

# TEHO-hankkeen raportteja, osa 3

Fosforin kerrostuminen, Liettelevitys sokerijuurikkaalle,  
Lannan levityskokeilut, Separointi, Typen poisto

Anu Lillunen ja Maria Yli-Renko (toim.)



 **TEHO**



TEHO-HANKKEEN JULKAISUJA 6/2011

Tehoa maatalouden vesiensuojeluun

Taitto: Graafinen suunnittelutoimisto Seepia / Mia Grönberg

Painopaikka ja aika: Edita Prima Oy, Helsinki 201

Kannen kuvat: TEHO-hankkeen arkisto

Ylhäällä vasemmalla: Lannan levityskokeilun koeruutujen puintia koepuimurilla (TEHO-hanke)

Ylhäällä oikealla: Separoitua kuivajaetta (Kaisa Riiko)

Alhaalla vasemmalla: Lietteenlevitystä sokerijuurikkaalle (Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus)

Alhaalla oikealla: Vermikuliittikokeilun vesinäytepulloja (Vesa Niemi)

Osan II kirjoittajista Marja Turakainen toimii tutkijana ja Susanna Muurinen johtajana Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksessa.

Osan IV kirjoittaja on maanviljelijä, agrologi ja mmyo.

Osan V kirjoittajista FT Taina Laiho toimii tutkijana ja Vesa Niemi opiskelijana Turun yliopiston Fysiikan ja tähtitieteen laitoksella.

Julkaisu on saatavilla internetistä: [www.ymparisto.fi/teho](http://www.ymparisto.fi/teho)

ISBN 978-952-257-296-7 (nid.)

ISSN 1798-1115 (pain.)

ISBN 978-952-257-297-4 (PDF)

ISSN 1798-1123 (verkkok.)



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





# SISÄLLYS

<b>OSA I</b>	4 - 15
Fosforin kerrostuminen suorakylvölohkoilla ja suojavyöhykkeillä - TEHO-hankkeen seuranta	
Maria Yli-Renko	
<b>OSA II</b>	16 - 23
Lietteenlevitys sokerijuurikkaalle kasvukaudella	
Kimmo Rasa, Marja Turakainen ja Susanna Muurinen	
<b>OSA III</b>	24 - 39
TEHO-hankkeen lannanlevityskokeilut	
Susanna Kaasinen ja Anu Lillunen	
<b>OSA IV</b>	40 - 65
Lietelannan separointikokeilu TEHO-tiloilla	
Sakari Lehtinen	
<b>OSA V</b>	66 - 79
GeoTrap - uusi menetelmä typen poistoon maatalouden jätevesistä ja hyötykäyttöön lannoitteena	
Taina Laiho ja Vesa Niemi	
Kuvailulehti	80
Documentation page	81

# OSA I

## Fosforin kerrostuminen suorakylvölohkoilla ja suojavyöhykkeillä – TEHO-hankkeen seuranta

Maria Yli-Renko

### SISÄLLYS

Johdanto	5
1. Suorakylvö	5
2. Suojavyöhykkeet	6
3. TEHO-hankkeen seuranta	7
3.1. Maanäytteet	8
3.2. Aineiston käsittely	8
4. Tulokset	9
4.1. Suorakylvölohkot	9
4.2. Suojavyöhykkeet	11
5. Tulosten tarkastelua	13
Lähteet	15

## Johdanto

Fosfori on yksi kasvien tarvitsemista pääravinteista, ja sen huuhtoutuminen vesistöihin aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä. Fosforivarannot voidaan jakaa kiintoaineeseen sitoutuneeseen ja sen mukana kulkevaan partikkelifosforiin sekä liukoiseen fosfaattifosforiin. Vesistökuormituksen kannalta näiden kahden fosforityypin ero on olennainen, sillä liukoinen fosfori on välittömästi levillä ja kasveille käyttökelpoista, kun taas partikkelifosforin käyttökelpoisuuteen vaikuttavat monet lähtöaineen ja vastaanottavan vesistön ominaisuudet.

### 1. Suorakylvö

Peltoa muokattaessa (kynnettäessä) muokkauskerroksen ravinnepitoisuudet ja pH tasoittuvat muokkauksen syvyydestä riippuen noin 15 - 25 cm syvyydeltä. Muokkausta kevennettäessä sekoitettavan maakerroksen syvyys pienenee, ja suorakylvöön siirryttäessä sekoitus loppuu kokonaan. Suorakylvössä siemenet ja lannoitteet kylvetään edellisen kasvin sänkeen (kuva 1). Menetelmä on peräisin Yhdysvalloista, jossa siihen siirtymisen merkittävin syy on ollut eroosion estäminen. Syyskylvöön perustuva viljely jättää pellot osaksi vuotta ilman kasvipeitettä, jolloin ne ovat alttiina maa-aineksen huuhtoutumiselle (Särkelä ym. 2010). Suorakylvöön siirtyminen puolestaan vähentää maa-aineksen ja siihen sitoutuneen fosforin kulkeutumista vesistöihin, koska kasvipeite suojaaa maata sadepisaroiden iskuilta ja juuristo estää maa-aineksen kulkeutumisen. Suorakylvö on kuormitusta ennalta ehkäisevä toimenpide, joka kohdistuu koko lohkon alalle sekä pinta- että salaojavaluntaan. Se on tehokas tapa vähentää hienojakoisten maiden eroosiota ja sen mukana vesistöön kulkeutuvan fosforin kuormitusta (mm. Puustinen ym. 2005; 2007). Suorakylvöllä pyritään myös kustannussäästöihin ja maan rakenteen parantamiseen, koska pelloilla tapahtuva ajo vähenee etenkin märkään aikaan. Tämän johdosta tiivistymisongelmien pitäisi lieventyä (Kleemola 2009). Suorakylvössä ongelman muodostaa liukoisen fosforikuormituksen riski, koska lannoitteiden, lannan ja kasvintähteiden sisältämä fosfori kertyy pellon pintaan (Alakukku ym. 2009). Tämä on ongelma etenkin, jos pelloilta tulee paljon pintavaluntaa. Pintavalunnan mukana huuhtoutuvan liukoisen fosforin kuormitus voi olla suurempaa suorakylvö- kuin kyntöpelloilta (Särkelä ym. 2010 a).



Kuva 1. Nurmen paikkauskylvöä suorakylvökoneella Salossa. Kuva: Anni Karhunen

## 2. Suojavyöhykkeet

Suojavyöhykkeiden toiminta perustuu pysyvään, monivuotiseen (pääasiassa heinä-) kasvilisuuteen (kuva 2). Suojavyöhykkeitä ei lannoiteta eikä niillä käytetä torjunta-aineita. Ne perustetaan pellolle ensisijaisesti vesiensuojelun edistämiseksi, mutta niillä on myös myönteinen vaikutus peltoympäristön ja maiseman monimuotoisuuteen. Suojavyöhykkeiden merkitys vesistökuormituksen vähentäjänä perustuu siihen, että osa pellosta jää pysyvästi kasvipeitteiseksi ja vähentää eroosiota, ja siihen, että suojavyöhyke suodattaa osan yläpuoliselta pellolta tulevasta pintavalunnasta. Suojavyöhykkeiden tehokkuuteen vaikuttavat vyöhykkeen leveys, pellon kaltevuus, kasvilajit ja niiden tiheys sekä maalaji. Vyöhyke toimii hyvin, kun pintavalunta jakaantuu tasaisesti koko pellolle. Suojavyöhykkeet eivät yleensä kuitenkaan kykene vähentämään liukoisen fosforin pitoisuutta (Uusi-Kämpä & Jauhiainen 2010), koska suojavyöhykkeitä perustettaessa pellon muokkaus loppuu ja fosforia saattaa kertyä maan pintakerrokseen. Suojavyöhykkeitä onkin hoidettava niittämällä ja keräämällä kasvusto suojavyöhykkeiltä, jotta leville käyttökelpoisen liukoisen fosforin kulkeutumista saadaan vähennettyä (Uusi-Kämpä & Kilpinen 2000). Näin pintamaan fosforipitoisuus pysyy alhaisena, eivätkä liukoisen fosforin päästöt kasva.





Kuva 2. Suojavyöhyke Aurajoen rannalla. Kuva: Eriika Lundström

### 3. TEHO-hankkeen seuranta

TEHO-hankkeessa haluttiin selvittää fosforin kertymistä pintamaahan laajalla alueella. Fosforin rikastumista pintamaahan tarkasteltiin useilla käytännön viljelyksessä olevilla suorakylvölohkoilla ja suojavyöhykkeillä Lounais-Suomessa. Selvityksen aineisto koostui yhteensä 43 suorakylvölohkosta ja 75 suojavyöhykkeestä. Taustatietoina selvitettiin, kuinka kauan lohko oli ollut suorakylvössä tai milloin suojavyöhyke oli perustettu. Lisäksi suojavyöhykkeiltä selvitettiin niiden hoitotapa. Kaikilta lohkoilta ei kuitenkaan saatu tarkkoja taustatietoja. Näytteenotto tehtiin pääsääntöisesti sadonkorjuun jälkeen syksyllä 2009.

## 3.1. Maanäytteet

### Suorakylvölohkot

Suorakylvölohkoilla näytteenotto tehtiin linjanäytteenottona, jossa maanäyte otettiin 20 metrin välein. Yksi näyte koostui kymmenestä osanäytteestä. Linja pyrittiin valitsemaan suorakylvölohkon keskiosista edustavasta kohdasta päisteitä välttämällä. Jokaisen osanäytteen pisteen kohdalta otettiin maanäytteet lapiolla tai lastalla pintakerroksesta (0 - 5 cm) ja tämän alapuolelta (5 - 20 cm) kairalla. Myös muutamalta kevytmuokatulta pellolta otettiin maanäyte.

### Suojavyöhykkeet

Myös suojavyöhykkeillä näytteenotto tehtiin linjanäytteenottona, jossa maanäyte otettiin noin 20 metrin välein. Yksi näyte koostui kymmenestä osanäytteestä. Linja pyrittiin valitsemaan suojavyöhykelohkon keskiosasta (sekä pituus että leveyssuunta). Lisäksi näytteitä otettiin myös pellon puolelta. Tämä pellolla oleva linja sijaitsee noin kymmenen metrin päässä suojavyöhykkeen reunasta. Suojavyöhykkeeltä otettiin jokaisen osanäytteen pisteen kohdalta näytteet 0 - 3 cm ja 3 - 20 cm syvyydeltä. Pintakerros otettiin lastalla ja syvämpi kerros samasta kohdasta kairalla. Pellolla olevalta linjalta otettiin näyte maanäytekuurilla 0 - 20 cm syvyydeltä. Peltolohkoilta maanäytteitä otettiin yhteensä 35 kpl. Useissa tapauksissa peruslohko oli määritelty kokonaan suojavyöhykkeeksi ja näissä tilanteissa maanäyte otettiin ainoastaan 0 - 3 cm ja 3 - 20 cm syvyydeltä. Tällaisia tapauksia oli noin 57 % aineistosta.

## 3.2. Aineiston käsittely

### Suorakylvölohkot ja suojavyöhykkeet

Sekä suorakylvö- että suojavyöhykeaineistosta laskettiin fosforin kerrostumisen selvittämiseksi uusia muuttujia. Uudet muuttujat laskettiin sekä viljavuusfosforille (vastaa viljavuusanalyysin fosforia) että vesiututteiselle fosforille:

- Fosforille laskettiin kerrostumisprosentti kuvaamaan maaperän kerrostumisastetta. Mitä suurempi kerrostumisprosentti on (esim. 200), sitä voimakkaammin maaperä on kerrostunut. Kerrostumisprosentti 100 kuvaa tilannetta, jossa pinta- ja pohjamaan fosforiluku on sama.

- Suhteellinen fosforiluku laskettiin sekä viljavuusfosforille että vesiutteiselle fosforille. Se kertoo fosforipitoisuuden 0 - 20 cm kerroksessa. Suhteellinen fosforiluku saatiin laskemalla pinta- ja pohjamaan fosforipitoisuuksien painotettu keskiarvo:

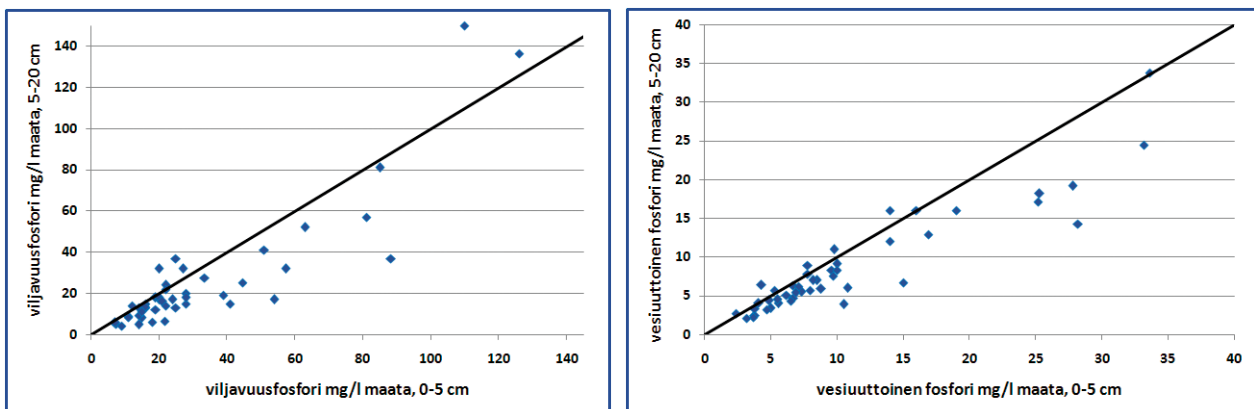
$$(3 * \text{pintamaan fosforiluku} + 17 * \text{pohjamaan fosforiluku}) / 20 = \text{painotettu keskiarvo fosforille 0 - 20 cm maakerroksessa}$$

## 4. Tulokset

### 4.1. Suorakylvölohkot

#### Fosforin kerrostuminen

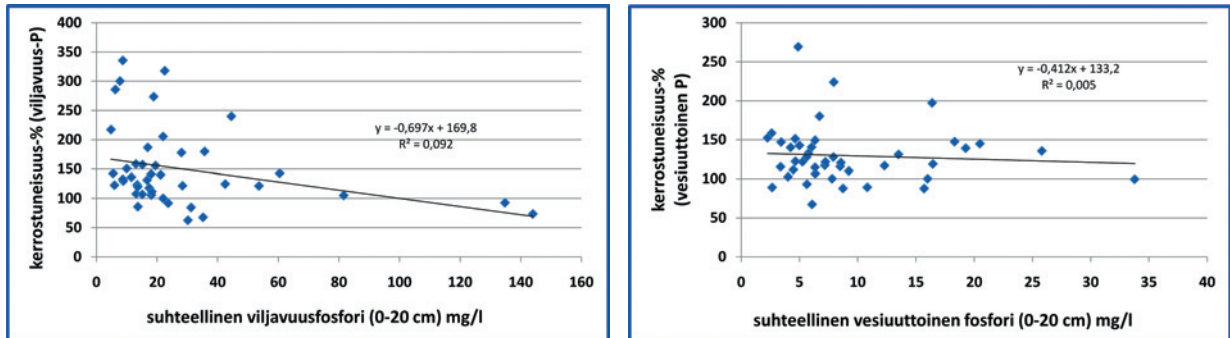
Kuvassa 3 on esitetty tulokset sekä viljavuusfosforille että vesiutteiselle fosforille. Vaaka-akselilla on fosforipitoisuus maan pintakerroksessa ja pystyakselilla fosforipitoisuus syvämmässä kerroksessa. Mikäli piste osuu kuvassa poikittain kulkevalle suoralle, on fosforia yhtä paljon molemmissa kerroksissa. Mikäli piste sijoittuu poikittaisen suoran alapuolelle, on fosforia enemmän maan pintakerroksessa. Mikäli piste on puolestaan poikittaisen suoran yläpuolella, on fosforia enemmän syvämmässä kerroksessa. TEHO-hankkeessa saadut tulokset tukevat aikaisemmissa tutkimuksissa saatuja tuloksia. Niiden mukaan fosforia kertyy suorakylvölohkojen pintakerrokseen.



Kuva 3. Viljavuusfosforin (vasen) ja vesiuttoisen fosforin (oikea) kerrostuminen suorakylvölohkoilla. Suora viiva kuvaa tilannetta, jossa fosforia on yhtä paljon 0 - 5 ja 5 - 20 cm kerroksissa. Viivan alapuolelle sijoittuvat pisteet kertovat tilanteesta, jossa fosforia on enemmän pintakerroksessa (vaaka-akseli) kuin syvämmässä kerroksessa (pystyakseli).

## Suhteellisen fosforiluvun vaikutus fosforin kerrostumiseen

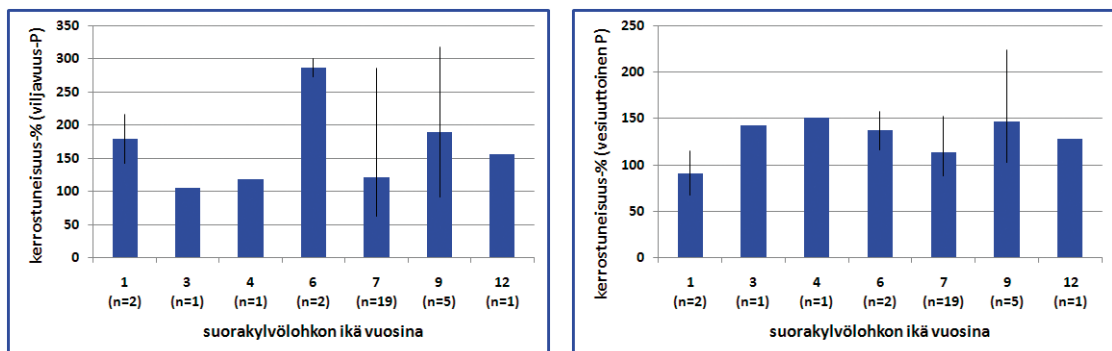
Suhteellinen fosforiluku kuvaa suojavyöhykkeen laskennallista P-lukua 0 - 20 cm maanäytteissä. Analyysin avulla selvitettiin, vaikuttaako suojavyöhykkeen P-luku kerrostuneisuusprosentteihin. Näiden väliltä ei kuitenkaan löydetty yhteyttä (kuva 4).



Kuva 4. Suhteellisen viljavuusfosforin suhde kerrostumisprosenttiin (vasen) ja suhteellisen vesiuttoisen fosforin suhde kerrostumisprosenttiin (oikea) suorakylvölohkoilla.

## Suorakylvölohkon iän vaikutus fosforin kerrostumiseen

Suorakylvölohkoilla lohkon iän vaikutusta fosforin kerrostumiseen ei voitu määrittellä tilastollisin analyysein, koska toistot eri-ikäisiltä lohkoilta eivät riittäneet analyysin tekoon. Suurimmassa osassa aineistoa näytteitä oli otettu vain yksi tai kaksi kappaletta tietyn ikäiseltä suorakylvölohkolta. Kuvassa 5 on kuitenkin esitetty kerrostumisprosenttien keskiarvot sekä maksimi- ja minimiarvot (mustat pystyviivat) viljavuusfosforille sekä vesiuttoiselle fosforille. Kuvasta voidaan havaita, ettei tässä aineistossa ole havaittavissa mitään trendiä, jonka mukaan viljavuusfosforin tai vesiuttoisen fosforin kerrostuneisuusprosentti kasvaisi suorakylvölohkon iän kasvaessa. Toistojen vähyyden vuoksi eri-ikäisillä suorakylvölohkoilla vaikuttaa kuitenkin tuloksiin, ja sattuman vaikutus korostuu.

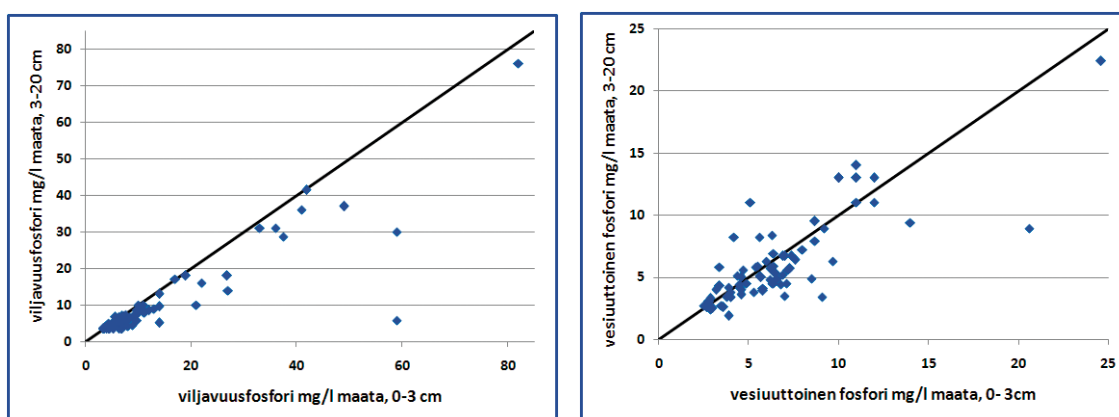


Kuva 5. Suorakylvölohkon iän vaikutus viljavuusfosforin kerrostuneisuusprosenttiin (vasen) ja vesiuttoisen fosforin kerrostuneisuusprosenttiin (oikea). n = suorakylvölohkojen lukumäärä

## 4.2. Suojavyöhykkeet

### Fosforin kerrostuminen

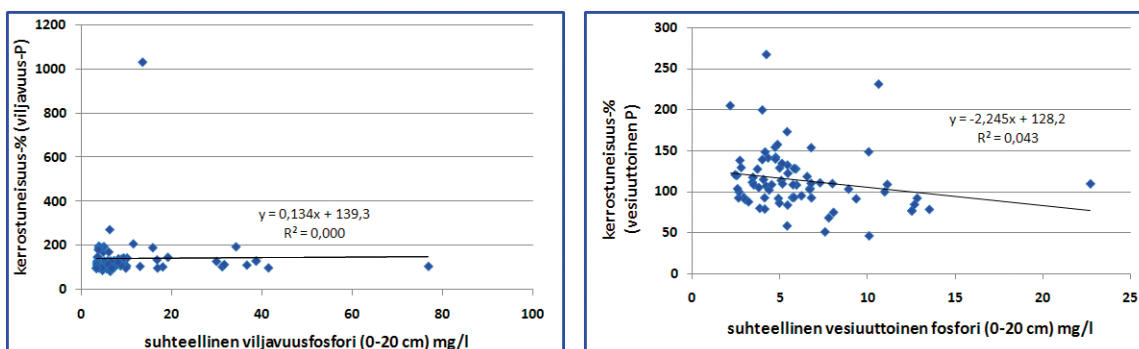
Suojavyöhykkeiltä saadut tulokset on esitetty kuvassa 6. Kuvia tulkitaan samalla tavoin kuin suorakylvölohkoilta saatuja tuloksia. Tulokset osoittavat, että fosforia kertyy suojavyöhykkeiden pintakerrokseen, joskin vesiuttoisen fosforin kerrostuminen ei ole yhtä selvää kuin viljavuusfosforin.



Kuva 6. Viljavuusfosforin (vasen) ja vesiuttoisenliukoinen fosforin (oikea) kerrostuminen suojavyöhykkeillä. Suora viiva kuvaa tilannetta, jossa fosforia on yhtä paljon 0 - 3 ja 3 - 20 cm kerroksissa. Viivan alapuolelle sijoittuvat pisteet kertovat tilanteesta, jossa fosforia on enemmän pintakerroksessa (vaaka-akseli) kuin syvämmässä kerroksessa (pystyakseli).

### Suhteellisen fosforiluvun vaikutus fosforin kerrostumiseen

Suhteellinen fosforiluku kuvaa suojavyöhykkeen laskennallista P-lukua 0 - 20 cm maanäytteissä. Analyysin avulla haluttiin selvittää vaikuttaako suojavyöhykkeen P-luku kerrostuneisuusprosentteihin. Näiden väliltä ei kuitenkaan löydetty yhteyttä (kuva 7).

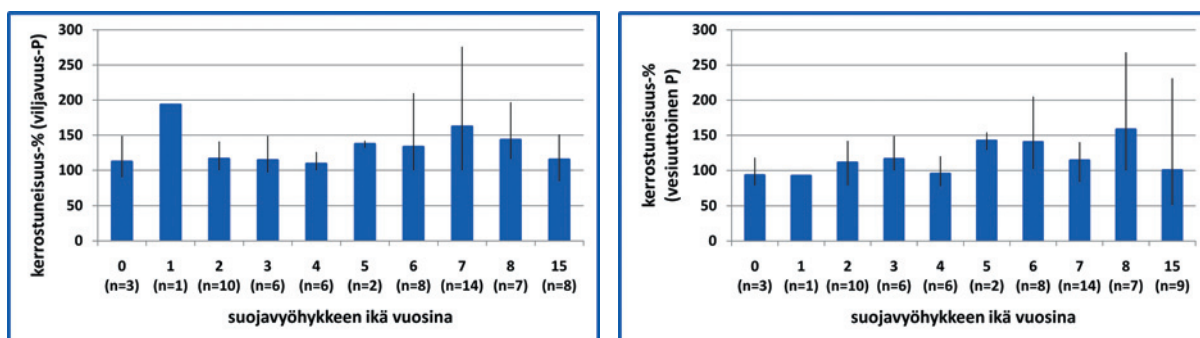


Kuva 7. Suhteellisen viljavuusfosforin suhde kerrostuneisuusprosenttiin (vasen) ja suhteellisen liukaisen fosforin suhde kerrostuneisuusprosenttiin (oikea) suojavyöhykkeillä.

## Suojavyöhykkeen iän ja hoitotavan vaikutus fosforin kerrostumiseen

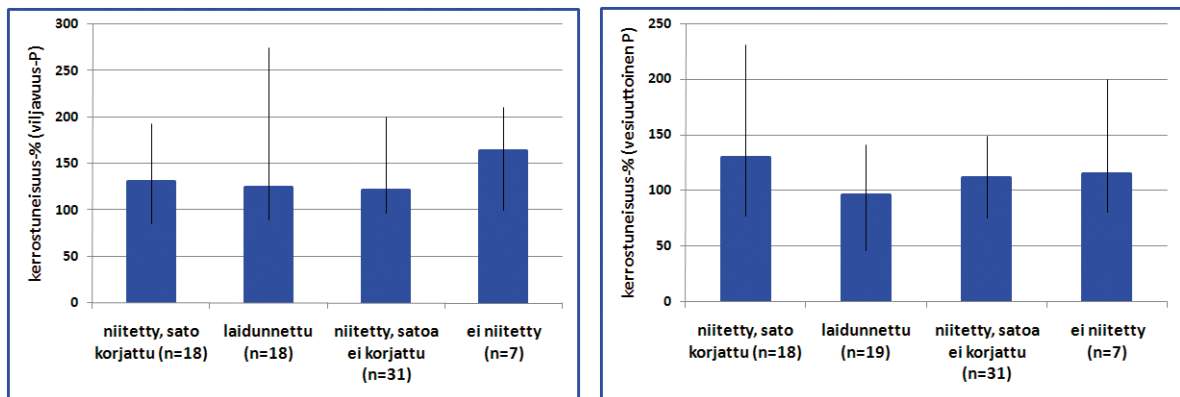
Aineistosta analysoitiin myös iän ja hoitotavan vaikutusta suojavyöhykkeen kerrostumisprosentteihin. Koska kaikista suojavyöhykkeistä ei ollut näitä taustatietoja saatavilla, jouduttiin nämä suojavyöhykkeet jättämään tarkastelun ulkopuolelle (viidestä suojavyöhykkeestä ei ollut saatavilla ikätietoja). Hoitotavan vaikutusta tarkasteltaessa aineisto jaettiin neljään luokkaan, jotka olivat 1) niitetty, sato korjattu 2) laidunnettu 3) niitetty, satoa ei korjattu 4) ei niitetty. Suojavyöhykkeiden hoitosopimus edellyttää suojavyöhykkeiden niittoa ja sadon korjaamista tai alueen laiduntamista. Tämän määritelmän mukaan luokkia 3 ja 4 ei voida pitää erityisympäristötuen mukaisina suojavyöhykkeinä.

