

Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste

4/2003

Airi Kulmala

Maatalouden ja Saaristomeren
yhteiselo

Kehittämisen- ja kokeiluhankkeen
loppuraportti

TURKU 2003

Julkaisua on saatavana myös Internetistä
<http://www.ymparisto.fi/palvelut/julkaisu/los/sjulkai.htm>

ISBN 952-5288-90-0
ISBN 952-5288-91-9 (PDF)
ISSN 1238-3201

Taitto: Päivi Niemelä
Karhukopio Oy
Turku 2003

Alkusanat

Maatalouden ja Saaristomeren yhteiselo -hanke lähti liikkeelle halusta kokeilla käytäntöön hyvin sopivia ympäristöystävällisiä viljelymenetelmiä. Viljelymenetelmien valinnassa oli taustalla ajatus, että hyvän sadon tuottava kasvusto hyödyntää maan ravinteet paremmin kuin heikko kasvusto. Hanke lähti liikkeelle viljelijöiden itsensä toimesta, mikä osoittaa, että ruohonjuuritasolla on halua ja valmiuksia miettiä myös ympäristöasioita.

Ympäristöministeriö ja MTK-Varsinais-Suomi ovat vastanneet hankkeen rahoituksesta, josta kiitos. Hankkeen kuluessa on tehty yhteistyötä useiden eri tahojen kanssa. Kiitos Yrjö Salolle (MTT) ja Matti Erjalalle (SjT) sekä muulle tutkimuskeskusten kokeisiin osallistuneelle henkilökunnalle. Lisäksi haluamme kiittää niitä maataloita, joiden pelloilla saimme tehdä mittauksia.

Erityiskiitokset kuuluvat kuitenkin Aino Launto-Tiutulle, sillä hän vastasi hankkeen eteenpäin viemisestä suurimman osan aikaa. Lopuksi haluamme kiittää vielä hankkeessa työskennelleitä Timo Sandqvistia ja Kirsti Ali-Lekkalaa, Pirkko Valpasvuo-Jaatista ja muuta hankkeen ohjausryhmää sekä MTK-Varsinais-Suomen toimihenkilöitä ja kaikkia muita hankkeen onnistumiseen vaikuttaneita henkilöitä.

Turussa joulukuussa 2002

Paavo Myllymäki
MTK-Varsinais-Suomi
Toiminnanjohtaja

Airi Kulmala
MTK-Varsinais-Suomi
Hanketutkija



Sisällys

Alkusanat	3
I Johdanto	7
2 Kerääjäkasvien käyttö varhaisperunan viljelyssä	8
2.1 Kerääjäkasvit	8
2.2 Koetuloksia kerääjäkasvien käytöstä	9
2.2.1 Kerääjäkasvit osana perunanviljelyä.....	9
2.2.2 Kerääjäkasvit vihannesviljelyssä	11
2.2.3 Aluskasvit viljanviljelyssä.....	11
2.3 Kysely kerääjäkasvien käytöstä varhaisperunaviljelmillä	12
2.3.1 Kysely vuonna 2001	12
2.3.2 Kysely vuonna 2002	13
2.4 Johtopäätökset.....	14
3 Kasteluvesien kierrätys varhaisperunan viljelyssä	15
3.1 Mittaukset nauvolaisella perunaviljelmällä	15
3.2 Mittaustulokset ja tulosten tarkastelu	16
3.3 Johtopäätökset.....	22
4 Täsmäviljely	24
4.1 Sokerijuurikkaan täsmälannoitus	24
4.2 Kokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu	25
4.3 Johtopäätökset.....	26
5 Suorakylvö	27
5.1 Suorakylvöön siirtymisestä sekä etua että haittaa	27
5.1.1 Työnmenekki ja polttoaineen kulutus	27
5.1.2 Maan orgaanisen aineen pitoisuus	28
5.1.3 Vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin	28
5.1.4 Lierot	28
5.1.5 Vesistökuormitus	29
5.1.6 Kasvihuonekaasupäästöt	30
5.1.7 Viljelykasvin ja lajikkeen valinta	30
5.1.8 Rikkakasvit, kasvitaudit ja tuhoeläimet	31
5.1.9 Muita hyöty- ja haittapuolia.....	32
5.2 Suorakylvökokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu	32
5.2.1 Kevätvehnän suorakylvö ja lannoitus	33
5.2.2 Eri viljalajien soveltuminen suorakylvöön	35
5.2.3 Syysmuokkauksen vaikutus kevätvehnän satoon	37
5.2.4. Syysvehnän suorakylvö	37
5.2.5 Kevättrypsin suorakylvö	38
5.3 Johtopäätökset.....	38
Kirjallisuus	39
Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste	43



Johdanto

Valtioneuvosto teki keväällä 1998 periaatepäätöksen vesien suojelun tavoitteista vuoteen 2005. Sen mukaan maataloustuotannosta sisävesiin ja Itämereen joutuva fosforin ja typen määrää vähennetään kumpaakin vähintään 50 prosenttia vuosien 1990–1993 arvioidusta keskimääräisestä tasosta (Ympäristöministeriö 1998). Vuonna 2002 julkaistujen väliraporttien mukaan näyttää siltä, että peltoviljelyn osalta ei saavuteta vesiensuojelun tavoiteohjelman tasoja vuoteen 2005 mennessä nykyisillä maataloustoimenpiteillä. Esimerkiksi Saaristomereen laskevissa joissa sekä fosfori- että typpikuormitus on ollut pikemminkin nousussa kuin laskussa eikä maatalouden vesiensuojelutoimenpiteillä ole ainakaan toistaiseksi ollut vaikutusta Paimionlahden veden laatuun (Silvo ym. 2002, Vuoristo ym. 2002).

Tilanne ei kuitenkaan ole välttämättä aivan niin synkkä kuin edellä olevasta voisi päätellä. Maatiloilla tehtyjen toimenpiteiden vaikutusten arviointia vaikeuttaa se, että maataloudesta tulevan ravinnekuormituksen suuruuteen ja sen vesistövaikutuksiin vaikuttavat oleellisesti vuosittain suuresti vaihtelevat sääolot, ja osa maatalouden toimenpiteistä vaikuttaa vasta viiveellä vesien tilaan (Vuoristo ym. 2002). Maatalouden ympäristötukijärjestelmän mukaiset toimenpiteet ovat muuttaneet viljelykäytäntöjä ympäristön kannalta parempaan suuntaan. Mallinnusta apuna käyttäen on laskettu, että esimerkiksi Varsinais-Suomessa Yläneenjoen valuma-alueella nitraattitypen potentiaalinen huuhtouma on vähentynyt 4 %, eroosiofosforin 13 % ja liukoisien fosforin 1 % vuoden 1995 viljelykäytännön mukaisesta tilanteesta vuoden 1999 tilanteeseen verrattuna (Palva ym. 2001). Jotta tavoitteisiin päästäisiin täysimääräisesti, maatalouden vesistönsuojelullista panostusta on kuitenkin lisättävä.

Maatalous elää suurten muutosten aikaa. Taloudelliset seikat pakottavat maatilat suurentamaan yksikkökokoja ja yhä enemmän erikoistumaan. Jotta taloudelliset ja ympäristönsuojelulliset vaatimukset voitaisiin sovittaa yhteen, tarvitaan uusia tekniikoita, jotka ovat suotuisia ympäristön kannalta ja samalla maatiloille mielekkäitä ja realistisia toteuttaa. MTK-Varsinais-Suomi toteutti vuosina 1999–2002 ympäristöministeriön avustamaa Maatalouden ja Saaristomeren yhteiselo -kehittämisen- ja kokeiluhanketta osana laajaa Pro Saaristomeren -ohjelmaa. Kaksivaiheisen hankkeen tavoitteena oli etsiä ja kokeilla maatiloille sopivia Saaristomeren vesien tilaa parantavia käytännön viljelymenetelmiä.

Tämän loppuraportin aihepiirinä on hankkeen II-vaiheen kohdealueet eli täsmäviljely, maan rakennetta säästävät viljelymenetelmät (suorakylvö), kasteluvesien kierrätys sekä kerääjäkasvien käyttö varhaisperunan viljelyssä. Täsmäviljely ja suorakylvö ovat erityisesti isoille tiloille sopivia viljelymenetelmiä. Kasteluvesien kierrätys ja kerääjäkasvien käyttö ovat puolestaan sopivia menetelmiä esimerkiksi varhaisperunan viljelyyn erikoistuneille tiloille, jotka usein sijaitsevat luonnon kannalta herkillä alueilla meren välittömässä läheisyydessä.

2

Kerääjäkasvien käyttö varhaisperunan viljelyssä

2.1 Kerääjäkasvit

Kerääjäkasvit voidaan ryhmitellä välikasveiksi ja aluskasveiksi. Aluskasvi kylvetään samanaikaisesti pääkasvin kanssa, mutta välikasvi kylvetään vasta pääkasvin sadonkorjuun jälkeen (Lemola & Turtola 1998). Sana kerääjäkasvi kuvaa sitä, että kerääjäkasveja käytetään peittämään ja suojaamaan maan pintaa sateelta ja edelleen eroosiolta. Kerääjäkasveista on kuitenkin muutakin hyötyä, sillä ne voivat parantaa maan rakennetta, lisätä maan orgaanisen aineen määrää, sitoa ilmakehän typpeä (palkokasvit), estää ravinteiden huuhtoutumista, vähentää hyönteistuhoja tai estää rikkakasvien kasvua (Brandsæter 1995). Kerääjäkasvien avulla pyritäänkin esimerkiksi sitomaan kaikki se typpi, joka on alttiina huuhtoutumiselle tai denitrifikaatiolle pääkasvin kasvukauden ulkopuolella, kun kertyneen sadan määrä ylittää evapotranspiraation ja juuristovyöhykkeen vedenpidätyskapasiteetin (Vos ym. 1998). Kerääjäkasvien typenlähteenä on pääkasvilta käyttämättä jäänyt typpi sekä myöhemmin maassa mineralisoituva sekä ilmakehästä laskeutunut tuleva typpi (Vos & van der Putten 1997).

Kerääjäkasvien tehokkuus riippuu syksyn aikana kasviin kertyvän typen määrästä, kerääjäkasvin kyvystä varastoida typpeä kunnes se muokataan maahan ja typen mineralisoinnin rytmistä suhteessa seuraavan pääkasvin typen tarpeeseen. Edellä oleviin tekijöihin vaikuttavat puolestaan muun muassa kerääjäkasvin kylvöaika, talvenkestävyys, maahan multauksen ajankohta, kasvimateriaalin hiili:typpi-suhde sekä muut hajoamiseen vaikuttavat kasvi- ja maaperätekijät (Vos & van der Putten 2001). Esimerkiksi Møller Hansenin ym. (1995) mukaan kerääjäkasvin kyky pidättää nitraattia voi heikentyä sen hitaasta kasvuun lähdistä tai pääkasvin myöhäisestä korjuusta (kilpailu) johtuen. Pääkasvin sadonkorjuun jälkeinen kuivuus heikentää kerääjäkasvin kasvua ja edelleen typen pidättämisen tehokkuutta. Rankka sade sadonkorjuun jälkeen voi puolestaan huuhtoa nitraattia kerääjäkasvin juuriston ulottumattomille. Toisilla maalajeilla kerääjäkasvin syksyinen maahankyntö voi myös heikentää tehoa, sillä maan sekoittaminen lisää orgaanisen aineen mineralisointumista.

Välikasveina käytetään erityyppisiä kasveja (taulukko 1). Palkokasvit itävät niin hitaasti, että niitä ei kannata kylvää enää loppukesällä vain syksyä varten. Palkokasvien siemenet ovat myös kalliita, joten palkokasveja ei kannata käyttää yksinomaan pysäyttämään maahan kertyneen typen huuhtoutumista. Jos välikasvi kylvetään monivuotiseksi, kuten seuraavan vuoden viherlannoitukseksi, puna-apila ja timotei toimivat hyvin tarkoituksessa. Parhaiten välikasveiksi sopivat nopeasti taimettuvat ja kasvavat kasvilajit kuten viljat, erityisesti ruis ja kaura, rehurapsi, rypsi ja ehkä myös hunajakukka. Myöhäisissä kylvöissä on käytettävä runsaasti siementä. Kylvötekniikan tulee varmistaa mahdollisimman nopea välikasvin itäminen. Halpa keino on kylvää esimerkiksi rukiin lajittelujätteestä kerääjäkasvikasvusto (Källander 1993).

Välikasvikasvusto voidaan perustaa myös usean kasvilajin seoksena. Esimerkkinä 1-vuotisista seoksista ovat persianapila + raiheinä (20 + 15 kg/ha) tai kaura + herne + virna (100 + 80 + 50 kg/ha). Persianapilan ja raiheinän seos tulisi kylvää Etelä-Suomessa viimeistään heinäkuun lopussa, mutta kauraa sisältävälle seokselle riittää syyskuun alussa kylvö (Källander 1993).

Taulukko 1. Eräitä välikasveiksi soveltuvia kasvilajeja. Siemenmäärät koskevat puhdaskasvustoja. Suurempia siemenmääriä käytetään myöhäisissä kylvöissä ja haluttaessa varmentaa välikasvin kykyä kilpailla rikkakasvien kanssa (Källander 1993).

Kasvilaji	Siemenmäärä kg/ha
Aleksandrianapila	30–35
Herne	200–250
Ruisvirna	60–80
Rehurapsi	12–18
Keltasinappi	15–20
Tattari	70–90
Hunajakukka	10–15
Italianraiheinä	10–15 (kevätkylvö) 30–40 (myöhäiskylvö)
Kaura	200–220
Englanninraiheinä	12–16
Ruis	180–200

2.2 Koetuloksia kerääjäkasvien käytöstä

2.2.1 Kerääjäkasvit osana perunanviljelyä

Maatalouden ja Saaristomeren yhteiselo -hankkeen ensimmäisessä osassa tutkittiin kerääjäkasvin käyttöä eräällä Nauvossa sijaitsevalla varhaisperunalohkolla. Lohkolle kylvettiin ohraa heti viimeisten nostojen jälkeen juhannuksen aikoihin. Työjärjestys oli äestys–kylvö lannoitteenlevittimellä–äestys. Kasvusto niitettiin 31.7.2000, jotta se ei kasvaisi liian pitkäksi. Ohrakasvusto lopetettiin 7.9.2000 ruis-kuttamalla. Ohrakasvustosta juuri ennen niittoa otetun näytteen mukaan ohra olisi sitonut tyypeä noin 50 kg/ha. Tämä määrä edustanee tilannetta parhaimmillaan (Launto-Tiuttu 2001).

MTK-Satakunnan vetämässä Ympäristöystävälliset uudet viljelymenetelmät -hankkeessa kokeiltiin kerääjäkasvien käyttöä muutamilla tiloilla syksyllä 2000 ja 2001. Kerääjäkasvina käytetty vilja kylvettiin tarkkelysperunapelloille syyskuun alkupuolella joko hajakylvönä noston jälkeen, hajakylvönä juuri ennen perunan nostoa tai suorakylvökoneella noston jälkeen. Siemenmäärä oli noin 50–100 kg/ha (Suomala 2002).

Suomalain (2002) mukaan syksyllä 2000 parhaan kasvuston muodostivat suorakylvö noston jälkeen ja hajakylvö ennen nostoa. Noston jälkeen hajakylvetty vilja ei itänyt kunnolla, ja kasvusto jäi muokattunakin melko harvaksi. Sateisempina syksynä 2001 ei menetelmien välillä ollut kovin suuria eroja. Suorakylvöko-

neella kylvössä huomattiin, että kylvö perunariveihin nähden vinottain vähentää koneen tukkeutumistaipumusta. Seuraavana keväänä kevätiljasta ei ollut havaittavissa mitään jäänteitä, ja kerääjäkasvina ollut ruiskin tuhoutui kevään kynnessä ja äestyksessä siinä määrin, että siitä ei ollut haittaa perunan viljelyssä.

Perunantutkimuslaitoksella selvitettiin 1990-luvun puolivälissä varhaisperunan ja varhain nostettavan tärkkelysperunan noston jälkeen maanpeitteeksi kylvettävien kasvien merkitystä jäännöstypen kerääjinä sekä vaikutusta perunasaatoon ja sadon laatuun. Kerääjäkasveina käytettiin öljyretikkaa, kauraa ja Westervoldinraiheinää. Kerääjäkasvit kylvettiin joko 25.7. tai 16.8. Kaura ja raiheinä hylättiin ensimmäisen koevuoden jälkeen, koska kahukärpänen tuhosi heinäkuussa kylvetyn kauran kokonaan ja raiheinä kehittyi lannoittamattomana liian hitaasti. Heinäkuussa kylvetyn retikan juurissa oli paljon kaalikoisian toukkia, mutta se toipui vioituksista. Seuraavana vuonna öljyretikan rinnalle otettiin ruis ja ohra. Molemmat viljalajit ja retikka menestyivät hyvin. Elokuun puolivälissä tai sen jälkeen kylvetyt kasvustot säästyivät tuholaisilta ja orastuivat yleensä hyvin (Rahkonen 1997).

Perunalle annettiin tyypeä 60–100 kg/ha, ja kumpanakin vuonna jäännöstypen niukkuus rajoitti kerääjäkasvien kasvua. Heinäkuussa 1995 kylvetty öljyretikka tuotti suurimman kuiva-ainesadon (2 100 kg/ha). Tyypeä tähän massaan sitoutui 42 kg/ha. Vastaavasti raiheinäkasvusto tuotti kuiva-ainetta 670 kg/ha ja satoi tyypeä 16 kg/ha. Kauran tuhosi kahukärpänen ja massaksi jäi vain 50 kg/ha (2 kg N/ha). Elokuussa kylvetty retikka tuotti kuiva-ainetta 400 kg/ha (17 kg N/ha), raiheinä 210 kg/ha (8 kg N/ha) sekä kaura 320 kg/ha (12 kg N/ha). Lokakuun alussa 1995 maassa oli mineraalityyppä vähemmän onnistuneilla kerääjäkasviruuduilla kuin paljaalla maalla (Rahkonen 1997).

Rahkosen (1997) mukaan kerääjäkasvien käyttö ei vaikuttanut vuonna 1996 perunan satoon eikä laatuun. Keväällä kerääjäkasviruudut kuivuivat muokkaukelpoisiksi aikaisemmin kuin paljas peltomaa. Aikaisin kylvetyn öljyretikan alueella ero oli noin kolme vuorokautta, jolla voi olla jo merkitystä varhaisperunan viljelyssä. Kahden vuoden tulosten perusteella öljyretikka soveltuu parhaiten heinäkuussa kylvettäväksi. Elokuun kylvöihin sopii retikka ja ruis. Kevätviljoista ohra versoo parhaiten ja rehevöityy nopeasti. Ohrasta kannattaa valita lehtilaikkutautteja kestäviä lajikkeita. Nopean alkukehityksen turvaamiseksi kannattaa käyttää suurisiemenisiä lajeja, sillä ne voidaan kuivissa oloissa kylvää syvään orastumisen varmentamiseksi.

Lammilla tehdyssä kokeessa testattiin myös erilaisia kylvötapoja. Kuiva maa jauhautui pölyävän löyhäksi ja vaati raskaan jyräyksen, kun kyntö korvattiin jyräsinmuokkauksella. Ennen nostoa pintaan kylvetyt kerääjäkasvit orastuivat kohtalaisesti, mutta tasaisuus ei ollut riittävä. Vaivattomimmin kylvö onnistui, kun siemenet kylvettiin pintaan noston jälkeen ja mullattiin kevyesti lapiorullaäkeellä. Elokuussa kylvetty kasvusto orastui tasaisesti hajalleen, mikä nopeutti maanpinnan peittymistä rivikylvöön verrattuna (Rahkonen 1997).

