

77

*Markku Yli-Halla,
Arja Nykänen, Katri Siimes,
ja Hanna-Riikka Tuhkanen*

**Ympäristötuen ehdot ja
maan helppoliukoisen
fosforin pitoisuus**

*Markku Yli-Halla, Arja Nykänen, Katri Siimes,
ja Hanna-Riikka Tubkanen*

Ympäristötuen ehdot ja maan helppoliukoisen fosforin pitoisuus

**Agri-Environmental Programme regulations and
the easily soluble phosphorus concentration in soil**

Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

ISBN 951-729-574-X (Painettu)
ISBN 951-729-602-9 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1239-0852 (Painettu)
ISSN 1239-0844 (Verkkajulkaisu)
<http://www.mtt.fi/asarja>

Copyright

MTT

Markku Yli-Halla, Arja Nykänen, Katri Siimes,
ja Hanna-Riikka Tuhkanen

Julkaisija

MTT, 31600 Jokioinen

Jakelu ja myynti

MTT, Tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen
Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339
sähköposti julkaisut@mtt.fi

Painatus

Jyväskylän yliopistopaino 2001

Sisäsivujen painopaperille on myönnetty pohjoismainen Joutsenmerkki.
Kansimateriaali on 75-prosenttisesti uusiokuitua.

Yli-Halla, M.¹⁾, Nykänen, A.²⁾, Siimes, K.¹⁾ & Tuhkanen, H-R.¹⁾ 2001. Ympäristötuen ehdot ja maan helppoliukoisen fosforin pitoisuus. MTT:n julkaisuja. Sarja A 77. Jokioinen: MTT. 45 p. + 4 app. ISSN 1239-0852 (Painettu), ISSN 1239-0844 (Verkkajulkaisu), ISBN 951-729-574-X (Painettu), ISBN 951-729-602-9 (Verkkajulkaisu). <http://www.mtt.fi/asarja>

¹⁾ MTT, Luonnonvarojen tutkimus, Luonnonvarat, 31600 Jokioinen, markku.yli-halla@mtt.fi, katri.siimes@vyh.fi, hanna-riikka.tuhkanen@mtt.fi

²⁾ MTT, Luonnonvarojen tutkimus, Ekologinen tuotanto, 51900 Juva, arja.nykanen@mtt.fi

Tiivistelmä

Avainsanat: ympäristötuki, lannoitus, suositukset, fosfori, lanta, viljavuus, mallintaminen, mallit, ICECREAM-malli

Tässä raportissa tarkastellaan, miten vuosina 1995–1999 toteutettu maatalouden ympäristöohjelma ja sen ympäristötuen ehtojen mukainen fosforilannoitus vaikuttivat maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuteen. Selvitys perustuu pitkäaikaisiin kenttäkokeisiin, maatielöiden viljavuusanalyysiin ja simulaatiomallinnukseen.

Väkilannoitteissa annetun fosforin määrä on vähentynyt Suomessa vuodesta 1990 lähtien lannoitussuositusten alenemisen takia. Ympäristötuen ehtojen mukainen fosforilannoitus, jota tarkennetaan viljavuustutkimuksen tulosten ja satotason perusteella, turvaa kasvien riittävän fosforinsaannin. Samalla tulee kuitenkin huolehtia maan riittävästä kalkituksesta ja seurata maan fosforitilan kehitystä viljavuustutkimuksen avulla.

Ympäristötuen ehtojen enimmäismäärän mukainen fosforilannoitus ei yleensä laske maan fosforilukua viljavuusasteikon

heikommassa päässä. Sen sijaan viljavuusasteikon yläpäässä fosforiluvut laskevat, kun lannoitetaan ympäristötuen ehtojen mukaan.

Valtaosalla pelloista on edelleen niukasti helppoliukoista fosforia. Fosforiluku oli ”korkea” tai ”arveluttavan korkea” noin 10 prosentissa näytteistä vuosina 1995–1998. Väkilannoitteissa ja karjanlannassa levitettiin vuosina 1997 ja 1998 pelloille fosforia keskimäärin saman verran kuin viljavuustutkimukset edellyttivät eli 21 kiloa hehtaarille.

Viljojen fosforilannoituksen perustaso on 15 kiloa hehtaarille. Niukasti fosforia sisältävillä mailla tämä lannoitusmäärä ei riitä. Seurauksena on ainakin pitkällä aikavälillä sadonmenetyksiä. Runsaasti fosforia sisältävillä mailla mainittu fosforimäärä saattaa olla kasvien kannalta tarpeeton. Sen sijaan viljavuustutkimuksen mukainen lannoitus on viljelykasvien tarpeen mukaista.

Yli-Halla, M.¹⁾, Nykänen, A.²⁾, Siimes, K.¹⁾ & Tuhkanen, H-R.¹⁾ 2001. Agri-Environmental Programme regulations and the easily soluble phosphorus concentration in soil. MTT publications. Series A 77. Jokioinen: MTT Agrifood Research Finland. 45 p. + 4 app. ISSN 1239-0852 (Printed version), ISSN 1239-0844 (Electronic version), ISBN 951-729-574-X (Printed version), ISBN 951-729-602-9 (Electronic version). <http://www.mtt.fi/asarja>

¹⁾ MTT Agrifood Research Finland, Resource Management Research, Environmental Resources, FIN-31600 Jokioinen, Finland, markku.yli-halla@mtt.fi, katri.siimes@vyh.fi, hanna-riikka.tuhkanen@mtt.fi

²⁾ MTT Agrifood Research Finland, Resource Management Research, Ecological Production, FIN-51900 Juva, Finland, arja.nykanen@mtt.fi

Abstract

Key words: phosphorus, fertilisation, Agri-environmental Programme, soil testing, ICECREAM-model, simulation modelling, fertilization recommendations, manure

Mainly owing to the decrease in the amount of fertilization recommended, the use of phosphorus (P) in mineral fertilizers has declined in Finland by 60% since 1990, to the present level of 12 kg/ha. It is now feared that this substantial decrease in P fertilization will result in drop in yield. This study assesses the regulations of the Agri-Environmental Programme (1995–1999) concerning the use of P fertilization.

The soil test P data show that the majority of fields in Finland have low or average P status. Only 10% of the samples tested showed high or excessive P in 1995–1998. The total amount of P in mineral fertilizers and manures is nowadays as high as the av-

erage P fertilization requirement deduced from soil testing (21 kg P/ha).

The Agri-Environmental Programme has two P fertilization schemes. One is based on the yield level and soil testing data. The other is based on the basic level and depends on the crop alone. The basic level for cereals is 15 kg/ha, for potato 40 kg/ha and for sugar beet 30 kg/ha. Use of the basic level results in an inadequate supply of P to crop in soils with low P but in excess P in soils that are high in P. Instead, fertilization adjusted to yield level and soil testing meets the P need of the crop, and that scheme should therefore be strongly advocated in agricultural extension.

Esipuhe

Tässä raportissa selvitetään maatalouden ympäristöohjelman mukaisten lannoitusmäärien vaikutusta maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuteen. Kyseessä on Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seuranta (MYTVAS) -hankkeen osatutkimus.

Maan fosforitilan muutoksia selvitettiin pääasiassa Maatalouden tutkimuskeskuksessa (MTT) tehtyjen pitkäaikaisten fosforilannoituskokeiden tulosten perusteella. Niiden avulla kalibroitiin myös ICECREAM-simulaatiomalli. Tämä malli on rakennettu Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE), jossa mallia on käytetty viljelymaalta vesiin tulevan fosforikuormituksen arvioinnissa.

Mallin fosforivirtojen kuvauksia muu-

tettiin hankkeessa MTT:n ja SYKE:n yhteistyönä niin, että ne vastasivat paremmin suomalaisia olosuhteita. MMT Into Saarela antoi työhön monivuotisten lannoituskokeidensa maanäytteitä ja kokeiden tuloksia. Lisäksi mukana oli Viljavuuspalvelu Oy:n ja Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen julkaisemattomia tuloksia. Työryhmä esittää niistä parhaat kiitoksensa.

Tähän raporttiin koottiin myös yhteenveto viljavuustutkimuksen tulokinnan ja lannoitussuosituksen muutoksista. MTT:ssa ICECREAM-mallia kehittivät ja skenaarioita simuloivat Katri Siimes ja Hanna-Riikka Tuhkanen. Raportin muut osat laativat Markku Yli-Halla ja Arja Nykänen.

Jokioisilla 24.4.2000
Työryhmä

Sisällys

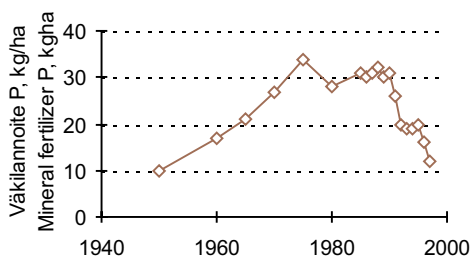
Tiivistelmä	3
Abstract	4
Esipuhe	5
1 Johdanto	7
2 Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä.	8
3 Viljavuusluokkien rajat	10
4 Lannoitussuositukset	12
4.1 Lannoitussuosituksen muutokset.	12
4.2 Lannoitussuositukset verrattuna lannoitteiden käyttöön.	12
5 Viljelymaiden helppoliukoisen fosforin pitoisuuden kehitys	16
5.1 Keskiarvotuloksia.	16
5.2 Maan fosforilukujen jakauma	17
5.3 Maan fosforiluku sokerijuurikkaan ja perunan viljelyssä	19
5.4 Runsaasti helppoliukoista fosforia sisältävät maat	19
5.4.1 Arveluttavan korkeassa fosforitilassa olevat maat	20
5.4.2 Korkeassa ja hyvässä fosforitilassa olevat maat	20
5.4.3 Lannoitusmääriä	20
5.5 Alueellinen jakauma.	21
6 Viljavuuden muutosten arviointi kenttäkokeiden tulosten perusteella	23
6.1 Fosforilannoituksen porraskokeet MTT:ssa.	23
6.2 Muut fosforilannoituskokeet.	25
6.3 Satotason perusteella tehtävä tarkennus	25
6.4 Fosforilannoitus ja viljojen sato.	26
6.5 Fosforilannoitus ja nurmien sato.	26
7 Maan fosforiluvun simuloitujen muutokset.	27
7.1 Menetelmät	27
7.2 Simulointitulokset	31
8 Tulosten tarkastelu	38
8.1 Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden kehitys tilastoaineistojen perusteella	38
8.2 Helppoliukoisen fosforin pitoisuuden kehitys kenttäkokeissa	38
8.3 Perustason tarpeellisuus?	41
8.4 Fosforilannoituksen hyväksikäyttöaste	41
8.5 Fosforilannoitus ja vesien fosforikuormitus	42
8.6 Suositukset.	43
Kirjallisuus	43
Liitteet	

1 Johdanto

Väkilannoitteissa pelloille annetun fosforin määrä alkoi kasvaa 1950- ja 1960-lukujen vaihteessa. Fosforin määrä saavutti huipunsa vuonna 1975, jolloin sitä käytettiin 35 kiloa hehtaarille (Kuva 1). Samalla pelloissamme olevan heppoliukoisen fosforin (P) määrä kasvoi tasaisesti (Kuva 2). Niinpä vähitellen alettiin kiinnittää huomiota maataloudesta vesistöihin tulevaan ravinnekuormitukseen.

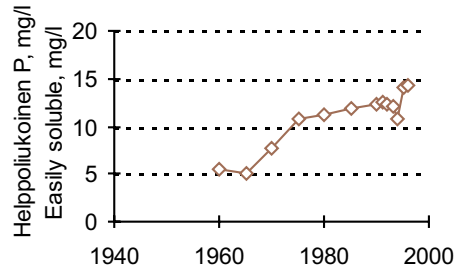
Laajassa Maatalous ja vesien tila (MAVERO) -yhteistyöprojektissa (Rekolainen et al. 1992) selvitettiin ensimmäisen kerran maataloudesta peräisin olevaa typpi- ja fosforikuormitusta. Lisäksi etsittiin keinoja kuormituksen vähentämiseen. Vesien fosforikuormituksen vähentäminen olikin vuonna 1993 julkaistussa Hyvät viljelymenetelmät -opaskirjassa (Korkman et al. 1993) keskeinen tavoite. Samaan pyrki myös maatalouden ympäristöohjelma vuosina 1995–1999 (MMM 1994). Ohjelma laadittiin Suomen liityttyä Euroopan unioniin. Jotta maatila saisi ympäristöohjelman mukaista perustukea, sen on noudatettava muun muassa tukiehtojen mukaisia typpi- ja fosforilannoituksen enimmäismääriä.

Peltojen suojakaistat ja -vyöhykkeet vähentävät tehokkaasti vesiin tulevan maa-aineksen ja siihen sitoutuneen fosforin määrää (Uusi-Kämpä et al. 2000). Eroosiontor-



Kuva 1. Väkilannoitefosforin myynti Suomessa.

Figure 1. Sales of mineral phosphorus fertilizer in Finland.



Kuva 2. Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden kehitys Suomessa Viljavuuspalvelu Oy:n aineistojen perusteella.

Figure 2. The concentration of phosphorus, extractable with acid ammonium acetate, in soil on the basis of Viljavuuspalvelu Oy data in 1960–2000.

junta ei kuitenkaan yksin vähennä maataloudesta peräisin olevaa fosforikuormitusta tavoitellulla tavalla. Huomattava osa maa-aineksen fosforista vapautuu valumaveteen nimittäin jo pellolla (Yli-Halla et al. 1995). Maan helppoliukoisen fosforin määrä vaikuttaa siihen, paljonko pellolta tulevissa valumavesissä on liennuttua fosforia (Sharpley et al. 1996, Jansson 1998, Turtola & Yli-Halla 1999).

Vedessä liuenneena olevan fosforin määrää ei voida vähentää suojakaistojen avulla. Liuenneen fosforin huuhtoutumista voidaan vähentää siten, että estetään pellon helppoliukoisen fosforin määrän tarpeeton kasvu. Lisäksi on tarpeettoman korkeat fosforiluvut on saatava laskemaan. Tähän voidaan vaikuttaa fosforilannoituksella.

Ympäristötuen ehtoissa mainitut suurimmat sallitut lannoitusmäärät sisältävät myös lannan fosforin. Lannan ravinteiden huomioiminen onkin aiheuttanut monilla tiloilla ongelmia peltoalan pienuuden takia. Aikaisemmin karjanlannan levitysmäärään on vaikuttanut monella tilalla muut kuin kasvinravitsemuksen tarpeet (Kemppainen 1986). Pellon korkea tai arveluttavan korkea fosforin määrä johtuukin usein pitkään jatkuneesta runsaasta karjanlannan levityksestä. Levitettävän fosforin enimmäismäärän aleneminen ei ole aiheuttanut tällaisia

vaikeuksia pelkkiä väkilannoitteita käyttävillä viljelijöillä, koska NPK-lannoitteiden ravinnepitoisuuksia on muutettu aina tarpeen mukaan.

Lannoitefosforin myynti Suomessa väheni 1990-luvulla 60 prosenttia. Vuosina 1997–1998 määrä oli keskimäärin 12 kiloa hehtaarille. Fosforilannoitus on vähentynyt neljästä syystä:

- peltojen fosforiluvut ovat nousseet fosforilannoituksen jälkivaikutuksesta. Tämän seurauksena peltojen viljavuusluokat ovat nousseet ja fosforilannoituksen tarve on vähentynyt
- viljavuustutkimuksessa fosforianalyysin tulkinta on muuttunut siten, että tietty fosforipitoisuus merkitsee aikaisempaa korkeampaa fosforiluokkaa ja johtaa pienempään lannoitussuositukseen
- fosforilannoitusta suositellaan kussakin viljavuusluokassa entistä vähemmän
- karjanlantaa käytetään tarkoituksenmukaisemmin ja sen sisältämä fosfori otetaan tarkemmin huomioon

Vain reilu kolmasosa lannassa ja väkilannoitteissa pellolle levitetystä fosforista päätyi 1980-luvulla satoon ja loppu jäi maahan. Kun fosforilannoitus väheni nykyiselle tasolle, maasta poistui satojen mukana suunnilleen yhtä paljon fosforia kuin siihen lannoitteena lisättiin (Saarela et al 1995). Näin keskimäärin, mutta osalla pelloista fosforivarat kuitenkin vähenevät ja osalla lisääntyvät.

Monilla viljelymailla on edelleen taipumus sitoa runsaasti fosforia, mikä vähentää lannoitefosforin käyttökelpoisuutta kasveille. Niinpä nyt pelätään alentuneen fosforilannoituksen heikentävän maan kasvukuntoa. Fosforilannoituksen väheneminen onkin ollut 1990-luvulla niin huomattavaa, että on syytä tarkastella:

- 1) johtaako ympäristötuen ehtojen mukainen lannoitus heikossa fosforitilassa olevilla mailla kasvien fosforin puutostilaan
- 2) kuinka nopeasti optimin yläpuolella olevat fosforiluvut laskevat runsaasti helpoliukoista fosforia sisältävillä mailla

Tämä tutkimus on osa Maatalouden ympäristötuen vaikuttavuuden seuranta (MYTVAS) -hanketta. Osatutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten maatalouden ympäristöohjelman mukaisten lannoitusmäärien käyttö lähinnä viljanviljelyssä vaikuttaa pellon fosforitilaan. Tarkastelussa on mukana eri maalajeja ja fosforiluvultaan erilaisia maita.

Ympäristöohjelma oli voimassa vuosina 1995–1999. Näin lyhyessä ajassa maan fosforitilan muutoksia ei pystytä luotettavasti mittaamalla havaitsemaan. Näistä muutoksista voi kuitenkin ajan myötä tulla merkittäviä, kun ympäristöohjelman mukaisia viljelytoimenpiteitä ja lannoitusmääriä sovelletaan vuodesta toiseen. Tästä syystä ympäristöohjelman mukaisten toimenpiteiden vaikutuksia pitää pystyä ennustamaan jo varhain. Tähän pyritään pitkäaikaisten kokeiden tulosten, maatilojen viljavuusanalyysien ja simulointimallinnuksen avulla.

2 Maan helpoliukoisen fosforin pitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä

Fosfori- ja kaliumlannoituksen määrään on pyritty vaikuttamaan jo usean vuosikymmenen ajan viljavuustutkimuksella. Suositeltu fosforin ja kaliumin määrä on sitä pienempi, mitä enemmän maassa on ennestään kasveille käyttökelpoisia ravinteita.

Siten fosforilannoitus on periaatteessa ollut jo pitkään hallittua toimintaa. Kuitenkin vasta sen jälkeen, kun maatalouden ympäristöohjelma tuli voimaan vuonna 1995 ovat siihen osallistuvat tilat joutuneet sitoutumaan fosforilannoituksen enimmäismääriin.

Maatalouden ympäristötukijärjestelmässä fosforilannoituksessa noudatetaan joko lannoituksen perustaso tai tarkennettua tasoa. Fosforin perustaso on viljoilla, öljykasveilla ja heinällä 15 kiloa hehtaarille, sokeri-

juurikkaalla ja säilörehulla 30 kiloa hehtaarille sekä perunalla 40 kiloa hehtaarille. Näitä lannoitusmääriä saa käyttää viljavuustutkimuksen tuloksista riippumatta.

Tarkennettu fosforilannoitus perustuu viljavuustutkimuksen tuloksiin ja sato-tasoon.

Lannoitussuositukset kertovat siitä mikä on ollut alan asiantuntijoiden tavoite kunakin aikana. Viljavuustutkimus ja siihen perustuvien lannoitussuositusten muutokset eivät kuitenkaan anna kokonaiskuvaa toteutuneesta lannoituksesta, koska kaikkialla ei ole lannoitettu viljavuustutkimuksen tulosten mukaan. Suosituksista on poikettu joko ylös- tai alaspäin.

Viljelijöille tehdyssä kyselytutkimuksessa selvitettiin ympäristöohjelman toteutumista (Grönroos et al. 1998). Tutkimuksessa todettiin jo aiemminkin niukasti lannoittaneiden viljelijöiden jatkaneen viime vuosina samalla linjalla. Yleisen käsityksen mukaan suosituksia runsaampi lannoitus on aiemmin liittynyt voimaperäiseen kotieläintuotantoon. On useita syitä, miksi viljavuustutkimuksen mukaisesta lannoituksesta poiketaan tai on poikettu:

- viljavuustutkimusta ei ole tehty. Vasta ympäristöohjelman voimassaoloaikana viljavuustutkimus on ollut pakko tehdä niillä tiloilla, jotka haluavat olla mukana ohjelmassa
- viljavuustutkimuksen tuloksia ei ole hyödynnetty, vaikka tutkimus olisikin tehty. Aikaisemmin käytettiin eniten ”Nor-

maali Y-lannos” -nimistä lannoitetta, jossa oli melko paljon fosforia. Tämän lannoitteen fosforipitoisuuden säätely vaikutti todennäköisesti hyvin paljon siihen, paljonko lannoitefosforia käytettiin. Kemira Oy alensi käytetyimmän NPK-lannoitteen fosforin pitoisuutta moneen otteeseen samalla, kun sen tyypin pitoisuus lisääntyi (Taulukko 1). Normaali Y-lannoksen kaavamainen käyttö on aiheuttanut viljavuudeltaan keskimääräistä heikommilla pelloilla liian niukan fosforilannoituksen. Viljavuusasteikon yläpäässä seurauksena on ollut puolestaan liian runsas lannoitus

- karjanlannan fosforilannoitusarvoa ei ole otettu huomioon. On ollut tyypillistä, että karjanlannan lannoitusarvoa on vähesytetty. Niinpä lannan ja väkilannoitteiden yhteiskäyttö on nostanut maan fosforipitoisuudet tarpeettoman korkeiksi varsinkin voimaperäistä kotieläintuotantoa harjoittavilla tiloilla
- tilalla on ollut niin runsaasti karjanlantaa, että sitä on ajettu lähipelloille enemmän kuin kasvit ovat tarvinneet. Myöskään laidunnuksesta aiheutuvaa fosforilannoitusta ei ole otettu huomioon
- tilan peltolohkojen fosforipitoisuus vaihtelee, jolloin saatetaan tarvita epäkäytännöllisen suuri määrä erilaisia lannoitteita. Paikalliset kauppiat eivät välttämättä mielellään hanki kaikkia tarjolla olevia tai viljavuustutkimuksen mukaan tarvittavia lannoitteita, jos niiden menekki ar-

Taulukko 1. Kemiran Normaali Y -lannoksen ja muiden yleisesti käytettyjen lannoitteiden ravinnesuhteet (% painosta) eri vuosina 1971–1998.

Table 1. Nutrient contents of Kemira’s ‘Normaali Y’-fertilizer and other commonly used compound fertilizers (% of weight) in different years 1971–98.

Aika	Lannoite	N	P	K
1971-79	Normaali Y-lannos	15	8,7	12,5
1980-88	Normaali Y-lannos	16	7	13
1989	Normaali Y-lannos	17	6	12
1990-92	Typpirikas Y-lannos 3	17	6	12
1993-96	Typpirikas Y-lannos 3	18	5	10
1997-98	Pellon Y-lannos 3	20	3	9
1997-98	Pellon Y-lannos 6	17	6	10

vellaan pieneksi. Näin joillekin lohkoille saatetaan levittää lannoitetta, jonka fosforipitoisuus ei vastaa lannoitustarvetta.

Kyntösyvyys vaikuttaa siihen, kuinka suureen tilavuuteen maata lannoitusaineyden fosfori sekoittuu. Kynnöstä luopuminen johtaa usein siihen, että muokattava kerros on aikaisempaa ohuempi, ja lannoitus sekoittuu pienempään maatilavuuteen. Syvällä kynnöllä voidaan puolestaan alentaa muokkauskerroksen fosforipitoisuutta, kun muokkauskerrokseen sekoitetaan niukasti helppoliukoista fosforia sisältävää jankkoa. Näin kulloinkin suositut muokausmenetelmät vaikuttavat maan helppoliukaisen fosforin pitoisuuteen.

Nurmien pintalannoitus on äärimmäisen esimerkki siitä, että lannoitteen fosfori kertyy aivan maan pintakerrokseen. Tässä kerroksessa kulkee myös pintavirtailuvasi. Pintalannoituksen onkin todettu aiheuttavan melkoista fosforin huuhtoutumista niin Suomessa (Turtola & Jaakkola 1995, Turtola & Kemppainen 1998, Turtola & Yli-Halla 1999) kuin ulkomailla (Timmons et al. 1973, Sharpley et al. 1992).

3 Viljavuusluokkien rajat

Nykyisessä viljavuustutkimuksen fosforianalyyseissä alhaisten viljavuusluokkien, eli ”huonon”, ”huononlaisen” ja ”välttävän”, rajat ovat pysyneet ennallaan tai nousseet hieman verrattuna vuosien 1965–1985 tulkintaan.

