

**MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
**TIEDOTE**

**14/95**

**ARJA NYKÄNEN**

**Typen ja fosforin huuhtoutuminen  
luonnonmukaisessa viljelyssä**

**Kirjallisuuskatsaus**

MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS  
TIEDOTE 14/95

ARJA NYKÄNEN

**Typen ja fosforin huuhtoutuminen  
luonnonmukaisessa viljelyssä**

Kirjallisuuskatsaus

***(Summary: Nitrogen and phosphorus leaching  
in ecological agriculture)***

*A literature review*

Maatalouden tutkimuskeskus  
Itä-Suomen tutkimusyksikkö  
Luonnonmukaisen tuotannon  
tutkimusasema  
Partala  
51900 Juva  
Puh. (955) 452 490

Jokioinen 1995  
ISSN 0359-7652

# SISÄLLYS

ESIPUHE . . . . .	5
TIIVISTELMÄ . . . . .	7
<i>SUMMARY</i> . . . . .	8
1 JOHDANTO . . . . .	9
2 TYPEN HUUHTOUTUMINEN . . . . .	9
2.1 Huuhtoutuminen nurmelta ja viherlannoituskasvustosta . . . . .	10
2.2 Huuhtoutuminen viljapelloilta . . . . .	13
2.3 Karjanlannan vaikutus . . . . .	14
3 FOSFORIN HUUHTOUTUMINEN . . . . .	15
4 LUONONMUKAISEN JA TAVANOMAISEN VILJELYN VÄLISET EROT HUUHTOUTUMISESSA . . . . .	16
5 JOHTOPÄÄTÖKSET . . . . .	20
KIRJALLISUUS . . . . .	21

## ESIPUHE

Vuonna 1994 käynnistettiin Maa- ja metsätalousministeriön rahoittama projekti 'Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristotaloudelliset vaikutukset' (MATYVA). Projektin tarkoituksena on arvioida tavanomaisesta luomuviljelyyn ulottuvien maatalouden eri tuotantovaihtoehtojen taloudellista kannattavuutta tila- ja yhteiskuntatalouden tasolla maatalouden ympäristövaikutukset huomioiden. Tämä kirjallisuuskatsaus liittyy osaprojektiin 4: Tuotantovaihtoehtojen ravinne- ja kasvinsuojeluainepäästöt. Tutkimus on tehty lähes täysin ulkomaisiin tutkimustuloksiin pohjautuen, koska Suomessa aiheesta on tehty vain yksi alustava tutkimus. Tavoitteena on kuitenkin pyrkiä antamaan projektille tietoa, jonka pohjalta pystyttäisiin arvioimaan luonnonmukaisen viljelyn aiheuttaman ravinteiden huuhtoutumisen suuruusluokka.

Parhaimmat kiitokseni MMT Martti Esalalle hänen antamistaan hyödyllisistä neuvoista sekä MMK Jyrki Aakkulalle saamastani kannustuksesta.

Juvalla lokakuun 23. päivänä 1995

Arja Nykänen

**NYKÄNEN, A. Typen ja fosforin huuhtoutuminen luonnonmukaisessa viljelyssä. Kirjallisuuskatsaus. (Summary: Nitrogen and phosphorus leaching in ecological agriculture. A literature review.) Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 14/95. 24 p.**

Avainsanat: viljelykierto, eroosio, karjanlanta, viljanviljely, nurmiviljely

## TIIVISTELMÄ

Tämä kirjallisuuskatsaus on osa vuonna 1993 käynnistynyttä 'Maatalouden tuotantovaihtoehtojen ympäristötaloudelliset vaikutukset' (MATYVA) projektia. Katsauksen tarkoituksena on selvittää, voidaanko luonnonmukaiseen viljelyyn siirtymällä vähentää maataloudesta ympäristöön huuhtoutuvaa ravinnekuormitusta.

Kirjallisuuden perusteella näyttäisi siltä, että typen huuhtoutuminen luonnonmukaisesti viljelyiltä pelloilta olisi yleensä jonkin verran vähäisempää kuin tavanomaisesti viljelyiltä. Tulokset kuitenkin vaihtelevat suuresti; syynä vaihteluun ovat mm. viljelykiertojen sekä ilmaston ja maaperän erilaisuus eri kokeissa. Tutkimustulokset ovat pääasiassa muista Euroopan maista. Suurinpana syynä pienempään huuhtoutumiseen lienee 4–5 vuoden välein kynnnettävien nurmipinta-alojen suuri osuus. Toisaalta luomuviljelyssä käytetään pienempiä lannoitemääriä johtuen pinta-alaan perustuvasta kotieläinmäärästä. Ravinteiden kierrätys on myös tehokasta itse tilalla, koska kemiallisia lannoitteita ei käytetä. Luonnonmukaisen tilan viljelykiertoon kuuluu monivuotisten apilapitoisten nurmien viljely, jolloin typen huuhtoutuminen on vähäistä ennen nurmien kyntöä. Fosforin huuhtoutumista ei ole tutkittu paljoa, mutta eroosion on havaittu olevan pienempää luonnonmukaisesti viljelyillä tiloilla lähinnä nurmiviljelyn vuoksi.

Satotasot luonnonmukaisessa viljelyssä ovat kuitenkin jonkin verran matalampia kuin tavanomaisessa viljelyssä, jolloin huuhtoutunut typpimäärä tuotettua satokiloa kohti kasvaa verrattuna pinta-alaperusteisiin laskelmiin. Ongelmana luonnonmukaisessa viljelyssä onkin ravinteiden vapautumisen ajoittaminen oikein kasvien kasvurytmiin nähden. Luomuviljelyn onnistumiseen vaikuttavat voimakkaasti myös muut tekijät, kuten maaperän kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet sekä sää. Pitemmällä aikavälillä luomuviljelyyn olennaisesti kuuluvat viljelykierrat parantavat maaperän ominaisuuksia, jolloin viljelyvarmuus lisääntyy ja sitä kautta myös satotasot nousevat.

Luonnonmukaisessa viljelyssä käytettävistä viljelytoimenpiteistä huuhtoutumisen kannalta kriittisimpiä ovat nurmen kyntö ja rikkakasvien mekaaniseen torjuntaan käytetty muokkaus, lähinnä avokesannointi. Ne lisäävät orgaanisen typen mineralisaatiota. Lisäksi karjanlannan (kompostin) käsittely ja käyttö lannoitteena lisää ravinteiden huuhtoutumisriskiä. Ravinteiden huuhtoutumisen vähentämiskeinoja ovat mm. oikein suunniteltu viljelykierto, viherlannoituksen ja karjanlannan huolellinen käyttö, vähäinen maan muokkaus sekä aluskasvien ja talviaikaisten pyydyskasvien käyttö. Muita keinoja estää typen huuhtoutuminen ovat maan vedenpidätyskyvyn kohottaminen nostamalla maan orgaanisen aineksen pitoisuutta, syväjuuristen kasvien viljely sekä kynnön ajoittaminen kevääseen tai myöhäissyksyyn.

Luonnonmukaisen viljelyn aiheuttaman vesistökuormituksen tutkimus vaatii koko viljelyjärjestelmän ja viljelykierron tarkastelua tietyn kasvin tai kasvilajin tarkastelun sijasta, koska viljelykierto erilaisine kasveineen on viljelytavan olennainen piirre. Tärkeää on myös paneutua niihin 'ongelmakohtiin' viljelykierron

sa, joiden tiedetään aiheuttavan suurimmat hävikit. On myös selvitettävä, miten hävikkejä pienennetään siten, ettei viljelijälle aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia.

## **SUMMARY**

### ***Nitrogen and phosphorus leaching in ecological agriculture. A literature review.***

*This literature review is part of the project 'The Economic effects of the environmental impacts of agricultural production alternatives', started in 1993. The aim is to find out whether it is possible to diminish nutrient leaching from fields by converting to ecological agriculture.*

*Findings (mainly from other European countries) indicate that nitrogen leaching is generally lower in ecological than in conventional farming. The variation between the results of different experiments is still high due to the difference in crop rotations, climates and soil properties in the experiments. The main reason for lower leaching is that nitrogen input is lower when crop and animal production are in balance. Nutrient recirculation is also high in the farm itself since no artificial fertilizers are used. The cropping of perennial clover/grass leys used in crop rotation in ecological agriculture causes minimal nitrogen leaching before ploughing. The few studies conducted a phosphorus leaching reveal that there is less erosion in ecological farming as a result of ley cropping.*

*Yield levels are lower in ecological agriculture than in conventional agriculture. Thus the amount of nutrients leached per yield kilogram is higher than the amounts calculated on the basis of land area. The critical issue in ecological farming is, therefore, timing nutrient mineralization to accord with the nutrient uptake of the plant. Managing ecological farming is also dependent on factors such as weather and the physical and chemical properties of the soil. In the long term, crop rotation, which is an integral part of ecological agriculture, will improve soil properties, and thus increase cropping reliability and hence yield levels, too.*

*In terms of nutrient leaching, the most critical cultivation techniques used in ecological farming are the ploughing of clover-rich leys and the tilling of soil for mechanical weed control, since they increase the mineralization of organic nitrogen in the soil. The use of manure (compost) also causes risks of nutrient leaching. Nutrient leaching can be reduced by correct crop rotation, careful use of manure and green manure, minimum tillage, and the use of cover crops during the winter. Adding organic material to the soil to raise its water retention capacity, cropping deep-rooted plants, and ploughing in the late autumn or in the spring also contribute to a reduction in nitrogen leaching.*

*Since crop rotation of different plants is essential to ecological agriculture, research on the nutrient load on waters caused by ecological agriculture would require the whole cropping and crop rotation system to be studied rather than only one crop or crop species. It is important to concentrate on those problematic issues of crop rotation which are known to cause the highest nutrient losses, and to find ways of diminishing losses so as not to cause unreasonable additional costs to the farmer.*

*Key words: crop rotation, erosion, manure, cereal cropping, ley cropping*

## 1 JOHDANTO

Suomessa maatalouden aiheuttama hajakuormitus muodostaa suurimman osan vesistökuormituksesta: se on suurempi kuin teollisuuden, asutuksen ja kalankasvatuksen aiheuttamat kuormitukset yhteensä (REKOLAINEN 1992). Meillä on tutkittu jo yli 20 vuoden ajan, kuinka erilaiset viljelytoimenpiteet vaikuttavat pelloilta tulevaan ravinnekuormitukseen. Viimeaikoina on kiinnostus herännyt myös siihen, voiko viljelymenetelmän muutoksella vaikuttaa maatalouden ravinnehuuhtoumaan. Luonnonmukainen viljely on yksi esimerkki tällaisesta viljelymenetelmästä.

Luonnonmukaisen viljelyn periaatteisiin kuuluu pyrkimys ravinneomavaraisuuteen sopeutettuna tilan eläinmäärään ja peltopinta-alaan. Tällöin ravinteet kierrätetään mahdollisimman tehokkaasti tilan sisällä ja hävikit ympäristöön minimoidaan. Kasvinviljelyn ravinnehuollon kannalta tämä tarkoittaa sitä, että rajallisen fossiilisen energian avulla tuotettavia väkilannoitteita ei käytetä. Typpeä pyritään saamaan tilan viljelykiertoon viljelemällä palkkasveja. Tällöin tyyppi on peräisin ilmakehästä. Ravinteiden säästäminen on siis luonnonmukaisessa viljelyssä erityisen tärkeää.

Luonnonmukaisen viljelyn aiheuttamaa ravinnehuuhtoutumista on tutkittu pääasiassa ulkomailla. Kotimaisten tavanomaisia viljelymenetelmiä koskevien tutkimustulosten perusteella voidaan olettaa, että nurmen kyntö (TURTOLA & JAAKKOLA 1987, TURTOLA 1993), karjanlannan varastointi ja käyttö lannoitteena (KEMPPAINEN 1992) sekä kesatorikkakasvien torjuntakeinona käytetty avokesanointi (TURTOLA & JAAKKOLA 1987) ovat kriittisiä viljelykierron vaiheita luonnonmukaisessa viljelyssä. Monet ulkomaiset tutkimustulokset tukevat tätä käsitystä (STOPES & PHILIPPS 1992, HESS ym. 1992 ja ARMSTRONG - BROWN 1993).

Tämän katsauksen tarkoituksena on selvittää, voidaanko luonnonmukaiseen viljelyyn siirtymällä vähentää maataloudesta ympäristöön aiheutuvaa ravinnekuormitusta. Lisäksi tarkastellaan luonnonmukaiseen viljelyyn liittyviä huuhtoutumisen kannalta kriittisimpiä viljelytoimenpiteitä. Aihetta on tutkittu lähinnä eri kasvien viljelyn ja karjanlannan käytön kannalta. Lopuksi tarkastellaan tutkimuk-

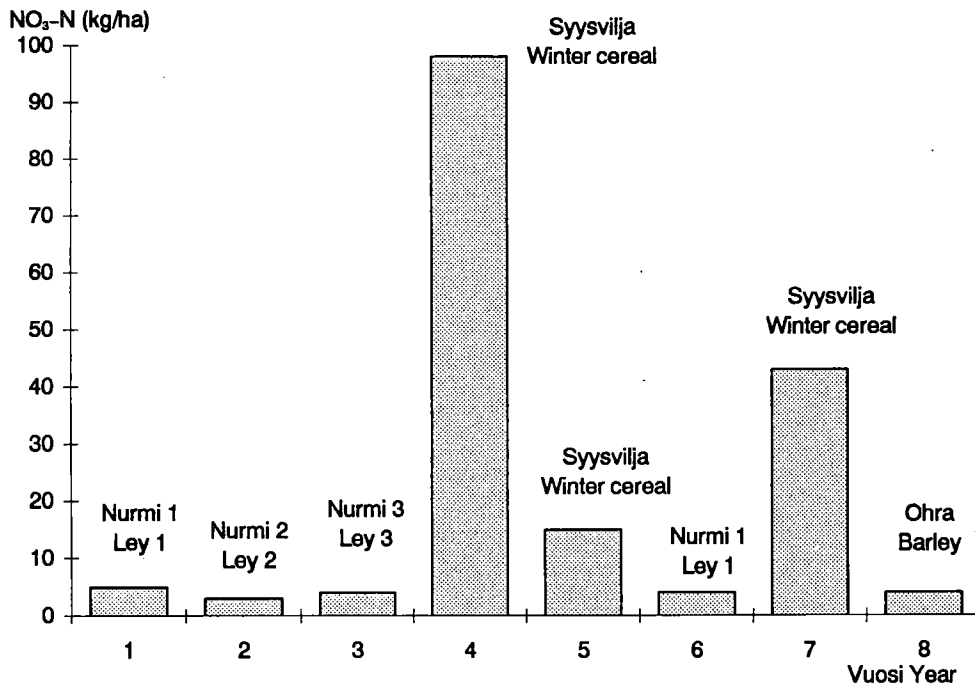
sia, joissa on vertailtu huuhtoutumia tavanomaisessa ja luonnonmukaisessa viljelyssä.

