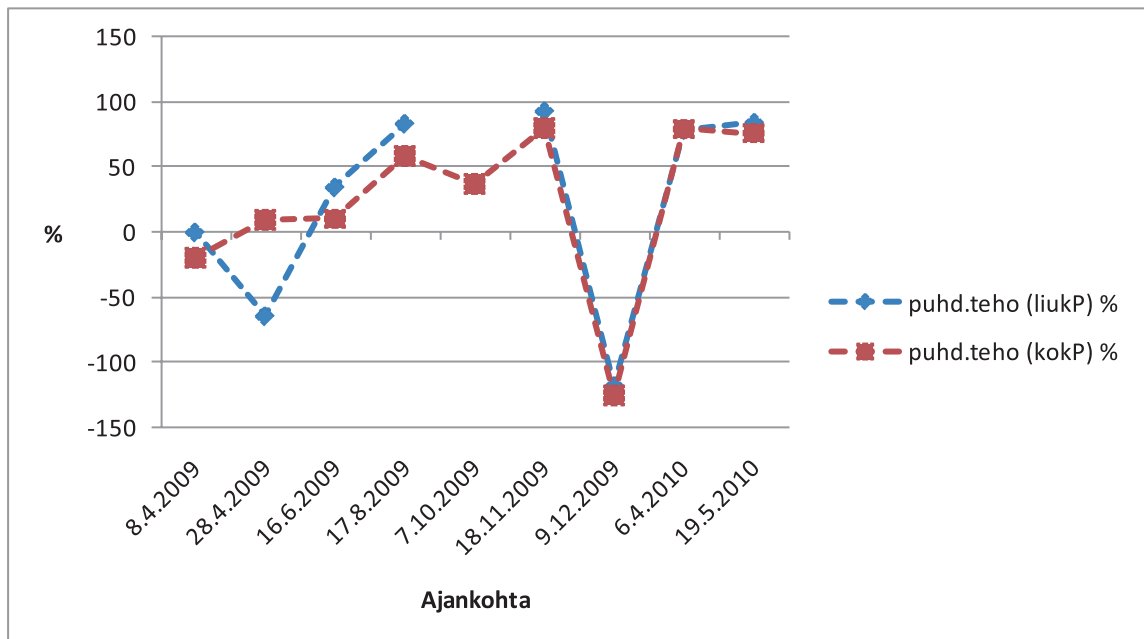
Fosforinpuhdistusteho

Vuosina 2003 - 2006 ojavesipuhdistamo saosti vedestä parhaimmillaan 89 % liukoisesta fosforista ja heikoimmillaankin liukoisesta fosforista saostui 46 % (kuva 12). Keskimääräinen puhdistusteho oli liukoisen fosforin osalta 73 %. Kokonaisfosforin puhdistusteho oli parhaimmillaan 46 %. Vuoden 2005 huhtikuun mittaushetkellä saostusaltaan kokonaisfosforipitoisuus oli tulevan ojaveden kokonaisfosforipitoisuutta korkeampi. Kokonaisfosforin keskimääräinen puhdistusteho oli vajaat 20 %.



Kuva 12. Kaksikerrassa sijaitsevan puhdistamon kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin puhdistusteho (%) vuosina 2003 - 2006.

Vuonna 2009 liukoisen fosforin puhdistusteho oli parhaimmillaan 93 % ja kokonaisfosforin puhdistusteho 80 % (kuva 13). Huonoimmillaan liukoisen fosforin ja kokonaisfosforin pitoisuus ei vähentynyt lainkaan vaan saostusaltaassa mitatut fosforipitoisuudet olivat oja-veden pitoisuutta suuremmat. Vuoden 2010 keväällä sekä liukoisen että kokonaisfosforin puhdistusteho oli hyvä.



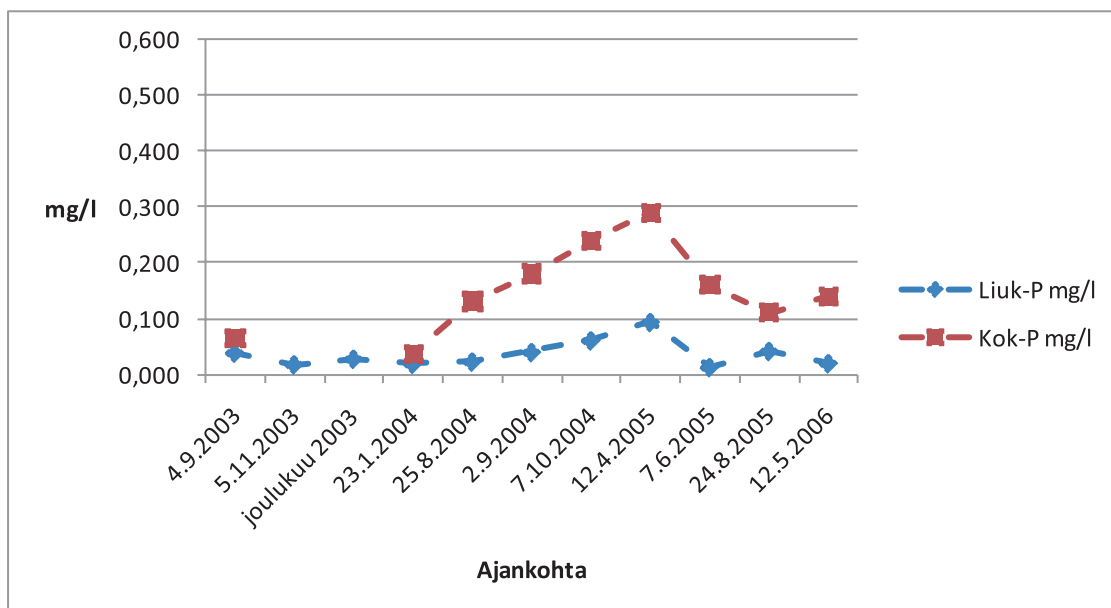
Kuva 13. Kaksikerrassa sijaitsevan puhdistamon kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin puhdistusteho (%) vuonna 2009 ja vuoden 2010 keväällä.

