

*M a a t a l o u d e n  
t u t k i m u s k e s k u k s e n  
j u l k a i s u j a*

S A R J A A

88

*Riitta Lemola, Hannu  
Ojanen, Asko Hannukkala,  
Katri Siimes  
ja Markku Yli-Halla*

**Siemen-, tärkkelys- ja  
lastuperunan viljelyn  
erityispiirteitä Suomessa**



*Riitta Lemola, Hannu Ojanen, Asko Hannukkala,  
Katri Siimes ja Markku Yli-Halla*

---

# **Siemen-, tärkkelys- ja lastuperunan viljelyn erityispiirteitä Suomessa**

**Features specific to production of seed, starch  
and chips potatoes in Finland**

---

**Maatalouden tutkimuskeskus**

ISBN 951-729-590-1

ISSN 1238-9935

*Copyright*

Maatalouden tutkimuskeskus  
Riitta Lemola, Hannu Ojanen, Asko Hannukkala  
Katri Siimes ja Markku Yli-Halla

*Julkaisija*

Maatalouden tutkimuskeskus, 31600 Jokioinen

*Jakelu ja myynti*

Maatalouden tutkimuskeskus, tietopalveluyksikkö, 31600 Jokioinen  
Puhelin (03) 4188 2327, telekopio (03) 4188 2339  
sähköposti [julkaisut@mtt.fi](mailto:julkaisut@mtt.fi)

*Painatus*

Jyväskylän yliopistopaino 2000

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

---

Lemola, R.<sup>1)</sup>, Ojanen, H.<sup>1)</sup>, Hannukkala, A.<sup>2)</sup>, Siimes, K.<sup>1)</sup> & Yli-Halla, M.<sup>1)</sup> 2000. Siemen-, tärkkelys- ja lastuperunan viljelyn erityispiirteitä Suomessa. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisu- ja Sarja A 88. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 42 p. + 7 app. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-590-1.

<sup>1)</sup> Maatalouden tutkimuskeskus, Luonnonvarojen tutkimus, Luonnonvarat, 31600 Jokioinen, riitta.lemola@mtt.fi, hannu.ojanen@mtt.fi, katri.siimes@vyh.fi, markku.yli-halla@mtt.fi

<sup>2)</sup> Maatalouden tutkimuskeskus, Kasvintuotannon tutkimus, Kasvinsuojelu, 31600 Jokioinen, asko.hannukkala@mtt.fi

---

## Tiivistelmä

---

*Avainsanat: peruna, siemenperuna, tärkkelysperuna, ruokaperuna, viljavuus, ravinnepitoisuus, viljelykierto, kasvinvuorotus, viljelymenetelmät, lannoitus*

---

Lohkokohtaisia tietoja viljelykierroista, viljavuusluvuista ja tuotantopanoksista kerättiin perunan sopimusviljelijöiltä yhteensä 795 ha:n alalta. Tietoa perunasadon ulkoisesta laadusta ja kasvitaudeista kerättiin tärkkelys- ja lastuperunatiloilta. Tärkkelysperunan tuottajat olivat Etelä-Satakunnasta ja Etelä-Hämeestä, siemenperunan tuottajat Pohjois-Pohjanmaalta ja lastuperunan tuottajat Kristiinankaupungin ympäristöstä. Tässä raportissa esitetään synteesi kerätyistä tiedosta ja luonnehditaan eri erikoistumisalojen ominaispiirteitä. Hanke sisältyy perunantuotannon tutkimusohjelmaan 1997–2000.

Intensiivinen perunanviljely on keskitynyt suppeille alueille, joilla pystytään harvoin noudattamaan monipuolista kasvinvuorotusta. Magnesiumlannoitus ja vähäinen kalkitus on johtanut maan ravinnesuhteiden kehittymiseen liian magnesiumvoittoiseksi siemen- ja lastuperunan keskeisillä viljelyalueilla, joilla maan kalsiumtila on yleisesti heikko, ja huoli perunan kalsiumin saannin riittäväydestä on aiheellinen. Tärk-

kelysperunaa viljellään usein samoilla lohkoilla kuin sokerijuurikasta, ja maata kalkitaan, eikä kalsiumin saannissa liene vajausta. Keskimääräinen tärkkelys- ja lastuperunan typpilannoitus oli lähellä mukulasadosa poistunutta määrää, mutta fosforia annettiin yleensä selvästi enemmän kuin mukulasadon mukana poistui.

Yleisin mukuloita vioittava tauti oli harmaahilse ja maltokaarivirusta esiintyi melko yleisesti. Tutkitut näytteet eivät sisältäneet hävitettäviä tai torjuttavia kasvitauteja. Lastuperunassa oli melko vähän mekaanisia vioituksia, mikä osoittaa, että perunaa pystytään käsittelemään hellävaraisesti.

Tuotannon kestävyuden arvioiminen indikaattorien avulla ja tuotteen elinkaaritutkimus edellyttävät tuotantoketjua koskevaa yksityiskohtaista tietoa indikaattoreiksi valituista ominaisuuksista. Tämän hankkeen aikana karttunut tieto on tietokantoihin järjestettynä tutkimusta tekevien tahojen käytettävissä, ja se hyödyttää myös lannoitussuosittelun tarkentamista.

---

Lemola, R.<sup>1)</sup>, Ojanen, H.<sup>1)</sup>, Hannukkala, A.<sup>2)</sup>, Siimes, K.<sup>1)</sup> & Yli-Halla, M.<sup>1)</sup> 2000. Features specific to production of seed, starch and chips potatoes in Finland. Publications of Agricultural Research Centre of Finland. Serie A 88. Jokioinen: Agricultural Research Centre of Finland. 42 p. + 7 app. ISSN 1238-9935, ISBN 951-729-590-1.

<sup>1)</sup> Agricultural Research Centre of Finland, Resource Management Research, Environmental Resources, FIN-31600 Jokioinen, Finland, riitta.lemola@mtt.fi, hannu.ojanen@mtt.fi, katri.siimes@vyh.fi, markku.yli-halla@mtt.fi

<sup>2)</sup> Agricultural Research Centre of Finland, Plant Production Research, Plant Protection, FIN-31600 Jokioinen, Finland, asko.hannukkala@mtt.fi

---

## Abstract

---

*Key words: seed potato, starch potato, chips potato, potato, crop rotation, soil testing, soil fertility, plant nutrients, fertilisation, plant diseases*

---

Information on crop rotations, nutrient contents of soil, fertilisation and plant protection was collected from farms specialised in the production of seed potato, chips potato and starch potato. The total area investigated was 795 ha. Starch and chips potatoes were also studied for mechanical damage and plant diseases. The producers of starch potato (15 farms) were in southern Satakunta and southern Häme, the seed potato producers (8) were in northern Ostrobothnia and the chips potato producers (11) in southern Ostrobothnia, around Kristiinankaupunki. This report, which characterises the different branches of specialised potato production and summarises the results, is part of the MTT Potato Production Research Programme 1997–2000.

Intensive potato production is concentrated in relatively small areas where varied crop production is seldom possible. The nutrient contents of the soil reflected the native soil properties but were also modified by fertilisation practices. Owing to the application of magnesium fertilisers and the scarcity or lack of liming the ratios of calcium to magnesium were too low in the main areas of seed and chips potato production. There, the calcium status of the soil tended to be poor and the low supply of this

nutrient to potato is an issue of concern. However, there is no lack of calcium in the starch potato production areas because it is commonly produced in rotation with sugar beet and these fields are limed. Due to the lowered fertilisation recommendations, the high contents of phosphorus in the starch potato fields are decreasing.

The average nitrogen fertilisation of starch and chips potatoes was nearly equal to the amount of nitrogen removed from the field in the crop but there was a surplus of phosphorus. Thanks to the Finnish Agri-Environmental Programme, phosphorus fertilisation has, however, decreased during the last few years.

The investigated potato lots contained neither ring rot nor wart. Some seed potato samples for starch production contained potato mop top virus, and due to the abundance of common scab and black scurf none of those seed lots met the minimum health requirements of certified seed. Necrotic arcs and rings caused by potato mop top or tobacco rattle viruses were frequently observed in chips potato tubers. Silver scurf was the most common tuber blemishing disease. The amount of mechanical damage in chips potato was relatively small, showing that it is possible to handle the tubers

carefully if the farmer and the buyer both aim for high tuber quality.

Assessment of the sustainability of potato production with different indicators and also life cycle assessment require detailed specific information on every stage of the production chain. This information

is often non-existent or not easily accessible. The information collected during this work has been arranged in databases and is available to all those who study the indicators of sustainability and do life cycle assessment work. The results will also help to adjust the fertilisation recommendations for potato.

# Alkusanat

Osa perunantuotannosta niin Suomessa kuin muissakin maissa on vahvasti keskittynyttä. Peruslähtökohta on viljelyyn sopeva maalaji, missä peruna viihtyy hyvin ja missä hoito- ja korjuutyöt voidaan tehdä sujuvasti vaadittaessa vaikeissakin sääoloissa. Myös hyvä perunan ulkoinen ja sisäinen laatu vaativat sopivan kevyen ja hienojakoisen kasvualustan.

Viljelyn alueellista keskittymistä on selkeästi vauhdittanut perunan teollinen prosessikäyttö. Tärkkelysperunan ja ruokateollisuusperunan viljely on keskittynyt tehtaiden ympärille ”traktoriajomatkan” sisälle, jotta runsaasti vettä sisältävän painavan raaka-aineen kuljetuskustannukset jäisivät mahdollisimman pieniksi. Siemenperunatuotannossa viljelyyn sopivien maiden ohessa keskittymistä Pohjois-Pohjanmaalle on lisännyt alueelle myönnetty erityisasema siemenperuna-alueena. Ruokaperunan viljely on hajautuneempaa, mutta siinäkin on painopiste Pohjanmaalla ja joitakin kyläkohtaisia keskittymiä on osoitettavissa. Ruokaperunan ja myös siemenperunan viljely voisi olla nykyistä hajautetumpaa viljelykustannusten merkittävästi kohoamatta.

Perunanviljelymme nykyinen laajuus, noin 35 000 hehtaaria, on vain vajaa kaksi prosenttia viljellystä peltopinta-alastamme. Paikallisesti joidenkin kuntien alueella lähinnä Pohjanmaalla perunalla on kuitenkin suuri osuus viljelyalasta. Viljely on voimaperäistä ja sitä harjoitetaan keveillä, ravinnetilaltaan ja -tasapainoltaan herkästi häiriytyvillä mailla. Koska näiden maiden pidätyskyky on keskimääräistä huonompi, ravinteita ja torjunta-aineita saattaa lyhytkiertoisessa tai jopa monokulttuurissa lähentelevässä viljelyssä huuhtoutua pohjavesiin. Lisääntyvät ympäristörajoitukset tulevatkin erityisen laajasti ja mahdollisesti tuotantoa hankaloittavasti koskemaan keveillä mailla pohjavesialueilla tapahtuvaa perunantuotantoa. Myös maan biologinen tila häiriytyy yksipuolisessa viljelyssä ja mm. kasvitautilien aiheuttajat lisääntyvät, mistä on seurauksena perunan sadon heikentynyt laatu. Suomalaisen ranskanperunaraaka-aineen heikkoutena on tullut esiin erityisesti perunan alhainen kalsiumpitoisuus. Tämäkin tutkimus nostaa osittain esiin maan kalsiumvarojen huolestuttavan alhaisuuden. Mukuloiden sisäisen laadun heikkenemisen ohella kalsiumin vajaus lisännee mukuloiden alttiutta tietyille kasvitaukeille.

Tuotannon kestävyys osoittaminen tulee olemaan jo lähivuosina teollisuustuotteille tärkeä kriteeri - ei pelkästään enää imagokysymys. Viljelijälle konkreettisesti tärkeät maaperä-, viljely- ja tilatiedot ovat tässä laatuketjussa teollisuuden tuotteilleen ja tuotannolleen kaipaamaa taustatukea. Dokumentoituina ja systemaattisesti analysoituina ja käytettyinä lohkokohtaisten tietojen avulla voidaan varmentaa tuotannon kestävyttä tilalla sekä osaltaan varmentaa alueellistakin ympäristön kestävyttä. Suorimmin lohkokohtainen tieto kuitenkin palvelee viljelijää. Sen avulla voidaan suunnitella viljelyn panokset tarkasti ja tarkoituksenmukaisesti kustannukset minimoiden niin, että sadon taso ja laatu pysyvät kuitenkin korkeana.

Tieto koostuu murusista, joita kuitenkin voidaan paikkatietojärjestelmän avulla koota ja yhdistellä selvästi aikaisempaa parem-

min. Tämänkin otannaltaan suppeahkon tutkimuksen tuloksena voidaan nähdä suuntia ja tehdä päätelmiä. Päätöksentekoon tämä tieto ei vielä riitä, mutta se on käytettävissä osana laajempia tietotarpeita.

Työryhmä kiittää kaikkia tähän tutkimukseen osallistuneita viljelijöitä yhteistyöstä. Ilman viljelijöiden myönteistä suhtautumista tämän hankkeen toteuttaminen olisi ollut mahdotonta. Kiitämme lämpimästi myös johtaja Erkko Pietarista ja tuotantopäällikkö Pertti Juolaa Siemenperunakeskuksesta, agronomi Ossi Paakkia, viljelypäällikkö Ensio Ala-Tuoria ja viljelyneuvoja Juha Heiskaa Raisio Yhtymästä sekä tehdaspäällikkö Stefan Skullbackaa ja viljelyneuvoja Peter Klåvusia Oy Estrella Ab:sta sopimusviljelyyn liittyvistä taustatiedoista, käyttöön saamistamme tuloksista ja avusta tutkimukseen mukaan pyydettyjen tilojen valinnassa.