## 2 TYPEN HUUHTOUTUMINEN

Typen huuhtoutumiseen vaikuttavat mm. ilmasto (sademäärät ja lämpötilat eri vuodenaikoina), maalaji sekä pellon viljelytekniikka, joka sisältää sekä viljelykasvin että lannoitus- ja muokkaustekniikan (GARTEN ORGANISCH 1986, RASMUSSEN 1986). Huuhtoutuminen on lähes suoraan verrannollinen sademäärään. Lämpötilan vaikutus tulee esille ennen kaikkea talvikautena, jolloin mm. Pohjois-Skandinaviassa on lumipeite ja maa roudassa. Ete-lämpänä maa voi talvellakin olla sulana, jolloin vesi virtaa maakerrosten läpi kuljettaen ravinteita alaspäin. Maalajien veden- ja ravinteidenpidätyskyky vaihtelee. Kevyiltä mailta, joiden ravinteiden ja veden pidätyskapasiteetti on heikompi, voi ravinteita huuhtoutua enemmän. Kasvilajia valittaessa tärkeitä seikkoja ovat mm. ravinteidenottokyky ja kasvuajan pituus. Tavoitteena on, että talviaikaan maa olisi mahdollisimman kauan kasvipeitteinen (RASMUSSEN 1986). Maan lämpötilalla on merkitystä mikrobien toiminnan kannalta. Maamikrobit, jotka hajottavat orgaanista typpeä nitraattimuotoon toimivat vasta yli +5° C:n lämpötilassa (HOLMEGAARD 1987, ARDEN-CLARKE & HODGES 1988).

Englannissassa tehdyissä kokeissa nitraattitypen hävikit maasta luonnonmukaisessa viljelyssä ovat vaihdelleet 50–200 kg/ha/v, josta osa on huuhtoutumista ja osa muuta hävikkiä (esim. denitrifikaation kautta ilmakehään). Keskimääräinen viljelykierron aiheuttama huuhtoutuminen on ollut 20 kg NO<sub>3</sub>/ha/v (DUDLEY 1990, STOPES & PHILIPPS 1990, 1992, Kuva 1). Määrä riippuu hyvin paljon nurmen kynnon jälkeisen vuoden huuhtouman suuruudesta (STOPES & PHILIPPS 1990). PHILIPPSin & STOPESin (1995) kokeissa luomutilan viljelykierrosta huuhtoutui nitraattityppeä keskimäärin 10–21 kg/ha/v. Kierrossa nurmen kyntöä seurasi syysvilja, jolta huuhtoutui nitraattityppeä jopa kuusi kertaa enemmän kuin apilapitoiselta laidunnurmelta.





Kuva 1. Vuosittainen nitraattityppiuhutto 8-vuotisen viljelykierron aikana luonnonmukaisessa viljelyssä Englannissa (STOPES & PHILIPPS 1992).

Fig. 1. Leaching of nitrate nitrogen in different years during a 8-year crop rotation in ecological farming in England (STOPES & PHILIPPS 1992).

## 2.1 Huuhtoutuminen nurmelta ja viherlannoituskasvustoista

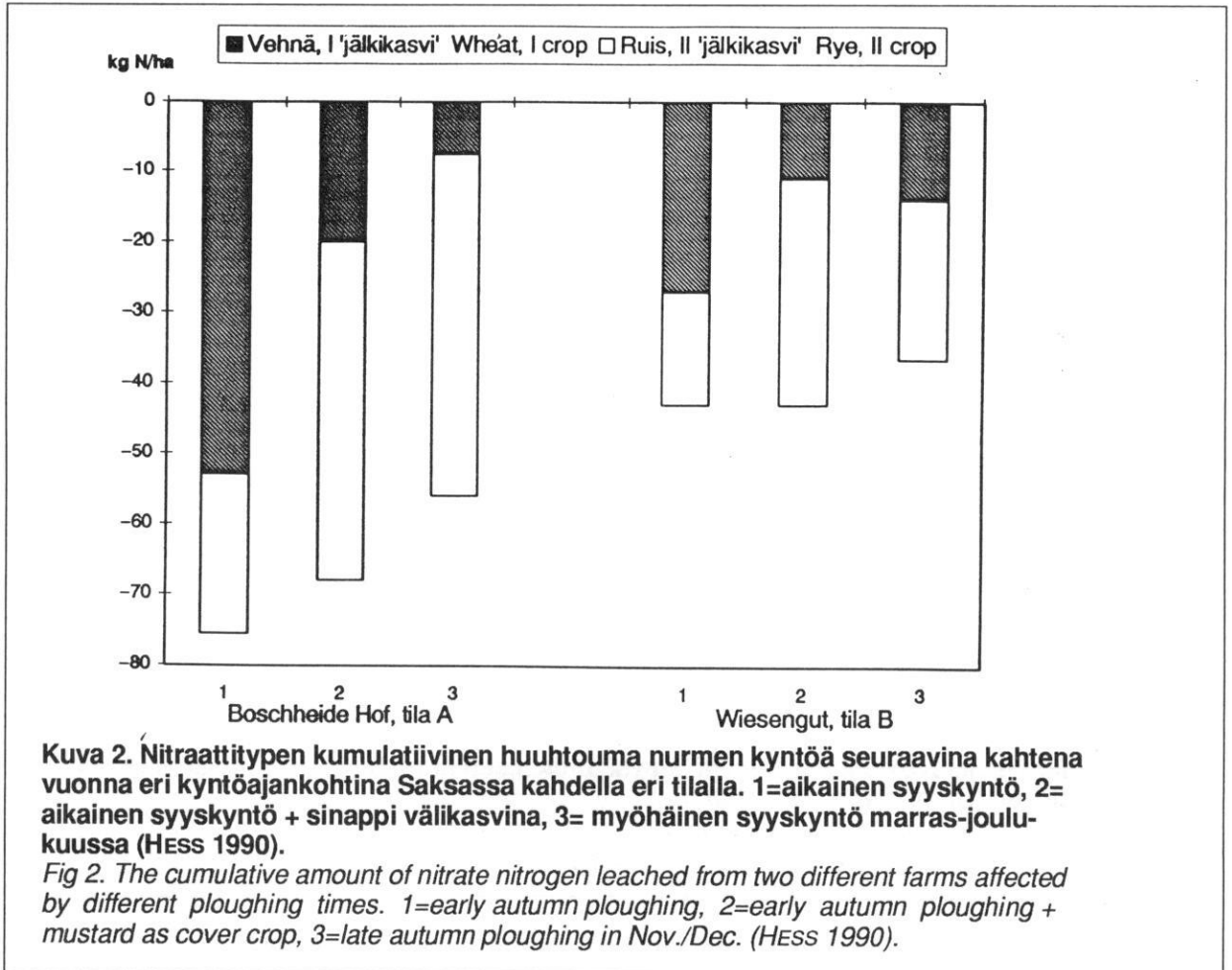
Nurmea viljeltäessä huuhtoutuminen on yleensä vähäistä. Nurmen kasvaessa sen ravinteiden pidätyskyky paranee eli ennen kyntöä huuhtoutumisalttius on pieni (STOPES & PHILIPPS 1990, TORSTENSSON 1993). Nurmen sekä kasvu- että lepokautena nitraattipitoisuudet olivat pieniä kyntökerroksessa ja huuhtoutuminen talven aikana oli Walesissa alle 25 kg/ha (WATSON ym. 1993). Englannissa tehdyissä kokeissa nurmesta huuhtoutui tyypeä keskimäärin alle 5 kg/ha/v (DAVIES & BARRACLOUGH 1989) mukaan. HESSIN (1989) mittauksissa Saksassa maan nitraattipitoisuudet ennen apilanurmen maahan kyntöä olivat 2–8,8 kg NO<sub>3</sub>-N/ha.

Nurmirikossa kynnön seurauksena voi vapautua suuria määriä tyypeä, koska maahan on kerääntynyt orgaanista tyypeä nurmen kasvun aikana (ADDISCOTT 1988). Saksassa HESSIN (1989) kokeissa kaksivuotisen apilanurmen juuristo sisälsi muokkauskerroksessa ennen muokkausta 155–180 kg N/ha. Vastaavasti DREESMANIN (1993b) Sak-

sassa tekemien kokeiden perusteella viherlannoitusnurmesta jäi maahan muokattavan kasvimassan typpimääräksi 125–180 kg N/ha. TORSTENSSONIN (1993) kokeissa hietasavimaalla Ruotsissa kynnetyt nurmen jätteiden sisältämästä tyypestä 1/3 huuhtoutui seuraavan talven aikana maan ollessa paljaana. DAVIESIN & BARRACLOUGHN (1989) Englannissa tekemissä kokeissa nurmirikkoa seuraavana vuonna huuhtoutuminen vaihteli 40–100 kg/ha riippuen nurmen iästä ja apilapitoisuudesta.

Nurmen kyntöajankohta on merkittävä tekijä, sillä kynnön siirtäminen kevääseen voi vähentää tyyphen huuhtoutumista huomattavasti (TORSTENSSON 1993, TORSTENSSON ym. 1993). HESSIN (1989) kokeissa hietamaalla kyntöajankohta vaikutti tyyphen huuhtoutumisen vähenemiseen järjestyksessä: kevätkyntö > myöhäinen syyskyntö ≥ aikainen syyskyntö + sinappi välikasvina > aikainen syyskyntö. Erot olivat suurimmat ensimmäisenä vuonna nurmen kynnön jälkeen. Toisena vuonna tyypeä huuhtoutui joillakin myöhään kynnetyillä aloilla jopa enemmän kuin aikaisin syksyllä kynnetyillä aloilla, mutta kokonaisvaikutus oli kuitenkin edellä esitetyn järjestyksen mukainen (HESS 1990, Kuva 2).



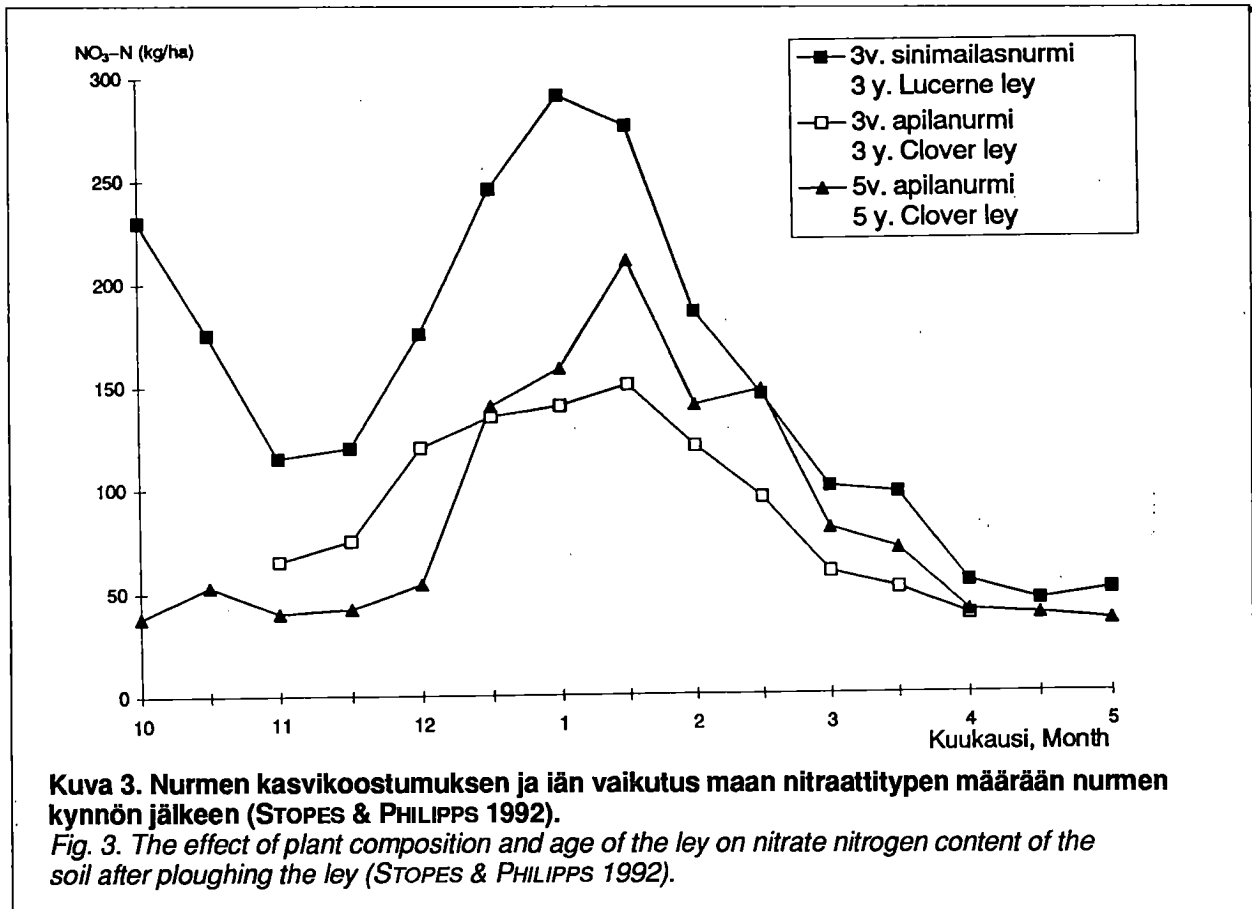


Kevätkynnön ja myöhäisen syyskynnön jälkeen suurin osa typestä jäi kasvijätteisiin. Typen mineraloituminen näistä kasvijätteistä tapahtui vasta ensimmäisen nurmen jälkeisen viljelykasvin kynnön jälkeen. Nurmen lannoitusvaikutus tuli siten toiselle nurmen jälkeiselle kasville. Myös FASSBENDERin ym.(1993) mukaan vähäinen typen huuhtoutuminen ensimmäiseltä nurmen jälkeiseltä kasvilta lisää typen huuhtoutumisalttiutta sitä seuraavalla kasvukaudella. STOPESin & PHILIPPISin (1992) kokeissa Englannissa kynnön siirtäminen kevääseen vähensi typen huuhtoutumista 58 kg:sta 6 kg:aan hiedalla ja 32 kg:sta 10 kg:aan hiesulla. Vastaavaa hyötyä ei välttämättä koidu, jos maa on ilman kasvipeitettä seuraavana talvena. Nurmirikon ajankohdan vaikutus on monimutkainen. Jos nurmi kynnetään syksyllä, voidaan kylvää korkeamman satopotentiaalisen omaavia syysviljoja, mutta huuhtoutuminen on suurempaa kuin kynnettäessä vasta keväällä ja kylvetäessä alhaisemman satopotentiaalisen omaavaa kevätiljaa (WATSON ym. 1988). Suomen oloissa myös syysviljojen talvehtimiskahva on otettava huomioon. SOLBERGIN (1995) kokeissa

Norjassa syyskyntö lisäsi nitraatin huuhtoutumista 0–20 kg/ha/v kyntämättä jätettyyn maahan verrattuna.

Myös maalaji on huomioitava nurmen kyntöajankohtaa valittaessa, sillä kevyillä mailla typen mineralisaatioprosessi käynnistyy nopeammin kuin raskailla mailla (HESS ym. 1990). Niinpä kevätkyntö olisi suoritettava raskailla mailla aikaisemmin kuin kevyillä mailla. Kynnön siirtäminen kevääseen olisi erityisen suositeltavaa juuri kevyillä mailla, joiden läpäisevyyskin yleensä on suurempi (FASSBENDER ym. 1993).

Maan muokkaustavalla (syvä kyntö/matala kyntö/pintamuokkaus kultivaattorilla) ei ollut suurta merkitystä typen mineraloitumiseen ja sitä kautta huuhtoutumisalttiuteen. Huuhtoutumista tapahtui eniten matalan kynnön jälkeen. Maan nitraattityppipitoisuus oli maaliskuussa 1986 60–90 cm:n syvyydessä matalan kynnön jälkeen 35 kg NO<sub>3</sub>-N/ha ja kahden muun muokkaustavan (syvä kyntö/pinta-



muokkaus) jälkeen 25–30 kg NO<sub>3</sub>-N/ha (HESS ym. 1993).