Huonot puhdistustulokset vuosien 2005 ja 2009 huhtikuussa ajoittuvat kevätvalunnan aikaan. Huono puhdistusteho voi selittyä järven vedenpinnan vaihtelulla ja järveden nousulla altaisiin, jolloin altaan pohjalle kerrostunut fosforipitoinen kiintoaine on voinut lähteä liikkeelle. Näin fosforin pitoisuus on laskeutusaltaassa noussut jopa tulevan ojaveden pitoisuutta korkeammaksi. Vuonna 2004 raportoitiin ongelmia kemikaalinsyötössä, mikä voi selittää osaltaan notkahduksia puhdistustehossa. Vuonna 2009 puhdistusteho oli huono joulukuun alussa, mutta tälle ei ole löytynyt selitystä. Vuosien välistä vertailua hankaloittaa se, että näytteitä ei kaikkina vuosina ole otettu tasaisesti ympäri vuotta.

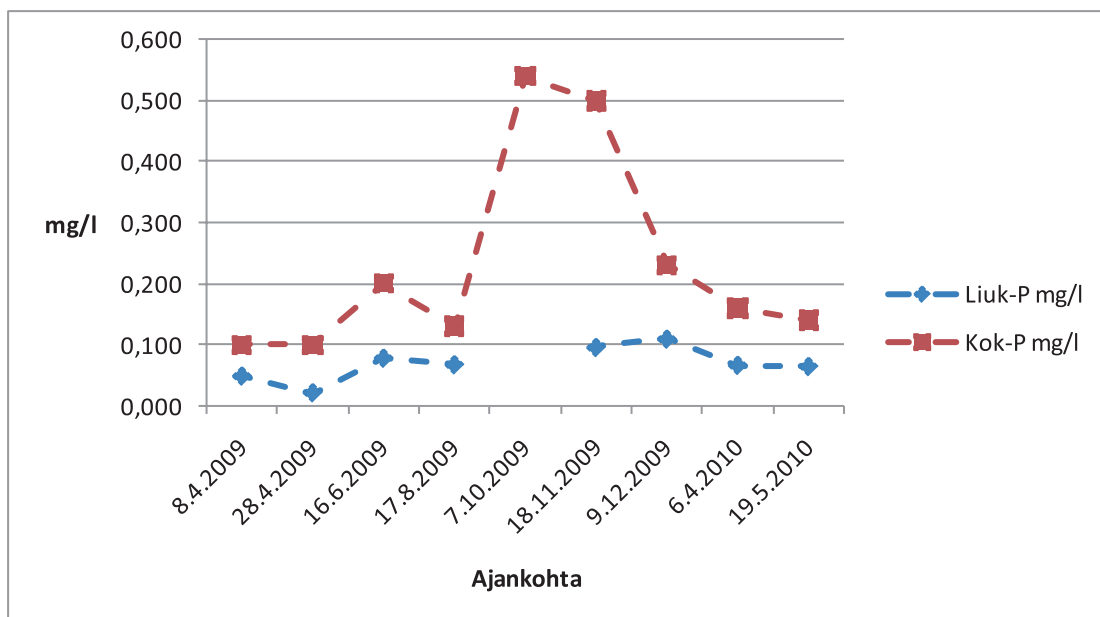
Fosforin pitoisuus ojavedessä

Puhdistamoon tulevan ojaveden liukoisen fosforin pitoisuus oli 0,013 - 0,094 mg/l vuosina 2003 - 2006 (kuva 14). Keskimääräinen pitoisuus oli 0,036 mg/l. Kokonaisfosforin pitoisuus oli samalla ajanjaksolla 0,037 - 0,290 mg/l keskimääräisen pitoisuuden ollessa 0,161 mg/l.