*Aarne Kurppa*

Perunantutkimusohjelman (1997–2000) johtaja



# Sisällys

Tiivistelmä . . . . .	3
Abstract . . . . .	4
Alkusanat . . . . .	5
1 Johdanto . . . . .	9
2 Aineisto ja menetelmät . . . . .	10
2.1 Viljelykierrat, lannoitus ja maan viljavuus . . . . .	11
2.2 Perunan ulkoinen laatu ja kasvitaudit . . . . .	11
2.3 Maan fosforitilan muutokset ja fosforikuormitus . . . . .	13
3 Viljelykierrat, lannoitus ja maan viljavuus . . . . .	15
3.1 Viljelykiertojen yleispiirteet . . . . .	15
3.2 Perunan lannoitus tila-aineiston pohjalta . . . . .	16
3.2.1 Lastuperuna . . . . .	16
3.2.2 Tärkkelysperuna . . . . .	16
3.3 Perunan ravinnetase . . . . .	18
3.4 Maan ravinnepitoisuuksien kehittyminen . . . . .	19
3.4.1 Lastuperuna . . . . .	19
3.4.2 Siemenperuna . . . . .	21
3.4.3 Tärkkelysperuna . . . . .	23
3.5 Maan viljavuusluvut eri viljelykiirroissa . . . . .	25
3.5.1 Lastuperuna . . . . .	25
3.5.2 Siemenperuna . . . . .	26
3.5.3 Tärkkelysperuna . . . . .	27
3.5.3.1 Lohkokohtainen tarkastelu . . . . .	28
3.6 Tulosten tarkastelu . . . . .	29
4 Mukulasadon ulkoinen laatu ja kasvitaudit . . . . .	31
5 Maan fosforitilan muutokset ja fosforikuormitus . . . . .	33
5.1 Mallin parametrisointi . . . . .	33
5.2 Simuloitu perunasato, eroosio ja fosforikuormitus . . . . .	34
5.3 Tulosten tarkastelu . . . . .	37
6 Yhteenvedo . . . . .	39
Kirjallisuus . . . . .	40
Liitteet	



# 1 Johdanto

Suomessa viljellään perunaa yli 30 000 hehtaarin alalla. Yli puolet perunasta menee ihmismravinnoksi. Perunatärkkelys, jonka tuotantoala on hieman alle 10 000 hehtaaria, menee pääosin paperiteollisuuden tarpeisiin. Siemenperunan sopimustuotantoa on muutaman sadan hehtaarin alalla, mutta sopimustuotannon ulkopuolella siemeneksi menee yli 10 % kokonaissadosta. Intensiivinen perunanviljely on keskittynyt melko suppeille alueille Suomessa, koska perunan tehokkaaseen viljelyyn soveltuvia maita on rajoitetusti ja perunan kuljetus ja varastointi on kallista. Keskittymien ulkopuolelle jää ainoastaan kotipuutarha- ja luomuperunan viljely.

Nykyaikaisessa perunantuotannossa pyritään käyttötarkoituksen mukaiseen sadon laatuun. Eri tuotantomuodot asettavat viljelijöille erilaisia vaatimuksia, jotka koskevat käytettäviä lajikkeita, lannoitusta, viljelytekniikkaa ja muuta teknologiaa. Siemenperunan keskeisin laatutekijä on terveys. Siemenkauppalaki (223/93), maa- ja metsätalousministeriön päätökset 24/94 ja 28/95 (MMM 1994, MMM 1995a), sekä Kasvintuotannon tarkastuskeskuksen ohje tarkastetun siemenperunan tuottamiseksi (8.6. 1998) määräävät siemenperunan laatuvaatimukset. Ankarimmat rajoitukset koskevat rengasmätää, perunasyöpää, peruna-ankeroisia ja maltokaarivirusta. Näiden kasvintuhoojien löytyminen viljelyksiltä rajoittaa merkittävästi perunan tuotantomahdollisuuksia. Kestävän perunantuotannon perusedellytys on lakisääteisesti rajoitettujen kasvintuhoojien pitäminen poissa perunaviljelyksiltä. Tuotannon turvaamiseksi onkin tuotettu lohkokohtaista tietoa perunalle vaarallisten kasvintuhoojien (rengasmätä, peruna-ankeroinen, maltokaarivirus) esiintymisestä (Raisio 1995, Raisio & Tiilikkala 1994), minkä tavoitteena oli paikallistaa korkealaatuisen perunantuotannon parhaat alueet ja alueelliset riskikeskitymät ja kasvintuhoojien leviämispesäkkeet.

Kuluttajat vaativat enenevässä määrin tietoja elintarviketeollisuuden tuotteiden alkuperästä ja tuotantomenetelmistä niin alkutuotanto- kuin jalostusvaiheessakin. He ovat kiinnostuneita erityisesti perunasta ja vihanneksista, koska niitä kulutetaan paljon, niitä käytetään ravinnoksi päivittäin ja niitä tuotetaan usein intensiivisesti. Ruokaperunan laatua säätelee Suomessa ruokaperuna-asetus. Kuluttajille myytävän ruokaperunan laadusta on tehty Suomessa 1990-luvulla selvityksiä Kotimaiset Kasvikset ry:n toimesta (Hannukkala et al. 1995, Rautio 1997). Lisäksi ruokaperunateollisuus ja suurkeittiöt asettavat raaka-aineilleen omia erityisvaatimuksiaan. Perunaa elintarvikkeiden raaka-aineena käyttävä teollisuus valvoo tarkkaan sisään ostettavan perunan laatua, mutta yhteenvetoja tarkkailun tuloksista ei ole julkaistu.

Paperiteollisuudessa, jossa perunatärkkelystä pääosin käytetään, on viime vuosina kiinnitetty runsaasti huomiota prosessissa käytettävien raaka-aineiden – myös tärkkelyksen – alkuperään. Verrattuna muihin ammattimaisen perunantuotannon aloihin tärkkelysperunan tuotannossa sadon ulkoisella laadulla ei ole suurta merkitystä, ja varastointikestävyydelle asetettavat vaatimuksetkin ovat vähäisemmät kuin elintarvikikäyttöön tuotetulla perunalla.

Ympäristöön kohdistuvaa riskiä aiheuttavat lähinnä lannoituksesta ja torjunta-aineiden käytöstä aiheutuva kuormitus. Varsinaisilla huuhtoutumiskentillä ei toistaiseksi ole viljelty perunaa, eikä perunanviljelystä tulevan ravinnekuormituksen suuruudesta tästä syystä ole tarkkoja mittaustietoja. Perunatärkkelysteollisuuden ja ympäristöviranomaisten yhteistyönä on kuitenkin tutkittu pellolle levitettävän perunan solunesteen vaikutusta vesistökuormitukseen (Seppälä et al. 1992). Maatalouden tutkimuskeskuksessa on selvitetty perunamaiden luontaisten typpivarojen suuruutta ja typen huuhtoutumisriskiä (Mustonen 1995). Tutkittaessa mineraalityypimäärittelyksen käyttöä typpilannoituksen tarkentamisessa näytteitä on otettu myös perunamaista (Leppänen & Esala 1995, Lep-

pänen 1997), ja ohjeita maatalouden ympäristöohjelman mukaisista hyvistä perunanviljelymenetelmistä on annettu (Seppänen 1995, Torttila 1995).

Erikoistuneilla perunatiloilla pystytään vain harvoin noudattamaan monipuolista kasvinvuorotusta. Kestävyyden heikkenemistä on lyhyellä aikavälillä vaikea havaita, sillä tuottokyvyn heikkeneminen peittyy helposti vuosittaisten satovaihteluiden ja paranevan viljelytekniikan satoja lisäävän vaikutuksen alle. Sopimusviljely pitäisi ohjata sellaisille maille ja sellaisiin viljelykiertoihin, että maan tuottokyky säilyy, tuotteiden laatu pysyy vakaana ja ympäristökuormitus on hyväksyttävällä tasolla. Tästä olisi hyötyä koko tuotannonalalle.

Maataloudessa ja maataloustuotteita käyttävässä teollisuudessa on käynnistynyt alkutuotannon laatujärjestelmien kehittäminen, mistä esimerkkinä mainittakoon Maaseutukeskusten liiton laatujärjestelmähanke (Jokipii & Niemelä 1997) ja viljan sopimustuotanto (Laukka 1997). Kansallinen perunastrategia kiinnittää painokkaasti huomiota laadukkaan perunan tuottamiseen ja laadunhallintamenetelmien kehittämiseen (lyhennelmänä esim. Pölkki 1997). Kristiinankaupungin Botnica-projekti puolestaan on esimerkki paikallisesta laadunparannusprojektista (Runsten 1997). Elinkaarianalysissä (esim. Hillary 1995, Katajuuri et al. 1999) tuotantoketjua tutkitaan raaka-aineiden tuotannosta kuljetusten ja tuotannon kautta tuotteen ja sen pakkauksen loppusijoittamiseen saakka. Perunan osalta tällainen hanke on alkamassa MTT:n ja useiden muiden toimijoiden yhteistyönä v. 2000 (MTT 1999). Kansainvälisessä tieteellisessä keskustelussa on jo jonkin aikaa pohdittu maataloustuotannon kestävyyden mittareita (esim. Doran et al. 1994, Doran & Jones 1996). Maa- ja metsätalousministeriö on käynnistänyt työn luonnonvarojen kestäväen käytön mittarien kehittämiseksi Suomessa (MMM 1995, 1997), ja työ onkin hyvässä vauhdissa (Aakkula 1999, Yli-Viikari 1999).

Tuotannon kestävyyden arvioiminen indikaattorien avulla ja tuotteen elinkaaritut-

kimus edellyttävät, että on olemassa tarkasteltavaa tuotantoketjua koskevaa yksityiskohtaista tietoa indikaattoreiksi valituista ominaisuuksista. Tästä tiedosta on pulaa. Sitä ei ole kerätty joko lainkaan rekistereihin tai tieto on hajallaan ja indikaattorityötä tekevien tahojen vaikeasti saatavissa.

Tässä työssä kerättiin erikoistunutta siemenperuna-, lastuperuna- ja tärkkelysperunatuotantoa koskevaa maatala- ja lohko-kohtaista tietoa maan viljavuusluvuista, tuotantopanosten suuruudesta, käytetystä tuotantotekniikasta ja mukuloiden ulkoisesta laadusta ja esiintyvistä kasvitaudeista. Lisäksi simulaatiomallinnusta käyttäen tehtiin alustavia arvioita fosforikuormituksesta, jota perunantuotannosta tulee vesiin. Tieto kerättiin siemenperunan, ruokaperunan ja tärkkelysperunan intensiivisen tuotannon alueilta. Kerätty tieto on tietokantoihin järjestettynä indikaattori- ja elinkaaritutkimusten käytettävissä. Tässä raportissa esitetään synteesi kerätystä tiedosta ja luonnehditaan eri erikoistumisalojen ominaispiirteitä. Torjunta-aineita koskeva yhteenvedo esitetään toisaalla (Laitinen et al. 2000). Hanke sisältyy perunantuotannon tutkimusohjelmaan vuosiksi 1997–2000.

## 2 Aineisto ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa kerättiin perustietoa erikoistuneesta siemen-, tärkkelys- ja lastuperunan tuotannosta maatala-aineistojen perusteella. Tutkimus tehtiin vuosina 1997–99, ja siinä oli mukana sopimusviljelijöitä kultakin tuotannonalalta.

- Siemenperunan tuottajat (8 tilaa) olivat Siemenperunakeskuksen (SPK) sopimusviljelijöitä Limingan, Lumijoen, Temmeksen sekä Tyrnävän kunnista (Kuva 1),
- Tärkkelysperunan tuottajat (15 tilaa) Raision Yhtymän Kokemäen tehtaan sopimusviljelijöitä Euran, Harjavallan, Hauhon, Humppilan, Kokemäen, Köy-



**Kuva 1.** Tutkimukseen osallistuneet siemenperunatilat (8 kpl) sijaitsevat Limingan, Lumijoen, Temmeksen sekä Tyrnävän kunnissa, tärkkelysperunatilat (15 kpl) Euran, Harjavalan, Hauhon, Humpпилan, Kokemäen, Köyliön, Luvian, Nakkilan sekä Vampulan kunnissa ja lastuperunatilat (11 kpl) Kauhajoella, Karijoella ja Kristiinankaupungissa.

liön, Luvian, Nakkilan sekä Vampulan kunnista

- Lastuperunan tuottajat (11 tilaa) Oy Estrella Ab:n sopimusviljelijöitä Kauhajoelta, Karijoelta ja Kristiinankaupungista.

Viljelmää koskevia tietoja saatiin kustakin yrityksestä ja tilahaastatteluilla. Yhteistyökumppaneiden viljelypäälliköt avustivat edustavan maatalajoukon valinnassa. Tutkimukseen haluttiin mukaan maalajiltaan erilaisia peltoja. Tärkkelysperunatilojen valinnassa otettiin huomioon myös perunoiden

tärkkelyspitoisuus ja perunanviljelyn intensiivisyys. Kustakin ryhmästä valittiin mukaan tiloja, joilla lähes kaikki perunalle soveltavat maat ovat jatkuvassa perunanviljelyssä ja tiloja, joilla perunan osuus on pienempi.

## 2.1 Viljelykierrot, lannoitus ja maan viljavuus

Tilakäynneillä selvitettiin perunanviljelymaiden viljelykierto ja viljavuusanalyysien tulokset. Perunalohkot merkittiin kartoille ja kunkin lohkon viljelyhistoriaa selvitettiin niin pitkälle taaksepäin kuin se onnistui, joko muistiin tai vanhoihin karttoihin tukeutumalla. Viljavuusanalyysien tulokset kerättiin tilan perunalohkoilta niin pitkältä ajalta kuin niitä oli saatavissa. Siemenperunan viljelijöiden haastattelut tehtiin keväällä 1997, tärkkelysperunan viljelijöiden haastattelut syksyllä 1997. Tärkkelysperunan tuottajien kanssa sovittiin myös lohkokohtaisesta mukulanäytteentotosta tauti- ja voituumäärityksiä varten. Estrellan viljelijöiden haastattelu suoritettiin keväällä 1998. Estrella toimitti projektin käyttöön viljelijöiden täyttämät viljelytietokaavakkeet vuosilta 1993–97.