Nurmen käyttömuoto (niitto / laidunnus) vaikuttaa typen huuhtoutumiseen. Laiduntaminen vähentää typen huuhtoutumista, mutta väheneminen ei tapahdu nopeasti, vaan maan on ensin tasapainotettava. Laitumelta huuhtoutui keskimäärin 5 kgN/ha/v, mutta laitumen kynnön jälkeen huuhtouma nousi 156 kilogrammaan ollen 71–200 kg vähäateisina vuosina, 'normaaleina' vuosina huuhtouma voi olla jopa 400 kg (STOPES & PHILIPPS 1992). YONIEN & WATSONIN (1992) kokeissa Skotlannissa maan nitraattipitoisuudet olivat puolestaan laitumella 28 % suuremmat kuin säilörehuksi korjattavalla nurmella.

Nurmen kasvikoostumuksen vaikutus on huomattava, sillä esimerkiksi sinimailaspitoisesta nurmesta huuhtoutui kolmantena nurmivuonna enemmän typpeä kuin samanikäisestä apila-nurmesta. Tosin sinimailasnurmi oli tässä tapauksessa kynnetyksi kaksi viikkoa aikaisemmin kuin apilanurmet (Kuva 3). Apilanurmesta huuhtoutui keskimäärin 5 kgN/ha/v, vaikka satotasot olivat korkeita

(STOPES & PHILIPPS 1992). DREESMANIN & KÖPKEN (1990) kokeiden perusteella sinimailasnurmen kasvukautena maan nitraattipitoisuudet ovat hieman korkeampia kuin puna-apilanurma viljeltäessä. Erot näkyvät lähinnä maan pintakerroksessa (0–30 cm). Kun nurmirikon jälkeen syksyllä kylvettiin sinappi, olivat nitraattityppipitoisuudet noin 30 kg/ha, mutta kasvukauden päätyttyä pitoisuudet laskivat lähes nolnaan. Seuraavana vuonna kasvateulla sokerijuurikkaalla pitoisuudet kohosivat jopa 230 kgNO<sub>3</sub>/ha 0–150 cm kerroksessa ja pintakerroksessa 140 kgNO<sub>3</sub>/ha. Pitoisuudet pienenevät vasta elokuussa, kun sokerijuurikas aloitti vegetatiivisen kasvunsa. STOPESIN (1987) mukaan sinimailasnurmen kynnön jälkeen talvella katosi maasta 220 kg NO<sub>3</sub>/ha, kun apilanurmen kynnön jälkeen katosi vain 100 kg NO<sub>3</sub>/ha. Seuraavina vuosina huuhtoutuneet määrät laskivat ja kokonaishuuhtoutuma oli alhainen. Saksassa kaksivuotisen sinimailasnurmen kyntö lokakuussa nosti typen huuhtoutumisriskiä huomattavasti, sillä 60–90 cm:n maakerroksessa maan liukoisen typen pitoisuus nousi 5 kg/ha:sta 35 kg/ha:aan ja pysyi sillä tasolla toukokuuhun saakka, jolloin vilja kylvettiin (MICHEL 1993). Palkokasvin kanssa seoksena kan-

nattaa viljellä jotakin ei-palkokasvia, joka ottaa maasta mineraloituvan typen palkokasvin käyttäessä pääasiassa itse ilmasta sitomaansa typpeä (HESS ym. 1992).

Nurmen iällä on myös todettu olevan merkitystä huuhtoutumisen määrään nurmen kyntöä seuraavana vuonna (DAVIES & BARRACLOUGH 1989). Kolmevuotista nurmea seuranneelta syysviljalta Englannissa huuhtoutui noin 100 kgN/ha/v ja 1-vuotisen nurmen jälkeiseltä syysviljalta 40 kgN/ha/v. Tämän syysviljan jälkeen kierrossa tulleen viljan huuhtouma oli 1–11 kgN/ha/v. Tulokset ovat samasta viljelykierrosta, joka sisälsi 3-vuotisen nurmen, 2 syysviljaa, 1-vuotisen nurmen, syysviljan ja yhden kevätiljan / juurikasvin (Kuva 1). STOPES & PHILIPPS (1992) puolestaan eivät havainneet nurmen iällä olevan suurta merkitystä (3- ja 5-vuotiset nurmet, Kuva 3). Jos suojaviljaan kylvetty nurmi kynnetään keväällä, nousee typen pitoisuus maassa vain vähän (TORSTENSSON ym. 1993, NYKÄNEN & GRANSTEDT 1995).

Nurmiviljelyssä maan C/N-suhde kasvoi eli maan hiilipitoisuus nousi enemmän kuin typpipitoisuus (KAFFKA & KOEPF 1989). Jos maahan kynnettävän kasviaineksen hiilipitoisuus on korkea (esim. olki), pienenee orgaanisen aineksen hajoamisen seurauksena tapahtuva typen huuhtoutuminen, koska hiilestä riittää energiaa suurelle mikrobimäärälle, joka käyttää suurimman osan pienestä typpimäärästä ravinnokseen. Tämä on yksi tapa, jolla kasviaineksen sisältämä typpi muuttuu orgaaniseksi typeksi (HOLMEGAARD 1987). Maan orgaanisen aineksen pitoisuuden kasvaessa luonnonmukaisessa viljelyssä kokonaistypen määrä kasvaa, mutta kasveille helposti käytettävissä olevan typen määrä pienenee. Toisaalta mikrobipopulaatiot kasvavat, jolloin mineraloituvissa olevan typen määrä kasvaa, koska typen vapauttaminen on tehokkaampaa. Tällöin typen vapautumisen määrä riippuu mikrobiologisesta aktiivisuudesta.

## 2.2 Huuhtoutuminen viljapelloilta

Viljojen kasvuaikana nitraattitypen pitoisuudet muokkauskerroksessa pysyvät pieninä, mutta kasvun lakattua pitoisuudet alkavat kohota. Walesissa tehdyissä kokeissa syyskyntö ja sen jälkeinen syysvilja aiheuttivat 70 kg/ha typpihuuhtouman (WATSON ym 1993). DREESMANin ym. (1991) ko-

keissa maan nitraattityppipitoisuudet olivat 40–45 kg/ha tammi-kesäkuussa 0–90 cm:n kerroksessa, mutta kohosivat sadonkorjuunjälkeisen sänki-muokkauksen jälkeen tasolle 60 kg/ha. Maan muokkaus käynnisti typen mineralisaation. SOLBERGIN (1995) 71:ltä norjalaiselta luonnonmukaisesti viljellyltä tilalta lokakuussa 0–60 cm syvyydestä ottamat peltomaanäytteet osoittivat huuhtouman kevätiljapelloilta voivan olla 30 kg NO<sub>3</sub>-N/ha. Kun vilja oli kylvetty suojaviljaksi perustettavalle nurmelle oli mahdollinen nitraattitypen huuhtoutumismäärä 13 kg/ha. Suomessa tehdyssä kokeessa saatiin nitraattitypen mahdolliseksi huuhtoutumaksi moreenimaalta, 60–90 cm:n kerroksesta suojaviljanurmen jälkeen marraskuussa 2 kg/ha (NYKÄNEN & GRANSTEDT 1995).

Syysvehnä ja -ruis ottavat syksyllä typpeä samalla tavalla, mutta keväällä ruis lähtee kasvuun nopeammin ja hyödyntää näin typpeä tehokkaammin kuin syysvehnä. Saksassa maan nitraattipitoisuudet olivat 60–90 cm:n kerroksessa tammikuussa sekä vehnä- että ruispelloilla 40 kg/ha, mutta maaliskuussa ruispelloilla 10 kg/ha ja vehnäpellolla 40 kg/ha (AMLINGER & WALTER 1993). DAVIES & BARRACLOUGH (1989) saivat Englannissa typen huuhtoutumismääräksi syysviljapelloilta 99 kg/ha/v ensimmäisenä vuonna 3-vuotisen nurmen jälkeen, ja seuraavana vuonna 11 kg/ha. Yksivuotisen nurmen jälkeisenä syysviljavuotena huuhtoutuminen oli 40 kg/ha.

TORSTENSSONin ym. (1993) ja FASSBENDERin ym. (1993) koetulosten mukaan syysvilja ei pysty hyödyntämään kaikkea syyskynnön seurauksena vapautuvaa typpeä. REENTSin (1991) mukaan syysvilja pystyisi nurmirikon jälkeen käyttämään kaiken maasta mineraloituvan typen. Hän keräsi maanäytteet huhtikuussa 18 tilalta Saksasta ja analysoi nitraattipitoisuuden. Määrä oli alle 40 kg NO<sub>3</sub>/ha 0–90 cm:n maakerroksessa kaikilla tiloilla, joissa nurmen kyntö oli tehty edellisenä syksynä. Saksassa pidetään kriittisenä rajana 45 kg/ha nitraattityppeä keväällä, jolloin huuhtoutumisuhka on merkittävä. Tutkija tulkitse siis, ettei näillä tiloilla nurmirikko-syysvilja-yhdistelmä aiheuttanut huuhtoutumisriskiä. Tässä on kuitenkin jätetty huomioimatta syksyllä mahdollisesti tapahtunut huuhtoutuminen. Jos syysvilja kylvetään aikaisemmin, ehtii se ottaa syksyllä enemmän typpeä, koska kasvuaika tulee pidemmäksi.

Härkäpavun ja muiden palkoviljojen viljelystä aiheutuu typen huuhtoutumisriski, koska niiden juuret ovat lyhyet ja harvat. Tällöin maassa olevan typen hyödyntäminen on heikkoa. JUSTUS & KÖPKE (1990, 1991, 1992, 1993, 1995) tutkivat Saksassa kolmea eri viljelymenetelmää typen huuhtoutumisen vähentämiseksi härkäpavulta. Menetelmät olivat: pienempi riviväli (45–22,5 cm), rivivälikasvien (kaura tai ohra) viljely ja aluskasvien (raiheinä, öljyretikka tai valkosinappi) viljely. Tehokkaimmaksi vaikutukseltaan osoittautui öljyretikka aluskasvina. Se vähensi typen huuhtoutumista 53 kg/ha:sta 8 kg/ha:aan. Vähiten vaikuttivat raiheinän käyttö aluskasvina sekä rivivälin pienentäminen. Valkosinappi aluskasvina ja kaura rivivälikasvina pienensivät typen huuhtoutumista 61 %. Van der WERFFin ym. (1995) mukaan härkäpapu, maissi ja peruna ovat typen huuhtoutumisen kannalta viljelykierron kriittisimpiä kasveja. Ruisvehnän ja nurmen viljelyssä typen huuhtoutuma oli 11 kg N/ha, auringonkukan aiheuttama huuhtoutuma oli 23 kg N/ha.

Keltasinappi välikasvina (typen pyydyskasvina) vähentää typen huuhtoutumista talvella huomattavasti (HESS & FRANKEN 1988). Myös syysrypsi, -rapsi ja öljyretikka sopivat talviaikaisiksi typen pyydyskasveiksi (JENSEN 1987). Esimerkiksi Saksassa syysrypsin on todettu ottavan tyyppä talven aikana 50–100 kg/ha, kun syysviljat ottavat vain 40–70 kg/ha (PIORR 1992). Jos nurmi kynnetään keväällä ja samana vuonna viljellään kevätiljaa ja seuraavana vuonna syysviljaa, ei typen huuhtoutuminen vähene — hyöty kevätkynnöstä menetetään. Jos puolestaan ensimmäisen kevätiljan jälkeen kylvetään talveksi esimerkiksi keltasinappia ja seuraavana vuonna taas kevätiljaa, säilyy kevätkynnön huuhtoutumista vähentävä vaikutus (STOPES & PHILIPPS 1992). Oljen maahankyntö sitoo korkean hiilipitoisuutensa vuoksi 30 kg/ha tyyppä (REINERS 1987). Hunajakukka talviaikaisena kasvina vähensi nitraatin huuhtoutumista syksyllä 20 kg/ha Saksassa. Ero oli erittäin selvä eri vuosien välillä (MEUSER ym. 1990). Näiden pyydyskasvien tehoon typen huuhtoutumisen vähentäjänä vaikuttavat merkittävästi syksyn säät. Jos syksy on kylmä ja talvi tulee aikaisin, ei pyydyskasvi ehdi kehittyä kunnolla ja ottaa tyyppä (HESS ym. 1993).

Raiheinä ja rypsi rivivälikasveina vähentävät myös typen huuhtoutumista (REINERS 1987). BRE-

LANDin (1989) kokeissa raiheinä kevätkynnän ja ohran aluskasvina rajoitti maan nitraattipitoisuuden hyvin alhaiselle tasolle sadonkorjuun ja lokaussa tapahtuneen kynnön jälkeen. Apiloilla (valko- ja maa-apila) puolestaan ei ollut mainittavaa vaikutusta. Valkoapilan lannoitusvaikutus seuraavalle viljakasville oli 50–60 kg N/ha. Raiheinällä ei ollut lannoitusvaikutusta juuri lainkaan ja maa-apilalla vähemmän kuin valkoapilalla.

Tyyppi huuhtoutuu pääasiassa orgaanisen aineksen mineraloitumisen seurauksena. Viljanviljelyssä muokkaus on yksi tapa torjua rikkakasveja, mutta se lisää typen huuhtoutumisriskiä. Yhden muokauskerran on laskettu vapauttavan 30 kg/ha tyyppiä Englannissa tehdyssä tutkimuksessa (STOPES 1987). Luonnonmukaisessa viljelyssä tällainen muokkaus tarkoittaa joko syksyllä tai keväällä tehtävää rikkakasviäestystä, jota tehdään maan ollessa paljaana tai avokesannointia, joka joskus on ainoa keino päästä eroon kestopikkakasveista, joita ei ole pystytty pitämään kohtuullisella tasolla viljelykierron avulla (STOPES & PHILIPPS 1992).

### 2.3 Karjanlannan vaikutus

Typen huuhtoutuminen karjanlannasta riippuu lannan varastoinnista, käyttöajankohdasta, mineraalityypipitoisuudesta ja C/N -suhteesta, käyttömäärästä pinta-alayksikköä kohti sekä levitystä seuraavan ajanjakson sademäärästä (RASMUSSEN 1986, UNWIN & SMITH 1995). Lannan varastointi pellolla aiheuttaa yleensä suuria huuhtoutumistappioita (FOWLER ym. 1993). LAMPKININ (1990) mukaan 20 % tyypestä voi huuhtoutua varastoinnin aikana. LEINONEN & ROINILA (1994) tutkivat Suomessa katteiden vaikutusta ravinnehävikkeihin kompostiaumasta. Huopakate vähensi merkittävästi kokonaistypen hävikkiä. Olkikatteella ei ollut vaikutusta kompostista hävinneen typen määrään verrattuna kattamattomaan kompostiin. Katteina voidaan käyttää myös kivi jauhoa, jolla on suuri kationinvaihtokapasiteetti tai orgaanisia katteita, joilla on korkea hiilipitoisuus (KÖPKE 1995). Lantaa kompostoitessa on syytä kiinnittää huomiota myös kompostointipaikkaan. Kompostin täytyy olla tarpeeksi kaukana vesistöistä eikä läpäisevällä maalla. Myös kompostoitavan lannan määrä on laskettava etukäteen, koska auman koko vaikuttaa kompostoitumisprosessin nopeuteen (HESS ym. 1992).