Vuonna 2009 puhdistamoon tulevan ojaveden liukoisen fosforin pitoisuus oli 0,020 - 0,110 mg/l ja keskimääräinen pitoisuus 0,070 mg/l (kuva 15). Kokonaisfosforin pitoisuus oli 0,100 - 0,540 mg/l. Keskimääräinen pitoisuus oli 0,257 mg/l. Vuoden 2010 keväällä liukoisen fosforin pitoisuus ojavedessä oli 0,064 - 0,066 mg/l ja kokonaisfosforin pitoisuus 0,140 - 0,160 mg/l. Vuoden 2009 fosforipitoisuudet olivat vuosien 2003 - 2006 pitoisuuksia suurempia eli ainakaan vielä ei lähipeltojen muuttaminen suojavyöhykkeeksi ole pienentänyt huuhtoumaa niin paljoa, että se näkyisi yli sadannan ja muiden huuhtoumaan vaikuttavien tekijöiden. Aikaisempien vuosien näytteitä ei myöskään ole otettu tasaisesti ympäri vuotta, jolloin vuosien välisten keskiarvojen vertailu ei välttämättä anna oikeaa kuvaa ojaveden fosforipitoisuuksista.



Kuva 14. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet (mg/l) puhdistamoon tulevassa ojavedessä vuosina 2003 - 2006.



Kuva 15. Kokonaisfosforin ja liukoisen fosforin pitoisuudet (mg/l) puhdistamoon tulevassa ojavedessä vuonna 2009 ja vuoden 2010 keväällä.

Poistuneen fosforin määrä

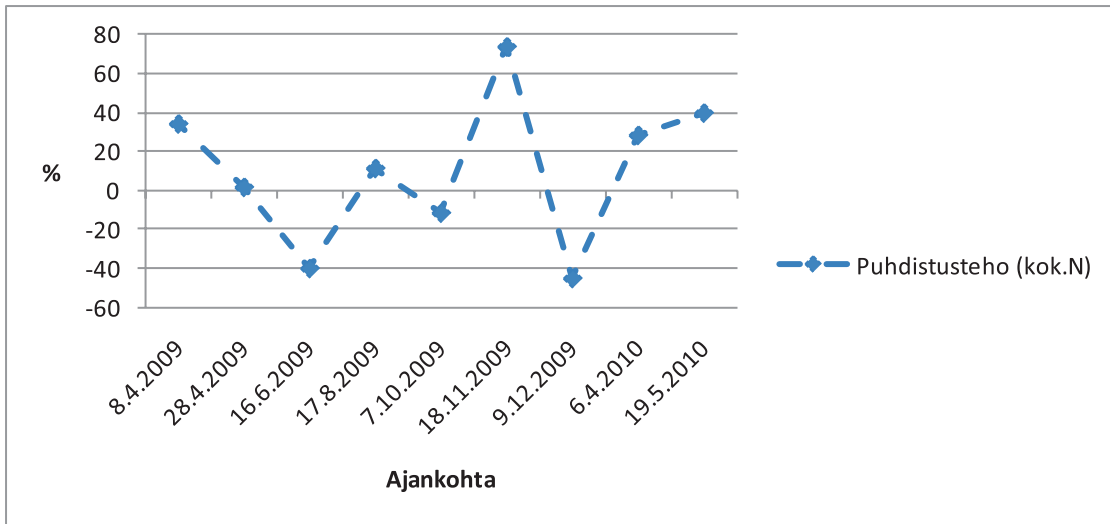
Ojavesipuhdistamo pystyy käsittelemään vain osan ojassa virtaavasta vedestä. Käsitelty vesimäärä voidaan laskea, kun tiedetään käytetty kemikaalimäärä ja kemikaalin syöttösuhde 1:30 000. Ojan virtaamasta ei ole täysin tarkkaa tietoa, mutta se on noin 158 000 m³ - 210 000 m³. Näillä tiedoilla laskettuna puhdistamo on pystynyt käsittelemään keskimäärin 30 - 39 % ojan virtaamasta (liite 2). On syytä huomioida, että vuosilta 2006 ja 2007 ei ole tarkkaa tietoa käytetyistä kemikaalimääristä ja näiden vuosien tiedot perustuvat arviointiin. Lisäksi vuonna 2003 puhdistamo oli käytössä vain kaksi kuukautta ja vuodelta 2010 laskuissa on mukana vain vuoden viisi ensimmäistä kuukautta. Vuonna 2008 puhdistamossa oli käytössä kaksi pumppua, ja siksi käsitelty vesimäärä oli poikkeuksellisen suuri. Vuonna 2009 käytetty kemikaalimäärä oli puolestaan poikkeuksellisen alhainen johtuen kuivasta kesästä, mutta vuoden 2010 keväällä käytetty kemikaalimäärä oli taas erityisen suuri johtuen runsaslumisesta talvesta ja sen myötä runsaasta kevätvalunnasta.