Tutkimuksen aikana kerätyt tiedot tallennettiin Excel-tietokantoihin, joista ne voidaan siirtää paikkatietojärjestelmään. Kaikkien tuotantomuotojen tiedoista kerättiin ja tallennettiin viljelykiertotiedot (472 lohkon viljelykasvi vuosittain) ja viljavuustiedot (vuosi, maalaji, multavuus, pH, johtoluku ja ravinnepitoisuudet 1351 analyysistä). Viljavuustietoja verrattiin viljelyalueiden maaseutukeskusten keskimääräisiin viljavuuksiin. Tärkkelysperuna- ja lastuperunatiloilta kerättiin ja tallennettiin lisäksi tiedot viljelytoimista, lannoituksesta ja torjunta-aineiden käytöstä.

## 2.2 Perunan ulkoinen laatu ja kasvitaudit

Tauti- ja voituumäärityksiä varten tärkke-

lysuperunatiloilta kerättiin mukulanäytteet kahden kesän sadosta. Kesän 1997 sadosta otettiin 58 mukulanäyte-erää, joista 16 oli viljelty siemeneksi omaan käyttöön tärkkelysuperunan tuotantoon. Näytteet tutkittiin 19.1.–26.1.1998. Kesällä 1998 kerättiin näytteet 64 tärkkelysuperunalohkolta ja 4 tärkkelysuperunan siementuotantolohkolta ja ne tutkittiin 17.11.–23.11.1998. Vertailuaineistoksi saatiin lastuperunan vastaanoton yhteydessä tehtyjen laatumääritysten tulokset, joita on käytetty hinnoitteluperusteena perunantuottajille. Tuloksia oli käytettävissä vuosilta 1993–97 vuosittain 10–20 näyte-erästä eri viljelijöiltä.

Elokuussa, sadonkorjuun alkaessa, tärkkelysuperunatiloille vietiin verkkosäkit näytteenottoa varten ja annettiin ohjeet näytteenotosta. Osa näytteistä otettiin käynnin yhteydessä, mutta pääasiassa näytteenoton hoitivat viljelijät itse.

Näytteestä kirjattiin ylös nostopäivä, viljelijä, lohkotunnus, lajike ja perunatyyppi (tärkkelys-, ruoka- tai siemenperuna). Näyte kerättiin säkkiin sen jälkeen kun mukulat olivat kulkeneet nostokoneen läpi ja kaadettu kuljetuskärryyn. Näyte otettiin joko suoraan kärrystä tai varastointipaikasta, johon perunat oli kärrystä kipattu. Tässä mielessä näytteet eivät ole mekaanisten vioitusten osalta täysin vertailukelpoisia. Näytteitä säilytettiin tiloilla, kunnes ne haettiin sieltä MTT:lle varastoitavaksi. Näytteiden säilytysaika tiloilla vaihteli muutamasta päivästä noin kahteen kuukauteen. Erot tiloilla tapahtuneen säilytyksen olosuhteissa ja säilytysajassa heikentävät myös näytteiden keskinäistä vertailukelpoisuutta.

MTT:ssa näytteitä säilytettiin perunatalon pimeässä kylmävarastossa 4–7 °C:ssa analysointiin asti, jolloin jokaisesta mukulasta arvioitiin silmävaraisesti taudit, mekaaniset ja fysiologiset vioitukset käyttämällä MTT:n virallisten perunan lajikekoikeiden luokitusjärjestelmää. Eri vioitusluokkiin jakautuneiden mukuloiden paino punnittiin. Yhdessä mukulassa saattoi olla useita eri vioitustyyppisiä, joten vioittuneiden mukuloiden yhteenlaskettu paino-

prosentti voi olla yli 100 %. Lastuperunanäytteet analysoitiin vastaanoton yhteydessä Oy Estrella Ab:n oman laatujärjestelmän mukaisesti. Lastuperunan laatu- luokitus oli pääpiirteissään sama kuin MTT:n käyttämä, mutta tietyiltä osin hienojakoisempi kuin MTT:n (Taulukko 1).

Kasvitautilien luokittelussa noudatettiin seuraavia periaatteita:

- Mukularuttoisiksi luokiteltiin mukulat, joissa oli silmin havaittavaa ruttovioitusta. Vioituksen ankaruutta ei erikseen arvioitu.
- Mukuloista arvioitiin ruven vioitus prosentteina kuoren pinta-alasta MTT:n käyttämän malliasteikon mukaan (Hannukkala et al. 1995). Ruven vioittamiksi tässä aineistossa luokiteltiin mukulat, joiden pinnasta yli 10 % oli taudin vioittamaa.
- Muut sienitaudit -luokkaan luokiteltiin mukulat, joissa oli sienten aiheuttamaa kuivamätää. Vioittuneeksi luokiteltiin mukulat, joissa mätälaike oli yli 5 mm syvä. Kuivamätää aiheuttavat lähinnä *Phoma*- ja *Fusarium*- lajit.
- Perunaseittisiksi luokiteltiin mukulat, joissa oli vähintään yksi seitin rihmastopahka (seitirupi). Lastuperunasta ei määritetty seittivioitusta.
- Harmaahilseen vioitus arvioitiin prosentteina mukulan pinnasta MTT:n käyttämän malliasteikon mukaan (Hannukkala et al. 1995).
- Bakteerimätäisiksi luokiteltiin sekä tyviettä märkämätäiset mukulat.

Maltokaarivirus määritettiin halkaisuista mukuloista oireiden perusteella. Luomu- ja tärkkelysuperunanäytteistä virus varmistettiin vasta-aineisiin perustuvalla ELISA-testillä (Kurppa 1990). Lastuperunan vastaanottotarkastuksissa maltokaariviruksen ja perunan rattleviruksen voittamat mukulat luokiteltiin yhteen luokkaan. Kurpan (1989) tutkimusten mukaan pääosa ”ruosterenkaista” on Suomessa maltokaariviruksen aiheuttamia.

Mekaanisiksi pintavioiksi laskettiin kuoriutumiset ja haavat jotka eivät ulottuneet 5 millimetriä syvemmälle maltoon.

**Taulukko 1.** MTT:n ja lastuperunateollisuuden käyttämät sadon ulkoisen laadun arviointiperusteet ja niiden vertailukelpoisuus.

Tärkkelysperunan laatuluokitus MTT:n luokitusjärjestelmä	Lastuperunan laatuluokitus lastuperunateollisuuden luokitusjärjestelmä
Taudit	
Mukularutto	Mukularutto
Rupi yli 10 % perunan pinnasta	Pintarupi Syvärupi
Muut sienitaudit	<i>Fusarium</i> <i>Phoma</i>
Perunaseitti	Perunaseittiä ei määritetty
Harmaahilse	Harmaahilsettä ei määritetty
Bakteerimädät	Märkämätä Tyvimätä
Perunan maltokaarivirus (Moptop)	Ruosterenkaat
Mekaaniset viat	
Mekaaniset pintaviat	Mekaaniset viat
Mekaaniset maltotviat	Pudotussinertymä Lievä pudotussinertymä
Fysiologiset ja muut viat	
Nestejännityshalkeamat	
Korkkiutuneet halkeamat	Kasvuhalkeamat
Ontot keskeltä ruskeat	Onttous
Epämuotoiset	Epämuodostuneet
Mallon värivirheet	Mallon värivirheet
Vihertyneet	Vihertyneet
Paleltuneet	Pakkasvioletus
Muut voituokset	Lasisuus Johtojännerusketus Toukansyömät

Mekaanisiin maltovikoihin luokiteltiin mukulat, joissa oli yli 5 mm syviä haavoja tai mustelmia tai muita perunan käsittelyssä syntyneitä voituoksia.

Sadon ulkoisen laadun määrittämisessä yleisimmät lajikkeet olivat tärkkelys- tuotannossa Saturna (48 kpl), Posmo (22 kpl) ja Kardal (14 kpl) ja lastupe- runatuotannossa Lady Rosetta (30 kpl) sekä Saturna (46 kpl).

### 2.3 Maan fosforitilan muutokset ja fosforikuormitus

Maan fosforitilan muutoksia ja perunanvil- jelystä tulevan fosforikuormituksen suu- ruutta tutkittiin ICECREAM-simulointi-

mallilla karkealla hietamaalla. Fosforikuor- mituksen suuruutta ja maan helppoliukoi- sen fosforin pitoisuuden muutoksia simuloitiin pelloilla, joiden viljavuustutkimuksessa määritetty fosforiluku oli 10 mg/l (vilja- vuusluokka tyydyttävä), 20 mg/l (hyvä), 30 mg/l (korkea) tai 40 mg/l (arveluttavan kor- kea) ja kaltevuus oli 2 %. Hyvässä fosforiti- lassa olevalla pellolla simuloitiin myös kal- tevuuden (0,1 %, 1 %, 2 % ja 4 %) vaiku- tusta fosforikuormitukseen. Simuloinnit tehtiin 20 vuoden jaksoille, jona aikana vil- jeltiin yhtäjaksoisesti perunaa tai pellolla noudatettiin viljelykiertoa, jossa oli kolme vuotta perunaa ja kaksi vuotta ohraa. Fosfo- rilannoitus oli maatalouden ympäristötu- kiohjelman perustason tai tarkennetun ta- son mukainen (Taulukko 2). Typpilannoi-



**Taulukko 2.** Ympäristötuen ehtojen mukaiset fosforilannoitusmäärät (kg/ha vuodessa) perunalle (sato 30 t/ha) ja ohralle (sato 4 t/ha).

Kasvi	Perustaso P kg/ha	Tarkennetun tason mukainen lannoitus			
		P-luku 10 mg/l tydyttävä	P-luku 20 mg/l hyvä	P-luku 30 mg/l korkea	P-luku 40 mg/l arveluttavan korkea
Peruna	40	55	35	20	0
Ohra	15	18	13	0	0

tus oli tärkeysperunalle voimassa olevien ympäristötuen ehtojen mukainen (perustaso 80 kg/ha, tarkennettu taso 90 kg/ha). Ohralla perustason mukainen typpilannoitus oli 90 kg/ha ja tarkennetun tason mukainen lannoitus 100 kg/ha. Säätiötöinä käytettiin Jokioisten säätä jaksolta 1974–95.

Simuloinneissa käytettiin ICE CREAM-mallia, joka on kehitetty Suomen ympäristökeskuksessa (Rekolainen & Posch 1993) amerikkalaisten mallien pohjalta maataloudesta tulevan vesistökuormituksen arviointiin. Maatalouden tutkimuskeskus on osallistunut mallin fosforikierron kehittämiseen ja testaamiseen. Tähän asti tarkasteltavina kasveina ovat olleet viljat, öljykasvit ja nurmi. Mallia voidaan käyttää melko luotettavasti maan helpoliukoisen fosforin pitoisuuden muutosten arviointiin (Siimes et al. 1998). Simuloinnit ovat antaneet oikeansuuntaisia tuloksia myös pintavalunnassa tulevasta fosforikuormituksesta.

Mallissa kasvien fosforinottoon vaikuttavat parametreinä annettavat eri kasvinosien C:P-suhteet ja biomassan määrä. Biomassaa kertyy kasvikohtaisesti annettavien parametrien määrittelemän kasvukäyrän mukaisesti; vain lämpötila rajoittaa kasvua. Maan fosforifraktiot ovat:

- 1) kasveille käyttökelpoinen fosfori,
- 2) mahdollisesti käyttökelpoiseksi muuttuva fosfori,
- 3) erittäin stabiili epäorgaaninen fosfori,
- 4) tuoreiden kasvinjätteiden fosfori ja
- 5) humuksen fosfori. Niiden välisiä virtoja kuvataan tasapainoyhtälöillä.

Maan helpoliukoisen fosforin pitoisuudesta (viljavuusanalyysin tulos) voidaan laskea mallissa käytettävä kasveille käyttökelpoisen fosforin määrä ja muut fosforin fraktiot (Siimes et al. 1998).

Mallin hydrologia perustuu maan vedenvarastointikykyyn ja vesitasapainoon. Alaspäin suotautuu vettä vasta sen jälkeen kun ylempi simulointikerros on kenttäkapasiteetissaan. Haihdunta lasketaan Ritchien mallilla (Ritchie 1972) ja pintavalunta SCS-käyränumeroiden avulla (U.S. Soil Conservation Service 1971). Malli käyttää eroosion laskemisessa muokattua USLE-yhtälöä (Universal soil loss equation). Eroosioaineksen sisältämän fosforin määrä riippuu ylimmän simulointikerroksen (1 cm) kokonaisfosforipitoisuudesta.

Merkittävimmät mallin kasviparametrit ovat:

- 1) optimisato eli tässä tapauksessa mukuloiden tuorepaino,
- 2) kasvun lämpötilaraja ja tarvittava lämpösumma,
- 3) suurin lehtialaindeksi,
- 4) maanalaisen biomassan suhde maanpäälliseen biomassaan,
- 5) mukuloiden osuus perunan maanalaisesta biomassasta,
- 6) mukuloiden kuiva-ainepitoisuus,
- 7) mukuloiden C:N-suhde ja N:P-suhde ja
- 8) maan pinnan yläpuolisten osien C:N-suhde ja N:P-suhde.

Kasviparametrit saatiin osittain kirjallisuudesta ja osittain tätä tutkimusta varten tehdystä kenttäkokeesta. Perunakasvustoa koskevaa tietoa on Suomen oloistakin saata-



vissa, mutta naattien määrästä ja ravinnepitoisuuksista ei löydetty tuloksia. Tämä tieto on mallinnuksessa tärkeää, koska ravinnevirtojen suuruuden selvittämiseksi täytyy olla tiedossa koko kasvuston ravinteiden määrät.

Asian selvittämiseksi järjestettiin kesällä 1998 kenttäkoe, jossa viljeltiin kahta perunalajiketta (Bintje ja Asterix). Kasvustosta nostettiin koealoja kaksi kertaa. Kasvusto nostettiin ja punnittiin kahdesta perunarivistä 1,5 metrin matkalta. Kummallakin korjuukerralla molemmista lajikkeista korjattiin kaksi koealaa. Mukulat ja muu osa kasvustoa punnittiin erikseen ja niistä otettiin näytteet kuiva-ainemääritystä varten. Ensimmäinen korjuukerta (6.8.) ajoitettiin siten, että varret olivat kasvaneet täyteen laajuuteensa. Toinen korjuukerta (1.9.) ajoittui tavanomaiseen perunan nosto aikaan.