Tämä merkitsee sitä, että maa tulee nyt luokitelluksi fosforipitoisuudeltaan samaan tai joissain tapauksissa alempaan viljavuusluokkaan kuin vanhassa tulkinnassa (Tau-

lukko 2). Poikkeuksena on vain rahkaturve (St). Sen kaikkien luokkien rajat ovat laskeneet, koska tämä maa pidättää vain vähän fosforia (Sippola & Saarela 1992).

Myös multavien ja runsasmultaisten hietä- sekä moreenimaiden ”välttävän” ja ”huononlaisen” luokan rajat ovat laskeneet hieman. Tällä hetkellä voimassaolevat vuoden 1995 luokkarajat perustuvat matemaattisiin käyriin, jotka MMT Into Saarela on laskenut kenttäkokeiden perusteella (Saarela et al. 1995).

”Tyydyttävän” ja ”hyvän” luokan raja ei ole muuttunut juuri lainkaan. Sen sijaan korkeammissa viljavuusluokissa, eli ”hyväsä”, ”korkeassa” ja ”arveluttavan korkeassa”, muutokset ovat olleet suurempia, ja niitä on tehty kaikissa luokissa, lähes kaikilla maalajeilla.

Suurin muutos vanhaan tulkintaan verrattuna on se, että ”arveluttavan korkean” luokan alarajaa on pudotettu 200 milligrammasta litralta 20–50 milligrammaan litralta. Vanhan tulkinnan mukaan ”arveluttavan korkea” -luokka oli käytännössä tyhjä, kun taas nykyisillä luokkarajoilla siihen kuuluu noin viisi prosenttia (Kuva 3) analysoiduista näytteistä.

Monet karkeat kivennäismaat ja eloperäiset maat kuuluivat vanhan tulkinnan mukaan luokkaan ”hyvä”. Silloin niille suositeltiin annettavaksi fosforilannoitusta. Nykyään nämä samat maat kuuluvat luokkaan ”arveluttavan korkea”, eikä niiden fosforilannoitus ole tarpeen.

Myös ”hyvän” ja ”korkean” viljavuusluokan raja on laskenut. Tällä muutoksella on ehkä suurempi merkitys, koska näihin luokkiin kuuluvia näytteitä on enemmän. Tämä raja on merkityksellinen senkin takia, että viljojen ja nurmien viljelyssä fosforilannoitusta suositellaan vain sellaisille maille, joissa on tätä raja-arvoa niukemmin helppoliukoista fosforia.

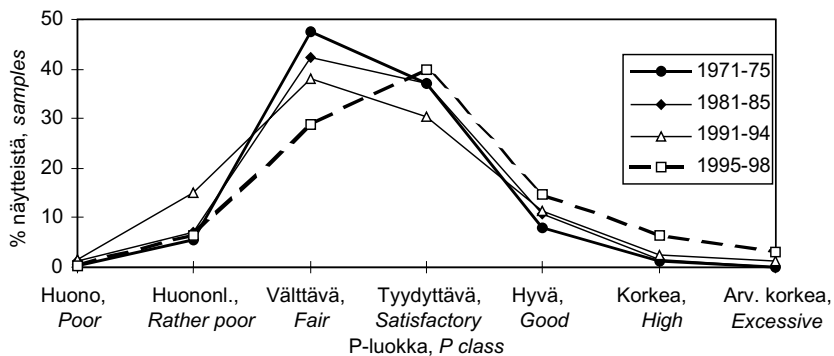
Taulukko 2. Viljavuusluokkien rajat maan fosforipitoisuuksille eri maalajeilla ja eri aikoina (Viljavuuspalvelu Oy 1984, 1986, 1992, 1998).

Table 2. Limit values of phosphorus concentration classes for different soil types in different years (Viljavuuspalvelu Oy 1984, 1986, 1992, 1998).

	Huono <i>Poor</i>	Huonon- lainen <i>Rather poor</i>	Välttävä <i>Fair</i>	Tyydyttävä <i>Satisfactory</i>	Hyvä <i>Good</i>	Korkea <i>High</i>	Arvelut- tavan korkea <i>Excessive</i>
Eloperäiset maat <i>Organic soils</i>							
1984	< 1,5	1,5-3	3-6	6-15	15-40	40-200	> 200
1986	< 2	2-4	4-8	8-15	15-30	30-50	> 50
1995, ei St, not St	< 2	2-4	4-8	8-15	15-22	22-30	> 30
1995, St	< 1,3	1,3-2,7	2,7-5,3	5,3-10	10-15	15-20	> 20
Karkeat kivennäismaat <i>Coarse mineral soils</i>							
1984	< 2	2-4	4-10	10-25	25-70	70-200	> 200
1986	< 2	2-5	5-10	10-20	20-40	40-70	> 70
1995: Hs, He, Hk	< (2,5-3)	(2,5-3)- (5-7)	(5-7)- (10-13)	(10-13)- (18-22)	(18-22)- (30-35)	(30-35)-50	> 50
1995: Ht, Mr, hsHsS	< (2-2,5)	(2-2,5)- (4-5)	(4-5)- (8-10)	(8-10)- (15-18)	(15-18)- (25-30)	(25-30)- 50	> 50
Savimaat <i>Clay soils</i>							
1984	< 1,5	1,5-3	3-6	6-15	15-40	40-200	> 200
1986	< 1,5	1,5-3	3-6	6-12	12-30	30-70	> 70
1995	< (1,5-2)	(1,5-2)- (3-4)	(3-4)- (6-8)	(6-8)- (12-15)	(12-15)- (20-25)	(20-25)- 40	> 40

Lyhenteiden selitykset: St = rakkaturve, Hs = hiesu, He = hiue, Hk = hiekka, Ht = hieta, Mr = moreeni, hsHsS = hiesuinen hiesusavi

St = Sphagnum peat, Hs = fine silt, He = loam, Hk = coarse sand, Ht = coarse silt and fine sand, Mr = till, hsHsS = silty clay



Kuva 3. Viljavuustutkimuksen fosforimäärittysten tulosten jakautuminen (%) eri viljavuusluokkiin vuosina 1971–1998.

Figure 3. Distribution of soil phosphorus analyses in different concentration classes, 1971–1998.

4 Lannoitussuosituksukset

4.1 Lannoitussuositusten muutokset

Viljojen, öljykasvien ja palkokasvien fosforilannoituksen suositukset ovat alentuneet kaikissa viljavuusluokissa 1980-luvun puolesta välistä lähtien. Eniten fosforilannoitteiden käyttöön on vaikuttanut se, että suositukset ovat pienentyneet luokissa ”välttävä” ja ”tydyttävä”. Näihin luokkiin kuuluu suurin osa pelloista. Näissä viljavuusluokissa viljoille annettavaksi suositellun fosforin määrä on alentunut vähintään 15 kiloa hehtaarilta, kauralla jopa 20 kiloa hehtaarilta, eli puoleen vuoden 1984 suosituksista (Liite 1).

Luokassa ”hyvä” vähennys on ollut 10–15 kiloa hehtaarilta, ja luokassa ”korkea” viljoille ei suositella fosforilannoitusta ollenkaan. Vuonna 1984 sama suositus oli 10 kiloa hehtaarille. Suositukset ovat alentuneet tuntuvasti, eli 20–25 kiloa hehtaarilta, myös alimmissa viljavuusluokissa, joihin kuitenkin kuuluu vähemmän peltoja.

Esimerkkejä siitä, miten viljavuusluokien rajojen ja lannoitussuositusten muutokset ovat yhdessä vaikuttaneet suositeltuun fosforilannoitukseen ohranviljelyssä, on esitetty kuvassa 4. Savi- ja hietamailla suositeltu fosforilannoitus on alentunut tuntuvasti 1990-luvun alussa ja jonkin verran vielä ympäristöohjelman aikana. Eloperäisille maille annetuissa suosituksissa on vasta vuodesta 1995 lähtien menty yleisesti alle vuoden 1985 tason. Eniten ovat alentuneet rahkaturpeiden lannoitussuosituksukset. Kivennäismaiden fosforisuositukset ovat alentuneet vähintään 10 kiloa hehtaarilta vuosina 1986–1995.

Perunan fosforilannoituksen suositukset nousivat monilla mailla tuntuvasti vuonna 1986. Ne olivat suurimmillaan vuosina 1986–1990 varsinkin alimmissa luokissa (Kuva 5, Liite 1), ja laskivat 1990-luvulla alle vuotta 1985 edeltävän tason. Juurikkaan lannoitussuosituksukset alenivat vuonna 1995. Molemmille kasveille suositellaan

kuitenkin edelleen fosforilannoitusta myös luokassa ”korkea”. Perunaa kasvaville maille suositeltiin vuosina 1986–1990 luokassa ”hyvä” 60 kiloa fosforia hehtaarille. Nyt suurin osa näistä maista kuuluu luokkaan ”korkea”, jolloin tarkennetun tason mukaan saa käyttää fosforia 20 kiloa hehtaarille.

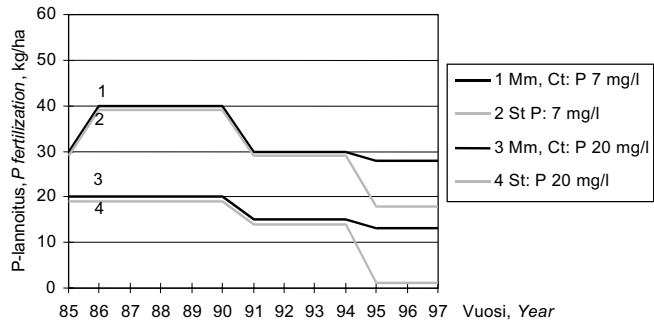
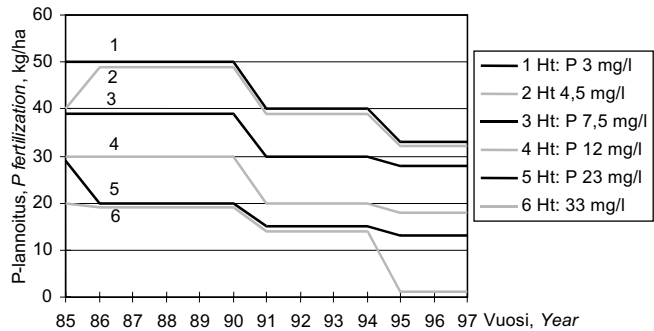
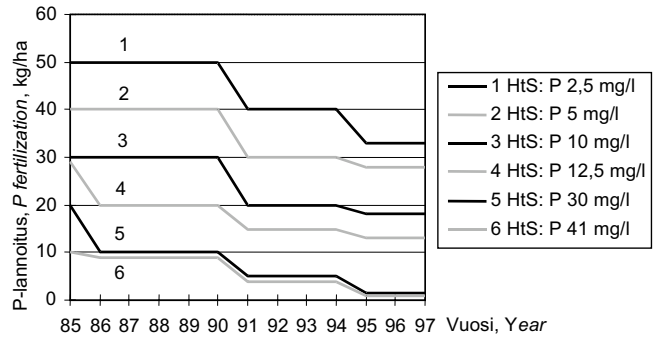
Nurmien lannoitussuositusten vertailu on vaikeampaa, sillä vuoden 1990 jälkeen on suositeltu varastolannoitusta nurmen perustamisen yhteydessä. Samalla nurmivuosien aikaista fosforilannoitusta on vähennetty. Näin pyritään vähentämään kesän aikaista pintalannoitusta, joka lisää lannoitefosforin huuhtoutumisen vaaraa (Turto & Jaakkola 1995).

Parhaiten nurmien fosforilannoituksen suosituksia voidaan tarkastella, kun verrataan suojaviljan ja nurmivuosien aikana yhteensä annettavia fosforin määriä. Vuodesta 1986 lähtien kerran tai kaksi kertaa korjattavien niitonurmien suositukset ovat alentuneet kuudesta seitsemään kiloa hehtaarilta luokassa ”hyvä” ja sitä heikommista luokissa. Kolme kertaa korjattavien niitonurmien suositukset ovat pienentyneet 14 kiloa hehtaarilta (Liite 2a, b, c).

Laitumilla fosforilannoitus on vähentynyt kahdella lannoituskerralla 14 kiloa hehtaarilta ja kolmella lannoituskerralla 22 kiloa hehtaarilta luokassa ”hyvä” ja sitä heikommista viljavuusluokissa. Vielä vuonna 1986 suojaviljalle suositeltiin luokassa ”korkea” fosforilannoitusta, mutta nyt siitä on luovuttu. Laitumien fosforilannoituksen suosituksia alennettiin 1990-luvulla, ja ne eriytettiin muista nurmista.

4.2 Lannoitussuosituksukset verrattuna lannoitteiden käyttöön

Arvio Suomen peltojen keskimääräisestä fosforilannoituksen tarpeesta perustuu viljavuusanalyysin tulosten jakaumaan, peltoalan käyttöön (Maatilahallitus 1971, 1972, 1973, 1974, 1987, 1990, MMM:n Tietopalvelukeskus 1993, 1998) ja kunkin vilja-



Kuva 4. Esimerkkejä ohran lannoitussuosituksista fosforilaltaan (mg/l) erilaisilla mailla vuosina 1985–1997. Lyhenteiden selitykset: HtS = hietasavi, Ht = hietä, Mm = multamaa, St = rahkaturve). **Figure 4.** Examples of fertilization recommendations for barley in soils with different phosphorus concentrations (mg/l), 1985–1997. (HtS = sandy clay, Ht = fine sand, Mm = mull, St = peat).

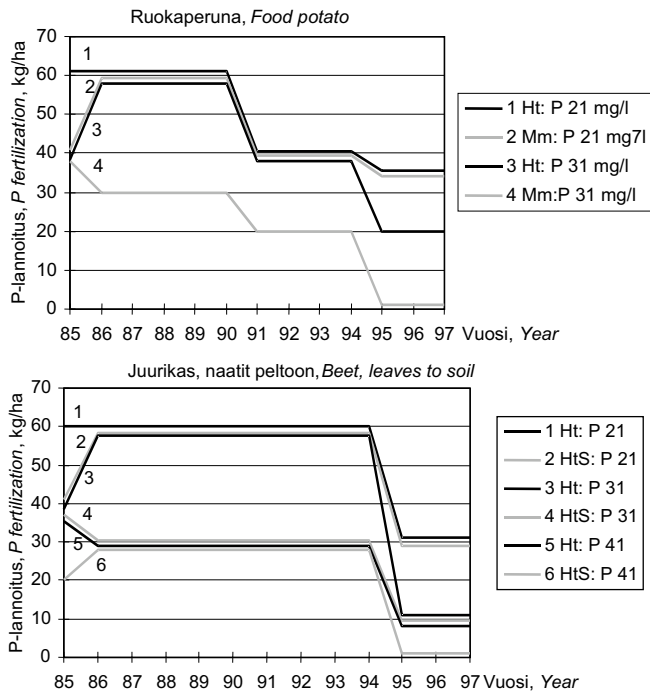
vuusluokan fosforilannoituksen suositukseen (Liite 3). Nurmi- ja vilja-alan oletettiin jakautuvan samassa suhteessa kaikissa viljavuusluokissa ja kaikilla maalajeilla. Käytimme arvioissa tätä maalajien tasaista jakaumaoletusta, koska koko tarkasteltavalta ajalta ei ole olemassa eri kasvien maalajikohtaisia jakaumatietoja.

Kurjen (1972) mukaan 1960-luvulla kahdeksan prosenttia nurmista oli savimailla, 59 prosenttia karkeilla kivennäismailla ja 33 prosenttia eloperäisillä mailla. Viljoista 20 prosenttia oli savimailla, 53 prosenttia karkeilla kivennäismailla ja 27 prosenttia eloperäisillä mailla. Kurjen esittämän ja-

kauman ja nyt käytetyn tasaisen jakauman vaikutus on kuitenkin alle puoli kiloa fosforia hehtaaria kohti vuodessa.

Perunaa oletettiin viljeltävän karkeilla kivennäismailla ja sokerijuurikasta savimailla.

Koko viljellyn pinta-alan jakaantuminen eri maalajien kesken on laskettu analysoitujen näytteiden määrästä viisivuotiskauden keskiarvona (Liite 3a). Viljan fosforilannoituksen tarve laskettiin rehuohralla annettujen suositusten perusteella ilman sätotasokorjausta. Nurmista oletettiin korjattavan kaksi säilörehusatoa. Kaikkien peruna- ja sokerijuurikasmaiden oletettiin ole-



Kuva 5. Esimerkkejä ruokaperunan ja sokerijuurikkaan lannoitussuosituksista fosforilaltaan (mg/l) erilaisilla mailla vuosina 1985–1997. Lyhenteiden selitykset: HtS = hietasavi, Ht = hietä, Mm = multamaa.

Figure 5. Examples of fertilization recommendations for food potato and beet in soils with different phosphorus concentrations (mg/l), 1985–1997. (HtS = sandy clay, Ht = fine sand, Mm = mull).

van fosforiluokkaa ”korkea”.

Lannoitefosforin käyttömäärät saatiin Kemira Agro Oy:n myyntitilastoista (Kekäläinen 1999). Karjanlannan fosfori oletettiin levitettäväksi tasaisesti kaikille viljelyssä olleille pelloille. Kotieläinten tuottaman lannan fosforimäärä laskettiin eläinmäärien, niiden tuottaman lantamäärän ja lannan sisältämän fosforin perusteella (Liite 3). Lantamäärät voivat nykyisin olla korkeampia kuin nyt käytetyissä lähteessä ilmoitetut, koska tuotostasot ovat kasvaneet 1980-luvun alusta. Tämänhetkisiä tarkkoja arvoja ei kuitenkaan ollut käytettävissä.

Lantojen ravinnepitoisuuksia selvitetiin useasta eri lähteestä (Holma 1981, Kempainen 1989, Viljavuuspalvelu 1992, 1998). Lopulta laskennassa päädyttiin käyttämään Viljavuuspalvelu Oy:n ilmoittamia uusimpia arvoja.

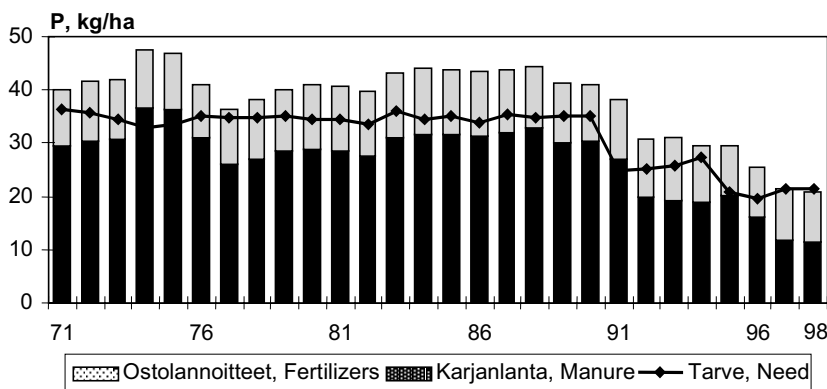
Kemppaisen (1989) mukaan eläinten ruokinta vaikuttaa lannan fosforipitoisuuteen, mutta tätä havaintoa laskemissa ei voitu ottaa huomioon. Laskelman suurin epävarmuustekijä onkin juuri lannan sisältämä fosforimäärä.

1980-luvulla laskennallinen fosforilannoituksen tarve oli noin 35 kiloa hehtaarille, mutta määrä on laskenut lannoitussuosituksen pienennyttyä (Kuva 6). Vuosina 1991–1998 keskimääräinen fosforilannoituksen tarve oli näin laskettuna 20–25 kiloa fosforia hehtaarille.

Toteutunut keskimääräinen fosforilannoitus, eli väkilannoitteiden ja lannan käyttö, oli 1970- ja 1980-luvulla laskennallista lannoitustarvetta suurempi. 1990-luvulla lannoitefosforin myynti on vähentynyt, ja vuodesta 1992 alkaen väkilannoitteiden mukana on annettu selvästi vähemmän fosforia kuin laskennallinen lannoitustarve edellyttäisi.

Karjanlannan sisältämä fosfori paikkaa tätä vajausta vaihtelevasti, sillä se riippuu tilan tuotantosuunnasta. Vuosina 1997 ja 1998 lanta ja väkilannoitteet sisälsivät yhtä paljon fosforia kuin laskennallinen lannoitustarve edellytti. Tämä laskelma osoittaa, että paljon puhuttu tarpeettoman runsas fosforilannoitus on loppunut.

Maatalouden ympäristöohjelmasta tehdyn tutkimuksen mukaan valtaosa viljeli-



Kuva 6. Laskennallinen fosforilannoituksen tarve sekä toteutunut fosforilannoitus vuosina 1971–1998.

Figure 6. Calculated phosphorus fertilization requirement and the phosphorus fertilization realized, 1971–1998.

joista lannoittaa perustason mukaan (Grönroos et al. 1998). Korkeissakin viljavuusluokissa oleville pelloille levitetään yleisesti ympäristötuen sallima enimmäismäärä fosforia, vaikka niiden lannoitustarve on viljavuustutkimuksen mukaan pienempi. Koska valtakunnallinen fosforin kokonaiskäyttö on kuitenkin laskennallisen tarpeen mukainen, niukasti fosforia sisältäville maille levitetään nykyisin liian vähän fosforia.

Lannoitevalikoima on kasvanut vuosien myötä. Myös lannoitusta on pystytty suunnittelemaan suhteellisen hyvin kasvien tarpeen ja maan fosforitilan mukaan. Aikaisemmin käytettiin eniten Normaali Y-lannosta, jossa oli melko paljon fosforia. Tämän lannoitteen fosforipitoisuuden säätely vaikutti lannoitefosforin käyttömääriin todennäköisesti hyvin paljon.

Kemira Oy alensi useaan otteeseen tämän yleisimmin käytetyn NPK-lannoitteen fosforipitoisuutta niin, että lannoitteen ravinnesuhteita muutettiin typpivoittoisemmiksi (Taulukko 1). Lopulta lannoitteen nimestä luovuttiin kokonaan.

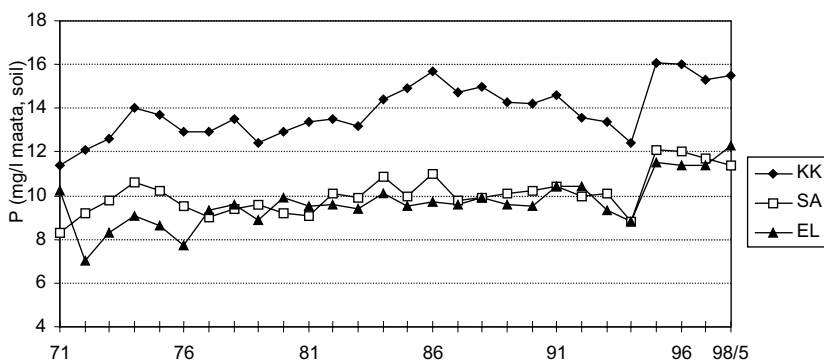
Normaali Y -lannoksen kaavamainen käyttö on viljavuudeltaan keskimääräistä heikommilla pelloilla aiheuttanut sen, että

fosforilannoitus on liian niukka. Viljavuusasteikon yläpäässä seurauksena on puolestaan ollut liian runsas lannoitus.

Nurmilla lannoitteen käyttöä määrää ensisijaisesti typpi, koska se lisää selvästi nurmisatoa. Toiseksi tärkein ravinne on kalium, koska sen liiallinen käyttö aiheuttaa nurmiheinien kaliumpitoisuuden kohoamisen liian korkeaksi. Tämä puolestaan aiheuttaa magnesiumin ja kalsiumin pitoisuuden pienenemistä suhteessa kaliumin pitoisuuteen. Tällöin laidunhalvauksen riski kasvaa.

Näin ollen fosforin lannoitusmäärä ei ole ollut kovin tärkeä tekijä, joten seoslannoitteita käytettäessä sen määrä on helposti jäänyt suosituksia pienemmäksi. Turvemaidilla viljellyillä nurmilla on havaittu myös fosforin epätavallisen runsasta ottoa, mikä on aiheuttanut sadon kalsiumin ja fosforin suhteen vääristymiä (Tähtinen 1979).

Nurmiheinien fosforipitoisuus on nousut fosforilannoitusta lisäämällä (Saarela & Elonen 1982, Saarela et al. 1995). Sen sijaan eläimille kannattaa antaa fosforitäydennystä syöttämällä niille mieluummin fosforipitoisia kivennäisrehuja kuin käyttämällä korkeita fosforilannoitusmääriä.