Alankomaissa vuosina 1989–1995 tehdyssä kokeessa selvitettiin sadon ja kasvijätteiden ravinnemääriä peruna–kevätevehnä–sokerijuurikas–kaura-viljelykierrossa, ravinteiden kertymistä kerääjäkasveihin ja ravinteiden huuhtoutumista. Koe-käsittelyinä olivat kerääjäkasvi ja lannoitemuoto. Perunan ja sokerijuurikkaan jälkeen kerääjäkasvina käytettiin ruista ja viljojen jälkeen joko öljyretikkaa tai rehurapsia. Pääkasvin lannoitteeksi käytettiin joko kemiallista lannoitetta tai prosessoitua orgaanista lantaa täydennettynä kemiallisella lannoitteella. Kerääjäkasvia ei lannoitettu (Vos & van der Putten 2000).

Keskimääräinen perunan hehtaarisato oli 12 100 kg kuiva-ainetta, ja varsiin sekä rönsyihin kertyi kuiva-ainetta 2 400 kg/ha. Perunan typenotto ei riippunut käsittelystä. Mukulat sisälsivät tyypeä keskimäärin 15,4 g/kg kuiva-ainetta ja maahan jääneet osat 14,4 g/kg. Maassa (0–90 cm) oli perunan sadonkorjuun aikaan 112

kg mineraalityppeä hehtaarilla. Perunan jälkeen kylvetyn kerääjäkasvin kuiva-ainemassa oli marraskuussa keskimäärin noin 800 kg/ha ja typpimäärä 33 kg/ha. Keväällä helmi-maaliskuun vaihteessa rukiin massa oli keskimäärin yli 1 760 kg/ha ja typpimäärä 49 kg/ha. Rukiin jälkeen ennen kevätvehnän kylvöä maassa oli mineraalityppeä 13 kg/ha vähemmän kuin ilman kerääjäkasvia (Vos & van der Putten 2000)

2.2.2 Kerääjäkasvit vihannesviljelyssä

Boberg (1997) on raportoinut opinnäytetyössään kokeesta, jonka tavoitteena oli muun muassa vertailla kerääjäkasvien vaikutusta maan liukoisen typen määriin. Elokuun alussa, juuri ennen punajuuren sadonkorjuuta kylvetyt kerääjäkasvit olivat hunajakukka, ruisvirna, ohra, kaura ja ruis. Kustakin kasvista oli kaksi eri tiheyttä. Kokeen aikana parhaimmat tyyppä sitovat kasvit olivat ruisvirna ja hunajakukka. Marraskuun puolivälissä tiheämpi ruisvirnakasvusto sisälsi tyyppä noin 95 kg/ha ja hunajakukkakasvusto noin 50 kg/ha. Tiheämpi ohrakasvusto sisälsi tyyppä oli noin 20 kg/ha, ruiskasvusto 12 kg/ha ja kaurakasvusto vain 1 kg/ha. Samaan aikaan maan liukoisen typen määrät vaihtelivat parista kilosta runsaaseen kymmeneen kiloon hehtaaria kohti.

Kemira Agro Oy:n kenttäkokeessa selvitettiin, voidaanko varhaiskukkakaalin jälkeen maahan jäävä typpi ottaa talteen kerääjäkasvin avulla. Kerääjäkasvina oli ruis, joka aikaisemmissa tutkimuksissa on osoittautunut raiheinää tehokkaammaksi typen kerääjäksi. Kukkakaalin korjuu-aikaan muokkauskerroksessa oli mineraalityppeä noin 90 kg/ha. Kuukautta myöhemmin eli elokuun lopussa tyyppä oli kesantokaistalla 150 kg/ha, mutta ruiskaistalla tyyppä oli noin 20 kg vähemmän kuin kesantokaistalla (Koivunen 1995).

Pälkäneellä tehdyssä monivuotisessa tutkimuksessa selvitettiin syysmuokausajankohdan ja kerääjäkasvin vaikutusta kukkakaali- ja syyskeräkaalilohkojen maan liukoisen typen määrään. Kukkakaalin sato korjattiin elokuussa. Maahan sekoitetuista kasvinjätteistä vapautui typpi nopeasti. Kerääjäkasveina käytetyt raiheinä ja ruis pystyivät ottamaan marraskuuhun mennessä 15–30 kg/ha tyyppä. Keräkaalin sato korjattiin syyskuussa, ja muokkauksen jälkeen typen vapautuminen kasvinjätteistä oli vähäistä (Salo ym. 1998).

2.2.3 Aluskasvit viljanviljelyssä

Lemola & Turtola (1998) ovat koonneet yhteen pohjoismaisia tutkimustuloksia kevätiljan aluskasvien merkityksestä typen huuhtoutumiseen. Tulosten mukaan kerääjäkasvit vähensivät typen huuhtoutumista vähintään kolmanneksen yhtä poikkeusta (apila kerääjäkasvina) lukuun ottamatta.

Jokioisilla tehdyssä lysimetrikokeessa havaittiin, että ohran aluskasvina viljelty italianraiheinä alensi tehokkaasti valumaveden typpipitoisuutta ja typen huuhtoutumista. Aluskasvi vähensi kokonaistypen huuhtoutumista 27–68 % maa-lajista riippuen. Määrällisesti eniten huuhtoutuminen väheni hietamaalla, jossa vuotuinen vähenemä oli 21 kg/ha. Typpipäästöjen vähentämisessä myöhäinen syyskyntö osoittautui yhtä hyväksi menetelmäksi kuin kevätkyntö (Lemola & Turtola 2000).

Myös Känkänen (2001) on selvittänyt aluskasvien käyttöä ohran viljelyssä. Tehokkain loppusyksyn nitraattitypen vähentäjä oli italianraiheinä. Nitraattityppeä oli maassa (0–90 cm) 8 kg/ha, kun ilman aluskasvia tyyppä oli 19 kg/ha. Westerwoldinraiheinä oli tätä tehottomampi (14 kg/ha), koska sen kasvu puinnin jälkeen on heikkoa. Timotei oli nitraattitypen vähentäjänä lähes westerwoldinrai-

heinän luokkaa. Syysvehnäkään ei vähentänyt typen määrää timoteita enemmän. Palkokasvit eivät lisänneet nitraattitypen määrää, vaan nurmimailanen jopa vähensi typen määrää aluskasvittomaan ohraan verrattuna. Seuraavana keväänä vain timotein (20 kg/ha) ja italianraiheinän (27 kg/ha) kohdalla maassa oli vähemmän nitraattityppeä kuin aluskasvittomassa (37 kg/ha) koejäsenessä. Yksivuotinen nurmimailanen oli vapauttanut typpensä nopeasti, sillä tämän koejäsenen kohdalla maassa oli nitraattityppeä 48 kg/ha.

2.3 Kysely kerääjäkasvien käytöstä varhaisperunaviljelmillä

2.3.1 Kysely vuonna 2001

Varhaisperunanviljelijöiltä tiedusteltiin keväällä 2001 seminaaristeilyllä kokemuksia kerääjäkasvien käytöstä. Kyselylomakkeita palautettiin 46 kappaletta. Vastajista 19 oli Rymättylästä, kuusi Nauvosta ja Merimaskusta, kaksi Uudestakaupungista sekä yksi Mynämäeltä, Laitilasta, Nousiaisista ja Sauvosta. Loput yhdeksän viljelijää oli Varsinais-Suomen ulkopuolelta. Viljelijöiden varhaisperuna-ala oli keskimäärin 3,9 hehtaaria. Suurin peruna-ala oli 19,5 ha ja pienin 0,5 ha. Perunaa viljeltiin lähes kaikilla mahdollisilla maalajeilla hiekasta liejusaveen ja multa.

Kerääjäkasveja käytti 16 tilaa joka vuosi ja 18 tilaa silloin tällöin (1–3 vuoden välein). Kerääjäkasvin käytön syiksi mainittiin kerääjäkasvien maan rakennetta ja kasvukuntoa parantava vaikutus, ravinteiden (erityisesti typen) sitominen, valunnan väheneminen sekä rikkakasvien torjunta. Myös ympäristötuen ehdot vaikuttivat käyttöön, ja mainitsipa eräs viljelijä, että pelto näyttää paremmalta, kun siihen on kylvetty kerääjäkasvi.

Tiloista 12 ei kylvänyt koskaan kerääjäkasvia varhaisperunan jälkeen. Yleisimpänä syynä tähän oli se, että varhaisperunan jälkeen maita ei kynnetä. Yhdellä tilalla kylvetään syysviljaa varhaisperunan jälkeen. Myös taloudellisesti tuottavan kasvin puutetta valiteltiin. Ajanpuutteen ilmoitti vain yksi viljelijä syyksi.

Yleisimmin kerääjäkasvina käytettiin viljaa (ohra, kaura, vehnä tai ruis), jota kylvettiin 50–250 kg/ha. Muita kerääjäkasveja olivat maa-apila 8 kg/ha, persianapila 8–15 kg/ha, hunajakukka 10 kg/ha, raiheinä 30 kg/ha, rypsi, tuorenumiseos 10–15 kg/ha, herne 100 kg/ha, kiinankaali sekä rehukaali.

Kerääjäkasvit kylvettiin yleisimmin normaalilla kylvökoneella, mutta myös heinänylvökoneella tai pintalevittimiä yhdessä äestyksen tai jyräyksen kanssa käytettiin. Kerääjäkasvit kylvettiin noston jälkeen yleensä viimeistään heinäkuussa, ja kylvön aikaan pellossa tulisi olla riittävästi kosteutta. Viisitoista tilaa ilmoitti näyttävänsä tai murskaavansa kerääjäkasvikasvuston ennen kyntöä. Myös sänkimuokkausta tai jyräystä käytettiin. Toisinaan kerääjäkasvista on puitu myöskin sato (5 tilaa). Kaksitoista tilaa kynsi kerääjäkasvit sellaisenaan maahan. Pellot kynnettiin yleisimmin syksyllä syys-marraskuussa. Monet tilat korostivat myöhäistä kyntöä. Viisi tilaa ilmoitti käyttävänsä kevätkyntöä.

Kokemukset kerääjäkasvien käytöstä olivat pääasiassa myönteisiä. Monet kokivat kerääjäkasvien parantavan maan rakennetta ja kasvukuntoa. Vastauksissa mainittiin muun muassa orgaanisen aineen määrän lisääntyminen, maan pysyminen sopivan kosteana sekä pellon liettymisen ja eroosion väheneminen. Myös satomäärien nousu, rikkakasvien määrän väheneminen, maan nopeampi kuivuminen keväällä (kevätkyntö) ja suuremman typpimäärän käyttömahdollisuus mainittiin hyviä puolia. Kahdeksantoista viljelijää ilmoitti, että kerääjäkasvin käytöstä ei ole ollut haittaa, mutta haittapuoliakin kuitenkin löytyi. Haittoina mainit-

tiin kynnön vaikeutuminen, kynnön tuleminen pakolliseksi, vaikeus silputa kasvustoa märkänä syksynä, hirvien ja peurojen määrän nousu syksyllä, roudan sulamisen hidastuminen, syyskynnön hidas kuivuminen keväällä, lahoamaton silppu haittaa istutusta märässä maassa, muokkauksen vaikeutuminen seuraavana vuonna, rikkakasvien runsastuminen sekä työmäärän lisääntyminen.

Viljelijöiltä tiedusteltiin myös kerääjäkasvien käytöstä aiheutuneita kustannuksia. Annetut vastaukset vaihtelivat 100 ja 2000 mk/ha välillä. Yleisimmin kustannusten katsottiin olevan 100–400 mk/ha.

2.3.2. Kysely vuonna 2002

Kysely kerääjäkasvien käytöstä toistettiin uudistetulla lomakkeella keväällä 2002 varhaisperunanviljelijöiden seminaariristeilyllä. Kyselylomakkeita palautettiin vain 22 kappaletta, joista osa oli hyvin puutteellisesti täytettyjä. Ainakin seitsemän tilaa oli vastannut kyselyyn myös vuonna 2001, mutta määrä saattoi olla suurempi, koska kaikki vastaajat eivät maininneet nimeä. Tällä kertaa tiloista kuusi oli Rymättylästä, kolme Nauvosta ja Merimaskusta, kaksi Sauvosta sekä yksi Uudestakaupungista sekä Houtskäristä. Neljä tilaa oli Varsinais-Suomen ulkopuolelta ja kahden tilan sijainti jäi epäselväksi. Tilojen varhaisperuna ala oli keksimäärin 4,5 hehtaaria vaihdellen 0,5 hehtaarista 10 hehtaariin. Yhdellä tilalla oli 640 m² perunaa kasvihuoneessa. Maalajit vaihtelivat hietamoreenista liejusaveen ja multa.

Tiloista kolme ilmoitti kylvävänsä kerääjäkasvin joka vuosi. Silloin tällöin kerääjäkasvin (joka 1.–3. vuosi) kylvi kaksitoista tilaa. Viisi tilaa ei käyttänyt kerääjäkasvia koskaan. Vuonna 2001 kerääjäkasvin ilmoitti kylväneensä ainakin osalle alaa viisi tilaa. Yksi tila oli ilmeisesti luopunut kerääjäkasvin käytöstä, koska sille ei saa lisätä tyyppä.

Yksitoista tilaa ilmoitti, että EU:n ympäristötukiehdot (Maa- ja metsätalousministeriö 2000) ovat kannustimena kerääjäkasvien kylvölle. Viljelytekniset seikat (maan kunto, maan rakenne, kosteusolot, orgaaninen aines, maan varjostus, viljelykierto) vaikuttivat kylvöpäätökseen yhdeksällä tilalla. Yhdellä tilalla kannustimena oli perunapellon rikkaruohottumisen estäminen.

Kerääjäkasvina käytettiin yleisimmin viljaa (100–300 kg/ha), mutta myös persianapilaa (8 kg/ha) tai erilaisia apila–nurmiseoksia. Myös rypsiä oli kokeiltu kerääjäkasvina. Suurin osa tiloista kylvi kerääjäkasvin noin kahden viikon kuluessa nostosta. Kylvöön käytettiin kylvölannoitinta, heinäkylvökonetta tai pintalevitintä. Yksi tila käytti menetelmää, jossa kerääjäkasvin siemen levitetään pneumaattisella levittimellä jo perunakavustoon, jolloin kerääjäkasvin siemen sekoittuu maahan perunannostossa. Maata myös muokattiin yleisesti kylvön yhteydessä. Ennen kyntöä kasvustot niitettiin, äestettiin tai niille ei tehty mitään. Yksi tila kertoi torjuvansa rikkakasvit tarvittaessa. Kynnön tilalla yksi viljelijä ilmoitti käyttävänsä mahdollisesti niittoa ja sen jälkeen kevyttä muokkausta lapiorulla-keellä.

Seuraavaksi viljelijöiltä kysyttiin kokemuksia kerääjäkasvien käytön vaikutuksista eri tekijöihin. Seuraavan vuoden satoon kerääjäkasvien vaikutus oli yleensä positiivinen, mutta myös vaihteleva vaikutus raportoitiin. Maan kasvukuntoon kerääjäkasvien katsottiin vaikuttavan myönteisellä tavalla. Rikkakasvien määrä oli toisilla tiloilla vähentynyt ja toisilla lisääntynyt kerääjäkasvien käytön myötä. Neljä tilaa katsoi maan muokattavuuden parantuneen kerääjäkasvien käytön myötä, mutta yksi viljelijä ilmoitti, että hieta- ja hietamoreenimailla ei ole ollut havaittavissa mainittavia etuja. Yksi viljelijä mainitsi, että kerääjäkasvit vaikeuttavat maan muokattavuutta sekä seuraavan kevään kylvötöitä, jos maata ei muokata syksyllä. Parilla viljelijällä oli myönteisiä kokemuksia kerääjäkasveista seuraavan kevään kylvötöiden kannalta katsottuna, mutta eräs viljelijä arveli kerääjäkasvien käytön lisäävän typpilannoitustarvetta. Vaikutukset maan kosteusoloihin ja eroosioherk-

kyyteen koettiin myönteisiksi. Kerääjäkasvien mainittiin sekä lisäävän että vähentävän routaantumista, ja toisaalta roudan todettiin sulavan hitaammin, kun kerääjäkasveja käytetään.

Vastauksissa kysymykseen, miten kerääjäkasvien viljely onnistuu parhaiten, korostuu tasaisen itämisen merkitys eli maassa on oltava riittävästi kosteutta. Kerääjäkasvien käytön kustannuksia kysyttiin neljän vaihtoehdon avulla. Kukaan viljelijä ei selvinnyt alle 20 €/ha kustannuksilla, mutta kahdeksan viljelijää valitsi vaihtoehdon 20–70 € . Muut viljelijät ilmoittivat kustannuksiksi 70–170 €/ha. Viljelijöiden kokemukset kerääjäkasvien käytöstä vaihtelivat 3 ja 15 vuoden välillä.

2.4 Johtopäätökset

Kokemukset kerääjäkasvien käytöstä olivat pääosin myönteisiä, joskin haittapuoliakin tuli esille. Viljelijöistä neljäsosa ei käyttänyt koskaan kerääjäkasvia, mutta muut kylvivät kerääjäkasvin vähintään muutaman vuoden välein. Viljelijät voidaan jakaa kerääjäkasvin käytön suhteen karkeasti kolmeen ryhmään: 1) ne, jotka kokevat saavansa kerääjäkasveista viljelytekniistä hyötyä muun muassa maan paremman rakenteen kautta, 2) ne, jotka käyttävät kerääjäkasveja ympäristötukisäädösten vuoksi ja 3) ne, jotka eivät missään tapauksessa käytä kerääjäkasveja.

Kerääjäkasvien käyttö ei välttämättä lisää huomattavasti kustannuksia. Edullisimmin selvittäneen silloin, kun kerääjäkasvi kylvetään pintalevittimellä ennen perunan nostoa ja siemenenä käytetään hyvin itävää, mutta muuten heikkolaatuista viljaa.

Tulevaisuuden haasteena on saada loputkin viljelijät kiinnostumaan kerääjäkasvien käytöstä. Kerääjäkasveja koskevat ympäristötukisäädösten pykälät tulee jatkossakin säilyttää ja mahdollisuuksien mukaan lisätä kerääjäkasvien käytön houkuttelevuutta entisestään.

Kerääjäkasvien käyttöä varhaisperunan jälkeen tulisi myös tutkia entistä enemmän, jotta viljelijöille saataisiin uutta tietoa käyttöön. Tutkimuksiin tulisi sisällyttää viljelytekniesten seikkojen lisäksi myös taloudellisuustarkastelu.