## 3 Viljelykierrot, lannoitus ja maan viljavuus

### 3.1 Viljelykiertojen yleispiirteet

Siemenperunatiloilta on viljelykiertotiedot 150:lta perunanviljelyssä käytetyltä lohkolta tai lohkon osalta, pinta-alaltaan yhteensä 266 ha. Tarkastelluilla lohkoilla perunaa viljeltiin keskimäärin kerran 5,1 vuodessa. Taulukossa 3 esitetään kuinka usein samalla lohkon osalla viljeltiin perunaa. Yhdelläkään lohkolta perunaa ei ole ollut useammin kuin muita kasveja. Suurimmalla osalla (89 %) perunanviljelypinta-alasta perunan osuus viljelykierrossa on 11–40 %. Välikasveina käytetään pääasiassa viljaa, useimmiten ohraa.

Tärkkelysperunatiloilta on viljelyhistoriatietoja 146:lta perunanviljelyssä käytetyltä lohkolta, joiden yhteispinta-ala on 251 ha. Perunaa viljeltiin keskimäärin kerran 3,3 vuodessa. Muina viljelykasveina käytettiin pääasiassa sokerijuurikasta. 34 % viljelypinta-alasta kuuluu ryhmiin, joissa viljel-

**Taulukko 3.** Perunan osuus perunanviljelyyn käytettyjen peltolohkojen viljelykierroissa.

Perunan osuus lohkojen viljelykierrossa %	Siemenperunatilat lohkojen pinta-alan %-osuus	Tärkkelysperunatilat lohkojen pinta-alan %-osuus	Lastuperunatilat lohkojen pinta-alan %-osuus
100	0	10	10
91-99	0	4	5
81-90	0	13	15
71-80	0	8	12
61-70	0	4	14
51-60	0	5	12
41-50	2	8	12
31-40	32	14	13
21-30	28	19	2
11-20	29	14	3
1-10	9	3	0

**Taulukko 4.** Lastuperunan lannoitus 1993–1997.

Vuosi	Lohkoja kpl	Typpi kg/ha	Fosfori kg/ha	Kalium kg/ha	Kalsium kg/ha	Magnesium kg/ha
1993	27	75	69	170	13	26
1994	34	78	72	180	7	26
1995	29	75	71	177	11	25
1996	34	76	54	162	11	23
1997	50	78	42	161	36	23

lään pääasiallisesti perunaa, eli muita kasveja on ollut harvemmin kuin perunaa. Pinta-alasta 10 % on pelkässä perunanviljelyssä (Taulukko 3). Lohkoissa ovat mukana myös tärkkelysperunatilojen ruokaperunan ja omaan käyttöön tulevan siemenperunan viljelyyn käytetyt peltolohkot.

Lastuperunatiloilta on viljelytiedot 278 ha:n alalta ja 128:lta perunanviljelyyn käytetyltä lohkolta. Niillä perunaa viljeltiin keskimäärin kerran 1,8 vuodessa. Muina kasveina on ollut pääasiassa vilja. 58 % perunanviljelyn pinta-alasta on ryhmissä, joissa viljellään pääasiallisesti perunaa. Pelkkää perunaa viljellään 10 %:n alalla (Taulukko 3). Lohkoissa ovat mukana kaikki tilojen perunanviljelyksessä olevat peltolohkot, sisältäen muunkin kuin lastuperunatuotannon.

### 3.2 Perunan lannoitus tila-aineiston pohjalta

Lohkokohtaisia lannoitustietoja saatiin lastu- ja tärkkelysperunan tuotannosta. Lastuperunaa viljeleviltä tiloita saatiin lannoitustiedot viideltä viimeiseltä vuodelta 1993–97. Tärkkelysperunan lannoitustiedot ovat vuodelta 1997.

#### 3.2.1 Lastuperuna

Lastuperunatiloilla käytössä oli pääasiassa kaksi lannoitetta, kloorivapaa Y-lannos 1 (8-5-19) ja puutarhan Y-lannos 3 (10-4-17). Näissä lannoitteissa magnesiumpi-

toisuus on 2,5- ja 2-kertainen verrattuna kalsiumpitoisuuteen. Lannoitusta täydennettiin typellä, fosforilla, kaliumilla, kalsiumilla, magnesiumilla sekä hivenravinteilla (Cu, Mn, B, Mo). Peruslannoituksen täydentäminen yhdellä tai kahdella muulla lannoitteella oli lastuperunantuotannossa tavanomaista. Enimmillään käytettiin neljää eri lannoitetta.

Viimeisen viiden vuoden aikana typpi- ja magnesiumlannoitus on pysynyt lähes muuttumattomana (Taulukko 4). Kaliumlannoitus on hiukan vähentynyt, mutta fosforilannoitus on tarkastelujakson kahden viimeisen vuoden aikana vähentynyt selvästi. Viimeisenä tarkasteluvuonna kalsiumlannoitus näyttää kolminkertaistuneen aikaisempaan verrattuna. Se johtui muuttaman lohkon saamasta runsaasta kalsiumlannoituksesta, joka nosti keskiarvoa; medi- aani oli selvästi keskiarvoa alhaisempi.

Lannoituksessa oli lohko- ja tilakohtaisia eroja. Viiden vuoden keskimääräinen tilakohtainen typpilannoitus oli 63–90 kg/ha, fosforilannoitus 48–71, kaliumlannoitus 151–187, kalsiumlannoitus 0–39 ja magnesiumlannoitus 21–31 kg/ha. Typpilannoitusta lukuunottamatta lohko- ja tilakohtaiset erot voivat johtua maiden erilaisista ravinnepitoisuuksista. Typpilannoitustarve riippuu lajikkeesta ja odotettavasta satotasosta.

#### 3.2.2 Tärkkelysperuna

Tärkkelysperuna sai keskimäärin 95 kg/ha tyyppiä, 38 kg/ha fosforia ja 141 kg/ha ka-

**Taulukko 5.** Tärkkelysperunan lannoitus (kg/ha) vuonna 1997.

Tilaryhmä	Lohkoja kpl	Typpi kg/ha	Fosfori kg/ha	Kalium kg/ha	Kalsium kg/ha	Magnesium kg/ha
Koko aineisto	87	95	38	141	8	19
Lannoitteena käytetty siipikarjanlanta	1		90	129	120	31
Karjanlanta	4	88	44	143	75	36
Soluneste	12	153	49	321	12	30

**Taulukko 6.** Keskimääräinen tärkkelysperunan lannoitus (kg/ha) 1997 tilaryhmittäin.

Tärkkelyspitoisuus	Lohkoja kpl	Typpi kg/ha	Fosfori kg/ha	Kalium kg/ha	Kalsium kg/ha	Magnesium kg/ha
Korkea	38	82	39	100	11	17
Keskimääräinen	43	104	36	166	7	19
Alhainen	29	86	36	167	6	20

liumia (Taulukko 5). Lannoituksen yhteydessä kalsiumia tuli pellolle keskimäärin 8 kg/ha ja magnesiumia 19 kg/ha.

Tiloilla (2 kpl), jotka käyttivät lannoitteena tärkkelystuotannossa syntyvää solunestettä, annettiin typpeä selvästi enemmän (noin 150 kg/ha) kuin muilla tiloilla keskimäärin. Myös fosforia annettiin solunestettä käyttäneillä tiloilla keskimääräistä enemmän. Suurin ero tilojen välillä oli kaliumlannoituksessa. Solunestettä käyttäneillä tiloilla perunalle annettiin noin 320 kg/ha kaliumia, joka on selvästi enemmän kuin esimerkiksi huonossa kaliumtilassa olevalle maalle suositellaan (140 kg/ha).

Yhdellä tilalla käytettiin lannoituksessa siipikarjanlantaa, jolloin fosforia ja kalsiumia tuli maahan runsaasti. Fosforia annettiin lähes 90 kg/ha, josta 53 kg/ha tuli siipikarjanlannasta. Siipikarjanlanta sisälsi varsin runsaasti kalsiumia, jota lannoituksessa tuli perunamaalle 120 kg/ha. Kalsiumista kaikki ja magnesiumista 2/3 tuli lannasta. Kahdella tilalla käytettiin perunan lannoituksessa myös naudan kuivikelantaa. Lannan ja väkilannoitteen mukana maahan tuli keskimääräistä enemmän kaliumia, kalsiumia ja magnesiumia. Magnesiumista 4/5 ja kalsiumista kaikki tuli karjanlannasta.

Tärkkelysperunan lannoitustiedot jaettiin vielä kolmeen tilaryhmään niiden tuotaman tärkkelysperunan tärkkelyspitoisuuden mukaan (Taulukko 6). Ryhmät olivat korkea (yli 19,8 %), keskimääräinen (17–19,8 %) ja alhainen (alle 17 %). Riippuvuutta typpi-, fosfori- ja magnesiumlannoituksen ja tilaryhmien eli perunan tärkkelyspitoisuuden välillä ei ollut havaittavissa. Sitä vastoin korkean tärkkelyspitoisuuden saavuttaneilla tiloilla kaliumlannoitus näyttäisi olleen vähäisempää kuin keskimääräisen tai alhaisen tärkkelyspitoisuuden saavuttaneilla tiloilla. Kaliumlannoitus oli selvästi suurempaa solunestettä käyttäneillä tiloilla. Kun näiden tilojen lannoitustiedot poistettiin tilaryhmien keskiarvoista, oli kaliumlannoitus vain vähän suurempaa alhaisen ja keskimääräisen tärkkelyspitoisuuden tiloilla kuin korkean tärkkelyspitoisuuden saavuttaneilla tiloilla.

Korkean tärkkelyspitoisuuden saavuttaneiden tilojen kalsiumlannoitus oli lähes kaksinkertainen verrattuna alhaisen tärkkelyspitoisuuden tiloilla vallitsevaan lannoitukseen. Sama suuntaus oli nähtävissä vielä selvempänä tilaryhmien tarkastelussa, josta oli poistettu solunestettä käyttäneiden tilojen tiedot. Kalsiumia tuli lannoituksen yhteydessä kuitenkin varsin vähän maahan.

**Taulukko 7.** Maan ravinnepitoisuudet (mg/l) tuotetun perunan tärkkelyspitoisuuden mukaisen luokittelun perusteella.

Tärkkelyspitoisuus	Lohkoja kpl	Kalium mg/l	Fosfori mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg:K:Ca
Korkea	58	132	39	1517	168	1:0,8:8
Keskimääräinen	45	150	44	1970	173	1:0,7:10
Alhainen	18	127	34	1414	165	1:0,5:8

Eri ravinteiden osalta analyysien määrä vaihtelee. Erityisesti Ca- ja Mg määrityksiä ei ole tehty kaikista näytteistä.

Korkean tärkkelyspitoisuuden tiloilla kalsiumia annettiin keskimäärin 11 kg/ha ja keskimääräisen ja alhaisen tärkkelyspitoisuuden tiloilla 6 kg/ha, kun solunesteen käyttäjät on poistettu.

Käytetyllä lannoitteella ei näytä olleen selvää vaikutusta perunoiden tärkkelyspitoisuuteen. Naudan- ja siipikarjanlantaa käyttäneet tilat tuottivat perunaa, jonka tärkkelyspitoisuus oli korkea tai keskimääräinen. Solunestettä käyttäneiden tilojen tuottaman perunan tärkkelyspitoisuus oli keskimääräinen tai alhainen.

Maan ravinnepitoisuudet eivät vaikuttaneet perunan tärkkelyspitoisuuteen ainakaan suoraan. Viimeisten viljavuusanalyysitulosten mukaan ravinnepitoisuudet maassa olivat suurimmat tiloilla, joiden tuottaman perunan tärkkelyspitoisuus oli keskimääräinen (Taulukko 7). Näillä tiloilla myös kalsiumia oli magnesiumiin nähden muita tilaryhmiä enemmän.

### 3.3 Perunan ravinnetase

Perunanviljelyssä ravinteita poistuu maasta mukulasadon mukana. Peruna tarvitsee ravinteita muodostaakseen varsiston, jonka sisältämät ravinteet siirtyvät kasvukauden loppupuolella mukuloihin tai palautuvat sadonkorjuun yhteydessä maahan. Sadon mukana poistuva ravinnemäärä riippuu suurelta osin satotasosta, jonkin verran myös sadon ravinnepitoisuudesta. Seuraavassa laskelmassa on käytetty hyväksi Variksen (1973) tutkimustuloksia mukulasadon kuiva-aine- ja ravinnepitoisuuksista.

Lastuperunan satotason perusteella laskettiin maasta mukulasadon mukana poistunut ravinnemäärä lohkokokoitaisesti (Taulukko 8). Laskelma suoritettiin yhdistämällä mukuloiden ravinteiden otto ja lannoitus. Aineistona käytettiin vuoden 1997 sato- ja lannoitustietoja. Bruttosato, jossa on mukana kaikenkokoiset perunat, vaihteli 21 ja 40 tonnin välillä ja oli keskimäärin 31 t/ha. Aineistossa oli myös yksi poikkeavan suuri sato (82 t/ha), joka jätettiin tämän tarkaste-

**Taulukko 8.** Lastuperunan ravinnetaselaskelma, jossa on huomioitu peltoon lannoituksen mukana tulleet ja mukulasadon mukana poistuneet ravinteet (n=32).

Tunnusluku	Typpi kg/ha	Fosfori kg/ha	Kalium kg/ha	Kalsium Kg/ha	Magnesium kg/ha
Keskiarvo	-6	35	30	31	14
Mediaani	-3	37	11	7	12
Minimi	-68	16	-30	-2	7
Maksimi	11	68	166	112	62
Keskihajonta	16	15	55	40	10

**Taulukko 9.** Tärkkelysperunan ravinnetaselaskelma, jossa on huomioitu peltoon lannoituksen mukana tulleet ja mukulasadon mukana poistuneet ravinteet (n=76).