Kuva 7. Maan liukoisen fosforin pitoisuus (mg/l) vuosina 1971–1998 eri maalajiryhmissä. Lyhenteiden selitykset: KK = karkeat kivennäismaat, SA = savimaat, EL = eloperäiset maat).

Figure 7. Concentration of easily soluble phosphorus in soil (mg/l) in different soil type groups, 1971–1998. (KK = coarse mineral soils, SA = clay soils, EL = organic soils).

5 Viljelymaiden helppoliukoisen fosforin pitoisuuden kehitys

5.1 Keskiarvotuloksia

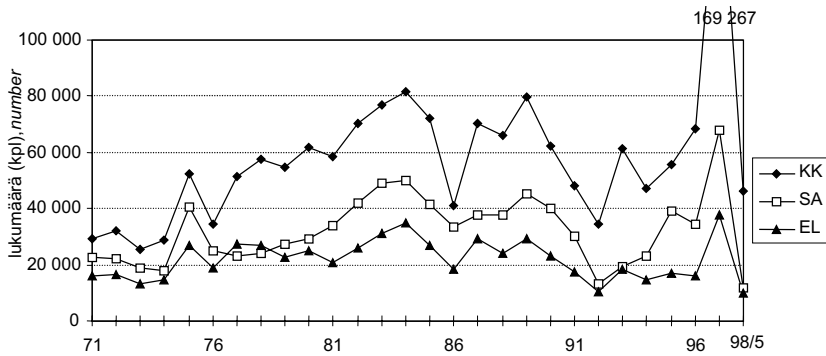
Maan helppoliukoisen fosforin muutokset on parhaiten dokumentoitu Viljavuuspalvelu Oy:n tilastoissa. Viljavuuspalvelulla on kuitenkin tiedot vain niiltä tiloilta, jotka ovat teettäneet viljavuustutkimuksen. Lisäksi sokerijuurikaspeltojen viljavuustutkimukset tehdään pääasiassa Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen laboratoriossa. Alalle on tullut viime vuosina muitakin yrittäjiä.

Väkilannoitteiden fosforin myyntimäärät nousivat Suomessa (Kuva 1) 1970-luvun puoliväliin, ja pysyivät sitten lähes ennallaan noin 15 vuoden ajan. Tämän jälkeen niiden käyttö on vähentynyt. Vuosina 1975–1990 fosforilannoitteita käytettiin nykikäsitksen mukaan runsaasti, joten maan helppoliukoisen fosforin varat kasvoivat. Viljelymaiden helppoliukoisen fosforin pitoisuus on kasva-

nut 1950-luvulta 1970-luvun puoleen väliin saakka. Sen jälkeen pitoisuus on noussut hitaammin aina 1980- ja 1990-lukujen taitteeseen asti, jolloin helppoliukoisen fosforin pitoisuuden keskiarvo alkoi laskea. Vuodesta 1995 Viljavuuspalvelu Oy:n analysoimien näytteiden fosforipitoisuus näyttää jälleen nousseen (Kuva 2). Aiemmin käytettiin siis niin paljon lannoitteita, että se tyydytti kasvien fosforin tarpeen ja maan kyvyn sitoa fosforia niukkaliukoiseen muotoon. Tämän lisäksi osa fosforista jäi vielä helppoliukoiseen muotoon.

Vuosina 1971–1986 Viljavuuspalvelu Oy:ssä tehdyissä määrityksissä karkeiden kivennäismaiden fosforipitoisuus on noussut tasaisesti, eli 11,4:sta 15,7 milligrammaan litralta. Sen jälkeen pitoisuus on laskenut vuoteen 1994, minkä jälkeen on taas saatu keskimäärin suurempia tuloksia (Kuva 7).

Savimailla ja eloperäisillä mailla fosforipitoisuuden muutos on ollut huomattavasti loivempi, eikä siinä ole havaittavissa selvää vähenemistä. Savimailla fosforipitoisuuden keskiarvot ovat olleet 8,3–11,0 milligrammaa litrassa, ja eloperäisillä mailla 7,0–10,5 milligrammaa litrassa vuosina 1971–1994. Vuonna 1995 pitoisuudet nousivat lähes 4 milligrammaa litrassa maata kaikissa maa-



Kuva 8. Maanäytteiden lukumäärät vuosina 1971–1998 eri maalajiryhmissä. Lyhenteiden selitykset: KK = karkeat kivennäismaat, SA = savimaat, EL = eloperäiset maat).

Figure 8. Number of soil analyses in different soil type groups, 1971–1998. (KK = coarse mineral soils, SA = clay soils, EL = organic soils).

lajiryhmissä, ja ovat myös pysyneet samalla tasolla tarkastelujakson loppuun saakka.

Viljavuuspalvelu Oy:ssä analysoitiin vuonna 1997 kaikkien maalajien näytteitä yli kaksinkertainen määrä edellisiin vuosiin verrattuna (Kuva 8). Tämä on seurausta ympäristötukiohjelmasta, joka edellyttää säännöllistä viljavuusnäytteiden ottoa. Viljelijöillä oli vuodesta 1995 lähtien kolme vuotta aikaa ottaa pelloiltaan viljavuusnäytteet. Näin ollen näytteitä on tullut sellaisilta pelloilta, joita ei ole koskaan ennen analysoitu.

Lisäksi vuosina 1995–1998 analysoitujen maanäytteiden keskimääräinen pH oli huomattavasti alhaisempi kuin tarkastelujakson aikaisempina vuosina. Kuvan 9 mukaan kaikissa maalajiryhmissä keskimääräinen maan pH nousi lievästi, eli 0,2 pH-yksikköä karkeilla kivennäismailla, 0,4 savimailla ja 0,3 eloperäisillä mailla, vuoteen 1993. Tämän jälkeen maan pH näyttää laskeneen tasaisesti koko ajan. Vuoden 1998 toukokuun loppuun mennessä analysoituissa näytteissä karkeilla kivennäismailla pH oli 5,6, savimailla 5,7 ja eloperäisillä mailla 5,0.

Oletettavasti maamme peltojen pH ei kuitenkaan ole äkillisesti laskenut. Sen sijaan kyseisinä vuosina on analysoitu huomattavasti sellaisia maita, jotka eivät ole ol-

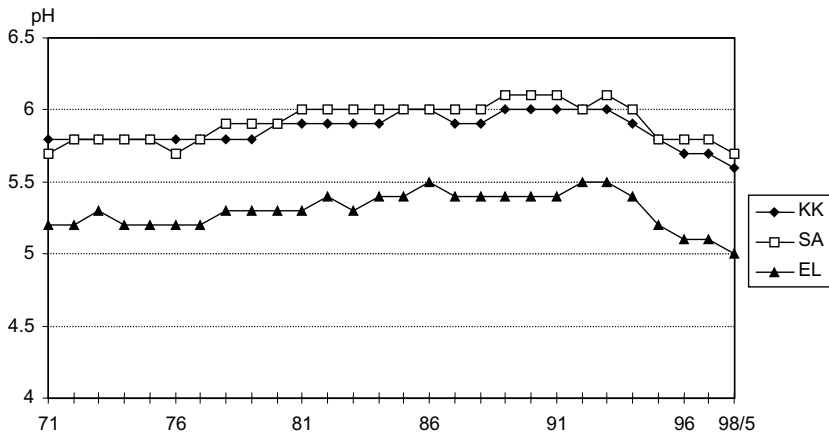
leet aiemmin viljavuusanalyysin piirissä.

Nämä maat ovat luultavasti saaneet runsaasti fosforilannoitusta, ja toisaalta säännöllisestä kalkituksesta ei ole huolehdittu.

5.2 Maan fosforilukujen jakauma

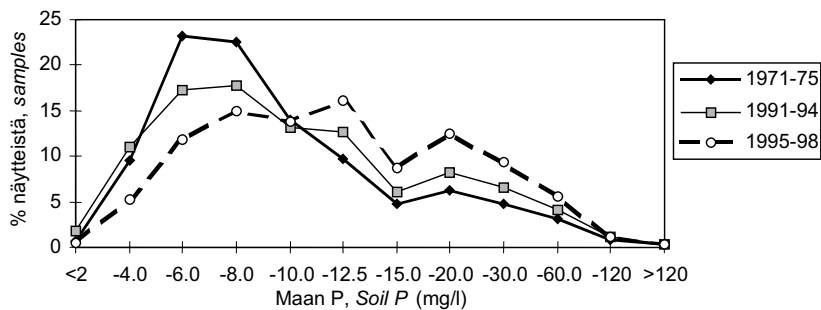
Keskiarvojen lisäksi (Kuva 2, 7) on tarkasteltava myös fosforilukujen jakaumaa. Valtaosa, eli 65–84 prosenttia, pelloista on ollut koko tarkastelujakson ajan viljavuusluokissa ”välttävä” ja ”tyyydyttävä” (Kuva 3).

Tulosten jakauma on muuttunut eri viljavuusluokissa vuosina 1971–1998 viisivuotiskausien aikana niin, että vuosina 1986–1994 näytteiden määrä lisääntyi luokassa ”huononlainen” noin seitsemän prosenttiyksikköä. Luokissa ”välttävä” ja ”tyyydyttävä” näytteiden määrä puolestaan väheni viisi–kymmenen prosenttiyksikköä. Muutos johtuu siitä, että luokkarajat ovat muuttuneet viljavuusanalyysin tulkinnessa. Vuosina 1995–1998 analysoitujen näytteiden jakauma oli selvästi erilainen kuin aikaisemmin, koska viljavuusnäytteitä otettiin uusilta tiloilta ja pelloilta. Näinä vuosina näytteitä oli eniten viljavuusluokassa ”tyyydyttävä”.



Kuva 9. Maan pH vuosina 1971–1998 eri maalajiryhmissä. Lyhenteiden selitykset; KK = karkeat kivennäismaat, SA = savimaat, EL = eloperäiset maat.

Figure 9. Soil pH in different soil type groups. (KK = coarse mineral soils, SA = clay soils, EL = organic soils).



Kuva 10. Viljavuustutkimuksen fosforianalyysin tulosten jakautuminen (%) tarkennettuihin viljavuusluokkiin vuosina 1971–1998.

Figure 10. Distribution of soil phosphorus analyses (%) in more accurate concentration classes, 1971–1998.

Jos tulokset jaetaan heppoliukoisen fosforin pitoisuuksien perusteella ”tarkennettuihin luokkiin” (Kuva 10), havaitaan, että korkeammat pitoisuudet ovat hieman lisääntyneet, joskaan aivan suurimpien pitoisuuksien osuus ei ole lisääntynyt.

Joka toisessa Viljavuuspalvelu Oy:ssä

analysoiduissa näytteessä on siis edelleen heppoliukoista fosforia alle 10 milligrammaa litrassa. Yli 12,5 milligrammaa fosforia litrassa on ollut 23 prosentissa näytteitä vuosina 1976–1980, 27 prosentissa vuosina 1991–1994 ja 38 prosentissa näytteitä vuosina 1995–1998.

5.3 Maan fosforiluku sokerijuurikkaan ja perunan viljelyssä

Sokerijuurikkaan ja perunan viljelyä on syytä tarkastella erikseen, sillä näitä kasveja on perinteisesti lannoitettu suurehkoilla fosforimäärillä.

Sokerijuurikkaan tutkimuskeskuksen laboratorion tekemien määritysten mukaan juurikasmaiden fosforiluku on kohonnut vuoden 1984 keskiarvosta, 29 milligrammasta litralta, vuoden 1990 keskiarvoon, 35 milligrammaan litralta, joka kuuluu viljavuusluokkaan ”korkea” (Pelo 1991).

Vuonna 1990 yli 50 milligrammaa fosforia litrassa sisältäviä näytteitä oli 20 prosenttia, jotka kaikki kuuluivat luokkaan ”arveluttavan korkea”. Alle 10 milligrammaa fosforia litrassa sisältäviä näytteitä oli vain 15 prosenttia 7 000 analysoidusta näytteestä. Koko maan aineistosta tällaisia näytteitä oli Viljavuuspalvelun mukaan 60 prosenttia.

Näyttää kuitenkin siltä, että sokerijuurikasmaiden fosforiluvut olisivat alkaneet laskea, sillä vuonna 1996 analysoitujen 3 486 näytteen fosforipitoisuus oli 31,5 milligrammaa litrassa, ja vuonna 1997 vastaava arvo oli 28,5 milligrammaa litrassa (Marja Pelo, Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus, henkilökohtainen tiedonanto, 15.3.1998). Kehitys voi heijastella sitä, että juurikkaan lannoitusuusosituksia alennettiin merkittävästi vuonna 1995.

MTT:ssa kerättiin tietoja 13 tärkkelysperunan tuotantoon erikoistuneen tilan viljavuusanalyysistä Satakunnassa ja Hämeessä (Lemola et al. 1998). Viljavuudeltaan ”hyvään” ja ”korkeaan” viljavuusluokkaan sijoittui 56 prosenttia tuloksista. ”Arveluttavan korkeaan” viljavuusluokkaan kuului puolestaan 18 prosenttia tuloksista.

1990-luvulla perunamaiden fosforilukujen keskiarvo oli 34,1 milligrammaa litrassa, kun havaintoja oli 150. Vaihteluväli oli suuri, 0,9–130 milligrammaa litrassa. Lisäksi muutamat suuret tulokset nostivat keskiarvoa, mutta silti mediaani eli tyypilli-

nen arvo oli melko korkea, 28 milligrammaa litrassa.

Viljavuuspalvelu Oy:n vuosina 1991–1995 Satakunnan maaseutukeskuksen alueella analysoidun karkeaa hietaa (KHt) olevien näytteiden fosforilukujen keskiarvo oli 22,1 milligrammaa litrassa. Tärkkelysperunalohkojen melko korkeita fosforilukuja selittää osittain myös se, että samoilla lohkoilla viljellään yleisesti sokerijuurikasta ja vihanneksia.

Tyrnävältä kerättiin kahdeksalta siemenperunan tuotantoon erikoistuneelta tilalta viljavuusanalyysien tuloksia. Tällöin 176 havainnon fosforipitoisuuden keskiarvo oli kevyillä kivennäismailla, lähinnä KHt:llä, 17,7 milligrammaa litrassa. Oulun maaseutukeskuksen alueella keskiarvo oli vuosina 1991–1995 KHt-maissa vain hieman alempi, eli 16,3 milligrammaa litrassa. Siemenperunan viljelyssä maan fosforiluvut eivät ole nousseet samalla tavalla kuin tärkkelysperunan keskeisillä tuotantalueilla (Lemola et al. 1998).

5.4 Runsaasti helppoliukoista fosforia sisältävät maat

MTT:ssa kerättiin vuonna 1988 maanäytteitä ja viljelytietoja eri puolilta maata MAVERO-hanketta varten. Mukana oli tietoa runsaasti fosforia sisältävistä maista, ja niillä noudatetusta lannoituskäytännöstä. Vaikka kyselyn tulokset kertovat 10 vuoden takaisesta tilanteesta, ne kertovat kuitenkin siitä, millaiset viljelykierrot ja millaiset lannoitusmäärät ovat aiheuttaneet korkeita ja arveluttavan korkeita fosforipitoisuuksia.

Fosforipitoisuudet olivat korkeimmat vihannesten ja sokerijuurikkaan viljelyssä, ja ne johtuivat todennäköisesti runsaasta väkilannoitefosforin käytöstä. Karjanlannallakin oli oma vaikutuksensa. Tavanomaisessa, voimaperäisessä vilja-nurmikierrossa ylletään yleensä vain fosforiluokkaan ”korkea”, vaikka lantaa käytetään runsaasti.

5.4.1 Arveluttavan korkeassa fosforitilassa olevat maat

Kyselyssä saatiin tietoja yhteensä noin 140 peltolohkosta eri puolilta Suomea. Nykyisen tulkinnan mukaan arveluttavan korkea fosforitila oli 60 maanäytteessä. Näillä mailla viljeltiin 1970- ja 1980-luvuilla seuraavia kasveja:

50 kivennäismaata, joiden fosforiluku 41–250 milligrammaa litrassa

- sokerijuurikasta 21 lohkokalla, joista ainakin 10 lohkokalla on käytetty lantaa
- perunaa ja vihanneksia 15 lohkokalla, joista ainakin kuudella lohkokalla on käytetty lantaa, ja kolmella lohkokalla kompostia
- viljaa ja nurmea 13 lohkokalla, joissa kaikissa on maininta karjanlannan käytöstä, yhdessä on käytetty myös liejukalkkia
- entinen taimitarha yhdellä lohkokalla

10 eloperäistä maata, joista kahdeksan fosforiluku 34–60 milligrammaa litrassa ja kahdessa tulokset olivat suuremmat

- yksi peruna- ja vihannespelto, jossa fosforia 240 milligrammaa litrassa
- yksi sokerijuurikaspelto, jossa 188 milligrammaa fosforia litrassa
- kahdeksan vilja- ja nurmipeltoa, joista lähes kaikissa on maininta lannan käytöstä

Yli 100 milligrammaa fosforia litrassa sisältäviä maita oli kaikkiaan 11. Niiden vallitsevat viljelykasvit olivat seuraavat:

- kuusi vihannesmaata, joista yhdessä myös perunaa
- neljä sokerijuurikasmaata
- yksi perunamaa

Pelkästään nurmea ja/tai viljaa viljellyillä lohkoilla fosforiluvut olivat 40–80 milligrammaa litrassa.

5.4.2 Korkeassa ja hyvässä fosforitilassa olevat maat

Korkeassa fosforitilassa oli 61 lohkoa, ja hy-

vässä fosforitilassa 18 lohkoa. Kivennäismaalohkojen fosforipitoisuus oli välillä 18–48 milligrammaa litrassa. Niillä viljeltiin 1970- ja 1980-luvuilla seuraavia kasveja:

- sokerijuurikasta 11 lohkokalla, joista kahdeksalla lohkokalla on maininta lannan käytöstä
- perunaa ja/tai vihanneksia 17 lohkokalla, joista kuudella lohkokalla on maininta lannan käytöstä
- viljaa ja/tai nurmea 41 lohkokalla, joista 30 lohkokalta on maininta lannan käytöstä

11 eloperäisellä maalla fosforiluku oli 16–28 milligrammaa litrassa, ja kymmellä lohkokalla viljeltiin viljaa ja nurmea. Lannoitteena käytettiin väkilannoitteita ja karjanlantaa. Yhdellä turvemaalla oli kierrossa mukana myös peruna, ja lannoitteena käytettiin väkilannoitteita ja karjanlantaa.

5.4.3 Lannoitusmääriä

Tilahaastattelussa ilmoitettujen tietojen perusteella ”arveluttavan korkeassa”, ”korkeassa” ja ”hyvässä” fosforitilassa olleet maat olivat saaneet lähes saman määrän väkilannoitteita. ”Arveluttavan korkeassa” fosforitilassa olleille maille levitettiin väkilannoitteissa keskimäärin 46 kiloa fosforia hehtaarille, ja ”korkeassa” tai ”hyvässä” fosforitilassa oleville maille 45 kiloa hehtaarille.

Sokerijuurikkaalle annettiin väkilannoitteissa tyypillisesti 50–100 kiloa fosforia hehtaarille.

Väkilannoitefosforin lisäksi annettiin karjanlantaa. Tyypillisesti levitettiin 30–50 tonnia lietelantaa kerran vilja-nurmi-kierron aikana, eli arviolta noin 25 kiloa fosforia hehtaarille kierron aikana. Tällöin naudon lietelannan fosforipitoisuus oli 0,7 kiloa tonnissa tuoretta lantaa (Viljavuuspalvelu 1998). Toisinaan esiintyi paljon suurempiakin lantamääriä.

Valtaosa niistä maista, joiden fosforitilan katsotaan nyt olevan ”arveluttavan korkea”, on sijoitettu vuonna 1988 voimassa olleen viljavuustutkimuksen tulkinnan mu-

kaan luokkaan ”korkea”. Silloin luokassa ”korkea” suositeltiin viljoille, öljykasveille ja nurmelle 0–10 kiloa fosforia hehtaarille vuodessa, perunalle ja juurikkaalle 30 kiloa hehtaarille. Kun viljoja lannoitettiin antamalla noin 35 kiloa väkilannoitefosforia hehtaarille, minkä lisäksi tuli lannan fosforia, ylittyivät lannoitussuositukset näillä lohkoilla reilusti.

Myös juurikkaan fosforilannoitus oli tyypillisesti ainakin kaksinkertainen tuolloin suositeltuun nähden. Tutkimuksen aikaan luokkaan ”korkea” kuuluneet maat sijoittuvat nykyisin luokkaan ”arveluttavan korkea”, jossa kaikkien kasvien fosforilannoituksen suositus on 0 kiloa hehtaarille.

”Korkeassa” tai ”hyvässä” fosforitilassa nykyisin olevat maat kuuluivat vuonna 1988 etupäässä luokkaan ”hyvä”. Tuossa luokassa viljoille, öljykasveille ja nurmelle suositeltiin annettavaksi 10–20 kiloa fosforilannoitusta hehtaarille. Perunalle ja juurikkaalle suositeltu määrä oli 60 kiloa hehtaarille.

Siten myös näille maille on levitetty fosforia ainakin viljojen ja nurmien suosituksia enemmän. Nykyisen ympäristöohjelman mukaan tällaisilla mailla viljoille suositeltu tarkennettu fosforilannoitus on 0–13 kiloa hehtaarille luokissa ”korkea”–”hyvä”, perunalle ja juurikkaalle vastaavasti 10–20 kiloa hehtaarille.

Tässä otoksessa mukana olleille maille on siis 1980-luvun loppupuolella levitetty suosituksia enemmän fosforia. Näin on aikaansaatu tai ylläpidetty havaittuja ”korkeita” ja ”arveluttavan korkeita” fosforipitoisuuksia. Tämä lannoitusmäärä on kuitenkin ollut keskimäärin kolminkertainen verrattuna siihen, minkä ympäristöohjelma antaa viljojen fosforilannoituksen perustasoksi. Lisäksi kyseiset lohkot ovat saaneet vaihtelevasti karjanlannan fosforia.

Niinpä voidaankin päätellä, että viljojen perustason mukainen fosforilannoitus, eli 15 kiloa hehtaarille, laskee näiden maiden fosforilukuja selvästi. Perunalla perustason mukainen fosforilannoitus on 40 kiloa hehtaarille, ja juurikkaalla 30 kiloa hehtaarille.

Näillä määrillä maan fosforitaso ei ilmeisesti paljonkaan laske.

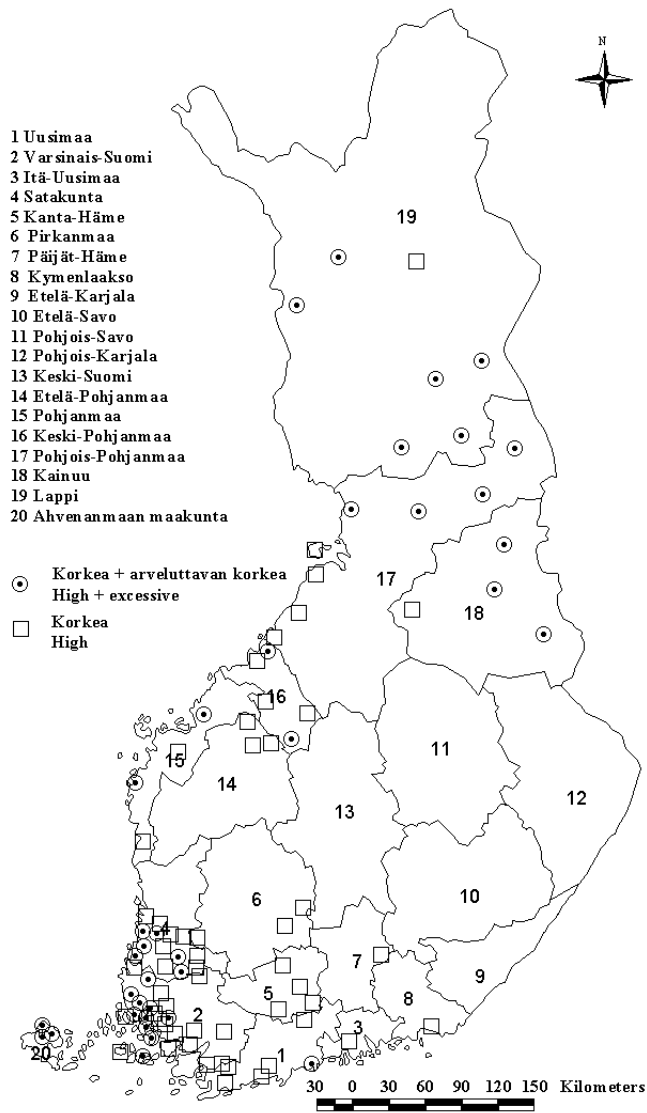
5.5 Alueellinen jakauma

Viljavuustutkimuksen fosforianalyysin tuloksia tarkasteltiin myös maaseutukeskus- ja kuntakohtaisesti (Kuva 11, Liite 4). Maaseutukeskuksittain tarkasteltaessa huomataan, että savimailla fosforilukujen keskiarvot olivat suurimmat Lounais-Suomessa ja Etelä-Pohjanmaalla.