Kasteluvesien kierrätys varhaisperunan viljelyssä

3

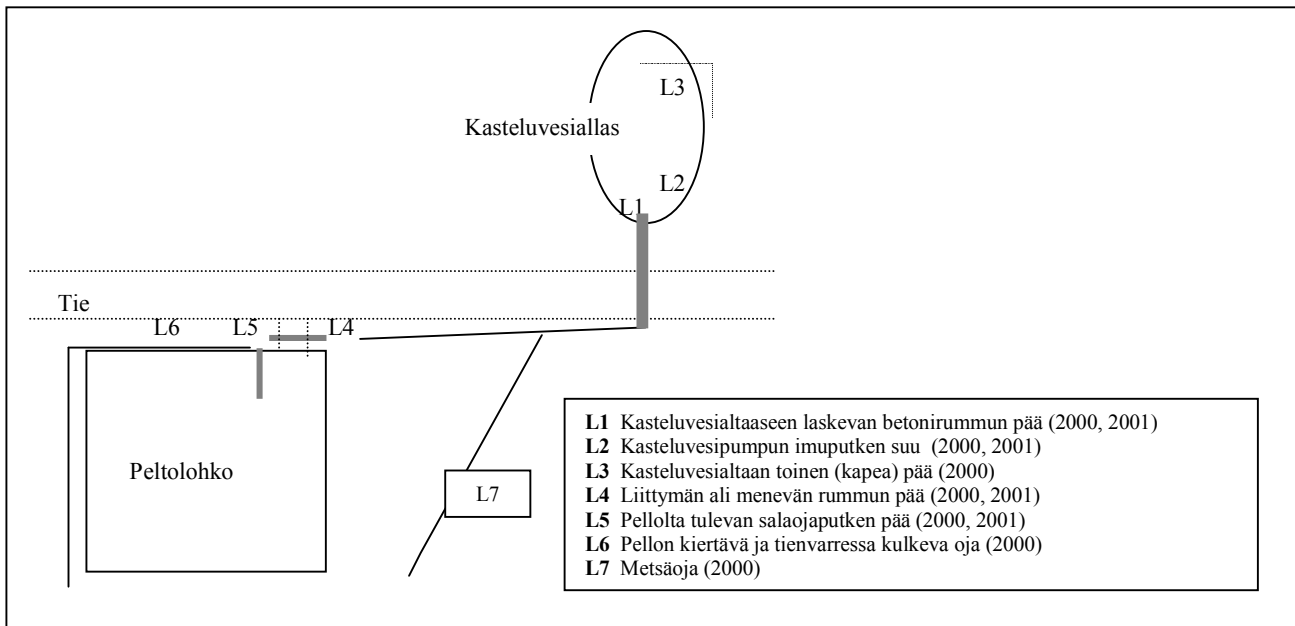
Varhaisperunan viljelyssä käytetään sadetusta sekä hallantorjuntaan että kasteluun. Hankkeessa keskityttiin alkukasvukaudesta tarvittavaan hallantorjuntasadetukseen. Tässä vaiheessa perunan kasvu on vielä suhteellisen hidasta, ja maa on usein niin märkää, että se ei pysty pidättämään runsaita vesimääriä. Tämä merkitsee lisääntyneitä ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Usein merenranta-alueilla on myös puutetta makeasta sadetusvedestä. Tällöin vesien kierrättäminen lisää osaltaan mahdolliseen kasteluun käytettävissä olevaa vesimäärää.

3.1 Mittaukset nauvolaisella perunaviljelmällä

Kasteluvesien kierrätykseen liittyviä kysymyksiä selvitettiin nauvolaisella varhaisperunaviljelmällä vuosina 2000 ja 2001. Koelohko oli kooltaan 1,25 ha. Lohkon maalaji oli multava/runsasmultainen karkea hietä. Viljavuusanalyysin mukaan lohkolla oli fosforia keskimäärin 7,3 mg/l (välttävä) ja pH oli 6,0.

Timo-peruna istutettiin 8.–13.4.2000 ja 10.–13.4.2001. Vuonna 2000 lannoitteena oli Kloorivapaa Y-lannos 3 (12-6-14) 500 kg/ha ja vuonna 2001 käytettiin Varhaisviljelyn Y-lannosta (8-4-16) 750 kg/ha. Lannoitteen mukana tuli typpeä 60 ja fosforia 30 kg/ha. Kumpanakin vuonna perunakasvustoa sadetettiin yhdeksän kertaa (2.–23.5.2000 ja 7.5.–7.6.2001). Nosto aloitettiin 31.5.2000 ja 6.6.2001.

Lohkon kuivatusvedet johdetaan kasteluvesialtaaseen, jonka vettä käytetään hallantorjunnassa ja kastelussa. Hankkeen puitteissa mitattiin useista kohdin aluetta (kuva 1) vesien kiintoaine-, kokonaistyyppi-, nitraatti/nitriittityppi- ja ammoniumtyppipitoisuutta sekä kokonaisfosforin ja liukoisen fosfaattifosforin pitoisuutta. Vesinäytteitä otettiin varhaisperunan intensiivisimmän kasvukauden ajan 2.5.–12.6.2000 ja 3.5.–18.6.2001 sekä lisänäytteet 31.7.2000 ja 21.8.2001. Näytteet analysoitiin Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:ssä. Neljässä näytteessä oli nitraatti/nitriittityypen pitoisuus suurempi kuin kokonaistypen pitoisuus. Tällöin kokonaistypen pitoisuus on korvattu nitraatti/nitriittityypen pitoisuudella. Lisäksi mitattiin kasteluvesialtaaseen laskevan betonirummun (2000), ojarummun (2000, 2001) ja salaojaputken (2001) päästä tulevaa hetkellistä valuntaa mitta-astiaa ja sekuntikelloa hyväksi käyttäen. Myös sademäärät kirjattiin ylös.



Kuva 1. Koelohko sekä näytteenottopaikat.

3.2 Mittaustulokset ja tulosten tarkastelu

Vesien kokonaistyyppimäärät olivat vuonna 2001 alhaisemmat kuin vuonna 2000 (kuvat 2 ja 4, taulukot 2 ja 3). Eniten tyyppiä oli näytteissä, jotka oli otettu salaojaputken päästä. Vuonna 2000 keskimääräinen pitoisuus oli 10,3 mg/l ja seuraavana vuonna 6,6 mg/l. Peltoa kiertävän ja tienvarressa kulkevan ojan vedessä kokonaistyyppiä oli vähiten, keskimäärin 0,4 mg/l vuonna 2000. Kasteluvesipumpun imuputken suulla tyyppipitoisuus oli ensimmäisenä vuonna keskimäärin 2,9 ja toisena vuonna 1,8 mg/l. Ammoniumtyppipitoisuudet olivat alhaisia kumpanakin vuonna. Näytteissä pitoisuudet vaihtelivat alle 0,003 mg/l:sta 0,021 mg/l:aan yhtä näytettä lukuun ottamatta. Nitraatti- ja nitriittityypin pitoisuudet vaihtelivat samansuuntaisesti kuin kokonaistyyppien pitoisuudetkin. 4.6.2001 otetuissa näytteissä pitoisuuksissa oli selvä notkahdus.

Ensimmäisenä vuonna löytyivät suurimmat kiintoainepitoisuudet (keskimäärin 44 mg/l) altaaseen laskevasta metsäojasta ja altaasta otetuista näytteistä (15–18 mg/l). Toisena vuonna kasteluvesipumpun imuputken suulta otetuista näytteistä löytyi eniten kiintoainetta, keskimäärin 25 mg/l (kuvat 3 ja 5).

Vuonna 2000 kokonaisfosforia oli keskimäärin eniten (0,04–0,05 mg/l) näytteistä, joissa oli myös paljon kiintoainetta (kuvat 3 ja 5, taulukot 2 ja 3). Toisena vuonna keskimääräinen pitoisuus oli korkein (0,05 mg/l) imuputken suulla. Liuukoista fosfaattifosforia näytteissä oli vähän. Ensimmäisenä vuonna pitoisuudet olivat < 0,002–0,004 mg/l ja toisena vuonna < 0,002–0,008 mg/l yhtä näytettä lukuun ottamatta.

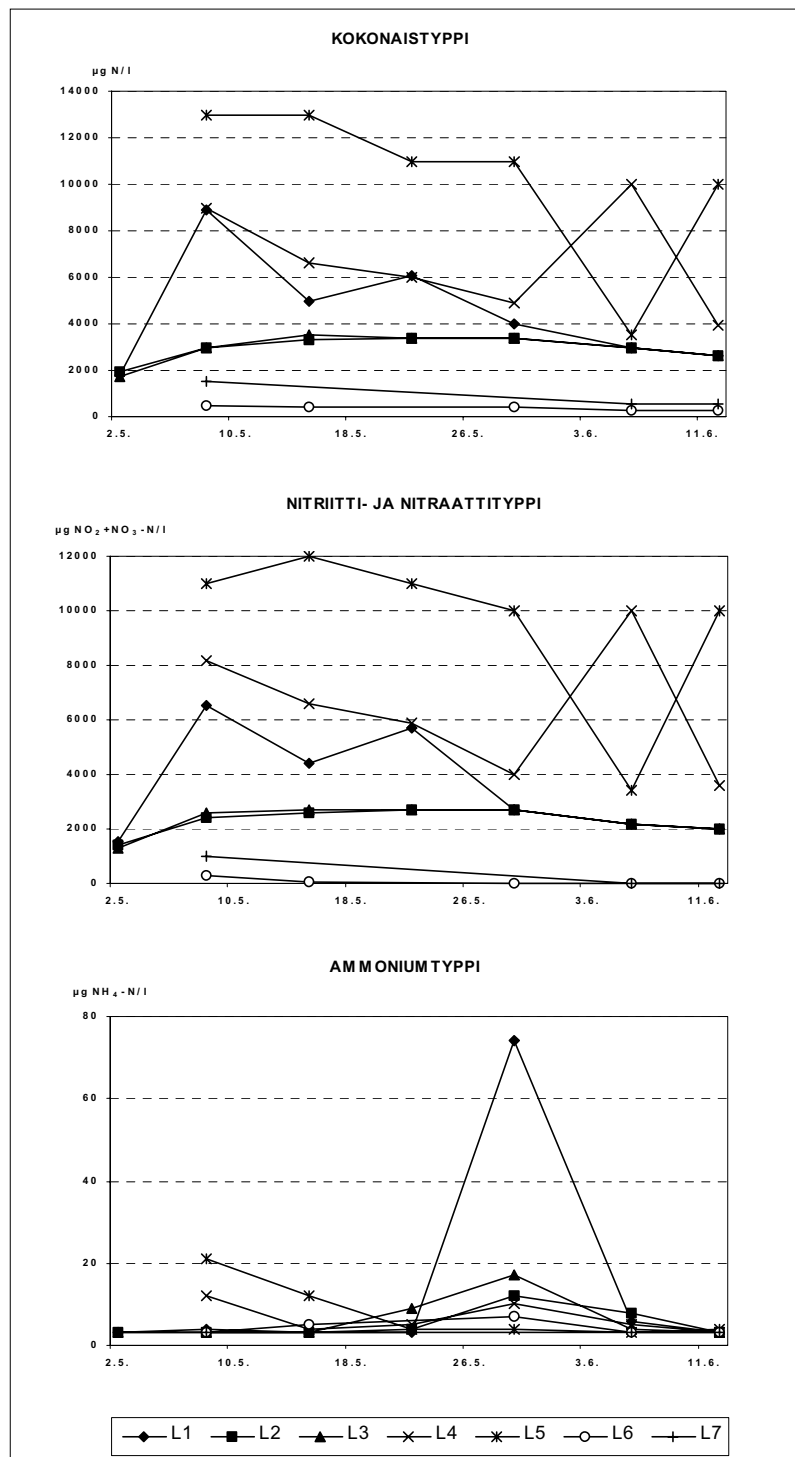
Heinäkuun lopussa vuonna 2000 otetuissa näytteissä oli 1,4–3,0 mg N/l ja 0,02–0,03 mg P/l. Elokuussa 2001 otetuissa näytteissä oli kokonaistyyppiä 1,4–7,5 mg/l ja fosforia 0,01–0,07 mg/l.

Taulukko 2. Sadetus-, sade- sekä valuntamäärät ja veden ravinnepitoisuudet siltarummun (L4), kasteluvesialtaaseen laskevan betoniputken (L1) ja kasteluvesipumpun imuputken (L2) päistä otetuissa näytteissä 2.5.–12.6.2000. * = laskelmissa käytetty arvioitu pitoisuus.

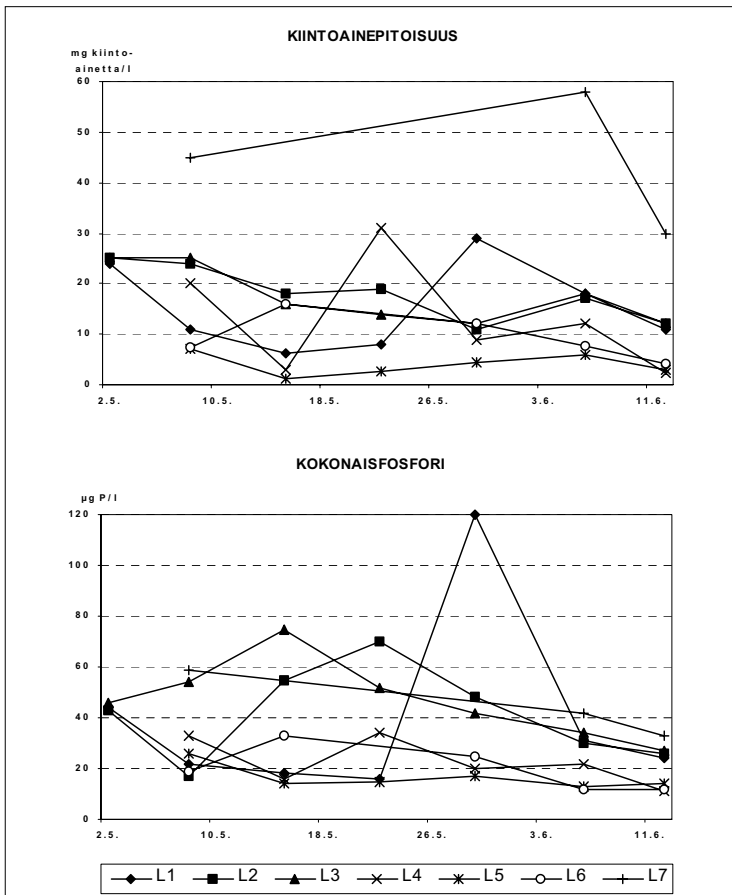
Päivä 2000	Sadetus l/kerta	Sade mm	Valunta l/vrk		Kokonaistyyppi µg/l			Kokonaisfosfori µg/l		
			Silta-rumpu	Betoni-putki	Silta-rumpu	Betoni-putki	Imu-putki	Silta-rumpu	Betoni-putki	Imu-putki
2.5.	279450					1800	1900		44	43
3.5.		2,0								
5.5.	108675						2500*			30*
7.5.	248400			132923		8900*	3000*		22*	17*
8.5.	77625		91482	98430	9000	8900	3000	33	22	17
9.5.	62100			78545		8900*	3000*		22*	17*
10.5.				57600		8900*			22*	
11.5.		4,5								
14.5.	62100			43200		5000*	3300*		18*	55*
15.5.			28800	37056	6600	5000	3300	16	18	55
16.5.	62100						3300*			55*
17.5.	54338			34560		5000*	3300*		18*	55*
19.5.		3,0								
20.5.		6,0		43200		6100*			16*	
21.5.		1,5								
22.5.					6000	6100	3400	34	16	70
23.5.	46575						3400*			70*
25.5.		6,0								
26.5.		15,0								
28.5.		5,0								
29.5.		3,0	45741		4900	4000	3400	20	120	48
2.6.		17,0								
6.6.			33809		10000	3000	3000	22	31	30
7.6.		1,0								
12.6.			22217		3900	2600	2600	11	24	26

Taulukko 3. Sadetus-, sade- sekä valuntamäärät ja veden ravinnepitoisuudet siltarummun (L4), salaojaputken (L5) ja kasteluvesipumpun imuputken (L2) päistä otetuissa näytteissä 3.5.–18.6.2001. * = laskelmissa käytetty arvioitu pitoisuus

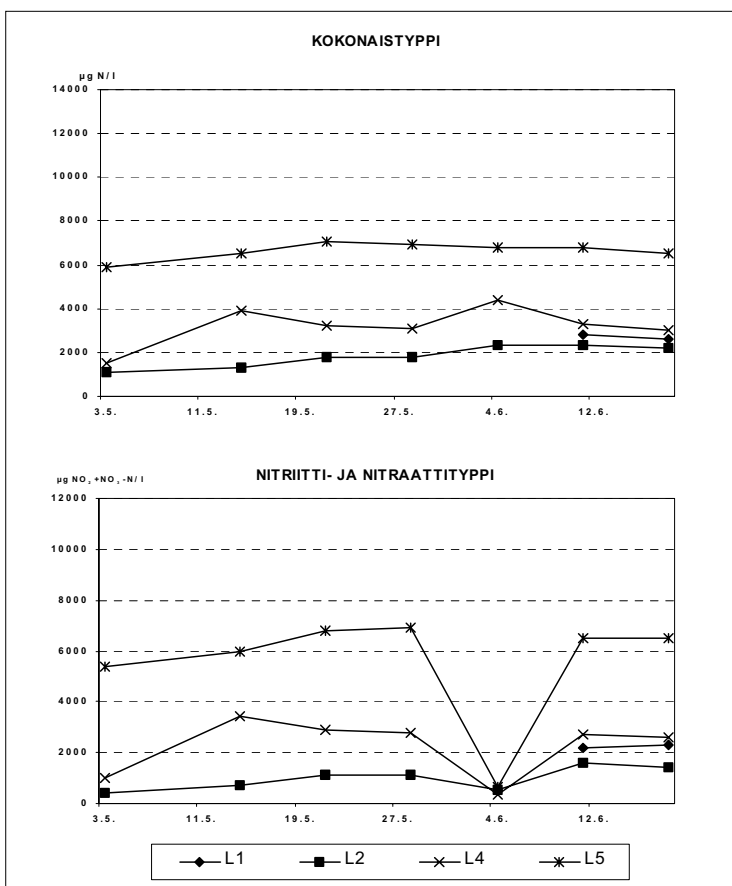
Päivä 2001	Sadetus l/kerta	Sade mm	Valunta l/vrk		Kokonaistyyppi µg/l			Kokonaisfosfori µg/l		
			Silta-rumpu	Salaoja	Silta-rumpu	Salaoja	Imu-putki	Silta-rumpu	Salaoja	Imu-putki
3.5.			68229	13288	1500	5900	1100	38	27	63
7.5.	201825						1100*			63*
11.5.	93150						1300*			51*
14.5.			63975	38448	3900	6500	1300	23	21	51
15.5.	93150						1300*			51*
16.5.	155250						1300*			51*
18.5.		1,5								
19.5.		5,5								
20.5.		2,0								
21.5.		1,0	50604	20451	3200	7100	1800	17	17	35
22.5.	62100						1800*			35*
25.5.	62100						1800*			40*
28.5.			27646	9935	3100	6900	1800	16	14	45
29.5.	139725						1800*			45*
1.6.	170775						2100*			44*
2.6.		1,0								
3.6.		4,0								
4.6.		4,0	61807	40050	4400	6800	2300	18	17	43
7.6.	77625						2300*			43*
11.6.		1,5	22512	10401	3300	6800	2300	15	18	44
18.6.			15910	6248	3000	6500	2200	14	19	85



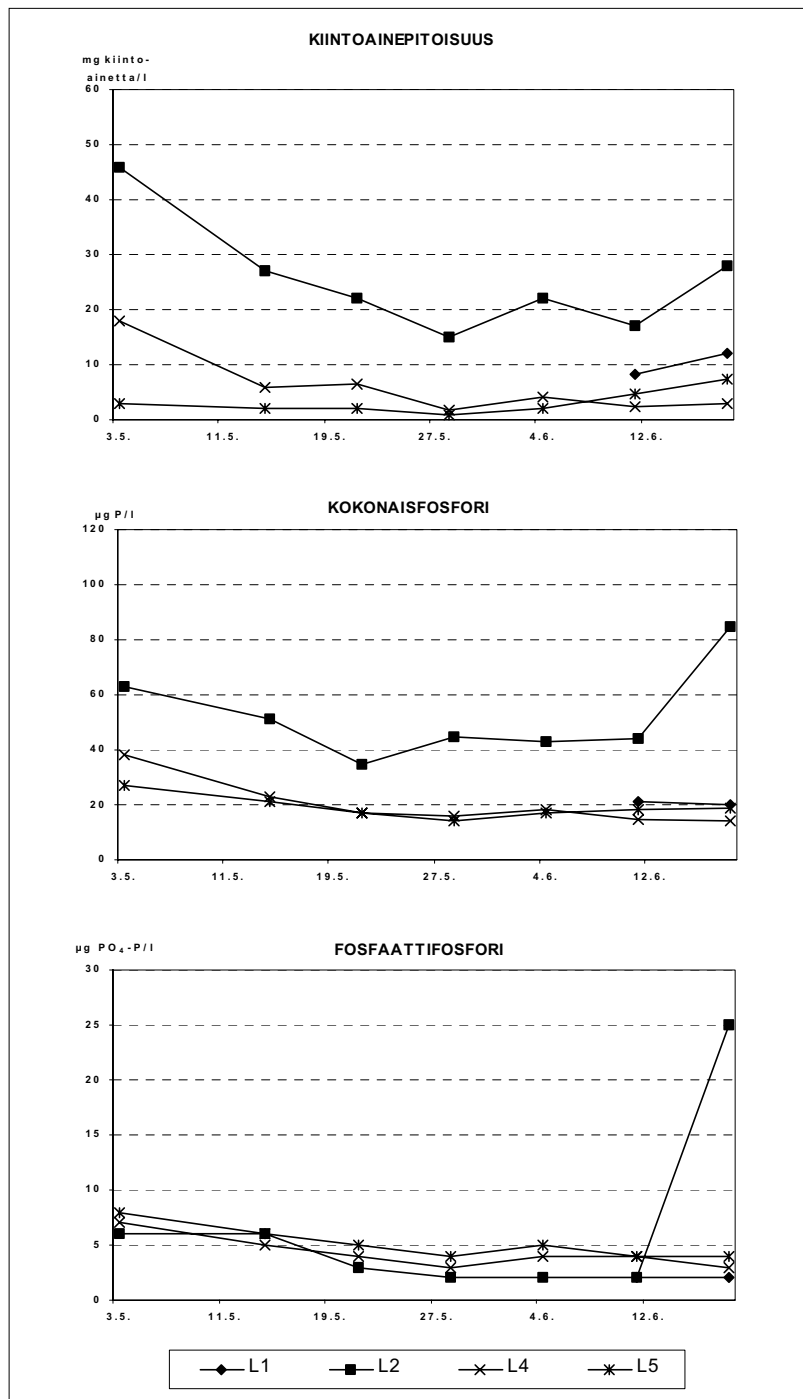
Kuva 2. Veden typpipitoisuudet ($\mu\text{g/l}$) 2.5.–12.6.2000. L1=Kasteluvesialtaaseen laskevan betonirummun pää, L2=Kasteluvesipumpun imuputken suu, L3=Kasteluvesialtaan toinen (kapea) pää, L4=Liittymän ali menevän rummun pää, L5=Pelloilta tulevan salaojaputken pää, L6=Pellon kiertävä ja tienvarressa kulkeva oja ja L7=Metsäoja. Havaintopisteet on yhdistetty viivalla lukemisen helpottamiseksi eikä muutosten voida olettaa olevan suoraviivaisia näytteenotokertojen välillä.