Karkeasti arvioiden puhdistamo on poistanut ojavedestä liukoista fosforia 0,1 kg/kk ja kokonaisfosforia 0,2 kg/kk (liite 2). Puhdistuskemikaalia on tarvittu 1 100 litraa puhdistamaan yksi kilo liukoista fosforia. On kuitenkin syytä huomata, että laskuihin liittyy paljon epävarmuuksia. Mittaustuloksia ei ole tasaisesti koko ajanjaksolle, laskuissa on käytetty keskiarvoja ja puhdistusteho on vaihdellut paljon eri kuukausien välillä muun muassa kemikaalinsyötön ongelmien takia.

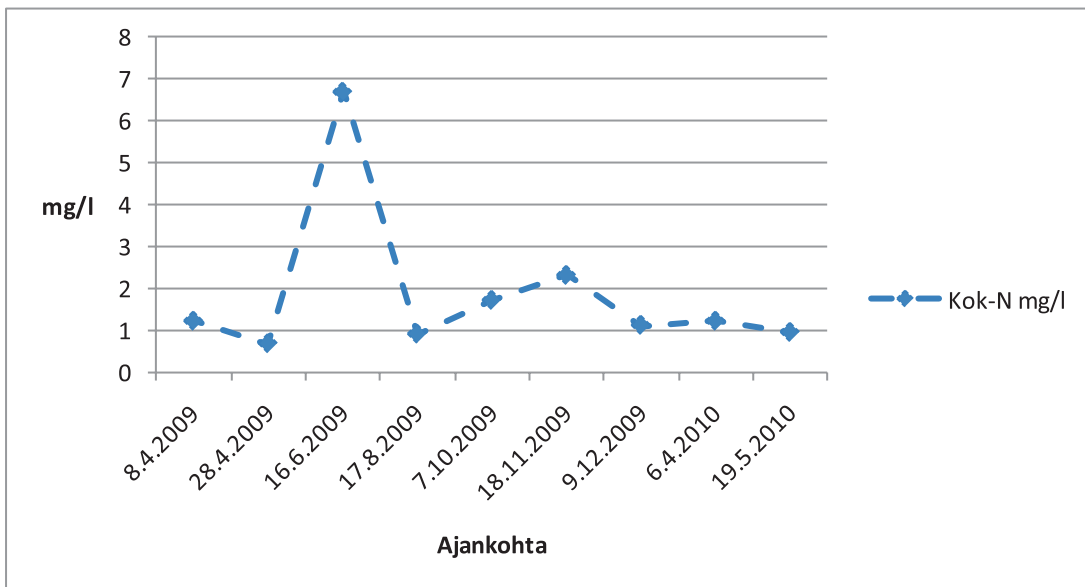
Typenpuhdistusteho ja typen pitoisuus ojavedessä

Kiintoaineen mukana laskeutusaltaaseen saostuu fosforin lisäksi myös typpeä. Typenpuh-

distustehoa seurattiin vuonna 2009 ja vuoden 2010 keväällä (kuva 16). Kokonaistyyppi-
toisuus väheni parhaimmillaan puhdistuksessa 74 %. Tulevan ojaveden typpipitoisuus oli
pääsääntöisesti 1 ja 2 mg/l välillä lukuunottamatta kesäkuun 2009 näytettä, jolloin pitoi-
suus oli 6,7 mg/l (kuva 17). Laskeutusaltaan typpipitoisuus oli joinain mittausajankohtina
suurempi kuin tulevan ojaveden typpipitoisuus. Syynä tähän voi olla järiveden tulviminen
altaisiin.



Kuva 16. Puhdistamon kokonaistypen puhdistusteho (%) vuonna 2009 ja vuoden 2010 keväällä.



Kuva 17. Kokonaistypen pitoisuus (mg/l) puhdistamoon tulevassa ojavedessä vuonna 2009 ja vuo-
den 2010 keväällä.

2.4. Kustannukset

Taulukossa 1 on listattu Kaksikerranjärvellä sijaitsevasta ojavesipuhdistamosta vuosina 2003 - 2009 aiheutuneet kustannukset. Kuluissa ei ole mukana huoltoon liittyviä henkilö-kustannuksia. Työaikaa laitteen huoltamiseen kuluu arviolta noin 24 h/kk. Työhön sisältyy kemikaalitäydennykset, muu laitehuolto ja näytteenotto. Hinnossa ei ole mukana arvonnäköveroä.

Taulukko 1. Puhdistamon yhteenlasketut kustannukset vuosille 2003 - 2009.

	Kustannuserä	Kustannus (€)	Huomautukset
Rakentaminen	laitteen hankinta	4 000	Ei työkustannuksia mukana
	kemikaalipumppu	455	
	betonirenkaat	388	
Käyttö	kemikaalien osto	4 440	Kemikaaleja jäljellä keväällä 2010
	sähkö	1 450	noin 360 €/vuosi
	altaan tyhjennys	2 709	tehty vuonna 2006
Muut kulut	tiemaksu	137	27,36 €/vuosi
	tarkkailukulut	1 545	15 tarkkailukertaa
	Kulut yhteensä	15 124	