Karkeilla kivennäismailla suurimmat keskiarvot olivat Lounais-Suomen lisäksi Pirkanmaalla ja Pohjanmaan rannikolla. Näiden lisäksi myös Perä-Pohjolassa ja Lapissa esiintyi korkeita keskiarvoja, joskin näillä alueilla pellon osuus maa-alasta oli kovin pieni. Itä-Suomessa kivennäismaiden fosforiluvut olivat keskimäärin matalahkoja. Eloperäisillä mailla korkeimmat fosforiluvut olivat Lapissa, ja ne pienenevät etelään päin mentäessä niin, että pienimmät luvut olivat Lounais-Suomessa.

Ahvenanmaalla esiintyi korkeita fosforipitoisuuksia (Liite 4). Maan pH oli tällä alueella keskimäärin 0,3–0,5 prosenttiyksikköä korkeampi kuin mantereella. Ahvenanmaan maaperä on monin paikoin kalkkipitoista, jolloin viljavuusanalyysissä käytettävä uuttoneste (pH 4,65) liuottaa maasta enemmän fosforia kuin happamampaa maata uutettaessa. Eräs selitys voivat olla myös Ahvenanmaan yleiset viljelykasvit, peruna ja varhaisvihannekset, joille annetaan runsaasti fosforilannoitusta.

Kuntakohtaisessa tarkastelussa (Kuva 11) eroteltiin ne kunnat, joiden 1990-luvulla analysoiduista maanäytteistä 10–20 prosenttia oli ”korkeassa” ja/tai ”arveluttavan korkeassa” fosforitilassa. Nämä kunnat sijoittuivat, kuten maaseutukeskuskohtaisista keskiarvoista voi arvella, etupäässä Varsinais-Suomeen, Etelä-Satakuntaan ja Pohjanmaalle. Myös Pohjois-Suomessa oli tällaisia kuntia, mutta niiden peltoala on hyvin pieni.



Kuva 11. Kunnat, joissa vuosina 1995–1998 otetuista näytteistä 10–20 prosenttia oli fosforipitoisuudeltaan viljavuusluokassa ”korkea” tai ”arveluttavan korkea”.

Figure 11. Municipalities where 10–20% of soil samples taken in 1995–1998 were in phosphorus concentration classes 'high' or 'excessive'.

6 Viljavuuden muutosten arviointi kenttäkokeiden tulosten perusteella

Maan fosforiluvun muutokset ovat niin hitaita, ettei niitä pystytä havaitsemaan koellisen tutkimuksen keinoin muutaman vuoden koejakson aikana. Lisäksi pienet muutokset voivat peittyä maan heterogeenisyyteen. Näin ollen Maatalouden ympäristöohjelman mukaisten toimenpiteiden vaikutusta maan viljavuuteen ei voida tutkia lyhytaikaisissa kokeissa. Tämä tieto on

etsittävä aiemmista tutkimuksista.

6.1 Fosforilannoituksen porraskokeet MTT:ssa

Fosforilannoituksen porraskokeiden (Saarela et al. 1995) tulosten perusteella tarkasteltiin, miten fosforiluvut muuttuivat ympäristötuen ehtojen mukaisella lannoituksella. Mukana tarkastelussa oli 22 koetta, joissa viljeltiin pääasiassa viljaa. Joissain kokeissa oli myös heinää, öljykasveja, hernettä ja perunaa. 21 kokeen vuotuinen fosforilannoitus oli superfosfaattina 0, 15, 30, 45 tai 60 kiloa hehtaarille. Yhdessä perunakokeessa fosforilannoitus oli 0, 25, 50, 75 tai 100 kiloa hehtaarille. Tarkastelujakso oli 12 vuot-

Taulukko 3. Maan helppoliukoisien fosforin pitoisuuden kehitys kenttäkokeissa eri viljavuustasoa edustaneissa koepaikoissa perustason mukaisella ja viljelykasvin ja maan fosforitilan perusteella tarkennetun tason mukaisella lannoituksella. Taulukko on koottu Saarelan et al. (1995) julkaisemista tuloksista.

Table 3. Trend in easily soluble phosphorus concentration in soil in experiments with different soil P status. Table based on results published by Saarela et al. (1995).

Viljavuusluokka	Kokeita kpl	Fosforiluku kokeen alussa	Fosforiluku kokeen lopussa 15 kg P/ha:n lannoituksella	Fosforiluku kokeen lopussa ohralle tarkennetulla lannoituksella *)	Fosforiluku kokeen lopussa kauralle tarkennetulla lannoituksella *)
<i>P class at beginning</i>	<i>Experiments (no.)</i>	<i>P in soil at beginning</i>	<i>P in soil at end with 15 kg P/ha fertilization</i>	<i>P in soil at optimum fertilization for barley *)</i>	<i>P in soil with the optimum fertilization for oats *)</i>
		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
Huononlainen <i>Rather poor</i>	2	3,6	4,9 (+1,3)	5,8 (+2,5) (33 kg/ha)	5,5 (+1,9) (25 kg/ha)
Välttävä <i>Fair</i>	10	6,2	6,3(+0,1)	7,9 (+1,7) (28 kg/ha)	6,8 (+0,5) (20 kg/ha)
Tyydyttävä <i>Satisfactory</i>	6	11,2	10,0 (-1,2)	10,0 (-1,2) (18 kg/ha)	8,8 (-2,4) (10 kg/ha)
Hyvä <i>Good</i>	2	21,0	18,3 (-2,7)	18,3 (-2,7) (13 kg/ha)	15,4 (-5,6) (5 kg/ha)
Arveluttavan korkea <i>Excessive</i>	2	58	38 (-20)	35 (-23) (0 kg/ha)	35 (-23) (0 kg/ha)

*)= Fosforiluvut on otettu Saarelan et al. (1995) ohran tuloksista suositusta lähinnä olevalta fosforitasolta (0, 15 tai 30 kg/ha). Kauran viljelyssä fosforiluvut on arvioitu kokeiden lopussa suositusta lähinnä olevien koekäsittelyjen tulosten perusteella. Tarkennetun tason mukaiset lannoitusmäärät 4 000 kg/ha:n satotasolla ovat sulkeissa.

*) = for barley soil P concentrations were taken from the data of Saarela et al. (1995) from the P level nearest to the recommendation. For oats, soil P concentrations at the end of the experiment were deduced from the data nearest to the recommendations. The optimized fertilization rates for 4000 kg/ha yield are in parantheses.

ta, paitsi kahdessa lyhyemmässä kokeessa yhdeksän vuotta.

Maat jaettiin ryhmiin niiden alkuperäisen viljavuusluokan mukaan. Luokkaan ”välttävä” kuului 10 maata, ja luokkaan ”tydyttävä” kuusi maata. Tällaisia on valtaosa viljelymaistakin. ”Huononlaisessa”, ”hyvässä” ja ”arveluttavan korkeassa” fosforitilassa oli alunperin kaksi koepaikkaa kussakin.

Viljojen, öljykasvien ja heinän perustason mukainen fosforilannoitus, eli 15 kiloa hehtaarille, oli siis kokeessa mukana. Kokeen lannoitusmäärät eivät olleet täsmälleen samat kuin ympäristöohjelman tarkennetun tason mukaiset lannoitusmäärät. Ne kuitenkin vastasivat kolmen kilon tarkkuudella sitä enimmäislannoitusta, jonka ympäristöohjelma on sallinut ohralle satotasolla 4 000 kiloa hehtaarilta. Runsainta fosforilannoitusta suositellaan viljoista juuri ohralle. Lisäksi arvioitiin maan viljavuuden kehitys kauran viljelyssä, jossa tarkennetun tason mukainen enimmäislannoitus on viljoista pienin, kahdeksan kiloa hehtaarille ohran lannoitusta pienempi. Tulokset esitetään taulukossa 3.

Perustason mukainen fosforilannoitus, 15 kiloa hehtaarille, kohotti hieman alunperin luokassa ”huononlainen” olleiden kahden maan fosforilukuja. Tarkennetun tason mukainen fosforilannoitus oli 33 kiloa hehtaarille ohran satotasolla 4 000 kiloa hehtaarilta. Tämä kohotti fosforilukuja 12 vuoden aikana keskimäärin 2,5 milligrammaa litrassa. Vaikka näiden kahden maan viljavuusluokka pysyikin muuttumattomana, tämänsuuruinen fosforiluvun nousu merkitsee monessa muussa tapauksessa viljavuusluokan nousua ”tydyttäväksi”. Kauralla tarkennetun tason mukainen enimmäislannoitus oli 25 kiloa fosforia hehtaarille, mikä kohottanee koetulosten perusteella fosforilukua 12 vuoden aikana noin kaksi milligrammaa litralta. ”Välttävässä” fosforiluokassa olleilla mailla 15 kiloa fosforia hehtaarille piti fosforiluvun keskimäärin ennallaan, sillä muutos oli 0,1 milligrammaa litrassa. Muutokset olivat 12 vuoden aikana enimmillään $\pm 1,0$ milligrammaa litrassa.

Saarelan et al. (1995) tulosten mukaan tällä lannoitustasolla sadot ottavat suunnilleen saman verran tai hieman vähemmän fosforia kuin lannoituksessa annetaan.

Tässä viljavuusluokassa ohralle suositeltu fosforilannoitus on 28 kiloa hehtaarille satotasolla 4000 kiloa hehtaarilta. Lannoituskokeiden tulosten mukaan maan fosforiluku nousi 12 vuodessa keskimäärin 1,6 milligrammaa litrassa annettaessa vuosittain 30 kiloa fosforia hehtaarille. Tulos oli samansuuntainen kaikissa kokeissa. Yhdesäkään kokeessa viljavuusluokka ei kuitenkaan muuttunut. Tämä siitä huolimatta, että monet näistä maista noussevat ajan mittaan viljavuusluokkaan ”tydyttävä”, jos lannoitus pysyy vuosittain samansuuruksena. Kauran enimmäislannoituksella, eli 20 kilolla fosforia hehtaarille, maan fosforiluvun voidaan olettaa kohoavan 0,5 milligrammaa litrassa runsaassa vuosikymmenessä.

Alunperin luokassa ”tydyttävä” olleita koepaikkoja oli kuusi. Niillä perustason mukainen fosforilannoitus, eli 15 kiloa hehtaarille, ja viljavuustutkimuksen mukainen suositus ohralle, eli 18 kiloa hehtaarille, ovat lähes samat. Tätä viljavuusluokkaa edustavissa kokeissa fosforilukujen kehitys vaihteli eniten maasta toiseen. Kahdessa kivennäismaassa fosforiluvut pysyivät 15 kilon hehtaarilannoituksella ennallaan, ja kolmannessa fosforiluku laski. Myös kahdessa multamaassa fosforiluku laski tällä lannoituksella, mutta kolmannessa multamaassa fosforiluku nousi.

Kauran tarkennetun tason mukainen enimmäislannoitus oli tässä viljavuusluokassa 10 kiloa fosforia hehtaarille satotasolla 4 000 kiloa hehtaarilta. Tällä määrällä viljavuusluvun voidaan arvela laskevan 12 vuoden aikana selvästi, eli keskimäärin 2,5 milligrammaa litrassa. Tällä lannoituksella kolmen maan viljavuusluokka laski ”välttäväksi” ja neljännessäkin fosforiluku aleni luokan ylärajalta alarajan tuntumaan.

Luokassa ”hyvä” suositellaan viljavuustutkimuksen perusteella ohralle 13 kiloa fosforia hehtaarille, mikä sekin poikkeaa vain vähän perustason mukaisesta lannoit-

tuksesta. Kahdessa tällaisessa kokeessa fosforiluku laski 12 vuoden aikana keskimäärin 2,7 milligrammaa litrassa perustason mukaisella lannoituksella. Toisessa niistä viljavuusluokka putosi yhdellä, mikä johtaa hieman suurempaan lannoitussuositukseen ja maan fosforipitoisuuden laskun pysäyttämiseen. Kauran enimmäislannoitus oli tällaisilla mailla vain viisi kiloa fosforia hehtaarille, mikä on kahdeksan kiloa vähemmän kuin keskimääräisen kaurasadon fosforin otto. Tällä lannoituksella kokeiden fosforiluvut laskivat 12 vuodessa peräti 5,6 milligrammaa litrassa.

Saarelan et al. (1995) aineistossa ei ollut luokkaa ”korkea”, mutta kahdessa Jokioisilla tehdyssä kokeessa oli alunperin ”arveluttavan korkea” fosforitila. Maahan oli kertynyt runsaasti helppoliukoista fosforia ilmeisesti runsaan karjanlannan levityksen seurauksena (Saarela et al. 1995). Näillä mailla fosforiluvut laskivat 12 vuoden aikana ilman fosforilannoitusta, joka on viljavuustutkimukseen perustuva tarkennettu fosforitaso viljoilla, yhteensä 22–24 milligrammaa litrassa. Määrä vastaa likimain kahta milligrammaa litrassa vuodessa.

Myös syvemältä kyntäminen on vaikuttanut kyseisten peltojen muokkauskerroksen fosforipitoisuuden nopeaan laskuun. Näiden maiden fosforiluvut laskivat myös viljojen perustason mukaisella fosforilannoituksella. Savimaalla oli koejäsen, jossa fosforilannoitus oli 15 kiloa hehtaarille, ja sen fosforiluku laski 12 vuoden aikana 15 milligrammaa litrassa. Hietamaalla ei ollut tätä fosforilannoitustasoa, mutta tasolla 25 kiloa hehtaarille fosforiluku laski 12 vuoden aikana 24 milligrammaa litrassa. Luokassa ”arveluttavan korkea” maan fosforiluku siis laskee verrattain nopeasti ympäristötuen ehtojen mukaisella lannoituksella.

6.2 Muut fosforilannoituskokeet

Vihdissä sijaitsevassa Kemiran Kotkaniemessä tehtiin kaksi koetta multavalla hiesavimaalla. Kokeissa maiden pH oli 6,0 ja 5,4. Kokeissa viljeltiin 11 tai 12 vuoden

ajan kevätiljoja eri fosforilannoitustasoilla, jotka olivat 0, 14, 28, 49 tai 63 kiloa hehtaarille (Yli-Halla 1989). Ennen kenttäkoetta maan fosforiluku oli 5,0–6,6 milligrammaa litrassa viljavuusluokassa ”välttävä”. Kun fosforilannoitus oli 14 kiloa hehtaarille, fosforiluku laski luokkaan ”huononlainen” (Taulukko 4). Näin siitä huolimatta, että tämä lannoitus korvasi sadon mukana poistuneen fosforin.

Havaittu fosforiluvun lasku kertoo huomattavasta fosforin pidättymisestä niukka-liukoiseen muotoon. Myös lannoitustasolla 28 kiloa fosforia hehtaarille maan fosforiluku laski hieman, mutta pysyi alkuperäisessä viljavuusluokassa. Fosforilannoitus 14 kiloa hehtaarille lisäsi jyväsatoa selvästi, ja sadot nousivat vielä jonkin verran lisääessä fosforilannoitusta 28 kiloon hehtaarille. Tätä runsaampi lannoitus ei enää vaikuttanut satoon.

Jos näillä mailla käytetään ympäristötuen perustason mukaista lannoitusta, eli 15 kiloa hehtaarille, maan fosforiluku alenee, eikä saada täyttä viljasatoa. Tarkennetun tason mukainen enimmäislannoitus on ohralla 28 kiloa fosforia hehtaarille. Tämä lannoitus tuottaa kyseisellä maalla täyden sadon, vaikka maan fosforiluku näyttääkin lievästi laskevan.

6.3 Satotason perusteella tehtävä tarkennus

Kenttäkokeiden tuloksissa on aina paljon satunnaisvaihtelua. Siksi niiden perusteella ei voida tarkasti päätellä, miten muutaman kilon lannoituserot tai satotasot vaikuttavat maan viljavuuden kehitykseen. Saarela (1991) toteaa, ettei suurissa sadoissa poistuvien ravinnemäärien merkitys ole näkynyt selvästi edes 15 vuotta jatkuneissa kokeissa. Nykyisin fosforilannoitusta tarkennetaan viljojen satotason mukaan. Tarkennus on ± 3 kiloa 1000 kiloa kohti, mikä vastaa kuiva-aineena ± 3 kiloa 850 kiloa kohti.

Viljanjyvien kuiva-aineessa on keskimäärin fosforia neljä grammaa kilossa (Saa-

Taulukko 4. Keskimääräiset sadot 9.–11. koevuonna (kevätvehnä- kevätvehnä-ohra) ja maan fosforiluku kenttäkokeessa, jossa viljeltiin viljaa 11 vuoden ajan eri fosforilannoitustasoilla. Fosforiluku oli kokeen alussa 5,0–6,6 mg/l; typpitaso 100–120 kg/ha (Yli-Halla 1989).

Table 4. Mean yields in 9th-11th experimental years (spring wheat-spring wheat-barley) and the P concentration of soil in the field experiment in which cereals were cultivated for 11 years at different P fertilization levels. At the beginning of the experiment, the P concentration was 5.0–6.6 mg/l; the nitrogen fertilization level was 100–120 kg/ha (Yli-Halla 1989).

Fosforilannoitus P fertilization kg/ha	Jyväsato Grain yield kg/ha	Fosforiluku kenttäkokeen lopussa P concentration in soil at the end of experiment mg/l	Fosforitase P input/output kg/ha/v kg/ha/yr
0	4130	1,9	-12,1
16	4850	3,5	-0,6
32	5070	4,8	+13,2
47	5000	5,1	+34,4
72	5100	5,6	+47,7

rela et al. 1995). Tämä vastaa 3,4 kiloa fosforia 850 kilossa jyvää. Näin ollen satotason mukainen fosforilannoituksen tarkennus on yhtä suuri kuin muutokset sadon mukana poistuvissa fosforin määrissä. Satotaso ei siis vaikuta mainittavasti pellon fosforitaseeseen käytettäessä tarkennettua lannoitusta.

6.4 Fosforilannoitus ja viljojen sato

MTT:ssa tehtyjen pitkäaikaisten fosforilannoituskokeiden tulosten (Saarela et al. 1995, Saarela 1996) mukaan koevuosina 1–7 optimisatoon on riittänyt pienempi fosforilannoitus kuin koesarjan loppupuolella koevuosina 8–18.

Alunperin vähän helpoliukoista fosforia sisältäneillä mailla sato on kuluttanut maan fosforivarjoja kokeen alkupuolella, minkä takia lannoitusoptimi on aikaa myöden noussut (Saarela 1996).

Kokeiden jälkipuoliskolla perustason mukainen fosforilannoitus, eli viljoilla 15 kiloa hehtaarille, tuotti niukasti fosforia sisältävillä mailla, joiden fosforiluku oli kolme–yhdeksän milligrammaa litrassa, 16 prosenttia heikomman sadon verrattuna optimilannoituksella saatuun tasoon. Kes-

kinkertaisilla pelloilla fosforiluku oli 6–14 milligrammaa litrassa, ja tällöin sato oli puolestaan yhdeksän prosenttia pienempi kuin optimilannoituksella (Saarela 1993).

Kokeiden alkupuolella optimilannoitusmäärät ovat vastanneet kutakuinkin ympäristötukiehtojen sallimaa suurinta lannoitusta. Näistä koetuloksista laaditut satokäyrät kertovat, että perustason mukainen lannoitus ei ole vielä päättyvällä ympäristötukikaudella aiheuttanut suuria sadonmenetyksiä. Sen sijaan niukan lannoituksen jatkuessa sadonmenetyksen riski kasvaa niukasti fosforia sisältävillä mailla.

6.5 Fosforilannoitus ja nurmien sato

Nurmien fosforilannoituksesta ei ole tehty pitkän aikasarjan kokeita, joten maan fosforipitoisuuden muutoksia ei voida arvioida. Lyhyempiäaikaisten kokeiden tulokset osoittavat, että nurmen perustamisvaiheessa annetun fosforin varastolannoitus pienentää sadon määrää kolmantena nurmivuonna, kun sitä verrataan vuosittain annettavaan fosforilannoitukseen.

Sadon ottaman fosforin määrä pieni kolmantena vuonna viisi–kymmenen pro-

senttia, kun sadon määrä pieneni kymmenen prosenttia. Varsinkin fosforitaltaan huonoille maille varastolannoitus sopii hyvin vuotuisen Y-lannoksen täydentäjäksi (Saarela et al. 1988, Saarela 1986, 1989). Uudet lannoitussuositukset perustuvat juuri näihin tuloksiin. Soklin fosforimalmin on todettu olevan liian hidasliukoista nurmen fosforilannoitteeksi (Nissinen 1991).

Koska turvemaat pidättävät fosforia heikosti, lisääntyy fosforin huuhtoutuminen voimakkaalla, yli 60 fosforikilon hehtaarlannoituksella (Huhta 1989). Samasta syystä nurmen perustamisvaiheeseen ei voida suositella varastolannoitusta turvemaalla (Saarela 1992). Virkajärvi ja Huhta (1993) raportoivat yhdestä turvemaalla sijainneesta fosforilannoituksen porraskokeesta. Siinä nurmen kuiva-ainesato lisääntyi fosforilannoitustasolle 30 kiloa hehtaarille asti, kun typpeä käytettiin 90 kiloa hehtaarille. Vastaavasti kuiva-ainesato lisääntyi fosforilannoitustasolle 60 kiloa hehtaarille, kun typpeä käytettiin 180 kiloa hehtaarille. Sadon fosforipitoisuus ei myöskään noussut enää tätä suuremmilla lannoitusmäärillä.

Viljavuustutkimuksen mukainen fosforilannoitus on riittävä ilman, että nurmisato oleellisesti vähenisi. Fosforilannoitus vaikuttaa suhteessa enemmän heinien fosforipitoisuuteen kuin sadon määrään (Saarela 1991, Saarela & Elonen 1982). Eläinten ruokinnassa tätä mahdollista vajetta voidaan korjata antamalla eläimille fosforikivennäistä.

Maahan mullattu fosforilannoitus vähentää fosforin huuhtoutumista verrattuna pintaan levitettävään lannoitukseen, joka huuhtoutuu helposti pintavalunnan mukana (Turtola & Jaakkola 1995). Myös nurmen perustamisvaiheessa pintaan levitetty ja sen jälkeen mullattu lannoitefosfori on paremmin kasvien käytettävissä kuin kylvökoneen lannoitevantaalla sijoitettu lannoitefosfori (Saarela et al. 1988).

7 Maan fosforiluvun simuloitut muutokset

Maan viljavuuden muutokset ovat hitaita, joten empiiristen tulosten kerääminen kestää vuosikymmeniä. Näitä muutoksia voidaan kuitenkin arvioida nopeasti simulointimallilla. ICECREAM-huuhtoutumismallia ei ole aiemmin käytetty maan fosforiluvun muutosten tarkasteluun. Mallin testaus osoitti, että mallia on vielä kehitettävä, mutta malli osoitti jo nyt melko luotettavasti fosforiluvun muutokset.

7.1 Menetelmät

Nykyisissä ympäristötukiehdoissa määriteltyjen fosforilannoitustasojen vaikutusta maan fosforiluvun kehitykseen testattiin erilaisilla maan fosforitasoilla. Laskennassa käytettiin Jokioisten observatoriossa 25 vuoden aikana kerättyjä vuorokausisäätietoja vuosilta 1972–1996. Testattavana oli ympäristötukien mukaisten fosforilannoitusmäärien vaikutus maan fosforilukuun ohranviljelyssä, kun satotasot olivat kolme, neljä ja viisi tonnia hehtaarilta. Lisäksi testattiin vaikutuksia nurmikierrossa. Lannoitusmäärät on esitetty taulukossa 5.

Muokkausvaihtoehtoja ei simuloitu, vaan ohra kynnettiin syksyllä 22 sentin syvyyteen, ja äestettiin keväällä. Lannoite oletettiin sijoitettavaksi kylvettäessä kahdeksan sentin syvyyteen. Ohran viljelyssä oljet oletettiin korjattaviksi pois pelloilta syksyllä.