Kuva 3. Veden kiintoaineen (mg/l) ja kokonaisfosforin pitoisuus (µg/l) 2.5.–12.6.2000. L1 = Kasteluvesialtaaseen laskevan betonirummun pää, L2 = Kasteluvesipumpun imuputken suu, L3 = Kasteluvesialtaan toinen (kapea) pää, L4 = Liittymän ali menevän rummun pää, L5 = Pellolta tulevan salaajaputken pää, L6 = Pellon kiertävä ja tienvarressa kulkeva oja ja L7 = Metsäoja.



Kuva 4. Veden typpipitoisuudet (µg/l) 3.5.–18.6.2001. L1 = Kasteluvesialtaaseen laskevan betonirummun pää, L2 = Kasteluvesipumpun imuputken suu, L4 = Liittymän ali menevän rummun pää ja L5 = Pellolta tulevan salaajaputken pää.



Kuva 5. Veden kiintoaineen (mg/l) sekä kokonais- ja fosfaattifosforin pitoisuus (µg/l) 3.5.–18.6.2001. L1=Kasteluvesialtaaseen laskevan betonirummun pää, L2=Kasteluvesipumpun imuputken suu, L4=Liittymän ali menevän rummun pää, L5=Pelloilta tulevan salaojaputken pää.

Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n (2000) lausunnon mukaan kastelualtaan veden typpipitoisuudet olivat useita kertoja suurempia kuin luonnontilaisissa tai lähes luonnontilaisissa pienvesissä. Fosforipitoisuudet eivät olleet poikkeuksellisen suuria, vaikkakin järvissä ja lammissa vastaavan suuruiset fosforipitoisuudet voisivat aiheuttaa kesäaikaan leväkukintoja. Tienvarsi- ja metsäojan vesien typpi- ja fosforipitoisuudet olivat lähellä luonnontilaisten purovesien vastaavia arvoja. Kaikissa näytteissä oli niukasti liukoista fosfaattifosforia.

Vuoden 2001 lausunnossa todetaan, että kastelualtaan veden typpipitoisuudet olivat selvästi suurempia kuin luonnontilaisissa tai lähes luonnontilaisissa pienvesissä. Fosforipitoisuudet eivät olleet poikkeuksellisen suuria, mutta samaa suuruusluokkaa kuin rehevissä tai erittäin rehevissä järvissä. Kastelualtaan veden fosfori oli pääosin kiintoaineeseen sitoutunutta. Ojarummun ja salaojaputken vesissä typpi esiintyi lähes kokonaan nitraatti- ja nitriittityyppinä, ja typpipitoisuudet olivat selvästi suurempia kuin kastelualtaan pitoisuudet. Pieni osa fosforista oli liukoisessa muodossa (Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2001).

Vesien kokonaisfosforipitoisuudet olivat yleisesti alhaisempia kuin mitä on mitattu esimerkiksi Aurajoesta vuonna 1999 (0,08–0,4 mg P/l). Näytteiden kokonaistyyppipitoisuudet olivat puolestaan useissa tapauksissa selkeästi korkeampia kuin Aurajoesta mitatut arvot (1,1–3,7 mg N/l) (Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2000). Fosforipitoisuudet olivatkin samaa suuruusluokkaa kuin eräistä lounaissuomalaisista metsäojista otetuissa näytteissä toukokuun 2001 alussa (0,007–0,06 mg P/l) (Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2001).

Seilin intensiiviasemalla mitatut meriveden kesäaikaiset kokonaisfosforipitoisuudet ovat vaihdelleet pääasiassa 0,015 ja 0,02 mg/l välillä viimeisen parinkymmenen vuoden aikana. Talvella pitoisuudet ovat ylittäneet viime vuosina jo 0,03 mg/l tason (Suomela 2001). Kasteluvesialtaasta mitatut fosforipitoisuudet olivat näitä arvoja korkeammat, mutta salaojavedestä ja peltoa kiertävän ojan vedestä mitatut arvot olivat samaa suuruusluokkaa meriveden arvojen kanssa. Seilillä mitatut kokonaistypen pitoisuudet ovat olleet 0,3–0,4 mg/l kesäaikaan ja 0,4–0,5 mg/l talviaikaan (Suomela 2001). Kasteluvesialtaan veden typpipitoisuudet olivat näihin verrattuna moninkertaisia. Salaojavedestä mitatut kokonaistyyppipitoisuudet olivat jopa yli 30-kertaisia meriveden typpipitoisuuteen verrattuna.

Fosforista oli salaojavedessä keskimäärin 22 (2000) tai 27 % (2001) liukoisessa muodossa. Vuonna 2000 kasteluvesialtaaseen tulevan veden fosforista oli keskimäärin 8 % liukoisessa muodossa. Kasteluvesipumpun imuputken suulta otetuissa näytteissä liukoisen fosforin osuus oli noin 6 (2000) tai 10 % (2001). Uusitalon ym. (2001) tutkimuksessa eri fosforimuotojen konsentraatiot olivat samanlaisia sekä pintavalunnassa että salaojavedessä. Kokonaisfosforista keskimäärin 92 % oli partikkelimuodossa. Liuennut ortofosfaattifosfori on kokonaan leville käyttökelpoista, mutta partikkelifosforista käyttökelpoista on vain kymmenesosa (Turtola & Lemola 2000, Uusitalo ym. 2000).

Mitattujen valunta- ja ravinnemäärien (taulukot 2 ja 3) sekä havainnointijakson pituuden avulla laskettiin pellolta pois huuhtoutuvan typen ja fosforin määrää (mittausjakso (vrk) * keskimääräinen huuhtoutuma (g N, P/vrk)). Näiden hyvin karkeiden laskelmien perusteella vuonna 2000 kasteluvesialtaaseen tuli betoniputken kautta typpeä runsas 7 kg ja fosforia 19 g kahdessa viikossa. Näihin arvoihin kuuluvat myös metsäojan kautta tulleet ravinteet. Siltarummun päästä mitatut ravinnehuuhtoutumat olivat vuonna 2000 noin 12 kg N ja 39 g P (36 vrk). Vuonna 2001 huuhtoutuma oli 6,7 kg N ja 47 g P (47 vrk). Salaojavedessä huuhtoutui kokonaistyppeä vuonna 2001 runsaat 6 kiloa 47 päivän aikana. Huuhtoutuneen kokonaisfosforin määrä oli vastaavasti vajaa 18 g. Kasteluvesialtaaseen tuli kiintoainetta vuonna 2000 vajaa 9 kg/14 vrk. Ojarummun päästä mitatut määrät olivat 20 kg/36 vrk (2000) ja 15,7 kg/47 vrk (2001). Salaojavedessä kiintoainetta kul-

keutui 2,3 kg/47 vrk. Näiden karkeiden laskelmien perusteella näyttääkin siltä, että reunaajassa virtaavan veden typestä pääosa oli peräisin salaojasta, mutta fosforista suuri osa tuli muualta.

Siltarummun päästä otettujen näytteiden perusteella ei fosforin huuhtoutumisessa ollut suuria eroja vuosien välillä, mutta ensimmäisenä vuonna typpeä huuhtoutui noin kaksinkertainen määrä toiseen vuoteen verrattuna. Keskimääräisessä vuorokautisessa valuntamäärässä ei ollut eroa, mutta ensimmäisenä vuonna kokonaistypen pitoisuudet valuntavedessä olivat korkeampia kuin toisena vuonna.

Osa huuhtoutuneesta typestä ja fosforista palautui peltoon sadetusveden mukana (taulukot 2 ja 3). Kumpanakin vuonna pellolle sadetettiin noin miljoona litraa vettä. Ensimmäisenä vuonna tämä vesimäärä sisälsi typpeä 2,7 kg ja fosforia 35 g sekä toisena vuonna noin 1,7 kg typpeä ja 52 g fosforia. Verrattaessa vuonna 2000 sadetusveden mukana peltoon palautuneita ja toisaalta kastelualtaalle laskevan betoniputken päästä mitattuja ravinnemääriä voidaan havaita, että fosfori kiertää hyvin systeemissä, mutta typpeä palaa altaalle selvästi enemmän kuin sieltä poistuu sadetusveden mukana. Sama ilmiö on myös havaittavissa tarkasteltaessa vuoden 2001 mittauksia. Kasteluveden fosforipitoisuus olikin mittausten mukaan keskimäärin korkeampi kuin salaoja- tai tienvarsiojan veden fosforipitoisuus. Altaassa olevan veden fosforipitoisuutta nosti metsäojassa virtaavan veden korkea fosforipitoisuus. Typen kohdalla tilanne oli toinen. Kasteluveden typpipitoisuus oli selvästi alhaisempi kuin salaojasta tulevan veden typpipitoisuus.

Pelloilta vesistöihin tulevan typpikuormituksen on arvioitu olevan 7,6–20 ja fosforikuormituksen 0,9–1,8 kg/ha/vuosi eräillä pienillä valuma-alueilla vuosina 1981–1985 tehtyjen mittausten perusteella (Rekolainen ym. 1992). Jokioisilla Kotkanojan huuhtoutumiskentillä vuosina 1993–1999 tehdyssä kokeessa typpeä huuhtoutui ohran viljelyssä 6,7–23 kg/ha vuodessa ja partikkelifosforia 0,55–1,4 kg/ha sekä liukoista ortofosfaattifosforia 0,05–0,31 kg/ha syysmuokkaustavasta riippuen. Eroosioainesta huuhtoutui 320–1 840 kg/ha (Turtola & Lemola 2000). Aurajoen varrella olevalla koekentällä 1990-luvun alkupuolella tehdyssä viljelymenetelmiä vertaavassa tutkimuksessa eroosiomäärät olivat keskimäärin 810–2 170 kg/ha vuodesta riippuen. Partikkelifosforia huuhtoutui 1,1–3,6 ja fosfaattifosforia 0,4–0,6 kg/ha. Kiintoaine- ja partikkelifosforipitoisuuden välillä oli vahva riippuvuus. Kokonaistyppeä huuhtoutui 7,5–10,5 kg/ha (Puustinen 1999).

Koelohkolla typpihuuhtoutumat olivat suuria näihin lukuihin verrattuna. Lyhyessä ajassa huuhtoutuikin typpeä sama määrä, mikä vastaa joidenkin peltoalueiden vuotuista typpihuuhtoutumaa. Kokonaisfosforin huuhtoutuma oli mitausjaksoilla noin 1 g/vrk. Tämän perusteella vuotuinen huuhtoutuma ei liene pelloilta poikkeuksellisen suurta. Myös huuhtoutuneen kiintoaineen määrä vaikuttaa melko alhaiselta. Rannikkovesissä typen on todettu varsin yleisesti rajoittavan levien kasvua (Rekolainen ym. 1992) eli on hyvin tärkeää, että runsas typpihuuhtoutuma päätyy altaaseen eikä joudu suoraan mereen.

3.3 Johtopäätökset

Esitetyt laskelmat ovat vain hyvin karkeita arvioita. Jotta tarkempia lukuja ja vuosittaista huuhtoutumaa pystyttäisiin esittämään, olisi mittauksia tullut tehdä selvästi useammin ja pidemmän ajanjakson ajan. Erityisen mielenkiintoista olisi ollut saada mittaustuloksia myös varhaiskevältä ja syksyltä, jolloin kasvusto ei peittänyt maata. Tehtyjen mittausten valossa typpihuuhtoutumat vaikuttavat suurilta, mutta fosforin huuhtoutuminen ei liene poikkeuksellisen suurta.

Sadetusveden mukana näyttää peltoon tulevan suunnilleen sama määrä fosforia kuin sieltä huuhtoutuukin vastaavana aikana. Typen kohdalla tilanne ei ole näin hyvä. Kuitenkin jokainen typpikilo, joka saadaan uudelleen kasvien käyttöön, vähentää omalta osaltaan vesistöjen rehevöitymistä.

Koska erityisesti typpeä vaikuttaa huuhtoutuvan runsaasti, on valumavesien keräämisellä rannikkovesien rehevöitymistä ehkäisevä vaikutus, sillä pellolta valuvan veden typpipitoisuus on korkea verrattuna läheisen merialueen veden typpipitoisuuteen.

4

Täsmäviljely

Täsmäviljely perustuu tilan olosuhteista kerätyyn tarkkaan paikkatietoon, jonka perusteella säädetään tuotantopanosten käyttöä siten, että käyttö vastaa tarkasti maaperän ja kasvustojen tarpeita. Säädetäviä tuotantopanoksia voivat olla kaikki kasvien kasvuun ja pellon kasvukuntoon vaikuttavat panokset kuten kemialliset ja orgaaniset lannoitteet, kasvinsuojeluaineet, kasvunsäätteet sekä paikallisesti säädetty muokkaus ja vesitalous. Tarkasti tarpeen mukaan annetut panosmäärät ja oikein valitut panokset säästävät ympäristöä, alentavat panosten käyttöä ja nostavat panosyksikköä kohti laskettua tuotantomäärää. Täsmäviljelyjärjestelmän tulee olla resoluutioltaan vähintään sellainen, että 5 x 5 metrin alueet voidaan tarvittaessa säätää erikseen (Haapala 2002).

Täsmäviljely ei ole saavuttanut Suomessa vielä kovin suurta suosiota. Suurimpana esteenä viljelijät pitävät liian suurien taloudellisten kustannuksien saataviin hyötyihin nähden. Täsmäviljelyn tulevaisuuteen viljelijät suhtautuvat kuitenkin optimistisesti. Tulevaisuuden uskotaan lisäävän tietämystä täsmätiedon hyödyntämisestä, alentavan kustannuksia ja tuovan helpotusta laitteistojen yhteensopivuusongelmiin. Viljelijät toivovat varovasti lisäksi maataloustuotteille järkevämpää hintakehitystä sekä ympäristöhoidon tukemista (Pesonen 2002).

Suomessa täsmäviljelyä on kokeiltu käytännön tiloilla viljanviljelyssä. Esimerkiksi Gårdskullan kartanossa on täsmäviljelyn käyttöönotossa kymmenvuotissuunnitelma, jonka toteutuksessa ollaan tällä hetkellä puolivälissä. Tilalla täsmäviljelyn käyttöönotto etenee neljässä vaiheessa. Ensiksi kartoitetaan lohkon sisäinen satovaihtelu. Seuraavaksi etsitään vaihtelun syyt ja pyritään korjaamaan satoa rajoittavat tekijät. Viimeisessä vaiheessa otetaan käyttöön GPS-tekniikkaan perustuva tuotantopanosten tarkennettu käyttö. Täsmäviljelyn käyttöönoton odotetaan vähentävän pestisidien käyttöä 30–50 % sekä typpi- ja fosforilannoitusta 10–30 % satotason noustessa samanaikaisesti 10–30 % (Rehnberg 2002). Täsmäviljelylaitteistoa on leviämässä pikkuhiljaa myös urakoitsijoiden käyttöön. Suomen ensimmäinen täsmäkalkituslaitteisto valmistui alkutalvesta 2002 (Kanerva 2002).

4.1 Sokerijuurikkaan täsmälannoitus

Hankkeen puitteissa keskityttiin sokerijuurikkaan täsmälannoitukseen, joka on eräs täsmäviljelyn osa-alueista. Hanke osallistui Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen organisoimiin täsmälannoituskokeisiin kahdella tilalla, joista toinen sijaitsi Lokalahdella ja toinen Perniössä. Näillä kokeilla pyrittiin selvittämään paikkakohtaisen lannoituksen vaikutusta sokerijuurikkaanviljelyn kannattavuuteen ja ympäristön tilaan.

Kokeet käynnistettiin kesällä 2000, jolloin lohkot kartoitettiin. Työ aloitettiin lohkojen ilmakuvauksella. Tämän jälkeen lohkoilta otettiin viljavuusnäytteet, joiden paikat määritettiin GPS-paikannuksella. Samalla myös kasvuston tila arvioitiin silmämääräisesti. Juurikkaan noston alkaessa juurikkaita nostettiin käsin koe-punnitukseen viljavuusnäytteiden ottopisteistä. Punnitustuloksia verrattiin ilma-

kuviin, jolloin saatiin piirrettyä satokartta koko lohkosta. Kerättyä tietoa hyödynnettiin sitten seuraavina vuosina suunniteltaessa sokerijuurikkaan lannoitusta kyseisille lohkoille.

Varsinaiset kokeet tehtiin vuosina 2001 ja 2002. Kummallakin tilalla oli mukana kaksi koejäsentä maalajiltaan hiuesavea olevilla lohkoilla: lohko- ja paikkakohtainen lannoitus. Perniössä oli mukana kolme kerrannetta, joissa kussakin oli 24 riviä leveät kaistat juurikasta molemmilla lannoitustavoilla lannoitettuna. Lokalahdella lannoituskaistan leveys oli 36 riviä, ja kerranteita oli neljä. Paikkakohtaisessa lannoituksessa suunniteltiin lannoitus erikseen jokaiselle 5 x 5 metrin ruudulle. Lohko- ja paikkakohtaisessa lannoituksessa koko kaista sai saman lannoituksen. Lannoituksen suunnittelussa otettiin huomioon myös niin sanottu kasvukuntokorjaus, jossa maan kasvukunto arvioidaan aiempien satojen perusteella. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että mitä paremmassa kunnossa maan rakenne ja kalkitustila on sitä vähemmän tarvitaan väkilannoitteita. Käytetty lannoitus on esitetty taulukossa 4. Kylvöön käytettiin 7-rivistä kylvölannoitinta, jossa oli kaksi lannoitesäiliötä. Kylvöpäivät olivat 4.5.2001 ja 19.4.2002 (Perniö) sekä 16.5.2001 ja 9.5.2002 (Lokalahti). Heinäkuun alussa arvioitiin kasvuston peittävyys silmävaraisesti. Syksyllä jokainen kaista korjattiin ja toimitettiin sokeritehtaalle erikseen. Tehaalla sato punnittiin ja siitä tehtiin laatumääritykset. Korjuupäivät olivat 1.10.2001 ja 3.10.2002 (Perniö) sekä 30.10.2001 ja 11.10.2002 (Lokalahti).