Puhdistamon rakentamiskustannukset ovat olleet noin 4 840 euroa. Jos maanrakentaminen kuten saostusaltaiden pengertäminen olisi teetetty ulkopuolisella, olisi siitä aiheutuva kuluerä ollut arviolta 7 000 euroa. Käyttökustannukset ovat vuosina 2003 - 2009 olleet yhteensä 8 600 euroa. Suurin menoerä on ollut kemikaalien osto, mutta on syytä huomioida, etteivät tiedot kemikaalikustannuksista ole aivan tarkkoja. Saostuskemikaalia saatiin ensin kaupungin vesilaitokselta vuosina 2003 ja 2004, joten siitä ei syntynyt kustannuksia ko. puhdistamossa. Kun kemikaalin käyttö jätevedenpuhdistamolla loppui, jouduttiin kemikaali ostamaan itse. Kemikaalia ostettiin aluksi pienissä erissä kanistereissa ja lopuksi konteissa, koska se oli huomattavasti halvempaa. Karkeasti arvioiden yhtä saostettua kiloa liukoista fosforia kohden kuluu 1 100 litraa kemikaalia ja sen kustannus on ollut Kaksikerran puhdistamolla noin 400 euroa. Kemikaalin litrahinta on tällä hetkellä kontissa ostettuna 0,78 €/litra (Salonen 2010). Tällä hinnalla yhden liukoisen fosforikilon puhdistaminen olisi yli puolet kalliimpaa, kuin se nyt on ollut Kaksikerran puhdistamolla.

Laskeutusallas on tyhjennetty kerran vuonna 2006. Allas pumpattiin tyhjäksi vedestä ja sen pohjalle kertynyt sakka imettiin säiliöautoon ja vietiin jätevedenpuhdistamolle. Altaan tyhjennyksen hinta muodostui säiliöauton omistavalle yritykselle maksetusta hinnasta, jossa oli mukana työ- ja kuljetuskustannukset sekä jätevesilaitoksen perimä hinta. Tulevaisuudessa allasta ei enää tyhjennetä samalla menetelmällä, vaan sakka mahdollisesti levitetään pellolle. Tällöin myös käsittelykustannukset ovat pienemmät. Muut puhdistamon kustannukset, noin 1 680 euroa, ovat muodostuneet vuotuisesta tiemaksusta sekä vesinäytteiden analysointikuluista. Yhteensä puhdistamon kulut, joissa ei ole mukana arvonnäköveron osuutta, ovat ajalla 2003 - 2009 olleet 15 124 euroa.

3. Yhteenveto ojavesipuhdistamoiden käyttömahdollisuuksista

Kemialliset puhdistusmenetelmät ovat tehdyissä kokeiluissa puhdistaneet fosforia ojavedestä hyvin. Puhdistusmenetelmät soveltuvat kokeilujen perusteella **parhaiten pienille valuma-alueille**, ja kustannustehokkainta on kohdistaa puhdistus **ojiin, joissa ravinnekuormitus on suurta**. Tällöin myös mahdolliset riskit esimerkiksi ferri- tai alumiinisulfaattisaostuksessa pH:n alentumisen myötä jäävät pieniksi. Menetelmiä on kehitetty myös erityisesti jaloittelutarhoille, joissa voi syntyä merkittävää ravinteiden pistekuormitusta. Myös kalkkisuodattimilla on onnistuttu poistamaan ojaveden fosforia, mutta puhdistustehon mitaaminen on ollut joissain kohteissa hankalaa.

Menetelmien ongelmana on puhdistusteho suurten virtaamien aikaan, sillä silloin puhdistamoiden kapasiteetti ei riitä ja vettä joudutaan juoksuttamaan ohi. Kuitenkin keväällä suurimman virtaaman aikana valumavesien fosforimäärät ovat huipussaan ja tällöin puhdistus olisi tärkeää ja siitä saataisiin suurin hyöty. Yhtenä mahdollisuutena voi olla esimerkiksi puhdistamon yhdistäminen kosteikkoon, jolloin kosteikko tasaisi veden virtausta.

Kun ojaveden fosforia puhdistetaan alumiini- tai rautayhdisteillä, on rakennettava laskeutusalas, johon fosfori saostuu kemikaalilisäyksen jälkeen. Altaaseen muodostuva saostussakka on poistettava säännöllisesti. Saostussakan voi levittää pellolle, mutta tätä ei kuitenkaan ole luvussa 1 kuvatuissa tutkimuksissa kokeiltu tai selvitetty. Kalkkisuodatuksessa kalkkimassan puhdistusteho heikkenee vähitellen ja se on korvattava uudella. Vanhan massan voi levittää pellolle, mutta myöskään tätä ei ole kuvatuissa kohteissa kokeiltu.