Tulosten mukaan iällä ei ollut vaikutusta fosforin kerrostuneisuusprosenttiin (kuva 8). Ei ollut myöskään havaittavissa mitään trendiä, jonka mukaan kerrostuneisuusprosentti kasvaisi suojavyöhykkeen iän kasvaessa. Kuvassa on esitetty kerrostuneisuusprosenttien keskiarvot. Mustat pystyviivat palkit kertovat vaihtelun minimi- ja maksimi-arvon.



Kuva 8. Suojavyöhykkeen iän vaikutus viljavuusfosforin kerrostuneisuusprosenttiin (vasen) ja vesiuttoisen fosforin kerrostuneisuusprosenttiin (oikea). n = suojavyöhykkeiden lukumäärä

Fosforin kerrostuminen oli varsin tasaista eri hoitotapojen välillä (kuva 9). On kuitenkin syytä huomioida näytteiden määrän epätasaisuus, joka todennäköisesti vaikuttaa saatuihin tuloksiin, ja sattuman vaikutus korostuu. Lisäksi seurannassa keskityttiin ainoastaan fosforin kerrostumisen tarkasteluun, eikä esimerkiksi ravinnevalumista tehty mittauksia. Kuvassa on esitetty kerrostuneisuusprosenttien keskiarvot. Mustat pystyviivat kertovat vaihtelun minimi- ja maksimi-arvon.



Kuva 9. Suojavyöhykkeen hoitotavan vaikutus viljavuusfosforin kerrostuneisuusprosenttiin (vasen) ja vesiututtaisen fosforin kerrostuneisuusprosenttiin (oikea). n = suojavyöhykkeiden lukumäärä.

## 5. Tulosten tarkastelua

TEHO-hankkeen seurannan tulokset osoittavat, että fosforia kertyy sekä suojavyöhykkeiden että suorakylvölohkojen pintakerrokseen. Aineistosta ei kuitenkaan löytynyt mitään yksittäistä selittävää tekijää fosforin kerrostumiselle. Tällaiseen seurantaan liittyvän aineiston analysointiin liittyy haasteita, koska taustatekijöissä on paljon vaihtelua lohkojen välillä, eivätkä lohkot näin ollen ole täysin vertailukelpoisia keskenään. Esimerkiksi suorakylvölohkojen lannoitus vaihtelee lohkojen välillä tai laidunnusta tarkasteltaessa saattaa eläinlajilla ja laidunnuksen intensiteetillä olla vaikutusta fosforin kerrostumiseen. Tilakohtaisen neuvonnan välineenä tällainen näytteenotto on toisaalta mielenkiintoinen keino maan ravinneolojen tarkasteluun, ja tämän avulla voidaan pohtia toimenpiteitä, jotka estävät liukaisen fosforin pääsyn vesistöön.

Vaikka yhteistä selittävää tekijää fosforin kerrostumiselle ei tästä aineistosta löytynyt, tukevat tulokset aikaisempia tutkimuksia, ja esimerkiksi suojavyöhykkeen niittoon ja niittojätteen pois korjaamiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. On myös esitetty, että suojavyöhykkeet tulisi uusia aika ajoin, jotta pintamaahan pidättynyt huuhtoutumiselle herkkä fosfori sekoittuisi paremmin (Vesterinen ym. 2007). Tämä kuitenkin tulee arvioida suojavyöhykekohtaisesti, koska uusiminen saattaa lisätä huomattavasti eroosion riskiä ja partikkelifosforin kulkeutumista vesistöön varsinkin kaltevilla suojavyöhykkeillä.

Suorakylvölohkoilla lannoitukseen on kiinnitettävä entistä enemmän huomiota. Fosforin kertymistä pintamaahan voidaan ennaltaehkäistä optimoimalla lannoitus kasvien tarvetta vastaavaksi ja kalkitsemalla pinnasta happamat suorakylvöpellot, koska kalkitus parantaa fosforin käyttökelpoisuutta kasveille. Lisäksi kalkitus vaikuttaa positiivisesti maan rakenteeseen ja pieneliötoimintaan. Maan rakenteesta huolehtiminen on tärkeää, koska mitä tehokkaammin vesi imeytyy maahan, sitä pienemmäksi jää pintavalunta (Muukkonen

ym. 2010). Maan rakenteen parantuminen parantaa myös ravinteiden saatavuutta. Suorakylvön vesiensuojelulliset edut on arvioitava sen perusteella, kuinka paljon sen avulla saadaan pienennettyä eroosiosta aiheutuvaa fosforikuormitusta ja toisaalta kuinka paljon suorakylvö lisää liukoisen fosforin kuormitusriskiä (Särkelä ym. 2010 b).



## Lähteet

Kleemola, J. 2009. Tasapainoinen ja taloudellinen lannoitus: Maanmuokkaus- ja lannoitusmenetelmät ravinteiden saatavuuden kannalta. Teoksessa: Peltonen, J. & Harmoinen T. (toim.) Ravinteet kasvitutannossa. Tieto tuottamaan 127: 62 - 81. ProAgria, MTT.

Muukkonen, P., Hartikainen, H., Alakukku, L. 2010. Liukoinen fosforikuormitus kuriin suorakylvöpellolla. Maataloustieteen Päivät 2010: Maatalouden globaalit haasteet ja maataloustutkimuksen suunta. Helsinki 12. - 13.1.2010.

Puustinen, M., Koskiaho, J., Peltonen, K. 2005. Influence of cultivation methods on suspended solids and phosphorus concentrations in surface runoff on clayey sloped fields in boreal climate. Agriculture, Ecosystems & Environment 105: 565 - 579.

Puustinen M., Tattari, S., Koskiaho, J., Linjama, J. 2007. Influence of seasonal and annual hydrological variations of erosion and phosphorus transport from arable areas in Finland. Soil and Tillage Research 93: 44 - 55.

Särkelä, A., Muukkonen, P., Uusitalo, R., Valkama, P., Lahti, K., Hartikainen, H., Alakukku, L. 2010 a. Suorakylvö on tehokas tapa vähentää peltoviljelyn vesistökuormitusta savimailla. Vesitalous 2/2010: 17 - 21.

Särkelä, A., Muukkonen, P., Valkama, P., Lahti, K. 2010 b. Eroosion torjunta, keskeinen toimenpide maatalouden vesiensuojelussa. Maataloustieteen Päivät 2010: Maatalouden globaalit haasteet ja maataloustutkimuksen suunta. Helsinki 12. - 13.1.2010.

Uusi-Kämpä, J. & Jauhiainen, L. 2010. Long-term monitoring of buffer zone efficiency under different cultivation techniques in boreal conditions. Agriculture, Ecosystems & Environment 137: 75 - 85.

Uusi-Kämpä J. & Kilpinen M. 2000. Suojakaistat ravinnekuormituksen vähentäjänä. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 83. Jokioinen. MTT. 49 s.

Vesterinen, R. 2007. Pellon pinnan liukoisesta fosforista valtaosa lähtee kevättulvien mukana. Maaseudun tulevaisuus, Maaseudun tiede –liite: 64. vuosikerta. Numero 1.

# OSA II

## Lietteenlevitys sokerijuurikkaalle kasvukaudella

Kimmo Rasa, Marja Turakainen ja Susanna Muurinen

### SISÄLLYS

Johdanto	17
1. Materiaali ja menetelmät	18
2. Koetulokset	19
3. Tulosten yhteenveto	21
Lähteet	23

## Johdanto

TEHO-hankkeen ja Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen yhteistyössä toteutetussa lietelannan levitys sokerijuurikkaalle kasvukaudella -kokeilussa yhdistyivät käytännön viljelytyön haasteet ja vesiensuojelun näkökulma.

Lannan levitys sokerijuurikasmaille on ongelmallista aikaisesta kylvöstä ja myöhäisestä sadonkorjuusta johtuen, jolloin mahdollisina kasvukauden ulkopuolisina levitysajankohtina maa on usein märkää ja helposti tiivistyvää. Levittämällä lanta kasvukauden aikana voidaan mahdollisesti vähentää maan tiivistymistä. Samalla vältetään ravinteiden talviaikainen huuhtoutuminen syksyllä levitetystä lannasta. Lisäksi tehostamalla lannan hyödyntämistä voidaan vähentää väkilannoitteiden käyttöä ja niiden ostosta aiheutuvia kustannuksia.

Lietelannan typen lannoitustehokkuuteen vaikuttavat levitysajankohta, levitystapa ja kasvukauden sääolot (Maidl ja Fischbeck 1989). Lannan ja lannoitteiden levittämistä kasvukaudella on hyödynnetty viljan viljelyssä jo pitkään. Sokerijuurikkaan viljelyssä on edellytykset hyödyntää samaa käytäntöä, sillä juurikkaan kasvuaika on pitkä ja sen ravinteiden otto on suurimmillaan heinäkuussa (Draycott & Christensen 2003). Sen vuoksi juurikas ehtii hyödyntää tehokkaasti kasvukaudella levitetyn lietelannan ravinteet. Kokeilun tavoitteena oli testata käytännössä lietelannan levitystekniikkaa sekä kasvukaudella toteutetun levityksen vaikutusta sokerijuurikkaan sadon määrään ja laatuun.

## 1. Materiaali ja menetelmät

Kokeilu toteutettiin kasvukaudella 2009 erään TEHO-hankkeeseen osallistuneen viljelijän pellolla Varsinais-Suomessa sadontuottokyvyltään hyvällä juurikaslohkolla. Lohko kynnettiin syksyllä 2008 ja juurikas kylvettiin yhdistelmäkoneella tasausäestyksen jälkeen 2.5.2009 (riviväli 45 cm, siemenetäisyys 15 cm). Kokeilussa käytettiin Festival-lajiketta. Kasvinsuojelu tehtiin tilan normaaliohjelman mukaisesti.

Koe toteutettiin kaistakokeena. Kaistat, jotka olivat 300 m pitkiä, lannoitettiin joko pelkällä väkilannoitteella tai sian lietelantaa hyödyntäen. Kaistoihin sijoitettiin koeruudut (4 kpl/käsittely). Ruudut olivat 10 m pitkiä ja niissä oli 4 riviä. Lietelannan levitys tehtiin ennen rivivälien sulkeutumista, 22.6. Lanta-analyysiä varten lietelannasta otettiin näyte ennen levitystä. Alkuperäisen suunnitelman mukaan lanta oli tarkoitus levittää riviväleihin sijoitavalla lannanlevityskalustolla, mutta levittimen vannasvälit eivät soveltuneet juurikkaan riviväleihin ja aiheuttivat huomattavaa vioitusta. Levitys tehtiin lopulta ”pintalevityksenä” vantaat ilmassa, mikä vastaa lähinnä letkulevitystä. Levitys tehtiin 16 m<sup>3</sup> levitysvaunulla (Livakka Oy, Suomi). Työleveys oli 8 metriä ja vantaiden väli 17 cm.

Väkilannoitekaistalla lannoitteet sijoitettiin kylvön yhteydessä ja lannoitus suoritettiin ammoniumnitraatilla ja kaliumsulfaatilla (120 kg typpeä/ha ja 30 kg kaliumia/ha). Lietelantakaistalla kylvön yhteydessä annettiin keväällä vain ammoniumnitraattia (40 kg typpeä/ha). Lietelannan levitysmääräksi mitoitettiin 20 m<sup>3</sup>/ha, mutta toteutunut levitysmäärä jäi hieman alhaisemmaksi, noin 17 m<sup>3</sup>/ha (26 kg typpeä/ha, 13 kg fosfori/ha, 22 kg kalium/ha). Lietelantalohkon ravinnemäärät olivat siten yhteensä 66 kg N/ha, 12 kg P/ha ja 22 kg K/ha. Alun perin lannoitusmäärät oli suunniteltu samansuuruiseksi molemmille käsittelyille, mutta käytännön olosuhteista johtuen (mm. lannan alhainen typpipitoisuus) lannoituserot käsittelyjen välillä olivat huomattavat. Lietelannan ravinnepitoisuudet tuorepainoa kohti olivat 2,39 kg/tn kokonaistyppeä, 1,54 kg/tn liukoista typpeä (NH<sub>4</sub>-N), 0,76 kg/tn fosforia ja 1,31 kg/tn kaliumia.

Keväällä lohkolta otettiin maanäytteet viljavuusanalyysiä varten. Taimettumisen jälkeen laskettiin taimien lukumäärä koeruutujen nostoriveistä. Typen riittävyyden seuraamiseksi tehtiin kasvuston lehtivihreämittauksia SPAD-mittarilla (Minolta-502) koeruutujen kahdesta keskimmäisestä rivistä kolme kertaa kasvukauden aikana. Kasvuston peittävyys arvioitiin elokuun lopussa koeruuduista. Kahden keskimmäisen rivin (20 rivimetriä) juurikkaat (halkaisija > 4 cm) nostettiin syksyllä (22.9.) käsin ja toimitettiin analysoitavaksi. Juurisadon määrä, juurikkaan keskipaino sekä sadon sokeri-, aminotyyppi-, kalium- ja natriumpitoisuudet määritettiin nostetusta sadosta. Lisäksi mitattiin lietevaunun aiheuttamaa maan tiivistymistä (35 cm) penetrometrillä sekä renkaan jäljestä että sen vierestä.

Satotulosten tilastollinen analysointi suoritettiin SAS-ohjelmalla. Parittaiset vertailut tehtiin Tukey'n testillä merkitsevyytasoilla  $P < 0,01$  ja  $P < 0,05$ . Eroja voidaan pitää tilastollisesti merkitsevinä, kun  $P < 0,05$ .

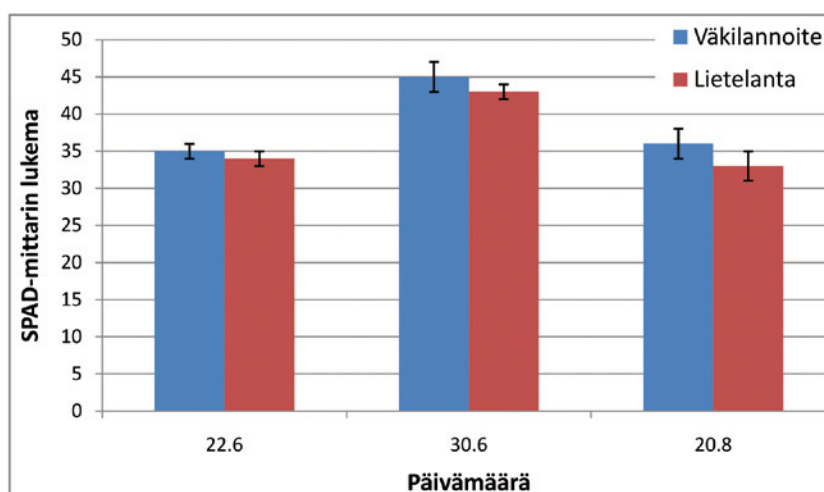


Kuva 1. Sokerijuurikkaita kokeilulohkolla, lietevaunun ajoura erottuu. Kuva: Kimmo Rasa

## 2. Koetulokset

Juurikkaan taimettumisnopeudessa ja taimettumisen tasaisuudessa ei ollut eroja käsitteilyjen välillä. Neljän viikon kuluttua kylvöstä lasketut taimitiheydet olivat lietealantakaistalla hieman alhaisemmat (3 - 5 tainta/rivimetri) kuin väkilannoitekaistalla (5 - 7 tainta/rivimetri). Kasvuston peittävyys oli elokuun lopulla väkilannoitekaistalla 100 % ja lietealantakaistalla 85 %. Tulos osoittaa, että lietealantalohkon kasvusto on alhaisemmasta tyypen määrästä johtuen jäänyt pienemmäksi. Alhaisemman lehtialaindeksin on osoitettu olevan yhteydessä juurisadon määrään (Tsialtas & Maslaris 2008).

Lehtivihreän määrässä (SPAD-arvot) ei ollut merkitseviä eroja väkilannoite- ja lietealantakaistojen välillä kasvukauden aikana (Kuva 2). Sekä väkilannoite- että lietealantakaistoilla kasvustojen lehtivihreän määrä oli korkein 30.6. mittausajankohtana. Suomessa tehdyissä tutkimuksissa sokerijuurikkaan yleisen kasvukunnon ja sadontuoton kannalta optimaaliset SPAD-arvot ovat 37 - 41 (7 - 8 lehteä auki) ja 42 - 46 (9 tai useampi lehti auki) (Peltonen 1997).



Kuva 2. SPAD-mittauksen lukemat ennen lietteen levitystä 22.6., lietteen levityksen jälkeen 30.6. ja syksyllä 30.8. Virhepalkit kuvaavat keskihajontaa.

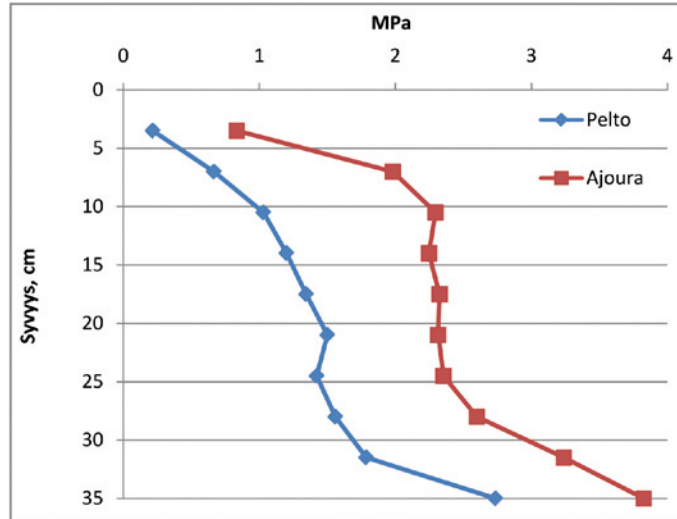
Väkilannoitekaistalla juurikkaiden kappalemäärä koenostetulla ruudulla oli suurempi ja juurisato lähes 17 % korkeampi kuin liettelantakaistalla (Taulukko 1). Lähes yhtä suuri juurikkaiden keskipaino liettelantakaistalla selittyy alhaisemmalla juurikkaiden lukumäärällä ruutua kohden. Lietelantakaistan alhaisempi typen lannoitusmäärä näkyi juurikkaiden aminotyyppipitoisuudessa, joka oli liettelantakaistalla alhaisempi kuin väkilannoitekaistalla. Koekaistojen juurikkaiden laatuominaisuudet, sokeriprosentti, kalium- ja natriumpitoisuus eivät eronneet eri käsittelyjen välillä. Laadulle asetettujen tavoitteiden mukaan juurikkaiden sokeriprosentti oli molemmissa käsittelyissä hyvä ja kalium- ja natriumpitoisuudet erinomaiset.

Taulukko 1. Juurisato ja laatutulokset sekä tilastolliset merkitsevyydet \*( $P < 0,05$ ), \*\*( $P < 0,01$ ) eri käsittelyjen välillä. Eroavaisuuksia voidaan pitää tilastollisesti merkitsevinä, kun  $P < 0,05$ .

	Väkilannoite	Lietelanta
Juurisato tn/ha	48,0*	39,6
Sokeri-%	16,3	16,7
Aminotyyppi mg/100 g	11,9**	8,0
Kalium me/100 g	4	4,1
Natrium me/100 g	0,44	0,37
Kpl/ruutu	105	94
Keskipaino kg/ruutu	0,41	0,39

me=milliekvivalentti (= 23 mg Na tai 39 mg K)

Lietelantalohkolla lietevaunun vaikutusta maan lujuuteen mitattiin penetrometrin avulla (Kuva 3). Penetrometri mittaa tarvittavaa voimaa, kun metallista kartiota painetaan maahan. Tulokset osoittavat, että maa on tiiviimpää ajouralla kuin muulla pellon osalla koko mittaussyvyydellä (35 cm). Lietevaunun leveät renkaat tallasivat kaksi juurikasriviä, mutta kasvusto toipui melko hyvin kasvukauden loppuun mennessä.



Kuva 3. Penetrometrin vastuslukema (MPa) muokkauskerroksen eri syvyyksissä lietevaunun ajouralla ja talleamattomalla pellolla 20.8.

### 3. Tulosten yhteenveto

Kokeilun tavoitteena oli testata sijoittavan lannanlevityskaluston soveltuvuutta kasvukauden aikaiseen lannanlevityksen juurikkaan viljelyssä. Lannan sijoittamisen etuna pintalevitykseen verrattuna on vähäisempi typen haihtuminen ja siten parempi typen lannoitusvaikutus (Mattila 2006). Lisäksi sijoittamalla lietelanta maahan ravinteet saadaan lähemmäksi juuristoa ja vähennetään samalla pintavalunnan riskiä.

Tässä kokeilussa käytetty sijoittava levityskalusto kuitenkin vioitti juurikaskasvustoa huomattavasti, koska kaluston vannasväli oli 17 cm ja juurikkaan riviväli 45 cm. Myös traktorin ja levitysvaunun renkaat tallasivat kasvustoa. Kasvusto toipui kuitenkin yllättävän hyvin renkaiden aiheuttamasta vioittumisesta kasvukauden aikana. Levityskalustoa kehittämällä ja ajouria käyttämällä kasvustovioitusta voitaisiin mahdollisesti vähentää.

Sokerijuurikkaan kasvuston kehitysvaiheen kannalta kesäkuun loppupuoli on sopiva levitysajankohta, sillä juurikkaan naatti ei vielä silloin peitä rivivälejä ja kasvusto voi toipua tallauksesta. Levitetty lietelanta imeytyi nopeasti maahan ja maan pinnalle jäi vain hie-

man orgaanista ainesta. Lietelannan letkulevittäminen juurikkaan kasvustoon on todettu toimivaksi ratkaisuksi myös aiemmissa kokeissa. Esimerkiksi Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskuksen kokeissa saavutettiin hyviä satotuloksia, kun osa väkilannoitteesta korvattiin naudan liotelannalla (Kenttäkokeet 1991).

Raskaalla kalustolla tehtävä lannanlevitys tiivistää maan rakennetta, mikä havaittiin penetrometrillä tehdyissä mittauksissa. Kokeilussa liotelanta jouduttiin levittämään pellolle melko märissä oloissa, mikä lisäsi maan tiivistymistä. Lietteen levityksen siirtäminen kasvukaudelle ei automaattisesti poista tiivistymisriskiä, vaan maan kosteustilaan tulee edelleen kiinnittää huomiota. Hyvä keino tiivistymisriskin pienentämiseksi on suosia mahdollisimman kevyttä levityskalustoa.

Levitetyt ravinnemäärät poikkesivat huomattavasti koekaistojen välillä, mikä hankaloittaa kasvustoon levitetyn lannan lannoitusvaikutuksen tarkastelua. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta sadon laadun kehittyvän hyväksi, kun osa lannoituksesta korvataan liotelannalla. Lietelantakaistan huomattavasti alhaisemman typpimäärän vaikutus näkyi juurisadossa, joka oli merkitsevästi pienempi verrattuna väkilannoituskaistan juurisatoon. Peltolohko oli kasvukunnonaltaan hyvä, mikä paransi maan ravinnereservien ja lannoituksessa annettujen ravinteiden hyväksikäyttöä myös alhaisella typpilannoitustasolla. Lannan typpilannoitusvaikutus on hyödynnettävä mahdollisimman tehokkaasti kasvukauden aikana ja siksi juurikaskasvustoon soveltuvia sijoitettavia laitteistoja ja työtekniikkaa tulee jatkossa kehittää.



## Lähteet

Draycott, A. P. & Christenson, D. R. 2003. Nutrients for Sugar Beet Production: Soil-Plant Relationships. Cronwell Press, Trowbridge UK. 242 s.

Kenttäkokeet 1991. Sokerijuurikkaan Tutkimuskeskus s. 57 - 58.

Maidl, F.X. & Fischbeck, G. 1989. Effect of long-term application of farmyard manure on growth and quality of sugar beet. *Journal of Agronomy and Crop Science* 162: 248 - 255.

Mattila, P. 2006. Ammonia emissions from pig and cattle slurry in the field and utilization of slurry nitrogen in crop production. *AgriFood Research Reports* 87: 136 s.

Peltonen, J. 1997. Lisätyn tarve selviää lehtivihreämittarilla. *Leipä leveämmäksi* 3: 16 s.

Sokerijuurikkaan viljelyopas 1999. *Juurikassarka* 2:102 s.

Tsialtas, J.T. & Maslaris, N. 2008. Sugar beet response to N fertilization as assessed by late season chlorophyll and leaf area index measurements in a semi-arid environment. *International Journal of Plant Production* 2: 57 - 70.

# OSA III

## TEHO-hankkeen lannanlevityskokeilut

Susanna Kaasinen ja Anu Lillunen

### SISÄLLYS

Johdanto	25
1. Yleistiedot kokeilusta	26
2. Tulokset	30
2.1. Ravinnemäärät	30
2.2. Sato	31
2.3. Ravinnetaseet	33
3. Tulosten tarkastelu	35
4. Johtopäätökset	37
Lähteet	39

## Johdanto

Kotieläinyksiköiden koon kasvaminen ja niiden alueellinen keskittyminen aiheuttavat monenlaisia haasteita. Yksi näistä on vaikeus löytää riittävästi fosforitilaltaan sopivaa lannanlevityspeltoa järkevien kuljetusetäisyyksien päästä tilalta. Ongelmia on esiintynyt mm. intensiivisen sikatalouden alueilla, joita ovat TEHO-hankkeen kohdealueista Vakka-Suomi ja Kaakkois-Satakunta.

Yhtenä ratkaisuna on esitetty lannan anaerobista käsittelyä biokaasulaitoksessa, jolloin lannasta saadaan energiaa, lannoitevalmisteita ja maanparannusaineita. Biokaasulaitosprosessissa 30 - 80 % raaka-aineiden sisältämästä orgaanisesta aineesta muunnetaan biokaasuksi (Paavola ym. 2009). Mädätteeksi käsitelty liete on raakalietettä nestemäisempää, tasalaatuisempaa ja hygieenisempää. Se myös imeytyy maahan nopeammin, jolloin levityksen hajuhaitat ovat vähäisemmät.

Biokaasutus ei vähennä lannan ravinteiden määrää, mutta lopputuotteiden lannoitusominaisuudet ovat yleensä paremmat kuin raakalannan. Orgaanisen typen pitoisuus alenee ja kasveille heti käyttökelpoisen liukoisen ammoniumtypen pitoisuus kasvaa. Hyötylanta-tutkimusohjelman tulosten mukaan lannan käsittely biokaasulaitoksessa lisää kasveille heti käyttökelpoisen typen määrää 20 - 30 %. Toisaalta mädätetyn kuivajakeen tyyppi voi haihtua ilmaan massan alkaessa kompostoitua sen odottaessa levitystä. (Järvenpää ym. 2010.)

Fosfori, kalium, kalsium, magnesium ja hivenravinteet eivät häviä mädätysprosessissa (Paavola ym. 2009). Lopputuotteiden kokonaisfosforipitoisuus voi olla johtuen biokaasulaitoksella lannan lisäksi käsiteltävästä fosforipitoisesta materiaalista (biojätteet, jätevesilietteet, teollisuuden orgaaniset sivutuotteet) huomattavastikin suurempi kuin raakalannan. Erilaisten jälkikäsitelyjen (esim. separoinnin) avulla voidaan biokaasutetusta aineksestä erottaa typpi- ja fosforipitoiset jakeet. Tällöin jakeille voidaan etsiä sellaiset lohkot, joissa kyseistä ravinnetta tarvitaan. Nestepitoiselle typpijakeelle löytyy usein helposti käyttökohteita läheltä biokaasulaitosta ja kiinteämmässä muodossa oleva fosforijae voidaan kuljettaa kauemmas laitoksesta kannattavammin, kun ylimääräinen vesi on poistettu. Jakeistaminen ja/tai rakeistus nostaa kuivan jakeen fosforipitoisuutta, mutta voi alentaa sen typpipitoisuutta (pääosa tyyppistä nestejakeeseen), nostaa haitallisten metallien pitoisuutta ja kuluttaa myös paljon energiaa (Järvenpää ym. 2010).

Kasvien hyödyksi päätyvien ravinteiden määrään vaikuttavat lannan ominaisuuksien, keräys- ja varastointitavan ja käsittelyn (esim. separointi, biokaasutus) lisäksi lannan levitysmenetelmät ja -ajat (Mattila & Joki-Tokola 2003; Kapuinen ym. 2008). Levitystavan vaikutusta ohrasadon määrään ja laatuun haluttiin selvittää myös TEHO:n lannanlevityskokeilussa, jossa mukana oli sian raakalietteen lisäksi biokaasulaitoksen mädäte.