Taulukko 4. Sokerijuurikkaan täsmälannoituskokeessa eri lohkoilla käytetty lohko- ja paikkakohtainen lannoitus (kg/ha) vuosina 2001 ja 2002.

Lannoitus kg/ha	Lokalahden tila		Perniön tila	
	Lohko	Paikka	Lohko	Paikka
Juurikkaan NK-lannos	580	450–650	530	450–600
Superfosfaatti	0	0–400	180	0–300

4.2 Kokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu

Perniöläisellä tilalla täsmälannoitusta käytettäessä kului Juurikkaan NK-lannosta keskimäärin 535 kg/ha sekä Superfosfaattia 218 kg/ha. Lokalahdella NK-lannosta kului 551 kg/ha ja Superfosfaattia 159 kg/ha. Täsmälannoitus vähensi typen käyttöä toisella tilalla, mutta lisäsi fosforin käyttöä kummallakin tilalla lohko- ja paikkakohtaiseen lannoitukseen verrattuna. Perniöläisellä tilalla lohko- ja paikkakohtaisesta lannoituksesta 95 % sai fosforilisäyksen, mutta Lokalahdella fosforilannoitusta tarvittiin vajaalla 60 %:lla lohko- ja paikkakohtaisesta lannoituksesta. Fosforin käytön lisääntyminen ei tässä tapauksessa ole ympäristön kannalta huono asia, sillä täsmälannoituksessa fosforia annetaan vain sinne, missä kasvusto sitä todella tarvitsee. Kasvien kannalta mahdollisimman oikeat ravintesuhteet lisäävät kaikkien ravinteiden hyödyntämistä. Täsmälannoitusta käytettäessä pellolle lisättiin typpeä tilasta riippuen keskimäärin 96 tai 99 kg/ha ja fosforia 14 tai 20 kg/ha. Nämä ravinnemäärät ovat edelleen maltillisia verrattuna ympäristötukeen liittyviin peruslannoitustasoihin, jotka sallivat sokerijuurikkaalle käytettävän 120 kg N/ha ja 30 kg P/ha (Maa- ja metsätalousministeriö 2000).

Vuonna 2002 kasvuston peittävyys heinäkuun alussa oli huomattavasti suurempi kuin vuonna 2001. Paikkakohtaisella lannoituksella saavutettiin 5–6 % korkeampi peittävyys kuin lohko- ja paikkakohtaisella lannoituksella, kun molempien vuosien tiedot yhdistetään (taulukko 5).

Taulukko 5. Sokerijuurikkaan sato ja laatu eri lannoitustavoilla sekä kasvuston peittävyys heinäkuun alussa.

Sato ja laatu Peittävyys	Lokalahden tila				Perniön tila			
	Lohko		Paikka		Lohko		Paikka	
	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002
Juurisato tonnia/ha	38,1	37,1	40,0	38,5	39,4	37,9	38,7	38,5
Sokeripitoisuus %	16,11	18,16	16,08	18,25	16,49	21,01	16,37	21,02
Kiteytyvää sokeria kg/ha	5053	5692	5341	5938	5501	7099	5363	7217
Saanto %	82,5	84,5	83,0	84,4	84,6	89,3	84,6	89,1
Peittävyys %	38	85	41	88	28	82	32	85

Tarkasteltaessa molempien vuosien tuloksia yhdessä oli lokalahtelaisella tilalla juurisato 4,4 ja kiteytyvän sokerin määrä 5,0 prosenttia suurempi paikkakohtaista lannoitusta käytettäessä (taulukko 5). Tämä on samaa suuruusluokkaa oleva sadonlisäys kuin on saavutettu siirryttäessä pintalevityksestä sijoituslannoitukseen (Raininko & Erjala 1991). Suurempi kiteytyvän sokerin määrä tulee pitkälti lisääntyneestä juurisadosta, sillä lannoitustavalla ei ollut vaikutusta sokeri- tai saantoprosenttiin. Perniöläisellä tilalla ei sadoissa ollut eroa lannoitusmenetelmien välillä. Saatua tulosta selittää se, että lokalahtelainen lohko oli ominaisuuksiltaan vaihteleva, kun taas Perniössä lohko oli hyvin tasalaatuinen.

Yhtä lisättyä Superfosfaattikiloa kohti saatiin Lokalahdella ensimmäisenä vuonna 12 kg lisää juurikkaita ja toisena vuonna 9 kg. Kun otetaan huomioon lannoituskustannusten muutokset ja käytetään keskimääräistä sadonlisäystä, saatiin paikkakohtaisella lannoituksella lisää juurikastuloa noin 43 euroa hehtaaria kohti. Laskelmassa ei huomioitu juurikkaasta maksettavaan hintaan laadun perusteella tehtäviä muutoksia, koska esimerkiksi sokeripitoisuuden vaihtelu oli selvästi suurempaa vuosien ja tilojen välillä kuin lannoitusmenetelmien välillä. Juurikkaasta 90 % oletettiin olevan niin sanottua A-juurikasta ja loput B-juurikasta.

4.3 Johtopäätökset

Paikkakohtaisella lannoituksella voidaan saada suurempi juurikassato kuin lohkokohtaisella lannoituksella vaihtelevanlaatuaisella lohkokolla, mutta suhteellisen tasalaatuaisella lohkokolla ei paikkakohtaisesta lannoituksesta ollut näiden tulosten valossa hyötyä.

Kyseessä olevassa kokeessa käytettiin fosforin täsmälevitystä. Käytännössä on tilakohtaisesti ratkaistava, onko juuri fosfori se ravinne, mitä tarvitsee säätää vai voisiko se olla esimerkiksi typpi.

Jos tilalle hankitaan kallista täsmäviljelylaitteistoa, tulee sen olla sellainen, että sitä pystytään hyödyntämään kaikissa tuotantohaaroissa, jotta kustannukset tuotettua yksikköä kohti jäisivät mahdollisimman alhaisiksi. Täsmäviljely on erityisesti isojen tilojen mahdollisuus tehdä tehokasta ympäristönhoitotyötä. Uutta ympäristötukiohjelmaa suunniteltaessa tulisikin pohtia, kannattaisiko mahdollisten erityistoimenpiteiden joukkoon lisätä täsmäviljelyä, ja näin kannustaa viljelijöitä esimerkiksi entistä tarkempaan kasviraivinteiden käyttöön.

Suorakylvö

Maan rakennetta säästävät viljelymenetelmät oli yksi Maatalouden ja Saaristomeren yhteiselo -hankkeen kohdealueista. Hankkeen puitteissa keskityttiin suorakylvöön, joka on kylvöä muokkaamattomaan maahan. Niin sanotun suorakylvökoneen käyttö ei tee kylvöstä vielä suorakylvöä, koska kyseisellä konetyypillä voidaan kylvää myös kevyesti muokattuihin tai kynnettyihin maihin.

Viljan alhainen hinta ja suuret viljelyketjun konekustannukset sekä tilakoon kasvu ovat saaneet viljelijät etsimään kustannus- ja työaikasäästöjä vaihtoehdoista viljelymenetelmistä. Yksi menetelmistä on suorakylvö, jonka käyttö on viime vuosina yleistynyt Suomessa. Vuonna 2002 suorakylvettiin Suomessa arviolta vajaa 33 000 hehtaaria (Lätti 2002). Tämä on 2,6 % Suomen viljan-, rypsin- ja rapsinviljelyn kokonaisalasta vuonna 2002.

5.1 Suorakylvöön siirtymisestä sekä etua että haittaa

5.1.1 Työnmenekki ja polttoaineen kulutus

Suomessa tehdyn viljelijäkyselyn perusteella viljelijät pitävät suorakylvöön siirtymisen tärkeimpinä syinä työajansäästöä ja oletettuja kustannussäästöjä (Lätti 2002). Suorakylvöön siirtyminen pienentää muuttuvia työ- ja polttoainekustannuksia sekä kiinteitä konekustannuksia. Suorakylvön työnmenekki on neljäsosa perinteisen muokkaus- ja kylvömenetelmän työnmenekistä, kun ylimääräinen kestorikkakasvien torjuntakerta otetaan huomioon. Polttoaineen kulutus on vain 20 % perinteisen menetelmän kulutuksesta. Uusien suorakylvökoneiden korkea hinta edellyttää kuitenkin vähintään 150 hehtaarin kylvöalaa, jotta kylvökustannus jäisi kohtuulliseksi (Mikkola & Pitkänen 2002). Mikkola (2002 b) on laskenut perinteisen muokkaus- ja kylvöketjun sekä suorakylvön kustannuksia. 80 hehtaarin tilalla kustannukset ovat perinteistä menetelmää käytettäessä noin 142 €/ha ja suorakylvöä käytettäessä noin 86 €/ha, jos kylvöaikaan joudutaan suorittamaan ylimääräinen rikkakasvien glyfosaattikäsittely (1,5 l/ha). Suuremmalla 200 ha tilalla vastaavat kustannukset ovat noin 115 ja 60 €/ha. Suorakylvöön siirtymisestä kertyy säästöä tämän kokoisilla tiloilla näin ollen 56–57 euroa hehtaaria kohden.

Viljelijäkokemusten mukaan hehtaariohtainen työnmenekki vähenee noin kolmesta tunnista tuntiin siirryttäessä perinteisestä kylvöstä suorakylvöön. Polttoaineen kulutuksen viljelijät ovat arvioineet vähenevän perinteisten kylvöketjujen keskimääräisestä 34 litrasta noin 10 litraan hehtaaria kohti suorakylvöön siirryttäessä (Lätti 2002). Danforsin (1988) Ruotsissa tekemässä tutkimuksessa polttoaineen kulutus oli suorakylvössä 20–25 % siitä, mitä se oli perinteisessä systeemissä. Suorakylvön ajantarve oli puolestaan 25 % perinteisen menetelmän vaatimasta ajasta. Saksalaiset ovat esittäneet vastaavasti, että hehtaariohtainen polttoaineen kulutus vähenee 35 litrasta 6 litraan ja työnmenekki 2 tunnista alle puoleen tuntiin (Tebrügge & Düring 1999).

5.1.2 Maan orgaanisen aineen pitoisuus

Suorakylvössä ja muussa kyntämättä viljelyssä maan pintakerroksen orgaanisen aineen sekä orgaanisen hiilen pitoisuus lisääntyy. Maan pinnalle jäävä kasvijäte edistää mikrobiaktiivisuutta, parantaa murujen kestävyyttä sekä suojaaa maan pintaa eroosiolta (Rasmussen 1999, Tebrügge & Düring 1999). Lisääntynyt kasvijätteen määrä maan pintakerroksessa johtaa myös pintamaan korkeampaan vesipitoisuuteen, vähentyneeseen evapotranspiraation sekä alentuneeseen lämpötilaan (Rasmussen 1999).

5.1.3 Vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin

Skandinaavisissa tutkimuksissa on todettu maan tiivistyvän kyntämättä viljelyssä heti muokkauskerroksen alapuolelta. Tiivistyneessä maassa makrohuokosten (halkaisija > 30–60 μm) tilavuus on vähentynyt ja keskikokoisten huokosten (0,2–30 μm) tilavuus lisääntynyt, mutta pienten huokosten (< 0,2 μm) tilavuuteen muokkauksella ei ole ollut juurikaan vaikutusta. Maan lisääntynyt irtotiheys näkyy ilman täyttämien huokosten määrän, ilman diffuusion ja läpäisevyyden vähenemisenä sekä vedenjohtokyvyn pienemisenä (Rasmussen 1999). Penetraatiovastus ei vaihtelee suorakylvetyllä maalla eri syvyyksissä niin paljoa kuin kynnetyllä maalla. Pintamaan (0–10 cm) on todettu tiivistyvän suorakylvöä käytettäessä, kun taas kynnetyillä mailla löytyy kynnössä tiivistynyt maakerros 25–30 cm syvyydestä. Toisaalta aivan pintaosissa (0–3 cm) maa voi olla löyhääkin muokkaamatta viljelyssä maassa pintaan kertyneestä orgaanisesta aineesta johtuen (Tebrügge & Düring 1999).

Børresen (1995) on havainnut, että suorakylvö vähensi maan huokoisuutta merkittävästi verrattuna jyrsinmuokkaukseen tai kyntöön. Muokkauksittelu ei vaikuttanut halkaisijaltaan 0,2–30 μm vesihuokosiin vaan väheneminen tapahtui halkaisijaltaan yli 30 μm makrohuokosissa. Suorakylvö vähensi lisäksi maassa ilman läpäisevyyttä. Suorakylvö lisäsi myös maamurujen (halkaisija 0,6–2 mm) stabiilisuutta kyntöön ja toisinaan myös jyrsinmuokkaukseen verrattuna. Maan pinnalla olevat vettä kestävät murut alentavat maan kuorettumis- ja eroosiotaipumusta sekä edesauttavat veden ja ilman pääsyä maahan (Rasmussen 1999).

5.1.4 Lierot

Siirryttäessä suorakylvöön maan omien prosessien merkitys maan rakenteen ylläpidossa korostuu. Jotta maan rakenne muotoutuisi toimivaksi, on maan tiivistämisen välttäminen oleellista. Suorakylvössä mekaanisesti muokkaamalla tehdyt makrohuokokset korvautuvat pienien halkeamien sekä liero- ja juurikanavien muodostamalla makrohuokosten verkostolla. Etenkin lierokanavat ovat tärkeitä (Alakukku 2002). Maan muokkauksen intensiteetti vaikuttaa lieropopulaatioihin sekä edelleen lierojen aktiivisuuden kautta biohuokosten määrään. Pitkäaikaisissa saksalaisissa kokeissa kevennetyn muokkauksen ja suorakylvön on todettu kasvattavan lieropopulaatioita (Tebrügge & Düring 1999). Myös pohjoismaisten tutkimusten mukaan lierojen määrä yleensä lisääntyy kyntämättä viljelyssä (Rasmussen 1999). Kynnöstä luopuminen johtaa usein syvälle maahan kaivautuvien kastelierojen runsastumiseen jopa niin, että kastelieroit muodostavat valtaosan lieroyhteisön biomassasta (Nuutinen 2000).

Satakunnassa 17 vuotta yhtäjaksoisesti suorakylvetyltä lohkolta on löytynyt tutkimuksissa seitsemän eri lierolajia, kun normaalisti lajeja löytyy viisi. Yksilömäärältään eniten oli onkilieroja. Kastelieroja oli kuitenkin lähes yhtä paljon, ja kokonaismassaltaan ne olivat selkeästi suurin ryhmä. Kaiken kaikkiaan hehtaarilla oli keskimäärin yli miljoona lieroa (Suomala 2002).

Tutkimuksissa on saatu viitteitä siitä, että kastelierojen aktiivisuuden lisääntyminen sänkimuokatussa maassa parantaa maan vedenläpäisykykyä sekä vähentää veden pintavirtailua (Pitkänen & Nuutinen 1998). Lierokäytävistä voi olla myös haittaa, jos pellon pinnalle levitetyt lannoitteet ja torjunta-aineet kulkeutuvat sade- ja sulamisvesien mukana käytäviä myöten nopeasti pohjaveteen (Nuutinen 2000).

5.1.5 Vesistökuormitus

Kyntämättä viljelyssä ravinteita rikastuu maan pintakerrokseen (Rasmussen 1999), mikä heijastuu edelleen muun muassa ravinteiden huuhtoutumiseen. Suomessa ei ole vielä toistaiseksi tehty paljonkaan mittauksia ravinteiden huuhtoutumisesta suorakylvetyiltä pelloilta. Suorakylvetyillä mailla veden pintavirtailu ilmeisesti lisääntyy, koska vesi tunkeutuu paremmin kynnettyyn maahan sisälle. Maan pintakerrokseen rikastuu myös fosforia, koska maata ei käännetä. Tämä voi johtaa edelleen liukoisen fosforin huuhtoutumisen lisääntymiseen pintavalunnan kautta. Lisäksi lierokanavat ja juurikäytävät saattavat johtaa nopeasti vettä pinnalta sala- ojaan, jolloin liukoisen fosforin huuhtoutuminen voi lisääntyä myös tätä kautta. Toisaalta eroosio vähenee, mikä vähentää kiintoainefosforin huuhtoutumista. Typen huuhtoutuminen saattaa vähentyä, mikäli satotasot pysyvät ennallaan, sillä kaasumaiset typen häviöt lisääntyvät ja syksyinen typen mineralisaatio vähenee maan muokkauksesta luovuttaessa (Turtola 2002).

Näitä arvioita tukee Puustisen (2002) Aurajoen valumakentällä tekemistä mittauksista saadut alustavat tulokset. Suorakylvö vähensi eroosiota sekä nitraattitypen huuhtoutumista kyntöön verrattuna. Liukoista fosforia huuhtoutui kuitenkin suorakylvetyltä lohkolta selvästi enemmän kuin kynnettyltä.

Englannissa tehdyssä tutkimuksessa kyntö lisäsi nitraattitypen huuhtoutumista 21–24 % verrattuna suorakylvöön, vaikka keväällä annetun lannoitetyypen häviöt olivat usein suuremmat suorakylvetyltä maalta (Catt 1993).

Tanskassa tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin muokkauksen ja kerääjäkasvien vaikutusta nitraattitypen huuhtoutumiseen karkealla hiekkamaalla ohran viljelyssä. Kerääjäkasvin käyttö vähensi merkittävästi huuhtoutumista vuosina 1987–1992, mutta muokkauksittomalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta, vaikkakin suuntaus oli kohti pienempää huuhtoutumista suorakylvetyltä lohkolta. Myöhään syksyllä tai keväällä kynnettyiltä lohkoilta huuhtoutui vuodessa keskimäärin 67–68 kg NO₃-N/ha, kun suorakylvetyltä alalta huuhtoutuminen oli 56 kg/ha (Møller Hansen & Djurhuus 1997). Aronssonin ym. (1995) kokeessa suorakylvö vähensi typen talviaikaista mineralisaatiota myöhäiseen kyntöön verrattuna vaikka olisi käytetty kerääjäkasviakin. Tästä huolimatta vuotuinen nitraatti- ja kokonaistypen huuhtoutuminen oli suurinta suorakylvetystä koejäsenestä. Yksi selitys tälle voi olla se, että suorakylvössä lannoitetyypen hyväksikäyttöaste jäi monena vuotena alhaiseksi matalasta sadosta johtuen.

Norjalaisessa tutkimuksessa puolestaan havaittiin, että suorakylvössä vuotuinen eroosio oli 16 % ja fosforin huuhtoutuminen pintavalunnassa 19 % siitä, mitä se keskimäärin oli eri tavalla muokatuissa koejäsenissä (Skøien ym. 1995).

5.1.6 Kasvihuonekaasupäästöt

Suorakylvöön siirtymisellä on vaikutusta myös kasvihuonekaasupäästöihin. Hiilidioksidipäästöt vähenevät, koska fossiilisten polttoaineiden kulutus vähenee ja maahan pidättyy entistä enemmän orgaanista hiiltä (Paustian ym. 1998, Smith ym. 2001). Esimerkiksi Reicoskyn (1997) tekemässä tutkimuksessa maasta vapautui kynnön jälkeen 19 päivässä hiiltä hiilidioksidina 134 % siitä hiilestä, mitä maahan jäi edeltävästä viljelykasvista. Sängeltä vapautunut määrä oli 27 % kasvijätteen hiilimäärästä.

Jatkuvassa kyntämättä viljelyssä kasvijätteet jäävät maan pinnalle, mikä johtaa pintamaan orgaanisen aineen määrän lisääntymiseen (Rasmussen 1999, Tebrügge & Düring 1999). Pitkäsen (1988) tekemissä kokeissa kuuden vuoden kyntämättä viljely lisäsi orgaanisen hiilen pitoisuutta maan pintaosissa keskimäärin 0,4 prosenttiyksikköä. Maan orgaanisen hiilen määrä ei kuitenkaan lisääntynyt rajattomasti, vaan hiilen määrä hakeutuu tiettyä tasapainotilaa kohti viljelymenetelmien pysyessä vakiona. Aikaa tähän kuluu ilmasto-oloista riippuen 10–50 vuotta tai jopa enemmän (Batjes 1998).