Karjanlanta on hyvä lannoite, mutta huuhtoutumisriski on suuri väärellä tavalla käsiteltynä. Jos se esimerkiksi levitetään pellolle syksyllä, muuttuu lannan sisältämä ammoniumtyppi heti suoraan nitraatiksi, joka on tällöin huuhtoutumiselle alttiina (ADDISCOTT 1988, OESTERGAARD ym. 1995). Suositeltavinta on lannan levittäminen suoraan kasvustoon (GARTEN ORGANISCH 1986) tai keväällä kylvön yhteydessä parantamaan kasvien typen saantia (HESS & KLEIN 1987). DEWESin (1995) mukaan typpihävikit ovat suurimmat juuri karjanlannan lisäyksen jälkeen, jolloin mineraloitumisprosessi on alussa. Myös SMITHin & UNWINin (1983) mukaan liete pitäisi levittää suoraan kasvustoon tai keväällä kylvön yhteydessä, jolloin typen huuhtoutuminen olisi erittäin pientä, jopa pienempää kuin väkilannoiteilla. PIORRin (1992) mukaan maalaji on myös otettava huomioon karjanlantaan käytettäessä. Kevyillä mailla syyslevitystä ei kannata käyttää juuri lainkaan, mutta raskailla mailla huuhtoutumisriski ei ole yhtä suuri.

Tanskalaisen tutkimuksen mukaan luonnonmukaisessa viljelyssä käytettyjen lantamäärien ollessa kohtuullisia oli typen huuhtoutuminen vähäisempää kuin tavanomaisessa viljelyssä, jossa käytettiin väkilannoitteita suositusten mukaiset määrät (OESTERGAARD ym. 1995). Myös GÖMPEL ym. (1990) Saksasta ovat todenneet, että kohtuullisilla lantamäärillä huuhtoutuminen on myös kohtuullista. Tässä tapauksessa kohtuulliset lantamäärät olivat 60 kg/ha kokonaistyppeä rukiille ja 160 kg/ha ruis–virna–heinä-seokselle. Kohtuulliset huuhtoutumismäärät taas olivat salaojavesien nitraattipitoisuuksina alle 20 mg/l. HESSin & KLEINin (1987) kokeessa syksyllä nurmirikon jälkeen välikasvina kasvavalle sinapille annettu karjanlanta ei lisännyt typen huuhtoutumista. Sen sijaan annettaessa karjanlanta syysvehnälle huuhtoutuminen lisääntyi. Myös nämä tutkijat korostavat kohtuullisten lantamäärien käyttöä.

OTTin (1986) kokeissa epäorgaanisilla lannoitteilla saatiin suurempi satojätämäärä (sekä maanpäällistä että juuristomassaa) kuin eloperäisillä lannoitteilla, mutta maan orgaanisen aineksen pitoisuus ei nousut, vaan päinvastoin pieneni. Kompostoitu lanta lisäsi orgaanisen aineksen määrää enemmän kuin kompostoitamaton. Mitä kypsempää komposti oli, sitä tehokkaampi oli vaikutus orgaanisen aineksen määrään. Sama kasvava suuntaus oli havaittavissa

orgaanisen typen määrässä muokkauskerroksessa. Myös RASMUSSENin (1986) mukaan luonnonmukaisessa viljelyssä typen huuhtoutuminen on pienempää, kun käytetyt lantamäärät ovat kohtuullisia. Lannan kompostointi vielä lisää tätä suuntausta. Kompostoitu lanta pääsee tasapainoon maaperän kanssa, jolloin maan ekosysteemi ei häiriinny yhtä paljon kuin tuoretta lantaa lisättäessä. Orgaaninen aines on stabiilimpaa, jolloin maan rakenne paranee eivätkä ravinteet huuhtoudu yhtä helposti (HODGES 1991). Kompostin ja eloperäisen lannoitteen käyttö yleensäkin pienentää typen huuhtoutumista, koska typpi pidättyy tällöin paremmin (LECLERC ym. 1995).

Lannan koostumus vaikuttaa myös vapautuvaan typpimäärään. Olkipitoinen karjanlanta pienentää typen mineraloitumista, koska C/N -suhde on korkeampi (HESS & KLEIN 1987). UNWINin & SMITHin (1995) mukaan olkipitoisesta lannasta huuhtoutuu typpeä vähemmän kuin lietelannasta tai kananlannasta. Pienempi huuhtoutuminen kiinteistä karjanlannasta kuin lietelannasta johtuu siitä, että lietteessä tyypestä suurin osa on ammoniummuodossa, jolloin se hyvin nopeasti muuttuu nitraattimuotoon. Tällöin kasvit eivät pysty hyödyntämään välittömästi kaikkea vapautuvaa typpeä (HESS ym. 1992). Lantaa kompostoitessa sen liukoisen typen pitoisuus vähenee puoleen (RASMUSSEN 1988). Luonnonmukaisessa viljelyssä käytettävä karjanlanta on kompostoitua, jolloin suurin osa tyypestä on orgaanisessa muodossa ja vapautuu tällöin hitaammin mikrobitoiminnan tuloksena. RAUHEN (1968) mukaan olkipitoisesta lannasta tai kompostista voi typpeä vapautua ensimmäisenä kasvukautena 30 % kasvien käyttöön. Lietelannasta vapautuu 50–80 % (VETTER & STEFFENS 1986).

### 3 FOSFORIN HUUHTOUTUMINEN

Fosforia tilan ravinnekiertoon saadaan lähinnä karjanlannasta sekä apatiittimineraalista (STOPES & PHILIPPS 1992). Lannan varastoinnista pellolla aiheutuu fosforin huuhtoutumistappioita. LAMPKIN (1990) sai fosfaatin huuhtoutumistappioiksi 7 %. Lannan kompostointi kuitenkin sitoo typen tapaan myös fosforia orgaaniseen muotoon, jolloin sen vapautuminen maassa on hitaampaa (DAVIS 1985).

TORSTENSSON ym. (1993) mittasivat kokonaisfosforin ja liukoisen fosfaattifosforin pitoisuuksia salaojavesistä Ruotsissa kolmessa eri viljelykierrossa, jotka sisälsivät kauran suojaviljana, 1- ja 2-vuotiset nurmet, ohran sekä syysvehnän. Fosforipitoisuuksissa havaittiin eroja, mutta niiden arveltiin johtuvan enemmänkin maaperän erilaisista ominaisuuksista koeruuduilla kuin viljelykasvista ja kierron vaiheesta, sillä vaihtelut olivat koejäsenten sisällä suurempia kuin koejäsenten välillä. Vuosikeskiarvot pitoisuuksissa vaihtelivat kokonaisfosforilla 0,006–0,694 mg/l ja fosfaattifosforilla 0,001–0,564 mg/l.

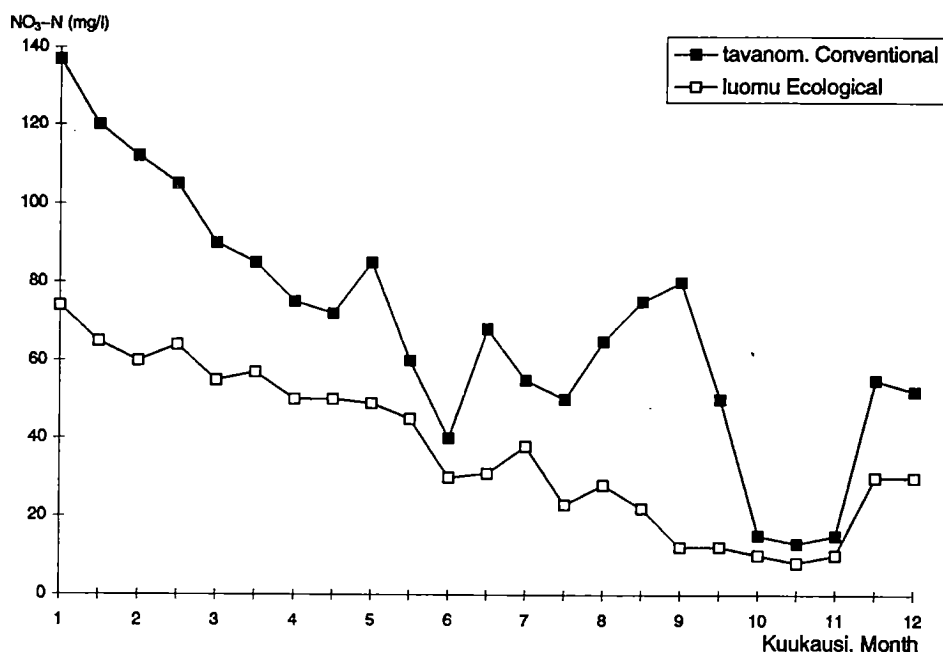
PAAJASEN & TURTOLAN (1994) kokeessa vertailtiin eri viljelykiertojen aiheuttamaa fosforin huuhtoutumista. Maa-ainekseen sitoutuneen fosforin pitoisuudet salaojavesissä olivat yleensä pienemmät luonnonmukaisessa viljelyssä kuin tavanomaisessa viljelyssä. Ainoastaan loka-marraskuussa 1992 tilanne oli päinvastoin. Tällöin lohkollla kasvoi ruista kaksivuotisen nurmen jälkeen. Fosforipitoisuudet vaihtelivat välillä 0,05–0,65 mg/l. Liukoisen fosfaattifosforin pitoisuuksissa oli niin suuri vaihtelu, ettei selkeitä johtopäätöksiä voitu tehdä. Pitoisuudet olivat välillä 0,02–0,14 mg/l.

Luonnonmukaisen viljelyn vaikutus fosforin huuhtoutumiseen johtunee ennen kaikkea viljelytavan vaikutuksesta eroosioon. Nurmen viljely stabiloi aggregaatteja (maamuruja), jolloin luonnonmukaisen viljelyn viljelykierrat pienentävät eroosiota (HODGES 1991). Luonnonmukaisessa viljelyssä eroosio on vähäisempää, koska orgaanisen aineksen ja polysakkaridien (polysakkaridit stabiloivat aggregaatteja) pitoisuus on suurempi ja muokkauskerros on paksumpi. HAYMANIN (1975) kokeissa USA:ssa vertailtiin kahta tilaa, joita viljeltiin luonnonmukaisesti ja tavanomaisesti. Viljelymaan pintakerros madaltui 37 vuodessa 5 cm luomuviljelyllä ja 21 cm tavanomaisella viljelyllä; ero oli siis 16 cm eri viljelymenetelmien välillä. Luomuviljelyssä myös mikrobiologinen aktiivisuus on korkeampi ja mikrobipopulaatiot ovat määrältään suurempia ja lajistoltaan monipuolisempia. Mikro-organismit vapauttavat maahan sitoutunutta fosforia, mutta toisaalta ovat myös kilpailemassa erityisesti fosforin puutostilanteessa kasvien juurten kanssa fosforista (REGANOLD ym. 1987).

#### 4 LUONNONMUKAISEN JA TAVANOMAISEN VILJELYN VÄLISET EROT HUUHTOUTUMISESSA

FEIGEN & RÖTHLINGSHÖFERIN (1990) kokeissa Saksassa luonnonmukaisesti viljellyn pellon typpihuuhtoutuma oli 10 kg/ha/v, kun se tavanomaisessa viljelykierrossa olleella pellolla oli 21 kg/ha/v. Keskimäärin luomuviljelyn aiheuttama typpikuormitus vesistöön oli siis 50–60 % pienempi kuin tavanomaisen viljelyn aiheuttama. Kuusivuotiset viljelykierrat sisälsivät luonnonmukaisessa kierrossa 1-vuotisen apilanurmen (viherrannoituksena), syys- ja kevävehnää, ruista ja juurikasveja. Tavanomaisessa kierrossa oli 1-vuotinen puna-apila, syys- ja kevätohraa, maissia, syysvehnää ja kauraa. Maalaji oli hietasavea. Typpilannoitus oli 20 kg/ha/v pienempi luonnonmukaisessa viljelyssä. Nitraattityppipitoisuudet salaojavesissä olivat keskimäärin 13 mg/l luomuviljelyssä ja 22 mg/l tavanomaisessa viljelyssä. Pitoisuudet olivat molemmissa kierroissa korkeimmillaan joulukuussa: 110 ja 180 mg/l (Kuva 4). Vertailua vaikeuttaa kuitenkin viljelykiertojen erilaisuus. BRANDHUBER & HEGE (1992) mittasivat pohjaveden (1,5–10 metrin syvyydestä) nitraattityppipitoisuuksia eri viljelymenetelmin viljellyiltä tiloilta. Suurimmat pitoisuudet olivat tavanomaisesti viljellyllä karjatilalla (79 mg/l) ja alhaisimmat pitkäikäisellä tavanomaisesti viljellyllä nurmella (17 mg/l). Tavanomaisesti viljellyllä kasvinviljelytilalla olivat pitoisuudet 42 mg/l, ja luomukarjatilalla 27 mg/l. Näin ollen vain pitkäikäisellä nurmella oli luomukarjatilaa pienemmät pitoisuudet.

VEREIJKEN (1990) vertaili tavanomaisen, integroidun ja luonnonmukaisen viljelyjärjestelmän aiheuttamia typpihuuhtoutumia tilakokeena Hollannissa. Salaojavesien nitraattipitoisuudet olivat suurimmat tavanomaisessa viljelyssä (11,3 mg NO<sub>3</sub>/l) ja pienimmät luonnonmukaisessa viljelyssä (4,3 mg NO<sub>3</sub>/l). Luomuviljelyn kierto oli 10-vuotinen ja sisälsi 2- ja 3-vuotiset nurmet sekä vihanneksia ja rehuviljaa. Tilan koko oli 22 ha ja lehmiä 20, joten tila oli omavarainen lannoitteiden ja rehun suhteen. Tilaa hoidettiin tehokkaasti ja ravinteita pyrittiin säästämään mahdollisimman pitkälle. Lannoitus vuosina 1985–87 oli 115–20–155 (N–P–K) kg/ha/v. Tavanomaisella 17 hehtaarin tilalla 4-vuotisessa kierrossa viljeltiin viljaa ja vihannek-



**Kuva 4. Nitraattityyppipitoisuudet salaojavesissä vuonna 1987 Saksassa kahdella koekentällä, joilla käytettiin eri viljelymenetelmiä. Viljelykasvina syysvehnä (FEIGE & RÖTHLINGSHÖFER 1990).**

*Fig. 4. The concentrations of nitrate nitrogen in drainage water from two experimental fields with different cultivation methods in Germany 1987 (FEIGE & RÖTHLINGSHÖFER 1990).*

sia, tilalla ei ollut karjaa. Lannoitus oli 215–50–210 (N–P–K) kg/ha/v. Integroidussa viljelyssä lannoitus oli 180–55–130 (N–P–K) kg/ha/v. Myös ELTUNIN (1995) mukaan luonnonmukaisesti ja integroidusti viljellyiltä pelloilta huuhtoutuu vähemmän tyyppiä kuin tavanomaisesti viljellyiltä. Nurmesta huuhtoutuu vähemmän kuin vilja- ja perunapelloilta. MEUSERIN ym. (1990) kokeissa Saksassa viljeltiin tavanomaisin ja luonnonmukaisin menetelmin kahden vuoden ajan vehnää ja kauraa; nitraattitypen huuhtoutuminen oli 10–15 % pienempää luonnonmukaisesti viljellyiltä pelloilta. Pitoisuudet mitattiin huuhtoutumisvesistä touko-joulukuun aikana.

Suomessa on meneillään yksi alustava tutkimus, jossa on vertailtu mm. luonnonmukaisen ja tavanomaisen viljelyn aiheuttamia ravinnepitoisuuksia salaojavesissä savimaalla. Kolmen vuoden aikana koeruuduilla viljeltiin 2-vuotinen nurmi ja ruis. Ennen kokeen aloittamista pelto oli ollut useita vuosia pakettipeltona. Tyypipitoisuudet olivat hiukan pienemmät luonnonmukaisessa viljelyssä, varsinkin nurmen kyntöä seuranneen rukiin kylvön jälkeen. Karjanlannan lisäyksellä ei havaittu mai-

nittavaa vaikutusta salaojavesien pitoisuuksiin. Koekentällä oli tosin vain yksi ruutu/koelijän ja pitoisuuksia ja vesimääriä mitattiin kerran kuukaudessa (PAAJANEN & TURTOLA 1994).