Testattavat maalajit olivat savi, hiesu ja hietä. Orgaanista ainesta oli viisi prosenttia. Maiden tarkemmat kuvaukset ovat taulukossa 6. Maan vesitaloutta kuvaavia ominaisuuksia eli hydrologiaa kuvaavat parametrit, kuten huokoisuus, tilavuuspaino, kenttäkapasiteetti ja lakastumisraja, ovat GLEAMS-mallin ohjekirjasta (Knisel 1993) maalajien clay, silt loam ja sandy loam kohdilta.

Taulukko 5. Simuloinneissa käytetyt fosforilannoitusmäärät (P kg/ha vuodessa) eri viljavuusluokissa.

Table 5. Phosphorus fertilization rates (P kg/ha/yr) in soil P classes used in simulations.

Viljavuusluokka <i>Soil P class</i>	Ohra, ei lannoitusta <i>Barley, no fertilization</i>	Ohra, perustason lannoitus <i>Barley, base level fertilization</i>	Ohra, Satotason 3 t/ha mukainen lannoitus <i>Barley, fertilization at 3 t/ha yield level</i>	Ohra, satotason 5 t/ha mukainen lannoitus <i>Barley, fertilization at 5 t/ha yield level</i>	Nurmikierto: suojavilja /3 v nurmi /2 v ohra <i>Ley crop rotation: cereal (ley undersown) / 3 yr ley / 2 yr barley</i>
Huononlainen <i>Rather poor</i>	0	15	30	36	55 / 40 / 33
Välttävä <i>Fair</i>	0	15	25	31	
Tyydyttävä <i>Satisfactory</i>	0	15	15	21	35 / 20 / 18
Hyvä <i>Good</i>	0	15	10	16	25 / 10 / 13

Taulukko 6. Simulointiajoissa käytettyjen maalajien ominaisuuksia.

Table 6. Soil properties used in simulations.

	Savi AS <i>Clay</i>	Hiesu Hs <i>Silt loam</i>	Hieta KHt <i>Sandy loam</i>
Saves <i>Clay, %</i>	50	20	20
Hiesu <i>Silt loam, %</i>	25	60	20
Hieta + hiekka <i>Sandy loam + sand, %</i>	25	20	60
Humus <i>Humus, %</i>	5	5	5
Huokoisuus <i>Porosity, cm³/cm³</i>	0,47	0,43	0,40
Tilavuuspaino <i>Bulk densit, kg/l</i>	1,41	1,52	1,60
Kenttäkapasiteetti <i>Field capacity, cm/cm</i>	0,39	0,32	0,22
Lakastumisraja, <i>Wilting point, cm/cm</i>	0,28	0,12	0,08
Kyllästystilan vedenjohtavuus <i>Saturated hydraulic conductivity, mm/h</i>	0,5	4,5	12

Kustakin maalajista testattiin viljavuusluokat ”huononlainen”, ”välttävä”, ”tyydyttävä” ja ”hyvä”. Maiden fosforitilan kuvaukset ovat taulukossa 7. Simuloinneissa maan pH:n oletettiin olevan 6,3.

ICECREAM-mallin fosforiosa on esitetty kaaviokuvana (Kuva 12). Mallissa maan epäorgaaninen fosfori on jaettu kolmeen osaan, eli stabiiliin epäorgaaniseen fosforiin,

Taulukko 7. Simulointiajoissa käytettyjen maiden fosforifraktioiden alkuarvot.
Table 7. Initial values of phosphorus fractions for soils used in simulations.

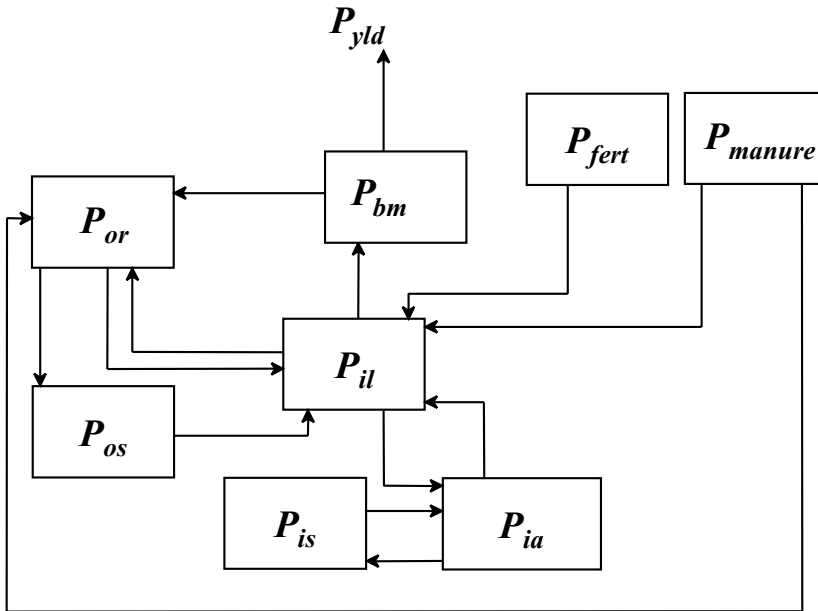
Maalaji <i>Soil type</i>	Viljavuusluokka <i>Soil P-class</i>	P _{AAAc} mg/l	P _{il} mg/kg	P _{os} g/kg	P _{is} g/kg
<i>Muokkauskerros, top soil</i>					
Savi, <i>clay</i>	Huononlainen, <i>rather poor</i>	3,4	18,1	0,56	0,41
Savi, <i>clay</i>	Välttävä, <i>fair</i>	6	27,5	0,56	0,62
Savi, <i>clay</i>	Tyydyttävä, <i>satisfactory</i>	8	33,7	0,56	0,76
Savi, <i>clay</i>	Hyvä, <i>good</i>	15	50,0	0,56	1,13
Hiesu, <i>silt loam</i>	Huononlainen, <i>rather poor</i>	4	18,9	0,46	0,26
Hiesu, <i>silt loam</i>	Välttävä, <i>fair</i>	10	36,3	0,46	0,49
Hiesu, <i>silt loam</i>	Tyydyttävä, <i>satisfactory</i>	14	44,6	0,46	0,60
Hiesu, <i>silt loam</i>	Hyvä, <i>good</i>	23	56,8	0,46	0,77
Hieta, <i>sandy loam</i>	Huononlainen, <i>rather poor</i>	4	18,0	0,46	0,24
Hieta, <i>sandy loam</i>	Välttävä, <i>fair</i>	7	27,1	0,46	0,37
Hieta, <i>sandy loam</i>	Tyydyttävä, <i>satisfactory</i>	10	34,5	0,46	0,47
Hieta, <i>sandy loam</i>	Hyvä, <i>good</i>	20	50,9	0,46	0,69
<i>Jankko, subsoil</i>					
Savi, <i>clay</i>	Huono, <i>poor</i>	1	5,6	0,1 ja 0,01	0,13
Savi, <i>clay</i>	Välttävä/tyydyttävä <i>Fair/satisfactory</i>	2	11,2		0,25
Savi, <i>clay</i>	Hyvä, <i>good</i>	3	16,8		0,38
Hiesu, <i>silt loam</i>	Huono, <i>poor</i>	2	11,2	0,1 ja 0,01	0,15
Hiesu, <i>silt loam</i>	Välttävä/tyydyttävä <i>Fair/satisfactory</i>	3	16,8		0,23
Hiesu, <i>silt loam</i>	Hyvä, <i>good</i>	4	18,9		0,26
Hieta, <i>sandy loam</i>	Huono, <i>poor</i>	1	5,6	0,1 ja 0,01	0,08
Hieta, <i>sandy loam</i>	Välttävä/tyydyttävä <i>Fair/satisfactory</i>	2	11,2		0,15
Hieta, <i>sandy loam</i>	Hyvä, <i>good</i>	3	16,8		0,23

P_{is}, aktiiviseen eräorgaaniseen fosforiin, P_{ia} ja labiiliin, kasveille käyttökelpoiseen fosforiin, P_{il}. Maan orgaaninen fosfori jaetaan kahteen osaan, eli tuoreeseen orgaaniseen fosforiin, P_{or} ja stabiiliin orgaaniseen fosforiin, P_{os}. Lisäksi tarvitaan alkuarvot tuoreelle orgaaniselle fosforille, P_{or}, humuksen orgaaniselle fosforille, P_{os}, labiilille, kasveille käyttökelpoiselle fosforille, P_{il} ja maan muulle epäorgaaniselle fosforille, P_{is} + P_{ia}.

Kasvin kehityksen mukaan mallissa lasketaan biomassan fosfori, P_{bm}, josta sadon fosfori, P_{yl}, poistuu sadon mukana. Lannoitusrutiinissa epäorgaaninen lannoite, P_{fert}, oletetaan kokonaan kasveille käyttökelpoiseksi ja lannan fosfori, P_{manure}, jaetaan käyttökelpoiseen ja tuoreeseen orgaaniseen fosforiin.

Tuoreen orgaanisen fosforin, P_{or}, alkuar-

vo on arvioitu olettaen, että korjaamattomista kasvinjäänteistä, kuten juurista ja korjaamattomasta oljesta, jäisi fosforia pelolle noin viisi kiloa hehtaarilta vuodessa. Tällöin juurista tulisi fosforia noin kolme kiloa hehtaarilta ja korren leikkuukohtaan alapuolisesta oljesta noin kaksi kiloa hehtaarilta. Tämä määrä on jaettu maahan niin, että pinnassa on enemmän ja syvemällä vähemmän fosfori. Tämä osuus maan fosforista on niin pieni, ettei sillä ole suurta merkitystä maan fosforiluvun muutosten simuloinneissa. Käytetyt alkuarvopitoisuudet olivat ylimmissä 10 millimetrin kerroksessa kaksi milligrammaa kiloa kohden, 1–15 sentin syvyydessä yksi milligramma kiloa kohden, muokkauskerroksen alarajalla puoli milligrammaa kiloa kohden ja jankossa 0,2 milligrammaa kiloa kohden. Arvo ei



Kuva 12. ICECREAM-mallin fosforiosan kaaviokuva. P_{ia} = aktiivinen epäorgaaninen fosfori, eli P , P_{il} = labiili epäorgaaninen P , P_{is} = stabiili epäorgaaninen P , P_{bm} = biomassan sisältämä P , P_{or} = orgaaninen P kasvin jätteissä ja mikrobi-biomassassa, P_{os} = orgaaninen P stabiilissa orgaanisessa aineksessa, P_{fert} = epäorgaanisen lannoitteen P , P_{manure} = lannan P .

Figure 12. Schematic representation of phosphorus component in ICECREAM model. P_{ia} = Active inorganic P , P_{il} = Labile inorganic P , P_{is} = Stable inorganic P , P_{bm} = Biomass P , P_{or} = Organic P in crop residue and microbial biomass, P_{os} = Organic P in stable organic matter P_{fert} = Inorganic fertilizer P , P_{manure} = Manure P .

muutu iljvuusluokan mukana, sillä fosfori on peräisin kasvista, eikä maasta.

Humuksen fosforin, P_{os} , alkuarvo laskettiin grammoina kiloa kohden regressioyhtälöllä, joka kehitettiin tässä tutkimuksessa orgaanisen fosforin pitoisuuden arvioimiseksi. Yhtälö oli seuraava:

$$P_{os} = 0,0184 \text{ Humus\%} + 0,00320 \text{ Saves\%} - 0,0769 \text{ pH} + 0,516 \quad (1)$$

Savimaille saatiin orgaanisen fosforin arvoksi 0,56 grammaa kilossa, hiesumaille 0,46 grammaa kilossa ja hietamaille 0,46 grammaa kilossa. Koska orgaanisen fosforin mineralisaatiokerroin oli kalibroitu niin, että orgaanisen fosforin määrä pysyi samana, P_{os} -arvo ei ollut herkkä parametri. Jankossa, eli 21–30 sentin syvyydessä, käytet-

tiin kaikilla mailla arvoa 0,1 grammaa kilossa, ja pohjamaassa, 30–60 sentin syvyydessä arvoa 0,01 grammaa kilossa.

Maan helpoliukoksen fosforin, P_{il} , alkuarvo on laskettu regressioyhtälöllä Suomessa käytössä olevasta ammoniumasetat-timenetelmällä määritetystä viljavuusanalyysin fosforiluvusta.

$$P_{il} = \begin{cases} \frac{P_{AAAc} \cdot 7,8}{bd} & \text{kun } P_{AAAc} \leq 3 \text{ mg/l} \\ \frac{109}{bd} \left(1 - e^{\left(\frac{-P_{AAAc} - 0,6}{15} \right)} \right) & \text{kun } 3 \text{ mg/l} < P_{AAAc} \leq 30 \text{ mg/l} \\ \frac{80 + 0,5 \cdot P_{AAAc}}{bd} & \text{kun } P_{AAAc} > 30 \text{ mg/l} \end{cases} \quad (2)$$

Missä

P_{il} = kasveille käyttökelpoinen helpoliukoinen fosfori, milligrammoina kilossa

exchangeable phosphorus, which is available to plants (mg/kg)

P_{AAAc} = ammoniumasetaattimenetelmällä mitattu viljavuusfosfori, milligrammoina litrassa

acid ammoniumacetate extractable phosphorus (mg/l)

bd = maan tilavuuspaino, kiloina litrassa

bulk density (kg/l).

Laskennassa käytetyt P_{il} -arvot muunnettiin mallissa yhtälön (2) käänteisfunktiolla takaisin viljavuusanalyysissä määritettäväksi asetaattiuuttoiseksi fosforiksi.

Maan epäorgaanisen fosforin, P_{is} , alkuarvo laskettiin tasapainotilaa vastaavaksi helppoliukoisen fosforin, P_{il} , ja maasta riippuvan kertoimen, F_l , avulla.

$$P_{is} = 5 \cdot P_{il} \frac{1 - F_l}{F_l} \quad (3)$$

Maan helppoliukoinen fosfori ei sisälly parametreissa annettavaan epäorgaaniseen fosforiin, P_{is} . P_{il} ei juuri vaikuta epäorgaanisen fosforin alkuarvoon viljavuusluokissa "huononlainen" ja "välttävä" mutta viljavuusluokassa "hyvä" sen huomiotta jättäminen aiheuttaa virhettä.

7.2 Simulointitulokset

Simuloidut sadot, ja siitä johtuen myös sadon fosforisisällöt, vaihtelivat vuosittain (Taulukko 8). Alhaisella satotasolla sadon sisältämä fosforimäärä on alhaisempi kuin perustason mukainen lannoitus, eli 15 kiloa hehtaarille. Maan fosforiluvut pysyvät tällä satotasolla ennallaan koko simulointiajan (Kuvat 13, 14 ja 15).

Suuremmilla satotasoilla maan fosforiluvut laskivat simuloinneissa varsinkin hyvässä fosforitilassa olleella maalla kaikissa maalajeissa. Savimaalla muutokset kuitenkin olivat pienempiä kuin hiesu- ja hietamailla.

Tarkennetun lannoitustason simuloinneissa (Kuvat 16, 17 ja 18) on havaittavissa maan fosforiluvun nousu silloin, kun se on "välttävä" tai "huononlainen". "Tyydyttävässä" fosforiviljavuusluokassa alhaisen satotason tarkennettu lannoitussuositus on sama kuin perustason mukainen lannoitus, jolloin fosforiluvussa ei tapahdu muutoksia.

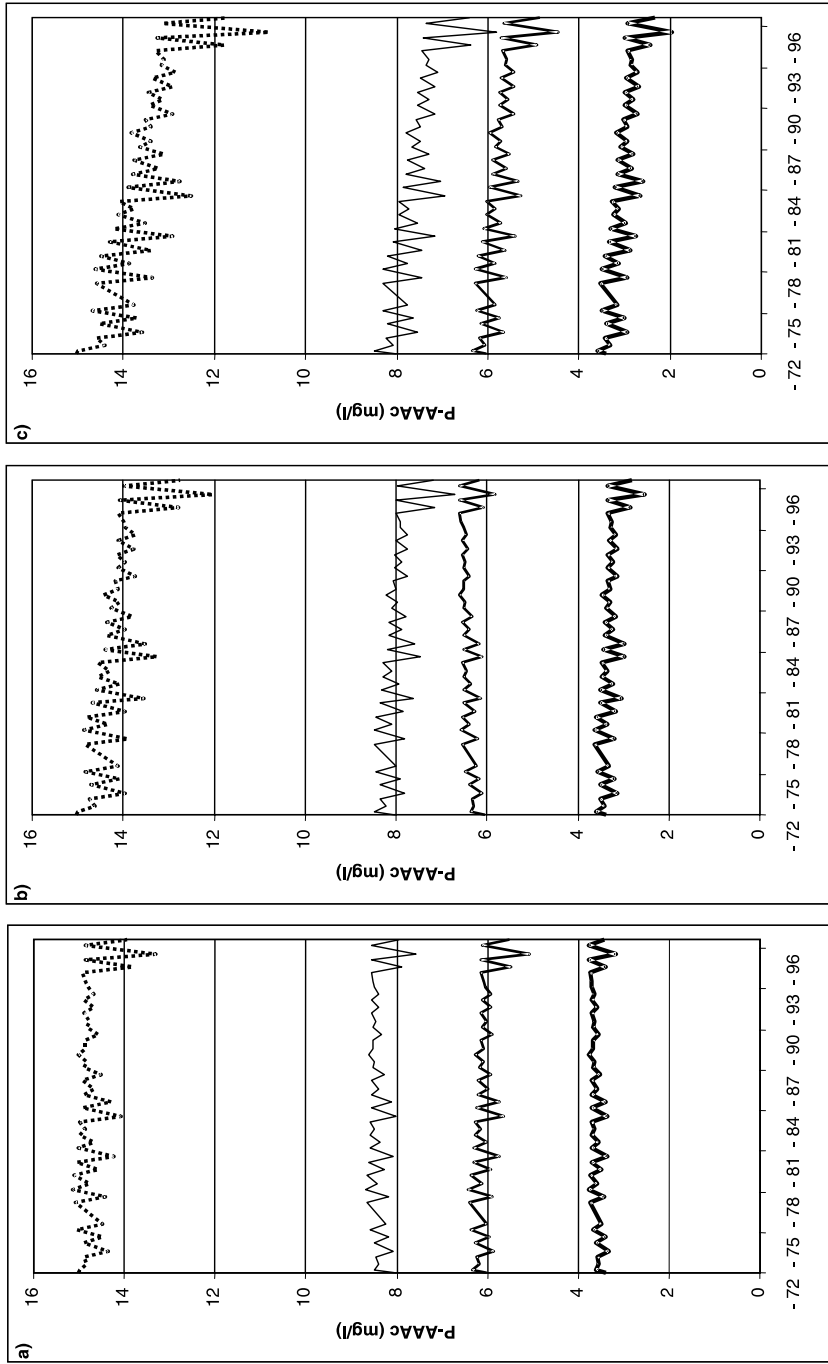
Satotasolla viisi tonnia hehtaarilta tarkennettu lannoitus on 21 kiloa fosforia hehtaarille. Sadon mukana poistuvan fosforin määrä on suurempi kuin alhaisemmalla satotasolla, joten "välttävässä" luokassa fosforiluku pysyy ennallaan savi- ja hiesumailla. Sen sijaan hietamailla on havaittavissa pientä fosforiluvun laskua.

Viljavuusluokassa "hyvä" tarkennetun tason mukainen lannoitus on matalampi.

Taulukko 8. Simuloidut ohrasadot ja sadon fosfori (kg/ha), 25 vuoden satojen keskiarvot, minimi ja maksimit.

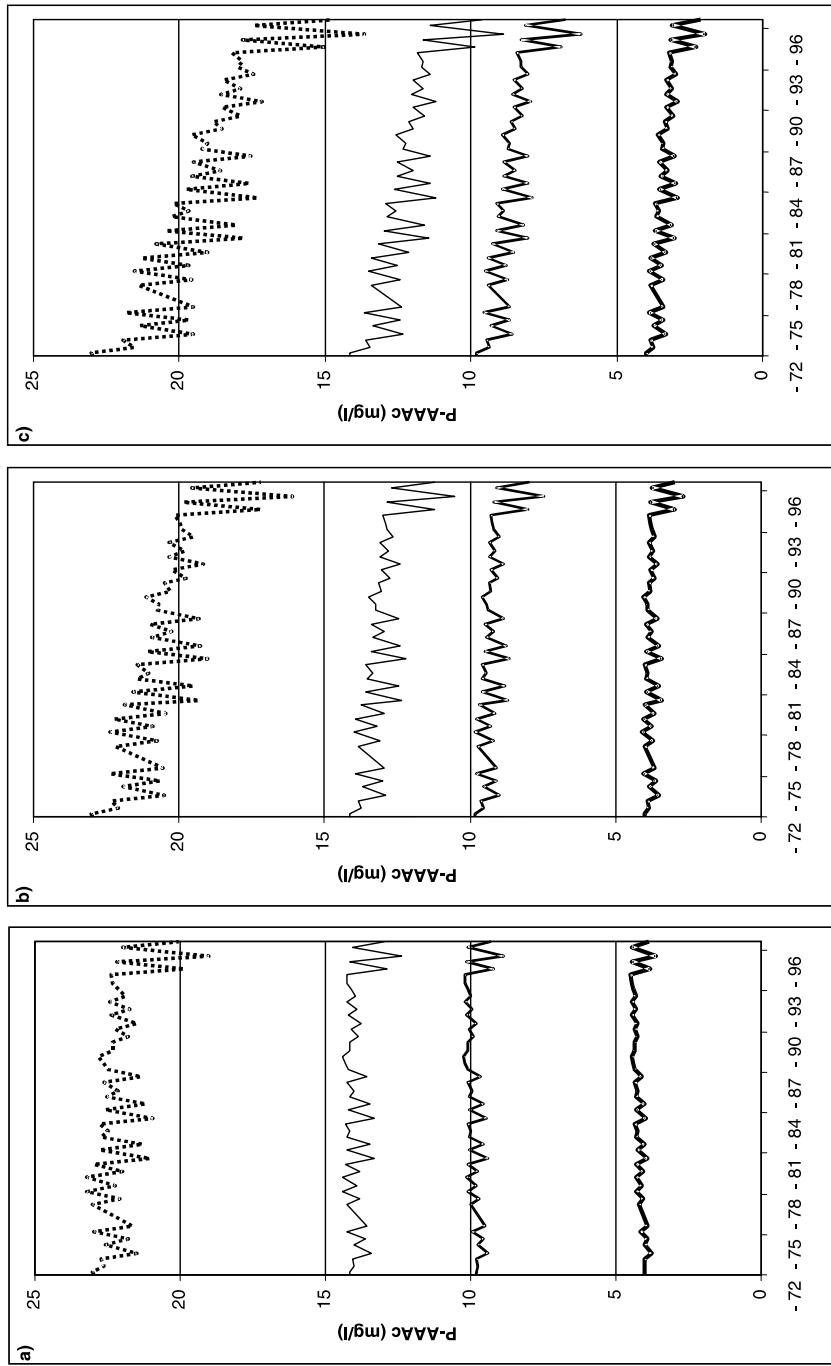
Table 8. Simulated barley yields and P yield (kg/ha), mean yields of 25 years, minima and maxima.