Suorakylvö lisää yleensä dityppioksidipäästöjä perinteiseen menetelmään verrattuna. Tämä voi vastata jopa puolta hiilidioksidipäästöjen vähenemästä (Smith ym. 2001). Aulakhin ym. (1992) eri tutkimuksista kokoamien tietojen perusteella typen häviöt denitrifikaation kautta ovat suuremmat suorakylvetyiltä pelloilta kuin perinteisesti muokatuilta. Syynä tähän on suorakylvömaiden denitrifioiville mikrobeille suotuisa toimintaympäristö eli pintamaan vähentynyt hapen diffuusio, suurempi kosteus, anaerobiset maa-aggregaatit ja lisääntynyt orgaanisen aineksen määrä.

Suorakylvön vaikutus metaanin hapetukseen on epäselvää (Smith ym. 2001). Ball ym. (1999) havaitsivat kuitenkin tutkimuksessaan, että kyntö vähensi metaanin hapetusta. Suorakylvetyllä maalla metaanin hapetus säilyi samalla tasolla kuin koskemattomalla nurmella, vaikka suorakylvetyin maan pintaosissa kaasujen diffuusio oli heikompaa kuin kynnetyllä maalla. Myös Hütschin (1998) tutkimuksessa metaanin hapetus oli huomattavasti korkeampaa 15 vuotta suorakylväen viljelyssä maassa kuin jatkuvasti kynnetyssä maassa.

5.1.7 Viljelykasvin ja lajikkeen valinta

Keväällä muokkaamaton maa kuivuu ja lämpenee hitaammin kuin muokattu maa. Kun kylvämään päästään tavallista myöhemmin, myös viljan valmistuminen myöhästyy. Tämä saattaa johtaa siihen, että joudutaan viljelemään sadontuottokyvyltään alhaisempia aikaisia lajikkeita (Mikkola & Pitkänen 2002). Lätin (2002) suorittaman viljelijäkyselyn mukaan suorakylvöön siirtyneistä viljelijöistä puolet kylvää myöhemmin kuin perinteisellä menetelmällä. Samaisen kyselyn mukaan puolet suorakylväjistä oli myös lisännyt siemenmäärää keskimäärin 5–10 %.

Alustavien kokeiden mukaan vehnä ja kaura sopivat kaksitahoista ohraa paremmin suorakylvöön. Tällöin suorakylvö ei ehkä ole mallasohraa viljelevän menetelmä. Suorakylvöön liittyy myös sekaviljaongelma eli menetelmä vaikeuttaa siementuotantoa. Piensiemmenten kylvöstä on toistaiseksi hyvin vähän kokemusta Suomessa (Mikkola 2002 a). Syysviljan suorakylvö onnistuu varsin hyvin (Salo 2002).

Myös viljelijät ovat kokeneet kauran sekä syys- ja kevätvehnän viljelyn onnistuvan parhaiten, kun taas ongelmallisimpana pidettiin ohraa. Herneen kylvö on myöskin onnistunut pääosin hyvin. Rypsiä on suorakylvetty vaihtelevalla menestyksellä. Piensiemien lajien kylvön suurimpana ongelmana on ollut saada siemen sopivaan syvyyteen (Lätti 2002).

5.1.8 Rikkakasvit, kasvitaudit ja tuhoeläimet

Maan muokkauksesta luovuttaessa rikkakasvien siemenpankki muotoutuu pellon pintaan, jossa siemenien tuhoutuminen ja itäminen on helpompaa kuin syväällä maassa. Kyntämättä viljelyyn siirryttäessä siemenrikkakasvit saattavat vähentyä, jos kemiallisesta rikkakasvien torjunnasta huolehditaan. Monivuotisten viljelysten ja pientareiden kestorikkakasvit, kuten voikukka, hierakat, rönsyleinikki, pujo, ketohanhikki, piharatamo, nokkonen, siankärsämö, peltopähkämö, rantaminttu, juolavehnä, leskenlehti, peltokorte, pelto-ohdake ja peltovalvatti, saattavat puolestaan runsastua (Jalli & Serenius 2002). Toisaalta muokkauksesta luovuttaessa rikkakasvien juurakot ja juuret eivät leviä muokkausvälineiden mukana (Jalli ym. 2002).

Monilla tiloilla kestorikkakasvit, etenkin juolavehnä, peltovalvatti, pelto-ohdake ja voikukka, ovat lisääntyneet suorakylvöön siirryttäessä (Lätti 2002). Mikkolan ja Pitkäsen (2002) mukaan kestorikkakasvit on torjuttava jopa vuosittain glyfosaattiruiskutuksella, kun tavanomaista muokkausmenetelmää käytettäessä voidaan tulla toimeen jopa kokonaan ilman ruiskutusta. Paikoitellen talvehtiva pelto-saunio (saunakukka) on ollut paha ongelma. Suorakylvetyiltä syysviljamailta pelto-saunio kannattaakin torjua jo syksyllä MCPA-valmisteella (Jalli 2002 a).

Viljojen lehtilaikkutauteja ja tyvitauteja leviää pellon pinnalla olevissa kasvijätteissä. Tautien lisääntyminen on mahdollista, kun maa jätetään muokkaamatta ja kasvijätteet multaamatta. Toisaalta tartunnan saaneiden kasvijätteiden leviäminen pellolla vähenee muokkauksen vähetessä. Muokkaus vaikuttaa välillisesti myös taudinaiheuttajien menestymiseen vaikuttavaan kasvuston pienilmastoon. Heinämäisten rikkakasvien lisääntyminen voi edesauttaa tautien leviämistä, sillä ne voivat toimia viljojen taudinaiheuttajien väli-isäntinä (Jalli & Serenius 2002). Kevennettyä muokkausta käytettäessä on mietittävä viljelykasvien soveltuvuus toistensa esikasveiksi tarkemmin kuin tavanomaisessa muokkauksessa. Samaa kasvilajia ei pitäisi viljellä perättäisinä vuosina samalla lohkolla ainakaan, jos lohkolla on aikaisemmin ollut tautiongelmia. Viljavaltaisessa tuotannossa kaura ja rypsi soveltuvat hyvin vehnän, ohran ja rukiin esikasveiksi. Taudinkestävimpien lajikkeiden suosiminen vähentää osaltaan tartuntavaaraa (Hannukkala 1998). Joillakin suorakylvötiloilla onkin kasvitautien (laikkutaudit) havaittu lisääntyneen suorakylvöön siirtymisen myötä (Lätti 2002).

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) aloitettiin keväällä 2001 koesarja, jossa selvitetään muutoksia kasvintuhoojien määrässä, kun siirrytään suorakylvöön. Ensimmäisenä vuonna kasvitaudit tummensivat sekä ohrien että vehnän tyviä ja juuria, mutta kauran tyvet ja juuret pysyivät terveinä. Suorakylvetyillä ruuduilla oli myös kynnetyjä ruutuja enemmän kauranlehtilaikkua, kun esikasvina oli kaura. Ohrien ja vehnän lehtilaikkutautien tartunta jäi vähäiseksi (Jalli & Serenius 2002). Vuonna 2002 Jokioisten koelohkolla ohrien korsien tyvet olivat terveempiä suorakylvetyillä ruuduilla kuin kynnetyillä. Vehnässä täysin terveiden korsien osuus oli noin 60 % ja kaurassa yli 90 % kylvötavasta riippumatta (Jalli 2002 b)

Norjalaisessa tutkimuksessa on selvitetty kevätiljojen viljelyssä kynnön, kevennetyn muokkauksen ja suorakylvön vaikutusta rikkakasveihin, kasvitauteihin ja tuhoeläimiin. Kynnöstä luopuminen lisäsi yleensä herbisidien käyttötarvetta. Muokkausintensiteetin vähetessä rikkakasvien määrä lisääntyi ja lajivalikoima muuttui, myös esikasvin varisseista siemenistä itävät yksilöt muodostuivat haitallisiksi rikkakasveiksi. Yhä useammat lajit selvisivät myös talven yli, siementuotanto lisääntyi ja siemenpankki maassa kasvoi (Tørresen ym. 1998).

Tørresenin ym. (1998) tutkimuksessa lehtilaikkutaudit lisääntyivät ohran ja kauran monokulttuurissa, kun muokkausta vähennettiin. Taudit pysyivät kuitenkin hallinnassa käytettäessä sopivaa kasvinvuorotusta. Härmätartunnat olivat laajimmat rehevissä kasvustoissa kynnettyillä ruuduilla. *Fusarium*/mykotoksiinit aiheuttivat hieman enemmän ongelmaa, kun muokkausta vähennettiin.

Suorakylvetyillä ruuduilla esiintyi muita enemmän etanoita. Hyödyllisistä hyönteisistä toiset vähenivät ja toiset lisääntyivät kevennettäessä muokkausta. Esimerkiksi maakiitäjäisten määrä lisääntyi yleensä muokkausta vähennettäessä (Tørresen ym. 1998).

5.1.9 Muita hyöty- ja haittapuolia

Suorakylvön on oletettu tai toivottu pienentävän satovaihteluita. Tähänastisten koetulosten valossa näyttäisi kuitenkin siltä, että satovaihtelut kasvaisivat (Mikkola 2002 b). Esimerkiksi Viikissä tehdyssä kolmevuotisessa kokeessa saatiin suorakylvetyltä sängeltä kuivina kasvukausina yhtä suuria ohrasatoja kuin syksyllä perusmuokatuiltakin ruuduilta, mutta sateisena kasvukautena sato jäi noin puoleen syysmuokattuihin verrattuna. Kolmen vuoden aikana sääolosuhteista johtuva satovaihtelu oli pienintä syyskynnössä ja suurinta keväällä kylvömuokatulla sängellä sekä suorakylvössä. Toisaalta Vihdissä loivassa rinteessä olleella koekentällä saatiin suorakylvömenetelmällä parempi sato kuin syyskynnöä käyttäen, vaikka alkukesä oli sateinen ja kylmä (Pietilä 1996).

Myös Lounais-Suomen tutkimusasemalla tehdyssä suuressa muokkaus- ja kylvökokeessa (1994–1997, 2000 kevätvehnä; 1998–1999 kaura) suorakylvön vuotuiset satovaihtelut olivat suuret. Kuivana vuonna 1999 satotaso suorakylvössä jäi heikoksi, mutta kosteina vuosina satoa saatiin hyvin. Parhaat sadot saatiin märkinä vuosina 1998 ja 2000 (Salo & Björkbacka 2001).

Suorakylvö olisi erittäin hyvin luomuperiaatteiden mukainen viljelymenetelmä. Suorakylvötekniikkaan kiinteästi kuuluvaa rikkakasvien kemiallista torjuntaa on kuitenkin vaikea korvata muilla keinoilla. Luomutilan viljelykiertoon kuuluvan nurmen lopettaminen muokkaamatta tai ilman kemikaalia on myös mahdollista (Mikkola 2002 a).

Myös ongelmat karjanlannan multauksessa vaikeuttavat menetelmän käyttöönottoa niin luomu- kuin muussakin tuotannossa. Karjanlanta tulisi aina mullata maahan levityksen jälkeen. Kuivalannan kohdalla tämä ei kuitenkaan ole mahdollista suorakylvöä käytettäessä. Kalkki sekoittuu kuitenkin maahan riittävästi kylvön yhteydessä (Mikkola & Pitkänen 2002).

Suorakylvö parantaa monien peltoeläinlajien menestymisedellytyksiä. Pellot ovat sitä parempia elinympäristöjä pellolla talvehtiville ja keväällä pellolle asettuville lajeille mitä vähemmän niitä muokataan syksyllä (Maa- ja metsätalousministeriö 2002).

5.2 Suorakylvökokeiden tulokset ja tulosten tarkastelu

Hanke osallistui vuosina 2000–2002 useisiin suorakylvökokeisiin MTT:n Lounais-Suomen tutkimusasemalla Mietoisissa. Näissä kokeissa tutkittiin muun muassa eri viljalajien soveltumista suorakylvöön, suorakylvetyin kevätvehnän lannoitusta sekä syysvehnän ja kevätrypsin suorakylvöä. Seuraavaksi esitetyt koetulokset perustuvat pääasiassa eri kerranteista laskettujen keskiarvojen tarkasteluun eikä aineistosta ole tehty tilastollisia tarkasteluja. Kokeista on saatavissa vielä lisätieto Lounais-Suomen tutkimusaseman vuosittain julkaisemasta 'Tulosten tarkastelua'-kirjasta.

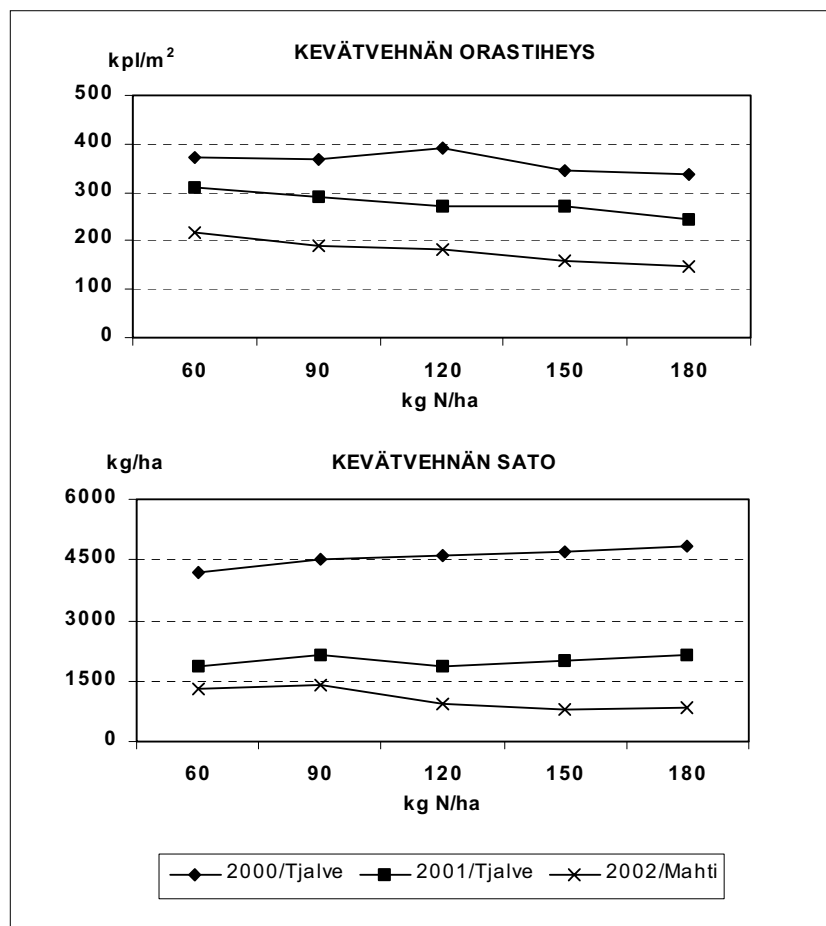
5.2.1 Kevätvehnän suorakylvö ja lannoitus

Nykyisin käytössä olevissa suorakylvökoneissa lannoite sijoitetaan samaan riviin siemenen kanssa. Tällä on epäilty olevan vaikutusta viljojen orastumiseen ja sitä kautta edelleen satoon. Kevätvehnän suorakylvö ja lannoitus -kokeessa tutkittiin kolmena vuonna nousevan lannoitustason vaikutusta suorakylvetyn kevätvehnän kasvuun hietasavimaalla. Hehtaarikohtaista lannoitemäärää (Pellon tyyppi Y, 26-2-3) nostettiin 30 kg:n typpiportain 60 kg:sta 180 kg:aan. Koe oli joka vuosi samalla paikalla. Taulukossa 6 on esitetty perustiedot kokeesta eri vuosina.

Taulukko 6. Koejärjestelyt sekä kylvö-, orastumis- ja korjuupäivät Kevätvehnän suorakylvö ja lannoitus -kokeessa vuosina 2000–2002 MTT/Lounais-Suomen tutkimusasemalla. Koe kylvettiin kunakin vuonna VM-aitosuorakylvökoneella tavoitteena 650 itävää siementä neliömetrille.

Vuosi	2000	2001	2002
Esikasvi	ohra	kevätvehnä	kevätvehnä
Lajike	Tjalve 236 kg/ha	Tjalve 321 kg/ha	Mahti 272 kg/ha
Lannoitus	Pellon tyyppi Y	Pellon tyyppi Y	Pellon tyyppi Y
60 N	231 kg/ha	231 kg/ha	231 kg/ha
90 N	346	346	346
120 N	462	462	462
150 N	577	582	582
180 N	692	700	700
Kasvinsuojelu	5.6. Ratio 50 T	7.5. Roundup 12.6. Ally 20 DF	20.9.01 Roundup 24.4. Roundup 5.6. Ratio 50 T
Kylvöpäivä	29.4.	7.5.	26.4.
Orastumispäivä	13.5.	26.5.	15.5.
Korjuupäivä	12.9.	6.9.	15.8.

Kevätvehnän orastuminen ei kaiken kaikkiaan ollut kovin hyvää, ja lisäksi vuosien välillä oli suurta vaihtelua (kuva 6). Parhaiten vehnä orastui ensimmäisenä vuonna, jolloin orastui keskimäärin 56 % siemenistä. Toisena vuonna orastui 43 % ja viimeisenä vuonna vain 28 % siemenistä. Tässä koesarjassa orastiheyteen vaikuttivat muut tekijät enemmän kuin annettu lannoitemäärä. Ensimmäisenä vuonna kaikilla lannoitustasoilla saavutettiin suurempi orastiheys kuin muina vuosina eri lannoitustasolla. Myös toisen vuoden orastiheydet olivat vastaavasti kolmannen vuoden orastiheyksiä korkeampia.



Kuva 6. Kevätvehnän orastiheydet ja satotaso eri lannoitustasoilla vuosina 2000–2002 (MTT/Lounais-Suomen tutkimusasema).

Sadot olivat myös parhaat, keskimäärin 4 560 kg/ha, ensimmäisenä vuonna, jolloin satotaso myös nousi typpimäärän noustessa (kuva 6). Toisena vuonna keskimääräinen sato jäi alle puoleen tästä, ja kolmantena vuonna satotaso puolittui jälleen.

Sadosta tutkittiin myös laatuominaisuuksia. Koejäsenten valkuaispitoisuus vaihteli välillä 12,8 % ja 17,2 % eri koevuosien aikana. Korkeimmilla lannoitustasoilla pitoisuus oli korkeampi kuin alhaisimmilla tasoilla. Sakoluvuissa oli paljon vuosittaista vaihtelua, ja keskimäärin ne olivat 269, 147 ja 313 vuosina 2000, 2001 ja 2002. Hehtolitrainoon lannoitustasolla ei ollut selkeää vaikutusta. Kun kaikki vuodet ja lannoitustasot yhdistetään, vaihteli hehtolitraino 69 ja 76 kilon välillä. Kaikkien koejäsenten valkuaispitoisuus ylitti interventioon ostettavan vehnän valkuaispitoisuuden vähimmäisrajan (10 %). Sakoluvun kohdalla 220 vähimmäisrajan ylittivät vuosien 2000 ja 2002 sadot, mutta vuonna 2001 kaikkien koejäsenten sakoluku jäi tämän alle. Interventiovarastoon ostossa hehtolitrainon minimivaatimus on 73 kg/hl. Vuonna 2001 kaikki koejäsenet jäivät tämän tason alle, vuonna 2000 kaksi ja vuonna 2002 kolme korkeinta lannoitustasoa ei täyttänyt vaatimusta (Viljateema-sivut 2002).