## 1. Yleistiedot kokeilusta

Lannanlevityskokeilussa testattiin vuosina 2008 ja 2009 käsittelemättömän sian lietelannan ja biokaasulaitoksen maanparannusmädätteen sekä niiden eri levitysmenetelmien vaikutusta ohran satoon. Kyseessä olevalla suurella biokaasulaitoksella käsitellään mm. maatalouden liete- ja kuivalantaa sekä teollisuuden ja kotitalouksien biojätteitä.

Kokeilu toteutettiin kahtena peräkkäisenä vuonna saman viljelijän kahdella eri peltolohkolla, mutta vain yhdellä lohkolta/vuosi. Lohkot jaettiin kymmeneen koeruutuun, jotka olivat vuonna 2008 kooltaan noin 16 x 100 m ja vuonna 2009 noin 9 x 50 m (kuva 1). Joka toiselle ruudulle levitettiin lietelantaa ja joka toiselle mädätettä (nestemäistä rejektiä) noin 25 000 kg/ha. Lannanlevitysmenetelmiä oli viisi.

Vuonna 2008 levitysmenetelmät koeruuduilla olivat:

- 1) hajalevitys pintaan ja äestys ennen kylvöä,
- 2) levitys multaavalla laitteistolla ennen kylvöä,
- 3) levitys multaavalla laitteistolla heti kylvön jälkeen,
- 4) levitys multaavalla laitteistolla oraille ja
- 5) levitys letkulevittimellä oraille.

Kesällä 2009 kokeilu toistettiin muuten samanlaisena, mutta ensimmäisenä menetelmänä oli viljelijän toivomuksesta hajalevityksen sijaan letkulevitys ja äestys ennen kylvöä, koska lietteen letkulevitys on nykyisin yleisempää kuin hajalevitys.

Viljelijä teki kokeilulohkoilla kylvö- ja kasvinsuojelutyöt samalla tavalla kuin olisi tehnyt ilman kokeiluakin. Viljelytoimenpiteiden ajankohdat on koottu taulukkoon 2. TEHO:n suunnittelijat vastasivat koeruutujen merkitsemisestä, maa- ja satonäytteiden ottamisesta sekä analyysien tulosten käsittelystä. Maa- ja lantanäytteet sekä satonäytteet analysoitiin MTT:ssa.



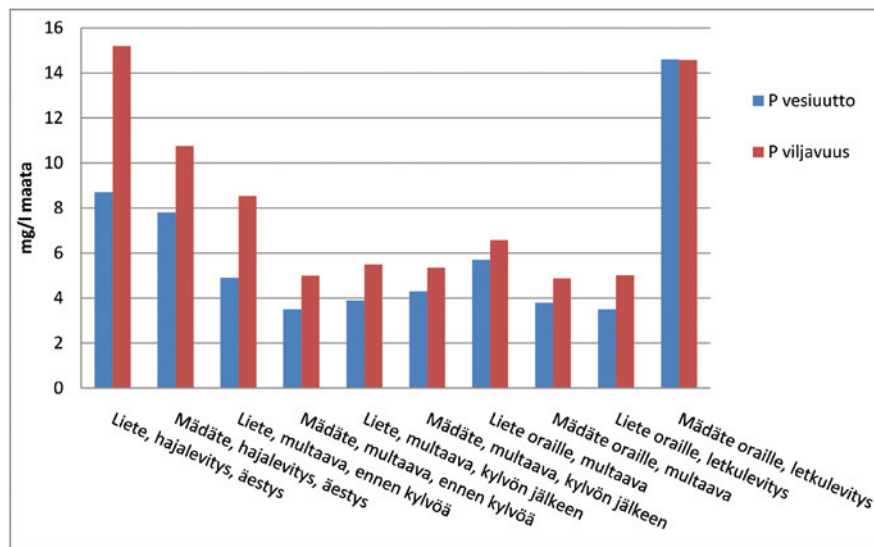
Kuva 1. Koeruutu, jolle levitettiin oraille mädätettä multaavalla laitteistolla vuonna 2009. Kuva: Janne Heikkinen

Maanäytteet otettiin vuonna 2009 ennen lannanlevitystä koeruuduilta linjoittain (5 näytettä/ linja noin 6 - 7 metrin välein). Näyte otettiin maan pinnalta 0 - 20 cm:n maakerroksesta. Vuoden 2008 kokeilulohkon maalajina oli vähämultainen hiesusavi ja vuoden 2009 lohkon multava hietasavi (taulukko 1). Vuoden 2008 lohkon maan ravinnepitoisuuksia tarkastellessa on hyvä huomioida, että maanäytteet otettiin vasta puinnin jälkeen, joten lannan levitys ja kasvuston ravinteiden otto on vaikuttanut tuloksiin. Lisäksi maalaji vaihteli eri kokeiluruuduilla aitosavesta hienoon hietaan.

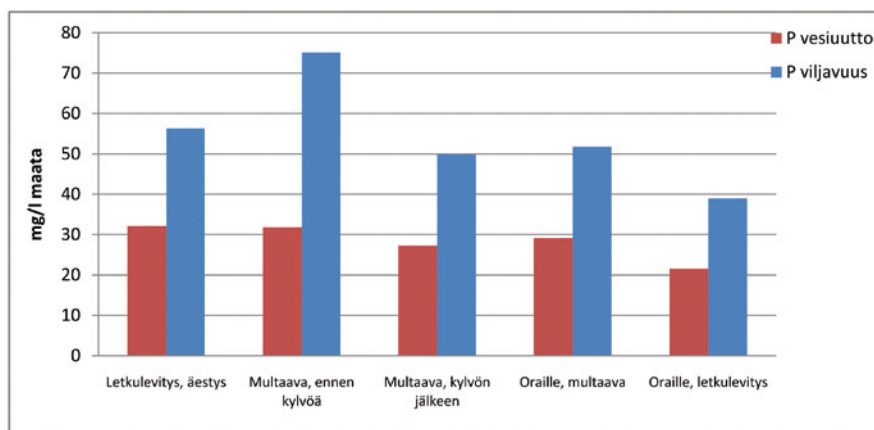
Viljelijän levittämät lanta- ja mädättemäärät perustuivat molempina vuosina hänen aiempiin viljavuustutkimustuloksiinsa sekä lanta- ja mädäteanalyysiin, eivät TEHO:n ottamiin näytteisiin.

Taulukko 1. Kokeilulohkojen maanäytetulokset (2 eri lohkoa, eri lohkot eri vuonna). Vuoden 2008 tulokset viljelijän toimittamasta lohkon viljavuustutkimusraportista ja vuoden 2009 tulokset TEHO-hankkeen koeruuduilta ottamien maanäytteiden viljavuustutkimusraportista (keskiarvot).

	2008	2009
Maalaji	vähämultainen hiesusavi	multava (8 koeruutua) tai vähämultainen (2 koeruutua) hietasavi
pH	6,4	6,6
Kalsium (mg/l)	1744	2021
Magnesium (mg/l)	171	204
Fosfori (mg/l)	17,2 (=hyvä)	54 (=arveluttavan korkea)
Kalium (mg/l)	121	295,6



Kuva 2. Koeruuduilta otettujen maanäytteiden fosforipitoisuudet vuonna 2008.



Kuva 3. Koeruuduilta otettujen maanäytteiden fosforipitoisuudet vuonna 2009 (liete- ja mädäteruuduista otettiin yhteiset näytteet).

Taulukko 2. Viljelykasvit ja viljelytoimenpiteiden ajankohdat.

	2008	2009
<b>Viljelykasvi</b>	Tipple-ohra	Tipple-ohra
<b>Siemenmäärä (kg/ha)</b>	280	280
<b>Pinta- tai letkulevitys ja multaust äestäen ennen kylvöä</b>	14.5.	19.5.
<b>Kylvö</b>	15.5.	20.5.
<b>Levitys multaimella kylvön jälkeen</b>	15.5.	21.5.
<b>Levitys multaimella tai letkulevittimellä oraille</b>	3.6.	23.6.
<b>Kasvinsuojeluruiskutus</b>	29.6.	21.6.
<b>Puinti</b>	15.9.	5.9.

Taulukossa 3 on esitetty levitetyn lietteen ja mädätteen ravinnepitoisuudet. Kuvissa 5 ja 6 näkyy hehtaaria kohti levitetty ravinnemäärä, kun lietteen tai mädätteen levitysmäärä oli noin 25 tonnia/ha.

Taulukko 3. Sianlietteen ja mädätteen ravinnepitoisuudet vuosina 2008 ja 2009. Vuonna 2008 mädätteen tilavuuspaino 1000 kg/m<sup>3</sup>, samaa käytetty myös lietteelle. Mädätteen pitoisuudet perustuvat tuoteselosteeseen ja lietteen lanta-analysiin. Vuonna 2009 mitatut tilavuuspainot mädätteelle ja lietteelle 1030 kg/m<sup>3</sup>. Mädätteen ja lietteen pitoisuudet perustuvat niistä otettujen näytteiden lanta-analysiin.

	2008		2009	
	sianliete (kg/m <sup>3</sup> )	mädäte (kg/m <sup>3</sup> )	sianliete (kg/m <sup>3</sup> )	mädäte (kg/m <sup>3</sup> )
<b>kokonaistyyppi</b>	3,1	6,3	5,49	6,76
<b>vesiliukoinen typpi</b>	1,8	4,6	3,72	5,96
<b>kokonaisfosfori</b>	0,64	1,4	1,69	0,93
<b>vesiliukoinen fosfori</b>	0,32	0,3	0,174	0,444
<b>kokonaiskalium</b>	1,0	1,4	2,23	1,72

Satonäytteet otettiin syyskuussa juuri ennen puintia. Vuonna 2008 käytössä oli koepuimuri. Vuonna 2009 satonäytteet otettiin leikkaamalla ohrat jokaiselta koeruudulta käsin kolmelta 1 m<sup>2</sup>:n kokoiselta satoruudulta. Kylvön riviväli oli 14,5 cm ja rivejä oli satoruudussa keskimäärin 7.



Kuva 4. Satonäytteiden ottoa vuonna 2009. Kuva: Anu Lillunen

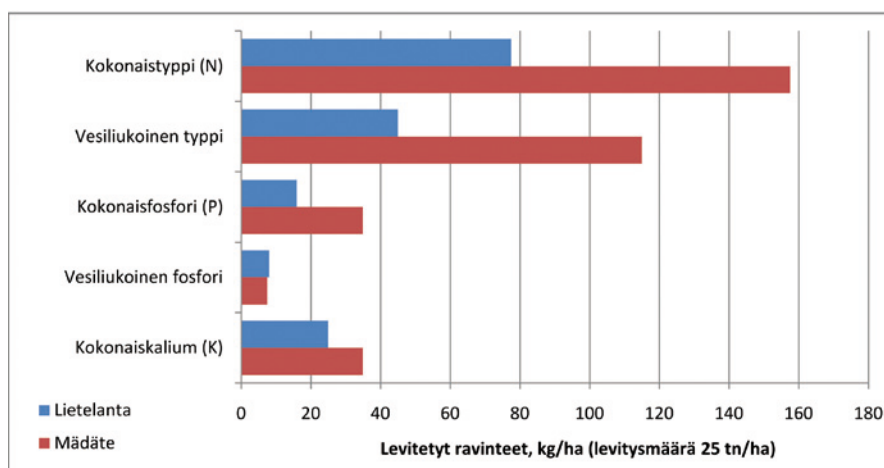
## 2. Tulokset

Kokeilun tuloksia tarkasteltiin levitettyjen ravinnemäärien, sadontuoton ja ravinnetaseiden näkökulmasta.

### 2.1. Ravinnemäärät

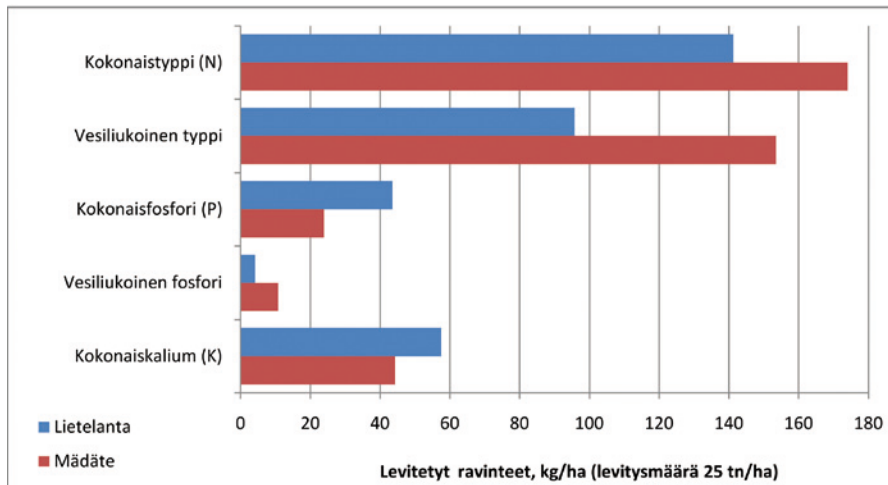
Kokeilulohkoille levitettiin joko lietelantaa tai mädätettä saman verran, 25 tonnia/ha. Levitetty ravinnemäärät kuitenkin erosivat toisistaan, sillä lietelannan ja mädätteen ravinnepitoisuuksissa oli merkittäviä eroja (taulukko 3).

Vuonna 2008 kokonaistypen ja -fosforin sekä liukoisen typen pitoisuudet ja edelleen levitysmäärät olivat mädätteessä yli kaksinkertaiset lietelannan pitoisuuksiin verrattuna (taulukko 3 ja kuva 5). Vuonna 2009 kokonaistypen ja -kaliumin sekä vesiliukoisen typen pitoisuudet olivat sekä lietelannassa että mädätteessä vuoden 2008 pitoisuuksia suurempia (taulukko 3 ja kuva 6). Kokonaistypen ja vesiliukoisen typen pitoisuudet olivat vuonna 2009 yhä mädätteessä lietelantaa suuremmat, mutta ero ei ollut yhtä iso kuin vuonna 2008. Sen sijaan kokonaisfosforin ja -kaliumin pitoisuudet olivat vuonna 2009 (toisin kuin edellisvuonna) suurempia lietelannassa kuin mädätteessä.



Kuva 5. Levitetty ravinteet (v. 2008), kun levitysmäärä sekä lietelannalla että mädätteellä 25 tonnia /ha.





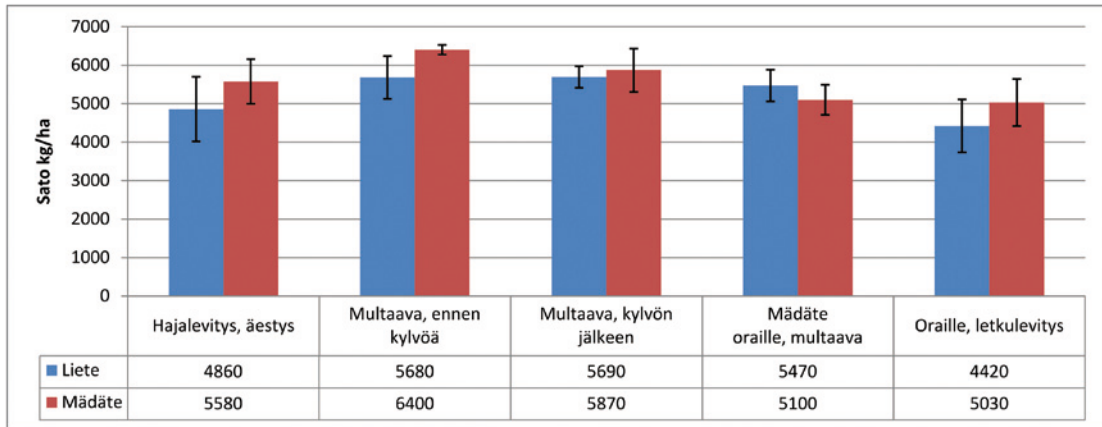
Kuva 6. Levitetyt ravinteet (v. 2009), kun levitysmäärä sekä lietalannalla että mädätteellä 25 tonnia/ha.

## 2.2. Sato

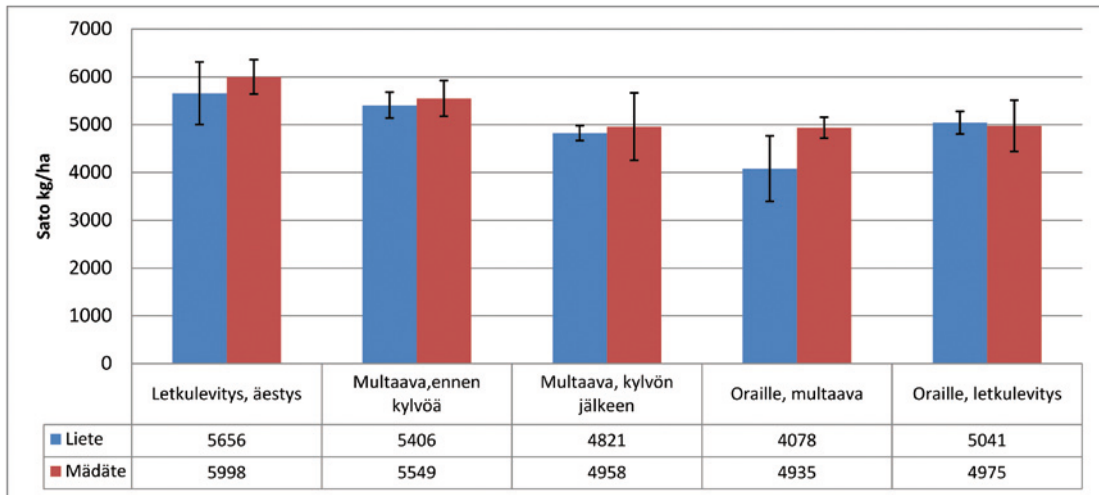
Vuonna 2008 lietalantaa käytettäessä saavutettiin suurin sato, kun lanta levitettiin multaavalla laitteistolla kylvön jälkeen tai ennen kylvää (kuva 7). Määdätettä käytettäessä sato oli suurin, kun määdäte levitettiin multaavalla laitteistolla ennen kylvää. Pienimmän sadon tuotti molemmilla lannoitemuodoilla letkulevitys oraille. Määdätteellä lannoitetuilla koeruuduilla saatiin suuremmat sadot lietteeseen verrattuna kaikilla muilla levitystavoilla paitsi levitettäessä lannoite oraille multaavalla laitteistolla. Suurin ero satotasoissa lietteen ja mädätteen välillä saatiin, kun ne levitettiin hajalevityksenä tai multaavalla laitteistolla ennen kylvää. Näin levitettynä mädätteellä saatu sato oli 720 kg/ha suurempi kuin lietteellä saatu.

Vuonna 2009 sato oli suurin, kun lietalanta tai määdäte levitettiin ennen kylvää letkulevityksenä ja pienin, kun lannoitteet levitettiin oraille multaavalla laitteistolla (kuva 8). Määdätteellä lannoitetuilla koeruuduilla oli myös vuonna 2009 lieteruutuja suuremmat sadot paitsi koeruudulla, jolla lannoite oli levitetty letkulevityksenä oraille. Suurin ero satotasoissa lietteen ja mädätteen välillä saatiin, kun ne levitettiin multaavalla laitteistolla oraille. Näin levitettynä mädätteellä saatu sato oli 857 kg/ha suurempi kuin lietteellä saatu. Toiseksi suurin ero saatiin levitettäessä letkulevityksenä ennen kylvää (määdätteellä 342 kg/ha enemmän satoa). Muutoin erot satotasojen välillä olivat melko pieniä.

Kokeilussa tuli ilmi fosforilannoituksen heikko satovaste: vaikka kokonaisfosforia levitettiin mädätteessä kaksinkertainen määrä lietteeseen verrattuna, ei se näkynyt satotasossa aivan yhtä vahvasti.

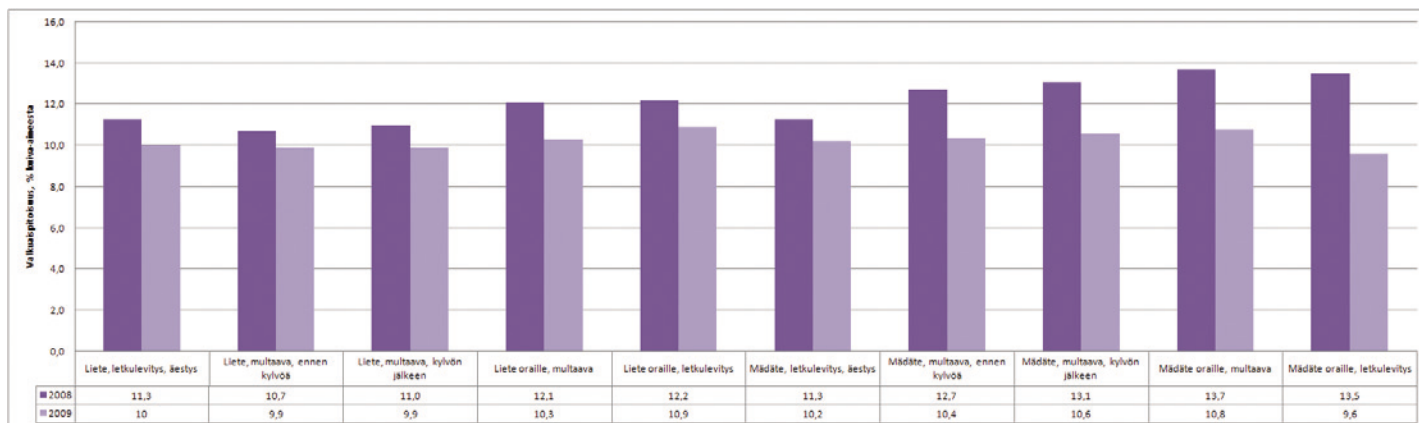


Kuva 7. Sato koeruduilla vuonna 2008 (kolmen satoruudun keskiarvona, 15 % kosteus). Mustat pystyviivat esittävät keskihajontaa.



Kuva 8. Sato koeruduilla vuonna 2009 (kolmen satoruudun keskiarvona, 15 % kosteus). Mustat pystyviivat esittävät keskihajontaa.

Sadon valkuaispitoisuudet on esitetty kuvassa 9. Suurimmat pitoisuudet saatiin sekä vuonna 2008 että 2009 levitettäessä lietettä oraille letkulevityksenä ja mädätettä oraille multaavalla laitteistolla.



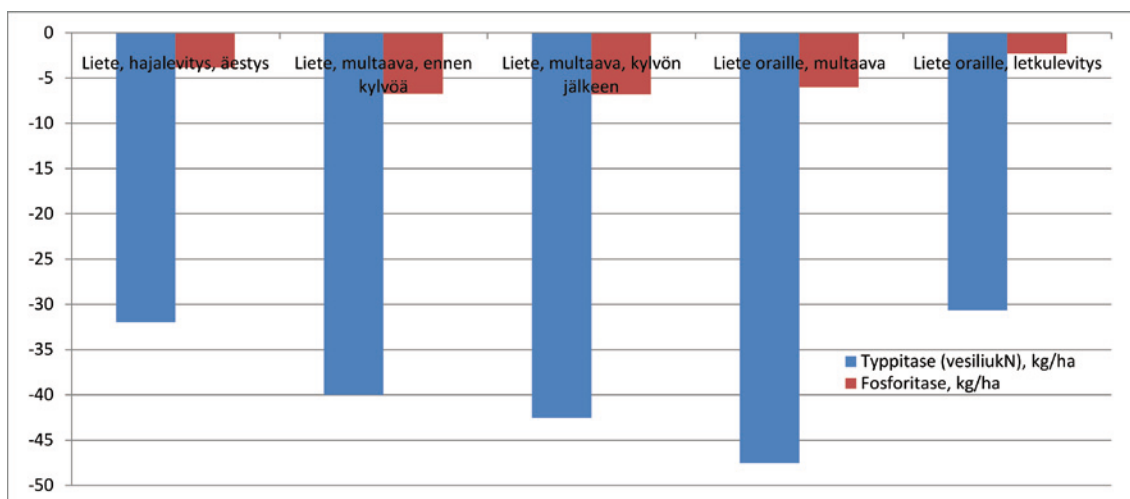
Kuva 9. Ohrasadon valkuaispitoisuudet koeruuduilta kerättyjen näytteiden perusteella vuosina 2008 ja 2009.

## 2.3. Ravinnetaseet

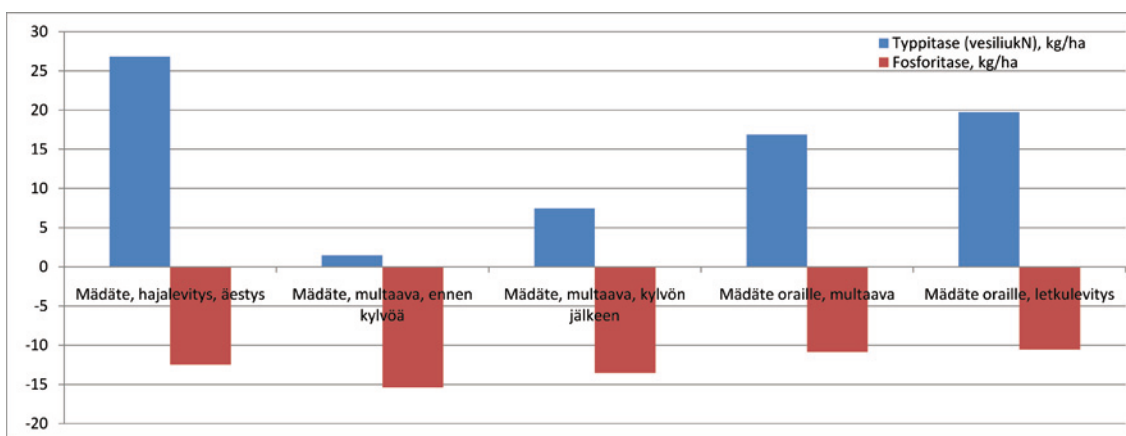
Ravinnetase on laskentamenetelmä, jonka avulla seurataan maatalouden ravinnevirtoja. Tässä tarkastelussa ravinnetaseista puhuttaessa tarkoitetaan peltotasetta, joka kertoo kuinka tehokkaasti kasvit ovat hyödyntäneet lannoituksen mukana saadut ravinteet. Peltotase saadaan laskemalla peltoon lannoitteiden mukana lisättyjen ravinteiden ja sadon mukana pellosto poistuneiden ravinteiden välinen erotus. Mikäli peltotase on ylijäämäinen (positiivinen), voidaan sitä pitää huonona, koska silloin peltoon on lisätty enemmän ravinteita kuin siltä on sadon mukana saatu pois.

Vuoden 2008 ravinnetaseet olivat paremmat kuin vuonna 2009 sekä lietteellä että mädätteellä, koska myös satotasot olivat vuonna 2008 useimmiten suuremmat. Koska kyseessä oli kaksi eri lohkoa, ei vuosien välinen vertailu kuitenkaan ole järkevää.

Vuonna 2008 paras typpitase lietteelle saatiin, kun se levitettiin oraille multaavalla laitteella ja fosforitase, kun se levitettiin multaavalla laitteella ennen kylvöä ja kylvön jälkeen (kuva 10). Mädätteellä paras typpi- ja fosforitase saatiin, kun se levitettiin multaavalla laitteella ennen kylvöä (kuva 11). Kokeiluruutujen, joilla levitettiin mädätettä, typpitaseet olivat kaikissa tapauksissa huonommat kuin lietteenlevitysruutujen.