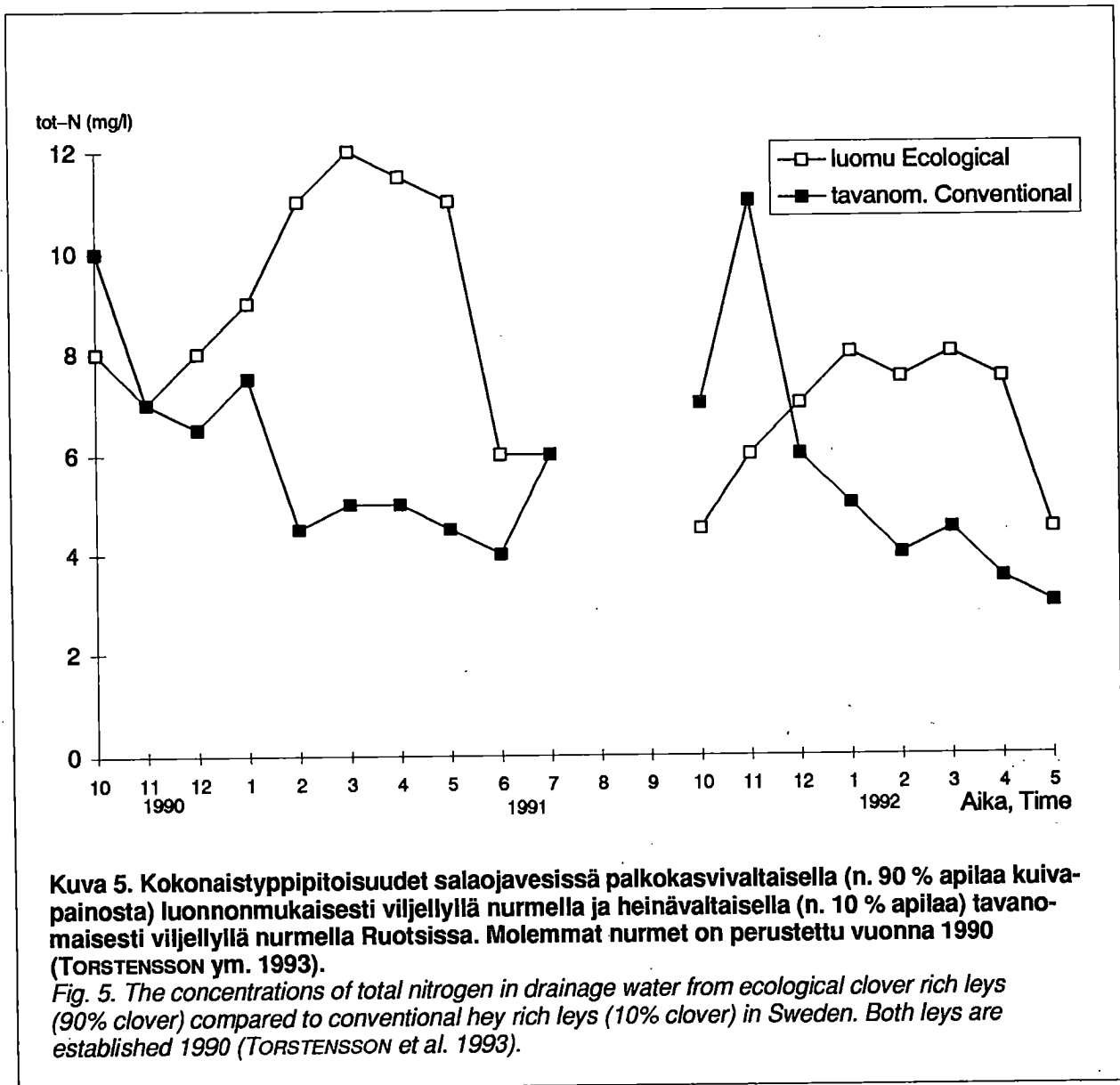
DAVIESIN & BARRACLOUGHIN (1989) kokeissa 8-vuotisessa kasvinviljelytilan kierrossa huuhtoutui tyyppiä keskimäärin 19,7 kg/ha/v, joka vastaa tavanomaisesti viljellyn karjatilan aiheuttamaa kuorimitusta Englannissa. TORSTENSSON ym. (1993) puolestaan havaitsivat luonnonmukaisesti viljellyn nurmen salaojavesien kokonaistyyppipitoisuuksien olevan hiukan suurempia kuin läheisellä tavanomaisesti viljellyllä nurmella (Kuva 5). Olosuhteet ja maalaji eivät tässä tapauksessa poikenneet niin paljoa toisistaan, ettei mittaustuloksia voisi verrata. On otettava huomioon, että apilapitoisuus oli tavanomaisesti viljelyssä nurmessa 10 %, kun se luonnonmukaisesti viljelyssä nurmessa oli jopa 90 % kuivapainosta. Typen huuhtoutumisen on havaittu pienenevän, kun tila on ollut kauemmin luonnonmukaisessa viljelyssä (Taulukko 1, DAVIES & BARRACLOUGH 1989).



**Taulukko 1. Luonnonmukaisten viljelymenetelmien käyttöajan pituuden vaikutus typen huuhtoutumiseen 8-vuotisessa viljelykierrrossa Englannissa (DAVIES & BARRACLOUGH 1989).**

*Table 1. Effect of the time using ecological cropping methods on nitrogen leaching. 8-year crop rotation in England (DAVIES & BARRACLOUGH 1989).*

Viljelykasvi <i>Crop</i>	Lohko <i>Field</i>	Vuosi <i>Year</i>	Aloitusvuosi <i>Start y.</i>	Typpihuuhtoutuma <i>Nitrogen leaching</i> (kg N/ha)	Veden nitr. pit. <i>Nitrate in water</i> (mg NO <sub>3</sub> -N/l)
1. v. nurmi <i>I. y. ley</i>	L. Garston	85/86	1970	1,7	0,6
1.v. nurmi <i>I. y. ley</i>	S. Barn (B)	85/86	1983	3,7	1,3
Syysvilja <i>Winter cereal</i>	U. Lawns	85/86	1975	99	33
Syysvilja <i>Winter cereal</i>	S. Barn (A)	85/86	1983	218	72
Syysvilja <i>Winter cereal</i>	R. Drove E	86/87	1973	11	6
Syysvilja <i>Winter cereal</i>	S. Barn (A)	86/87	1983	40	21



YOUNIE & WATSON (1992) mittasivat Englannissa maan mineraalityypipitoisuuksia tavanomaisella ja luonnonmukaisella tilalla. Mittaukset tehtiin nurmella olevilta pelloilta, joita osin laidunnettiin ja osin korjattiin säilörehuksi. Luonnonmukaisesti viljellyllä tilalla pitoisuudet olivat kaikkina vuodenaikoina ja kaikissa maakerroksissa (0–15, 15–30, 30–45 cm) pienempiä kuin tavanomaisesti viljellyllä tilalla. Tavanomaisessa viljelyssä pitoisuudet myös kasvoivat syvemmälle mentäessä, mikä on osoitus huuhtoutumisriskistä. Luonnonmukaisessa viljelyssä vastaavaa ilmiötä ei havaittu. Keskimäärin pitoisuudet olivat luonnonmukaisesti viljellyillä pelloilla 24 % pienempiä ja alimmassa kerroksessa ero oli keskimäärin 40 %. LAMPKINin (1990) mukaan pienempi nitraattitypen huuhtoutuminen johtuu maan korkeammasta biologisesta aktiivisuudesta ja orgaanisen ainaksen määrästä, koska denitrifikaatio ja typen immobilisaatio ovat tällöin korkeammat. OESTERGAARDIN ym. (1995) tiloilta ottamien maanäytteiden perusteella luomutilat sijoituivat tavanomaisten sikatilojen ja vihannestilojen väliin. Luomutiloja matalampia pitoisuuksia löytyi väkilannoitetuilta kasvinviljelytiloilta ja karjatiloilta.

Luonnonmukaisesti viljellyiltä pelloilta typen huuhtoutuminen on ollut vähäisempää, kun lantaa on käytetty kohtuullisia määriä (OTT 1986, RASMUSSEN 1986). Saksalaisessa kokeessa kohtuullisia lantamääriä (60 kg  $N_{\text{kok}}$ /ha rukiille, 160 kg  $N_{\text{kok}}$ /ha ruis–virma–heinä-seokselle) käytettäessä pysyivät huuhtoutumisvesien nitraattityypipitoisuudet pieninä luonnonmukaisesti viljellyllä lohokolla. Tavanomaisessa viljelyssä pitoisuudet pysyivät samalla tasolla kuin luonnonmukaisessa viljeltäessä ruista, ja lannoitettaessa yhtä paljon. Kun tavanomaisessa viljelyssä lietelantaa lisättiin runsaasti (400 kg  $N_{\text{kok}}$ /ha), kohosivat pitoisuudet huomattavasti (GÖMPEL ym. 1990). Eloperäisistä lannoitteista huuhtoutuu nitraattityppeä 1/2–1/3 vähemmän kuin epäorgaanisista lannoitteista. Väkilannoitteiden vaikutuksesta typen symbioottinen sidonta pienenee ja humuksen mineralisaatio kasvaa. Tämän seurauksena pitkällä aikavälillä maan vedenpidätyskyky pienenee ja typen huuhtoutuminen kasvaa, jolloin myös lannoitustarve suurenee. Jos puolestaan käytetään eloperäisiä lannoitteita, vapautuvat ravinteet hitaammin ja niitä kulkeutuu vähemmän ympäristöön (vesistöihin). Luonnonmukaisessa viljelyssä humuksen lisääntymisen

myötä kasvanut vedenpidätyskyky voi vaikuttaa myös siten, että kuivina vuosina luonnonmukaisessa viljelyssä saadaan suurempia satoja kuin tavanomaisessa viljelyssä (DAVIS 1985). FEIGEN & ROTHLINGSHOFERIN (1990) kokeissa luonnonmukaisen tilan pellon kyntökerroksen orgaanisen aineksen pitoisuus oli suurempi, jolloin myös valunnan määrä oli pienempi.

GODDEN ym. (1993), Belgia, käyttivät  $^{15}\text{N}$ -tyypeä lannoitteessa (väkilannoite ja komposti) kasvatettaessa raiheinää lysimetreissä. (Lysimetri on suuri maa-astia, jonka läpi kulkeutunut vesi mitataan ja analysoidaan huuhtoutumisvetenä.) Luonnonmukaisesti viljellystä maasta katosi kompostina lisäystä tyypestä 10–20 % eli 15–58 kg N/ha/v, kun tavanomaisesti viljellystä maaperästä katosi 17–44 % eli 16–124 kg N/ha/v kahden vuoden aikana lannoituksen jälkeen. LECLERCIN ym. (1995) 5-vuotisessa lysimetrikokeessa kompostilla lannoitetuista maista huuhtoutui tyypeä vähemmän kuin NPK-lannoitetuilta mailta. Väkilannoitelysimetreistä huuhtoutui 124 kg N/ha/v ja eloperäisesti lannoitetuista 85 kg N/ha/v. Kokeissa käytettiin useita kasvilajeja. DREESMANIN ym. (1991) kokeissa väkilannoitetun syysohrapellon (100 kg N/ha) nitraattityypipitoisuudet olivat korkeampia kuin lannoittamattomien puna-apilanurmen ja sinimailasnurmen. Pitoisuudet syysohrapellolla kasvukauden aikana olivat 0–90 cm:n maakerroksessa 40–50 kg  $\text{NO}_3\text{-N}$ /ha ja nurmilla 5–10 % pienempiä. Ohran sänkimuokkaus syksyllä käynnisti mineralisaation ja aiheutti huomattavan nitraattityypipitoisuuksien nousun.

Tavanomaisen viljelyn suurimmat typpipäästöt tulevat tiloilta, joilla harjoitetaan intensiivistä kotieläintaloutta. Näille tiloille tyypeä tulee sekä väkilannoitteiden että karjan rehujen mukana. Rehuja syövien eläinten lantaa käytetään myös peltojen lannoitteena. Tästä syystä ei voida verrata väkilannoitepohjaista viljelyä luomuviljelyyn, jossa 90 %:lla pinta-alasta tuotetaan eläinten rehua, joka sitten muuttuu lannaksi (GRANSTEDT 1995).

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä katsauksessa käsiteltyjen tutkimusten perusteella näyttää siltä, että ravinteiden — erikoisesti typen — huuhtoutuminen olisi pienempää luonnonmukaisesti viljellyiltä pelloilta. Luomutilojen aiheuttamia ravinnehuuhtoutumia ei kuitenkaan tule aliarvioida. Eräs suurimmista syistä pienempään huuhtoutumiseen lienee nurmipinta-alojen suuruus ja nurmen kyntö 4–5 vuoden välein. Toisaalta luomuviljelyn lannoitusintensiteetti on matala, mikä on seurausta pinta-alaan perustuvasta kotieläinmäärästä (HESS ym. 1994). On kuitenkin otettava huomioon, että myös satotasot ovat yleensä pienempiä luonnonmukaisessa viljelyssä. Suomalaisen tutkimuksen mukaan satotasot ovat noin 30 % pienempiä viljan viljelyssä ja 50 % vihannesten viljelyssä (tulokset osin myös siirtymävaiheiloilta). Nurmisadoissa voidaan päästä samansuuruisiin satoihin kuin tavanomaisessa viljelyssä, mikä osaltaan johtunee nurmien suuresta apilapitoisuudesta (KOIKKALAINEN 1994). Viljelyvarmuus on luonnonmukaisessa viljelyssä pienempi kuin tavanomaisessa, koska epäsuotuisia kasvuoloja, kuten maaperän kemiallisten, fysikaalisten ja biologisten ominaisuuksien heikkoutta tai epäedullista säätä, ei kompensoida väkilannoitteiden avulla. Tosin pidemmällä aikavälillä luonnonmukaisesti viljeltäessä maaperän ominaisuudet paranevat ja viljelyvarmuus lisääntyy (POWER & DORAN 1984).

Palkokasvipitoinen nurmi on seuraavan kasvin typen lähde. Ongelma luonnonmukaisen viljelyn ravinnehuollossa on ravinteiden vapautumisen ajoittuminen kasvin tarpeisiin nähden. Kynnön jälkeen (Suomessa yleensä syksyllä) alkaa nitraattityppeä vapautua maan orgaanisesta aineksestä ja keväällä typeä puolestaan ei vapaudu niin paljon kuin kasvit sitä tarvitsevat, joten sadot jäävät pieniksi. Myös rikkaruohojen mekaaninen torjunta muokkaamalla, erityisesti avokesannointi, lisää mineralisaatiota ja suurentaa typen huuhtoutumisriskiä. Apiloiden runsas käyttö ja karjanlannan tehokas kierrätys ovat avaintekijöitä luonnonmukaisen viljelyn ravinnehuollossa ja niiden 'jälkihoitoon' pitäisikin kiinnittää huomiota ravinteiden huuhtoutumisriskin pienentämiseksi.