Björkbacka ym. (2002) ovat laskeneet kahden ensimmäisen vuoden tulosten perusteella taloudellisesti optimaalisinta lannoitustasoa. Näiden laskelmien perusteella katetta typpitason nostolle 60 kg:sta 90 kg:aan jäi vajaa 8 euroa hehtaaria kohti. Tätä korkeammilla typpitasoilla lannoite- ja sadonkäsittelykustannusten nousu söi sadonlisän arvon. Lannoitustasolla 180 kg N/ha katetuotto oli jo lähes 80 euroa pienempi kuin tasolla 90 kg N/ha.

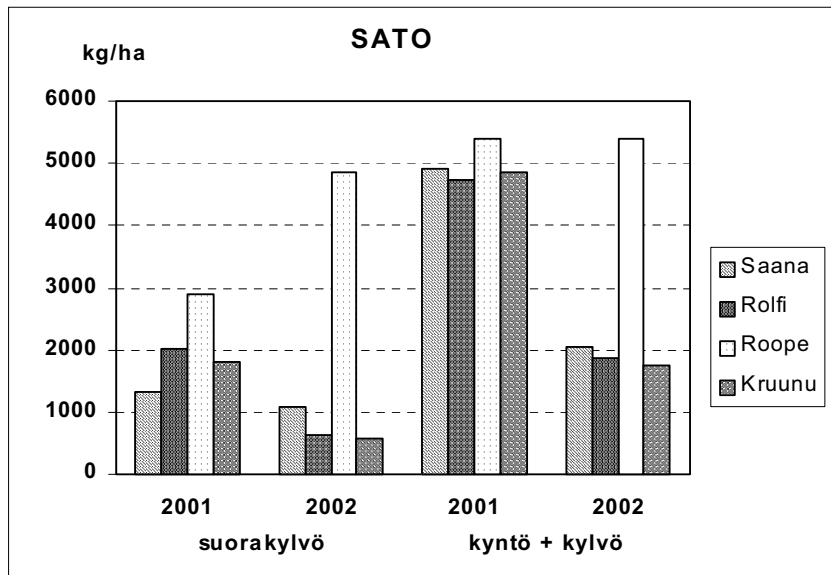
Kemira Agro Oy on myös selvittänyt lannoitteen sijoitusta siemenriviin suorakylvössä. Kesällä 2002 hiuesavimaalla tehdyissä kokeissa lannoitettiin ohraa (100 kg N/ha) ja kevätvehnää (140 kg N/ha) Nurmen Y 2 -lannoitteella siten, että lannoitteesta 100, 75, 50, 25 tai 0 % tuli lannoitevantaiden kautta ja loput siemenvantaiden kautta. Vehnästä tuli suurin sato (6 000 kg/ha), kun koko lannoitemäärä sijoitettiin lannoiteriviin. Lannoitteen asteittainen siirtäminen siemenriviin alensi satoa vain vähän, sillä hehtaarisato oli vielä 5 700 kg, vaikka koko lannoitemäärä annettiin siemenrivissä. Ohralla koko lannoitemäärän sijoittaminen siemenriviin ei alentanut satoa (5 500 kg/ha), ja paras sato saatiin, kun lannoite annettiin puoli-ksi kummankin vantaan kautta (Kauppila 2002).

Kauppila (2002) korostaa kuitenkin, että lannoitteiden mahdollisiin haitallisiin vaikutuksiin suorakylvössä vaikuttavat ainakin sääolosuhteet, viljelykasvin arkuus, maalaji ja vantaiden toimintaperiaate. Kokemuksia lannoitteiden sijoittamisesta siemenriviin tuleekin saada lisää, jotta ne olosuhteet, joihin menetelmä soveltuu parhaiten, saadaan selville. Samalla on selvitettävä, milloin lannoite siemenrivissä aiheuttaa riskejä sadolle.

5.2.2 Eri viljalajien soveltuminen suorakylvöön

Eri viljalajit vaikuttavat soveltuvan eri tavoin suorakylvöön. Kasvilajien soveltuminen suorakylvöön -kokeessa tutkittiin, miten kevätvehnä (lajike Kruunu), kaura (Roope), mallasohra (Saana) sekä rehuohra (Rolfi) soveltuvat suorakylvöön hie-tasavimaalla. Verrannekäsittelynä oli perinteinen muokkaus- ja kylvöketju, jossa perusmuokkauksena oli syyskyntö ja kylvömuokkaus tehtiin joustopiikkiäkeellä. Suorakylvöruudut kylvettiin sänkeen 8.5.2001 ja 26.4.2002 sekä perinteiset vähän myöhemmin 9.5.2001 ja 29.4.2002. Kylvöön käytettiin VM-aitosuorakylvökonetta ja Tume-kylvölannoitinta. Ohran ja kauran kylvötiheys oli 500 ja kevätvehnän 650 kpl/m². Lannoitteen mukana mallasohra sai tyyppiä 90, rehuohra 100, kaura 110 ja kevätvehnä 120 kg/ha ja fosforia vastaavasti 14–18 kg/ha. Ensimmäisenä vuonna kokeesta torjuttiin rikkakasvit, mutta toisena vuonna lisäksi tauteja ja tuholaisia. Sadonkorjuu tapahtui 22.8.2001 ja 19.8.2002.

Keskimäärin parhaimmat sadot saatiin ensimmäisenä vuonna perinteistä menetelmää käyttäen. Tällöin sadot vaihtelivat 5 000 kg/ha molemmin puolin (kuva 7). Toisena vuonna kaurasta saatiin täsmälleen sama sato kuin vuotta aiemminkin, mutta muiden viljojen sadot jäivät 2 000 kg/ha tuntumaan. Suorakylvöä käyttäen sadot olivat vuonna 2001 selkeästi pienempiä (satoero 2 500–3 590 kg/ha) kuin perinteistä menetelmää käytettäessä. Vuonna 2002 ohrien ja vehnän sadot laskivat vuoteen 2001 verrattuna, mutta kauran sato nousi selkeästi jääden vain 550 kg/ha perinteisellä menetelmällä saatua kaurasatoa heikommaksi. Kaura tuottikin kumpanakin vuotena parhaan sadon kylvömenetelmästä riippumatta.



Kuva 7. Eri viljalajien sadot vuosina 2001 ja 2002. Kylvö tapahtui joko suoraan sänkeen tai muokattuun maahan (MTT/Lounais-Suomen tutkimusasema).

Tuleva sato oli jo osittain aavisteltavissa orastiheyksistä. Vuonna 2001 orastiheydet olivat suorakylvössä 38–55 % ja perinteisessä kylvössä 74–84 %. Vastaavasti vuonna 2002 tiheydet olivat suorakylvössä 23–41 %, paitsi kauralla 62 %, ja perinteisessä kylvössä 41–77 %. Suorakylvetyistä viljoista kaura näytti myös silmämääräisesti arvioituna parhaimmalta kesäkuun alussa. Ohrat olivat osittain kellastuneita, ja kevätevehnänkin oraat vaikuttivat heikoilta.

Sadosta tehtiin myös joitakin laatumäärityksiä. Kevätvehnän sakoluku oli kumpanakin vuotena hyvä (243–331) kylvömenetelmästä riippumatta. Hehtolitrapiainot eivät sen sijaan olleet yleensä kovin korkeita (taulukko 7). Hehtolitrapiainot olisivat olleet muutaman kilon korkeampia, jos vastaava vilja olisi kiertänyt normaalisti kuivurissa eikä satoa olisi kuivatettu säikeissä, kuten koeruutusatojen kohdalla tehdään.

Taulukko 7. Eri viljalajien hehtolitrapiainot (kg/hl) vuosina 2001 ja 2002 MTT/Lounais-Suomen tutkimusasemalla tehdyssä kokeessa verrattuna Raisio Yhtymän perushintaisen sekä vähimmäislaatuisten viljan hehtolitrapiainovaatimukseen (Raisio Yhtymä 2002).

Hlp kg/hl	2001		2002		2002 Perushinta / vähimmäislaatu
	Suorakylvö	Perinteinen kylvö	Suorakylvö	Perinteinen kylvö	
Mallasohra Saana	60,7	63,0	64,2	66,9	
Rehuohra Rolfi	62,0	60,8	58,7	63,8	65,0 / 62
Kaura Roope	45,3	51,4	46,9	47,9	55,0 / 52 (rehukaura)
Kevätvehnä Kruunu	74,0	81,5	69,5	75,3	78,0 / 76 (leipävehnä)

Vastaava koe on ollut käynnissä myös Jokioisilla (MTT). Siellä perinteisenä menetelmänä on käytetty jyrskinkylvöä. Suorakylvöllä saadut sadot ovat olleet korkeampia kuin Mietoisissa. Heikoin keskimääräinen sato, runsas 2 100 kg/ha, on saatu mallasohrasta vuonna 2001 ja paras sato, noin 5 300 kg/ha, kaurasta vuonna 2002. Jyrskinkylvöllä saadut hehtaarisadot ovat vaihdelleet vajaasta 3 700 kilosta yli 6 200 kiloon. Vuoden 2001 tuloksiin vaikutti omalta osaltaan liian aikainen suorakylvön ajankohta (Känkänen 2002).

5.2.3 Syysmuokkauksen vaikutus kevätvehnän satoon

Kevätvehnän sadontuottoa tutkittiin vuonna 2002 kokeessa, jossa maa oli edellisellä syksynä kynnetty, kultivoitu tai jätetty sängelle. Tässä kokeessa ei ollut kysymys suorakylvöstä vaan kevennetystä muokkauksesta, koska keväällä koko lohko pintaäestettiin joustopiikkiäkeellä ja kylvettiin VM-aitosuorakylvökoneella 29.4. Mahti-kevätvehnälle. Lannoitteena käytettiin Pellon tyyppi Y -lannoitetta 462 kg/ha (120 kg N/ha). Kasvustosta torjuttiin rikkakasvit kesäkuun alkupuolella. Sato puitiin 26.8.

Kohtalainen sato (2 930 kg/ha) saatiin vain syksyllä kynnetystä koejäsenestä. Kultivoidulta alalta satoa korjattiin keskimäärin vain 890 kg/ha ja sängellä olleelta alalta 750 kg/ha. Vehnän sakoluku oli kaikissa koejäsenissä hyvä (231–283). Hehtolitraino oli yli 75 kiloa kynnetyssä koejäsenessä, mutta jäi muilla runsaaseen 68 kiloon.

Kokeen I-kerranteesta tutkittiin maan rakennetta lapiodiagnoosilla 5.6.2002. Havainnot tehtiin käyttäen apuna ProAgria Maaseutukeskusten liiton pellon kunnon havaintolomaketta. Menetelmässä tehdään ensin muutama yleishavainto lohkolta, jonka jälkeen arvioidaan maan rakennetta tarkasti 0–25 cm kerroksesta otetusta lapionäytteestä. Syksyllä kynnetyllä ruudulla maan rakenne oli tyydyttävässä kunnossa. Lapiodiagnoosiin kuuluvassa maan pintakerroksesta otettujen murujen liettymiskokeessa murut hajosivat hyvin pitkälle. Syksyllä kultivoidulla ruudulla maan rakenne oli edellistä paremmassa kunnossa, vaikka se luokittelussa osui edelleen luokkaan tyydyttävä. Myös murut kestivät liettymistä jonkin verran paremmin. Rakenteeltaan parhaimmaksi osoittautui syksyllä sängelle jätetty ruutu. Sen rakenne oli tyydyttävän ja hyvän rajalla, ja murut kestivät parhaiten liettymistä. Vertailun vuoksi pientareelta otetut murut kestivät kuitenkin kaikkein parhaiten liettymiskokeessa.

Maan rakennearvion perusteella maan rakenne ei voinut olla syynä huonoihin satoihin kultivoidulta ja sängelle jätetyltä maalta. Kesäkuun alussa syyskynnetyt ruudut näyttivät silmämääräisesti tarkasteltuna parhaimmilta jokaisessa kerranteessa. Heinäkuun lopussa kynnetyt ruudut olivat edelleen parhaita silmämääräisesti tarkasteltuna. Kevennetysti muokatuilla ruuduilla oli erittäin paljon matoraa, peltoemäkkiä ja juolavehneä. Myöhemmin matara haittasikin näiden koejäsenten puintia.

5.2.4. Syysvehnän suorakylvö

Vuonna 2001 hanke osallistui myös syysvehnän suorakylvökokeeseen. Perusmuokkauksena oli kultivointi tai ruutu jätettiin sängelle. Kultivoidut ruudut äestettiin ennen kylvöä. Esikasvina olleen syysvehnän oljet joko poltettiin tai silputtiin. Kylvöön käytettiin VM-aitosuorakylvökoneita ja Kongskilde Juko Multiseediä. Koe kylvettiin 6.9.2000 ja sato korjattiin 24.8.2001. Syysvehnän syyslannoitukseen käytettiin Pellon Y 7 -lannoitetta 200 kg/ha ja kevätlannoitukseen Suomensalpietaria 460 kg/ha. Typpilannoitusta vehnä sai kaiken kaikkiaan 146 kg/ha.

Sänkeen tehty kylvö tuotti keskimäärin paremman sadon (4 160 kg/ha) kuin kultivoituun maahan tehty kylvö (2 640 kg/ha), kun oljet oli joko silputtu tai poltettu. Olkien silppuamiseen verrattuna olkien polttaminen pienensi satoa sänkeen tehdyissä kylvöissä. VM:n koneella kylvetyissä ruuduissa aleneminen oli yli 1 200 kg/ha, mutta Jukolla tehdyissä vain puolet tästä. Kultivoidulla alustalla olkien poltto puolestaan nosti hieman satoa (80–150 kg/ha). Koneiden välillä ei ollut sadoissa eroa, kun kaikki käsittelyt yhdistetään.

5.2.5 Kevätrypsin suorakylvö

Kevätrypsin kylvömuokkausta tutkittiin vuonna 2001. Syksyisenä perusmuokkauksena oli kyntö, kyntö + tasaus, kultivointi + tasaus tai maa jätettiin sängelle. Tasaus tehtiin helmikuussa, jolloin maassa oli routaa noin 30 cm, mutta pinta oli sulanut. Keväällä syksyllä muokatut alueet tasattiin, äestettiin sekä kylvettiin (10.5.) normaalisti. Syksyllä sängelle jätetyt kylvettiin 8.5. suoraan tai jyrinnän jälkeen VM-aitosuorakylvökoneella. Siemenmäärä oli 9 kg/ha, ja lannoitteessa maahan tuli typpeä 122 kg/ha (Pellon tyyppi Y 468 kg/ha).

Kulta-rypsin 6.9. korjatut sadot jäivät kaikilla menetelmillä vaatimattomiksi. Paras sato saatiin syksyllä kynnytyistä koejäsenistä 810–820 kg/ha. Syksyinen kultivointi tuotti satoa 720 kg/ha. Suoraan sänkeen tehty kylvö tuotti satoa vain 350 kg/ha eikä jyrintäkään parantanut tilannetta paljon hehtaarisadon jäädessä 530 kiloon. Sadosta oli rypsiä 80–95 % käsittelystä riippuen ja loput rikkakasvien siemeniä. Parhaat puhtaat sadot saatiin kynnytyistä ja kultivoidusta koejäsenistä (650–705 kg/ha) ja heikoin suorakylvetystä koejäsenestä (310 kg/ha).

Vuonna 2002 hanke osallistui kokeeseen, jossa verrattiin kevätrypsin suorakylvöä syysvehnän sänkeen VM-aitosuorakylvökoneella ja perinteistä muokkausta ja kylvölannoitusta (kyntö, tasaus, äestys, kylvö). Valo-kevätrypsin siemenmäärä oli 11 kg/ha. Muina koetekijöinä olivat suorakylvö käyttäen korotettuja siemenmääriä (16,5 ja 22 kg/ha) sekä lisävertailukohteena suorakylvö ilman lannoitusta. Suorakylvö tehtiin 9.5., ja perinteisesti muokattu koejäsen kylvettiin 10.5. kylvölannoittimella. Typpilannoitus oli 120 kg/ha (Pellon tyyppi Y 462 kg/ha). Ennen kylvöä koealue ruiskutettiin Roundupilla, ja rypsikasvustosta torjuttiin tuhohyönteiset. Sadot korjattiin 28.8.

Lannoitetuilta ruuduilta saatiin kohtalaiset rypsisadot, jotka vastaavat vuoden 2002 rypsin keskisatoa (1 530 kg/ha) Varsinais-Suomessa (TIKE 2002). Paras sato saatiin perinteisesti kylvetyltä alalta (1 770 kg/ha). Suorakylvetyillä aloilla sato kasvoi kylvössä käytetyn siemenmäärän noustessa: 1 350–1 540–1 730 kg/ha. Lannoittamattomalla alalla sato jäi hyvin pieneksi (400 kg/ha). Sadot noudattelivat taimivaiheessa tehtyä silmämääräistä arviointia. Kesäkuun alussa parhaimmilla näyttivät joka kerranteessa normaalisti kylvetyt sekä suurimmalla siemenmäärällä suorakylvetyt ruudut.

5.3 Johtopäätökset

Epäonnistumiset kokeissa osoittavat, että suorakylvö on vaativa kylvötapa, jossa sekä kylvötekniikan että ajoituksen on oltava kunnossa. Perinteinen menetelmä vaikuttaa antavan hieman paremmin anteeksi pienet kylvövirheet.

Huono orastuminen johtaa myöhemmin kasvukaudella siihen, että harvassa kasvustossa viljelykasvit eivät pysty kunnolla kilpailemaan rikkakasvien kanssa herbisidien käytöstä huolimatta. Runsas rikkakasvikasvusto verottaa sitten edelleen omalta osaltaan satoa. Onnistuttaessa suorakylvöllä voidaan kuitenkin saavuttaa samansuuruisia satoja kuin perinteiselläkin menetelmällä.

Suomessa suorakylvökokeita on pääasiassa tehty lohkoilla, joissa suorakylvöä on käytetty korkeintaan vasta muutaman vuoden ajan. Esitetyt tulokset kuvaavatkin lähinnä siirtymävaiheen tilannetta, jossa perinteiset menetelmät korvataan suorakylvöllä. Tutkimuksia tulisikin pyrkiä tekemään myös useita vuosia suorakylvöä käyttäneiden viljelijöiden pelloilla, jotta nopeutettaisiin tulosten saantia tilanteissa, jossa maa on jo sopeutunut suorakylvöön.