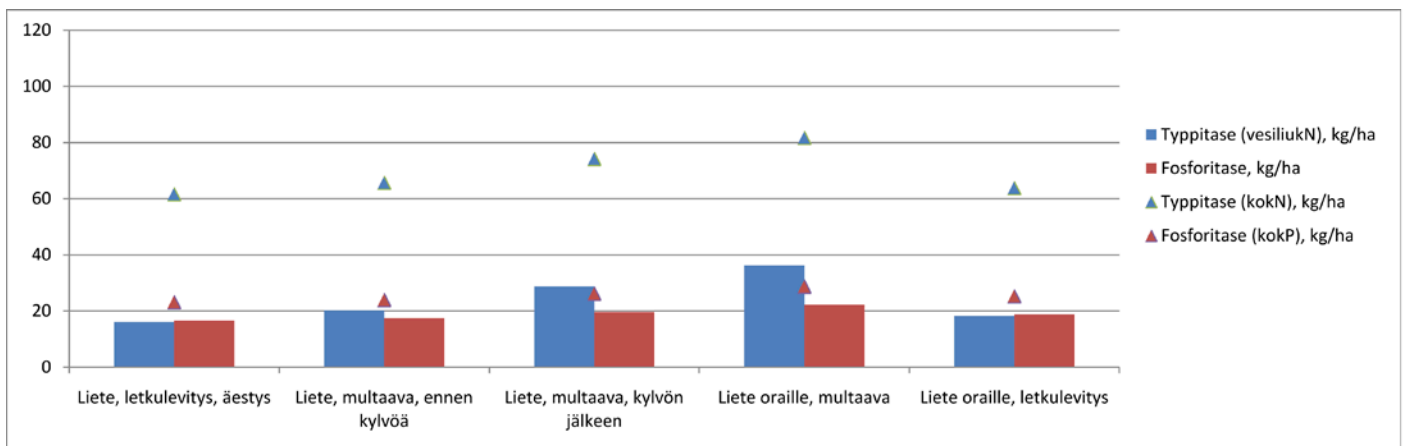


Kuva 10. Ympäristötukiehtojen mukaan lasketut typpi- ja fosforitaseet vuonna 2008 eri lietteenlevitysmenetelmillä.

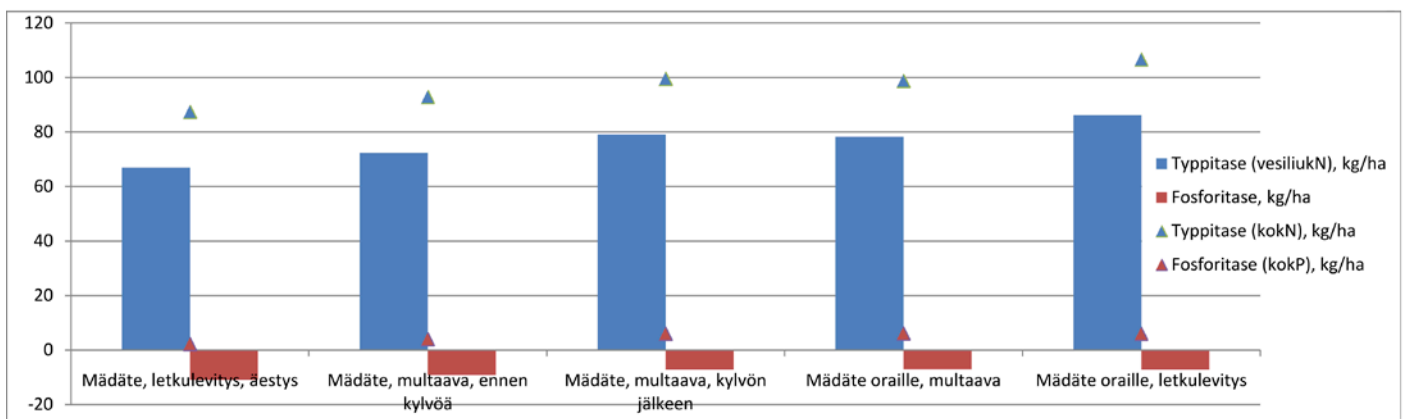


Kuva 11. Ympäristötukiehtojen mukaan lasketut typpi- ja fosforitaseet vuonna 2008 eri mädätteenlevitysmenetelmillä.

Vuonna 2009 parhaat typpi- ja fosforitaseet sekä lietteelle että mädätteelle saatiin, kun ne levitettiin letkulevityksenä ja äestettiin ennen kylvöä (kuvat 12 ja 13). Kokeiluruutujen, joilla levitettiin mädätettä, typpitaseet olivat kaikissa tapauksissa huonommat (ylijäämäisemmät) kuin lietteenlevitysrutujen. Kuvaajiin on merkitty myös kokonaisravinteiden mukaan lasketut taseet, jotka ovat typen osalta mädätteellä 21 kg/ha ja lietteellä 46 kg/ha suuremmat kuin ympäristötuen ehtojen mukaan lasketut. Fosforin osalta kokonaisravinteiden mukaan lasketut taseet ovat puolestaan mädätteellä 13 kg/ha suuremmat ja lietteellä 7 kg/ha suuremmat kuin ympäristötuen ehtojen mukaan lasketut.



Kuva 12. Kokonaisravinteiden ja ympäristötuen sitomusehtojen (85 % kokonaisfosforista) (Mavi 2008, Mavi 2009) mukaan lasketut typpi- ja fosforitaseet vuonna 2009 eri lietteenlevitysmenetelmillä.



Kuva 13. Kokonaisravinteiden ja ympäristötuen sitomusehtojen (vesiliukoinen fosfori) (Mavi 2008, Mavi 2009) mukaan lasketut typpi- ja fosforitaseet vuonna 2009 eri mädätteenlevitysmenetelmillä.

### 3. Tulosten tarkastelu

Kokonaisfosfori ja -kaliumpitoisuudet olivat vuonna 2008 mädätteessä lietalantaa suuremmat, mutta vuonna 2009 tilanne oli päinvastoin. Typpipitoisuudet puolestaan olivat molempina kokeiluvuosina mädätteessä selvästi lietalantaa suuremmat. Tästä huolimatta mädätteen vaikutus satotasoon ei aina eronnut paljonkaan lietteen vaikutuksesta. Levitetäessä mädätettä vuonna 2008 oraille multaamalla ja vuonna 2009 oraille letkulevityksenä satotaso oli jopa heikompi kuin lietteellä. Kapuisen ym. (2008) tutkimuksessa mädätettä käytettäessä ohran satotaso oli levitysmenetelmästä riippuen 3 - 17 % suurempi kuin raakalietettä käytettäessä.

Vuonna 2008 TEHO:n kokeilussa suurimmat sadot saatiin, kun lietettä tai mädätettä levitettiin multaavalla laitteistolla ennen kylvöä tai sen jälkeen. Letkulevitys oraille puolestaan tuotti pienimmän sadon sekä lannalla että mädätteellä. Typpitaseet olivat kuitenkin parhaat, kun liete levitettiin oraille multaavalla laitteistolla. Mädätteellä paras typpitase saatiin, kun mädäte levitettiin multaavalla laitteistolla ennen kylvöä.

Vuoden 2009 satotulokset kuitenkin poikkesivat edellisvuotisista. Parhaan sadon sekä mädätettä että lietettä käytettäessä tuotti tällä kertaa letkulevitys ja äestys ennen kylvöä ja vasta toiseksi paras sato saatiin, kun lannoitteet levitettiin multaavalla kalustolla ennen kylvöä. Myös letkulevitys oraille tuotti nyt molemmilla lannoitteilla paremman sadon kuin levitys oraille multaavalla kalustolla. Typpitaseet olivat sekä lietteellä että mädätteellä parhaat kun ne levitettiin letkulevityksenä ja äestettiin.

Vuoden 2008 pienempää satoa oraille tehdyn letkulevityksen jälkeen saattaa selittää siinä tapahtuva typen haihtuminen maan pinnalta. Haihtumisen on todettu olevan merkittävää jo ensimmäisen tunnin kuluessa ja mädätteestä vielä raakalietettä suurempaa (Kapuinen ym. 2008). Vuoden 2009 tulosten erilaisuutta edellisvuoteen verrattuna voivat selittää esimerkiksi erilaiset sääolot levitysaikana ja lohkojen erilaisuus.

Oraille levittäminen tuotti molempina vuosina heikomman sadon kuin kylvön yhteydessä tehty levitys. Tulokseen on voinut myös vaikuttaa se, että kasvustolevitystä käytettäessä ohra ei saanut mitään alkulannoitusta kylvön yhteydessä ja on siksi saattanut kärsiä typen puutteesta. Myös Kapuisen ym. (2008) tutkimuksessa lannan levittäminen kasvustoon osoittautui sadontuoton näkökulmasta epäsuotuisaksi ja sijoittaminen pintalevitysmenetelmiä paremmaksi menetelmäksi. Sijoittamalla saatiin samansuuruinen sato kuin väkilannoitteita käytettäessä. Hyvän satotason turvaamiseksi saattaisikin olla tarpeen antaa noin puolet tyyppistä liukoisena väkilannoitetyypinä, mikäli lietettä ei sijoiteta tai se levitetään vasta kasvustoon (Kapuinen ym. 2008). TEHO:n kokeilussa lisätyyppiä ei annettu missään kasvuvaiheessa. Typpilannoitusmäärät olivat myös pääosin alhaisempia kuin ympäristötukiehtojen sallima enimmäismäärä (130 kg/ha).

Raakalietettä ja mädätettä voitiin laittaa ympäristötuen ehtojen mukaisesti kilomääräisesti yhtä paljon, vaikka mädätteen ravinnepitoisuudet olivat selvästi korkeampia. Lannasta lasketaan mukaan 85 % kokonaisfosforista, mutta orgaanisista lannoitevalmisteista, joihin biokaasulaitoksen mädätkin luetaan, lasketaan vain vesiliukoinen fosfori (1:5 vesiuutto). Tämä johtaa kasveille käyttökelpoisen fosforin merkittävään aliarvioimiseen. Näin ollen, vaikka biokaasulaitoksen tuotteita levitetään ympäristötukiehtojen sallimat määrät, on riski fosforihuuhtoumista ja maan fosforiluvun kohoamisesta merkittävä.

Orgaanisten lannoitevalmisteiden tyyppi analysoidaan lannoitevalmisteasetuksen mukaisella 1:5 -vesiuutolla, mikä johtaa usein noin puoleen lannan liukoisen typen määritykseen käytettävällä lanta-analyysillä saatavasta tuloksesta (Kapuinen ym. 2010). Tämä voi johtaa typen ylilannoitukseen. TEHO:n kokeilun perusteella mädätteen typpitaseet olivat suurempia kuin lannan, mikä voi merkitä suurempaa typpihuuhtoumien riskiä. Myös mädätteen ryhmittely samaan asemaan väkilannoitteen kanssa saattaa aiheuttaa typen ylilannoitusta. Väkilannoite sisältää ainoastaan liukoista tyyppiä, joten laskelmissa kaikki lannoitteen sisältämä tyyppi tulee huomioiduksi. Mädäte puolestaan sisältää nopeasti

liukoisen typen lisäksi hitaammin vapautuvaa orgaanista typpeä, samoin kuin lanta. Väkilannoitteilla, mädätteellä ja lannalla saattaakin olla erilainen jälkilannoitusvaikutus seuraavina vuosina. Tätä ei tässä kokeilussa mitattu, mutta sitä on tutkittu mm. Hyötylanta-hankkeessa (Järvenpää ym. 2010).

Tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava, että TEHO:n kokeilujärjestelyn avulla ei voida sulkea pois peltolohkon luontaisista vaihteluista (maalaji, maaperän mahdollinen tiivistyminen, P-luku, muut ravinteet, kosteusolot) aiheutuvia eroja sadon määrässä. Lisäksi lannan ja mädätteen levityksen ja levitysmäärien tarkkuutta on vaikea arvioida.

Ravinnetaselaskelmat perustuivat pääosin lietteestä ja mädätteestä otettuihin kerta-äytteisiin, mihin voi liittyä epävarmuustekijöitä. Suurempi satonäyteruutujen lukumäärä olisi lisännyt tulosten luotettavuutta. Lisäksi toistoja tarvitaan useammalta vuodelta ennen kuin tuloksista voidaan tehdä luotettavia johtopäätöksiä. Satonäytteiden varastoinnin aikana tapahtui myös pientä hävikkiä, jolla saattaa olla vaikutusta tuloksiin.

## 4. Johtopäätökset

TEHO-hankkeen kokeilussa testattiin käsittelemättömän sian lietelannan ja biokaasulaitoksen maanparannusmädätteen vaikutusta ohran satotasoon viidellä eri lannanlevitysmenetelmällä vuosina 2008 ja 2009. Mädätteellä saavutettiin molempina vuosina parempi sato neljällä viidestä levitysmenetelmästä. Satotasoissa ei ollut kuitenkaan suuria eroja, vaikka erityisesti tyyppipitoisuudet olivat molempina vuosina mädätteessä selvästi lietelannan pitoisuuksia suurempia. Toisaalta kokeilussa tuli ilmi fosforilannoituksen heikko satovaste: vaikka kokonaisfosforia levitettiin mädätteessä kaksinkertainen määrä lietteeseen verrattuna, ei se näkynyt satotasossa vastaavalla tavalla. Tämä johtunee osittain siitä, että lohkojen fosforiluku oli hyvä tai korkea. Tällaisilla lohkoilla ei tutkimusten mukaan saada viljanviljelyssä fosforilannoitukselle satovastetta (Valkama ym. 2009).

Lannan levitysmuodolla, -tavalla ja -ajalla on sekä sadonmuodostuksen että vesiensuojelun kannalta suuri merkitys. Kun ravinteet saadaan kasvien käyttöön sopivassa muodossa, nopeasti ja kasvun kannalta oikeaan aikaan, jää ravinteita vähemmän huuhtoutumiselle alttiiksi. Optimaalista levitysaikaa mietittäessä on kuitenkin otettava huomioon myös raskaan lannanlevityskaluston aiheuttamien tallautumis- ja tiivistymisriskien minimointi. Mikäli lannan sijoittaminen ennen kylvöä ei jostakin syystä onnistu, voi sadonmuodostuksen kannalta ollakin parempi levittää lanta vasta kasvustoon, kun maa on ehtinyt kuivua, vaikka tässä kokeilussa oraille levityksen sato oli pienempi.

Biokaasulaituskäsittelyn tärkeimpänä hyötynä on sähkön ja lämmön tuotanto, ja tulevaisuudessa myös biokaasun mahdollinen hyödyntäminen liikennepolttoaineena. Korvaamalla näin fossiilisia raaka-aineita voidaan saavuttaa merkittäviä ilmastohyötyjä.

Vesiensuojelun kannalta taas biokaasutuksen avulla yksinään ei päästä eroon lantafosforin alueellisista ylituotanto-ongelmista. Lannan ja mädätteen ravinnemäärät kuitenkin lasketaan eri tavalla ympäristötuessa, joten lannan mädätys voi näin helpottaa sen käyttöä. Lannan biokaasutuksen hyötyjä voidaan lisätä siten, että typpi- ja fosforipitoiset jakeet erotellaan ja helpotetaan näin niiden käytön kohdentamista fosforitarpeeltaan erilaisille peltolohkoille ja viljelykasveille. Koska lanta sisältää kasvin tarvitsemia typpi- ja fosforiravinteita väärässä suhteessa, levitetään käsittelemättömän lannan mukana pelloille usein ylimäärä fosforia, jotta saadaan tyydytettyä kasvien typpitarve. Myös TEHO:n kokeilussa lannan osalta ympäristötuen mukaiseksi rajoitteeksi levitysmäärälle tuli fosfori ja mädätteen osalta typpi.

Biokaasulaitoksen tuotteiden jatkojalostaminen esimerkiksi rakeistamalla tekisi niiden kuljettamisen kauemmaksi kannattavammaksi. Ei liene järkevää, että biokaasulaitoksen fosforipitoiset tuotteet palautuvat lannoitevalmisteen muodossa samalle alueelle, josta lanta on peräisin, mikäli siellä on kotieläintaloutta paljon ja peltojen fosforiluvut korkeita. Toisaalta lannan ravinteiden säilyminen ja niiden käyttökelpoisuuden paraneminen biokaasulaitoksessa on erittäin tärkeää ravinteiden kierrätyksen näkökulmasta. Fosforivarat ovat rajalliset ja typpilannoitteiden valmistus kuluttaa paljon fossiilisia polttoaineita. Mädatteellä on myös arvoa pellon orgaanisena maanparannusaineena ja se voi olla lantaa hygieenisempää.



## Lähteet

Järvenpää, M., Grönroos, J., Lehtonen, H., Logrén, J., Luostarinen, S., Paavola, T., Rankinen, K., Rintala, J., Salo, T. & Ylivainio, K. (toim.) 2011. Lannan kestävä hyödyntäminen. HYÖTYLANTA-tutkimusohjelman loppuraportti. (tulossa)

Kapuinen, P., Perälä, P. & Regina, K. 2008. Mädätyksen vaikutus sian lietalannan lannoitusominaisuuksiin ohralla. Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Hopponen, A. (toim.). [www.smts.fi/mpol2008/index\\_tiedostot/Posterit/ps106.pdf](http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Posterit/ps106.pdf)

Kapuinen, P., Salo, T. & Ylivainio, K. 2010. Orgaanisten lannoitevalmisteiden ravinteiden analysointimenetelmät suhteessa ympäristötuen ehtoihin ja ympäristölainsäädäntöön. Maataloustieteen Päivät 2008. <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/173.pdf>

Mattila, P. & Joki-Tokola, E. 2003. Effect of treatment and application technique of cattle slurry on its utilization by ley: I. Slurry properties and ammonia volatilization. *Nutrient cycling in agroecosystems* 65: 221 - 230.

Mavi 2008. Ravinnetaseet. Ympäristötuen lisätoimenpide lannoituksen ja sadon ravinnemäärien seurantaan.

Mavi 2009. Maatalouden ympäristötuen sitomusehdot 2009.

Paavola, T. Kari, M. & Vuorio, K. 2009. Lannan käyttö energialähteenä. Teoksessa: Palva, R., Alasuutari, S. & Harmoinen, T. (toim.) Lannan käsittely ja käyttö. Tieto tuottamaan 128. ProAgria Keskusten Liitto. S. 82 - 90.

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

# OSA IV

## Lietelannan separointikokeilu TEHO-tiloilla

Sakari Lehtinen

### SISÄLLYS

Johdanto	42
1. Lietelantamenetelmä ja lietteen käsittelytapoja	43
1.1. Lannassa liikaa fosforia ja liian vähän typpeä	43
1.2. Lietelantamenetelmä	44
1.3. Lietelannan separointi	45
1.4. Muita lietelannan käsittelytapoja	46
2. Separointikokeilun toteutus	47
3. Tulokset ja niiden tarkastelu	48
3.1. Separaattorin käytettävyys	48
3.2. Separaattorin teho	49
3.3. Separointijakeet	50
3.3.1. Lietelannasta kuivajakeeseen saadut osuudet	51
3.3.2. Separointijakeiden käyttökokemuksia	53
4. Separoinnin hyödyt	54
4.1. Ravinnesuhteiden paraneminen	54
4.2. Kuivajakeen taloudellinen arvo vastaanottajalle	55

4.3. Separoinnin kustannukset ja hyöty lannantuottajalle	56
4.4. Muita hyötyjä	58
5. Johtopäätökset	61
Lähteet	62
Liite 1. TEHO:n separointikokeilun tuloksia	64

## Johdanto

TEHO-hankkeen toiminta-alueella on useita kotieläintuotannon, erityisesti sika- ja siipikarjatuotannon keskittymiä. Paikoin intensiivistä kotieläintuotantoa on harjoitettu jo 1960-luvun lopulta. Myös erikoiskasviljelyä on ollut pitkään. Aiemmista lannoitus- ja lannanlevityskäytännöistä johtuen peltomaan liukoisen fosforin pitoisuudet ovat paikoin hyvin korkeita. Ihon (2010) esittämän arvion mukaan viljavuusfosforin optimiarvo ohranviljelyssä savimaalla on ympäristön kannalta vajaan 6,5 mg/l ja viljanviljelijän talouden kannalta hie-man yli 7 mg/l, mikä vastaa viljavuusluokkia välttävä - tyydyttävä. Viljavuuspalvelun vuosina 2006–2009 analysoimien maanäytteiden kuntakohtaisen fosforiluvun keskiarvo on kuitenkin ollut esimerkiksi Vehmaalla 23 mg/l, Vampulassa 20 mg/l, Huittisissa 17 mg/l ja Oripäässä 17 mg/l (Viljavuuspalvelu 2010). Maan korkea liukoisten ravinteiden pitoisuus lisää riskiä ravinnehuuhtoumiin pelloilta vesistöön. Fosforikuormituksesta suurin osa tulee korkeimman fosforipitoisuuden lohkoilta, vaikka niiden osuus peltoalasta on pieni (Uusitalo & Jansson 2002). Fosforihuuhtoumat ovat johtaneet järvien ja Saaristomeren lisäänty-neisiin syanobakteeri- eli sinileväesiintymiin (Vahtera 2007).

Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa muodostuvan lannan ravinnemääriä on käsitelty tarkemmin toisessa TEHO-hankkeen julkaisussa (Salmi ym. 2010). Julkaisussa esitetyn arvion mukaan kotieläimet tuottaisivat vuonna 2015 lannassa Vehmaalla 24 kg, Huittisissa 15 kg ja Oripäässä 13 kg fosforia peltohehtaaria kohden. Toisaalta Turun seudulla ja Kokemäenjoen alajuoksulla lannan ravinteita on käytettävissä hyvinkin vähän. Mikäli lannan ravinteita kuljettaisiin ylijäämäalueilta muualle, tarvittava kuljetusmatka jäisi usein muutamiin kymmeneen kilometriin. Vehmaalla ja Huittisissa toimivien biokaasulaitosten mädätettä kuljetetaan jo nyt vuodessa yhteensä 600 000 km. Koska biokaasulaitokset käyttävät kuitenkin huomattavasti myös ei-eläinperäisiä materiaaleja, ravinteet eivät mahdu lähialueen pelloille. Hyötylanta-tutkimushankkeen ympäristövaikutusarvion mukaan lannan pitkätkin kuljetukset ovat perusteltuja, mikäli niillä voidaan vähentää ravinnepäästöjä (Hyötylanta 2010).

Maatilojen toimintaa säätelevät mm. ympäristönsuojelulaki ja -asetus, nitraattiasetus ja vapaaehtoisen ympäristötuen sitoumusehdot, lisätoimenpiteet ja erityistukisopimukset. Yhteiskunnassa on kuitenkin paineita edistää edelleen maatalouden ravinteiden hallintaa. Ympäristötuen ehdot kieltävät fosforilannoituksen erittäin korkean fosforipitoisuuden lohkoilla. Korkean ja hyvän fosforipitoisuuden lohkoilla voidaan karjanlantapoikkeuksen turvin käyttää lantafosforia viljoille vuosittain 15 kg/ha ja nurmille 30 kg/ha (Mavi 2009). Lanta-analyysitulosten kokonaisfosforista huomioidaan lannoitusmääriä laskettaessa vain 85 %. Ympäristötukijärjestelmän uudistusprosessi on parhaillaan käynnissä. Siihen sisältyvät mahdolliset muutokset karjanlantapoikkeukseen tai fosforin huomioimiseen aiheuttaisivat ongelmia suurille kotieläintiloille eläintiheillä alueilla. Jos seudulla useiden peltujen fosforiluokka on hyvä tai korkea, saatetaan lantaa joutua ajamaan kotipeltojen sijaan jopa naapurikuntaan.

MYTVAS 3 -raportissa (Aakkula ym. 2010) käsitellään lukuisia vaihtoehtoja, joilla lannan ravinteet saataisiin kasvinviljelytilojen käyttöön siten, että kustannukset eivät jäisi koti-

eläintiloille. Lietteen separointi nähdään yhtenä keinona. Kun lantaa käsitellään siten, että saadaan ravinnearvoltaan erilaisia jakeita, voidaan enemmän fosforia sisältävä kuivajae kuljettaa kannattavammin myös etäämmällä sijaitseville pelloille ja esimerkiksi kasvinviljelytilojen lannoitteeksi. Enemmän typpeä, mutta vähän fosforia sisältävä nestejake voidaan levittää kotieläintilan lähipelloille.

Myös muutamilla TEHO-hankkeen suurilla kotieläintiloilla tuli esille tarve löytää ratkaisuvaihtoehtoja lannanlevityspeltojen alueelliseen riittävyteen, peltojen korkeisiin fosforilukuihin, lannan syslevitystarpeeseen ja suuriin lannan kuljetus- ja levityskustannuksiin. Hankkeessa haluttiin siksi kokeilla lietelannan käsittelyä separoimalla. Kokeilu suoritettiin kesällä 2010 kahdeksalla hankkeen tilalla ja sen tavoitteena oli:

1. tarkastella separointia vesiensuojelun näkökulmasta (lannan ravinnearvot)
2. kerätä käytännön kokemuksia lannan separoinnista
3. tarkastella separoinnin kannattavuutta/soveltuvuutta erilaisille tiloille.

## **1. Lietelantamenetelmä ja lietteen käsittelytapoja**

### **1.1. Lannassa liikaa fosforia ja liian vähän typpeä**

Fosfori on vesiensuojelun kannalta keskeinen ravinne, jota on lannassa runsaasti. Lietelannassa, samoin kuin peltomaassa, fosforia esiintyy sekä veteen liuenneena että hiukkasiin sitoutuneena, osa myös orgaanisissa yhdisteissä. Fosforipäästöt syntyvät valumina, ei haihtumalla.

Typpi on tärkein kasvinravinne. Lannoitusta suunniteltaessa keskitytään viljelykasveille nopeasti käyttökelpoisessa muodossa olevaan liukoiseen typeen. Loppuosa lietelannan kokonaistypestä on eloperäiseen ainekseen sitoutunutta orgaanista typpeä, jota vapautuu vähitellen kasveille käyttökelpoiseksi maassa tapahtuvien biologisten prosessien avulla. Ympäristötuen lannoitusrajoitukset kohdistuvat liukoiseen typeen, joka laskelmissa rinnastetaan väkilannoitteiden typeen. Nitraattiasetus asettaa ylärajan myös kokonaistypen vuosittaiselle hehtaariannokselle. Liukoinen typpi myös huuhtoutuu ja haihtuu helposti. Haihtumista lisäävät jyrkästi tuuli, korkea lämpötila ja korkea pH.

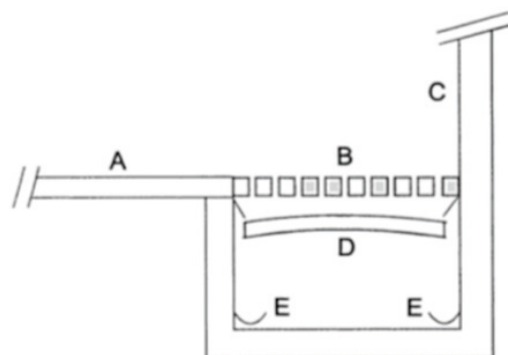
Lannassa on typpeä vähän fosforiin ja kaliumiin verrattuna. Siksi koko viljelykasvien typitarpeen kattaminen lannan liukoisella tyvellä johtaa helposti liian runsaaseen fosfori- ja kaliumlannoitukseen. Viljelykasveille annetaan lannan ohella usein väkilannoitetyppi-täydennystä, mikä kuitenkin lisää kustannuksia. Lantaa käsittelemällä voidaan parantaa sen ravinnesuhteita.

## 1.2. Lietelantamenetelmä

Aiempina vuosikymmeninä lanta ja virtsa pidettiin erillään koko käsittelyketjun ajan. Tämä oli mahdollista, koska tilat olivat pieniä ja lannankäsittely käsityövaltaista. **Kuivikelantamenetelmä**, jossa virtsa imeytetään kuivikkeilla lannan sekaan, on uudemmissa tuotantorakennuksissa käytössä lähinnä lihanauta- ja siipikarjatuotannossa.

Nykyisin **lietelantamenetelmä** on yleisin lannankäsittelytapa erityisesti isoilla sikatiloilla, koska ritilälattia on hygieeninen ja helppohoitoinen ja lietteen jatkokäsittely helppo koneellistaa. Myös lantaa kosteammaksi muuttaneet sikojen liemiruokinta ja lehmien lisävalkuaisruokinta ovat edistäneet lietelantamenetelmän yleistymistä. Lietelantamenetelmässä lanta, virtsa, rehuntahteet, pesuvedet ja kuivikkeet sekoittuvat ja putoavat ritilän läpi lieteakuiluun. Lietekuilusta lietelanta poistuu raapalla, padotuksella/valutuksella tai viemäriputkia pitkin eteenpäin kokoojakuilun tai pumppauskaivon kautta lietesäiliöihin, jotka ovat yleensä betonisia ja kattamattomia. Liete sekoitetaan ja levitetään pellolle traktorivetoisella lietevaunulla keväällä, kesällä ja/tai syksyllä.