Eri puhdistusmenetelmien kustannuksissa on eroa. Luvussa 1 kuvattu ferrisulfaattisaostuslaitteisto on varsin halpa ja yksinkertainen. Kustannukset tarvikkeista ja rakentamisesta olivat noin 700 euroa ja kemikaalikustannukset saostettua fosforikiloa kohden noin 500 euroa. Kaksikerranjärvellä toimivan puhdistamon rakentamiskustannukset olivat 4 840 euroa ja kemikaalikustannukset noin 400 euroa saostettua liukoista fosforikiloa kohden. Lisäkustannuksia tuo kemikaalipumpun käyttämä sähkö. On kuitenkin syytä huomata, että kemikaalikustannus vaihtelee esimerkiksi ostettavan kemikaalimäärän mukaan ja se tulisi arvioida kaikille puhdistamoille erikseen. Kalkkihiekkasuodatuksen perustamiskustannukset ovat suhteellisen korkeat ja lisäkustannuksia tulee, kun puhdistusteho häviää ja kalkkimassa on korvattava uudella. Ojapohjasuodatus on edullisempaa, Tuusulanjärvellä 13 - 30 metrin pituisten ojanpohjasuodattimien rakentaminen maksoi noin 1 000 euroa/suodatin, mutta myös ojapohjasuodatuksessa puhdistusteho häviää vähitellen.

Maatalouden aiheuttamaa ravinnekuormitusta pystytään vähentämään pellolla tehtävin toimenpitein, mutta erityisesti liukoisen fosforin kuormituksen vähentäminen on vaikeaa ja kuormittavimmilla alueilla toimenpiteet vaikuttavat hitaasti. Tällaisilla alueilla kemialliset puhdistusmenetelmät ovat varteenotettava vaihtoehto ojavesien ravinnepitoisuuksien alentamiseksi. Edellä esiteltyjä ja mahdollisia uusia menetelmiä on kehitettävä jatkossa siten, että niiden käyttökustannukset sekä tarvittava työvoima, työaika sekä laitteisto voidaan minimoida. Esimerkiksi järjestelmä ei saa olla riippuvainen sähköstä ja **käytettävien kemikaalien tulee olla turvallisia sekä käyttäjälle että ympäristölle**. Menetelmien käytön lisäämiseksi tulisi **mieltä myös niiden soveltuvuutta ympäristötuen toimenpiteiksi**.

Tällöin viljelijät saivat korvausta syntyneistä kustannuksista, mikä saattaisi lisätä menetelmien kiinnostavuutta.

Lähteet

Aura, E. 2000. Sameat vesistöt voidaan puhdistaa. Julkaisussa: Salo, R. (toim.). Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät: 20-vuotisjuhlaseminaari, Jokioinen 26.-27.7.2000. Jokioinen. Maatalouden tutkimuskeskus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja Sarja A 79. s. 47 - 51.

Aura, E. & Seppälä, R. 2005. Pellon valumavesien aktiivinen puhdistaminen alumiini- ja rautayhdisteiden avulla. Loppuraportti. MTT. Maa- ja metsätalousministeriön Maaseutu- ja luonnonvaraosaston rahoittama yhteistutkimushanke. 41 s.

Harjattula Golf Oy:n hakemus Kaksikerranjärven Myllyjojan padon korvaamiseksi kiinteällä padolla. 2009. LSY-2009-Y-173.

Kalkkihiekkasuodatus 2005. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=13260&lan=fi>. [Viitattu 28.1. 2010]

Kalkkisuodinojitus 2005. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=114049>. [Viitattu 28.1.2010]

Kempainen, I. 2008. Maatalouden vesiensuojelutoimenpiteiden yleissuunnitelma Kaksikerranjärvellä. Kaksikerranjärven neuvottelukunta, Lounais-Suomen ympäristökeskus, Turun kaupungin ympäristönsuojelutoimisto. 16 s.

Koivunen, S. 2009. Kaksikerranjärven tarkkailututkimus: Vuosiraportti 2008. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy. Nro 172-09-6067. 36 s.

Marttila J. & Värttö H. 2009. Ojanpohjasuodattimet Tuusulanjärven valuma-alueella. Keski-Uudenmaan vesiensuojelun kuntayhtymä. 16 s.

Nordkalk. 2009. Nordkalk Filtra P -loukku pellon valumavesien fosforille. <http://www.nordkalk.fi/default.asp?viewID=844&newsID=874>. [Viitattu 25.1.2010]

Novia 2010. Projekt inom ICZM (Integrated Coastal Zone Management). <http://www.novia.fi/fouprojekt-iczm/#Fosforf%C3%A4llan>. [Viitattu 4.6.2010]

Närvänen, A. & Jansson, H. 2007a. Ferrisulfaatti saostaa ojavesistä liuenneet fosforit. Maa-seudun Tiede 64, 2 (22.10.2007). s. 13.

Närvänen, A. & Jansson, H. 2007b. Vesistöjen käyttö ja virkistysarvon parantaminen: Fe-

rix-3 saostuskokeet. Loppuraportti. MTT. 15 s.

Närvänen, A., Jansson, H. & Uusi-Kämpä, J. 2008. Hevostarhojen valumavesien puhdistaminen. Julkaisussa: Hopponen, A. (toim.). Maataloustieteen Päivät 2008, 10.-11.1.2008 [: esitelmät ja posterit]. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 23. 7 s. http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedos-tot/Posterit/ps108.pdf. [Viitattu 1.2.2010]

Runsten, K. 2010a. Vantaalla seurataan laskuojan fosforikuormitusta patokokeella. Maaseudun Tulevaisuus 16.2.2010. s. 8.