Tunnusluku	Typpi	Fosfori	Kalium	Kalsium	Magnesium
Keskiarvo	5	27	1	9	10
Mediaani	6	24	-8	5	10
Minimi	-96	-3	-180	-4	-11
Maksimi	143	69	239	118	29
Keskihajonta	39	14	85	21	9

lun ulkopuolelle. Keskimääräisen mukulasadon mukana hehtaarilta poistui 85 kg tyyppiä, 11 kg fosforia, 128 kg kaliumia, 2 kg kalsiumia ja 9 kg magnesiumia.

Ravinnetaseen hajonta oli suurta kaikkien ravinteiden osalta. Kasvien ravinteidenottoa enemmän ravinnetaseen hajontaan vaikutti lannoitus. Kaliumin ja kalsiumin osalta ravinnetaseiden mediaanit olivat selvästi keskiarvoja alhaisemmat, mikä johtui muutamasta suuresta lannoitusmäärästä. Perunan mukulasato otti fosforia ja magnesiumia aina vähemmän kuin niitä lannoituksessa annettiin. Typpilannoitus on usein vähäisempää kuin mukulasadossa poistuva ravinmäärä. Myös kalium- ja kalsiumlannoitus oli minimissään vähäisempää kuin mukulasadossa poistui.

Tärkkelysperunan lohkoikohtaiset ravinnetaseet laskettiin vuoden 1997 lannoitus- ja satotietojen perusteella (Taulukko 9). Tärkkelysperunan sato oli keskimäärin 32 t/ha, mutta lohkoikohtaiset erot olivat suuria sadon vaihdellessa 11 ja 72 t/ha välillä. Kaikkia ravinteita annettiin keskimäärin enemmän kuin mukulasadot ottivat. Joillakin lohkoilla ravinteita poistui mukulasadon mukana selvästi enemmän kuin lannoituksessa annettiin, mutta tilanne saattoi olla myös täysin päinvastainen. Kalsiumia ja magnesiumia jäi lohkoille keskimäärin lähes yhtä suuret määrät.

### 3.4 Maan ravinnepitoisuuksien kehittyminen

#### 3.4.1 Lastuperuna

Maan ravinnepitoisuuksien kehittymistä erikoistuneessa perunantuotannossa selvitetiin tiloilta kerättyjen viljavuusanalyysitulosten avulla. Tutkimuksessa mukana olleet lastuperunan tuottajat (11 tilaa) olivat Oy Estrella Ab:n sopimusviljelijöitä Kauha-joelta, Karijoelta ja Kristiinankaupungista. Lastuperunamaista kerättyistä viljavuusanalyysituloksista 239 kappaletta oli kevyiltä kivennäismailta (pääasiassa HHt tai KHt) ja 13 kappaletta multamailta. Tuloksia saatiin 1970-luvulta yhdeltä tilalta (1 lohko) ja 1980- ja 1990-luvuilta kaikilta 11 tilalta. Viljelykiertotietojen perusteella eri lohkoilla on viljelty perunaa viimeistään 1980-luvulta lähtien. Se ei kuitenkaan välttämättä ole ollut lastuperunaa, sillä Estrella aloitti toimintansa Suomessa 1987 ja ensimmäiset tuotteet tulivat markkinoille 1988. Taulukossa 10 esitetään lastuperunantuotannossa olevien lohkojen ravinnepitoisuuksien kehitys viimeisten vuosikymmenten ajalta.

Helppoliukoisien fosforin pitoisuus oli lastuperunalohkoilla 1980-luvulla selvästi maaseutukeskuksen keskimääräistä tulosta korkeampi. Se laski 1990-luvulla alle maaseutukeskuksen keskiarvon, koska korkeaan ja arveluttavan korkeaan viljavuusluokkaan kuuluvien tulosten määrä väheni sekä välttävään luokkaan kuuluvien tulosten määrä lisääntyi. Myös tarkastellussa aineis-

**Taulukko 10.** Lastuperunamaiden keskimääräinen happamuus ja ravinnepitoisuudet Kauha-joen, Karijoen ja Kristiinankaupungin viljelmiltä 1980- ja 1990-luvuilla sekä Pohjanmaan Ruotsinkielisen Maaseutukeskuksen (ÖS LBS) alueen kevyistä kivennäismaista vuosina 1991–1995.

	Tuloksia kpl	pH	Fosfori mg/l	Kalium mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg:K:Ca
1980-luku	49	5,8	22,8	127	920	133	1:0,8:6
1990-luku	190	5,6	17,4	121	915	143	1:0,8:6
ÖS LBS 1991-95	10142	5,8	17,6	146	1188	188	1:0,8:6

tossa mukana olleet lohkot vaihtuivat vuosikymmenten aikana. Jo 1980-luvulla mukana olleista lohkoista kuudella ei ole analyysitulosta 1990-luvulla, ja 1990-luvulla tuli analyysituloksia 36 uudelta lohkolta. Kun tarkasteltiin samoja lohkoja 1980- ja 1990-luvuilla, havaittiin fosforipitoisuuden alentuneen. Pitoisuus oli kuitenkin alentunut vähemmän näillä lohkoilla kuin koko aineistossa. Fosforiluvun alentuminen on siten seurausta sekä aikaisemmin mukana olleiden lohkojen fosforitilan alentumisesta että 1990-luvulla mukaan tulleiden uusien lohkojen alhaisemmasta fosforitilasta. Niillä lohkoilla, joilta oli analyysituloksia jo 1980-luvulta, maan fosforitila pysyi maaseutukeskuksen keskimääräistä tulosta korkeampana. Alhainen fosforipitoisuus (keskimäärin 9,3) oli tyypillistä niille lohkoille, joilta ei ollut analyysituloksia 1990-luvulla.

Lastuperunaviljelysten kaliumpitoisuus oli 1980-luvulla samalla tasolla kuin koko maaseutukeskuksen alueella keskimäärin. Perunalohkojen keskimääräinen kaliumpitoisuus laski hieman 1990-luvulla, mutta maaseutukeskuksen alueella suuntaus oli nouseva. Lastuperunaviljelysten sekä koko maaseutukeskuksen alueen maat olivat kaliumin osalta keskimäärin tyydyttäviä. Koko aineiston ja niiden lohkojen välillä, joilta tuloksia oli jo 1980-luvulta, ei kaliumin osalta ollut eroa. Sitävastoin niiden lohkojen, joilta analyysituloksia on vain 1980-luvulta, kaliumpitoisuus oli keskimääräistä alhaisempi. Kaliumpitoisuudet vaihtelivat lähes yhtä paljon kuin siemenperunaviljelyksillä, mutta vähemmän kuin tärkkelysperunaviljelyksillä. Lastuperunamaiden 1990-luvun aineistosta pääosa

(85 %) kuului kaliumin osalta viljavuusluokkiin välttävä ja tyydyttävä. Huononlaisen viljavuusluokkaan kuului 10 % aineistosta. Kun maiden kaliumpitoisuutta tarkasteltiin viimeisten lohkokokohtaisten tulosten perusteella, pysyi näytteiden prosentuaalinen sijoittuminen eri luokkiin lähes ennallaan.

Lastuperunamaiden kalsiumpitoisuus oli jo 1980-luvulla maaseutukeskuksen keskimääräistä arvoa alhaisempi. Se oli 1990-luvulla lähes sama kuin 1980-luvulla, mutta samaan aikaan maaseutukeskuksen alueella keskimääräinen kalsiumpitoisuus nousi. Koko aineiston kalsiumpitoisuus ei eronnut niistä lohkoista, joilta on analyysitulokset sekä 1980- että 1990-luvulta. Kalsiumtulosten hajonta oli vähäisempää kuin siemen- ja tärkkelysperunantuotannossa olevilla lohkoilla. Lähes kaikki lastuperunantuotannossa olevat pellot sisälsivät melko niukasti vaihtuvaa kalsiumia. Viljavuusluokkiin huononlainen ja välttävä kuului 89 % 1990-luvun kalsiumtuloksista, ja vain 9 % aineistosta edusti tyydyttävää viljavuusluokkaa. Lohkojen viimeisten näytteiden mukaan oli tapahtunut siirtymistä huononlaisesta viljavuusluokasta kohti välttävää ja tyydyttävää luokkaa.

Perunaviljelysten magnesiumtila oli maaseutukeskuksen keskimääräistä arvoa alhaisempi. Maaseutukeskuksen alueella maiden magnesiumpitoisuudella oli selvä nouseva suuntaus, mutta perunaviljelyksillä maiden magnesiumpitoisuus nousi vain hiukan. Magnesiumpitoisuus oli pysynyt ennallaan niillä lohkoilla, joilta oli analyysitulokset jo 1980-luvulta. Lastuperunaviljelysten 1990-luvun magnesiumpitoisuus

**Taulukko 11.** Siemenperunamaiden keskimääräinen happamuus ja ravinnepitoisuudet Limingan, Lumijoen, Temmeksen ja Tyrnävän kunnissa 1970-, 1980- ja 1990-luvuilla sekä Oulun maaseutukeskuksen (Oulun MK) alueen keskiarvoja kevyillä kivennäismailla vuosina 1991–1995.

	Tuloksia kpl	pH	Fosfori mg/l	Kalium mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg:K:Ca
1970-luku (1 tila)	14	-	9,9	83	-	-	-
1980-luku (6 tilaa)	135-170	6,0	17,2	96	1303	148	1:0,5:7
1990-luku (8 tilaa)	178	5,8	17,6	114	1008	211	1:0,5:5
Oulun MK 1991-95	27423	5,8	14,6	128	1147	227	1:0,6:5

det kuuluivat suurimmaksi osaksi tyydyttävään viljavuusluokkaan (44 %). Välttävään luokkaan kuului 27 % ja hyvään luokkaan 19 % aineistosta. Viimeisen analyysituloksen mukaan tyydyttävään luokkaan kuuluvien näytteiden osuus lisääntyi 6 prosenttiyksiköllä. Lisäys oli peräisin tasaisesti huononlaisesta, välttävästä ja hyvästä viljavuusluokasta.

Magnesiumin ja kalsiumin välinen suhde on pysynyt lastuperunaviljelyksillä 1980-luvulta 1990-luvulle lähes samana: 1/6. Ruotsinkielisen Pohjanmaan maaseutukeskuksen alueella Mg/Ca-suhde oli samaa tasoa kuin lastuperunaviljelyksillä. Suuntaus on ollut lievästi kohti suurempaa Mg/Ca-suhdetta. Myös magnesiumin ja kaliumin välinen suhde on pysynyt lähes samana.

Lastuperunaviljelysten pH oli 1980-luvulla lähes sama kuin maaseutukeskuksen alueella keskimäärin, mutta 1990-luvulla (Liite 1) maan happamuus lisääntyi selvästi. Tämä johtuu ilmeisesti siitä, että tällä vuosikymmenellä lastuperunaviljelyyn on tullut uusia aikaisempaa happamampia maita. Suurin osa maista eli 67 % kuului happamuuden mukaan välttävään ja tyydyttävään viljavuusluokkaan.

### 3.4.2 Siemenperuna

Siemenperunamailta saaduista viljavuusanalyysin tuloksista (443 kpl) 80 % oli KHt-mailta ja 10 % HHt-mailta. Lisäksi analyysituloksia oli myös multamailta (24

kpl) ja hiesumailta (12 kpl). Tutkimuksessa mukana olleet siemenperunan tuottajat (8 tilaa) olivat Siemenperunakeskuksen (SPK) sopimusviljelijöitä Limingan, Lumijoen, Temmeksen ja Tyrnävän kunnista.

Tietoja maan ravinnepitoisuuksista saatiin yhdeltä tilalta 1970-luvulta (vain fosfori ja kalium), kuudelta tilalta 1980-luvulta ja kaikilta kahdeksalta tilalta 1990-luvulta (Taulukko 11). Koska perunanviljely on aloitettu näillä tiloilla 1980-luvun jälkipuoliskolla, se on vaikuttanut vain osittain 1980-luvulta saatuihin tuloksiin. Perunanviljelyyn on tullut huomattavasti lisää lohkoja 1980-luvun jälkipuoliskolla. Aineistoa tarkasteltiin kuuden tilan osalta 1980- ja 1990-luvuilla sekä koko aineistoa 1990-luvun osalta. Tilat, joilta on analyysitulokset vasta 1990-luvulta, ovat kuitenkin harjoittaneet perunanviljelyä aikaisemmin (varmuudella vuosina 1981 ja 1983).

Siemenperunaviljelysten fosforipitoisuudet ovat selvästi korkeampia kuin Oulun maaseutukeskuksen alueella keskimäärin. Siellä fosforiluku on pysynyt lähes samana 1970-luvulta lähtien. Perunaviljelysten fosforiluku oli jo 1980-luvulla Oulun maaseutukeskuksen tasoa selvästi korkeampi ja se kasvoi 1990-luvulla edelleen. Kahden tilan analyysitulokset laskivat keskimääräistä fosforilukua verrattuna kuuden tilan tuloksiin, joilta oli tietoja myös 1980-luvulta. Tämä johtuu yhden tilan kahden lohkon tiedoista. Nämä lohkot on todennäköisesti raivattu myöhemminkin 1980-luvulla, ja lohkojen keskimääräinen fosforiluku oli 4,3. Siemenperunaviljelysten 1990-



luvun näytteistä 85 % oli fosforin osalta viljavuusluokissa tyydyttävä ja hyvä. 5 % aineistosta kuului välttävään ja 7 % korkeaan viljavuusluokkaan. Viimeisten analyysitulosten mukaan fosforipitoisuuksissa oli hienoinen nouseva suuntaus: välttävään luokkaan kuuluvien näytteiden osuus oli hiukan vähentynyt ja korkeaan luokkaan kuuluvien näytteiden osuus lisääntynyt.