Lietelantamenetelmän huono puoli on, että lannan ja virtsan sekoituessa lannan sisältämän *Micrococcus urea* -bakteerin entsyymit muuttavat virtsan ureaa ammoniakiksi. Tämä aiheuttaa typpitappioita ja huonontaa karjasuojan ilmanlaatua. Lannan ja virtsan ravinnepitoisuuksien ero on niin selkeä, että vastaavaan on vaikea päästä lietettä käsittelemällä. Jo eläinsuojassa lattiaritilän alla tapahtuvaa virtsanerotusta ollaankin ”keksimässä uudelleen” (ks. esim. kuva 1). Farmer automatic – yrityksen järjestelmässä puolestaan kuljetinmatto on rei’itetty nesteen paremman erottelukyvyn vuoksi.



Kuva 1. Hercules-menetelmässä kupera hihnakuuljetin D vie lannan ja kourut E virtsan (Willers ym. 2000).

### 1.3. Lietelannan separointi

Mekaanisia separointimenetelmiä ovat ruuvikuivain, suotonauhapuristin, linko ja erilaiset seulat. TEHO:n alueella on muutamilla sikatiloilla sähkökäyttöisiä ruuvikuivain -separaattoreja käytetty jo pitkään. Osa tiloista on luopunut separoinnista työn hitauden vuoksi, mutta osa tiloista on ollut siihen tyytyväisiä. TEHO:n kokeilussa käytettiin Milston Oy:n valmistamaa ruuvikuivain-periaatteella toimivaa separaattoria (Milston 2011). Siinä hitaasti pyörivä kuljetinruuvi puristaa lietemassaa seula-putken sisällä kohti jousikuormitteista päätytulppaa, jonka laidoilta kuivajae putoaa kuljettimelle. Kokeilussa käytettiin seula-putkea, jonka reikäkoko oli 2 mm.

Ruuviseparaattori on ravinteiden erottelukyvyltään heikoin, mutta tuottaa kuivajakeeseen suuren kuiva-ainepitoisuuden (van Ruiten 1998). Ruuviseparaattorilla, jonka seulan reikäkoko on tyypillisesti yli millimetrin, ei ole mahdollista päästä kovinkaan suureen fosforin poisto-osuuteen, koska lietelannan fosforista vain 30 % on yli 0,01 mm hiukkasissa (Masé ym. 2005).

Milstonin pitkät ruuvit antavat aikaa nesteen erottumiselle. Näin ne tuottavat korkeampaa kuiva-ainepitoisuutta kuivajakeeseen ja takaavat sen, ettei liete pääse karkaamaan sellaisenaan päätytulpan kautta, kuten saattaa lyhyillä ruuveilla tapahtua. Samalla kova paine kuitenkin pakottaa myös pienimmät hiukkaset seulan läpi nestejakeeseen (kuva 2).



Kuva 2. Milstonin seuloista valuu nestettä ruuvin aiheuttaman paineen ajamana. Kuva: Sakari Lehtinen

**Suotonauhapuristimessa** liete kulkee reiällisten mattojen välissä telojen puristaessa nauhoja ulkopuolelta. Sen ongelmana on suuri valvonnan ja huollon tarve, koska reiät tukkeentuvat ja nauha kuluu. Eräällä suurella lounaissyömislihasikalalla oli käytössä suotonauhapuristin kemikaaliannostelulla. Laite oli tarkoitettu jatkuvatoimiseksi, mutta tilan kokemuksen mukaan toimintaa tuli jatkuvasti valvoa. Fosforista laite erotti 80 %, mikä riittää hyvinkin peltokäyttöä ajatellen. Tämä erotteluteho vaatii kuitenkin kalliiden polymeerien käyttöä.

Linkomenetelmässä liete singotaan keskipakovoiman avulla rummun seinämälle, josta kuiva-aine kerätään ruuvilla ja nestejäte valuu painovoimalla pois. Linko poistaa tarkimmin fosforin ja kuiva-aineen nesteestä, mutta sen energiankulutus on korkea. Suomen markkinoilla ei ole tarjolla maatiloille sopivia linkoja lietelannan käsittelyyn.

## 1.4. Muita lietelannan käsittelytapoja

Lietelannan ravinnepitoisuuksiin voidaan vaikuttaa myös ilman teknisiä lisälaitteita. Typen haihtumista karjasuojissa voidaan estää vähentämällä lietepinnan altistumista ilmavirtauksille kuilurakenteilla ja kuivikkeilla sekä säätämällä ilmanvaihto ja lämpötila tarpeenmukaisiksi. Lisäksi lietettä voidaan happamoittaa happoliuoksella tai turpeella. Lietteen varastoinnin aikaisia tappioita vähentää alhainen lämpötila, turhan sekoituksen välttäminen ja säiliön kattaminen kiinteällä (esim. muovi, pelti) tai kelluvalla (esim. turve, eristerakeet) katteella.

Osa kiintoaineesta voidaan suodattaa pois valuttamalla lietelanta reikälevyn tai olkipatjan lävitse lietealtaasta toiseen. Lietteen laskeutuksessa hyödynnetään lietelannan luontaista kerrostumistaipumusta. Lisälaitteet eivät ole välttämättömiä, vaan laskeuttamisen jälkeen voidaan nestemäisempää lietettä valuttaa joko pinnasta (sianlietesäiliö) tai pohjalta (nauhanlietesäiliö) seuraavaan säiliöön. Laitteitakin laskeuttamisen tehostamiseksi on saatavissa: joko jatkuvatoiminen, viljamylyn pyörre-erottimen kaltainen sykloni tai jätevedenpuhdistamoissa käytettävä hitaasti pyörivä kaavin lietealtaan pinnalle tai pohjaan (Hjorth ym. 2009). Lopputuotteena on ravinnesuhteiltaan ja kuiva-ainepitoisuudeltaan erilaisia nestemäisiä jakeita, mutta ei yleensä kuivajäätettä.

Lisäaineilla pyritään tehostamaan luontaista laskeutusta sitomalla partikkeleja yhteen suuremmiksi, saamalla ne reagoimaan kemiallisiksi yhdisteiksi tai kelluttamalla niitä pintaan ilmakuplien avulla. Lisäaineita voidaan käyttää myös yhdessä mekaanisten menetelmien kanssa. Esimerkiksi Kemiran separointilaitteistossa (Kemicond) on yhdistetty kemiallisia ja mekaanisia menetelmiä. Jätevedenpuhdistamoilla käytettävillä alumiini-, kalsium- ja rautaoksideilla voidaan saostaa myös lietelannan humusta ja ravinteita, mutta näin sidotut ravinteet eivät ole enää kasveille käyttökelpoisia. Yaran tutkimuksissa lisäämällä lietelantaan kipsiä ja magnesiumoksidia saatiin jopa 95 % fosforista laskeutumaan sakkaan, joka oli noin 1/3 alkuperäisestä lietetilavuudesta (Pietola ym. 2008). Molemmat jakeet olivat käsiteltävissä lietelantakalustolla, sillä niiden kuiva-ainepitoisuudet olivat 1,5 - 1,8 % ja 15 - 18 %. Fosforia sitoutuu menetelmässä kalsiumfosfaateiksi ja struviiteiksi, jotka ovat



kasveille käyttökelpoisia yhdisteitä. Menetelmä on toiminut sianlietteellä hyvin, mutta naudaneliitteellä alempi pH ja runsas kelluva kuitumassa ovat vaikeuttaneet prosessia. Menetelmää ei ole vielä otettu yleisesti käyttöön. Struviittia muodostuu lietesäiliössä myös ilman lisäaineita, kunhan ammoniumtyyppiä, magnesiumia ja fosforia on riittävästi (Hjorth ym. 2009). Lietelannan alhainen orgaanisen aineksen pitoisuus ja korkea pH (optimi 9) edistävät struviitin kiteytymistä.

Lietelantaa voidaan käsitellä myös kiinteissä **käsittelylaitoksissa**, joita on käytössä erityisesti Tanskassa ja Hollannissa. Suomessa esimerkiksi Pellon Group Oy on tuotteistamassa MTT:ssä kehitettyä järjestelmää, jossa kuitujen poistoa seuraa mikrobien suorittama orgaanisen aineen hajotus ja fosforin sekä typen erotus vedestä. Tämänkin prosessin osana voi olla mekaaninen separointi (Nikama 2008). Laitteistot ovat kalliita ja vaativat jatkuvaa valvontaa, mutta niiden avulla saadaan tiiviitä ravinnejakeita ja jopa juomakelpoista vettä.

## 2. Separointikokeilun toteutus

Lietelannan separointia kokeiltiin kahdeksalla TEHO-tilalla, jotka olivat sika- tai lypsykarjatilajoja. Separointilaitteena käytettiin Milston Oy:n traktorikäyttöistä separaattoria (Milston 50A). Separoinnit tehtiin 14.6. - 9.7.2010. Kokeilutiloilla lietelanta oli pääasiallinen lannankäsittelymenetelmä. Kokeilun lopuksi järjestettiin Huittisissa separointinäytös, jossa oli myös lehdistöä paikalla. Kaksi kokeiluista tehtiin Vehmaan seudulla paikallisen urakoitsijan toimesta.

Lietteistä ja separointijakeista analysoitiin MTT:n laboratoriossa kokonaistyyppi, liukoinen tyyppi, kokonaisfosfori, kalium, kuiva-ainepitoisuus ja tilavuuspaino, yhdellä sika- ja yhdellä naudatilalla myös kalsium- ja magnesiumpitoisuudet ja pH. Separointityön yhteydessä mitattiin myös käsiteltäviä ainemääriä sekä ajan kulumista, jotta saatiin käsitys jakeiden osuuksista ja työtehosta. Polttoaineen kulutusta ei seurattu.

Separointijakeita ei ehditty levittää ennen kylvöä, kuten oli tarkoitus. Separointijaetta kokeiltiin kahdella TEHO:n kasvinviljelytilalla, mutta jakeet levitettiin vasta kokeilun loppuvaiheessa, joten tiloilta ei saatu käyttökokemuksia lannoitusvaikutuksesta kasvustoon kokeiluvuonna. Kotieläintilojen omille pelloille levitettiin nestejaetta kasvustoon. Kuivajakeet jäivät odottamaan syyslevitystä tai seuraavaa kevättä.

### 3. Tulokset ja niiden tarkastelu

#### 3.1. Separaattorin käytettävyys

Separaattoria kuljetettiin tilalta toiselle traktorin nostolaitteessa (kuva 3), letkut kuljetettiin etukuormaimella trukki-laatikossa. Separaattoria oli turvallista kuljettaa 100 kW ja 7000 kg traktorilla. Ahtaissa pihossa kone oli hieman leveä ja korkea siirrettävä. Lietettä syötettiin hydraulisella Star Cobra 90 -uoppopumpulla. Kaikilla tiloilla liete oli sekoitettu tai sekoitettiin kokeilun aikana. Kone puhdistettiin karkeasti ennen tilalta poistumista ja pestiin ennen seuraavaa tilaa.



Kuva 3. Kokeilussa käytetty Milston 50A ruuviseparaattori traktoriin kytkettynä. Kuva: Sakari Lehtinen

Milstonin separointiosan tekninen toteutus osoittautui tarkoituksenmukaiseksi ja kestäväksi. Myös mahdollisten tukosten ja rikkoutumisten korjaaminen on tehty helpoksi, näitä tosin ei sattunut kertaakaan kokeilun aikana. Kuljetin on riittävän pitkä täyttääkseen laidallisen perävaunun tasamaalla. Käyttö- ja kuljetuskuntoon laitto oli raskasta yksin toimiesä. Koneen alaosaan rakenne oli hankala puhdistamisen kannalta. Tukkoonkuivumisriskin

vuoksi välttämätön seula-putkien pesu on mahdollista suurien luukkujen ansiosta.

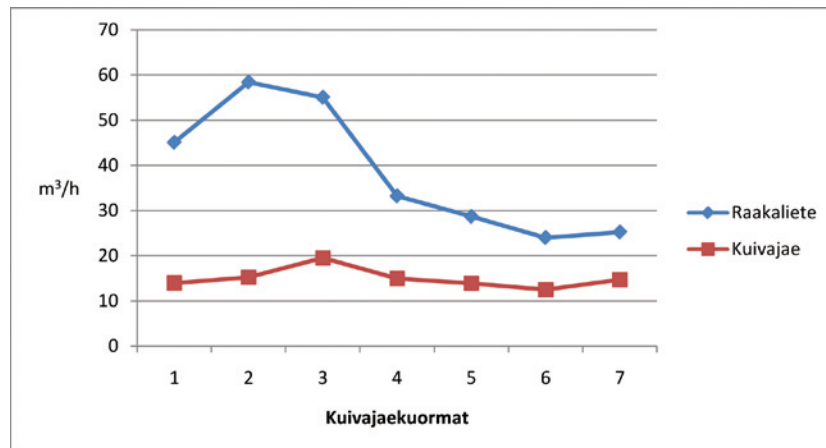
Separoidessa olisi taloudellisempaa käyttää pienitehoista moottoria kuin suurta traktoria. Kuivajakuljettimen ja erityisesti poistopumpun hydraulimoottorien sopimattoman mitoituksen vuoksi ei traktorin 82 l/min öljyvirtaus aina riittänyt uppopumpun tarpeisiin eikä seuloille saatu täyttä kuormitusta.

## 3.2. Separoattorin teho

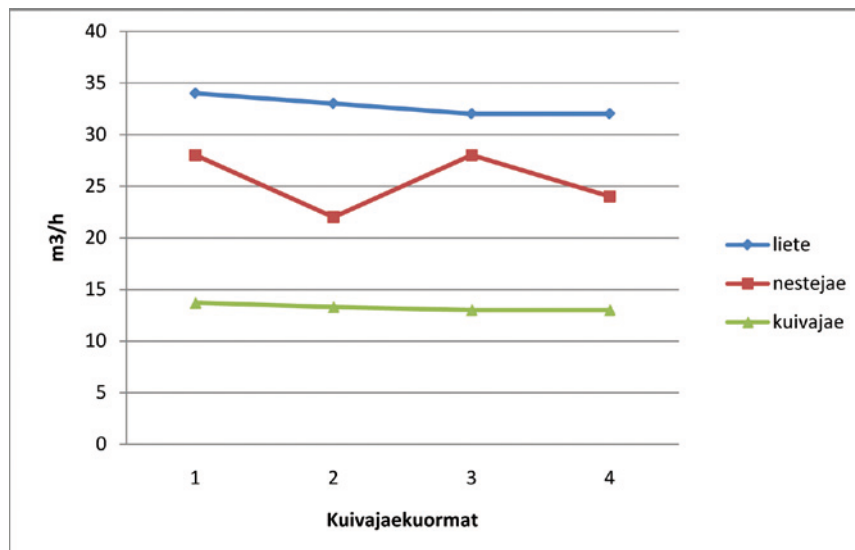
Ensimmäinen kokeilu tehtiin lihasikalan säiliöllä, joka oli sekoitettu kokeilua varten ensimmäisen kerran potkurisekoittimella kolme vuorokautta aiemmin. Tähän säiliöön liete saapui sikalan kuiluista alakautta. Säiliöstä lietettä oli vuosien ajan pumpattu edelleen viereiseen säiliöön sekä ajettu etäsäiliöihin. Siirtojen yhteydessä lietettä oli sekoitettu vain traktorikäyttöisellä pumppusekoittimella. Säiliön pohjalle oli tämän vuoksi sakkautunut runsaasti kuiva-ainetta, joka oli saatu potkurisekoittimen avulla liikkeelle. Silti separointia aloittaessa ei kuivajaetta muodostunut juuri lainkaan ennen kuin pumppusekoitin laitettiin sekoittamaan. Lietteen kuiva-ainepitoisuus oli normaalia korkeampi (5,4 %), ja kuivajaetta saatiin suuri määrä. Kuivajaekuormien täyttymisaikojen ja lietepinnan korkeusmittausten (kuva 4) perusteella kuivajaesaanto liete-kuutiometristä kasvoi koko ajan separoinnin edetessä. Tämä vahvistaa tiedon sianlietteen hyvin nopeasta lajittumisesta ja epätäydellisestä sekoittumisesta pumppusekoittajalla. Uppopumppu imee notkeinta lietettä, kunnes lopulta on jäljellä sakkaa.

Seuraavana kohteena olleella nautatilalla ei vastaavaa ilmiötä esiintynyt. Katetussa säiliössä oleva sakea liete oli sekoitettu edeltävänä päivänä, ja sekoitin käynnistettiin vasta separoinnin puolivälissä. Naudan lietelannan kevyet, suurikokoiset kuitujäänteet nousivat hitaasti kohti pintaa. Sen sijaan sianlietteen raskaat ja pyöreät kivennäispitoiset hiukkaset vajosivat nopeasti. Koska naudanlietteen tilavuudesta oli vettä huomattavasti pienempi osa kuin sianlietteessä, vesi olisi joutunut ”pujottelemaan” kelluvien pitkien kuitujen välissä, jolloin vesi raskaampana huuhto ne mukaansa. Pumppu oli molemmissa tapauksissa raakalietteen puolivälin korkeudella.

Kuvista 4 ja 5 on nähtävissä, että kuiva-aineen erotusteho oli varsin vakio, 11 - 15 m<sup>3</sup>/h. Separointilaitteen esitetietojen mukaiseen raakalietteen käsittelytehoon 80 m<sup>3</sup> tunnissa päästiin laimealla sianlietteellä, naudanlietteillä jäätiin 50 m<sup>3</sup>:n sijaan 30 - 35 m<sup>3</sup>:iin (kuva 5). Jakeiden tilavuus oli yhteensä noin 20 % suurempi kuin raaka-aineeksi käytetyn lietelannan tilavuus, koska kuiva-aineen ominaispaino oli alle puolet lietteen ja nestejakeen ominaispainosta 1 tn/m<sup>3</sup>. Kuivajakeen kompostoitumisen ansiosta levitettävä kuutiomäärä ei poikennut merkittävästi alkuperäisen lietteen määrästä. Jakeissa oli kuiva-ainetta sitä enemmän, mitä suurempi raakalietteen kuiva-ainepitoisuus oli.



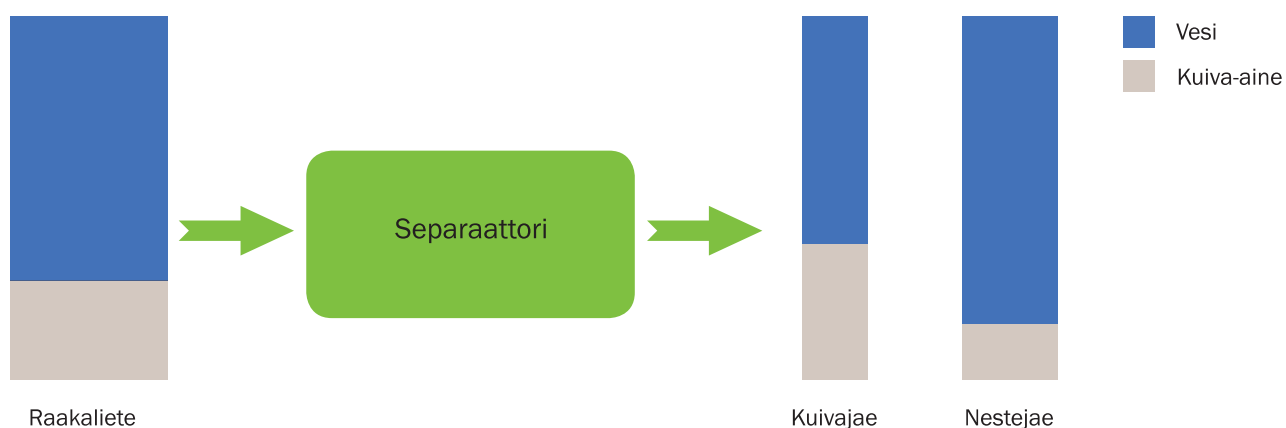
Kuva 4. Sian raakalietteen käsittelyteho Milstonin separaattorilla yhdellä kokeilutilalla.



Kuva 5. Naudan raakalietteen ja separoitujen jakeiden käsittelytehot.

### 3.3. Separointijakeet

Separoinnin tulokset on esitetty liitteessä 1. Separointitulosten tulkintaa varten tulee tunnistaa käsitteet raakaliete, nestejae, kuivajae, vesi ja kuiva-aine (Kuva 6). Kuivajae on separaattorista saatava tuote, jota varastoidaan ja käytetään kuivalannan tapaan. Se sisältää nimestään huolimatta vettä 65 - 90 %. Kuiva-ainetta on kaikki muu kuin vesi. Kaikki jakeet (liete, kuivajae, nestejae) sisältävät sekä vettä että kuiva-ainetta.



Kuva 6. Lietelannan jakaantuminen jakeiksi separoitaessa.

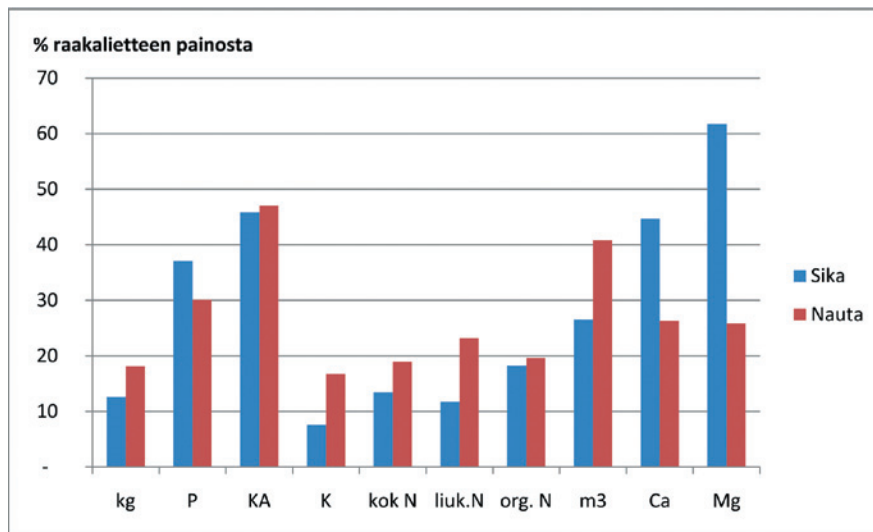
Jakeista otettiin näytteitä osanäytteinä työtä tehdessä. Kuuma sää on luultavasti aiheuttanut työpäivän mittaan ammoniumtyypen ja veden haihtumista. Kaikilla tiloilla nestejakeen määrän mittaus ei ollut mahdollista sopivan säiliön puuttuessa. Liukoisen tyyppien osalta määritettiin pelkästään ammoniumtyppi, ei nitraattityppeä. Tämä vastaa lanta-analyyysien yleistä käytäntöä. Saadut tulokset ovat vain suuntaa-antavia, johtuen pienestä otoksesta ja toiminnan menetelmäsittelilyluonteesta. Tieteellisen tutkimuksen vaatimaan tarkkuuteen ei vaihtelevissa käytännön olosuhteissa päästä. Tulosten voidaan kuitenkin todeta olevan samansuuntaisia verrattuna ulkomaisiin tutkimustuloksiin.

Lannan koostumus vaihtelee huomattavasti eläinryhmästä, ruokinnasta, lannankäsittelystä ja varastoinnista riippuen. Esimerkiksi van Ruiten (1998) on tutkinut lannan koostumusta ja sen vaikutuksia ravinteiden jakautumiseen. Sian fosforinkäyttöä tehostavan rehuhin lisättävän fytaasi-entsyymien ei tiedetä vaikuttavan ravinteiden jakautumiseen lietelannassa. Sen sijaan lannan luontainen hajoaminen sekä lietteen rakennetta hajottavat ns. liete-kuilujauheet vaikeuttavat mekaanista separointia.

### 3.3.1. Lietelannasta kuivajakeeseen saadut osuudet

Hjorthin ym. (2009) katsauksen mukaan ruuviseparaattorilla saadaan kuivajakeeseen keskimäärin kokonaismassasta 11 %, kuiva-aineesta 37 %, kokonaistypestä 15 % ja fosforista 17 % painosta. Tulosten hajonta oli kuitenkin hyvin suuri. Naudanlannasta erottui suurempi prosentti kuiva-aineesta ja sianlannasta puolestaan fosforista kuivajakeeseen.

TEHO:n kokeilussa saadut tulokset ovat samansuuntaisia (kuva 7): kokonaismassasta 10 - 18 %, kuiva-aineesta 43 - 50 % kokonaistypestä 9 - 21 % ja fosforista 25 - 41 % painosta. Lisäksi kuivajakeeseen saatiin liukoisesta tyyppistä 8 - 17 %, orgaanisesta tyyppistä 10 - 29 % ja kaliumista 2 - 18 % painosta.



Kuva 7. Keskiarvot TEHO:n kokeilussa sika- ja nautatiloilla kuivajakeeseen saadusta massasta, tilavuudesta, kuiva-aineesta, kokonaistypestä, liukoisesta ja orgaanisesta tyyppistä, kokonaisfosforista, kaliumista, kalsiumista ja magnesiumista prosenttiosuuksina raakalietteen sisällöstä.

Separointijakeiden analyysitulokset (liite 1) ovat fosforin osalta ristiriitaisia. Vaikka kaikissa kuivajakeen fosforipitoisuus on selvästi raakalietteä korkeampi, myös nestejakeen fosforipitoisuus on korkeampi kuin raakalietteen. Tämä ei ole mahdollista, sillä se edellyttäisi, että fosforia on tullut jostakin lisää separointivaiheessa tai kokonaismassaa on kadonnut esimerkiksi nesteen haihtumisen myötä. Kyse onkin todennäköisesti näytteenottoon liittyvien epävarmuustekijöiden yhteisvaikutuksista. Naudan lietelannan korkeampi kuiva-ainepitoisuus ja suuremmat korsirehusta peräisin olevat kuidut mahdollistivat suuremman kuivajaesaannon ja lopputuloksena saantoa vastaavat osuudet raakalietteen ravinteista. Kuivajakeiden fosforipitoisuus tonnia kohden oli siis korkeampi kuin nestejakeiden. Koska kuivajakeet olivat kevyempiä (0,29 - 0,50 t/m<sup>3</sup>) kuin nestejakeet (1,01 - 1,02 t/m<sup>3</sup>), saattoi kuivajakeen fosforipitoisuus olla tilakohtaisesti raakalietteä alemmikin, kun tarkasteltiin kuutiometrin ravinnesisältöä. Tämän vuoksi on selkeämpi tarkastella pitoisuuksia tonnia kohti.

Kokeilussa liukoisen tyyppien pitoisuuden nousu verrattaessa nestejakeesta raakalietteeseen, oli erittäin pieni, alle 1 %. Kuivajakeessa liukoisen tyyppien pitoisuus painoprosenteissa oli hieman raakalietteä ja nestejakeesta korkeampi. Keveydestä johtuen kuivajaekuution tyyppisisältö oli märkiä jakeita alempi. Kuivajakeen orgaanisen tyyppien pitoisuus oli kuitenkin odotusten mukaisesti nestejakeesta korkeampi. Edellä mainittujen summassa kokonaistyyppipitoisuus oli kuivajaetonnessa useimmiten hieman nestejakeesta korkeampi.

Edellä mainitut pitoisuudet eivät yksin kerro ravinteiden kokonaismäärien kerääntymisestä jakeisiin. Koska kuivajakeeseen parhaassakin tapauksessa kertyi vain 20 % lietteen massasta, ei mistään ravinteesta kertynyt kolmasosaa enempää kuivajakeeseen. Liukoisesta tyyppistä noin 80 % päätyi nestejakeeseen siksi, että nestejakeesta muodostui juuri tuo 80 % lietemäärästä. Loogisesti lietelannan kuiva-aineesta kertyi yli 40 % kuivajakeeseen. Selkeimmin separoitui kalium, josta noin 90 % kertyi nestejakeeseen. Kalsium ja magnesium

painottuivat sikatilalla nestejakeeseen ja nautatilalla kuivajakeeseen (vain yhdet näytteet). Yhdellä sika- ja yhdellä nautatilalla mitatut jakeiden pH-arvot olivat 8,3 - 8,7. Korkea pH merkitsee ammoniumtyypen kohonnutta haihtumisriskiä ja toisaalta hyviä olosuhteita struviitin kiteytymiselle, joka edesauttaa fosforipitoisen sakan laskeutumista.