Runsten, K. 2010b. Hajakuormitus hallintaan monin keinoin. Maaseudun Tulevaisuus 16.2.2010. s. 8.

Sairanen, S. 2007. Kaskerranjärven koekalastukset vuonna 2007. Riista- ja Kalatalouden tutkimuslaitos. Evon riistan- ja kalantutkimus. 4 s. <http://www.turku.fi/Public/download.aspx?ID=79800&GUID={19D54DE2-E9A1-44CA-98B1-9ED4E76ADD58}>. [Viitattu 1.2.2010]

Salonen, T. 2010. Algol Chemicals Oy. Sähköpostiviesti 23.4.2010.

Tarvainen, M. & Ventelä A.-M. 2007. Pyhäjärven suojelutyö 2000-2006. Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja. Sarja B nro 14. 91 s. http://www.pyhajarvi-instituutti.fi/image/pdf-tiedostot/pyhajarven_suojelutyö2000-2006.pdf. [Viitattu 1.2.2010]

Turun kaupunki. 2009. Kaupunginhallituksen pöytäkirja 18.5.2009 298 § Kaskerranjärven neuvottelukunnan toiminnan jatkaminen.

Ylönen, O. 2005. Kaskerranjärven koekalastukset ja ravustukset vuonna 2005. 6 s. <http://www.turku.fi/Public/download.aspx?ID=7282&GUID={DF7CDDC0-8C05-4379-9BEF-0831EEDA36CA}>. [Viitattu 1.2.2010]

Lisäksi lisätietoa ovat suullisesti tai sähköpostin välityksellä antaneet:

Tarja Alainen, ylitarkastaja, Evira
Erkki Aura, professori, MTT (eläkkeellä)
Timo Kanerva, tuotepäällikkö, Nordkalk
Olli-Pekka Mäki, ympäristönsuojelusuunnittelija, Turun kaupunki
Aaro Närvänen, tutkimusmestari, MTT
Marjo Tarvainen, asiantuntija, Pyhäjärvi-Instituutti

Liite 1. Laskukaavat

Fosforinpuhdistusteho 2003 - 2006

100 - saostusaltaan puhdistetun ojaveden fosforipitoisuus/tulevan ojaveden fosforipitoisuus * 100

Fosforinpuhdistusteho 2009 - 2010

100 - toisen saostusaltaan puhdistetun ojaveden fosforipitoisuus/tulevan ojaveden fosforipitoisuus * 100

Typenpuhdistusteho 2009 - 2010

100 - toisen saostusaltaan puhdistetun ojaveden typpipitoisuus/tulevan ojaveden typpipitoisuus * 100

Ojavedestä puhdistetun fosforin määrä

Käsitelty vesimäärä *fosforin pitoisuus ojavedessä *(puhdistusteho/100 %)

Liite 2. Puhdistamon kemikaalinkulutus, käsitelty vesimäärä ja saostetun fosforin määrä

Taulukko 2. Puhdistamon kemikaalinkulutus (l) ja käsitellyn veden osuus ojan virtaamasta (%) vuosina 2003 - 2010.

Vuosi	Käytetty kemikaalimäärä (l)	Käsitelty vesimäärä (m ³)*	Käsitelty vesimäärä virtaamasta (%)**	Huomautukset
2003	470	14 100	40 - 54	2 kk
2004	1 600	48 000	23 - 30	
2005	1 800	54 000	26 - 34	
2006	1 700	51 000	24 - 32	arvio, ei tarkka
2007	1 600	48 000	23 - 30	arvio, ei tarkka
2008	3 140	94 200	45 - 60	kaksi pumppua käytössä yhtä aikaa, vanha ja uusi
2009	1 020	30 600	15 - 19	
2010	1 160	34 800	40 - 53	5 kk
Yhteensä	12 490	374 700	28 - 37	

*Kemikaalin syöttösuhde oli 1:30 000.

**Ojan virtaama on 158 000 m³ - 210 000 m³.

Taulukko 3. Ojavedestä puhdistetun liukoisen fosforin määrä (kg) vuosina 2003 - 2010.

Vuosi	Käytetty kemikaali- määrä (m ³)	Liukoisen fosforin pitoi- suus keskimäärin (mg/l)	Liukoisen fosforin puhdistus- teho keskimäärin (%)	Poistunut liukoinen fosfori (kg)
2003	14 100	0,036*	72,6*	0,4
2004	48 000	0,036*	72,6*	1,3
2005	54 000	0,036*	72,6*	1,4
2006	51 000	0,036*	72,6*	1,3
2007	48 000	-	-	-
2008	94 200	-	-	-
2009	30 600	0,07	35,2**	0,8
2010	34 800	0,065	81,6	1,8

*Keskiarvo vuosilta 2003 - 2006.