Siemenperunaviljelysten kaliumtila oli alhaisempi kuin Oulun maaseutukeskuksen alueella keskimäärin, mutta se on ollut nousussa 1980-luvulta 1990-luvulle niin siemenperunaviljelyksillä kuin koko Oulun maaseutukeskuksen alueella. Kaksi 1990-luvulla mukaan tullutta tilaa on laskenut maiden kaliumtilaa kuuden tilan aineistoon verrattuna. Kaksi myöhemmin raivattua peltolohkoa alensi keskiarvoa, koska näiden maiden keskimääräinen kaliumpitoisuus oli 45 mg/l (huononlainen). Tämän vuosikymmenen aineistoista suurin osa eli 46 % sijoitui kaliumin osalta välttävään viljavuusluokkaan, 33 % oli luokassa tyydyttävä ja 14 % luokassa huononlainen. Viimeisten analyysitulosten perusteella on tapahtunut hienoista siirtymistä alhaisemmista luokista ylöspäin.

Oulun maaseutukeskuksen alueella peltojen kalsiumpitoisuus on keskimäärin välttävällä tasolla. Maaseutukeskuksen alueella kalsiumpitoisuus on ollut nousussa 1980-luvulta 1990-luvulle, mutta samaan aikaan siemenperunaviljelysten kalsiumpitoisuudet ovat olleet laskussa. Kalsiumpitoisuudet ovat hyvin samaa tasoa riippumatta siitä, onko kaksi 1990-luvulla mukaan tullutta tilaa mukana vai ei. Myöhemmin raivattujen peltolohkojen kalsiumluku on samalla tasolla kuin muilla kahden tilan lohkoilla keskimäärin. Kalsiumpitoisuuden perusteella siemenperunaviljelyksistä kuului 1990-luvulla 53 % välttävään, 30 % huononlaiseen ja 11 % tyydyttävään viljavuusluokkaan. Viimeisten näytteiden mukaan siemenperunaviljelysten kalsiumtila olisi hiukan parantunut. Huononlaisen ja välttävän viljavuusluokan näytteiden lukumäärä on vähentynyt 6 prosenttiyksiköllä ja vastaavasti tyydyttävään ja hyvään viljavuus-

luokkaan kuuluvien analyysitulosten määrä on kasvanut.

Oulun maaseutukeskuksen alueella kevyiden kivennäismaiden magnesiumpitoisuus on noussut 1980-luvulta 1990-luvulle, 1970-luvulta 1980-luvulle nousu oli selvästi hitaampaa. Perunamailla 1980-luvun magnesiumpitoisuudet olivat Oulun maaseutukeskuksen keskimääräistä arvoa alhaisempia. Siemenperunaviljelysten magnesiumpitoisuuksien nousu on ollut nopeampaa kuin maaseutukeskuksen alueella keskimäärin. Kuitenkin 1990-luvun analyysitietojen pohjalta perunaviljelysten keskimääräiset magnesiumpitoisuudet ovat vielä hiukan alhaisempia kuin maaseutukeskuksen alueella. Myöhemmin raivattujen peltojen magnesiumluku oli keskimääräistä korkeampi. Magnesiumtuloksista hyvään viljavuusluokkaan kuului 51 % 1990-luvun aineistosta, 30 % aineistosta kuului tyydyttävään ja 10 % välttävään viljavuusluokkaan.

Oulun maaseutukeskuksen alueella magnesiumin ja kalsiumin välinen suhde on pysynyt 1970-luvulta 1990-luvulle lähes muuttumattomana. Sitä vastoin siemenperunaviljelyksillä suhde on 1980-luvulta 1990-luvulle tultaessa muuttunut selvästi magnesiumvoittoisemmaksi 1/7:stä 1/4,6:een. Kehitys on ollut seurausta maiden magnesiumpitoisuuksien noususta ja kalsiumpitoisuuksien laskusta. Koko aineiston ja kuuden tilan tulosten välillä ei ole eroja.

Magnesiumin ja kaliumin välinen suhde on kahden vuosikymmenen aikana pysynyt lähes muuttumattomana. Maiden magnesiumpitoisuudet ovat nousseet, mutta myös kaliumpitoisuudet ovat nousseet samassa tahdissa. Magnesiumia on kaliumiin verrattuna likimain kaksinkertainen määrä. Ravinnesuhteen mediaani koko aineistolle ja kuuden tilan aineistolle on hieman alhaisempi kuin keskiarvo, mutta mediaanissa on havaittavissa suuntaus kohti korkeampaa Mg/K-suhdetta. Aineistolle laskettu mediaani ja Oulun maaseutukeskuksen alueen Mg/K-suhde olivat hyvin lähellä toisiinsa.

Siemenperunaviljelysten pH oli 1980-



luvulla selvästi korkeampi kuin Oulun maaseutukeskuksen alueella keskimäärin, mutta 1990-luvulla se kuitenkin laski alle Oulun maaseutukeskuksen keskimääräisen arvon. Maan pH oli 1990-luvulla alhaisempi tiloilla, joilta oli maa-analyysituloksia jo 1980-luvulta. Myöhemmin raivattujen peltolohkojen pH oli selvästi aineiston keskimääräistä arvoa alhaisempi. Siemenperunamaiden 1990-luvun pH-tuloksista 67 % kuului välttävään ja tyydyttävään viljavuusluokkaan, 13 % kuului huonolaiseen ja 16 % hyvään luokkaan. Kehitys 1990-luvulla on ollut kohti happamampia maita. Huonolaiseen ja välttävään viljavuusluokkaan kuuluvien maiden osuus on lisääntynyt ja vastaavasti korkeampiin viljavuusluokkiin kuuluvien maiden osuus on vähentynyt (Liite 2).

### 3.4.3 Tärkkelysperuna

Tärkkelysperunamailta saadut ensimmäiset viljavuusanalyysin tulokset olivat vuodelta 1956 ja viimeiset tulokset tietojen keräysvuodelta 1997. Tuloksia saatiin 1950-luvulta yhdeltä tilalta, 1960-luvulta viideltä tilalta, 1970-luvulta kuudelta tilalta, 1980-luvulta 10 tilalta ja 1990-luvulta kaikilta 15 tilalta. Tutkimuksessa mukana olleet tärkkelysperunan tuottajat olivat Raision Yhtymän Kokemäen tehtaan sopimusviljelijöitä Euran, Harjavallan, Hauhon, Humppilan, Kokemäen, Köyliön, Luvian, Nakkilan ja Vampulan kunnista. Tutkituilla tiloilla tärkkelysperunan viljely on aloitettu 1970-luvun puolivälissä tai 1980-luvun aikana. Joiltakin tiloilta viljelykiertotiedot saatiin ainoastaan muutamilta edellisiltä vuosilta, minkä perusteella viljelyn aloittamista näillä tiloilla ei voida aineistosta selvittää. Tärkkelysperunan viljely on vaikuttanut maan ravinnepitoisuuksiin ja niiden kehittymiseen vasta 1970-luvun puolivälistä lähtien. Aikaisempi kehitys on pääosin muun viljelyn tulosta.

Viljavuusanalyysin tuloksissa oli suurta vaihtelua tilojen välillä sekä myös yksittäisillä tiloilla. Aineistosta tutkittiin viljavuu-

den kehitystä eri tilakombinaatioilla (eri tiloja mukana tarkastelussa). Kun koko aineisto oli mukana, tarkasteltiin eri vuosikymmenillä hieman eri tiloja, koska kaikilta tiloilta ei ollut analyysituloksia.

Yhden tilan peltujen viljavuusluvut olivat selvästi muiden tilojen lukuja korkeampia. Tätä tilaa tarkasteltiin erikseen ja koko aineistoa tarkasteltiin myös ilman kyseisen tilan tietoja. Viiden tilan vertailussa oli mukana tilat, joilta viljavuusanalyysituloksia oli saatu 1970-, 1980- ja 1990-luvuilta. Tällöin voitiin seurata viljavuuden kehittymistä samojen tilojen pelloilla lähes kolmen vuosikymmenen ajan.

Lisäksi tarkasteltiin viljavuuden kehittymistä kolmen tilan pelloilla kolmenkymmenen vuoden ajan. Tästä aineistosta poistettiin kahden viljavimman tilan tiedot. Yksityiskohtaiset tiedot viljavuuden kehittymisestä eri tilakombinaatioilla ovat liitteessä 3.

Tärkkelysperunamaiden näytteistä (619 kpl) suurin osa oli kevyitä kivennäismaita (78 %), joissa oli hietamaita (KHt ja HHt) 94 %. Maanäytteistä 10 % oli keskijäykkiä kivennäismaita, joissa eniten oli liejusavimaita. Eloperäisiä maita oli 12 % aineistosta, pääasiassa multamaita. Keskijäykkiin kivennäismaihin lukeutuvia liejusavimaita oli 1980-luvulla kahdella tilalla ja 1990-luvulla kolmella tilalla yhteensä 6 lohkoa kummallakin vuosikymmenellä.

Tärkkelysperunaviljelysten fosforipitoisuus on selvästi korkeampi kuin Viljavuuspalveluun Satakunnan maaseutukeskuksen alueelta tulleiden näytteiden keskiarvo (Taulukko 12). Keskimääräinen fosforipitoisuus kohosi selvästi 1970-luvulla ja laski sitten 1980-luvulla.

Kehitys on ollut kuitenkin seurausta pääasiassa kahdella tilalla 1970-luvulla tapahtuneesta kehityksestä. Tilalla, jonka viljavuustuloksia on käsitelty myös erikseen, on vuosina 1969–73 levitetty pelloille 2000–3000 kg/ha tuomasuonaa magnesiumin puutteen korjaamiseen. Tuomasuona koostuu tetrakalsiumfosfaatista ( $\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9$ ) ja kalsiumsilikofosfaatista ( $\text{Ca}_5\text{SiP}_2\text{O}_{12}$ ). Fosforipitoisuutensa vuoksi se on

**Taulukko 12.** Tärkkelysperunamaiden keskimääräinen happamuus ja ravinnepitoisuudet Raision Yhtymän Kokemäen tehtaan sopimusviljelmillä 1960-, 1970-, 1980- ja 1990-luvuilla sekä Satakunnan maaseutukeskuksen (Satakunnan MK) alueen kevyillä kivennäismailla vuosina 1991–1995.

	Tuloksia kpl	pH	Fosfori mg/l	Kalium mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg:K:Ca
1960-luku (5 tilaa)	58	5,8	27,4	171	1432	-	-
1970-luku (6 tilaa)	65-100*	6,6	69,5	250	1839	82*	1:1,5:16
1980-luku (10 tilaa)	49-108	6,3	41,4	144	1433	122	1:0,9:11
1990-luku (15 tilaa)	144-202	6,3	41,2	116	1620	152	1:0,6:9
Satakunnan MK 1991-95	12695	6,0	19,3	147	1583	197	1:0,8:8

\* Mg: vain 28 tulosta

aiheuttanut myös fosforiluvun kohoamisen. Tuomaskuonan Mg-pitoisuus on 2 % (Kurki 1970). Muutokset 1980- ja 1990-luvuilla ovat olleet vähäisiä. Selvin muutos on tapahtunut tuomaskuonaa käyttäneen tilan fosforiluvussa, joka on 1970-luvun huippulukemista alentunut selvästi.

Korkeaan viljavuusluokkaan kuului 31 % 1990-luvun fosforituloksista, mutta myös arveluttavan korkeassa luokassa oli huomattava osuus näytteistä, 23 %. Hyvään luokkaan kuului 17 % näytteistä ja välttävään ja tyydyttävään luokkaan kumpaankin vain 12 % aineistosta. Viimeisen analyysituloksen antama kuva aineistosta on lähes sama kuin koko 1990-luvun aineiston.

Tärkkelysperunamaiden keskimääräinen kaliumpitoisuus on noussut lievästi 1960-luvulta 1990-luvulle. Suurin nousu tapahtui 1970-luvulla, jonka jälkeen kaliumluku on hienoisesti laskenut. Kaliumpitoisuus oli 1960- ja 1970-luvulla korkeampi kuin Satakunnan alueella vastaavilla mailla keskimäärin. Kun yhden korkeat kaliumluvut omaavan tilan arvot poistettiin, keskimääräinen kaliumluku laski hyvin lähelle Satakunnan alueen keskimääräistä tulosta 1960- ja 1970-luvuilla. 1980- ja 1990-luvuilla keskimääräinen kaliumluku jäi selvästi alle alueen keskimääräisen tason. Korkean kaliumluvun 1960–70-luvuilla omanneen tilan kaliumpitoisuus putosi 1980-luvulla alle puoleen ja jatkoi pu-

toamista edelleen 1990-luvulla. Keskimääräinen kaliumluku laski 1980-luvun tasolta lievästi 1990-luvulle.

Kaliumin osalta 1990-luvun aineistosta suurin osa kuului välttävään viljavuusluokkaan (40 %). Tyydyttävään luokkaan kuului 33 %, huononlaiseen 14 % ja hyvään 10 %. Lohkojen viimeisten analyysitulosten mukaan ei kaliumpitoisuuksissa ollut selvää kehityssuuntaa.

Tilastoaineiston mukaan Satakunnan alueen maiden kalsiumtila on korkeampi kuin koko maassa keskimäärin. Kun tarkastellaan koko aineistoa, josta yhden tilan tiedot on poistettu (korkeat arvot), havaitaan näiden seuraavan koko Satakunnan alueella tapahtunutta kehitystä. Kalsiumluvut ovat nousseet 1970-luvulla, laskeneet 1980-luvulla ja nousseet taas 1990-luvulla. Jo 1960-luvulla hyvässä viljavuusluokassa olleiden peltojen kalsiumtila laski vuosikymmenten aikana niin, että 1990-luvulla se oli Satakunnan alueen yleisellä tasolla. Tämän yhden tilan peltoja lukuunottamatta kaliumpitoisuudet ovat hienokseltaan nousseet 1980-luvulta 1990-luvulle. Tärkkelysperunaviljelysten 1990-luvun kalsiumtuloksista 68 % kuului välttävään ja tyydyttävään viljavuusluokkaan. Huononlaiseen luokkaan kuului 6 %, hyvään 15 % ja korkeaan 9 % aineistosta. Viimeisten analyysitulosten mukaan kehitys on ollut lievästi nouseva.

Magnesiumtuloksia on vähemmän kuin

muita viljavuusanalyysin tuloksia, koska magneisumääritys liitettiin perustutkimukseen vasta vuonna 1982. Aineistossa on eri vuosikymmeniltä Mg-tuloksia 6, 28, 77 ja 202 kpl.