Tulosten mukaan ruuviseparaattorilla ei toteudu usein esitetty teoria, jonka mukaan fosfori kertyy kuivajakeeseen ja liukoinen tyyppi nestejakeeseen. Kun seulan reikäkoko on 2 mm (70 % fosforista on hiukkasissa halkaisijaltaan alle 0,01 mm) (mm. Massé ym. 2005)), on selvää että sitä ei saada tehokkaasti seulottua kuivajakeeseen. Ulkomaisten tutkimusten mukaan (Hjorth ym. 2009) ruuviseulaseparaattori soveltuu lähinnä lietelannan esikäsitteilyyn poistamalla suurikokoisia kuituja, varsinaisen ravinteiden erottamisen vaatiessa laskeuttamista tai mikrosuodatusta. Linko on ainoa mekaaninen väline, jolla voidaan tehokkaasti poistaa fosforia lietteestä ilman kemikaalilisäyksiä.

### 3.3.2. Separointijakeiden käyttökokemuksia

**Nestejake** virtasi hyvin lannanlevittimissä ja imeytyi nopeasti maahan tuottaen silmämääräisesti arvioituna nopean lannoitusvaikutuksen. Hankalan kasvukauden (kuivuus) vuoksi pelloilta ei saatu luotettavia satotuloksia. Letkulevitysjälki korrenkasvuvaiheessa olleisiin kasvustoihin oli siisti. Pellon pinnalla ei näkynyt mitään lantamaista, saven väri oli hieman tummempi levitysraidan kohdalla (kuva 8), vaikka levityksen jälkeen ei satanutkaan. Päistepysähdyksessä tulleen lietelammikon kohdalla erottui hieman ”jauhoa” pellon pinnalla. Kasvuston väristä näki nestejakeen tyyppiä imeytyneen hyvin kasvien käyttöön.

Eräällä nautatilalla nestejakeetta ajettiin heti nurmen sängelle hajalevityksenä ja raakalietettä letkulevityksenä mm. rypsikasvustoon. Annosmäärä oli molemmilla noin 30 m<sup>3</sup>/ha. Viikon kuluttua ja 5 mm:n sademäärän jälkeen nestejakeen levityksestä nurmella ei näkynyt jälkeäkään lietteestä. Jo levitysvaiheessa oli mahdollista ajaa levitetyn paikan yli renkaiden likaantumatta. Letkulevitysraidat sen sijaan erottuivat tielle asti. Vaikka letkut olivat vieneet lietteen rypsikasvuston alle, maan pinnassa erottui n. 1 cm paksut raidat lietettä. Suuri kaliumpitoisuus saattaa rajoittaa nestejakeen tehokasta käyttöä nurmien lannoituksessa, suhde tyyppiin on kuitenkin samaa luokkaa kuin lietteessä.

**Kuivajake** kompostoitui höyryten ja sai eräällä tilalla syksyksi sammalkasvuston pintaansa. Jakeen haju muuttui miedon multamaiseksi. Kompostoituminen oli sikatiloilla täydellisempää kuin nautatiloilla, mihin saattaa olla synnä sianlietteen kuivajakeen korkeampi tyyppipitoisuus. Kuivajake on hienojakoisena ja tasalaatuisena helppoa levitettävää kaikille kuivalantavaunuille.



Kuva 8. Nestejakeen letkulevitysjälki erottuu maassa vain aavistuksen tummempana raitana. Kuva: Sakari Lehtinen

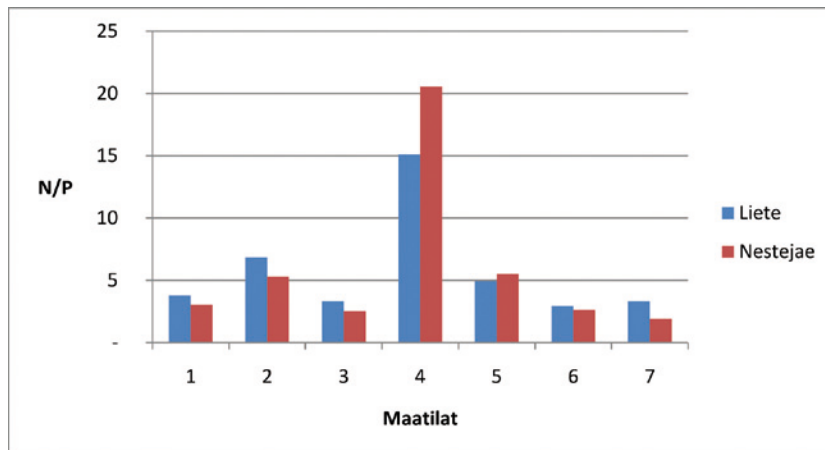
## 4. Separoinnin hyödyt

### 4.1. Ravinnesuhteiden paraneminen

Kotieläintilojen kannalta olisi edullista saada fosforia pois lietelannasta, mikäli fosfori on levitystä rajoittava tekijä fosforilukujen takia. Mikäli nestejakeessa olisi vain vähän fosforia, sitä voisi käyttää suurempina hehtaariannoksina omille pelloille ja typpilannoitettävyyden tarve vähenisi. Tästä näkökulmasta separoinnin vaikutus jäi TEHO:n kokeilussa vaatimattomaksi (kuva 9). Typpi- ja fosforimäärien suhde nousi nautatiloilla vain hieman ja kolmella sikatilalla suhde jopa laski. Kaikilla kokeilutiloilla lannan ravinnesuhteet olivat ympäristötuen ns. taulukkoarvojen (Mavi 2009) perusteella laskettuja suhteita huomattavasti sopivammat kasvien tarpeisiin. Liukoista typpeä oli lietekuutiossa enemmän ja fosforia vähemmän.

Kuvassa 9 erottuu yhden sikatilan (tila 4) liete poikkeuksellisen korkealla N/P-suhteellaan. Liete oli sellaisenaan ihanteellista viljan lannoitukseen savimaalla. Tilan 2200 m<sup>3</sup>:n lietesäiliötä sekoitettiin separoinnin aikana kahdella tehokkaalla potkurisekoittimella, mutta kun säiliö tyhjennettiin syksyllä, oli pohjalla runsaasti sakkaa, joka selittää separoidun lietteen alhaisen kuiva-aine- ja fosforipitoisuuden.





Kuva 9. Typpi/fosfori-suhde lietelannassa ja separoidussa nestejakeessa. Arvot on laskettu ympäristötukiehtojen kevätlevityksen liukoisuuksien, typpi 100 % ja fosfori 85 %. Tilat 1 - 4 ovat sikatiloja ja 5 - 7 nautatiloja.

## 4.2. Kuivajakeen taloudellinen arvo vastaanottajalle

Lannan arvo määrittyy korkeafosforisella tilalla lähinnä liukoisen typen mukaan, fosforiköyhälle viljatilalla pellolle fosfori on arvokkain osa ja erityisesti luomuviljelijä arvostaa ravinteiden ohella orgaanista ainesta.

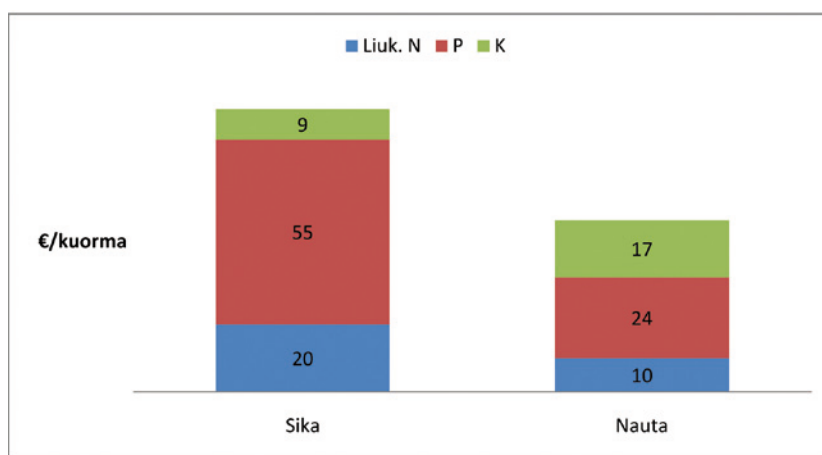
Kokeilun yhtenä tavoitteena oli selvittää, saadaanko separoinnin avulla ylimääräinen lantafosfori sitä tarvitseville pelloille edullisesti, vaikka siirtomatka olisi pitkä. Tätä selvitettiin laskemalla separoidun 13 m<sup>3</sup>:n kokoisen kuivajaeuorman ravinteiden arvo. Samoilla ravinnesuhteilla olevaa NPK-lannoitetta ei ole markkinoilla, joten ravinteet arvioitiin erikseen. Lokakuun 2010 hinnoilla lannoitetyppi maksaisi NPK-lannoitteessa 1,07 €/kg, lannoitefosfori 2,3 €/kg ja lannoitekalium 0,84 €/kg. TEHO-hankkeen internet-sivuilta [www.ymparisto.fi/teho](http://www.ymparisto.fi/teho) löytyvän MTT:n laskurin avulla laskutoimitukset voi tehdä päivän hinnoilla.

NPK-suhde oli separointikokeilussa mukana olleilla sikatiloilla kuivajakeessa keskimäärin 1,5 - 1,8 - 0,8 ja lypsykarjatilalla 0,7 - 0,8 - 1,6. Pelkän liukoisen typen määrän mukaan kuorman arvo olisi 10 € nautatilalla ja 20 € sikatilalla (taulukko 1). Mikäli vastaanottajalla on tarvetta fosforille, lantakuorman arvo kolminkertaistuu (kuva 10). Mikäli tarvetta on myös kaliumille (esim. perunanviljelyssä), se tuo lisäarvoa varsinkin naudanlannalle. Kuljetuskustannuksiksi voidaan arvioida 2 €/km ja levityskustannukseksi 25 €/kuorma. Kuivajaeuorman taloudellinen arvo voi siis olla 10 - 90 euroa riippuen vastaanottavan pellon ravinnetilasta ja viljelykasvin ravinnetarpeesta. Pelkän typen arvolla ei kateta edes levityskustannusta, kun taas kaikkien ravinteiden tullessa tarpeeseen, katetaan myös 30 kilometrin rahti.

Taulukko 1. Separoitujen kuivajakeiden arvo NPK-lannoitteiden hinnan kautta määriteltynä sian- ja naudanlietteelle 13 m<sup>3</sup>:n kuivajaekuormalle.

Sianliete	Liuk. N	P	K	
Lannoitehinta	1,07	2,3	0,84	€/kg
	19	24	10	kg/kuorma
	20	55	9	€/ravinne/kuorma
<b>Yhteensä</b>			84	€/kaikki ravinteet/kuorma

Naudanliete	Liuk. N	P	K	
Lannoitehinta	1,07	2,3	0,84	€/kg
	10	10	21	kg/kuorma
	10	24	17	€/ravinne/kuorma
<b>Yhteensä</b>			51	€/kaikki ravinteet/kuorma



Kuva 10. Kuivajaekuorman (13 m<sup>3</sup>) arvo lannoiteravinteiden hinnoin laskettuna.

Lannan orgaanisella aineksella on myös maanparannusarvoa pellolle, mutta sen arvon laskemiseen ei ole yhtä yksinkertaista laskutapaa kuin ravinteille. Mikäli vertailukohtaksi otetaan maanparannusturpeen ja -mullan ostohinta 3 - 20 €/m<sup>3</sup>, saadaan kuivajaekuorman maanparannusarvoksi noin 40 - 260 €.

### 4.3. Separoinnin kustannukset ja hyöty lannantuottajalle

Laskimme todellisin lähtötiedoin mahdollisuuksia tehostaa suunnitteilla olevan yhteissikalan lannankäyttöä separoinnin avulla. Suunniteltu eläinmäärä on 3000 lihasikaa ja liete-lannan tuotanto vajaan 6000 m<sup>3</sup> vuodessa. Tilan nykyinen lannantuotanto on noin 1000 m<sup>3</sup>.

Omaa lannanlevitysalaa on käytettävissä 15 km:n säteellä noin 300 ha, ja lähitiloilla on kiinnostusta lietteen vastaanottoon. Luovutetun lannan lannoitushyöty meni tilan ulkopuolelle, mutta kustannukset jäisivät sikalan maksettavaksi.

Separoinnin kannattavuudesta laadittiin karkea laskelma käyttäen lähtötietoina lohkojen etäisyyksiä, pinta-aloja ja fosforiluokkia. Levitysalan jakautuminen fosforiluokkiin vastaa Viljavuuspalvelun analyyseja ko. kunnasta (Viljavuuspalvelu 2010). Lannan ja jakeiden arvot johdettiin kokeilun tuloksista (taulukko 2). Oletuksena oli, että kaikki kasvien tarvitsema fosfori saadaan lannasta. Separointivaihtoehdossa laskettiin, että ulkopuolelle luovutettaisiin kuivajae ja omat pellot saisivat nestejakeesta aiempaa suuremman osan tarvitsemastaan typestä. Täydennystypen hinta laskettiin salpietarin vuoden 2010 hinnoilla.

Raakalietteellä lannoitettaessa, karjanlantapoikkeusta hyödyntäen (15 kg P/ha), lannan fosforimäärä vastasi peltojen sallittua lannoitustasoa. Mikäli oletetaan, että karjanlantapoikkeus jäisi pois tulevalle ympäristötukikaudella, tulisi tilan levittää vuosittain noin 1000 m<sup>3</sup> lietelantaa muiden tilojen pelloille. Samalla sen olisi ostettava omien peltojen typpilannoitukseen vuosittain noin 12 t enemmän salpietaria. Karjanlantapoikkeuksesta luopumisen lisäkustannukset olisivat näin noin 3400 € vuodessa (rahti 200 €, lisätyppi 3300 €). Sen sijaan käyttämällä separointia ja levittämällä nestejake mahdollisimman lähelle ja kuivajae kauimpana sijaitseville omille lohkoille sekä muiden tilojen lohkoille 1000 m<sup>3</sup> (400 tonnia) säästettäisiin 2500 € bruttona (rahti 500 €, typpi 2000 €). Jos separaattorin pääomakustannusten arvioidaan olevan 5000 € ja käyttökustannusten 3000 € vuodessa, ei hankinta ole perusteltu. Urakoitsijalla teetettynä kustannukset voisivat olla 7000 €. Tässä esimerkissä ajomatka vastaanottajien pelloille on suhteellisen lyhyt, keskimäärin 2,5 km. Jos ajomatka olisi 25 km, kuten kotieläinkestittymien suurissa yksiköissä saattaa olla, kuljetuskustannusten säästö olisi 5000 €, jolloin separoinnin kustannukset saataisiin katetuiksi.

Taulukko 2. Yllä: Yhteissikalaesimerkissä käytetyt separointitulokset. Alla: Levitysesimerkki, jossa karkean kivennäismaan ohran (satotaso 4000 kg/ha) lannoituslaskelmat.

Jae	Teho m <sup>3</sup> /h	Kuiva-aine	Tilavuuspaino kg/m <sup>3</sup>	Liuk. N, kg/m <sup>3</sup>	P, kg/m <sup>3</sup>	K, kg/m <sup>3</sup>	Massa- osuudet, %	Osuus fos- forista, %
Raakaliete	60	5	1	3,17	0,85	4,8	100	100
Separoitu, kuivajae	11,6	21,5	0,43	1,2	1,08	1,12	8	24
Separoitu, nestejae	55	3,5	1	3,2	0,7	5	92	76

Jae	Karjan- lanta- poikkeus	P-luokka	Levitysmäärä, m <sup>3</sup> /ha	Liuk. N, kg/ha	Liuk. P, kg/ha	K, kg/ha	Lisätyypeä, kg/ha	Salpieta- ria, kg/ha
Raakaliete	on	hyvä	20,7	65,6	15,0	99,4	24,4	90,3
Raakaliete	on	tydyttävä	28,4	90,0	20,5	136,3	0,0	0,0
Raakaliete	ei	hyvä	13,8	43,7	10,0	66,2	46,3	171,3
Separoitu, nestejae	ei	hyvä	16,8	53,8	10,0	84,0	36,2	134,2
Separoitu, kuivajae	ei	tydyttävä	24,0	28,8	22,0	26,9	61,2	226,7

## 4.4. Muita hyötyjä

Kokeilun lähtökohtana oli saada ylimääräinen fosfori sitä tarvitseville pelloille, mutta se ei ole ainoa tapa hyödyntää ruuviseparaattoria. Tästä saatiin kokeilun yhteydessä useita hyviä esimerkkejä. Tilakohtaisesti riittäviä perusteita separoinnille saattavat olla myös nestejakeen nopea imeytyminen maahan sekä hygieeninen turvallisuus nurmi- ja muussa kasvustolevityksessä. Myös suurimpiin lypsykarjapihattoihin tuloillaan oleva huuhtelulanpoisto edellyttää veden kierrätystä separoituna. Samoin separointia voidaan käyttää esimerkiksi edellä mainitun biologisen hajunpoiston esikäsitteilyvaiheessa. Lisäksi esille ovat tulleet seuraavat hyödyntämismahdollisuudet:

### Luomutilan pelloille orgaanista ainetta

Kokeilussa mukana olleella luomulypsykarjatilalla ruokinta on hyvin korsirehuvaltaista ja korsirehukin normaalia kuituisempaa. Tämä näkyi myös lannassa: suurikuituista kuiva-ainetta oli runsaasti ja tyypeä niukasti. Kuivajaetta irtosi jopa 40 % lietemäärästä. Luomutila arvosti orgaanista ainesta savimaiden kasvukunnon ylläpitäjänä ja halusi saada käyttöönsä erityisesti sopivasti fosforia ja runsaasti orgaanista ainesta sisältävän kuivajakeen. Luomupeltojen typpitalous on kunnossa jo pelkän palkokasvien biologisen typensidonnan kautta. Nestejake kiinnostanee naapurustoa, johon aiemminkin on luovutettu lietettä. Kuivajaetta kompostoimalla saadaan myös rikkasiemeniä tuhottua.

### Säästöä multatuotannon turvehankintoihin

Eräällä kokeilutilalla lihasikalan lietelantaa jalostettiin peltolevityksen lisäksi myytäväksi multatuotteeksi. Myyntihinta kattaa karkeasti ostettavien turpeen ym. ostettavien ainesosien ja käsittelytyön kustannukset. Multamyynnillä säästetään ylimääräisen lannan kuljetamisesta koituvat kustannukset ja työ jakaantuu tasaisemmin vuoden mittaan. Kuivajake näytti soveltuvan mullan valmistukseen hyvin säästäten ostoturpeen tarvetta. Täsmällisiä laskelmia asiasta ei tehty, koska multatuote ei ehtinyt käyttövalmiiksi kokeiluaikana. Separoinnin tuoma lisätyömäärä tuntui kuitenkin suurelta.

### Separointi ja biokaasulaitos

Kokeilussa testattiin myös mahdollisuutta yhdistää lietteen separointi Vambio Oy:n biokaasuprosessiin. Separattorin 2 mm:n seula ei kuitenkaan pystynyt erottamaan prosessissa hyvin hienojakoiseksi hajonnutta mädätteen kuiva-ainetta. Myös osakastilalla mädätettä sisältänyt sianliete separoitui huonosti.

Eräs mahdollisuus tehostaa biokaasulaitoksen toimintaa olisi nostaa kauempaa kuljetettavan lietteen kuiva-ainepitoisuutta separoinnilla ja vähentää näin kuljetuskustannuksia.

Prosessin nestetarve tyydytettäisiin tällöin läheltä saatavalla lietteellä, ja muualta tuotaisiin hajoavaa orgaanista ainetta kuivajakeena. Vambion tilanne oli kuitenkin päinvastainen. Kuljetuskustannukset eivät olleet kynnyskysymys, koska sikalat sijaitsevat lähellä laitosta ja liete tulee osin putkia pitkin. Laitokselle otetaan vastaan niin paljon kuivaa materiaalia, että sianlietteen lisäksi prosessiin jouduttiin lisäämään vettä. Tämä lisää kustannuksia ja samalla mädäte jää ravinnearvoltaan laimeammaksi. Laitosta kiinnostikin sianlietteen kuiva-aineen vähentäminen separoimalla. Ongelma ratkaistiin erottamalla mädätteestä kuivajaetta lingolla ja kierrättämällä tarvittava määrä nestejaetta takaisin prosessiin.

### **Separointi ja syöttöletkumenetelmä**

Syöttöletkumenetelmässä lietelanta syötetään lietesäiliöstä järeällä pumpulla ja satoja metrejä pitkällä siirtoletkulla pellolla liikkuvan kevyen traktorin kuljettamaan levityslaitteeseen. Näin vähennetään maan tiivistymisen riskiä. Syöttöletkumenetelmä tarjoaa lisää levitysaikaa, ilman maan tiivistymistä, arvokkaalla hetkellä ennen kevätkylvöjä. Kokonaiskustannuksia menetelmä ei välttämättä säästä: vaikka levitinpää liikkuukin 60 kW:n nelivedolla, järeä pumppu vaatii jopa yli 100 kW:n traktorin. Kokonaistyömääräkään ei välttämättä vähene, koska putkistojen siirtely on työlästä.

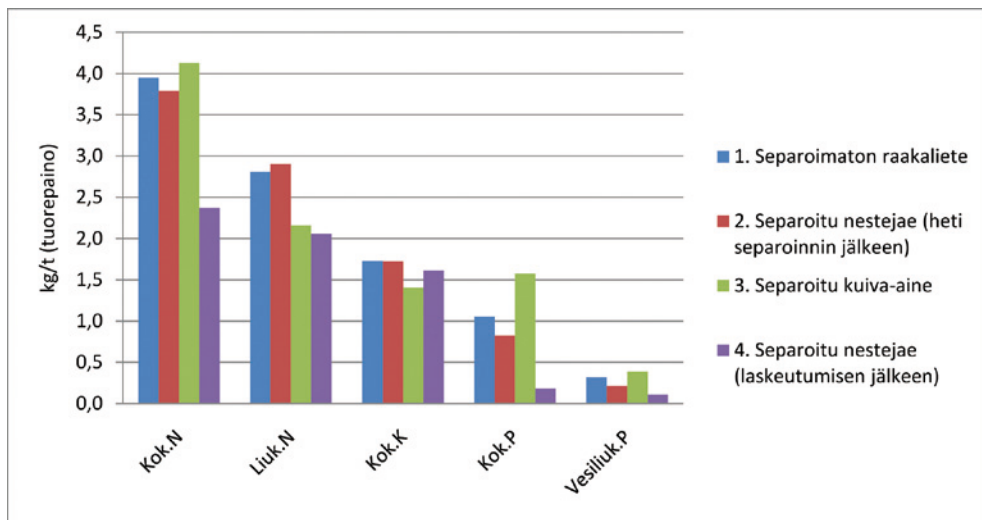
Yhdellä TEHO-hankkeen tilalla kokeiltiin syöttöletkulevitystä multausrakenteella ennen kylvömuokkausta (kuva 11). Levitys onnistui kosteissa olosuhteissa, joissa lietevaunulla ei olisi voinut ajaa. Menetelmä soveltuu suurille selkeän muotoisille lohkoille, joilla ei ole esteitä. Järjestelmään on saatavissa levitysyksikköön 200 m pitkiä itsekelaavia letkukeloja sekä siirtoputkistoon välipumppuja. Näin siirtomatka ei ole teknisiä rajoituksia. Levityksikön kuljettajan osaaminen ja hyvä levitysjon suunnittelu ovat ratkaisevia työn onnistumiseksi. Koska lietesäiliön lähipelloilla fosforiluvut ovat usein jo valmiiksi korkeita, soveltuisi syöttöletkumenetelmälle parioksi separointi. Kuivajae voidaan tällöin kuljettaa kauemmille, vähäfosforisille lohkoille. Separointi myös alentaa lietteen kuiva-ainepitoisuutta, mikä parantaa syöttöletkumenetelmän onnistumisen kannalta kriittistä pumpattavuutta.



Kuva 11. Lietelannan syöttöletkulevitystä multaavalla laitteistolla keväällä 2010. Kuva: Airi Kulmala

## Separointi ja lietteen laskeuttaminen

TEHO-hanke oli vuonna 2009 mukana, kun Milstonin separaattoria kokeiltiin emakkosikalan lietteellä. Saatujen tulosten mukaan muutaman tunnin laskeutuminen tehosti fosforin erottumista huomattavasti (kuva 12). Fosforipitoisuudet olivat: raakaliete 1,03 kg/m<sup>3</sup>, kuivajae 2 kg/m<sup>3</sup>, nestejae heti 0,83 kg/m<sup>3</sup> ja säiliön yläosasta laskeutumisen jälkeen 0,18 kg/m<sup>3</sup>. Näin ollen laskeuttamisella oli pelkkää separointia huomattavasti suurempi vaikutus. Laskeutuneen sakan määräosuutta ja pitoisuuksia ei kuitenkaan tutkittu, joten tarkkoja laskelmia ei ole mahdollista tehdä. Milston Oy:n toimittamien tietojen mukaan vastaavan koejärjestelyn tulokset eräässä lihasikalassa olivat: liete 0,94 kg/m<sup>3</sup>, kuivajae 2,15 kg/m<sup>3</sup>, nestejae heti 0,89 kg/m<sup>3</sup> ja säiliön yläosasta laskeutumisen jälkeen 0,60 kg/m<sup>3</sup>. Myöskään tästä kokeilusta ei ole tietoa laskeutuneen sakan osalta. TEHO:n separointikokeilussa ei tutkittu nestejakeen laskeuttamista.



Kuva 12. Aiemman separointikokeilun tuloksia, kun nestejakeen annettiin laskeutua (TEHO-hanke, julkaisematon aineisto 2009).

Eräällä lounaissuomalaisella sikatilalla laskeutetaan kuiva-ainetta pumppaamalla lietettä sekoittamatta säiliöstä seuraavaan säiliöön ja edelleen varastoaltaisiin. Myös ensimmäisten säiliöiden sakea liete levitetään lietteenä peltoon. Viimeisten säiliöiden lietettä ei tarvitse erikseen sekoittaa levitystä varten, ja letkulevitin toimii notkealla lietteellä hienosti. Pienet saostussäiliöt on helppo sekoittaa kunnolla. Sakeamman lietteen N/P-suhde oli tilalla eräässä näytteessä 4,6 ja laihemman lietteen 9,6. USA:laisessa tutkimuksessa (Ndegwa ym. 2001) todettiin laskeuttamisen olevan tehokkainta kun raakalietteen alkuperäinen kuiva-ainepitoisuus on 1 - 2 %. Laskeutusta harjoittavan tilan lietteiden kuiva-ainepitoisuudet olivat juuri tuossa luokassa. Vastaavaa siirtopumppausta säiliöstä toiseen tehdään lukuisilla tiloilla ja lietteen sakeuserot ovat silmin havaittavia. Mahdollisuus hyötyä erilaisista ravinnesuhteista kuitenkin usein menetetään, kun erilaatuisia lietteitä ei analysoida lannoitussuunnittelun pohjaksi.

## 5. Johtopäätökset

Lietelannan separointi ruuviseulaseparaattorilla ei sellaisenaan ole joka tilan ratkaisu liian fosforin erottamiseen. Muihin lannan jalostukseen, varastointiin ja levitykseen liittyviin ongelmiin separointi kuitenkin vaikuttaa toivotulla tavalla.

TEHO:n kokeilu osoitti, että lannan koostumus poikkeaa huomattavasti eri maatilojen välillä. Erityisesti sian lietelannan voimakas lajittumistaipumus kiinnitti huomiota. Todennäköisesti samalla tilallakin lannan pitoisuudet eri lietesäiliöissä ja säiliön eri kerroksissa poikkeavat merkittävästi toisistaan. Lantanäytteiden tutkiminen rajoittuu kuitenkin yleensä nitraattiasetuksen tai ympäristötuen sitoumusehtojen määräämään, eli otetaan vain yksi näyte viidessä vuodessa. Analysoinnin hinta on noin 50 - 80 euroa, ja asianmukainen näytteenotto aiheuttaa lisätyötä sesonkiaikaan. Pikamittaukset, tiheämmät laboratoriotutkimukset ja ravinesuhteiden erojen tiedostaminen voisivat tarkentaa ravinteiden käyttöä huomattavasti. Mikäli pitoisuustietoja olisi käytettävissä, voitaisiin pitoisuussuhteiltaan erilaiset lannat kohdistaa sopivimmille lohkoille. Näin saavutettaisiin separoinnin kaltaisia vaikutuksia ilman investointi- ja työ kustannuksia.