Typen huuhtoutumista luonnonmukaisessa viljelyssä voidaan vähentää seuraavilla keinoilla. Väl-

tetään palkokasvien puhdaskasvustoja eli siemen-seoksessa tulisi aina olla mukana myös muita kasveja, jotka käyttävät maasta mineraloituvaa typeä. Palkoviljoilla käytetään aluskasvia (raiheinä/ristikuukkainen kasvi). Yleensäkin seoskasvustoja on syytä suosia puhdaskasvustojen sijasta, koska eri kasvien juuristot pystyvät hyödyntämään ravinteita ja vettä eri tavoin. Viljelykierrossa matalajuuristen kasvien jälkeen tulisi käyttää syväjuurisia kasveja, koska ne käyttävät tällöin alempiin maakerroksiin kulkeutuneet ravinteet. Nurmi tulisi kyntää keväällä tai myöhään syksyllä. Talviaikaisten pyydyskasvien käyttöä tulee suosia. Viljelykierrot tulee suunnitella siten, että kestorikkakasvit eivät pääse runsastumaan, jolloin avokesannointia ei tarvitse käyttää. Muokkauksen intensiivisyyttä pitäisi pienentää (matalampi kyntö ja vähemmän muokkaukset), koska muokkaus kiihdyttää mineralisaatiota. Lannan/kompostin käytössä tulee huomioida levitysaika siten, että vapautuva typi tulee viljelykasvin käyttöön. Kompostoitava ja käytettävä lantamäärä tulee optimoida levityspinta-alan ja viljelykasvin mukaan (HESS ym. 1992). Myös kompostoinnissa on hävikit minimoitava lyhentämällä kompostointiaikaa, optimoimalla kompostoitava lantamäärä sekä käyttämällä katteita kompostoinnin aikana. Typen huuhtoutumista voidaan vähentää myös nostamalla maan veden ja ravinteiden pidätyskykyä sekä käyttämällä syväjuurisia kasveja (PAPENDICK ym. 1987). Nämä seikat kannattaa huomioida pitkällä aikavälillä viljelykiertoa suunniteltaessa.

Luomuviljelijät pyrkivät käyttämään kaikkia edellä mainittuja keinoja mahdollisimman paljon, koska he haluavat kierrättää ravinteita tehokkaasti tilallaan. Ravinnehukka tilan ulkopuolelle ei ole heidän taloudellistenkaan etujensa mukaista.

Luonnonmukaisen viljelyn tutkimusten pitäisi olla monivuotisia ja koko menetelmälle oleellista viljelykiertoa koskevia. Tutkimuksessa pitäisi ottaa huomioon koko viljelyjärjestelmä eri tasoillaan, jolloin tutkimusta tehtäisiin pelto- ja tilatutkimuksen ohella myös alueellisella ja kansallisella tasolla. Kunkin tason tutkimustuloksia pitäisi soveltaa muille tasoille (KRISTENSEN ym. 1995) Tässä katsauksessa käsitellyt tutkimukset olivat kaikki joko vesi- tai maanäytteisiin perustuvia tutkimuksia, mutta maatalouden ravinnepestäjä ympäristöön voi tutkia myös ns. ravinnevirtatutkimuksena, jos-

sa lasketaan tasēita tilalle tulevista ja poistuvista ravinteista. Näiden erotus on pääasiassa hävikkiä ympäristöön. Tällaista tutkimusta on tehnyt mm. GRANSTEDT (1992). Täytyisi myös kehittää malleja, joilla pystytään eri tekijöiden perusteella arvioimaan tyypin huuhtoutumisriskiä myös luonnonmukaisessa viljelyssä. Tältä pohjalta voitaisiin laatia viljelijöille ohjeita keinoiksi vähentää huuhtoutumisriskiä eri tilanteissa (SCHMIDTKE 1995).

Suomessakin olisi aiheellista panostaa enemmän luonnonmukaisen viljelyn aiheuttaman ravinnekuormituksen tutkimiseen. Oleellisinta olisi paneutua niihin 'ongelmakohtiin' viljelykierrossa, joiden tiedetään aiheuttavan suurimmat ravinnehävikit. Olisi selvitettävä kuinka hävikkejä voidaan pienentää siten, ettei viljelijälle aiheudu kohtuuttomia lisäkustannuksia. Tulosten saattaminen viljelijöiden käyttöön on luonnollisesti myös erittäin tärkeää.

## KIRJALLISUUS

- ADDISCOTT, T. 1988. Farmers, fertilizers and the nitrate flood. *New Scientist* 120 (1633): 50–54.
- AMLINGER, F. & WALTER, B. 1993. Ertrags- und Nitratentwicklung bei der Umstellung auf Kompostwirtschaft. In: Zerger, U. (ed.). *Forschung im Ökologischen Landbau. Sonderausgabe Nr. 42. Stiftung Ökologie und Landbau.* p. 165–174.
- ARDEN-CLARKE, C. & HODGES, R. 1988. The environmental effects of conventional and organic/biological farming systems. II. Soil ecology, soil fertility and nutrient cycles. *Biological Agriculture and Horticulture* 5: 223–287.
- ARMSTRONG-BROWN, S. 1993. Organic farming and water pollution. *J. Inst. Water & Environment Management* 7(6): 586–591.
- BRANDHUBER, R. & HEGE, U. 1992. Tiefenuntersuchungen auf Nitrat unter Ackerschlägen des ökologischen Landbaus. *Bayer. Landwirtsch. Jahrb.* 69: 111–119.
- BRELAND, T. 1989. Soil organic carbon and nitrogen dynamics in grain cropping: Effects of undersown catch crops and green manuring. *Dr. Thesis. University of Norway. Department of Microbiology.* Ås.
- DAVIES, G. & BARRACLOUGH, D. 1989. Nitrate leaching at Rushall Farm Wiltshire 1985–88. *IFOAM Bulletin no. 7:* 3–5.
- DAVIS, J. 1985. Impact of agriculture on surface and ground water: a comparative study of conventional and organic farming. *Agrokemia es Talajtan (Agrochemistry and Soil Science)* 34: 181–196.
- DEWES, Th. 1995. Nitrogen losses from manure heaps. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 309–317.
- DREBSMANN, S. 1993a. Pflanzenbauliche Untersuchungen zu Rotklee- und Luzernegras-Grünbrachen in der modifizierten Fruchtfolge Zuckerrüben-Winterweizen-Wintergerste. *Ms Thesis. University of Bonn.* Bonn. 112 s.
- 1993b. Grünbrache in der Rheinischen Fruchtfolge - Aspekte für die Umstellung auf den Organischen Landbau. In: *Forschungsberichte Heft Nr. 7 zur 7. Wiss. Fachtagung 'Elemente des Organischen Landbaus' des Lehr- und Forschungsschwerpunktes 'Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft' der Landw. Fak. der Univ. Bonn.* 06.05.1993. p. 18–19.
- & KÖPKE, U. 1990. Vorfruchteffekte einjähriger Leguminosen-Grünbrachen zu Senf und Zuckerrüben. 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. 26.–28.09.1991. Braunschweig. In: *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 4: 45–48.
- , KÖPKE, U. & PIORR, H.-P. 1991. Grünbrache als Einstieg in die Umstellungsfruchtfolge - Bodenwirkungen von Luzerne- und Klee gras. In: *Betriebswirtschaftliche Mitteilungen (BM) der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein,* April, Heft 433: 13–15.
- DUDLEY, N. 1990. Nitrates, the threat to food and water. *Green Print. The Merlin Press Ltd.*
- ELTUN, R. 1995. Comparisons of nitrogen leaching in ecological and conventional cropping systems. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 103–114.
- FASSBENDER, K., HESS, J. & FRANKEN, H. 1993. Sommerweizen - grundwasserschonende Alternative zu Winterweizen auf leichten Standorten — N-Dynamik, Ertrag und Qualität. In: Zerger, U. (ed.). *Forschung im Ökologischen Landbau. Sonderausgabe Nr. 42. Stiftung Ökologie und Landbau.* p. 139–144.
- FEIGE, W. & RÖTHLINGSHÖFER, R. 1990. Nitratauswaschung aus zwei unterschiedlich bewirtschafteten Ackerboden. *Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung* 31: 2, 89–95.

- FOWLER, S., WATSON, C. & WILMAN, D. 1993. N, P and K on organic farms — herbage and cereal production, purchases and sales. *J. Agric. Sci.* 120: 353–360.
- Garten organisch 1986. Weniger Nitratverluste durch biologisch orientierte Massnahmen. No. 1: 10–12.
- GODDEN, B., NICOLARDOT, B., CHENEY, D., DEWERTCHIN, F. & PENNICKX, M. 1993. N cycle in soils coming from conventional and organic farms studied with microlysimeter and <sup>15</sup>N labelling techniques. In: Nitrogen leaching in ecological agriculture. International Workshop at The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. 11–15 October 1993. p. 31.
- GRANSTEDT, A. 1992. A case studies on the flow and supply of nitrogen in alternative farming in Sweden. I. Skilleby farm 1981–1987. *Biological Agriculture and Horticulture* 9: 15–63.
- 1995. Studies on the flow, supply and losses of nitrogen and other plant nutrients in conventional and ecological agricultural systems in Sweden. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 51–68.
- GÖMPEL, H., POMIKALKO, A., BEYER, S., SATTELMACHER, B., PETERS, M. & BLUME, H. 1990. Nitrogen and potassium dynamics, rooting intensity and infection with VA mycorrhiza in a haplic podsol under intensive and organic farming. In: Plant nutrition - physiology and applications (von Beuschem, M. L. ed.). Dordrecht. Netherlands. Kluwer Academic Publishers. p. 603–606.
- HAYMAN, D. 1975. Phosphorus cycling of micro-organisms and plant roots. In: Soil microbiology (Walker, N. ed.). Halstead Press. New York and Wiley & Sons. p. 67–91.
- HESS, J. 1989. Kleegrassumbruch im Organischen Landbau - Stickstoffdynamik im Fruchtfolgeglied Kleegrass-Kleegrass-Weizen-Roggen. Ms Thesis. University of Bonn. Bonn. 127 p.
- 1990. Acker- und pflanzenbauliche Strategien zum verlustfreien Stickstofftransfer beim Anbau von Klee gras im Organischen Landbau. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 3: 241–244.
- & FRANKEN, H. 1988. Über die Reduzierung von Nitratverlusten nach Leguminosen durch den Anbau von Cruciferen. In: Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. Band 57: 55–60.
- & KLEIN, A. 1987. Möglichkeiten zur Verringerung der N-Frühjahrsücke im Organischen Landbau durch verbesserte Nutzung von Leguminosen-N und systemkonforme Düngungsmassnahmen. In: Umweltverträgliche und standortgerechte Landwirtschaft Kolloquium am 7. und 15.5.1987 in Bonn. Forschung und Beratung. Reihe B. Wissenschaftliche Berichte der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität Bonn. Heft 36: 42–63.
- PAULY, J. & FRANKEN, H. 1990. Standorterhebungen zur Stickstoffdynamik nach Klee grasumbruch. In: Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 3: 269–272.
- PAULY, J., ROTH, A. & FRANKEN, H. 1993. Stickstoffmineralisation aus Ernterückständen: Standort- und Jahreseinfluss sowie Möglichkeiten der Beeinflussung durch ackerbauliche Massnahmen am Beispiel des Weizenanbaus nach Klee gras im Ökologischen Landbau. Forschung und Beratung. Wissenschaftliche Berichte über Land- und Ernährungswirtschaft in NRW 1993. Reihe C. Heft 49: 189–201.
- PIORR, A. & SCHMIDTKE, K. 1992. Grundwasser-schonende Landbewirtschaftung durch Ökologischen Landbau? Eine Bewertung des Leguminosenanbaus und des Wirtschaftsdüngereinsatzes im Anbausystem Ökologischer Landbau. Veröffentlichungen des Instituts für Wasserforschung GmbH Dortmund und der Dortmunder Stadtwerke AG. Nr. 45. 56 p.
- SCHMIDTKE, K. & PIORR, A. 1994. Ökologischer Landbau in Wasserschutzgebieten. Kurzfassung des Vortrages anlässlich der Tagung 'Ökologischer Landbau Perspektive für die Zukunft?!'. Stuttgart-Hohenheim 17.-19. Februar 1994. In: SÖL-Sonderausgabe Nr. 58: 114–137.
- HODGES, R. 1991. Soil organic matter: Its central position in organic farming. Advances in soil organic matter research: The impact on agriculture and the environment. (Wilson, W. ed) The Royal Society of Chemistry.
- HOLMEGAARD, J. 1987. Grøngødning og efterafgrøder. Skarv Publications. (Holte ed.) 224 p.
- JENSEN, I. 1987. Det alternative jordbrug: er økologisk jordbrug løsnig på miljøforureningen, produktkvaliteten og økonomien? Ugeskrift for jordbrug. 24: 759–764.
- JUSTUS, M. & KÖPKE, U. 1990. Three strategies to reduce nitrogen losses by leaching when growing faba beans. In: Proceedings of the 8th Intern. IFOAM-Conference. 28.–30.08.1990. Budapest/Hungary. In print.
- 1991. Ackerbohnen: Anbauverfahren zur Reduzierung von Nitratverlusten und Steigerung der Vorfruchtwirkung. Postervorstellung. 35. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften. 26.-28.09.1991. Braunschweig. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 4: 331–334.
- 1992. Strategies to reduce nitrogen losses and to increase precrop effects when growing faba beans in humid climates. Proceedings of the 9th Intern. Scientific Conference of IFOAM, Nov 16–21, 1992. Sao Paulo, Brazil. Ed. by Köpke, U. & Schulz, D. G. p. 59–66.
- 1993. Optimierung des Ackerbohnenanbaus durch die Reduzierung von Nitratverlusten und Steigerung der Vorfruchtwirkung. In: Forschungsbericht Nr. 7 zur 7. Wiss. Fachtagung 'Elemente des Organischen Landbaus' des Lehr- und Forschungsschwerpunktes 'Umweltverträgliche und Standortgerechte Landwirtschaft' der Landw. Fak. der Univ. Bonn. 06.05.1993. p 10–17.
- 1995. Strategies to reduce nitrogen losses via leaching and to increase precrop effects when growing faba beans. *Biological Agriculture & Horticulture* 11: 145–155.