***Nollan alittavat puhdistustehon arvot on laskettu nollana.

Taulukko 4. Ojavedestä puhdistetun kokonaisfosforin määrä (kg) vuosina 2003 - 2010.

Vuosi	Käsitelty vesimäärä (m ³)	Kokonaisfosforin pitoi- suus keskimäärin (mg/l)	Kokonaisfosforin puhdistuste- ho keskimäärin (%)	Poistunut kokonais- fosfori (kg)
2003	14 100	0,161*	20,7*	0,5
2004	48 000	0,161*	20,7*	1,6
2005	54 000	0,161*	20,7*	1,8
2006	51 000	0,161*	20,7*	1,7
2007	48 000	-	-	-
2008	94 200	-	-	-
2009	30 600	0,257	27,8**	2,2
2010	34 800	0,150	77,5	4,0

* Keskiarvo vuosilta 2003 - 2006, nollan alittavat arvot laskettu nollana.

**Nollan alittavat puhdistustehon arvot on laskettu nollana.

KUVAILEHTI

<i>Julkaisija</i>	TEHO-hanke			<i>Julkaisu-aika</i> Tammikuu 2011
<i>Tekijä(t)</i>	Airi Kulmala (toim.)			
<i>Julkaisun nimi</i>	TEHO-hankkeen raportteja, osa 1			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	TEHO-hankkeen julkaisuja 1/2011			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hankkeen tavoitteena on edistää maatalouden vesiensuojelua. Tähän julkaisuun on koottu tuloksia TEHO-hankkeen kokeiluista ja selvityksistä. Julkaisun ensimmäinen raportti käsittelee jaettua typpilannoitusta ja toisessa osassa käsitellään pientareiden ja suojakaistojen vaikutusta peltolohkolta saatavaan taloudelliseen tulokseen. Kolmannessa osassa esitetään tuloksia kokeilusta, jossa pyrittiin vähentämään kipsin avulla fosforin huuhtoutumista pellolta. Neljäs raportti käsittelee valumavesien kemiallista käsittelyä.</p> <p>Julkaisu on toteutettu osana Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hanketta.</p>			
<i>Asiasanat</i>	fosfori, kipsi, lannoitus, piennar, ravinteiden huuhtoutuminen, suojakaista, typpi, valumavesi, vedenkäsittely, ympäristötuki			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	TEHO-hanke			
	ISBN 978-952-257-205-9 (nid.)	ISBN 978-952-257-206-6 (PDF)	ISSN 1798-1115 (pain.)	ISSN 1798-1123 (verkkoj.)
	<i>Sivuja</i> 81	<i>Kieli</i> suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> julkinen	<i>Hinta</i> -
<i>Julkaisun myynti/ jakaja</i>	TEHO-hanke / Varsinais-Suomen ELY-keskus Ympäristö ja luonnonvarat PL 523, 20101 Turku puh. 020 636 0060			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	TEHO-hanke			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2011			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	TEHO project			<i>Date</i> January 2011
<i>Author(s)</i>	Airi Kulmala (Ed.)			
<i>Title of publication</i>	TEHO-hankkeen raportteja, osa 1			
<i>Publication series and number</i>	TEHO-hankkeen julkaisuja 1/2011			
<i>Abstract</i>	<p>The main objective of the TEHO project is to promote agricultural water protection. In this publication, some results from TEHO's trials and research are compiled. The first report deals with the split application of nitrogen fertilizers. The economical profitability of headlands and filter strips is evaluated in the second report. The effect of gypsum on P losses from arable land is evaluated in the third report. The topic of the last report is the chemical treatment of drainage water.</p> <p>The publication is published as a part of TEHO project.</p>			
<i>Keywords</i>	agri-environmental support, drainage water, fertilization, filter strip, gypsum, headland, nitrogen, nutrient leaching, phosphorus, water treatment			
<i>Financier/ commissioner</i>	TEHO project			
	ISBN 978-952-257-205-9 (pbk.)	ISBN 978-952-257-206-6 (PDF)	ISSN 1798-1115 (print)	ISSN 1798-1123 (online)
	<i>No. of pages</i> 81	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> -
<i>For sale at/ distributor</i>	TEHO project / Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Southwest Finland P.O. Box 523, FIN-20101 Turku tel. +358 20 636 0060			
<i>Financier of publication</i>	TEHO project			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2011			

Julkaisuun on koottu neljä TEHO-hankkeen kokeiluista ja selvityksistä kirjoitettua raporttia. Näistä ensimmäinen käsittelee jaettua typpilannoitusta. Toisessa osassa pohditaan pientareiden ja suojakaistojen vaikutusta peltolohkolta saatavaan taloudelliseen tulokseen. Kolmannessa osassa esitetään tuloksia kokeilusta, jossa pyrittiin vähentämään kipsin avulla fosforin huuhtoutumista pelloilta. Neljäs raportti kuvaa valumavesien kemiallista käsittelyä.



ISBN 978-952-257-205-9 (nid.)
ISSN 1798-1115 (pain.)
ISBN 978-952-257-206-6 (PDF)
ISSN 1798-1123 (verkkokj.)