Myös Baltic Sea 2020 -yhteistyöryhmä kiinnittää huomiota lannan ravinnepitoisuuksien vaihteluun säiliössä ja suosittelee lannan ravinnepitoisuuksien levityksenaikaista seuranta (Foged 2010). Äärimmillään seuranta on lannan aiheuttamista ympäristöongelmista kärsivässä Hollannissa, jossa kuorman tarkkuudella seurataan ja rekisteröidään lannan ravinteiden sijoittumista. Suomessa ei liene tarvetta äärimmäiselle kontrollille, mutta tarkempi lietelannan tuntemus kohentaisi peltoviljelyn kannattavuutta ja sadon laatua ympäristönsuojelun ohella. Tutkimustyötä tarvittaisiin suomalaisten lietelantojen rakenteen ja pitoisuuksien selvittämiseksi, jotta lietelannan käsittelyä voidaan kehittää.

Suurimmilla kotieläinyksiköillä on rajallisesti aikaa käytettävissä separoinnin tai muun lannankäsittelyjärjestelmän käyttöön. Milston-separaattorin suuri teho ja hyvä siirrettävyys mahdollistavat sen yhteiskäytön useilla tiloilla. Lannanlevitysurakoitsijan palvelukokonaisuuteen separointi sopisi nimenomaan levityssesonkien ulkopuolella tehtynä. Parhaimmillaan kotieläintiloille voisi tarjota palvelua, jossa urakoitsija vastaa separoinnin lisäksi ylimääräfosforin kuljettamisesta eläintiheään alueen ulkopuolelle hyväksytyyn käyttöön. Separointi saattaa myös tuottaa laskeutumiselle ihanteellisen 1 - 2 % kuiva-ainepitoisuuden (Ndegwa ym. 2001) tai helpottaa mikrobiologista jatkokäsittelyä.

Tulevia hallinnollisia toimenpiteitä suunniteltaessa kannattaa huomioida kokemukset tuista rajoituksineen. Maatiloille saatavan hyödyn lannan käsittelystä saattavat mitätöidä esimerkiksi multaustuen (20 m<sup>3</sup>/ha) ja lannan vastaanoton tuen (10 m<sup>3</sup>/ha) minimien kaltaiset asiat, jos tilalla on jalostettu lantaa niin korkeisiin pitoisuuksiin, että sallitut ravinnemäärät ylittyvät minimikuutiomääriä käytettäessä. Toisaalta laimeampia jakeita syysviljan kylvölannoitukseen käyttävä törmää helposti syyslevityksen alhaisiin hehtaariannoksen enimmäismääriin, vaikka ravinteet tulevat kasvuston käyttöön. Rajanveto lannan ja lannoitevalmisteiden välillä voi tuottaa yllätyksiä, kun jalostettuja ravinnetuotteita luovutetaan toisille tiloille. Pelkkä lietelannan mekaaninen separointi ei kuitenkaan tee lannasta lan-

noitevalmistetta.

Karjanlantapoikkeus on asetettu kyseenalaiseksi ympäristönsuojelun kannalta tarkasteltuna. Poikkeusta mahdollisesti muutettaessa, yksi vaihtoehto olisi sallia poikkeus vain tapauksissa, joissa lannan ravinnesuhteita on muokattu tarkoituksenmukaisiksi (nollaan lietteen fosforia on vaikea saada) ja lohkon fosforitase pidetään alijäämäisenä. Näin saataisiin lantatyppiä käytettyä hyväksi laajalla peltoalalla.

Separointiin liittyvät laitehankinnat, urakointi tai jakeiden käyttö edellyttävät nykyisillä hintasuhteilla useimmiten tukea ollakseen toimijoille kannattavaa. Lannan ympäristöystävällisille käsittelylaitteille ei myönnetä investointitukia, jotka kuitenkin olisivat ilmeisen tarpeellisia. Tukea olisi mahdollista kohdistaa myös lietalannan käsittelyyn, kunhan huomioidaan menetelmien laaja kirjo. Todennäköisesti ympäristönsuojelullisesti tehokas tukikohde olisi myös nykyistä kattavamman näytteenoton tukeminen ravinnesuhteiltaan erilaisten lantojen ohjaamiseksi sopiville pelloille.

## Lähteet

Aakkula, J., Manninen, T., Nurro, M. 2010. Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seurantatutkimus (MYTVAS 3) väliraportti. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja.

Foged, H. 2010. Cost-effective phosphorus management measures to reduce leaching from intensive rearing of livestock. Baltic Sea 2020 -julkaisuja.

Hjorth, M., Christensen, K., Christensen M., Sommer, S. 2009. Solid-liquid separation of animal slurry in theory and practice. *Agronomy for sustainable development*. 30 (2010) 153 - 180.

Hyötylanta 2010. Tutkimusryhmän esitys Maatalouden ympäristöseminaarissa Helsingissä 7.10.2010.

Iho, A. 2010. Essays on socially optimal phosphorus policies in crop production (Yhteiskunnallisesti optimaalinen fosforinkäyttö kasvintuotannossa). Helsingin yliopisto, maatalousmetsätieteellinen tiedekunta. Väitöskirja 26.22.2010.

Massé L., Massé D.I., Beaudette V., Muir M. 2005. Size distribution and composition of particles in raw and anaerobically digested swine manure, *Transaction of the American Society of Agricultural and Biological Engineers*. ASAE 48 (5): 1943 - 1949.

Mavi 2009. Opas ympäristötuen ehtojen mukaiseen lannoitukseen 2007 - 2013. Maaseutuvirasto, Helsinki. Maaseutuviraston julkaisusarja: Hakuoppaita ja ohjeita. 27 s.



Milston Oy 2011. [www.milston.fi](http://www.milston.fi)

Ndegwa P., Zhu J., Luo, A. 2001. Effects of solid levels and chemical additives on removal of solids and phosphorus in swine manure, *Journal of Environmental Engineering* 127(12): 1111 - 1115.

Nikama, J. 2008. Sian lietalannan biologisen hajunpoistoprosessin mikrobiston identifiointi DNA-sekvenssien perusteella. Opinnäytetyö, Lahden ammattikorkeakoulu.

Pietola, L., Alasuutari, S., Palva, R., 2008. Lietelannan kemiallinen fraktiointi: fosforin saostus. Seminaariesitelmä Maataloustieteen päivät 2008. Viikki, Helsinki.

Salmi, P., Kulmala, A., Lillunen, A., Koskinen, J. 2010. Karjanlannan typpi- ja fosforimäärät sekä niiden jakautuminen Satakunnassa ja Varsinais-Suomessa. Teho-hankkeen julkaisuja 4/2010, 29 s.

Uusitalo, R., Jansson, R., 2002. Dissolved reactive phosphorus in runoff assessed by soil extraction with an acetate buffer. *Agricultural and Food Science in Finland* 11, 4: 343 - 353.

Vahtera, E. 2007. The role of phosphorus as a regulator of bloom-forming diazotrophic cyanobacteria in the Baltic sea. Helsingin yliopisto, biotieteellinen tiedekunta. Väitöskirja 30.11.2007.

Van Ruiten adviesbureau, 1998. Phosphate recovery from animal manure the possibilities in the Nederland. URL: <http://www.nhm.ac.uk/research-curation/research/projects/phosphate-recovery/VanRuiten.pdf>

Viljavuuspalvelu 2010. Tuloslaari. <http://www.tuloslaari.fi> [Viitattu 10.11.2010].

Willers, H., Aarnink, A., Ogink, N., Hamelers, H. 2000. On-farm processing of urine and solid manure fractions of fattening pigs in the Hercules system. Wageningen university, Netherlands. URL: <http://www.mestverwerken.wur.nl/Info/Bibliotheek/pdf/HerculesSystem.pdf>

## Liite 1. TEHO:n separointikokeilun tuloksia

\* = pumpun kapasiteetti rajoitti työtehoa

\*\*= huomioitu fosforille 85 % liukoisuus

Kokeilutilat	Separoinnin teho, m <sup>3</sup> /h	Kuiva-aine%	Tilavuus-paino, t/m <sup>3</sup>	Kok.N, kg/tn	Org.N, kg/tn
<b>1. Lihasikala (avoallas, vanhaa sakkaa *)</b>					
raakaliete	37,60	5,38	1,03	6,34	1,60
kuivajae	14,90	25,36	0,50	5,96	2,20
nestejae	31,00	6,22	1,02	6,12	1,25
<b>2. Lihasikala (avoallas, kevytsorakate)</b>					
raakaliete		4,39	0,96	5,28	1,46
kuivajae	11,00	34,76	0,43	5,60	2,39
nestejae		4,13	1,02	5,14	1,34
<b>3. Lihasikala (avoallas, sis. mädätettä *)</b>					
raakaliete	32,10	6,40	1,02	6,13	1,58
kuivajae	0,90	32,45	0,29	8,06	3,78
nestejae	30,10	8,37	1,02	6,07	1,56
<b>4. Yhdistelmäsikala (avoallas, muodosti sakkaa)</b>					
raakaliete	75,00	1,00	1,02	2,57	0,78
kuivajae	10,10	9,64	0,45	3,78	1,31
nestejae	71,30	0,82	1,01	2,06	0,29
<b>5. Lypsykarja (parsinavetta, katettu säiliö)</b>					
raakaliete	32,60	9,34	1,01	4,67	1,72
kuivajae	13,10	21,89	0,48	5,24	2,59
nestejae	25,50	6,62	1,02	4,48	1,52
<b>6. Lypsykarja (avosäiliö *)</b>					
raakaliete		7,34	1,02	3,03	1,57
kuivajae	11,00	18,94	0,42	4,00	2,76
nestejae		6,06	1,01	2,78	1,36
<b>7. Lypsykarja (katettu säiliö, luomu *)</b>					
raakaliete	26,10	7,38	1,01	3,39	2,17
kuivajae	10,80	21,08	0,42	3,24	2,21
nestejae	21,40	4,44	1,02	2,48	1,20
<b>Maatalouden ympäristötuen mukaiset taulukkoarvot</b>					
<i>sian lietelanta</i>					
<i>naudan lietelanta</i>					

Liuk.N, kg/tn	P, kg/tn	K, kg/tn	Kok.N, kg/m <sup>3</sup>	Liuk. N, kg/m <sup>3</sup>	P, kg/m <sup>3</sup>	K, kg/m <sup>3</sup>	Vesiliuk.P, mg/kg	N/P-suhde **
4,74	1,47	2,74	6,53	4,88	1,51	2,83	181,56	3,79
3,76	2,49	1,93	2,98	1,88	1,24	0,96	331,61	1,78
4,87	1,87	4,02	6,24	4,97	1,91	4,10	154,64	3,06
3,82	0,66	5,17	5,07	3,67	0,63	4,96	174,85	6,85
3,21	3,05	2,70	2,41	1,38	1,31	1,16	280,37	1,24
3,80	0,85	4,55	5,24	3,88	0,86	4,64	173,22	5,28
4,55	1,60	3,87	6,25	4,64	1,63	3,95	303,48	3,34
4,28	3,79	2,21	2,34	1,24	1,10	0,64	415,26	1,33
4,51	2,09	4,76	6,19	4,60	2,14	4,85	307,67	2,53
1,79	0,14	1,75	2,62	1,83	0,14	1,79	114,89	15,13
2,47	0,97	0,47	1,70	1,11	0,44	0,21	179,85	2,99
1,77	0,10	1,48	2,08	1,79	0,10	1,49	68,23	20,55
2,95	0,70	5,32	4,72	2,98	0,71	5,37	92,07	4,94
2,65	1,29	4,93	2,52	1,27	0,62	2,37	118,41	2,42
2,96	0,63	6,05	4,57	3,02	0,64	6,17	87,40	5,51
1,46	0,59	4,22	3,09	1,49	0,60	4,30	155,91	2,93
1,24	0,86	2,95	1,68	0,52	0,36	1,24	236,60	1,69
1,42	0,63	4,82	2,81	1,43	0,64	4,87	120,93	2,66
1,22	0,43	3,10	3,43	1,23	0,44	3,13	115,04	3,33
1,03	0,63	2,85	1,36	0,43	0,26	1,20	115,60	1,92
1,28	0,37	3,18	2,52	1,31	0,38	3,24	112,94	4,05
				2,70	0,80	2,20		3,97
				1,80	0,50	3,30		4,24

# OSA V

## GeoTrap - uusi menetelmä typen poistoon maatalouden jätevesistä ja hyötykäyttöön lannoitteena

Taina Laiho ja Vesa Niemi

### SISÄLLYS

Johdanto	67
1. Materiaali	68
1.1. Taustaa	68
1.2. Toimintaperiaate	69
1.3. Käyttö	70
2. Tavoitteet	71
3. TEHO-hankkeen kokeiluja	71
3.1. Lantakokeilut	71
3.2. Jaloittelutarhakokeilu	75
3.3. Vehnän viljely -kokeilu	76
4. Tulevaisuus	78
Lähteet	78

## Johdanto

Ammonium on tärkeä kasviravinne, jonka leviäminen luontoon jätevesien mukana aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä. Ammoniumin imeyttäminen kiinteään väliaineeseen jätevesien syntysijoilla mahdollistaa sen haitallisten ympäristövaikutusten estämisen. Siellä, missä ammoniumpäästöt ovat mittavia (esim. lietalantat, teollisuuden tai biokaasulaitosten jätevedet, käymälät), ammoniumin pidättämiseen käytettävän järjestelmän tulisi olla tehokas, helposti kierrätettävä ja uusittava. On myös edullista, mikäli tämä arvokas kasviravinne voidaan kierrättää kasvintuotannon raaka-aineeksi.

Turun yliopistossa kehitetty tuote, modifioitu mineraali GeoTrap sitoo itseensä ammoniumtyypeä. Menetelmä mahdollistaa esim. jätevedessä olevan typen sitomisen kiinteään muotoon. Tuotetta on mahdollista käyttää typpeä sisältävänä maanparannusaineena, josta tyyppi ei valu ympäröiviin vesistöihin eikä haihdu ilmaan. Kasvit saavat kuitenkin materiaaliin sitoutuneen typen käyttöönsä entsyymitoimintansa avulla.

Tuotteen mahdollisia käyttökohteita ovat ammoniumtyypeä sisältävät jätevedet ja kaasut. Tutkimuksia on tehty eri sovellusaloilla. Tutkimusten mukaan tuote soveltuu esimerkiksi typen sitomiseen maatalouden jätevesistä ja lietalannasta, kaatopaikkojen suotovesistä, biokaasulaitosten rejektivesistä ja virtsasta. Muita sovelluskohteita voisivat olla esim. turvesoiden valumavedet. Tuotteen lannoituskäytöstä maataloudessa on jo tehty kasvukohteita viljoilla. Puutarhakasvien kasvukokeet on aloitettu keväällä 2011.

## 1. Materiaali

GeoTrap valmistetaan tavallisesta vermikuliittimineraalista lämmittämällä. Lämmityksessä vermikuliitin rakenne ja koostumus muuttuvat ja syntyy uusi materiaali, jolla on tallella vermikuliitin hyvä alkuainekoostumus ja jonka ammoniumtyypen sitomiskyky on parempi kuin vermikuliitilla. Materiaali sisältää useita kasveille tärkeitä ravinteita. Tyypeä sitoutuu materiaaliin sitä käytettäessä ja hiiltä on materiaalin pinnassa. Eniten materiaalissa on piitä, happea, alumiinia, rautaa ja magnesiumia. Lisäksi esiintyy pieniä määriä kaliumia, kalsiumia ja natriumia. Pääravinteista puuttuu vain fosfori.

### 1.1. Taustaa

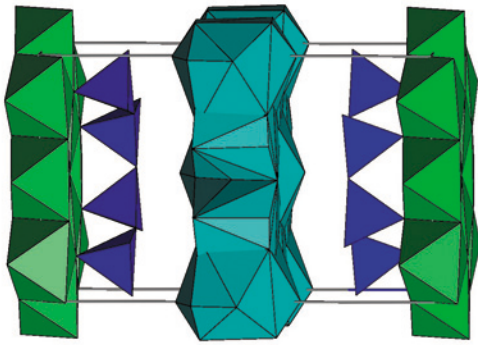
Silikaattimineraalit, joihin vermikuliitti kuuluu, ovat laaja ja monimuotoinen ryhmä, johon kuuluu yli 300 eri mineraalia. Silikaatteja ovat mm. zirkoni, topaasi ja zeoliitti sekä kiilteet kuten vermikuliitti ja biotiitti. Ne muodostavat 90 % maankuoresta. Silikaatit koostuvat pääasiassa piistä ja hapestä, mutta ne sisältävät usein muitakin tavallisia maankuoren alkuaineita, kuten kalsiumia, rautaa ja alumiinia.

#### Vermikuliitti

Vermikuliitin  $(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  alkuainekoostumus vaihtelee jonkin verran, mutta se muodostuu pääasiassa maankuoren kahdeksasta yleisimmästä alkuaineesta, joita ovat happi (O), pii (Si), alumiini (Al), rauta (Fe), kalsium (Ca), natrium (Na), magnesium (Mg) ja kalium (K) (Newman 1987). Taulukossa 1 on esitetty vermikuliitille tyypillinen koostumus.

Taulukko 1. Vermikuliitin koostumus painoprosenteina (Suvorov 2003).

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	FeO	MgO	$\text{H}_2\text{O}$
37,0 - 42,0	10,0 - 13,0	5,0 - 17,0	1,0 - 3,0	14,0 - 12,0	8,0 - 18,0



Kuva 1. Vermikuliitti  $(\text{Mg,Fe,Al})_3(\text{Al,Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  on liuskeinen mineraali. Kuvat: Taina Laiho

Vermikuliitti voi olla väritön tai väriltään kellertävä, vihreä tai ruskea. Vermikuliittia syntyy biotiitin tai flogopiitin rapautumistuloksena tai hydrotermisen muuttumisen tuloksena (Grönholm 2006). Hydroterminen muuttuminen tarkoittaa olemassa olevissa kivissä tai mineraaleissa tapahtuvaa muutosta kuumien liuosten, kuten magman kuumentamien nesteiden vaikutuksesta. Koska vermikuliitti on savimineraali, on se myös luonnonmukaiseen tuotantoon soveltuva maanparannusaine (Evira 2010). Vermikuliitti sallitaan luomutuotannossa myös rehun lisäaineena (E 561) (Evira 2009).

## Biotiitti

Biotiitti voidaan muuttaa lämmön avulla vermikuliitiksi. Tähänastiset tutkimukset ja kokemukset ovat osoittaneet, että biotiittia voidaan käyttää maanparannusaineena ja lannoitteena erityisesti karkeilla kivennäismailla sekä turvemaileda. Esimerkiksi Pellon Biotiitti-valmiste on olomuodoltaan kalkkikivijauheen kaltaista hyvin levittyvää ainetta. Se on rakenteeltaan kiillettä, jonka hilaväleista löytyy kaliumia, ja lisäksi muussa rakenteessa on magnesiumia ja kalsiumia. Maahan lisätynä se alkaa rapautua, jolloin sen sisältämät ravinteet tulevat kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Lisäksi rapautunut materiaali muodostaa maahan uusia ravinteiden pidätyspintoja, ja lisää täten maan yleistä viljavuutta. Tämä tapahtumaketju kestää useita vuosia. (Agrimarket 2011.)

## 1.2. Toimintaperiaate

Typeä voidaan sitoa GeoTrap-materiaaliin sekä nesteestä että kaasusta. Materiaali reagoi ammoniumtyypen kanssa sitoen ammoniumionit modifioitujen mineraalin hilaan. Kyseessä on kationinvaihtoreaktio.  $\text{NH}_4^+$ -ionit korvaavat mineraalissa olevia  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ - ja  $\text{Ca}^{2+}$ -ioneja. Sekoituksella tai virtauksella voidaan parantaa materiaalin toimivuutta. Jätevedestä (esim. biokaasulaitoksen rejektivesi tai jaloittelutarhan valumavesi) tyypellä ladatun materiaalin tyyppipitoisuus on saatu nousemaan arvoihin 10 - 40 g/kg riippuen lähinnä jäteveden koostumuksesta, mutta myös muista olosuhteista.

### 1.3. Käyttö

- Ammoniakin haihtumisen estäminen (eläinsuojissa, lantavarastoissa ja pelloilla)
- Liukoisen typen sitominen (pelloilta tapahtuvan typpivalunnan vähentäminen)
- Maan ravinnekoostumuksen parantaminen (materiaaliin sidotun typen lisäksi myös pii, happi, alumiini, rauta, magnesium, hiili, kalium, kalsium ja natrium)

Ammoniakki on lantakaasu, jota erittyy mikrobitoiminnan seurauksena pääasiassa eläinten virtsasta ja osin myös lannasta. Ammoniakin haihtumisen estäminen on tarpeen, sillä lannan lannoitusarvo vähenee, kun typpeä karkaa lannan kompostoituaessa ammoniakkaasuna ilmaan. Ammoniakin haihtumisen vähentäminen on tärkeää myös terveydellisistä syistä. Ammoniakki on pistävänhajuinen kaasu ja siten helppo tunnistaa. Se ärsyttää hengitysteitä ja silmiä ja voi suurina määrinä esiintyessään lisätä pölyjen haittavaikutuksia heikentämällä hengitysteiden puolustusmekanismeja. Ammoniakin on havaittu aiheuttavan oireita monille hengityselinsairauksista kärsiville viljelijöille. Tuotantorakennuksissa, joissa on lietelantajärjestelmä, ammoniakkaa esiintyy yleensä enemmän kuin kuivalantajärjestelmissä. (Työterveyslaitos 2010.)

GeoTrapia voidaan käyttää myös pelloilta tapahtuvan typpivalunnan vähentämiseen. Ravinteiden poistuminen pelloilta vesistöihin tapahtuu lähes yksinomaan vesien mukana. Mitä suurempi on valunta ja poistuvan veden ravinnepitoisuus, sitä suuremmaksi muodostuu kokonaishuuhtouma.

Tilakoon kasvu ja kotieläintuotannon voimakas keskittyminen asettavat haasteita. Kotieläintuotannon keskittyessä lannan ravinteiden käyttö peltojen lannoitteena ympäristökuormitusta lisäämättä on vaativa tehtävä. Jos siinä onnistutaan, varmistetaan samalla, että maassa olevat huuhtoutumiselle alttiit ravinteet saadaan mahdollisimman hyvin talteen sadossa (MMM 2006).

Lannoitukseen ja maanparannukseen voidaan käyttää eri kivilajeista saatavia kivijauheita. Ne ovat hienoksi jauhettua ravinnepitoista kiveä. Kivijauheiden käytön tarkoituksena on täydentää kasvien muista lähteistä tapahtuvaa ravinteiden saantia. Karkeilla kivennäismailla ja eloperäisillä mailla kivijauheet toimivat maanparannusaineina. Kivijauheiden käytön etuina on mm. se, että niistä ravinteet vapautuvat luonnollisten säätelymekanismien välityksellä. Ravinteiden kulku tapahtuu kivennäisaineksestä pieneliöstön välityksellä kasveihin. Näin voidaan välttää liukoisten ravinteiden korkeat pitoisuudet maanesteessä ja huuhtoutuminen. (Rajala 2006.)



## 2. Tavoitteet

Turun yliopiston tutkimusryhmässä on toiminut projekti 'Uusi menetelmä typen poistoon maatalouden jätevesistä ja hyötykäyttöön lannoitteena'. Projektin tavoitteena on pienentää maatalouden ravinnekuormitusta yhteistyössä viljelijöiden kanssa ja saavuttaa taloudellista hyötyä sekä myönteisiä ympäristövaikutuksia:

- Lannan sisältämän typen tehokas käyttö
- Typen sitominen ja varastointi valumavesistä (esim. eläinsuojat, lantalat, pellot)

## 3. TEHO-hankkeen kokeiluja

Projekti teki yhteistyötä TEHO-hankkeen kanssa vuodenvaihteesta 2009 - 2010 alkaen. TEHO-hanke mm. toimitti tutkijoille maatalouden valumavesiä.

### 3.1. Lantakokeilut

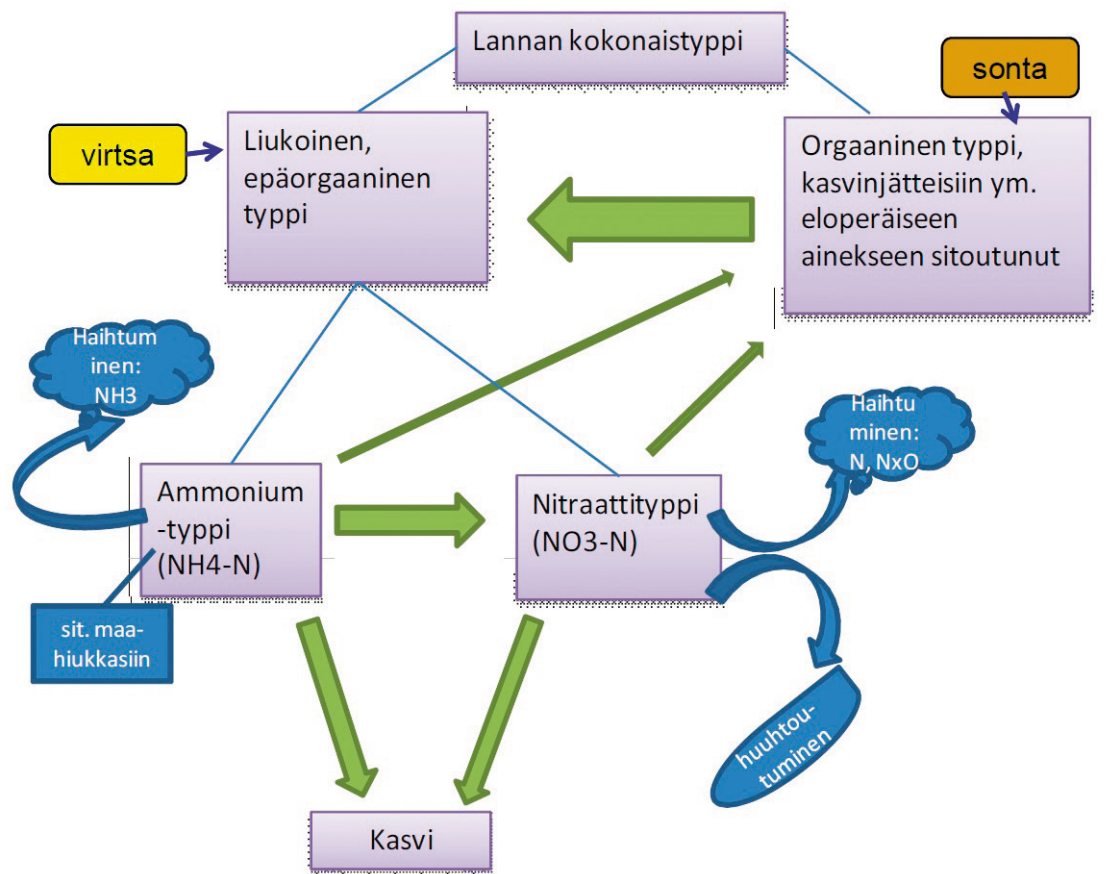
#### Taustaa

Lannan ravinteiden hyödyntäminen vähentää kemiallisten lannoitteiden tarvetta, ja lanta on myös arvokas pitkäkestoinen maanparannusaine. Rehujen ravinteista osa kulkeutuu lantaan. Kotieläinten lannan tyypillisiä ravinneitä on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Kotieläinten lannan ravinne­määrät (Ympäristöministeriö 2009).

Lantalaji	Liukoinen N kg/m <sup>3</sup>	Kokonais- N kg/m <sup>3</sup>	Liukoinen P kg/m <sup>3</sup>	Kokonais- P kg/m <sup>3</sup>
Naudan kuivikelanta	1,2	4,1	0,9	1,2
Naudan lietelanta	1,8	3,0	0,5	0,5
Naudan virtsa	1,8	2,5	0,05	0,1
Sian kuivikelanta	1,5	4,6	1,7	2,5
Sian lietelanta	2,7	3,8	0,8	0,8
Sian virtsa	1,6	2,1	0,1	0,2
Kanan kuivikelanta	4,5	9,2	4,2	4,4
Broilerin kuivikelanta	5,1		2,6	3,5
Lampaan kuivikelanta	1,2	4,8		1,5
Hevosien kuivikelanta	0,4	2,3		0,5
Ketun kuivikelanta	3 - 4	6 - 8	3 - 8	6 - 11
Minkin kuivikelanta	3 - 4	6 - 8	3 - 8	6 - 11

Lantaan erittyvät ravinteet tulee pyrkiä saamaan peltoon ja ravinnekiertoon mahdollisimman pienin hävikkein. Lannan typen jakautuminen esitetään kuvassa 2. GeoTrap kiinnittää lannan liukoista tyyppiä itseensä (kerrossväleihin) ja säilyttää sen kasvien käyttöön.