Kirjallisuus

- Alakukku, L. 2002. Maan rakenteen ylläpito yksikkökoon kasvaessa. Teoksessa: Heikkilä, K. & Salo, R. (toim.). Suurenevien tilojen haasteet. Ylistaro, 7.–8.8.2002. Maa- ja elintarviketalous 7. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 90–99.
- Aronsson, H., Lindén, B. & Gustafson, A. 1995. Influence of ryegrass as a catch crop and soil tillage on nitrogen mineralization and leaching. Teoksessa: Lindén, B. (toim.). The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion. Proceedings of NJF seminar no. 245. Knivsta, Sweden, 3–4 October 1994. NJF-utredning/rapport 99. s. 200–205.
- Aulakh, M.S., Doran, J.W. & Mosier, A.R. 1992. Soil denitrification – Significance, measurement, and effects of management. *Advances in Soil Science* 18: 1–57.
- Ball, B.C., Scott, A. & Parker, J.P. 1999. Field N₂O, CO₂ and CH₄ fluxes in relation to tillage, compaction and soil quality in Scotland. *Soil & Tillage Research* 53: 29–39.
- Batjes, N.H. 1998. Mitigation of atmospheric CO₂ concentrations by increased carbon sequestration in the soil. *Biology and Fertility of Soils* 27: 230–235.
- Björkbacka, R., Laine, A. & Salo, Y. 2002. Aitosuorakylvötekniikka ja typpilannoitus. Tulosten tarkastelua Mietoinen 31.1.2002. Mietoinen: MTT, Lounais-Suomen tutkimusasema. s. 62–64.
- Boberg, I. 1997. Kerääjäkasvilajien käytön vertailu. AMK-opinnäytetyö. Lepaa: Hämeen ammattikorkeakoulu. 42 s. + liitteet.
- Brandsæter, L.O. 1995. Catch crops as a possible tool in the management of weeds in row crops. Teoksessa: Lindén, B. (toim.). The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion. Proceedings of NJF seminar no. 245. Knivsta, Sweden, 3–4 October 1994. NJF-utredning/rapport 99. s. 62–66.
- Børresen, T. 1995. Ryegrass and white clover undersown in small grains at three nitrogen levels and four tillage treatments: after-effects on grain yields and soil structure. Teoksessa: Lindén, B. (toim.). The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion. Proceedings of NJF seminar no. 245. Knivsta, Sweden, 3–4 October 1994. NJF-utredning/rapport 99. s. 148–158.
- Catt, J.A. 1993. Results of Rothamsted experiments on soil tillage, erosion and leaching of nutrients and pesticides. Teoksessa: Elonen, P. & Pitkänen, J. (toim.). Soil tillage and environment. Proceedings of NJF-seminar no. 228. Jokioinen, Finland, 8–10 June 1993. NJF-utredning/rapport 88. s. 6–28.
- Danfors, B. 1988. Orienterande undersökning över bränsleförbrukning och avverkning vid olika jordbearbetningssystem för såbäddsberedning. Teoksessa: Hansen, L. & Rasmussen, K.J. (toim.). Reduceret jordbearbejdning. Rapport från NJF-seminarium i Horsens, Danmark, 9–11 februari 1988. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen 77. Uppsala: Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för markvetenskap. s. 174–187.
- Haapala, H. 2002. Täsmäviljelyn määritelmä ja kriteerit. <http://www.aumanet.fi/tasmaviljely> (tulostettu 7.10.2002).
- Hannukkala, A. 1998. Kevennetyn muokkauksen vaikutus kasvitauteihin. Teoksessa: Kasvinsuojelun teemapäivä. Jokioinen 20.1.1998. Jokioinen: Kasvinsuojeluseura. s. 12–14.
- Hütsch, B.W. 1998. Tillage and land use effects on methane oxidation rates and their vertical profiles in soil. *Biology and Fertility of Soils* 27: 284–292.
- Jalli, H. 2002 a. Syysviljojen kylvö ja kasvinsuojelu. Esitelmä Syysviljojen suorakylvö -tilaisuudessa Mietoisissa 22.8.2002.
- Jalli, H. 2002 b. Onnistunut kasvinsuojelu suorakylvön avaintekijänä. Esitelmä Ympäristöasioistako maatalouden pelastus – kokemuksia suorakylvöstä ja muista uusista menetelmistä -seminaarissa Huittisissa 21.11.2002.
- Jalli, H., Känkänen, H. & Serenius, M. 2002. Suorakylvö ja kasvinsuojelu. Teoksessa: Heikkilä, K. & Salo, R. (toim.). Suurenevien tilojen haasteet. Ylistaro, 7.–8.8.2002. Maa- ja elintarviketalous 7. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 100–103.
- Jalli, H. & Serenius, M. 2002. Kasvinsuojeluongelmat aitosuorakylvössä. Teoksessa: Jalli, H. (toim.). Kasvinsuojelun teemapäivä 2002. Jokioinen 22.1.2002. Jokioinen: Kasvinsuojeluseura. s. 10–13.

- Kanerva, T. 2002. Tuotekehittelijän kokemuksia täsmäkalkituksesta. Esitelmä Missä menet täsmäviljely -seminaarissa Vihdissä 2.10.2002.
- Kauppara, R. 2002. Lannoituksen sijoitus siemenriviin suorakylvössä onnistuu. Maaseudun Tulevaisuus 30.12.2002. s. 2.
- Koivunen, M. 1995. Kerääjäkasveilla typpi talteen. Leipä leveämmäksi 3/95: 29.
- Källander, I. 1993. Luonnonmukainen maanviljely. Koskimies, H. (toim. suom.). Helsinki: Kirjayhtymä. 536 s.
- Känkänen, H. 2001. Maan nitraattityypen määrä loppusyksyllä. Teoksessa: Känkänen, H. (toim.). Viherkesannot ja aluskasvit viljan viljelyssä. Viljelyjärjestelmät-tutkimuksen loppuseminaari, Jokioinen, 7.3.2001. MTT:n julkaisuja. Sarja B 25. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 21–25.
- Känkänen, H. 2002. Henkilökohtainen tiedonanto 20.11.2002.
- Launto-Tiuttu, A. 2001. Maatalouden ja Saaristomeren yhteiselo -kokeiluhanke. Loppuraportti. Turku: MTK-Varsinais-Suomi. 23 s. + liitteet.
- Lemola, R. & Turtola, E. 1998. Kasvipeitteisyys, eroosio ja ravinnekuormitus. Kirjallisuuskatsaus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja B 18. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 28 s. + liitteet.
- Lemola, R. & Turtola, E. 2000. Italian raiheinä aluskasvina vähentää typen huuhtoutumista ohran viljelyssä. Soil science in the service of mankind - extended abstracts of the 1st Finnish soil science conference, Helsinki 21.–22.11.00. Pro Terra 4: 111–113. <http://honeybee.helsinki.fi/sms/> (tulostettu 30.9.2002).
- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2000. Vesinäytteiden tutkimustulokset 28.6.2000.
- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2001. Vesinäytteiden tutkimustulokset 14.8.2001.
- Lätti, M. 2002. Suorakylvöä käytännössä – käyttäjien kokemuksia. Työtehoseuran maataloustiedote 548: 1–8.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2000. Ympäristötukiopas, Maatalouden ympäristötuki v. 2000–2006. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 28 s.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2002. Maatilan luonnonhoito. Opas arkipäivän töihin. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 23 s.
- Mikkola, H. 2002 a. Suorakylvöstä etsitään kustannussäästöjä. Maaseutuyrittäjä 1: 6.
- Mikkola, H. 2002 b. Suorakylvötekniikka ja -kustannukset. Esitelmä Suorakylvö- ja kasvinsuojelupäivässä Lahdessa 4.6.2002.
- Mikkola, H. & Pitkänen, J. 2002. Maan muokkaus. Teoksessa: Maan rakenteen hoito. Tieto tuotamaan 98. Helsinki: ProAgria Maaseutukeskusten Liitto. s. 44–62.
- Møller Hansen, E. & Djurhuus, J. 1997. Nitrate leaching as influenced by soil tillage and catch crop. Soil & Tillage Research 41: 203–219.
- Møller Hansen, E., Djurhuus, J. & Simmelsgaard, S.E. 1995. Effect of catch crops on nitrate leaching. An outline of some field experiments performed by the Danish Institute of Plant and Soil Science. Teoksessa: Lindén, B. (toim.). The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion. Proceedings of NJF seminar no. 245. Knivsta, Sweden, 3–4 October 1994. NJF-utredning/rapport 99. s. 67–78.
- Nuutinen, V. 2000. Läpi harmaan saven – pellon pienet kovakasvot maan rakennetta hoitamaan. Teoksessa: Salo, R. (toim.). Maatalouden tutkimus- ja tuotantopäivät. 20-vuotisjuhla-seminaari. Jokioinen, 26.–27.7.2000. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 79. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 39–46.
- Palva, R., Rankinen, K., Granlund, K., Grönroos, J., Nikander, A. & Rekolainen, S. 2001. Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden toteutuminen ja vaikutukset vesistökuormitukseen vuosina 1995–1999. MYTVAS-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 478. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 83 s. + liitteet. <http://www.ymparisto.fi/palvelut/julkaisu/elektro/sy478/sy478.htm> (tulostettu 4.7.2002).
- Paustian, K., Cole, C.V., Sauerbeck, D. & Sampson, N. 1998. CO₂ mitigation by agriculture: An overview. Climatic Change 40: 135–162.
- Pesonen, L. 2002. Täsmäviljelyn yleistymisen esteet Suomessa. Esitelmä Missä menet täsmäviljely -seminaarissa Vihdissä 2.10.2002.

- Pietilä, S. 1996. Muokkaus- ja kylvölannoitustekniikan kehittäminen. Teoksessa: Pehkonen, A., Pitkänen, J., Turtola, E., Pietilä, S. & Sipilä, I. Ympäristöä säästävä muokkaus- ja kylvölannoitustekniikka. Maatalousteknologian julkaisuja 20. Helsinki: Helsingin yliopisto, maa- ja kotitalousteknologian laitos. s. 44–58.
- Pitkänen, J. 1988. Aurattoman viljelyn vaikutukset maan fysikaalisiin ominaisuuksiin ja maan viljavuuteen. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 21/88. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 62–162.
- Pitkänen, J. & Nuutinen, V. 1998. Earthworm contribution to infiltration and surface runoff after 15 years of different soil management. *Applied Soil Ecology* 9: 411–415.
- Puustinen, M. 1999. Viljelymenetelmien vaikutus pintaeroosioon ja ravinteiden huuhtoutumiseen. Suomen ympäristö 285. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 96 s. + liitteet.
- Puustinen, M. 2002. Valumakenttien kertomaa. Esitelmä Ympäristöasioistako maatalouden pelastus – kokemuksia suorakylvöstä ja muista uusista menetelmistä -seminaarissa Huittisissa 21.11.2002.
- Rahkonen, A. 1997. Typen kerääjäkasvit perunantuotannossa. Teoksessa: Perunantutkimuslaitoksen koetuloksia 1996. Perunantutkimuslaitoksen julkaisu 1/1997. Lammi: Perunantutkimuslaitos. s. 66–70.
- Raininko, K. & Erjala, M. 1991. The effect of method of fertilizer application on sugar beet yield, yield quality and fertilization requirement in Finland. *Journal of Agricultural Science in Finland* 63: 99–114.
- Raisio Yhtymä 2002. Viljan vastaanottovaatimukset. <http://www.raisiogroup.com> (tulostettu 8.11.2002).
- Rasmussen, K.J. 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil & Tillage Research* 53: 3–14.
- Rehnberg, G. 2002. Viljelijän kokemuksia täsmäviljelystä. Esitelmä Missä menet täsmäviljely -seminaarissa Vihdissä 2.10.2002.
- Reicosky, D.C. 1997. Tillage-induced CO₂ emission from soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 49: 273–285.
- Rekolainen, S., Kauppi, L. & Turtola, E. 1992. Maatalous ja vesien tila. Maveron loppuraportti. Luonnonvarajulkaisuja 15. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 61 s.
- Salo, T., Raiskio, S. & Aaltonen, M. 1998. Kaalipellon syysmuokkaus ja kerääjäkasvit. Teoksessa: Suojala, T. & Pessala, R. (toim.). Laatuviannosten hyvät viljelymenetelmät. Tutkimusohjelman loppuraportti. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 43. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. s. 18–24.
- Salo, Y. 2002. Kannattaako pelto edelleen kyntää, kultivoida vai jättää kokonaan muokkaamatta? Tulosten tarkastelua Mietoinen 31.1.2002. Mietoinen: MTT, Lounais-Suomen tutkimusasema. s. 60–61.
- Salo, Y. & Björkbacka, R. 2001. Suorakylvö. Tulosten tarkastelua Mietoinen 31.1.2001. Mietoinen: MTT, Lounais-Suomen tutkimusasema. s. 55–59.
- Silvo, K., Hämäläinen, M.-L., Forsius, K., Jouttijärvi, T., Lapinlampi, T., Santala, E., Kaukoranta, E., Rekolainen, S., Granlund, K., Ekholm, P., Räike, A., Kenttämies, K., Nikander, A., Grönroos, J. & Rönkä, E. 2002. Päästöt vesiin 1990–2000. Vesiensuojelun tavoitteiden väliarviointi. Suomen ympäristökeskuksen moniste 242. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 55 s. + liitteet. <http://www.ymparisto.fi/palvelut/julkaisu/elektro/symon242/symon242.htm> (tulostettu 25.7.2002).
- Skøien, S., Børresen, T., Lundekvam, H. & Uhlen, G. 1995. Effects of plant cover and tillage on soil erosion and phosphorus losses in surface runoff. Teoksessa: Lindén, B. (toim.). The use of catch or cover crops to reduce leaching and erosion. Proceedings of NJF seminar no. 245. Knivsta, Sweden, 3–4 October 1994. NJF-utredning/rapport 99. s. 67–78.
- Smith, P., Goulding, K.W., Smith, K.A., Powlson, D.S., Smith, J.U., Falloon, P. & Coleman, K. 2001. Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 60: 237–252.
- Suomala, E. 2002. Ympäristöystävälliset uudet viljelymenetelmät. Kokeilu- ja esittelyhanke. Loppuraportti 19.4.2000–10.12.2002. Pori: MTK-Satakunta. 49 s.
- Suomela, J. 2001. Saaristomeren tila vuosituhannen vaihteessa. Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste 20/2001. Turku: Lounais-Suomen ympäristökeskus. 50 s. + liitteet.
- Tebrügge, F. & Düring, R.-A. 1999. Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany. *Soil & Tillage Research* 53: 15–28.

- TIKE 2002. Vuoden 2002 satolaskelma. Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, tilastoryhmä. <http://tike.mmm.fi> (tulostettu 19.12.2002).
- Tørresen, K.S., Elen, O., Henriksen, B., Andersen, A. & Skuterud, R. 1998. Reduced tillage and plant protection in spring cereals. Teoksessa: Børresen, T. (toim.). Soil tillage and biology. Proceedings of NJF seminar no. 286. Agricultural University of Norway, Ås, Norway 08.–10.06.1998. NJF-utredning/rapport 124. s. 110.
- Turtola, E. 2002. Henkilökohtainen tiedonanto 6.11.2002.
- Turtola, E. & Lemola, R. 2000. Vesistökuormitus kyntämättä viljelyssä. Loppuraportti tutkimuksesta 'Ympäristötuen kasvipeitteisyysvaatimuksen ympäristövaikutukset syyssänki-muokkauksessa, aurattoman viljelyn suorat ravinnepestöt'. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 22 s. + liitteet.
- Uusitalo, R., Turtola, E., Kauppila, T. & Lilja, T. 2001. Particulate phosphorus and sediment in surface runoff and drainflow from clayey soils. *Journal of Environmental Quality* 30: 589–595.
- Uusitalo, R., Yli-Halla, M. & Turtola, E. 2000. Suspended soil as a source of potentially bioavailable phosphorus in surface runoff waters from clay soils. *Water Research* 34: 2477–2482.
- Viljateema-sivut 2002. Interventiovarastoon ostettavan vehnän, rukiin ja ohran vähimmäislaatuvaatimukset. Maaseudun Tulevaisuus 14.8.2002. s. 14.
- Vos, J. & van der Putten, P.E.L. 1997. Field observations on nitrogen catch crops. I. Potential and actual growth and nitrogen accumulation in relation to sowing date and crop species. *Plant and Soil* 195: 299–309.
- Vos, J. & van der Putten, P.E.L. 2000. Nutrient cycling in a cropping system with potato, spring wheat, sugar beet, oats and nitrogen catch crops. I. Input and offtake of nitrogen, phosphorus and potassium. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 56: 87–97.
- Vos, J. & van der Putten, P.E.L. 2001. Field observations on nitrogen catch crops. III. Transfer of nitrogen to the succeeding main crop. *Plant and Soil* 236: 263–273.
- Vos, J., van der Putten, P.E.L., Muktar Hassan Hussein, van Dam A.M. & Leffelaar, P.A. 1998. Field observations on nitrogen catch crops. II. Root length and root length distribution in relation to species and nitrogen supply. *Plant and Soil* 201: 149–155.
- Vuoristo, H., Kauppila, P., Räike, A., Ekholm, P., Rekolainen, S., Niemi, J., Kiirikki, M. & Pitkänen, H. 2002. Vesien tila 1990–2000. Vesiensuojelun tavoiteohjelman väliarviointi. Suomen ympäristökeskuksen moniste 250. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 64 s.
- Ympäristöministeriö 1998. Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Suomen ympäristö 226. Helsinki, ympäristöministeriö. 82 s.

Lounais-Suomen ympäristökeskuksen moniste.Sarjassa on julkaistu raportteja vuodesta 1995 alkaen.

2002

- 1/2002 **Iiro Ikonen, Antti Lammi ja Eija Hagelberg (toim.)**
Varsinais-Suomen Interreg -projektin pienet perinnemaisemasuunnitelmat. ISBN 952-5288-63-3.
- 2/2002 **Mirja Koskinen**
Lounais-Suomen rannikon tiepengerinventointi. ISBN 952-5288-64-1.
- 3/2002 **Antti Ollula, Anni Karhunen, Kaija Salmela**
Maanviljelysalueiden suojavyöhykkeiden yleissuunnitelma. Saaristomereen laskevat pienet joet. ISBN 952-5288-65-X.
- 4/2002 **Maija Silander**
Halikon Raiviston lehdon kasviston muutokset 70 vuoden aikana. ISBN 952-288-66-8.
- 5/2002 **Antti Haarto, Veli-Matti Mukkala, Seppo Koponen**
Tutkimus Rekijokilaakson hyönteisistä ja hämähäkkieläimistä. ISBN 952-5288-67-6.
- 6/2002 **Rami Lindroos**
Omenajärven linnustoselvitys 2001. ISBN 952-528-68-4.
- 7/2002 **Leena Lehtomaa, Anni Karhunen**
Luonnon monimuotoisuuden yleissuunnitelma. Halikonjokilaakso. ISBN 952-5288-70-6.
- 8/2002 **Juuso Kalliokoski ja Raija Laaksonen**
Pieni yritys suuressa ympäristössä. Teollisten mikroyritysten valmiudet kohdata kestäväen kehityksen haasteita Varsinais-Suomen alueella. ISBN 952-5288-71-4.
- 9/2002 **Kari Karhu**
Saaristomeren pikkuapolloesiintymien kartoitus. Utredning över mnemosynefjärilens förekomst i Skärgårdshavet. ISBN 952-5288-72-2.
- 10/2002 **Arto Kalpa**
Otajärven kasvillisuus kesällä 2001. ISBN 952-5288-73-0.
- 11/2002 **Minna Uusiniitty (toim.)**
Uudenkaupungin Kalannin Kaukjärven nykytila. ISBN 952-5288-74-9.
- 12/2002 **Minna Uusiniitty (toim.)**
Mynämäen - Mietoisten Kivijärven nykytila. ISBN 952-5288-75-7.
- 13/2002 **Minna Uusiniitty (toim.)**
Vehmaan Vihtjärven nykytila. ISBN 952-5288-76-5.

- 14/2002 **Minna Uusiniitty (toim.)**
Uudenkaupungin Hiunjärven nykytila. ISBN 952-5288-77-3.
- 15/2002 **Minna Uusiniitty (toim.)**
Laitilan Lankjärven nykytila. ISBN 952-5288-78-1.
- 16/2002 **Lassi Liippo ja Kirsi Anttila**
Lounais-Suomen alueellinen jätesuunnitelma. Seuranta ja tarkistaminen 2001 - 2001. ISBN 952-5288-79-X.
- 17/2002 **Jukka Reko**
Maanviljelysalueiden suojavyöhykkeiden yleissuunnitelma. Köyliönjärven ja Köyliönjoen valuma-alue. ISBN 952-5288-85-4.

2003

- 1/2003 **Tapio Suominen**
Pengertien vaikutukset veden vaihtuvuuteen - Särkisalon siltahankkeen taustaselvitys. ISBN 952-5288-86-2 (PDF).
<http://www.ymparisto.fi/palvelut/julkaisu/los/sjulkai.htm>
- 2/2003 **Rami Lindroos, Jyrki Matikainen**
Otajärven linnustaselvitys 2002. ISBN 952-5288-87-0.
ISBN 952-5288-88-9 (PDF).
<http://www.ymparisto.fi/palvelut/julkaisu/los/sjulkai.htm>
- 3/2003 **Janne Suomela**
Saaristomeren veden laatu vuonna 2001. ISBN 952-5288-89-7 (PDF).
<http://www.ymparisto.fi/palvelut/julkaisu/los/sjulkai.htm>