- KAFFKA, S. & KOEPF, H. 1989. A Case Study on the Nutrient Regime in Sustainable Farming. *Biological Agriculture and Horticulture* 6: 89–106.
- KEMPPAINEN, E. 1992. Karjanlannan tyypin ja fosforin huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. In: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (eds). *Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 359*: 153–171.
- KOIKKALAINEN, K. 1994. Luonnonmukaisen viljelyn talousseuranta. *Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 18/94*. 23 p.
- KRISTENSEN, L., STOPEs, C., KOELSTER, P. & GRANSTEDT, A. 1995. Nitrogen leaching in ecological agriculture: Summary and recommendations. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 331–340.
- KÖPKE, U. 1995. Nutrient management in organic farming systems: the case of nitrogen. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 15–29.
- LAMPKIN, N. 1990. *Organic farming*. Farming Press.
- LECLERC, B., GEORGES, P., CAUWEL, B. & LAIRON, D. 1995. A five year study on nitrate leaching under crops fertilized with mineral and organic fertilisers in lysimeters. *Biological Agriculture & Horticulture* 11: 301–308.
- LEINONEN, P. & ROINILA, P. 1994. The effect of covering on the nutrient losses during composting of farmyard manure. *NJF-utredning/Rapport nr. 100*. p. 210.
- MEUSER, H., WESSOLEK, G. & RENGER, M. 1990. Berechnung von N-Bilanz und N-Nettomineralisation bei unterschiedlichen Düngungsformen (mineralisch, organisch, biologisch-dynamisch). *KALI-Briefe* 20(3): 261–268.
- MICHEL, D. 1993. Humus- und Stickstoffreproduktionsleistung von Luzerne in einem Dauerfeldversuch sowie N-min-Dynamik während der Nutzungsdauer und nach Umbruch der Bestände. In: Zerger, U. (ed.) *Forschung im Ökologischen Landbau. Sonderausgabe Nr. 42. Stiftung Ökologie and Landbau*. p. 145–152.
- NYKÄNEN, A. & GRANSTEDT, A. 1995. Preceding crop effect of ley in ecological agriculture. In: *Driven by Nature. Plant litter quality and decomposition*. Wye College. University of London. September 17–20, 1995. p. 110.
- OESTERGAARD, H., STOUGAARD, B. & JENSEN, C. 1995. Nitrate leaching depending on cropping system. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 173–179.
- OTT, P. 1986. Utilization of farmyard manure and composted farmyard manure "A manuring strategy". The importance of biological agriculture in a world of diminishing resources. *Proc. of the 5th IFOAM Int Sci. Conf. at the Univ. of Kassel, Aug 27–30, 1984*. p. 61–73.
- PAAJANEN, A. & TURTOLA, E. 1994. Nitrogen and phosphorus concentrations in drainage water from a clay soil under different crop rotations. *Käsikirjoitus*.
- PAPENDICK, R., ELLIOTT, L. & POWER, J. 1987. Alternative production systems to reduce nitrates in ground water. *Am. J. Alternative Agric.* 2 (1): 19–24.
- PHILIPPS, L. & STOPEs, C. 1995. The impact of rotational practises on nitrate leaching losses in organic farming systems in United Kingdom. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 123–134.
- PIORR, A. 1992. Zur Wirkung von residualem Klee- und Wirtschaftsdüngerstickstoff auf die N-Dynamik in Ökologisch Bewirtschafteten Böden und die N-Ernährung von Getreide. Ms Thesis. University of Bonn. 171 p.
- POWER, J. & DORAN, J. 1984. Nitrogen use in organic farming. In: R. Hauck (ed.) *Nitrogen in crop production*. American Society of Agronomy. Madison. Wisconsin. pp. 585–598.
- RASMUSSEN, J. 1986. Kvaestof (N) i alternativt jordbrug. Ernoe, H. & Nielsen, M. (eds). *Temadag: Landbrug og miljøe*. Aarhus (Denmark). AaU. p. 35–43.
- 1988. Kompost, lovgivning og alternativt jordbrug. *Ugeskrift for Jordbrug* 133(2): 58–62.
- RAUHE, K. 1968. Stallmist. In: Linser, H. (Hrsg.) *Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung 2 (2)*. Springer Verlag. Wien und New York.
- REENTS, H.-J. 1991. Nitratverlagerung nach Leguminosenumbbruch in biologisch-dynamisch geführten Betrieben. *Lebendige Erde* 6: 303–312.
- REGANOLD, J., ELLIOTT, L. & UNGER, Y. 1987. Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature* 330: 370–372.
- REINERS, E. 1987. Nitratauswaschung minimieren. *Bioland* 4: 4–5.
- REKOLAINEN, S. 1992. Maatalouden aiheuttama fosfori- ja typpikuorma vesistöihin. In: Rekolainen, S. & Kauppi, L. (eds). *Maatalous ja vesien kuormitus. Yhteistutkimusprojektin tutkimusraportit. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 359*: 9–15.
- SHELLER, E. 1995. Case studies on nitrate leaching in arable fields of organic farms. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 91–102.
- SCHMIDTKE, K. 1995. Ökologischer Landbau - eine Möglichkeit zur grundwasserschonenden Landwirtschaft? In: *Strategien zur Verminderung der Nitratauswaschung in Wasserschutzgebieten*. KTBL/HMUB-Fachgespräch am 15./16. März 1994 in Duderstadt/Westerode. *Arbeitspapier 206*: 82–92.
- SMITH, K. & UNWIN, R. 1983. Fertiliser value of organic manures in U.K. *Fertiliser Society Proceedings*. 221 p.
- SOLBERG, S. 1995. Influence of crops and cultivation management on the nitrogen leaching potential on ecological farms in South East Norway. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 115–122.
- STOPEs, C. 1987. Nitrate leaching in organic ley / arable farming systems. *New Farmer and Grower* 15: 22–23.
- & PHILIPPS, L. 1990. Nitrate leaching from organic farming systems. *J. Sci. Food Agric.* 53(1): 140–141.
- & PHILIPPS, L. 1992. Organic farming and Nitrate leaching. *New Farmer and Grower* 34: 25–28.

- TORSTENSSON, G. 1993. Critical periods for nitrogen leaching from ecological agriculture. In: Nitrogen leaching in ecological agriculture. International Workshop at The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark. 11–15 October 1993. p. 26.
- GUSTAFSON, A., ARONSSON, H. & GRANSTEDT, A. 1993. Ekologisk odling - utlakningsrisker och kväveomsättning. *Ekohydrologi* 34. Uppsala. 21 p.
- TURTOLA, E. 1993. Nitrogen and phosphorus leaching during set-aside. *NJF-utredning/rapport* 228: 207–217.
- & JAAKKOLA, A. 1987. Viljelykasvin vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen savimaasta Jokioisten huuhtoutumiskentällä v. 1983–1986. Maatalouden tutkimuskeskus, *Tiedote* 22/87. 34 p.
- UNWIN, R. & SMITH, K. 1995. Nitrate leaching from livestock manures in England and the implications for organic farming of nitrate control policy. *Biological Agriculture and Horticulture* 11: 319–327.
- WATSON, C., FOWLER, S. & WILMAN, D. 1988. Nitrate leaching following the ploughing of grass/clover leys in organic farming systems. First Research Meeting at the Welsh Agricultural College, 13–15 September 1988. Session IV, paper 3. Hurley, UK. British Grassland Society (BGS).
- 1993. Soil inorganic-N and nitrate leaching on organic farms. *J. Agric. Sci.* 120: 361–369.
- VEREIJKEN, P. 1990. Research on integrated arable farming and organic mixed farming in the Netherlands. Sustainable agricultural systems. In: Edwards, C. et al.(eds). Ankeny, Iowa. p. 287–296.
- WERF, P. van der, BAARS, A. & OOMEN, G. 1995. Nutrient balances and measurement of nitrogen losses on mixed ecological farms on sandy soils in the Netherlands. *Biological Agriculture & Horticulture* 11: 41–50.
- VETTER, H. & STEFFENS, G. 1986. *Wirtschaftseigene Düngung* - Landwirtschaftsverlag. Munster-Hiltrup.
- YOUNIE, D. & WATSON, C. 1992. Soil nitrate-N levels in organically and intensively managed grassland systems. *Aspects of Applied Biology* No. 30: 235–238.



## MAATALOUDEN TUTKIMUSKEŠKUKSEN TIEDOTTEET

(Tiedotteet vuosilta 1983–90 on lueteltu aiempien vuosikertojen numeroissa.)

1991

2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K. & KONTTURI, M. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1983–1990. 146 p. + 2 liitettä.
3. VILKKI, J. Kulta-kevättrypsi. 20 p. + 1 liite.
4. KEMPPAINEN, E. & VUORINEN, M. Maanparannusaineiden vertailu kenttäkokeessa. (Sotkamon maanparannuskoe). 22 p.
5. YLÄRANTA, T. Maataloustuotannon vaikutus kasvihuoneilmiöön Suomessa. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. 18 p.
6. HANNUKKALA, A. E. Puikulan viljelytekniikka Lapissa. 23 p.
7. URVAS, L. & HÄMÄLÄINEN, I. Viljeltyjen moreenimaiden kemialliset ominaisuudet. Kirjallisuuskatsaus. 28 p.
8. JUHANOJA, S. Freesian sadon ajoittaminen. 57 p.
9. LAURILA, L., HIIVOLA, S-L. & KARVONEN, T. Rukiin sakoluku Etelä-Pohjanmaalla. 56 p.
10. HUUSELA-VEISTOLA, E., PAHKALA, K. & MELA, T. Peltokasvit sellun ja paperin raaka-aineena. Kirjallisuustutkimus. 36 p. + 1 liite.
11. TIIRI, J. Muokkauksen vaikutus maan toimintoihin. 82 p.
12. NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Typpilannoituksen vaikutus niittynurmikka-, nurmirölli-, puisto- ja punanatanurmikon kasvuun ja kestävyYTEEN. 38 p.
13. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Lajikkeen, lannoituksen ja leikkuun vaikutus niittynurmikka-natanurmikon menestymiseen. 33 p.
14. HUUSELA-VEISTOLA, E., NIEMELÄINEN, O. & HUHTA, H. Siemenmäärä nurmikon perustamisessa. 30 p.
15. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E., NISSINEN, O., AHVENNIEMI, P., LAURILA, A. & RAVANTTI, S. Lannoituksen ja leikkuukorkeuden vaikutus nata- ja niittynurmikkalajikkeiden peittävyYTEEN ja kestävyYTEEN nurmikossa. 35 p. + 1 liite.
16. NIEMELÄINEN, O., HUUSELA-VEISTOLA, E. NISSINEN, O. & TALVITIE, H. Nurmikkosiemen-seosten menestyminen eri tavoin kunnostetulla kasvualustalla. 51 p., 5 liitettä.
17. HÄRKÖNEN, E., NIEMELÄINEN, O. & HUUSELA-VEISTOLA, E. Englanninraiheinä nurmikon perustamisessa Suomessa. 26 p. + 1 liite.

18. JUNNILA, S. & ERVIÖ, L-R. Uusien herbisidien tehokkuus ja käyttökelpoisuus viljakasvustoissa. 48 p.
19. ALAVIUHKOLA, T., SUOMI, K. & FRIMAN, T. Uusimmat koetulokset sikatalouden tutkimus-asemalta. 77p.
20. KEMPPAINEN, E., ANISZEWSKI, T. & MIETTINEN, E. Nurmikasvilajien vertailu Pohjois-Kainuussa. 17 p.
21. **Salaatin viljely ja sadon laatu. *Cultivation of lettuce and quality of yield.***  
Yhteistutkimuksen "Salaatin viljelymenetelmien kehittäminen ja viljelytoimien vaikutus salaatin laatuun" loppuraportti. 179 p.  
Toimittaneet RAILI JOKINEN ja RISTO TAHVONEN.
22. AVIKAINEN, H., HARJU, P., KOPONEN, H., MANNINEN, M., MEINANDER, B. & TAHVONEN, R. Desinfiointiaineiden soveltuvuus pelto- ja kasvihuonetuotannossa. 52 p. + 2 liitettä.
23. JOKI-TOKOLA, E. Rehun kuiva-ainepitoisuuden, paalien muovitustavan ja säilytyspaikan vaikutus pyöröpaalisäilörehun säilyvyyteen. 27 p.
24. JUHANOJA, S. & HIIRSALMI, A. Tuloksia puiden ja koristepensaiden menestymisen seurannasta vuosina 1970-90. 116 p.

## 1992

1. HAKKOLA, H. & KERÄNEN, T. Rehuviljakokeiden tuloksia 1977-91 Pohjois-Pohjamaan tutkimusasemalta. 22 p.
2. KOSSILA, V. & MÄNTYSAARI, P. Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia Maatalouden tutkimuskeskuksessa v. 1973-89. 110 p. + 3 liitettä.
3. URVAS, L. Kalium-, mangaani- ja sinkkilannoituksen vaikutus timotein ravinnepitoisuuteen Pohjois-Suomen suonurmilla. 23 p.
4. NISSINEN, O. Yksivuotisten tuorerehukasvien soveltuminen laidun- ja niittoruokintaan Pohjois-Suomessa. 45 p.
5. HANNUKKALA, A.E. Timoteinurmen perustaminen Pohjois-Lapissa. 15 p.
6. MÄKELÄ-KURTTO, R., SIPPOLA, J. & JOKINEN, R. Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden hyötykäyttö maataloudessa. (Loppuraportti tutkimushankkeesta "Teollisuuden jätevesilietteet ja niiden mahdollinen hyväksikäyttö maataloudessa".) 51 p. + 40 liitettä.
7. VANHALA, P. Rikkakasvien fysikaalinen ja mekaaninen torjunta kasvukauden aikana. 68 p.
8. SAASTAMOINEN, M. Sohvi-herne. 41 p. + 2 liitettä.
9. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1984-1991. 109 p. + 2 liitettä.
10. GALAMBOSI, B. & RAHUNEN, I. Yrttien käyttö ja viljely. 39 p. + 1 liite.

11. SIMOJOKI, P., MEHTO-HÄMÄLÄINEN, U., LAITINEN, V. & RÄKKÖLÄINEN, M. Rikkakasvien torjunta ilman herbisidejä. 37 p.
12. **Hiehoikasvatuskokeiden tuloksia.**  
 SAIRANEN, S., KOSSILA, V., ARONEN, I. & MICORDIA, A. Risteytyshiehot. P. 4–23.  
 KOSSILA, V., SAIRANEN, S., MICORDIA, A., VALMARI, A. & HAKKOLA, H. Hiehot ja hieholehmät. P. 24–40 + 9 liitettä.  
 KOSSILA, V., HEIKKILÄ, T. & SAIRANEN, S. Kaksoiset ja kolmoset. P. 41–48 + 2 liitettä.  
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA ja SILJA SAIRANEN.
13. URVAS, L. & HYVÄRINEN, S. Maaperäkarttaselitys. Lapinlahti. 13 p. + 2 liitettä.
14. **Pikkuvasikoiden ruokintakoetuloksia 1990–91.** 57 p. + 1 liite.  
 KOSSILA, V., ARONEN, I., TOIVONEN, V. & SAIRANEN, S. Korsirehun korjuuasteen vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun ja rehunkulutukseen. P. 4–20.  
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & MÄNTYSAARI, P. Piimäjauhe ja maitojauhe-10 verrattuna kurrijauhejuottoon ja ohrajauhoihin lisätyn kauraproteiinin vaikutus vasikoilla. P. 21–40.  
 KOSSILA, V., ARONEN, I., SAIRANEN, S. & NOUSIAINEN, J. Probioottien vaikutus pikkuvasikoiden kasvuun, rehunkulutukseen ja terveyteen. Eri suoliston osiin vaikuttavien probioottien yhdysvaikutus. P. 41–57.  
 Toimittaneet VAPPU KOSSILA & SILJA SAIRANEN.
15. NISSILÄ, E. Arttu-ohra. 16 p. + 3 liitettä.
16. SALO, T. Typpi- ja kloridilannoituksen vaikutus punajuurikkaan nitraattipitoisuuteen ja satoon. *The effect of nitrogen and chloride fertilization on the nitrate content and yield of beetroot.* 37 p. + 6 liitettä.
17. GALAMBOSI, B. & PIEKKARI, S. Yrtit, mausteet ja rohdokset Suomessa. Luettelo julkaisuista. 48 p.
18. MÄKELÄ-KURTTO, R., LINDSTEDT, L. & SIPPOLA, J. Laboratorioiden ja analyysimenetelmien välinen vertailututkimus viljelymaan raskasmetalleista. 61 p. + 3 liitettä.

## 1993

1. SAASTAMOINEN, M. Sisko-kaura. 24 p. + 2 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., PAHKALA, K., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1985–1992. 108 p. + 2 liitettä.
3. KIVIJÄRVI, P., DALMAN, P. & VALO, R. Vihanneslajikkeet Etelä-Savon tutkimusasemalla vuosina 1983–91. (*Summary: Vegetable varieties tested at the South-Savo Research Station of the Agricultural Research Centre of Finland in 1983–91.*) 34 p.
4. RINNE, S-L., SIPPOLA, J. & SIMOJOKI, P. Omavaraisen viljelyn vaikutus maan ominaisuuksiin. (*Summary: Effect of self-sufficient cultivation on soil properties.*) 26 p. + 12 liitettä.