Ohrasato (sadon fosfori) <i>Barley yield (Yield P)</i>	Satotaso <i>Yield level</i> 3 t/ha	Satotaso <i>Yield level</i> 4 t/ha	Satotaso <i>Yield level</i> 5 t/ha
Keskiarvo <i>Mean, kg/ha</i>	3063 (10,2)	4084 (13,4)	5104 (16,8)
Minimi <i>Minimum, kg/ha</i>	1877 (6,1)	2502 (7,8)	3128 (9,8)
Maksimi <i>Maximum, kg/ha</i>	3741 (13,3)	4989 (17,7)	6236 (22,1)



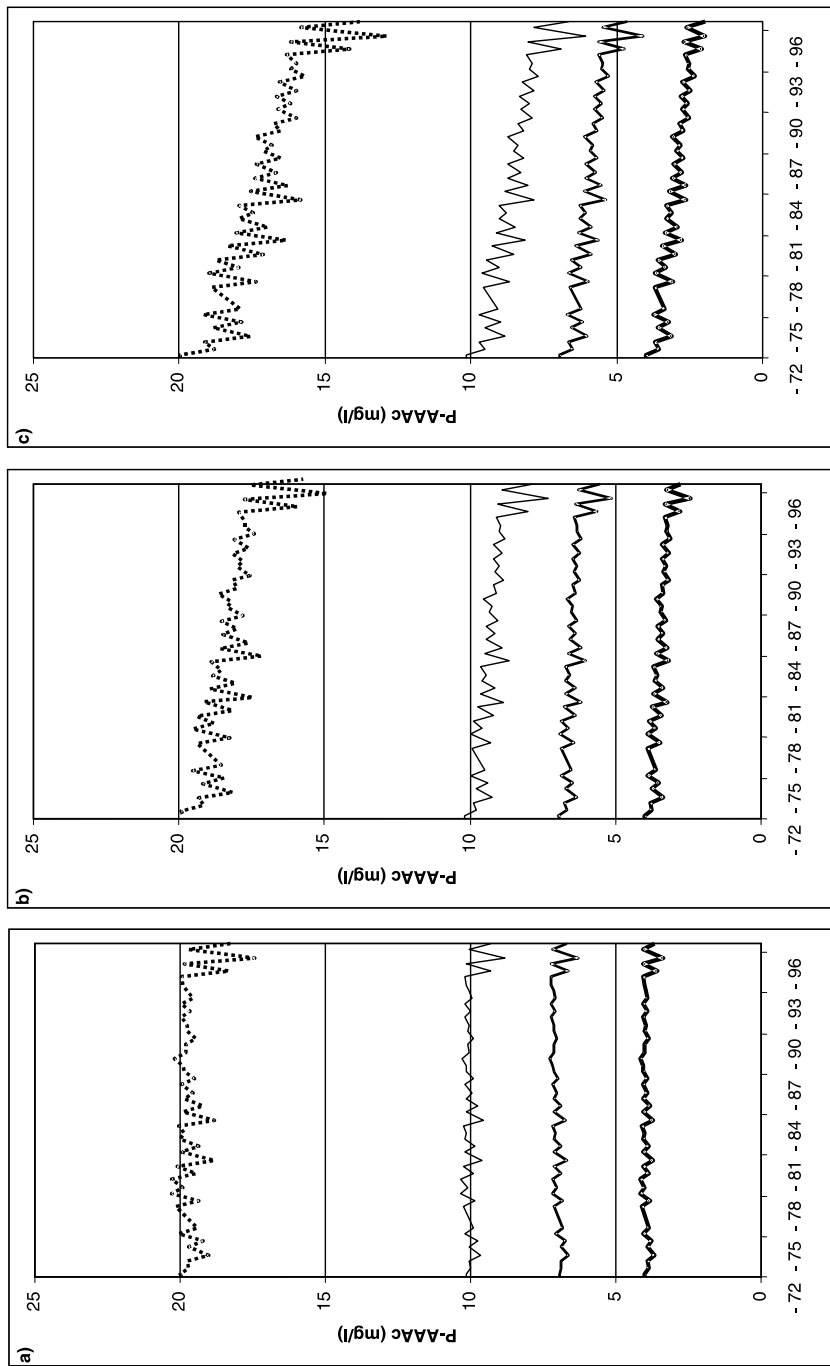
Kuva 13. Simuloitu maan fosforipitoisuuden (P-AAAc) kehitys ohranviljelyssä savimaalla neljällä maan fosforitasolla perustason mukaisella lannoituksella, eli 15 fosforikilolla hehtaarille, kolmella ohran satotasolla a) 3 t/ha, b) 4 t/ha ja c) 5 t/ha.

Figure 13. Simulated concentration of easily soluble phosphorus (P-AAAc) in soil at base level fertilization (15 P kg/ha) for three yield levels of barley a) 3 t/ha b) 4 t/ha c) 5 t/ha, in a clay soil at four initial soil P levels.

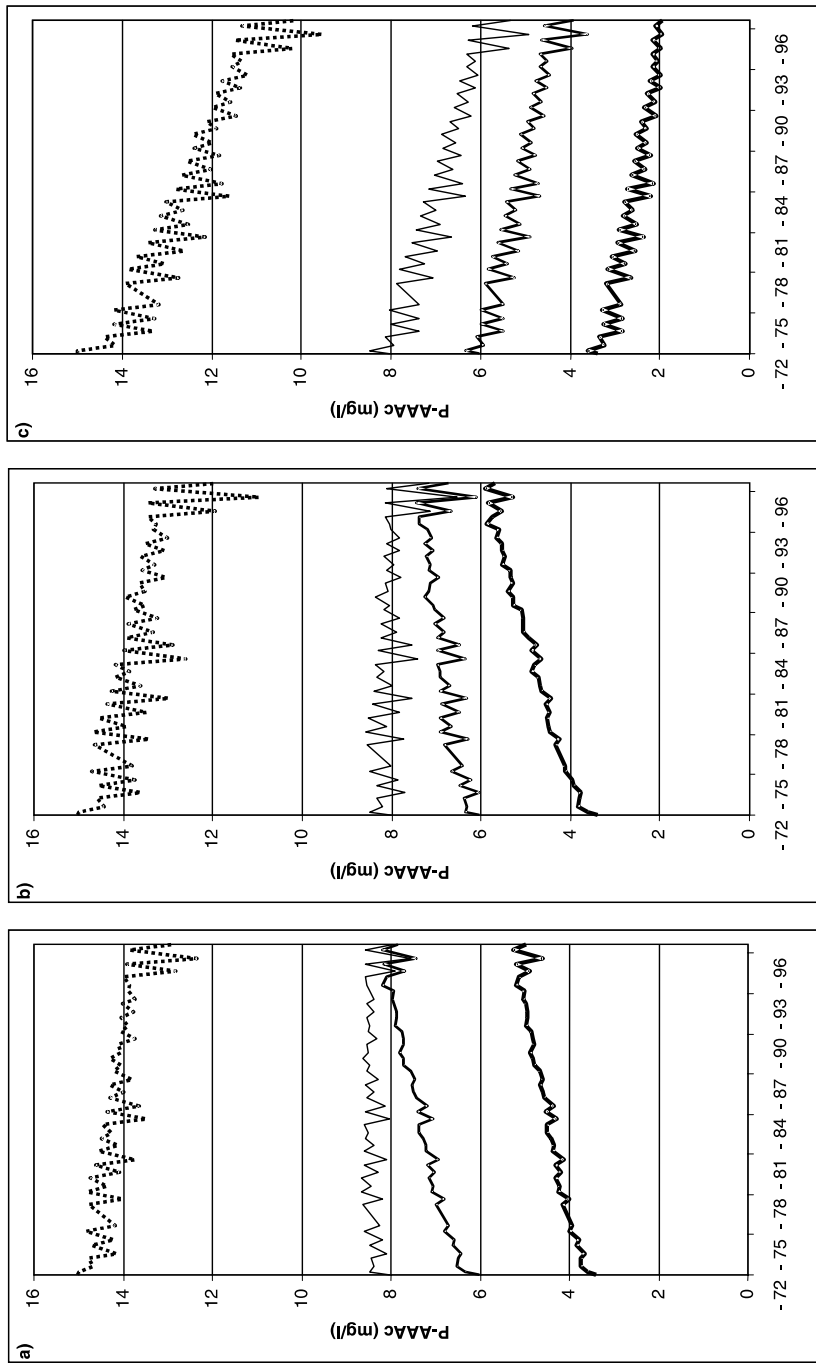


Kuva 14. Simuloitu maan fosforipitoisuuden (P-AAAc) kehitys ohranviljelyssä hiesumaalla neijälä maan fosforitasolla perustason mukaisella, eli 15 fosforikiolla hehtaarille, lannoituksella kolmella ohran satotasolla a) 3 t/ha, b) 4 t/ha ja c) 5 t/ha.

Figure 14. Simulated concentration of easily soluble phosphorus (P-AAAc) in soil at base level fertilization (15 P kg/ha) for three yield levels of barley a) 3 t/ha b) 4 t/ha c) 5 t/ha, in a silt loam soil at four initial soil P levels.

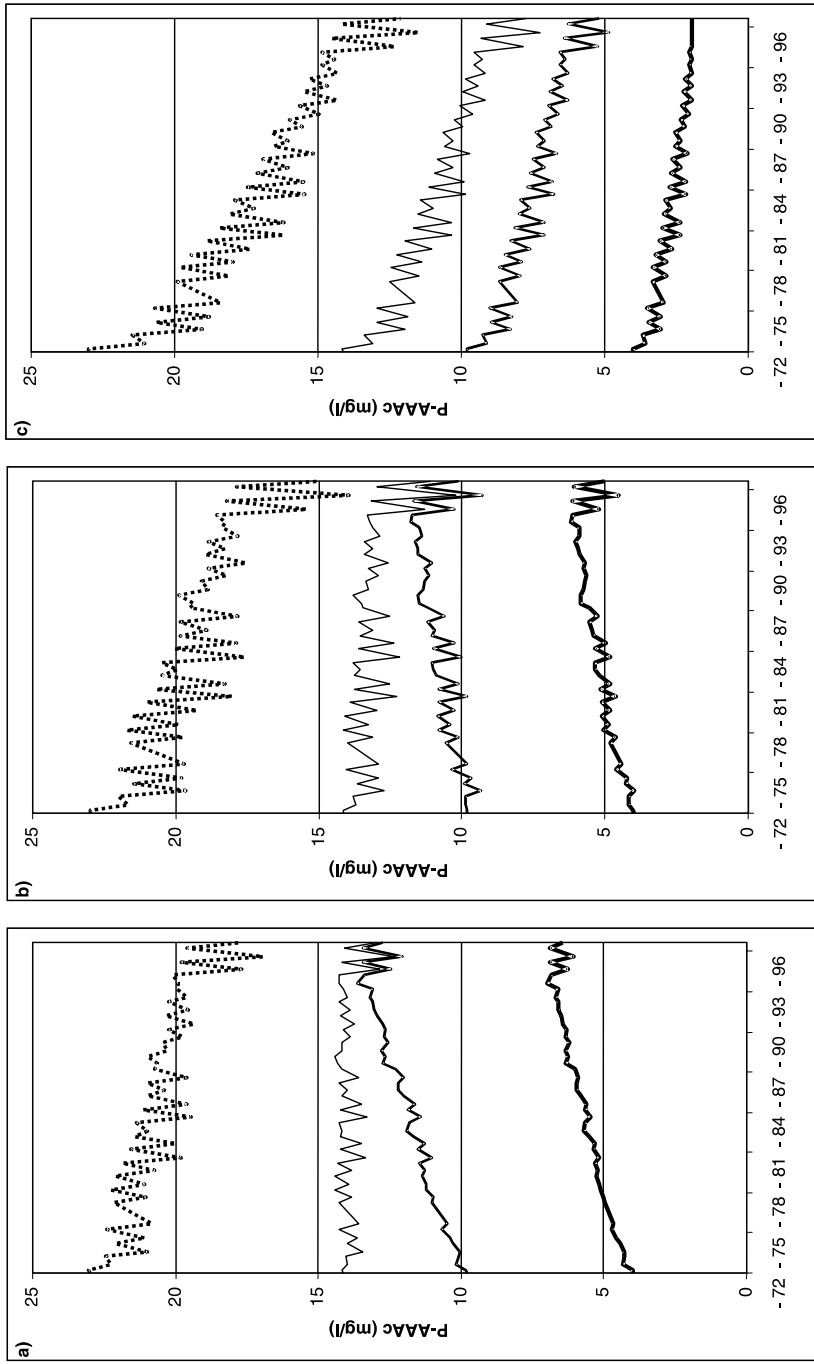


Kuva 15. Simuloitu maan fosforipitoisuuden (P-AAAc) kehitys ohranviljelyssä hietamaalla neijällä maan fosforitasolla perustason mukaisella, eli 15 kiloa fosforia hehtaarille, lannoituksella kolmella ohran satotasolla a) 3 t/ha, b) 4 t/ha ja c) 5 t/ha.
Figure 15. Simulated concentration of easily soluble phosphorus (P-AAAc) in soil at base level fertilization (15 P kg/ha) for three yield levels of barley a) 3 t/ha b) 4 t/ha, c) 5 t/ha, in a sandy loam soil at four initial soil P levels.



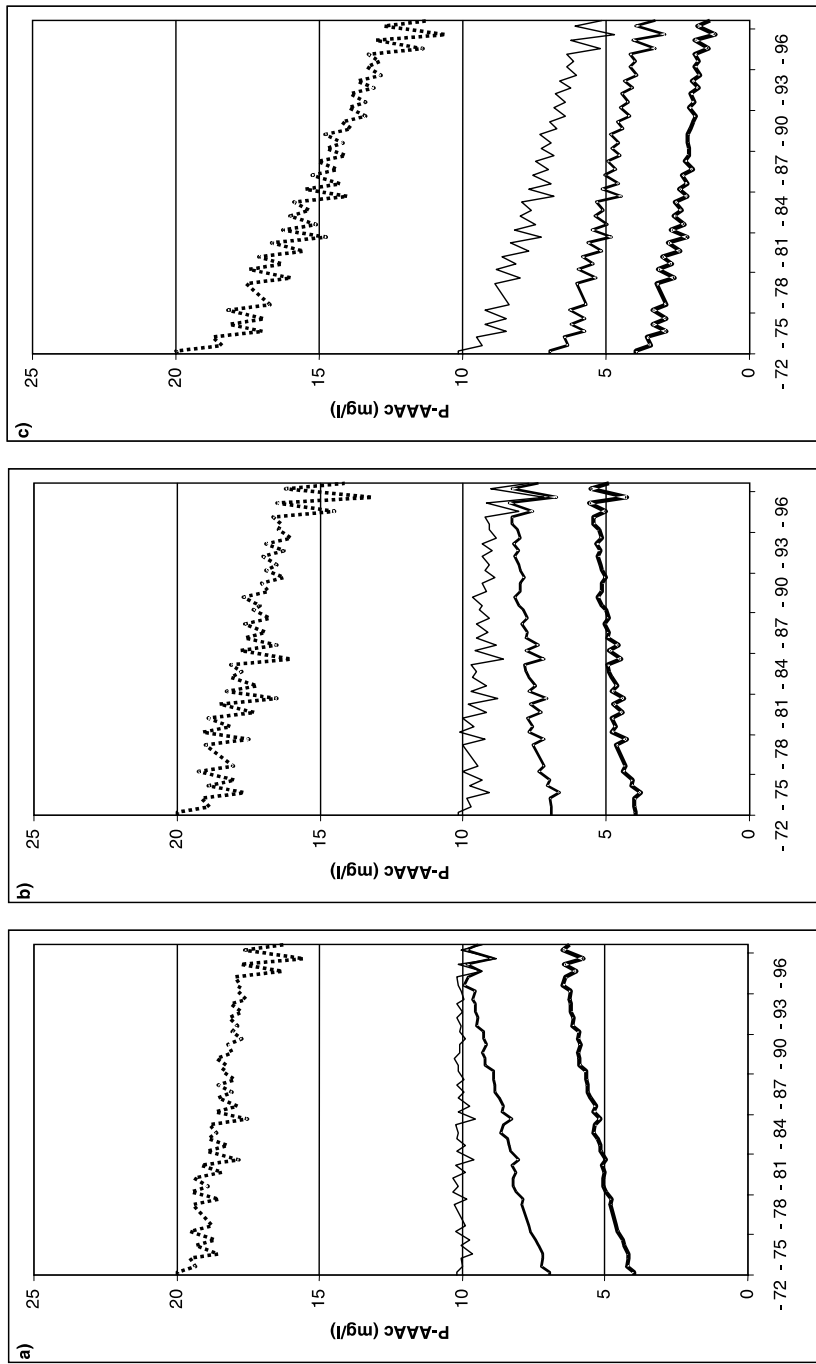
Kuva 16. Simuloitu maan fosforipitoisuuden (P-AAAc) kehitys ohranviljelyssä savimaalla neljällä maan fosforitasolla satotason ja maan fosforitilan mukaan tarkennetulla fosforilannoituksella a) satotasolla 3 t/ha, b) satotasolla 4 t/ha ja c) lannoittamattomalla maalla, jolla satotaso 4 t/ha.

Figure 16. Simulated concentration of easily soluble phosphorus (P-AAAc) in soil at phosphorus fertilization optimized for soil P status and yield levels a) 3 t/ha, b) 4 t/ha and c) unfertilized soil at four initial soil P levels.



Kuva 17. Simuloitu maan fosforipitoisuuden (P-AAAc) kehitys ohranviljelyssä hiesumaalla neljällä maan fosforitasolla satotason ja maan fosforitilan mukaan tarkennetulla fosforilannoituksella a) satotasolla 3 t/ha, b) satotasolla 5 t/ha ja c) lannoittamattomalla maalla, jolla satotaso 4 t/ha.

Figure 17. Simulated concentration of easily soluble phosphorus (P-AAAc) in soil at phosphorus fertilization optimized for soil P status and yield levels a) 3 t/ha, b) 5 t/ha and c) unfertilized soil at four initial soil P levels.



Kuva 18. Simuloitu maan fosforipitoisuuden (P-AAc) kehitys ohranviljelyssä hietamaalla neljällä maan fosforitasolla satotason ja maan fosforitilan mukaan tarkennetulla fosforilannoituksella a) satotasolla 3 t/ha b) satotasolla 5 t/ha sekä c) lannoittamaton maa, jolla satotaso 4 t/ha.

Figure 18. Simulated concentration of easily soluble phosphorus (P-AAc) in soil at phosphorus fertilization optimized for soil P status and yield levels a) 3 t/ha, b) 5 t/ha and c) unfertilized soil at four initial soil P levels.

Satotasolla kolme tonnia hehtaarilta tarkennettu lannoitustaso on kymmenen kiloa hehtaarille ja satotasolla viisi tonnia hehtaarilta lannoitustaso on 16 kiloa hehtaarille. Näillä lannoitusmäärillä maan fosforiluku laskee kaikissa simuloinneissa.

Kuvissa 14, 16 ja 18 esitetään myös maan fosforilukujen kehitys viljeltäessä kokonaan ilman fosforilannoitusta. Vaikka näin ei käytännössä tehdäkään, nämä simuloinnit vahvistavat mallin antavan varsin uskottavia ennusteita. Kyseisistä kuvista nähdään, että korkeammilla fosforin lähtötasoilla maan fosforiluku laskee melko nopeasti, mikä vastaa kokeellisen tutkimuksen tuloksia. Lisäksi simulointien mukaan hiesu- ja hietamailla maan fosforiluku laskee nopeammin kuin savimaalla, joilla maan fosforiluvun muutokset ovat tunnetusti hitaita.

Nurmi-ohrakierron simuloinnin tulokset (Kuva 19) ovat samansuuntaisia kuin pelkän ohran viljelyssä. ”Huononlaisessa” fosforitilassa olevan maan fosforiluku nousee ja ”hyvässä” fosforitilassa puolestaan laskee. Nämä tulokset ovat tosin epävarmempia kuin ohran tulokset, koska käytettävissä ei ollut kokeellista aineistoa simulointimallin muokkaamiseksi nurmikiertoja varten.

8 Tulosten tarkastelu

8.1 Maan helppoliukoisien fosforin pitoisuuden kehitys tilastoaineistojen perusteella

Viljavuuspalvelun ja muiden maa-analyytilaboratorioiden tulosten yhteenvedot ovat otantoja Suomen pelloista. Näistä aineistoista tehtävien päätelmien luotettavuutta vaikeuttaa se, että eri tarkastelujaksot koostuvat eri peltojen tuloksista. Lisäksi kaikki maatilat eivät ole olleet tähän saakka viljavuustutkimuksen piirissä. Tämä on ilmeisesti vaikuttanut siihen, että vuosina 1995–1998 analysoitujen näyttöjen fosforipitoisuudet ovat olleet selvästi korkeampia kuin aikaisempina vuosina. Näin siitä

huolimatta, että samaan aikaan fosforilannoitteiden myynti on vähentynyt tuntuvasti.

Näiden tulosten perusteella ei voida sanoa, mikä on maamme peltojen fosforipitoisuuden ”todellinen” keskiarvo tai jakauma. Jakaumat osoittavat kuitenkin yksiselitteisesti sen, että maassamme on edelleen melko paljon peltoja, joissa on niukasti helppoliukoista fosforia. Näiltä pelloilta saadaan myös sadonlisäyksiä fosforilannoituksella.

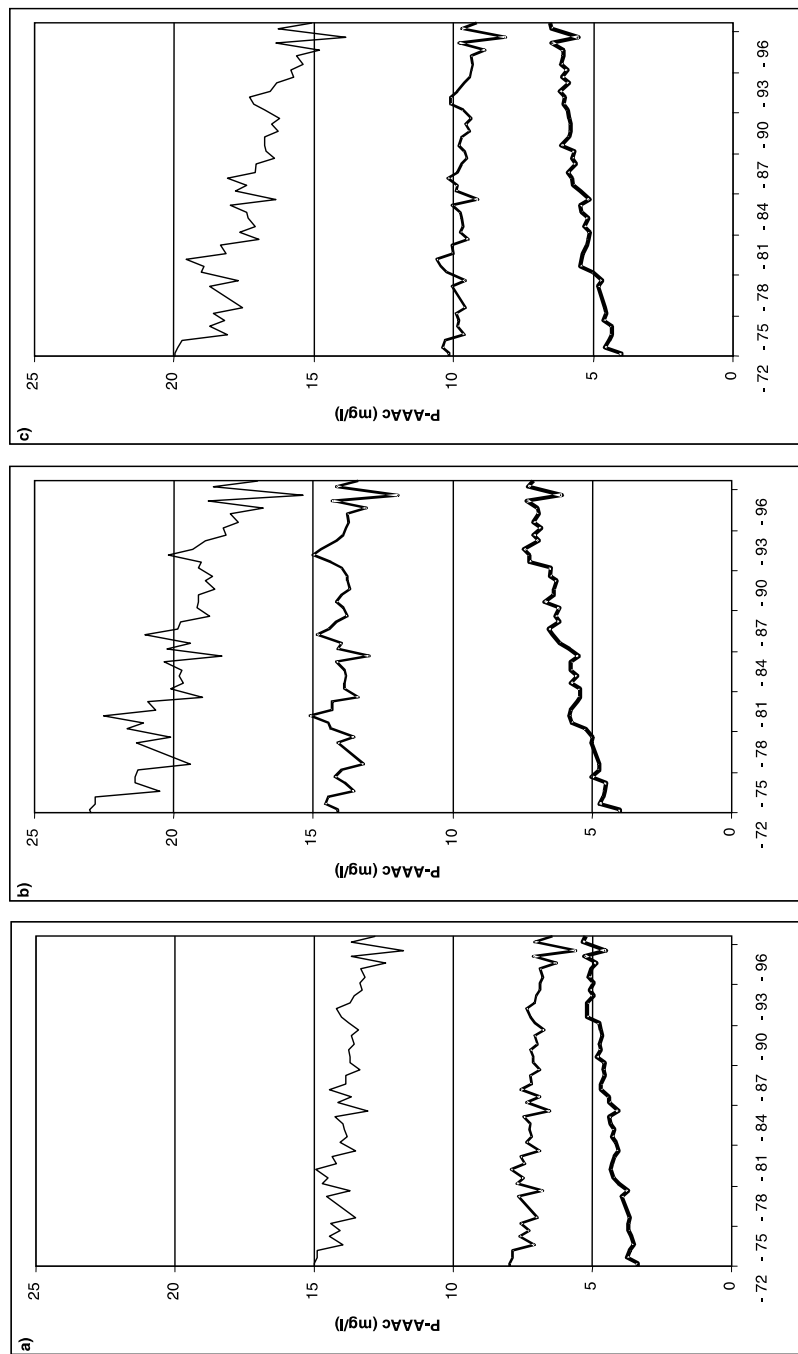
Oletettakoon, että vuosina 1991–1994 on ollut viljavuusanalyysin säännöllisesti teettäneitä ja sen tulosten perusteella lannoittaneita viljelijöitä. Näiden vuosien analyysitulokset viittaavat siihen, että lannoitussuosituksen aleneminen on painanut helppoliukoisien fosforin keskiarvoa alaspäin. Samaan viittaavat sokerijuurikastilojen analyysitulokset, jotka ovat keskimäärin alentuneet, kun juurikkaan lannoitussuositukset alenivat vuonna 1991.

Vaikka viljelijä teettäisi viljavuusanalyysin, hän ei välttämättä soveltaisi sitä käytäntöön. Grönroosin et al. (1998) tulokset tukevat päätelmää, että yksinkertaisimpia lannoitusvaihtoehtoja, eli Normaali Y-lannosta vanhasta tottumuksesta tai fosforilannoituksen perustasoa, kaavamaisesti noudattavat viljelijät lannoittavat usein niukasti. He ovat myös lannoittaneet lannoitteen koostumuksen muututtua aiempaa pienemmällä fosforimäärällä. Tämä on laskenut entisestään heikossa fosforitilassa olleiden maiden fosforitilaa.

8.2 Helppoliukoisien fosforin pitoisuuden kehitys kenttäkokeissa

Viljavuusanalyysin tuloksia ei ole kirjattu paikkatietokantaan, joten ne eivät kerro, miten maan fosforitila on muuttunut tietyillä pelloilla. Tätä lannoitusmäärän ja maan fosforitilan kehityksen välistä riippuvuutta onkin tarkasteltava systemaattisten kokeiden tulosten avulla.