Perunaviljelysten magnesiumtila on ollut sekä ennen perunanviljelyn aloittamista että tällä hetkellä selvästi Satakunnan maaseutokeskuksen alueen keskimääräistä tasoa alhaisempi. Magnesiumpitoisuudet ovat nousseet 1970-luvulta 1990-luvulle sekä perunaviljelytiloilla että koko Satakunnan alueella. Koko aineistossa hajonta oli magnesiumin osalta pienempää kuin muiden ravinteiden. Myös tässä kahden tilan viljavuusanalyysitulokset vaikuttivat paljon koko aineiston keskimääräiseen magnesium-pitoisuuteen. Magnesiumin osalta suurin osuus (43 %) aineistosta kuului tyydyttävään viljavuusluokkaan. Hyvään viljavuusluokkaan kuului 25 %, välttävään 19 % ja huononlaiseen 9 % aineistosta. Viimeisen analyysituloksen mukaan magnesiumpitoisuudet eivät ole sanottavasti muuttuneet.

Vuosikymmenten aikana Mg:Ca -suhde on kasvanut sekä perunaviljelyksillä että Satakunnan maaseutokeskuksen alueella. Eri tilakombinaatioilla 1990-luvun tulos oli 1:7,4–1:9,5. Suhde on muuttunut magnesiumvoittoisemmaksi. Suurin muutos on tapahtunut 1970-luvun ja 1980-luvun tulosten välillä, jonka jälkeen suhteen kasvu on hidastunut. Satakunnan maaseutokeskuksen alueen peltojen Mg:Ca -suhde on ollut perunaviljelyksiä magnesiumvoittoisempi.

Myös Mg:K -suhde on vuosikymmenten aikana muuttunut yleensä magnesiumvoittoisemmaksi. Tämän vuosikymmenen analyysitulosten mukaan perunaviljelysten Mg:K -suhteet olivat Satakunnan maaseutokeskuksen alueen keskimääräistä tulosta korkeammat ( 1:0,47–1:0,68).

Perunaviljelysten pH oli lähes aina korkeampi kuin Satakunnan maaseutokeskuksen alueen pelloilla keskimäärin. Varsinkin 1980- ja 1990-lukujen tulosten välillä pH:n muutokset olivat vähäisiä. Tuomaskuonaa käyttäneen tilan pH laski 1970-luvulta

1980-luvulle tultaessa selvästi, minkä jälkeen se on pysynyt lähes ennallaan.

Suurin muutos pH:ssa on tapahtunut 1960- ja 1970-lukujen välillä, jolloin tiloilla ei vielä viljelty tärkkelysperunaa. Kun aineistosta poistettiin kahden tilan viljavuusanalyysitulokset (korkeat arvot) nousi pH selvästi myös 1970- ja 1980-lukujen välillä. Mediaani oli 1970-90-luvuilla suurempi kuin keskiarvo, mikä johtui joidenkin hyvin alhaisten pH-tulosten keskiarvoa laskevasta vaikutuksesta.

Suurin osa 1990-luvun pH-tuloksista kuului viljavuusluokkiin hyvä ja korkea (yhteensä 61 %). Arveluttavan korkeaan viljavuusluokkaan kuului 11 %, tyydyttävään 16 % ja välttävään 10 % aineistosta. Viimeisen lohko-kohtaisen viljavuusanalyysituloksen mukaan kehitys 1990-luvulla kulki hienoisesti kohti alhaisempaa pH:tta (liite 4).

## 3.5 Maan viljavuusluvut eri viljelykierroissa

### 3.5.1 Lastuperuna

Lohkot, joilla on viljelty lastuperunaa, jaettiin viljelykierron mukaan kolmeen ryhmään.

- Ryhmään 1 kuului perunan monokulttuuri, jossa perunaa oli viljelty yhtäjaksoisesti vähintään viisi vuotta. Jakson saattoi keskeyttää yksi viljavuosi, jos yhtäjaksoinen perunaviljely oli muuten kestänyt hyvin pitkään. Tässä aineistossa perunaa oli viljelty yhtäjaksoisesti pisimmillään 17 vuotta.
- Ryhmään 2 kuului perunan ja porkkanan viljelykierto.
- Ryhmässä 3 viljeltiin perunan lisäksi viljaa, nurmea tai viherkesantoa.

Maiden ravinnetilaa eri viljelykiertoryhmissä tarkasteltiin lohkon viimeisien analyysitulosten perusteella. Eri ryhmissä happamuuden ja ravinnepitoisuuksien pienimmän ja suurimman arvon välillä oli suuria eroja, mutta keskiarvot (Taulukko 13) ja

**Taulukko 13.** Lastuperunamaiden keskimääräinen happamuus ja ravinnepitoisuudet erilaisissa viljelykiertoissa olleilla lohkoilla. Ryhmä 1 = yhtäjaksoista perunanviljelyä yli viisi vuotta. Ryhmä 2 = perunan ja porkkanan viljelykierto. Ryhmä 3 = perunan lisäksi viljaa, nurmea tai viherkesantoa.

	Lukumäärä kpl	pH	Kalium mg/l	Fosfori mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium Mg/l	Mg:K:Ca
Ryhmä 1	25	5,3	141	21	804	134	1:0,9:6
Ryhmä 2	7	6,1	96	25	1277	228	1:0,4:5
Ryhmä 3	21	5,6	108	17	948	146	1:0,7:7

mediaanit eri viljelykiertoryhmissä olivat lähellä toisiaan.

Perunan monokulttuurissa maan pH oli muita ryhmiä alhaisempi, samoin maan kalsium- ja magnesiumpitoisuudet. Kaliumpitoisuus sitä vastoin oli tässä ryhmässä muita ryhmiä selvästi korkeampi.

Aineistoa tarkasteltiin myös neljän perunan monokulttuurissa olleen lohkon osalta erikseen (Liite 5). Maalajiltaan hietamailta olevilla lohkoilla on viljelty yhtäjaksoisesti perunaa vuodesta 1985. Tarkastelussa ei havaittu selviä suuntauksia, mutta maan pH laski ja Mg/Ca-suhde kasvoi 1990-luvun alkupuolen lukemista.

### 3.5.2 Siemenperuna

Siemenperunaviljelyksillä ei voitu tehdä samanlaista vertailua viljelykierron vaikutuksesta maan ravinnetilään kuin lastu- ja tarkkelysperunalla, koska viljelykierrat eri tiloilla ja eri lohkoilla olivat hyvin samanlaisia. Perunaa viljeltiin korkeintaan kahtena vuonna peräkkäin. Väli vuosia perunanviljelystä oli yleensä vähintään kolme. Tuolloin lohkoilla kasvoi tavallisesti ohraa.

Siemenperunaviljelysten viljavuuden kehittymistä tarkasteltiin muutaman esimerkkilohkon avulla (Liite 6). Lohkot valittiin niin, että niistä oli analyysitietoja mahdollisimman pitkältä ajalta, ja viljavuusanalyysien välisenä aikana oli viljelty perunaa. Tällaisia lohkoja oli aineistossa vähän ja tarkasteluajanjakso jäi myös melko lyhyeksi, pisimmillään yhdeksään vuoteen.

Tilalta 16 tarkastelussa oli kolme lohkoa (1988–97). Kahdella lohkoilla on viljelty pe-

runaa kaksi vuotta ennen vuoden 1988 viljavuustutkimusta. Lohkosta riippuen lohkoilla oli viljelty perunaa 1–4 vuotta ensimmäisen ja viimeisen tässä tarkastelussa olevan viljavuustutkimuksen välillä.

Tarkastelujakson aikana maan pH aleni selvästi. Pieniä poikkeuksia lukuunottamatta kalium- ja fosforipitoisuudet kasvoivat, kaliumpitoisuus selvemmin kuin fosforipitoisuus. Myös kalsiumpitoisuus lohkoilla kasvoi, jos keskimäinen havainto jätettiin huomioimatta (vuosi 1993). Vuonna 1993 kalsiumpitoisuus oli kaikilla lohkoilla alempi kuin muina vuosina. Kahdella lohkoilla magnesiumpitoisuus kasvoi ja yhdellä lohkoilla se pysyi lähes entisellään. Magnesiumin ja kalsiumin suhde kasvoi yhdellä lohkoilla ja pieneni kahdella lohkoilla. Magnesiumin ja kaliumin suhde sitä vastoin laski kaikilla lohkoilla.

Tilalta 17 tarkasteltiin neljää perunalohkoa 1989–96. Kolmella lohkoilla neljästä viljeltiin perunaa kaksi vuotta ennen ensimmäistä viljavuusanalyysia ja kaikilla lohkoilla viljeltiin perunaa viljavuusanalyysien välillä.

Maan pH laski kolmella lohkoilla neljästä ja nousi yhdellä lohkoilla. Maiden kaliumpitoisuus kasvoi kaikilla lohkoilla, samoin fosfori-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet. Magnesiumin ja kalsiumin välinen suhde kasvoi kolmella lohkoilla neljästä ja yhdellä se pysyi ennallaan. Magnesiumin ja kaliumin suhde nousi kahdella ja laski kahdella lohkoilla.

Lohkokohtaisessa tarkastelussa viljavuuslukujen kehityksessä ei ollut selvää suuntausta. Maanäytteen ottopaikka on vaihdellut ja erilaiset viljelytoimenpiteet (lannoitus) ovat vaikuttaneet maiden ravin-

**Taulukko 14.** Tärkkelysperunamaiden keskimääräinen happamuus ja ravinnepitoisuudet erilaisessa viljelykierrossa olleilla lohkoilla. Ryhmä 1 = 4–5 vuotta perunaa, välikasvina vilja tai sokerijuurikas. Ryhmä 2 = 2–3 vuotta perunaa ja 2–3 vuotta sokerijuurikasta tai avomaan juureksia ja vihanneksia. Ryhmä 3 = 2–3 vuotta perunaa ja 2–3 vuotta viljaa, heinää, rypsiä tai kesannoimista.

	pH	Kalium mg/l	Fosfori mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg/K/Ca
Ryhmä 1	6,0	116	40	1467	154	1:0,6:9
Ryhmä 1 (ei sokerijuurikasta)	5,8	155	37	1289	161	1:0,9:8
Ryhmä 2	6,7	113	64	1925	126	1:0,7:12
Ryhmä 3	6,1	120	31	1200	122	1:0,6:10

nepitoisuuksiin. Maan pH on kuitenkin yleensä laskenut ja ravinnepitoisuudet kasvaneet.

### 3.5.3 Tärkkelysperuna

Tärkkelysperunaviljelysten viimeisiä viljavuusanalyysituloksia tarkasteltiin erilaisten viljelykiertojen perusteella (Taulukko 14). Kevyiden kivennäismaiden aineisto jaettiin ryhmiin viimeisen viiden vuoden aikana viljeltyjen kasvien mukaan.

- Ryhmässä 1 kasvoi 4–5 vuotta perunaa.
- Ryhmässä 2 kasvoi 2–3 vuotta perunaa ja 2–3 vuotta sokerijuurikasta, punajuurta, porkkanaa, purjoa tai kaalia.
- Ryhmässä 3 kasvoi 2–3 vuotta perunaa ja 2–3 vuotta viljaa, rypsiä tai heinää, tai maa oli kesannolla.

Ryhmä 1 oli suurin. Siinä perunan välikasvina oli yleensä jokin vilja, mutta muutamassa tapauksessa myös sokerijuurikas. Ryhmää 1 tarkasteltiin sokerijuurikkaan kanssa ja ilman sokerijuurikasta. Ilman sokerijuurikasta tarkasteltuna ryhmän keskimääräinen pH oli muita alhaisempi, mutta kalium- ja magnesiumpitoisuudet olivat muita ryhmiä korkeampia. Jos ryhmään otettiin mukaan muutama sellainen lohko, jossa yhtenä vuonna viidestä on viljelty sokerijuurikasta, nousivat pH ja kalsiumpitoisuus selvästi ja fosforipitoisuus lievemmin. Kaliumpitoisuus laski selvästi ja magnesiumpitoisuus lievästi.

Ryhmässä 2 on perunan lisäksi kasva-

tettu sokerijuurikasta, punajuurta, porkkanaa, purjoa tai kaalia. Tässä ryhmässä maan pH sekä fosfori- ja kalsiumpitoisuudet olivat selvästi korkeampia kuin muissa ryhmissä. Kaliumpitoisuus oli samaa tasoa kuin muissa ryhmissä paitsi pääasiallisesti perunalla olleiden lohkojen ryhmässä. Sen kaliumpitoisuus oli selvästi muita ryhmiä korkeampi.

Ryhmässä 3 peruna vuorotteli viljan, heinän, rypsin ja kesannon kanssa. Tässä ryhmässä pH ja kaliumpitoisuus olivat samaa tasoa kuin ryhmässä 1. Ryhmän fosfori-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet olivat kuitenkin selvästi ryhmän 1 tuloksia alhaisempia.

Eri ryhmät ovat sisäisesti heterogeenisia. Kuitenkin niiden välillä on nähtävissä joitakin eroja. Sokerijuurikasta ja avomaan juureksia ja vihanneksia sisältäneen kierron pH sekä fosfori- ja kalsiumpitoisuudet olivat selvästi korkeammat kuin muissa kierroissa. Useimmin perunalla olleella ryhmällä oli korkeimmat Mg-pitoisuudet.

Magnesiumin ja kaliumin välinen suhde oli samansuuruinen eri viljelykiertoryhmissä. Perunaa eniten sisältävässä ryhmässä (ryhmä 1) kaliumia oli magnesiumiin nähden vähiten. Tilanne kuitenkin muuttui täysin, jos tästä ryhmästä poistettiin niiden lohkojen tulokset, joilla oli yhtenä vuonna viidestä viljelty sokerijuurikasta. Sokerijuurikasta runsaasti sisältävässä ryhmässä kaliumia oli eniten magnesiumiin nähden ja perunaa eniten sisältävässä ryhmässä vähiten.