Kuva 2. Lannan typen kierto (Palva 2009).

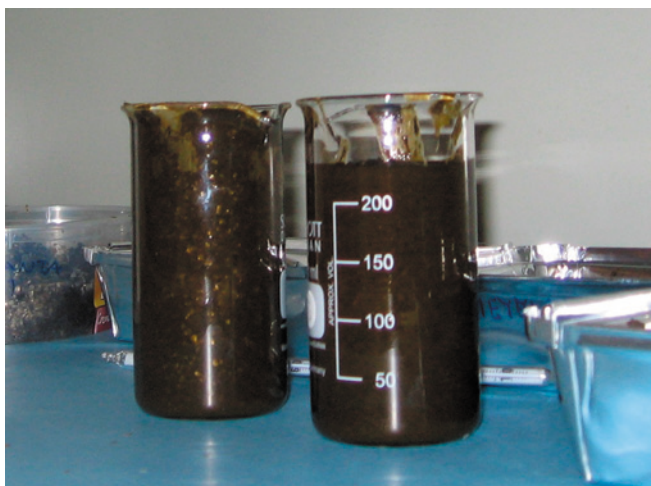
GeoTrapin käytön tavoitteena on lannan typen hävikkien pienentäminen. Hävikkiä aiheuttavat (Palva 2009):

- Typen haihtuminen
  - arviolta neljäsosa kotieläinten tuottaman lannan tyypestä haihtuu pois ammoniakina lannan eri käsittelyvaiheissa
  - varastoinnin aikana (kuivikelannalla suurin hävikki)
  - levityksen aikana (erityisesti lietelanta)
  - maassa
- Typen huuhoutuminen
  - varastoinnin aikana
  - pellolla

### Kokeilu naudan lietelannalla

GeoTrapia käytettiin sitomaan typpeä lietelannasta. GeoTrap ja lietelanta sekoitettiin keskenään (kuva 3). Lannan joukossa ollut materiaali huuhdottiin, kuivattiin ja analysoitiin fotoelektronispektroskooppisella menetelmällä (PHI 5400).

Tulokset osoittivat, että materiaaliin tarttui jopa 4 paino-% typpeä. Tämä GeoTrapiin sitoutunut typpi ei irronnut materiaalista useiden huuhtomisten aikana. Materiaaliin sitoutunut ammoniumtyppi ei myöskään haihdu pitkäaikaisessa säilytyksessä.



Kuva 3. Lietelantaa ja GeoTrapia laboratoriossa. Kuva: Taina Laiho

### Kokeilu kananlannalla

Kukkaruukkuihin pantiin multaa, kananlantaa (kompostoitu, kuivattu ja rakeistettu kananlanta) ja GeoTrapia eri suhteissa (taulukko 3). Eri suhteet kuvastavat eri tavalla lannoitettua maata. Jokaisesta eri tavalla lannoitetusta maasta oli kokeessa kaksi ruukkua, joista toinen sisälsi ja toinen ei sisältänyt GeoTrapia. Pelkkää multaa sisältävien ruukkujen (M ja MG) tarkoituksena oli toimia referenssinä lähes lannoittamattomasta tai peruslannoitusta maasta. Pienen määrän kananlantaa sisältävät ruukut (MK ja MKG) kuvasivat kaupallisen Kanankakka -tuotteen lannoiteohjeiden mukaista ulkokohteen peruslannoitusta. Suuremman määrän kananlantaa sisältävät ruukut (MK+ ja MKG+) oli lannoitettu edelleen ohjeen mukaan parveke- tai muille ruukkukasveille tarkoitetun peruslannoiteohjeistuksen mukaisesti. Pelkkää kananlantaa sisältävät ruukut (K ja KG) toimivat eräänlaisena referenssinä ja toisaalta koejärjestelyn voidaan katsoa simuloivan lannoitevaraston altistumista sateelle.

Taulukko 3. Kukkaruukuissa kokeen aikana olleiden aineiden määrä millilitroissa. (M=multa, G=GeoTrap, K=kananlanta)

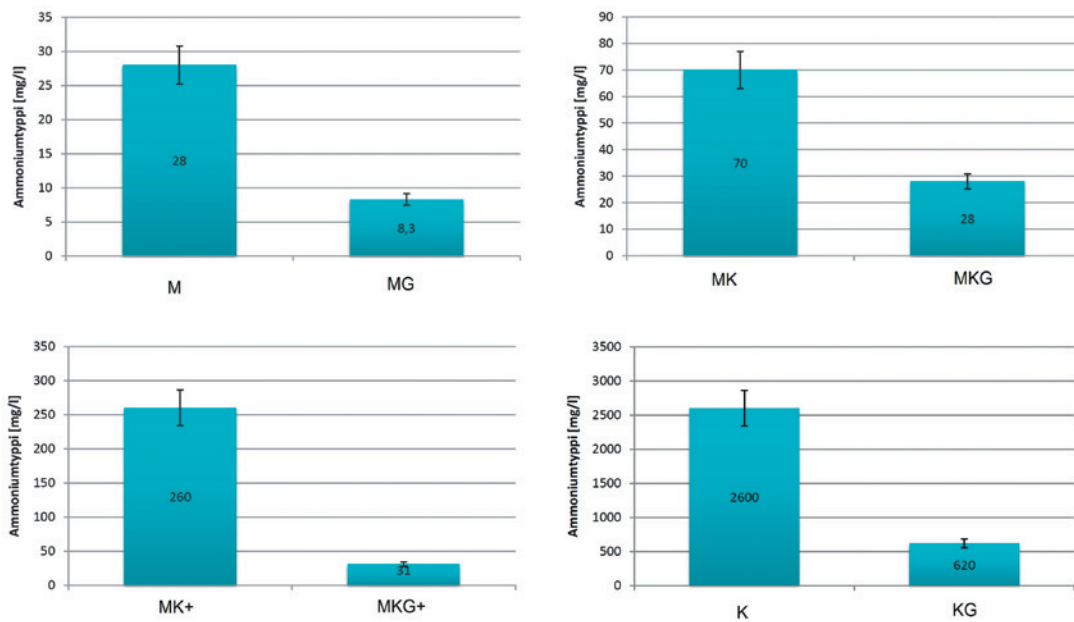
Näyte	Multa	Kananlanta	GT1
M	1000	0	0
MG	700	0	300
MK	985	15	0
MKG	685	15	300
MK+	900	100	0
MKG+	600	100	300
K	0	1000	0
KG	0	700	300

Ruukut kasteltiin päivittäin 14 vuorokauden ajan ja vettä annosteltiin Turun keskiarvoisen kesäsadannan (2,28 mm/vrk) mukaisesti 70 ml kerrallaan. Ruukkujen läpi valuneet suodatetut vedet (kuva 4) analysoitiin virtausinjektioanalyyysillä (FIA). Mitatut ammoniumtyypen pitoisuudet vedessä on esitetty kuvan 5 pylväsdiagrammeissa.



Kuva 4. Analyysiin lähetetyt vesinäytteet, järjestys sama kuin taulukossa 3. Kuva: Vesa Niemi

Vesianalyyseiden tulokset on esitetty kuvassa 5. Tulokset osoittivat, että purkin läpi valuneessa vedessä oli huomattavan vähän ammoniumtyyppiä, mikäli purkissa olleeseen materiaaliin oli sekoitettu GeoTrapia. Ammoniumtyypen huuhtoumaa maa-aineksen läpi saatiin pienennettyä jopa 90 % (MK+ vs. MKG+). Tuloksia voidaan pitää suuntaa-antavina, kun pohditaan GeoTrapin kykyä pidättää lannan ammoniumtyyppiä kasvualustassa.



Kuva 5. Vesianalyysin tulokset pylväsdiagrammeina. Palkin koko osoittaa ammoniumtyypen määrän suodatusruukun läpi valuneessa vedessä. Kunkin pylväsparin oikeanpuoleinen pylväs kuvaa tilannetta, jossa ruukkuun on lisätty GeoTrapia. Kuvat: Vesa Niemi

## 3.2. Jaloittelutarhakokeilu

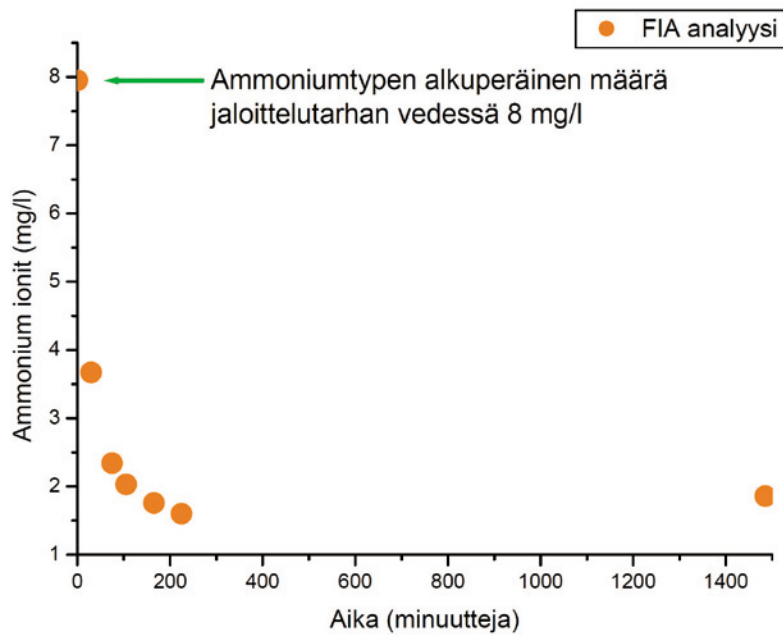
### Taustaa

Jaloittelutarha on paikka, jossa eläimet jaloittelevat säännöllisesti joitakin tunteja päivässä tai viikossa. Toisinaan eläimet houkutellessa ulos tarjoamalla niille tarhassa kuivaa heinää, mutta varsinaiset ruoka- ja makuupaikat ovat karjasuojassa tai laitumella (Uusi-Kämppe 2003). Vesimäärät kiinteäpohjaisesta tarhasta ovat suuria. Vedet ovat kovin laimeita pelolle kuljetettavaksi, mutta voivat kuitenkin olla vesistövaikutuksiltaan merkittäviä. Valumavesien asianmukainen keräily ja käsittely ovatkin jaloittelutarhojen toteutuksen haasteita (Seuri, Hellstedt & Lillunen 2011).

### Kokeilu

Jaloittelutarhalta kerättiin vettä pulloihin. Vesinäytteestä erotettiin referenssinäyte analyysiä varten. Jaloittelutarhan vettä ja GeoTrap-materiaalia sekoitettiin keskenään ja niistä otettiin määrääjain näytteitä analyysiä varten. Vesianalyysit (kuva 6) tehtiin virtausinjektio-analyysillä (FIASSTAR 5000) ammattikorkeakoulu Noviassa.

Tulosten mukaan ammoniumionien pitoisuus jaloittelutarhavedessä vähenee nopeasti ja paljon, kun veteen sekoitetaan GeoTrapia.



Kuva 6. Ammoniumionien väheneminen jaloittelutarhavedessä, kun siihen on sekoitettu GeoTrapia.  
Kuva: Taina Laiho

### 3.3. Vehnän viljely -kokeilu

#### Taustaa

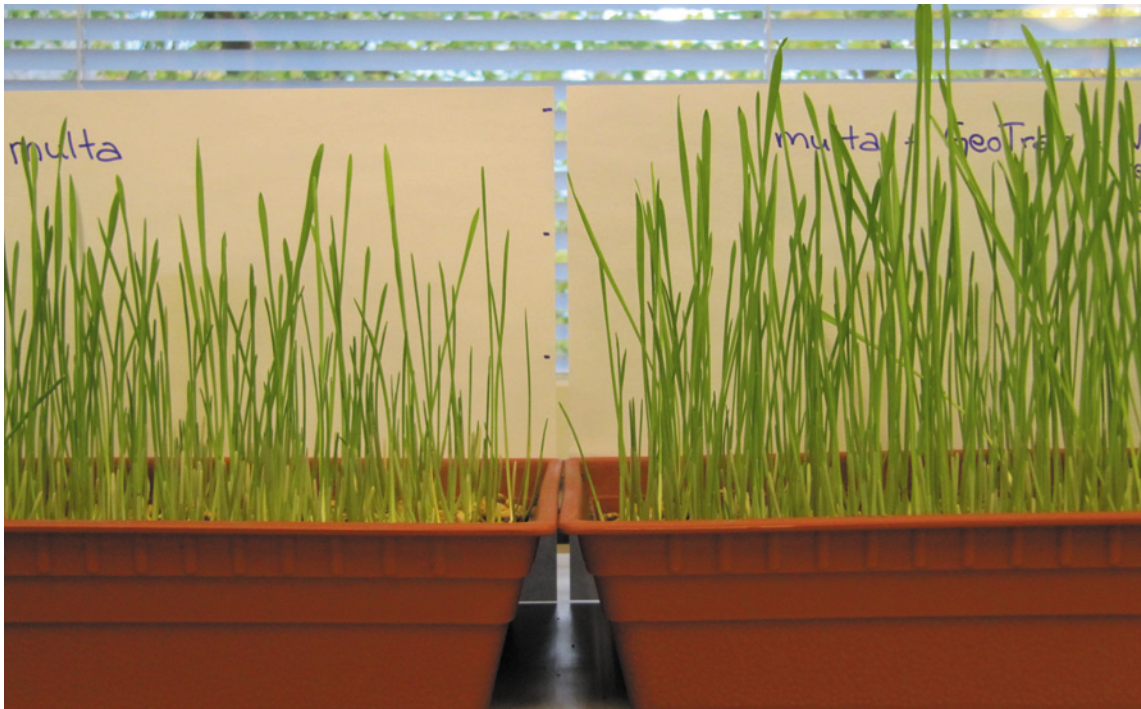
Kasvaakseen ja yhteyttääkseen kasvit tarvitsevat 16 eri ravinnetta. Hiiltä, vetyä ja happea kasvi saa ilmakehästä. Muut 13 ravinnetta kasvi ottaa maasta. Ravinteet luokitellaan pää-, sivu- ja hivenravinteiksi niiden määrälliseen tarpeeseen perustuen. Pääravinteiden (N, P, K) ja sivuravinteiden (Ca, Mg, S) tarve lasketaan peltoviljelyssä kiloina hehtaaria kohden, hivenravinteiden (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo) tarve on satoja grammoja tai grammoja hehtaaria kohden. Kasvit pystyvät ottamaan maanesteestä ravinteita liukoisessa muodossa. Kasvin juuret ottavat ravinteita maasta ionimuodossa. Ionit voivat olla joko positiivisesti varautuneita kationeja tai negatiivisesti varautuneita anioneja. Kasvin ottaessa maasta esimerkiksi positiivisesti varautuneen magnesiumionin ( $Mg^{2+}$ ), täytyy sen luovuttaa maahan kaksi positiivisesti varautunutta vetyionia ( $H^+$ ), jotta sen sisäinen sähköinen varaus pysyisi neutraalina. (Farmit 2010.)

Useimmat kasvit tarvitsevat typpeä enemmän kuin mitään muuta ravinnetta. Kasvit voivat ottaa typpeä maasta sekä ammonium- ( $NH_4^+$ ) että nitraattimuodossa ( $NO_3^-$ ). Kasvien kuiva-aineessa on typpeä keskimäärin 2 - 4 %. Suurin osa kasvien ottamasta tyypestä kuluu valkuaisaineiden muodostamiseen. Niissä typpeä on noin kuudesosa. Typpi on tärkeä osa lehtivihreää ja lähes kaikkia muitakin elintärkeitä aineosia kasveissa. Kasvin sisällä

ammoniumtyppi on suoraan kasvin käytössä, kun taas nitraattitypen täytyy ensin muuttua ammoniummuotoon, jotta se voi tulla osaksi kasvin varsinaista aineenvaihduntaa. Typpi vaikuttaa hyvin laaja-alaisesti kasvin kasvuun, koska se on valkuaisaineiden rakenneosana mukana kaikissa kasvin biokemiallisissa, fysiologisissa ja rakenteellisissa prosesseissa. (Farmit 2010.)

### Kokeilu

GeoTrapia sekoitettiin biokaasulaitoksen rejektiveteen, jotta materiaali latautuisi typellä. Vehnää kasvatettiin kasvualustoissa (kuva 7), ja kasteltiin päivittäin samalla vesimäärällä. Typellä ladatulla GeoTrapilla näyttäisi olevan silminnähden havaittava positiivinen vaikutus vehnän kasvuun. Aikaisemmat kasvukokeet kuusilla ja männyillä antoivat yhtä lupaavia tuloksia.



Kuva 7. Vehnäkasvustoa kasvualustoilla, joissa vasemmanpuoleisessa multaa ja oikeanpuoleisessa alustassa multaa ja biokaasulaitoksen rejektivedessä tyytettyä GeoTrapia. Kuva: Taina Laiho

## 4. Tulevaisuus

'Uusi menetelmä typen poistoon maatalouden jätevesistä ja hyötykäyttöön lannoitteena' -projektin päämääränä on löytää kehitetyille GeoTrap -materiaalille sopivimmat käyttökohteet sovellutuksissa. Lopullisena tavoitteena on tuotteen kaupallistaminen jätevesien puhdistukseen sekä edelleen käytetyn materiaalin jatkohyödyntäminen kasvintuotannon maanparannusaineena. Kokeet jatkuvat Turun yliopistossa.

## Lähteet

Agrimarket 2011. Biotiitti - monipuolinen maanparannusaine ja lannoite. [http://www.agrimarket.fi/Maatalous\\_ja\\_Elaimet/Kasvuohjelmat/Perunat/Biotiitti\\_-\\_monipuolinen\\_maanparannusaine\\_ja\\_lannoite/](http://www.agrimarket.fi/Maatalous_ja_Elaimet/Kasvuohjelmat/Perunat/Biotiitti_-_monipuolinen_maanparannusaine_ja_lannoite/) [viitattu 5.1.2011]

Evira 2009. Eviran ohje 18217/2. Luonnonmukaisen tuotannon ohjeet 2, Eläintuotanto, 2. painos. [http://www.evira.fi/attachments/kasvintuotanto\\_ja\\_rehut/luomu/luomu\\_ohjeita/luomu\\_ohje\\_2\\_elaintuotanto\\_netti\\_09022010.pdf](http://www.evira.fi/attachments/kasvintuotanto_ja_rehut/luomu/luomu_ohjeita/luomu_ohje_2_elaintuotanto_netti_09022010.pdf) [viitattu 5.1.2011]

Evira 2010. Eviran ohje 18219/3, Luonnonmukaisen tuotannon ohjeet 1, Yleiset ohjeet ja kasvintuotanto. [http://www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/lomakkeet\\_ja\\_ohjeet/tuotanto-ohjeet/luomuohje\\_1\\_yleis-kasvis\\_3.\\_painos\\_05072010.pdf](http://www.evira.fi/files/attachments/fi/evira/asiakokonaisuudet/luomu/lomakkeet_ja_ohjeet/tuotanto-ohjeet/luomuohje_1_yleis-kasvis_3._painos_05072010.pdf) [viitattu 5.1.2011]

Farmit 2010. Kasvin ravinteiden otto maasta. <http://www.farmit.net/kasvinviljely/lannoitus/ravinteiden-merkitys-ja-otto/ravinteiden-otto> [viitattu 11.1.2011]

Grönholm S. (toim.), Alviola, R., Kinnunen, K.A., Kojonen, K., Kärkkäinen N. ja Mäkite H. 2006, Retkeilijän kiviopas, Geologian tutkimuskeskus. <http://www.e-julkaisu.fi/gtk/retkeilijan-kiviopas/pdf/Kiviopas.pdf> [viitattu 5.1.2011]

MMM 2006. Valtion varoin tuettavan salaojituksen ehdot - Peltoviljelyn ravinnepäästöjen vähentäminen, Helsinki 2006, Työryhmämuistio mmm 2006:15. [http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2006/trm2006\\_15.pdf](http://wwwb.mmm.fi/julkaisut/tyoryhmamuistiot/2006/trm2006_15.pdf) [viitattu 21.1.2011]

Newman, A.C.D. 1987. Chemistry of clays and clay minerals.



Palva, R. 2009. Lannan ravinteiden hyödyntäminen ja tehokas lantalogistiikka. Työtehoseura. [http://www.proagriapohjois-karjala.fi/media/sisalto/hankkeet/jokotiedat/lannan\\_hyoedyntaaminen\\_joensuu%20%202d.pdf](http://www.proagriapohjois-karjala.fi/media/sisalto/hankkeet/jokotiedat/lannan_hyoedyntaaminen_joensuu%20%202d.pdf) [viitattu 11.1.2011]

Rajala, J. 2006. Luonnonmukainen maatalous. Julkaisuja no 80. Helsingin yliopisto. Maa-seudun tutkimus- ja koulutuskeskus. Mikkeli.

Seuri, P., Hellstedt, M. & Lillunen, A. 2011. Ulkoiluta turvallisesti – ohjeita jaloittelutarhaa suunnittelevalle. TEHO-hankkeen julkaisu 2/2011.

Suvorov, S. A., Skurikhin, V. V. 2003. Vermiculite – a promising material for high-temperature insulators, *Refractories and Industrial Ceramics* 44:3 (2003) 186 - 193.

Työterveyslaitos 2010. Kaasumaiset epäpuhtaudet: ammoniakki. [http://www.ttl.fi/fi/toimialat/maatalous/tyoolot\\_ja\\_terveys/biologiset\\_ja\\_kemialliset\\_tekijat/kaasumaiset\\_epapuhtaudet/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/maatalous/tyoolot_ja_terveys/biologiset_ja_kemialliset_tekijat/kaasumaiset_epapuhtaudet/Sivut/default.aspx) [viitattu 21.1.2011]

Uusi-Kämpä, J., Yli-Halla, M. ja Grék, K. (toim.), Lypsykarjataloudesta tulevan ympäristökuorman vähentäminen, MTT, 2003.

Ympäristöministeriö 2010, Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2010, Kotieläintalouden ympäristönsuojeluohje.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=117243&lan=fi>  
[viitattu 11.1.2011]

## KUVAILEHTI

<i>Julkaisija</i>	TEHO-hanke			<i>Julkaisu-aika</i> Kesäkuu 2011
<i>Tekijä(t)</i>	Anu Lillunen ja Maria Yli-Renko			
<i>Julkaisun nimi</i>	TEHO-hankkeen raportteja, osa 3			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	TEHO-hankkeen julkaisuja 6/2011			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hankkeen tavoitteena on edistää maatalouden vesiensuojelua. Tähän julkaisuun on koottu tuloksia TEHO-hankkeen aikana tehdyistä kokeiluista ja seurannoista.</p> <p>Julkaisun ensimmäinen osa käsittelee fosforin kerrostumista suorakylvölohkoilla ja suojavyöhykkeillä. Fosforin kerrostuminen maan pintakerrokseen pellon muokkauksen loputtua on ongelmallista varsinkin liukoisen fosforin osalta, koska se on tällöin alttiina huuhtoutumiselle pintavalunnan mukana. Toisessa osassa käsitellään TEHO-hankkeen ja Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen yhteistyössä toteuttamaa kokeilua, jossa lietelantaa levitettiin sokerijuurikkaalle kasvukaudella. Näin voidaan vähentää maan tiivistymistä ja saada ravinteet paremmin juurikkaiden käyttöön. Kolmannessa osassa kuvataan sian lietelannan ja biokaasulaitoksen maanparannusmädätteen vaikutuksia ohrasatoon eri lannanlevitysmenetelmillä. Neljätteneen osaan on kerätty kokemuksia lietelannan separointikokeilusta kahdeksalla TEHO-tilalla. Viides osa käsittelee vermikuliittia (GeoTrap), joka on Turun yliopistossa kehitetty materiaali ammoniumtyypin poistoon. Sitä voitaisiin hyödyntää lannan typpivalumiin ehkäisyyn ja typpiravinteiden talteenottoon esimerkiksi jaloittelutarhojen valumavesistä.</p> <p>Julkaisu on toteutettu osana Tehoa maatalouden vesiensuojeluun (TEHO) -hanketta.</p>			
<i>Asiasanat</i>	fosfori, typpi, ravinteet, lannoitus, suojavyöhyke, suorakylvö, sokerijuurikas, lannan levitys, biokaasulaitos, lietelanta, mädäte, sijoittava kalusto, letkulevitys, sato, separointi, vermikuliitti, jaloittelutarhat			
<i>Rahoittaja/toimeksiantaja</i>	TEHO-hanke			
	ISBN 978-952-257-296-7 (nid.)	ISBN 978-952-257-297-4 (PDF)	ISSN 1798-1115 (pain.)	ISSN 1798-1123 (verkkoj.)
	<i>Sivuja</i> 81	<i>Kieli</i> suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> julkinen	<i>Hinta</i> -
<i>Julkaisun myynti/jakaja</i>	TEHO-hanke / Varsinais-Suomen ELY-keskus Ympäristö ja luonnonvarat PL 523, 20101 Turku puh. 020 636 0060			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	TEHO-hanke			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2011			

## DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	TEHO project		<i>Date</i> June 2011	
<i>Author(s)</i>	Anu Lillunen and Maria Yli-Renko			
<i>Title of publication</i>	TEHO-hankkeen raportteja, osa 3			
<i>Publication series and number</i>	TEHO-hankkeen julkaisuja 6/2011			
<i>Abstract</i>	<p>TEHO-project aims for more effective agricultural water protection. In the current paper are presented some results of trials and monitoring schemes that were carried out during the project.</p> <p>The first part of the publication deals with soil phosphorus stratification in no-tillage systems and in buffer zones. When the soil is left uncultivated phosphorus starts to concentrate in the soil surface layer. Especially the soluble fraction of phosphorus creates a problem when flowed with surface runoff.</p> <p>The second part focuses on slurry spreading trial, where slurry was spread on sugar beet during growing season. The aim of the trial was to reduce soil compaction and increase the nutrient availability for the beet. In the third part was examined the effect of pig slurry and decayed soil improver material from biogas factory to barley crops using different spreading methods. The fourth part brings together experiences of slurry separation experiment.</p> <p>The final part of the publication focuses on vermiculite (GeoTrap), a novel method for ammonium removal and recycling. Potential uses of vermiculite are e.g nitrogen leakage prevention from slurry and nitrogen recycling from cattle exercise yard runoff waters.</p> <p>The publication is published as a part of TEHO project.</p>			
<i>Keywords</i>	phosphorus, nitrogen, fertilising, buffer zone, direct sowing, sugar beet, slurry spreading, biogas factory, slurry, digested sludge, slurry injection, band spreading, crop, separation, vermiculite, exercise yard			
<i>Financier/ commissioner</i>	TEHO project			
	ISBN 978-952-257-296-7 (pbk.)	ISBN 978-952-257-297-4 (PDF)	ISSN 1798-1115 (print)	ISSN 1798-1123 (online)
	<i>No. of pages</i> 81	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i> -
<i>For sale at/ distributor</i>	TEHO project / Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Southwest Finland P.O. Box 523, FIN-20101 Turku tel. +358 20 636 0060			
<i>Financier of publication</i>	TEHO project			
<i>Printing place and year</i>	Edita Prima Oy, Helsinki 2011			

Julkaisuun on koottu viisi TEHO-hankkeen kokeiluista ja selvityksistä kirjoitettua raporttia. Näistä ensimmäinen käsittelee TEHO-hankkeen seurantaan fosforin rikastumisesta pintamaahan suorakylvö- ja suojavyöhykelohkoilla. Toisessa käsitellään lietteen levittämistä sokerijuurikasvustoon ja kolmannessa kuvataan lannan ja mädätteen levityskokeilujen tuloksia. Neljänteen osaan on kerätty kokemuksia lietteen separointikokeilusta ja viidennessä osassa tarkastellaan vermikuliitin käyttöä ammoniumtypen poistossa.



ISBN 978-952-257-296-7 (nid.)  
ISSN 1798-1115 (pain.)  
ISBN 978-952-257-297-4 (PDF)  
ISSN 1798-1123 (verkkokoj.)