Kenttäkoetulokset paljastavat melko



Kuva 19. Simuloitu maan fosforipitoisuuden (P-AAAac) kehitys a) savimaalla, b) hiesumaalla ja c) hietamaalla kolmella maan fosforitasolla. Kuuden vuoden mittainen viljelykierto on seuraava: suoja viljään kylvetty nurmi, kolme nurmivuotta, jolloin kaksi niittoa kasvu-
kauden aikana ja kaksi vuotta ohraa ennen uutta nurmea. Ohran satotaso on noin 4 t/ha ja nurmen 8–10 t/ha kasvukaudessa.

Figure 19. Simulated concentration of easily soluble phosphorus (P-AAAac) in soil with ley crop rotation (6 years): cereal with ley under-
sown, three years of ley with two cuts in a growing season and two years of ley before new ley. Yield level of barley about 4 t/ha and of
ley about 8–10 t/ha/growing season. The soils are a) clay, b) silt loam, c) sandy loam, at three initial soil P levels each.

selkeästi fosforilukujen kehityksen, kun on käytetty ympäristöohjelman mukaisia fosforilannoitusmääriä. Luokassa ”huononlainen” ja ”arveluttavan korkea” tosin oli vain kaksi koekenttää. Kokeessa näitä luokkia edustaneilta mailta saatiin kuitenkin tuloksia, jotka vastasivat muuta koeaineistoa. Oletettavasti nämä tulokset ovat ainakin jossain määrin yleistettävissä kyseisiin viljavuusluokkiin.

Koetuloksia ei ollut käytettävissä alunperin ”huonossa” tai ”korkeassa” fosforitilassa olleilta mailta. Voidaan kuitenkin olettaa, että ”korkeassa” fosforitilassa olevilla mailla tapahtuva kehitys sijoittuvat luokkien ”hyvä” ja ”arveluttavan korkea” välimaille.

Pitkäaikaiset fosforilannoituskokeet osoittavat, että viljojen, öljykasvien ja palkokasvien perustason mukaisella fosforilannoituksella, eli 15 kilolla fosforia hehtaarille, viljavuustutkimuksessa määritettävä maan fosforiluku kohoaa viljavuusluokassa ”huononlainen”, pysyy ennallaan tai heikkenee luokassa ”välttävä” ja heikkenee luokassa ”tyydyttävä” ja sitä korkeampia fosforilukuja edustavissa viljavuusluokissa.

Muutokset ovat alemmissa viljavuusluokissa hitaita, ja viljavuusluokan keskitasoa edustavat maat eivät edes vuosikymmenessä näytä siirtyvän tällä lannoituksella luokasta toiseen. Perustason mukaisella fosforilannoituksella kaikki maat näyttävät kuitenkin vähitellen ajautuvan viljavuusluokkien ”välttävä” ja ”tyydyttävä” rajamaille.

Tarkennetun tason mukainen ohran lannoitus satotasolla 4000 kiloa hehtaarilta kohottaa fosforilukua ”välttävässä” ja sitä heikommassa viljavuusluokissa hieman nopeammin. Luokissa ”tyydyttävä” ja ”hyvä” fosforiluvun lasku on hieman hitaampaa kuin perustason mukaisella lannoituksella. Näyttää kuitenkin siltä, että viljelyn jatkuessa samanlaisena useita vuosikymmeniä tälläkin fosforilannoitustasolla päädytään luokkien ”välttävä” ja ”tyydyttävä” rajamaille.

Kauralla ”hyvässä” ja ”tyydyttävässä” fosforitilassa olevien maiden fosforiluvut

laskevat nopeammin ”tyydyttävän” ja ”välttävän” luokan rajalle. Kuitenkin tukiehtojen mukaisen lannoituksen aiheuttama fosforiluvun nousu luokassa ”välttävä” osoittaa, että kauran tarkennetun tason mukaisella enimmäislannoituksellakin päädytään samaan tasapainotilaan kuin perustason mukaisella lannoituksella, joskin hitaammin.

Viljavuusluvun laskiessa ”tyydyttävästä” ”välttäväksi” nousee vuosittainen enimmäislannoitus 10 kiloa hehtaarilla. Tämän lannoituksen lisäyksen jälkeen maan fosforiluku kääntyy taas hitaaseen nousuun, ja saavuttaa mahdollisesti jo seuraavassa viljavuustutkimuksessa uudestaan luokan ”tyydyttävä”. Tämän jälkeen fosforilannoitus taas alenee ja fosforiluku laskee.

Luokassa ”välttävä” ja sitä heikommassa fosforitilassa olevilla mailla havaittu fosforiluvun hidas nousu ei merkitse sitä, että näissä luokissa sallittaisiin liian runsas fosforilannoitus. Näissä luokissa olevilla mailla fosforiluvun kohoaminen on paremminkin toivottavaa, koska se johtaa runsaampiin saottoihin. Heikohkossa fosforitilassa olevilta mailta huuhtoutuu lisäksi vain pienehkö määrä fosforia, joten fosforiluvun kohoaminen näillä mailla ei lisää mainittavasti vesistökuormitusta.

Luokassa ”hyvä” ja sitä suurempia fosforilukuja edustavissa luokissa fosforiluku laskee, sovellettiinpa perustason tai tarkennetun tason mukaista fosforilannoitusta. Varsinkin luokissa ”korkea” ja ”arveluttavan korkea” fosforilannoitus on kasvien kannalta tarpeetonta. Vaikka fosforiluku laskee näillä mailla perustasonkin mukaisella lannoituksella, fosforiluku laskisi ja siitä oletettavasti seuraisi liukoisen fosforin huuhtoutumisen nopeampi väheneminen tarkennetun tason mukaisella fosforilannoituksella. Näin siksi, että korkeimmissa luokissa ei suositella lainkaan fosforilannoitusta.

Viljavuusluokkien muutokset vastaavat aikaisempia tutkimuksia. Johnston ja Poulton (1992) totesivat, että viljeltäessä maata ilman fosforilannoitusta, maa-analyysissä määritettävän helppoliukoisen fosforin pitoisuus laskee hyvässä fosforitilassa olleilla

mailla paljon nopeammin kuin heikommissa fosforitilassa olleilla mailla. Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös Suomessa (Saarela 1986, 1989, Saarela et al. 1995, Yli-Halla 1996, 1998).

Ympäristötuen ehtojen sallima tarkennetun tason mukainen fosforilannoitus on sen verran niukka, ettei sen avulla pystytä nopeasti parantamaan heikossa fosforitilassa olevan maan fosforilukua.

Poikkeuksellisen tiukasti fosforia sitovilla mailla helppoliukoinen fosfori saattaa jopa vähentyä ympäristötuen ehtojen mukaisella fosforilannoituksella, varsinkin, jos käytetään perustason mukaista lannoitusta.

Jos pellon viljavuusluokan todetaan laskeneen kahden viljavuustutkimuksen välillä, voidaan fosforilannoitusta lisätä ympäristötukiehtojen puitteissa. Näin fosforilukujen lasku pysähtyy. Fosforilannoituksen vähenemisen vuoksi viljavuustutkimuksen uusiminen suositelluin väliajoin on siis entistäkin tärkeämpää.

Kasvien fosforinsaannin turvaaminen sellaisilla mailla, joissa on vähän fosforia, on keskeistä viimeistään uuden ympäristötukikauden loppupuolella. Näin varsinkin silloin, jos ennestäänkin niukasti fosforia sisältävien maiden niukka fosforilannoitus jatkuu. Tutkimuksen tulee löytää muutaman vuoden kuluessa ne keinot, joilla niukasti fosforia sisältäviä maita voidaan viljellä ilman merkittäviä sadonmenetyksiä. Samoin neuvonnan on pyrittävä edistämään tarpeenmukaista fosforilannoitusta. Odotettavissa onkin fosforin lannoitustarpeen kasvu, ei suinkaan lannoitustarpeen väheneminen (Saarela 1998).

Tässä tutkimuksessa ei tarkasteltu maantieteellisen sijainnin vaikutusta fosforilannoitustarpeeseen. On kuitenkin todettu (Saarela et al. 1995), että fosforilannoituksella saadaan Pohjois-Suomessa suuremmat sadonlisäykset kuin Etelä-Suomessa. Tämä havainto saattaa merkitä erilaisia lannoitus-suosituksia maan eri osiin.

8.3 Perustason tarpeellisuus?

Fosforilannoituksen perustason mukainen lannoitus vastaa lannoitustarvetta viljavuusluokassa ”tydyttävä”. Muissa viljavuusluokissa tämänsuuruinen lannoitus on joko tarpeettoman pieni tai tarpeettoman suuri. Siten perustaso ohjaa poikkeamaan tarpeenmukaisesta lannoituksesta. Perustaso vastaa Normaali Y-lannos -ajattelua, jossa peltoon levitetään tietty fosforimäärä ottamatta huomioon lannoitustarvetta.

Heikossa fosforitilassa olevilla mailla perustason mukainen lannoitus on niin niukka, ettei sillä pystytä parantamaan maan fosforitilaa, eikä se riitä tuottamaan täyttä satoa. Runsaasti helppoliukoista fosforia sisältävillä mailla tämänkin suuruinen fosforimäärä on kasvien kannalta tarpeeton.

Lannoituksen perustaso on tarpeen silloin, kun tilan pelloista ei ole voimassa olevan viljavuustutkimuksen tuloksia. Näin oli varsinkin päättyneen ympäristötukikauden, eli vuosien 1995–1999, alkupuolella. Nyt tiloilla on voimassaolevat viljavuustutkimukset, joten neuvonnan tulisi kannustaa niiden huomioon ottamiseen lannoituksessa.

8.4 Fosforilannoituksen hyväksikäyttöaste

Kalkitus parantaa monesti kasvien fosforinottoa maasta (Saarela & Sippola 1987, Saarela & Salo 1998). Kunnolla kalkitusta ja hyväkenteisistä maista kasvi saa riittävästi fosforia, vaikka fosforitaso olisi matala. Kalkitus parantaa kasvien fosforin saantia maasta, koska se vähentää liukoisesta alumiinimäärää maassa. Lisäksi kalkitus maassa kasvi kasvattaa runsaamman juuriston. Kalkitus siis pienentää fosforilannoituksen tarvetta.

Tutkimuksen pitäisi pystyä osoittamaan myös muita keinoja, joilla fosforilannoitusmäärä saataisiin aiempaa tehokkaammin kasvien käyttöön. Tällaisia keinoja voivat olla starttilannoitus, erilaiset lannoitteen sijoitusvaihtoehdot, syväkyntö ja monipuolinen viljelykierto.

8.5 Fosforilannoitus ja vesien fosforikuormitus

Maan fosforitila vaikuttaa maataloudesta vesiin joutuvan fosforikuormituksen suuruuteen. Fosforilannoituksen määrän merkitystä vesien fosforikuormitukselle ei kuitenkaan pidä yliarvioida. Pitkällä tähtäyksellä maan helppoliukoisen fosforin varat reagoivat fosforilannoituksen määrään.

Verrattaessa samalla tavalla viljeltyjä, maalajiltaan ja kaltevuudeltaan samanlaisia peltoja, voidaan melko luotettavasti väittää, että maan helppoliukoisen fosforin varojen kasvaessa valumaveteen liukenevan fosforin ja eroosioaineksesta vapautuvan, eli rehevöittävän, fosforin määrä kasvaa.

On kuitenkin todettu (Seppälä et al. 1996), että matalahkolla fosforitasolla, ja jopa kokonaan ilman fosforilannoitusta tapahtuva viljely ei vähennä edes seitsemässä vuodessa maa-aineksesta veteen liukenevan fosforin määrää sanottavasti. Viljelykasvien sadot saattavat kuitenkin kärsiä tällaisilla mailla niukasta fosforin saannista. Fosforilannoituksen vähentäminen voi laskea maan fosforilukuja runsaasti fosforia sisältävillä mailla.

Paljon julkisuutta on saanut viime aikoina englantilainen tutkimustulos (Heckrath et al. 1997), jonka mukaan fosforia alkaisi huuhtoutua merkittävästi, kun maan fosforiluku ylittäisi Olsenin menetelmällä (Kuo 1996) määritettynä 60 milligrammaa litrassa. Suomalaisena fosforilukuna tämä vastaa 15–20 milligrammaa litrassa (Siimes et al. 1998). Valtaosalla Suomen pelloista tulisi siis vain vähäistä fosforikuormitusta. Koska valtaosalla Suomen pelloista on melko niukasti helppoliukoista fosforia, on erittäin perusteltua huolehtia lannoituksella siitä, ettei niiden fosforitaso laske entisestään.

Lannoitustavalla on ratkaiseva merkitys pelloilta tulevan fosforikuormituksen suuruudelle. Nurmiin pintaan levitettävät väkilannoitteet ja karjanlanta aiheuttavat monesti runsaasta liuenneen fosforin huuhtoutumisesta (Turtola & Jaakkola 1995, Turtola & Kempainen 1998). Pintaan levitetty

fosfori sitoutuu muokkaamattomassa maassa yhden–kahden sentin paksuiseen pintakerrokseen, jonka helppoliukoisen fosforin pitoisuus kasvaa. Pintavaluntavesi voi huuhtoa tästä kerroksesta huomattavia määriä fosforia verrattuna siihen, että lannoitteet mullattaisiin maahan. Fosforipitoisten lannoitusaineiden multaaminen on nurmiviljelyssä käytännössä edelleen ratkaisematta, joten se edellyttää tutkimus- ja kehitystoimintaa.

Matala muokkaus ja lannoitteiden sekoittaminen ohueen pintakerrokseen johtaa niin ikään pintamaan fosforipitoisuuden kasvuun. Toimivalla salaojituksella on ratkaiseva merkitys pelloilta tulevan fosforikuormituksen määrälle. Hyvin toimiva salaojitus lisää salaojien kautta purkautuvien vesien määrää, ja samalla pintavalunta ja eroosio vähenevät (Turtola & Paajanen 1995).

Tarkoituksenmukaisesti sijoitetut suojavyöhykkeet vähentävät eroosiota, ja vesiin joutuvan fosforin määrää (Uusi-Kämpä et al. 2000), joskin näiden vyöhykkeiden kasveista voi vapautua syyshallojen jälkeen fosforia liuenneessa muodossa.

Karjatalouteen liittyy edelleen pistemäistä fosforikuormitusta lantaloista ja niiden ympäristöistä, ulkotarhoista ja laitumien ruokintapaikoilta. Näiden valumavesien pääsy suoraan pintavesiin on estettävä.

Maatalouden ympäristötukiohjelman säännökset on laadittava siten, että ne mahdollistavat koetuloksiin perustuvien, viljelykasvien tarpeen mukaisten fosforilannoitusmäärien käytön. Päättyneen ympäristötukiohjelman säännöstö on mahdollistanut tämän periaatteen noudattamisen edellyttäen, että myös peltojen kalkituksesta ja ojituksen toimivuudesta huolehditaan. Maataloudesta peräisin olevaa vesien fosforikuormitusta voidaan alentaa, kun fosforia käytetään viljavuustutkimuksen mukaisesti, toteutetaan muita ympäristöohjelman toimenpiteitä ja jatketaan maataloudessa olevien pistemäisten kuormituslähteiden kunnostamista.

8.6 Suositukset

1. Vaikka viljavuustutkimuksen ja sato-tason mukaan tarkennettujen tasojen mukaisissa lannoitusrajoissa ei tällä hetkellä ole suuria muutostarpeita, on tukikauden aikana ilmenevät lannoituskokeisiin perustuvat muutostarpeet voitava ottaa huomioon myös kesken tukikauden.
2. Perustason mukainen fosforilannoitus johtaa viljelykasvien tarvetta vähäisempään fosforinsaantiin niukasti fosforia sisältävissä maissa, ja tarpeettomaan fosforilannoitukseen runsaasti fosforia sisältävissä maissa. Koska kaikilla tiloilla on voimassaolevat viljavuustutkimukset, perustason käsitteestä voitaisiin fosforin osalta luopua ja siirtyä kokonaan viljavuustutkimukseen perustuvaan fosforilannoitukseen.
3. Karjanlannan fosforia tulee voida levittää neljän vuoden tarkastelujaksolla keskimäärin 15 kiloa hehtaarille vuodessa silloinkin, kun viljavuustutkimuksen ja satotason mukainen fosforilannoituksen enimmäismäärä on tätä pienempi.
4. Viljavuustutkimuksen tuloksiin perustuvan kalkituksen ottamista ympäristötuen piiriin suositellaan, koska kunnolla kalkitussa maassa fosforilannoitustarve on pienempi.
5. On kehitettävä uusia viljelytekniisiä keinoja, joilla lannoitefosforin hyväksikäyttöaste kasvaa.
6. Ympäristöohjelman mukaiset lannoituksen enimmäismäärät ovat melko pienet, eivätkä ilmeisesti aina riitä täyden sadon tuottamiseen. Seurannalla ja tutkimuksella on pystyttävä osoittamaan, milloin viljelykasvit eivät saa riittävästi fosforia, ja milloin tukiehtoja on tältä osin tarkistettava.

Kirjallisuus

Grönroos, J., Rekolainen, S., Palva, R., Granlund, K., Bärlund, J., Nikander, A. & Laine, Y. 1998. Maatalouden ympäristötuki. Toimenpiteiden toteutuminen ja vaikutukset v. 1995-1997. Suomen ympäristö 239. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. 77 p. ISBN 952-11-0331-0.

Heckrath, G., Brookes, P.C., Poulton, P.R. & Goulding, K.W.T. 1997. Phosphorus losses in drainage water from an arable silty clay loam soil. Phosphorus loss from soil to water. Oxon, U.K.: CAB International. p. 367-368. ISBN 0-85199-156-4.

Holma, M. 1981. Esitutkimus lannan hyväksikäytöstä. Helsinki: Suomen Itsenäisyyden Juhlavuoden 1967 Rahasto. 65 p. ISBN 951-563-014-2.

Huhta, H. 1989. Typen ja fosforin huuhtoutuminen turvemaan nurmesta ja viljapellosta. Koetoiminta ja käytäntö 46 (20.6.1989): 47.

Jansson, H. 1998. Maan helppoliukoinen fosfori valumavesien fosforipitoisuuden säätelijänä. Agro-Food'98, Tampere, 3.-5.2.1998. Agro-Food ry. p.

E54. ISBN 951-9485-12-0.

Johnston, A.E. & Poulton, P.R. 1992. The role of phosphorus in crop production and soil fertility: 150 years of field experiments at Rothamsted, United Kingdom. In: Proceedings of an International Workshop Phosphate Fertilizers and the Environment. International Fertilizer Development Center, Tampa, Florida, USA, 23.-27.3.1992. p. 45-63.

Kekäläinen, T. (ed) 1999. Lannoitteiden myynnin jakautuminen maaseutukeskusalueittain. Lannoitusvuosi 1997/98. Helsinki: Kemira Agro Oy. 9 p.

Kemppainen, E. 1986. Karjanlannan hoito ja käyttö Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 2/86. 102 p. ISSN 0359-7652

– 1989. Nutrient content and fertilizer value of livestock manure with special reference to cow manure. *Annales Agriculturae Fenniae* 28: 163-284.

Kinsel, W. (ed.) 1993. Groundwater Loading Effects of Agricultural Management Systems, version 2.1. UGA-CPES-BAED Publication 5. University of

Georgia, Tifton, USA. 257 p.

Korkman, J., Ijas, J., Pehkonen, A., Rekolainen, S., Valpasvuo-Jaatinen, P. & Tiilikkala, K. 1993. Hyvät viljelymenetelmät. Maaseudun ympäristöohjelman mukaiset viljelysuositukset. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 1993:7. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 31 p. ISSN 0781-6723.

Kuo, S. 1996. Extraction with buffered alkaline solutions. In: Sparks, D.L. (ed.). Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Series 5. Madison, WI, USA: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, p. 895–897.

Kurki, M. 1972. Suomen peltojen viljavuudesta II. Helsinki: Viljavuuspalvelu Oy. 182 p.

Lemola, R., Yli-Halla, M. & Huhta, H. 1998. Perunamaiden viljavuus ja sen kehittyminen. Tuotava Peruna 25 (3): 30–31.

Maatilahallitus. 1971. Maatalous. Maatalouden vuositilasto 1971. Suomen virallinen tilasto III:70. Helsinki: Valtion painatuskeskus. 60 p.

– 1972. Maatalous. Maatalouden vuositilasto 1972. Suomen virallinen tilasto III:71. Helsinki: Valtion painatuskeskus. 64 p.

– 1973. Maatalous. Maatalouden vuositilasto 1973. Suomen virallinen tilasto III:72. Helsinki: Valtion painatuskeskus. 68 p. ISBN 951-46-1770-3.

– 1974. Maatalous. Maatalouden vuositilasto 1974. Suomen virallinen tilasto III:73. Helsinki: Valtion painatuskeskus. 71 p. ISBN 951-46-2064-X.

– 1987. Maatilatilastollinen vuosikirja 1986. Suomen virallinen tilasto III: 83. Helsinki: Maatilahallitus. 287 p.

– 1990. Maatilatilastollinen vuosikirja 1989. Suomen virallinen tilasto. Maa- ja metsätalous 1990:6. Helsinki: Maatilahallitus. 256 p. ISSN 0786-2857.

MMM 1994. Ehdotus maatalouden ympäristöuikiohjelmaksi. Työryhmämuistio 1994:19. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 38 p.

MMM:n Tietopalvelukeskus. 1993. Maatilatilastollinen vuosikirja 1992/93. Suomen virallinen tilasto. Maa- ja metsätalous 1993:7. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 251 p. ISSN 0786-2857.

– 1998. Maatilatilastollinen vuosikirja 1998. Suomen virallinen tilasto. Maa- ja metsätalous 1998:5. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus. 266 p. ISSN 0786-2857.

Nissinen, O. 1991. Soklin fosforimalmin käyttökelpoisuus nurmen fosforilannoitteena. Koetoiminta ja käytäntö 48 (29.10.1991): 62.

Pelo, M. 1991. Suomen juurikaspeltojen viljavuus. Sokerijuurikkaan tutkimuskeskus, Perniö. Tiedote 2/1991. 28 p. ISSN 0783-5868.

Rekolainen, S., Kauppi, L. & Turtola, E. 1992. Maatalous ja vesien tila. MAVEROn loppuraportti. Luonnonvarainneuvosto. Maa- ja metsätalousministeriö. Luonnonvarajulkaisu 15. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. 61 p.

Saarela, I. 1986. Viljan, öljykasvin ja nurmen lannoitus. Koetoiminta ja käytäntö 43 (15.4.1986): 26.

– 1989. Fosforilannoitus tarpeen mukaan. Ylimäärä turhaa ympäristökuormitusta. Koetoiminta ja käytäntö 46: (28.2.1989): 12.

– 1991. Fosforilannoitus tarkemmaksi - happamuus, maalaji ja multavuus avuksi. Koetoiminta ja käytäntö 48 (29.10.1991): 63.

– 1992. Agronomic efficiency and environmental effects of large doses of phosphorus with establishment vs. annual topdressing in leys. In: Proceedings of the 14th General Meeting of the European Grassland Federation, Lahti, Finland, June 8-11, 1992. European Grassland Federation. XXVIII. p. 528–530. ISBN 951-45-6121-X.

– 1993. Fosforilannoituksen vaikutus maahan, satoon ja katetuottoon. Jälkivaikutus parantanut kannattavuutta 15-vuotisessa kokeessa. Koetoiminta ja käytäntö 50 (31.8.1993): 24.

– 1996. Selvitä fosfori- ja kaliumlannoituksen tarve. Koetoiminta ja käytäntö 53 (19.3.1996): 13.

– 1998. Problem soils in Finland require more phosphorus. Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien Tidskrift 135(7): 43–44.

– **& Elonen, P.** 1982. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977-1981. Maatalouden tutkimuskeskus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos. Tiedote N:o 16. 55 p. ISSN 0356-7710.

–, **Järvi, A., Hakkola, H. & Rinne, K.** 1995. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977-1994. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 16/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 94 p. ISSN 0359-7652.

–, **Köylijärvi, J., Järvi, A. & Vuorinen, M.** 1988. Perustettavan nurmen fosforilannoitus. Koetoiminta ja käytäntö 45 (26.5.1988): 36.

– **& Salo, Y.** 1998. Tehokalkituksella saven fosfori hyötykäyttöön. Koetoiminta ja käytäntö 4: 7.