5. RINNE, K., SUVITIE, M. & RINNE, S-L. Ayrshiren, friisiläisen ja suomenkarjan monivuotinen vertailu kotovaraisella säilörehu–vilja- ja heinä–vilja–urearuokinnalla. Lehmien rehunkulutus, ravinnonsaanti, tuotokset, maidon koostumus sekä hedelmällisyys ja kestävyys 4.–6. lypsykausina. *Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on grass silage-cereal and hay-urea-cereal diets. Feed intake and nutrient supply, production and composition of milk, fertility and culling of the cows during the 4th–6th production years.* 48 p. + 1 liite.
6. VILKKI, J. Helmi-öljypellava. 8 p. + 3 liitettä.
7. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timotein fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. *Grass production on cut-away peatlands. Phosphorus fertilization for timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.* 27 p. + 2 liitettä.
8. SANKARI, H. Bioenergian tuotantoon soveltuvat peltokasvit. Kirjallisuuskatsaus. Kasvin-tuotannon osaraportti esitutkimukseen "Energian tuottaminen elintarviketuotannosta vapautu-valla peltoalalla." *Suitability of cultivated plants for bioenergy production. Literary survey. The partial report of plant production to the preliminary study entitled "Energy production in the areas released from food production."* 38 p.
9. GALAMBOSI, B., KEMPPAINEN, R., SIKKILÄ, J. & TALVITIE, H. Maustekasvien merkitys mehiläisille. ( *Summary: The significance of culinary herbs to bees.* ) 62 p. + 9 liitettä.
10. URONEN, K.R., TAHVONEN, R., JOKINEN, R. & BARTOSIK, M-L. Kasvualustan johtokyvyn vaikutus vaikutus turpeessa viljellyn tomaatin satoon ja sadon laatuun. ( *Summary; Samman-fattning.* ) 34 p. + 3 liitettä.
11. ARONEN, I., LAMPILA, M. & HEPOLA, H. Säilörehu, heinä ja olki kasvavien ayrshiresonnien ruokinnassa. ( *English summary.* ) 24 p.
12. SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotisen karitsoinnin merkitys lihan-tuotantoon ja kannattavuuteen. *Effect of out-of-season lambing on meat production and profi-tability.* 52 p. + 3 liitettä.  
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Ympärivuotinen karitsointi ja lihantuotanto. P. 7–43.  
SUVELA, M. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Tiheän ja normaalin karitsoinnin vertailu. P. 44–52.
13. SIMOJOKI, P. Selluloosatehtaan jätelietteen lannoitusvaikutus. ( *Summary: Fertilizer effect of sludge from a sulphate and paper mill.* ) 17 p. + 2 liitettä.
14. **Omavaraisen viljelyn kannattavuuslaskelmia.** 33 p. + 4 liitettä.  
MÄKINEN-HANKAMÄKI, S. Laskelmia omavaraisten viljelymenetelmien kannattavuudesta. ( *Summary: Calculations on the profitability of self-sufficient cultivation methods.* ) p. 7–23.  
RIEPPONEN, L. Omavaraisen ja tavanomaisen viljelyn kannattavuuden vertailu. ( *Summary: Comparison of the profitability of self-sufficient and conventional cultivation methods.* ) p. 25–33.
15. KEMPPAINEN, E., JAAKKOLA, A. & ELONEN, P. Peltomaiden kalkitustarve ja kalkituksen vaikutus viljan ja nurmen satoon. ( *Summary: Effect of liming on yield of cereals and grass.* ) 44 p. + 29 liitettä ja 7 kuvaliitettä.
16. VUORINEN, M. & TAKALA, M. Sinimailasen viljelyyn vaikuttavia tekijöitä. ( *Summary: Management of alfalfa.* ) 17 p. + 1 liite ja 19 liitetaulukkoa.

17. VILKKI, J. Jyty-sareptansinappi. (*English summary.*) 12 p. + 8 liitettä.
18. PÄRSSINEN, P. Antti-nurminata. (*English summary.*) 10 p. + 2 liitettä.
19. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maatilojen ympäristönhoito ja -suunnittelu. Lounais-Hämeen maatilojen ympäristösuunnittelun tulokset ja maatilayhteistyön tutkimusohjelma vuosille 1993–96. (*Abstract: Environmental management and planning by farms. The results of environmental planning by farms in South-West Häme, Finland, and the research plan for farm co-operation during 1993 to 1996.*) 86 p. + 1 liite.
20. HUHTA, H. & JAAKKOLA, A. Viljelykasvin ja lannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen turvemaasta Tohmajärven huuhtoutumiskentällä v. 1983–87. 66 p. + 7 liitettä.

## 1994

1. LINNA, P. & JANSSON, H. Biotiitti nurmen kaliumlannoitteena. (*Summary: Biotite as a potassium fertilizer in grass production.*) 13 p. + 18 liitettä.
2. MUSTONEN, L., RANTANEN, O., NIEMELÄINEN, O., SANKARI, H., KONTTURI, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1986–1993. 112 p. + 1 liite.
3. HAKKOLA, H. Turpeeseen sekoitetun naudanlietelannan lannoitusvaikutus ja varastoinnin aikaiset ravinnehävikit. (*Summary: The fertilization effect of peat manure and nutrient losses during storage.*) 20 p. + 1 liite.
4. EVERS, A-M. Lannoituksen vaikutus kasvien ravitsemukselliseen laatuun. Kirjallisuustutkimus. (*Summary: The effect of fertilization on the nutritional quality of vegetables. A literature review.*) 22 p.
5. KEMPPAINEN, R. Lannoitustavan vaikutus porkkana-, peruna- ja ohralajikkeiden satoon ja sadon laatuun. Komposti- ja väkilannoituksen vertailu. (*Summary: Effect of fertilization method on yield and yield quality of carrot, potato and barley. Comparison between compost and mineral fertilizer.*) 29 p. + 5 liitettä.
6. KANGAS, A., SIMOJOKI, P. & TALVITIE, H. Kevätviljojen kylvösiemenen taantuminen. (*Summary: Deterioration of the yielding capacity of cereal seed.*) 17 p.
7. VÄNNINEN, I. Kasvihuoneviljelmien tuhoeläimet ja torjunta-aineiden käyttö. Vuoden 1992 kyselytutkimuksen tulokset. (*Summary: Pests and pesticide usage on greenhouse cultivations. Results of a questionnaire survey from 1992.*) 30 p.
8. VIRKAJÄRVI, P. & KARVONEN, K. Mittalautasen soveltuvuus timoteivaltaisen laidunnurmen kuiva-ainemassan määrittämiseen. 21 p. + 1 liite.
9. RANTALA, M., UUSIVIRTA, R., ULMANEN, S. & HANNUKKALA, A. Sellutehtaan kuorijäte lietelannan, sakokaivolietteen ja jätevesien käsittelyssä. (*Summary: The barking waste from a pulp mill in the treatment of cow slurry, septic tank sludge and waste water.*) 54 p.

10. KALLIO, M. & SAIRANEN, S. Kotieläinten luonnonmukainen ruokinta. Kirjallisuuskatsaus. 20 p.
11. REGÅRDH, E. & NIEMELÄINEN, O. Luonnonvaraisten ruohovartisten kasvien siemenlisäyksen kehittäminen. Kirjallisuusselvitys. (*Summary: Developing the seed multiplication of herbaceous wild plants. A literature survey.*) 50 p. + 2 liitettä.
12. PAHKALA, K., MELA, T. & LAAMANEN, L. Agrokuidun tuotanto- ja käyttömahdollisuudet Suomessa. Alustavan tutkimuksen loppuraportti 1990–1992. (*Summary: Prospects for the production and use of agrofibre in Finland. Final report of the preliminary study in 1990–1992.*) 56 p. + 2 liitettä.
13. VIRKAJÄRVI, P. & HUHTA, H. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timoteinurmen kaliumlannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. (*Summary: Grass production on cut-away peatlands. Potassium fertilization of timothy (Phleum pratense) leys at Valkeasuo, Tohmajärvi.*) 23 p. + 10 liitettä.
14. LAITINEN, P. Allelopatia – kasvien ja muiden eliöiden biokemiallinen vuorovaikutus. Kirjallisuustutkimus. 44 p.
15. URVAS, L. Salaojavesien ravinnehuhtoutumat karjatiljoilla. (*Summary: Leached nutrients in drain water on livestock farms.*) 32 p.
16. KEMPPAINEN, E. Naudan lietelannan ja ketun lannan ravinteiden huuhtoutuminen lysimetrikokeessa. (*Summary: Leaching of nutrients from cow slurry and fox manure in a lysimeter trial.*) 46 p. + 2 liitettä.
17. ALAKUKKU, L. & ELONEN, P. Syksyn kuljetusajon aiheuttama savimaan tiivistyminen. (*Summary: Compaction of a heavy clay soil by transport traffic in autumn.*) 30 p. + 13 liitettä.
18. KOIKKALAINEN, K. Luonnonmukaisen viljelyn talousseuranta. (*Summary: Economic follow-up of ecological farming.*) 23 p.
19. NISSINEN, O. & HAKKOLA, H. Korjuutavan ja kasvilajin vaikutus nurmen tuottokykyyn Pohjois-Suomessa. (*Summary: The effect of the harvesting method and plant species on the grassland productivity in North Finland.*) 48 p.

## 1995

1. LEPPÄNEN, A. & ESALA, M. Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen enustamisessa. Esitutkimus. (*Summary: Analysis of mineral nitrogen in soil in spring for assessing nitrogen fertilizer requirement in Finland. A preliminary study.*) 29 p. + 1 liite.
2. JÄRVI, A., KANGAS, A., MUSTONEN, L., ŠALO, Y., TALVITIE, H., VUORINEN, M. & MÄKELÄ, L. Virallisten lajikekokeiden tuloksia 1987–1994. 126 p.
3. AULA, S. & TALVITIE, H. Ruis- ja kevävehnälajikkeiden soveltuvuus luonnonmukaiseen viljelyyn. (*Summary: The suitability of rye and spring wheat varieties for ecological cultivation.*) 46 p. + 6 liitettä.

4. **Lammas ja laidun.** (*Summary: Sheep production on pasture.*) (*Sammandrag: Får på betet.*) 60 p.  
SAIRANEN, S. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Laidun lampaiden ruokinnassa. Kirjallisuuskat-  
saus. (*Sheep grazing. Literature review.*) p. 8–40.  
SORMUNEN-CRISTIAN, R., SAIRANEN, S. & PAASIKALLIO, A. Lampaiden ruokintatutkimuk-  
set laitumella. (*Grazing experiments with sheep.*) p. 41–60.
5. LUOSTARINEN, M. & OLIN, A. Maiseman- ja ympäristönhoito osana maaseudun kehittämistä. Delfoi-tutkimuksen tulokset. (*Abstract: Landscape and environmental management as a part of the rural development. Results of the Delphoi study.*) 33 p. + 2 liitettä
6. JUHANOJA, S. & HEIKKILÄ, M. Hallitusti liukenevan lannoitteen käyttö alppiruusujen taimikasvatuksessa. (*Summary: Effect of three modifications of controlled-release fertilizer (Osmocote) on the growth and flowering of micropropagated plantlets of rhododendrons.*) 22 p. + 4 liitettä.
7. HUOKUNA, E., DALMAN, P., NYKÄNEN-KURKI, P., GALAMBOSI, B., HÄKKINEN, S. & SORMUNEN-CRISTIAN, R. Etelä-Savon tutkimusasema 75 vuotta. Tutkimusta ja koetoimintaa viljelijän hyväksi vuodesta 1919. 69 p.
8. **Kasvunsäätteiden käyttökelpoisuus rukiilla.** (*Summary: The effect of plant growth regulators on rye.*) 31 p.  
ERVIÖ, L-R., VANHALA, P., KONTTURI, M. & KANGAS, A. Kasvunsäätteiden käyttökelpoi-  
suus rukiilla. (*Summary: The effect of plant growth regulators on rye.*) p. 1–19.  
JUNNILA, S. Moddus 250 EC rukiin kasvunsäätenä. (*Summary: Moddus 250 EC as a plant  
growth regulator in rye.*) p. 21–27.  
Viljojen kasvunsäätteitä käsittelevää kirjallisuutta. (*Litterature concerning plant growth regu-  
lators in cereals.*)
9. ERVIÖ, R. Sokerijuurikas raskasmetalleilla saastuneen maan puhdistajana. Kirjallisuuskat-  
saus. (*Summary: Sugar beet as a cleaner of contaminated arable soil. A literature survey.*)  
14 p
10. KEMPPAINEN, R. Biotiitti ja raakafosfaatti apilanurmen lannoitteina. (*Summary: Biotite and  
rock phosphate as fertilizers for clover-containing grass leys.*) 21 p.
11. **Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen ja siihen vaikuttaminen.** (*Summary:  
Change in and ways of affecting the humus content of arable land.*) 18 p. + liite.  
ERVIÖ, R. Viljelymaan humuspitoisuuden muuttuminen ja siihen vaikuttaminen. (*Summary:  
Change in and ways of affecting the humus content of arable land.*) p. 1–12.  
ERVIÖ, R. ja TALVITIE, H. Viljelymaan humuspitoisuuteen ja fysikaaliseen rakenteeseen  
vaikuttaminen viljelyn keinoin. (*Summary: Affecting the humus content and physical struc-  
ture of arable land by cultivation.*) p. 13–18 + liite.



**12. Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihantuotantoon.**

*(Effects of silage quality and feed concentrate supplementation on beef production).*

RINNE, M. Säilörehun laadun ja väkirehutäydennyksen vaikutukset naudanlihantuotantoon. Yhteenveto. *(Effects of silage quality and feed concentrate supplementation on beef production. Summary).* p. 7–12.

RINNE, M., JAAKKOLA, S., VANHATALO, A. HUHTANEN, P. ja TOIVONEN, V. Rehunurmen typpilannoituksen ja kasvuasteen vaikutukset säilörehun sulatukseen naudalla. *(Summary: Impact of nitrogen fertilization and growth stage of sward on silage digestion in cattle).* p. 13–32.

ARONEN, I. ja TOIVONEN, V. Säilörehun korjuuasteen ja väkirehutäydennyksen vaikutukset tuotannon tehokkuuteen naudalla. *(Summary: Effects of state of maturity of silage and feed concentrate supplementation on production rate in cattle).* p. 33–45.

ARONEN, I., TOIVONEN, V. ja JOKI-TOKOLA, E. Rehunurmen typpilannoituksen ja korjuuajankohdan sekä väkirehutäydennyksen vaikutukset säilörehun hyväksikäyttöön naudalla A. Jokioisten kenttätutkimus. *(Summary: Effects of nitrogen fertilization of sward, timing of silage harvest and feed concentrate supplementation on silage utilization by cattle).* p. 47–58.

JOKI-TOKOLA, E., ARONEN, I. ja VEKAOJA, H. Rehunurmen typpilannoituksen ja korjuuajankohdan sekä väkirehutäydennyksen vaikutukset säilörehun hyväksikäyttöön naudalla B. Ruukin kenttätutkimus. *(Summary: Effects of nitrogen fertilization of sward, timing of silage harvest and feed concentrate supplementation on silage utilization by cattle B. Ruukki field trial).* p. 59–70.

13. SANKARI, H. Pellolla viljeltävän non food -raaka-aineen saatavuus, laatu ja hyödyntäminen kemian teollisuuden tarpeisiin kriisitilanteissa. Tuotannon ja jalostuksen mahdollisuudet Suomessa. *(Summary: Availability of cultured non food raw material, its quality and utilization for the needs of the chemical industry during a crisis. A study of the possibilities for production and processing in Finland).* 42 p.

14. NYKÄNEN, A. Typen ja fosforin huuhtoutuminen luonnonmukaisessa viljelyssä. Kirjallisuuskatsaus. *(Summary: Nitrogen and phosphorus leaching in ecological agriculture. A literature review).* 24 p.

**JAKELU: MAATALOUDEN TUTKIMUSKESKUS**  
Kirjasto  
31600 JOKIOINEN  
puh. (916) 41881, telekopio (916) 4188 339

**HINTA: 50 mk (+ alv.)**