- & **Sippola, J.** 1987. Kalkituksen vaikutus kasvien fosforin saantiin. Koetointia ja käytäntö 44 (10.11.1987): 52.
- Seppälä, T., Hartikainen, H. & Yli-Halla, M.** 1996. Pienentääkö fosforilannoituksen vähentäminen vesien kuormitusriskiä? In: Agro-Food ry. Tie turvalliseen ruokaan. Agro-Food'96, Tampere, 12.-14.11.1996. p. P3. ISBN 951-808-049-6.
- Sharpley, A., Daniel, T.C., Sims, J.T. & Pote, D.H.** 1996. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. *Journal of Soil and Water Conservation* 51: 160–166.
- , **Smith, S. J., Jones, O. R., Berg, W. A. & Coleman, G. A.** 1992. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. *Journal of Environmental Quality* 21: 30–35.
- Siimes, K., Tuhkanen, H., & Yli-Halla, M.** 1998. Simulation of the phosphorus cycle in soil by ICE-CREAM. In: Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water: an OECD sponsored workshop, Antrim, Northern Ireland, 16.-19.6.1998. Workshop paper abstracts & poster papers. p. 38–39.
- Sippola, J. & Saarela, I.** 1992. Suomen maalajien fosforinpidätysominaisuudet ja niiden merkitys vesien kuormituksen kannalta. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 359. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. p. 27–36.
- Timmons, D. R., Burwell, R. E. & Holt, R. F.** 1973. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff from agricultural land as influenced by placement of broadcast fertilizer. *Water Resource Research* 9: 658–667.
- Turtola, E. & Jaakkola, A.** 1995. Loss of phosphorus by surface runoff and leaching from a heavy clay soil under barley and grass ley in Finland. *Acta Agriculturae Scandinavica B* 45: 159–165.
- & **Kemppainen, E.** 1998. Nitrogen and phosphorus losses in surface runoff and drainage water after application of slurry and mineral fertilizer to perennial grass ley. *Agricultural and Food Science in Finland* 5–6: 569–581.
- & **Paajanen, A.** 1995. Influence of improved subsurface drainage on phosphorus losses and nitrogen leaching from a heavy clay soil. *Agricultural Water Management* 28(4): 295–310.
- & **Yli-Halla, M.** 1999. Fate of phosphorus applied in slurry and mineral fertilizer: accumulation in soil and release into surface runoff water. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 55(2): 165–174.
- Tähtinen, H.** 1979. Säilörehun typpi- ja kaliumlannoitus. Maatalouden tutkimuskeskus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos. Tiedote 9. Vantaa: Maatalouden tutkimuskeskus. 42 p.
- Uusi-Kämpä, J., Braskerud, B., Jansson, H., Syversen, N. & Uusitalo, R.** 2000. Buffer zones and constructed wetlands as filters for agricultural phosphorus. *Journal of Environmental Quality* 29: 151–158.
- Viljavuuspalvelu Oy. 1984. Viljavuustutkimuksen hyväksikäyttö. Helsinki: Viljavuuspalvelu Oy. 19 p.
- 1986. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Helsinki: Viljavuuspalvelu Oy. 63 p.
- 1992. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Mikkeli: Viljavuuspalvelu Oy. 64 p. ISBN 951-99861-7-0.
- 1998. Viljavuustutkimuksen tulkinta peltoviljelyssä. Mikkeli: Viljavuuspalvelu Oy 30 p. ISBN 951-97434-1-3.
- Virkajärvi, P. & Huhta, H.** 1993. Nurmen viljely polttoturvesoiden jättöalueilla. Timoteinurmen fosforilannoitus Tohmajärven Valkeasuolla. Maatalouden tutkimuskeskus. Tiedote 7/93. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 27 p. ISSN 0359-7652.
- Yli-Halla, M.** 1989. Effect of different rates of P fertilization on the yield and P status of the soil in two long-term field experiments. *Journal of Agricultural Science in Finland* 61: 361–370.
- 1996. Fosforilannoitus ja ympäristö. In: Tutkimusseminaari, Viljelymaiden fosforitalous, Jokioinen, 20.11.1996. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 18–20.
- 1998. Decrease of soil phosphorus by intensive plant uptake. In: 16th World congress of soil science, Montpellier, France, 20.-26.8.1998. Summaries p. 705.
- , **Hartikainen, H., Ekholm, P., Turtola, E., Puustinen, M. & Kallio, K.** 1995. Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 56: 53–62.

Lannoitussuosituksset, kg P/ha, vuodessa eri aikoina viljoilla, öljykasveilla, palkokasveilla, perunalla ja juurikkaalla.

Recommendations for P fertilization (kg/ha annually) for cereals, oil seed crops, leguminous crops, potato and beet in different years.

Kasvi ja ajankohta <i>Plant and year</i>	Huono <i>Poor</i>	Huonon- lainen <i>Rather poor</i>	Välttävä <i>Fair</i>	Tyydyttävä <i>Satisfac- tory</i>	Hyvä <i>Good</i>	Korkea <i>High</i>	Arvelut- tavan korkea <i>Exces- sive</i>
<i>Viljat, öljy- ja palkokasvit</i>							
<i>Cereals, oil seed and leguminous crops</i>							
1984	60	50	40	30	20	10	0
1986 *	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10	0-10	0
1991	50	40	30	20	15	5	0
1995 ruis, vehnä, öljy- ja palkokasvit <i>rye, wheat, oil and leguminous plants</i>	40	30	25	15	10	0	0
1995 ohra, <i>barley</i>	43	33	28	18	13	0	0
1995 kaura, <i>oats</i>	35	25	20	10	5	0	0
<i>Peruna</i>							
<i>Potato</i>							
1984	100	90	80	60	40	20	0
1986 **	160-180	135-150	110-120	85-95	60	30	0
1991	150	120	90	60	40	20	0
1995	75	75	75	55	35	20	0
<i>Juurikas</i>							
<i>Beet</i>							
1984	100	90	80	60	40	20	0
1986	160	135	110	85	60	30	0
1991	160	135	110	85	60	30	0
1995***	70-80	70-80	70-80	50-60	30-40	10-20	0

* = pienemmät määrät kauralle, *lower amounts for oats*

** = suuremmat määrät tärkkelysperunalle, pienemmät ruokaperunalle, *higher amounts for starch potato, lower amounts for food potato*

*** = suuremmat määrät: naatit korjataan pois, pienemmät määrät: naatit peltoon, *higher amounts when leaves have been taken away, lower amounts when leaves have been left on the field*

LIITE 2a
APPENDIX 2a

Lannoitusuositukset nurmille viljelykierron aikana.

Fertilization recommendations for leys during one cycle of crop rotation.

Lannoitusuositukset kerran kesässä korjattaville nurmille.

Fertilization recommendations for leys harvested once a year.

	Huono	Huonon- lainen	Välttävä	Tyydyttävä	Hyvä	Korkea	Arveluttavan korkea
	<i>Poor</i>	<i>Rather poor</i>	<i>Fair</i>	<i>Satisfactory</i>	<i>Good</i>	<i>High</i>	<i>Excessive</i>
1984							
Suojavilja	100	90	80	60	40	20	0
<i>Cereal</i>							
Nurmi 1-3	180	150	120	90	60	30	0
<i>Ley 1-3</i>							
Yhteensä	280	240	200	150	100	50	0
<i>Together</i>							
kg/ha/v, kg/ha/yr	70	60	50	38	25	13	0
1986							
Suojavilja	60	50	40	30	20	10	0
<i>Cereal</i>							
Nurmi 1-3	150	120	90	60	30	0	0
<i>Ley 1-3</i>							
Yhteensä	210	170	130	90	50	10	0
<i>Together</i>							
kg/ha/v, kg/ha/yr	53	43	33	23	13	3	0
1992							
Suojavilja	80	70	60	50	40	0	0
<i>Cereal</i>							
Nurmi 1-3	90	60	45	30	0	0	0
<i>Ley 1-3</i>							
Yhteensä	170	130	105	80	40	0	0
<i>Together</i>							
kg/ha/v, kg/ha/yr	43	33	26	20	10	0	0
1997							
Suojavilja	65	55	45	35	25	0	0
<i>Cereal</i>							
Nurmi 1-3	120	90	60	30	0	0	0
<i>Ley 1-3</i>							
Yhteensä	185	145	105	65	25	0	0
<i>Together</i>							
kg/ha/v, kg/ha/yr	46	36	26	16	6	0	0

Lannoitusuositukset nurmille: 2 niittoa säilörehua tai heinä + odelma tai laidun (nurmivuosina kaksi lannoitusta).

Fertilization recommendations for leys: 2 cuts silage or hey + new growth or pasture (two applications during the ley years).

	Huono <i>Poor</i>	Huonon- lainen <i>Rather poor</i>	Välttävä <i>Fair</i>	Tyydyttävä <i>Satisfactory</i>	Hyvä <i>Good</i>	Korkea <i>High</i>	Arveluttavan korkea <i>Excessive</i>
1986							
Suojavilja, <i>cereal</i>	60	50	40	30	20	10	0
Nurmi 1-3, <i>ley 1-3</i>	180	150	120	90	60	0	0
Yhteensä <i>Together</i>	240	200	160	120	80	10	0
kg/ha/v, <i>kg/ha/yr</i>	60	50	40	30	20	4	0
1992							
Suojavilja, <i>cereal</i>	80	70	60	50	40	0	0
Nurmi 1-3, <i>ley 1-3</i>	120	90	60	30	0	0	0
Yhteensä, <i>together</i>	200	160	120	80	40	0	0
kg/ha/v, <i>kg/ha/yr</i>	50	40	30	20	10	0	0
Laidun, <i>pasture</i>							
kg/ha/v, <i>kg/ha/yr</i>	170	130	90	50	40	0	0
	43	33	23	13	10	0	0
1997							
Suojavilja, <i>cereal</i>	65	55	45	35	25	0	0
Nurmi 1-3, <i>ley 1-3</i>	150	129	90	60	30	0	0
Yhteensä <i>Together</i>	215	175	135	95	55	0	0
kg/ha/v, <i>kg/ha/yr</i>	54	44	34	24	14	0	0
Laidun, <i>pasture</i>							
kg/ha/v, <i>kg/ha/yr</i>	185	145	105	65	25	0	0
	46	36	26	16	6	0	0

Lannoitussuositukset nurmille: 3 niittoa säilörehua tai heinä + odelma tai laidun (nurmivuosina kolme lannoitusta).

Fertilization recommendations for leys: 3 cuts silage or a hay + new growth or pasture (three annual applications during the ley years).

	Huono <i>Poor</i>	Huonon- lainen <i>Rather poor</i>	Välttävä <i>Fair</i>	Tyydyttävä <i>Satisfactory</i>	Hyvä <i>Good</i>	Korkea <i>High</i>	Arveluttavan korkea <i>Excessive</i>
1986							
Suojavilja <i>Cereal</i>	60	50	40	30	20	10	0
Nurmi 1-3 <i>Ley 1-3</i>	210	180	150	120	90	0	0
Yhteensä <i>Together</i>	270	230	190	150	110	10	0
kg/ha/v <i>kg/ha/yr</i>	68	58	48	38	28	4	0
1992							
Suojavilja <i>Cereal</i>	80	70	60	50	40	0	0
Nurmi 1-3 <i>Ley 1-3</i>	150	120	90	60	30	0	0
Yhteensä <i>Together</i>	230	190	150	110	70	0	0
kg/ha/v <i>kg/ha/yr</i>	58	48	38	28	19	0	0
Laidun <i>Pasture</i>	200	160	120	80	40	0	0
kg/ha/v <i>kg/ha/yr</i>	50	40	30	20	10	0	0
1997							
Suojavilja <i>Cereal</i>	65	55	45	35	25	0	0
Nurmi 1-3 <i>Ley 1-3</i>	150	120	90	60	30	0	0
Yhteensä <i>Together</i>	215	175	135	95	55	0	0
kg/ha/v <i>kg/ha/yr</i>	54	44	34	24	14	0	0
Laidun <i>Pasture</i>	185	145	105	65	25	0	0
kg/ha/v <i>kg/ha/year</i>	46	36	26	16	6	0	0

Lannoitustarpeen ja käytetyn lannan fosforimäärän laskemisessa käytettyjä taulukoita.
Tables to calculate the need of phosphorus fertilization and the amount of phosphorus in manure.

a. Viljavuuspalvelu Oy:ssä analysoitujen näytteiden prosentuaalinen jakauma eri maalajiryhmiin 5 %:n tarkkuudella viisivuotiskausina 1971–1998 (viimeinen vuosi toukokuuhun asti).

a. Percentage of soil analyses of different soil types performed by Viljavuuspalvelu Oy (Soil Analysis Service Ltd.) with an accuracy of 5% in 1971–1998 (the last year until May) with five year periods.

	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-98
Karkeat kivennäismaat <i>Coarse mineral soils</i>	45	50	50	50	55	62
Savi- ja hiesumaat <i>Clay and silt soils</i>	32	26	30	31	28	24
Eloperäiset maat <i>Organic soils</i>	23	24	20	19	17	14

b. Kotieläinten tuottama sonta- ja virtsamäärä (kg) vuodessa eläintä kohti (laskettu Holman, 1981, esittämien lukujen avulla).

b. Amount of manure and urine (kg/yr) produced by one animal, calculated from the data of Holma (1981).

	Sonta <i>Manure</i>	Virtsa <i>Urine</i>
Nautayksikkö <i>Ox unit</i>	10 000	4 500
Lihaskayksikkö <i>Meat pig unit</i>	800	2 000
Siipikarjayksikkö <i>Poultry unit</i>	50	
Hevonen <i>Horse</i>	10 000	4 500
Lammas <i>Sheep</i>	900	450
Turkiseläin <i>Fur bearing animal</i>	20	

c. Eri kotieläinten sonnan ja virtsan fosforipitoisuudet (kg/t tuoretta sontaa, Viljavuuspalvelu Oy 1998).

c. Phosphorus concentration of manure and urine of various livestock (kg/t fresh manure, Soil Analysis Service Ltd. 1998).

	Sonta <i>Manure</i>	Virtsa <i>Urine</i>
Nauta <i>Ox</i>	1,6	0,2
Sika <i>Pig</i>	3,0	0,3
Kana <i>Hen</i>	7,3	
Hevonen <i>Horse</i>	1,8	
Lammas <i>Sheep</i>	1,9	
Turkiseläin <i>Fur bearing animal</i>	30	

LIITE 3
APPENDIX 3

d. Kotieläinten määrät vuosittain 1971–1998. (Maatilahallitus 1971–1988, MMM:n Tietopalvelukeskus 1989–1998).

d. Livestock head per year 1971–1998. (National Board of Agriculture 1971–88, Information Centre of Ministry of Agriculture and Forestry 1989-98).

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Nauta	1171	1154	1134	1177	1128	1115	1084	1083	1064	1060	1058	1037	1008	997
<i>Ox*</i>														
Sika	976	924	1002	921	920	503	756	839	886	981	1000	1017	990	931
<i>Pig**</i>														
Kana	6837	7827	7884	7599	7462	7862	7525	7304	7378	7474	6907	6913	7609	7958
<i>Poultry***</i>														
Hevonen	73	60	48	44	38	33	29	25	22	33	20	20	20	19
<i>Horse</i>														
Lammas	175	155	145	146	124	111	105	106	113	106	103	104	104	110
<i>Sheep</i>														
Turkiseläin								3566	4457	4942	5958	6094	6911	6995
<i>Fur-bearing animal</i>														
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nauta	957	932	900	859	800	809	768	750	856	732	683	682	650	
<i>Ox*</i>														
Sika	878	886	917	879	896	818	782	748	724	781	619	632	869	
<i>Pig**</i>														
Kana	7469	7038	6791	6678	6338	6477	5442	5566	5547	5511	5657	5429	5946	
<i>Poultry***</i>														
Hevonen	17	17	18	16	16	25	25	25	25	23	26	24	26	
<i>Horse</i>														
Lammas	112	116	126	119	108	103	107	108	120	121	159	150	150	
<i>Sheep</i>														
Turkiseläin	6975	8153	7362	6543	6437	5157	3283	2597	2848	2881	3284	3748	4152	
<i>Fur-bearing animal</i>														

* Vasikoiden nautayksikkökerroin on 0,25 ja yli 1-vuotiaiden sonnien ja hiehojen 0,5
Ox unit coefficient of calves is 0.25 and that of bulls and heifers over 1 year old 0.5.

** Karjujen ja emakoiden porsaineen lihasikayksikkökerroin on 3
Meat pig unit coefficient of hogs and sows with piglets is 3.

*** Alle 6 kk ikäisten kanojen siipikarjayksikkökerroin on 0,5 ja broilerien 0,18
Poultry unit coefficient of hens under 6 months is 0.5 and that of broilers 0.18.

Maan liukoisen fosforin pitoisuuden (P mg/l maata) kehitys maaseutukeskuksittain ja maalajiryhmittäin vuosina 1971–1998.

Concentration of easily soluble phosphorus (P mg/l) by rural advisory centre and soil type group, 1971–1998.

Maaseutukeskus <i>Rural advisory centre</i>	Karkeat kivennäismaat <i>Coarse mineral soils</i>						Savimaat <i>Clay soils</i>						Eloperäiset maat <i>Organic soils</i>					
	71-75	76-80	81-85	86-90	91-94	95-98	71-75	76-80	81-85	86-90	91-94	95-98	71-75	76-80	81-85	86-90	91-94	95-98
Uusimaa	11,4	11,7	11,6	12,6	10,2	11,9	8,4	7,8	8,0	8,0	8,7	10,8	6,9	6,6	6,6	6,8	7,1	8,8
Nylands Sv. Lbs.	15,6	16,9	17,3	19,5	14,9	18,0	9,8	10,0	10,4	10,2	10,2	12,6	7,3	8,4	8,4	12,2	9,6	10,4
Varsinais-Suomi	18,4	20,3	20,5	22,1	15,5	20,0	12,6	13,4	13,5	13,7	13,3	15,4	9,1	8,3	9,7	9,9	9,5	10,9
Finska H. hållningss.	16,9	16,2	17,0	18,2	16,6	25,0	12,3	12,3	13,0	12,8	13,8	16,6	6,8	6,8	7,7	7,3	7,1	6,3
Satakunta	18,5	16,9	19,4	17,9	19,0	18,8	11,7	10,3	12,1	11,9	12,2	14,0	7,6	7,9	8,6	9,0	8,7	10,6
Pirkanmaa	11,3	10,9	10,7	12,0	11,7	11,6	9,5	9,2	9,6	9,5	9,9	10,0	5,9	8,9	7,0	6,7	6,5	6,9
Häme	14,5	15,9	14,1	15,5	13,0	13,9	8,2	7,9	8,3	8,9	8,8	11,4	7,8	7,8	8,3	8,4	8,9	9,4
Itä-Häme	10,4	11,1	11,9	12,2	11,7	13,6	9,1	9,3	9,8	10,2	9,8	12,0	7,0	7,8	8,7	7,9	7,1	10,0
Kymenlaakso	13,1	13,1	13,6	12,6	10,5	12,7	8,5	8,4	8,7	8,1	8,6	10,7	7,5	8,0	8,9	7,5	7,7	9,7
Etelä-Karjala				13,8	13,4	15,9					9,3	9,5	11,9			8,8	8,7	10,6
Mikkeli	10,5	10,9	12,5	12,4	12,2	14,0	8,4	7,8	9,9	9,2	8,7	12,5	9,7	10,2	11,1	10,8	10,8	13,3
Kuopio	9,5	10,2	11,1	11,5	10,3	13,1	7,1	7,1	8,1	8,0	7,4	10,2	6,6	7,0	8,7	8,0	7,4	10,1
Pohjois-Karjala	10,7	10,7	11,0	11,6	10,8	13,0	6,9	6,9	7,3	7,4	7,4	9,6	9,1	10,1	9,9	9,6	9,8	11,9
Keski-Suomi	9,5	9,7	10,5	10,9	10,4	12,3	8,1	8,0	9,2	9,5	9,0	11,3	6,8	7,2	8,0	7,6	7,7	9,7
Etelä-Pohjanmaa	11,1	12,8	13,0	14,1	13,5	15,8	9,0	10,0	11,4	10,8	11,5	14,6	7,1	7,8	8,2	8,6	8,6	10,7
Österbottens Sv. Lbs.	14,4	13,7	16,7	18,9	17,5	21,2	9,4	8,9	10,0	12,3	11,7	13,4	7,4	7,8	8,6	9,3	9,8	10,6
Keski-Pohjanmaa				16,8	16,0	20,2				8,5	9,2	10,8				10,8	11,0	13,8
Oulu	14,1	14,9	15,1	14,9	13,6	17,1	9,2	9,6	9,7	9,5	8,6	11,4	8,5	9,9	10,5	10,3	10,5	12,9
Kainuu	11,9	13,2	13,5	13,3	11,6	14,3	7,3	9,0	8,8	8,6	7,2	10,2	12,6	15,5	16,2	15,3	15,6	19,7
Lappi	15,9	17,3	18,9	19,3	15,0	19,8	7,0	8,3	9,0	8,5	7,5	10,8	12,1	14,9	14,1	14,3	15,1	19,6
Åland	27,4	30,5	30,6	30,3	32,2	19,2	18,3	18,8	21,8	19,3	22,1	12,1	15,3	12,2	14,5	20,1	12,9	9,8



31600 JOKIOINEN

	Julkaisun sarja ja numero MTT:n julkaisuja. Sarja A 77
	Julkaisuaika (kk ja vuosi) Maaliskuu 2001
Tekijä(t) Markku Yli-Halla, Arja Nykänen, Katri Siimes, ja Hanna-Riikka Tuhkanen	Tutkimushankkeen nimi
	Toimeksiantaja(t) MTT
Nimike Ympäristötuen ehdot ja maan heppoliukoisen fosforin pitoisuus	
Tiivistelmä Tässä raportissa tarkastellaan, miten vuosina 1995–1999 toteutettu maatalouden ympäristöohjelma ja sen ympäristötuen ehtojen mukainen fosforilannoitus vaikuttivat maan heppoliukoisen fosforin pitoisuuteen. Selvitys perustuu pitkäaikaisiin kenttäkokeisiin, maatalojen viljavuusanalyysiin ja simulaatiomallinnukseen. Väkilannoitteissa annetun fosforin määrä on vähentynyt Suomessa vuodesta 1990 lähtien lannoitussuosituksen alenemisen takia. Ympäristötuen ehtojen mukainen fosforilannoitus, jota tarkennetaan viljavuustutkimuksen tulosten ja satotason perusteella, turvaa kasvien riittävän fosforinsaannin. Samalla tulee kuitenkin huolehtia maan riittävästä kalkituksesta ja seurata maan fosforitilan kehitystä viljavuustutkimuksen avulla. Ympäristötuen ehtojen enimmäismäärän mukainen fosforilannoitus ei yleensä laske maan fosforilukua viljavuusasteikon heikommassa päässä. Sen sijaan viljavuusasteikon yläpäässä fosforiluvut laskevat, kun lannoitetaan ympäristötuen ehtojen mukaan. Valtaosalla pelloista on edelleen niukasti heppoliukoista fosforia. Fosforiluku oli ”korkea” tai ”arveluttavan korkea” noin 10 prosentissa näytteitä vuosina 1995–1998. Väkilannoitteissa ja karjanlannassa levitettiin vuosina 1997 ja 1998 pelloille fosforia keskimäärin saman verran kuin viljavuustutkimukset edellyttivät eli 21 kiloa hehtaarille. Viljojen fosforilannoituksen perustaso on 15 kiloa hehtaarille. Niukasti fosforia sisältävillä mailla tämä lannoitusmäärä ei riitä. Seurauksena on ainakin pitkällä aikavälillä satoonmenetyksiä. Runsaasti fosforia sisältävillä mailla mainittu fosforimäärä saattaa olla kasvien kannalta tarpeeton. Sen sijaan viljavuustutkimuksen mukainen lannoitus on viljelykasvien tarpeen mukaista.	
Avainsanat ympäristötuki, lannoitus, suositukset, fosfori, lanta, viljavuus, mallintaminen, mallit, ICECREAM-malli	
Toimintayksikkö MTT, Luonnonvarojen tutkimus, Luonnonvarat, 31600 Jokioinen	
ISSN 1239-0852 ISBN 951-729-574-X (Painettu) 1239-0844 951-729-602-9 (Verkkajulkaisu)	Saatavuus http://www.mtt.fi/asarja
Myynti MTT, Tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 2327 Telekopio (03) 4188 2339 Sähköposti julkaisut@mtt.fi	Sivuja 45 s. + 4 liitettä

Jyväskylän yliopistopaino 2001

ISBN 951-729-574-X (Painettu)
ISBN 951-729-602-9 (Verkkajulkaisu)
ISSN 1239-0852 (Painettu)
ISSN 1239-0844 (Verkkajulkaisu)

<http://www.mtt.fi/asarja>