### 3.5.3.1 Lohkokohtainen tarkastelu

Myös joidenkin yksittäisten lohkojen ravinnepitoisuuksien kehittymistä tarkasteltiin (Liite 7). Vaikka monilla lohkoilla on viljelty perunaa pitkiäkin aikoja yhtäjaksoisesti, ei viljavuuden kehittymisestä pelkästään perunanviljelyssä olleilla lohkoilla saada tietoa tämän aineiston pohjalta. Esimerkiksi välikasvina olleella sokerijuurikkaalla on ollut suuri vaikutus ravinnepitoisuuksiin. Maa-analyyysien tuloksia ei ole ollut käytettävissä niiltä ajoilta, jona yhtäjaksoista perunanviljelyä on harjoitettu. Käytettävissä olevat analyysitulokset sijoittuvat usein niin, että perunaa on viljelty yhtäjaksoisesti ennen viljavuusanalyysiä ainoastaan muutamana vuoden ajan. Myös perunalohkon paikka ja koko on vaihdellut vuosien kuluessa. Maanäytteiden ottopaikat viljavuusanalyysiä varten ovat vaihdelleet, eikä ottopaikkaa ole aina merkitty kartalle. Jos perunalohkolta on otettu samana vuonna useampi maanäyte, käytetään tässä tarkastelussa tulosten keskiarvoa. Pisimmillään perunan monokulttuurina on harjoitettu viljelemällä tärkkelysperunaa yhtäjaksoisesti jopa 20 vuotta. Tällä vuosikymmenellä näillä pitkään perunalla olleilla lohkoilla on alettu viljellä myös muita kasveja.

Osalla ensimmäisestä esimerkkilohkosta (numero 20001) on viljelty perunaa 30 vuotta, mutta kahdeksana viimeisenä vuonna lohkolta on viljelty ainoastaan perunaa. Ennen kuin koko lohkoa on käytetty perunanviljelyyn, se on ollut osittain sokerijuurikkaan viljelyssä ja laitumena. Lohkon pH ja ravinnepitoisuudet ovat pääsääntöisesti nousseet vuodesta 1969 lähtien. Poikkeuksena on fosfori, jonka pitoisuus on vuosien kuluessa noussut voimakkaasti vuoden 1969 arvosta, mutta tarkastelujakson kahden viimeisen vuoden aikana se on laskenut selvästi. Viljavuusluvut ovat vaihdelleet selvästi, niistä eniten kaliumpitoisuudet. Tilalla on käytetty lannoitteena solunestettä, joka sisältää paljon kaliumia. Kahdeksan viimeisen vuoden aikana maan kalsium- ja

magnesiumpitoisuudet ovat nousseet selvästi. Fosfori ja kaliumpitoisuudet nousivat perunanviljelyn alussa, mutta laskivat kahden viimeisen vuoden aikana.

Toinen esimerkkilohko (05007) on multavaa karkeaa hietaa, jolla on viljelty tärkkelysperunaa 11 vuotta ennen ensimmäistä käytettävissä ollutta viljavuusanalyysitulosta. Tällöin perunamaan pH ja ravinnetila fosforia lukuunottamatta oli viljavuusluokissa huono ja huononlainen. Viiden tärkkelysperunavuoden jälkeen maan pH ja ravinnetila olivat kohentuneet selvästi. Magnesiumin suhde kaliumiin tuli magnesiumivoittoisemmaksi. Sitävastoin magnesiumin ja kalsiumin välinen suhde muuttui kalsiumivoittoisemmaksi todennäköisesti kalkituksen vuoksi, jolloin myös pH nousi.

Lohkolla viljeltiin vielä kolme vuotta perunaa ja vuosi sokerijuurikasta, jonka jälkeen tehtiin viljavuusanalyysi. Sen tuloksissa kuvastuivat enemmän sokerijuurikkaan kuin perunan vaatimukset. Maan pH, fosfori- ja kalsiumpitoisuudet kasvoivat selvästi ja magnesiumpitoisuus lievemmin. Kaliumpitoisuus sitävastoin laski. Magnesiumin suhde kaliumiin oli muuttunut entistäkin magnesiumivoittoisemmaksi, mutta kalsiumin suhde magnesiumiin oli taas muuttunut kalsiumivoittoisemmaksi.

Kolmannella esimerkkilohkolla (05018), joka on vähämultaista karkeaa hietaa, on viljelty tärkkelysperunaa kahdeksan vuoden ajan. Lohkolta on viljavuusanalyysitulokset vuosilta 1990 ja 1997. Tärkkelysperunan viljelyn seurauksena maan fosforipitoisuus nousi 86 %, ja kalsium- ja magnesiumpitoisuudet nousivat yli kaksinkertaisiksi. Kaliumpitoisuus kasvoi vähän (noin 18 %) ja pH pysyi ennallaan. Magnesiumin suhde kaliumiin muuttui magnesiumivoittoisemmaksi, mutta magnesiumin suhde kalsiumiin pysyi lähes samana. Muutosten jälkeenkin ravinnepitoisuudet maassa olivat tyydyttävää viljavuusluokkaa alempia lukuunottamatta fosforia, jonka pitoisuus oli luokassa hyvä.

### 3.6 Tulosten tarkastelu

Perunantuotannossa olevilla peltolohkoilla on enemmän fosforia kuin vastaavien maaseutukeskusten alueen kevyillä kivennäismailla keskimäärin. Tärkkelysperunantuotannossa olevien peltojen fosforipitoisuus on erityisen korkea, mikä perunanviljelyn lisäksi selittyy runsaasti fosforia vaativan sokerijuurikkaan viljelyllä. Sokerijuurikkaan vaikutus oli selvästi nähtävissä viljelykiertotarkastelussa, jossa sen mukanaolo nosti maan fosforipitoisuutta. Lannoitustietojen mukaan lastuperunan fosforilannoitus on viime vuosien aikana vähentynyt selvästi. Se johtuu lannoitussuosituksen alenemisesta 1990-luvulla ja tilojen sitoutumisesta maatalouden ympäristötukiohjelmaan. Taselaskelmien mukaan mukulasadon mukana poistui yleensä selvästi vähemmän fosforia kuin sitä lannoituksessa annettiin. Viljavuusanalyysin tulosten mukaan lastuperunamaiden fosforitila on viime aikoina laskenut, tärkkelysperunamailla pysynyt lähes ennallaan ja siemenperunaviljelyksillä kasvanut lievästi.

Kaliumia perunantuotantolohkoilla oli 1990-luvulla vähemmän kuin vastaavien maaseutukeskusten alueella keskimäärin, ja aineisto sijoittui suurimmaksi osaksi viljavuusluokkiin välttävä ja tyydyttävä. Lastuja ja tärkkelysperunan taselaskelman mukaan lastuperunalle annettiin keskimäärin enemmän kaliumia kuin mukulasadossa poistui. Sitä vastoin tärkkelysperunan kaliumlannoitus oli niukempaa, ja sitä annettiin keskimäärin mukulasadon ottama määrä. Tulokset vastaavat perunan eri käyttömuotojen lannoitussuosituksia.

Tarpeellisena mukulan kaliumpitoisuutena korkean tärkkelyspitoisuuden saavuttamiseksi pidetään 1,8 % kuiva-aineesta. Sitä suuremmat pitoisuudet alentavat tärkkelyspitoisuutta (Westermann et al. 1994). Useat tutkijat uskovat, että kloori vaikuttaa tärkkelyspitoisuuden laskuun enemmän kuin kalium. Useissa Euroopan maissa kaliumlannoitus annetaan nimittäin kaliumkloridina (Kuisma 1991). Tässä aineistossa kaliumlannoitus annettiin kuitenkin lähes

aina kaliumsulfaattina. Kalium vaikuttaa myös perunan laatuun. Kun perunan kuiva-aineen kaliumpitoisuus on yli 2,5 %, jäävät mustelmoituminen ja tummuminen vähäisiksi. Riittämättömän kaliumlannoituksen vuoksi pelkistävien sokereiden muuttuminen tärkkelykseksi hidastuu (Kuisma 1991). Aineistossa ei havaittu selvää riippuvuutta lannoituksen ja tärkkelyspitoisuuden välillä, mutta suuremman tärkkelyspitoisuuden tiloilla käytettiin keskimäärin vähemmän kaliumia. Vastaavia havaintoja on tehty yleisesti (Varis 1973, Kuisma 1991). Solunestettä käyttäneillä tiloilla kaliumlannoitus oli kaikkein runsainta, ja niiden poistaminen aineistosta poisti myös riippuvuuden tärkkelyspitoisuuden ja kaliumlannoituksen väliltä nyt tarkastellussa aineistossa.

Kalium on vahva kilpailija kasvien ravinteidenotossa (Mengel & Kirkby 1978). Peruna voi ottaa maasta kaiken irrotettavissa olevan kaliumin, vaikka ei tarvitsisikaan sitä sadonmuodostukseen (Kuisma 1991), ja hietamaan kaliumpitoisuus voi laskea muutamassa vuodessa jyrkästi (Yli-Halla et al. 1987). Tässä tutkimuksessa ei maan kaliumpitoisuuden ja perunoiden tärkkelyspitoisuuden välillä havaittu riippuvuutta.

Yksi tärkeimmistä kaliumin kasveille käyttökelpoisuuteen vaikuttavista tekijöistä on maan rakenne. Esimerkiksi savimailla on hietamaita suurempi puskurikapasiteetti ylläpitää kaliumpitoisuutta maanesteessä. Eloperäiset ja karkearakeiset maat tarvitsevat enemmän kaliumlannoitusta, koska niillä huuhtoutuminen on suurempaa (Mengel & Kirkby 1978). Kaliumpitoisuudet vaihtelivat ajan kuluessa selvemmin kuin muut ravinnepitoisuudet mahdollisesti huuhtoutumisen ja lannoituksen vuoksi.

Peruna pystyy kasvamaan hyvin alhaisessa pH:ssa ja siksi perunamaita ei ole juurikaan kalkittu. Kalkitsemisen on myös pelätty lisäävän rupisuutta (Kuisma 1994). Sokerijuurikkaan ja avomaan juuresten ja vihannesten pitäminen viljelykierrossa on nostanut selvästi kyseisten peltolohkojen pH:ta. Keskimääräinen maan happamuus on lisääntynyt viimeisten vuosikymmenten aikana lastu- ja tärkkelysperunantuotan-

nossa. Kehitys on havaittavissa myös yksittäisten lohkojen viljavuuden kehittymisessä. Kalsiumin niukkuuden haitat ovat alkaneet yleistyä happamilla mailla, kun kaliumlannoitusta on lisätty perunan laadun varmentamiseksi. Myös sadetus on lisännyt kalkin puutosoireita karkeilla, helposti huuhtoutuvilla mailla (Kuisma 1994).

Koska kalsium siirtyy heikosti vanhoista lehdistä nuoriin samoin kuin kasvuston latvaosista mukuloihin, pitää kasvien riittävä kalsiuminsaanti turvata koko kasvukauden ajaksi. Erityisen tärkeää on huolehtia kalsiumin saannista mukulanmuodostuksen aikana (Kuisma 1994). Koska perunan mukula ei voi saada kalsiumia haihdutusimun avulla, se ottaa kalsiumia suoraan maasta kuoren läpi (Mengel & Kirkby 1978).

Perunan varsistossa kalsium parantaa yhteyttämisvalmiutta magnesiumin tavoin. Siemenperunan korkea kalsiumpitoisuus lisää itämiskapasiteettia, ja kalsiumin puute aiheuttaa itujen epätäydellisen kehittymisen, Tästä seuraa hidas taimettuminen ja kasvuston jääminen aukkoiseksi (Kuisma 1994). Kalsiumilla on tärkeä tehtävä soluseinien pektiiniyhdisteissä. Runsaasti kalsiumia sisältävä soluseinäpektiini liukenee huonosti ja soluseinien rakenne säilyy hyvin, jolloin peruna säilyttää kiinteän rakenteensa ruokateollisuuden tuotteissa (Kuisma 1994).

Perunan riittävän kalsiuminsaannin turvaamiseksi maan kalsiumpitoisuuden tulisi olla yli 1000 mg/l (Kuisma 1990). Tässä aineistossa ainoastaan tärkkelysperunaviljelysten keskimääräinen kalsiumpitoisuus oli selvästi tämän rajan yläpuolella. Sitä vastoin juuri lastu- ja siemenperunaviljelyksillä, joiden kalsiumpitoisuuden erityisesti pitäisi olla riittävä, kalsiumpitoisuudet jäivät alle 1000 mg/l tai saavuttavat sen niukasti. Siemenperunaviljelyksillä suuntaus on ollut laskeva, ja lastuperunaviljelyksillä kalsiumpitoisuus on viimeisten kahden vuosikymmenen aikana pysynyt käytännössä samana. Kalsiumpitoisuuksissa on viljavuuspalvelun tilastoaineiston mukaan eroja maakunnittain. Satakunnan maaseutukeskuk-

sen alueella keskimääräinen kalsiumpitoisuus on ollut selvästi korkeampi kuin ruotsinkielisellä Pohjanmaalla ja Oulun maaseutukeskuksen alueella keskimäärin. Näillä alueilla keskimääräinen pitoisuus on ollut 1100 mg/l tasolla (Kurki 1982, Kähäri et al. 1987).

Jokisen (1977) tutkimuksessa perunan magnesiumlannoitus lisäsi merkittävästi perunan satoa mailla, jotka sisälsivät vähän magnesiumia (alle 100 mg/l). Magnesiumlannoituksella ei kuitenkaan ollut vaikutusta perunan tärkkelyspitoisuuteen eikä rupisuuteen. Tässä tutkimuksessa kaikilla perunanviljelymuodoilla maiden keskimääräiset magnesiumpitoisuudet olivat selvästi yli 100 mg/l. Lannoitustietojen mukaan magnesiumia kuitenkin annettiin lastu- ja tärkkelysperunalle keskimäärin 20 kg/ha vuodessa, josta palautui maahan keskimäärin 14 kg/ha lastuperunalla ja 10 kg/ha tärkkelysperunalla. Kaikilla perunanviljelymuodoilla maiden magnesiumpitoisuudet kasvoivat viimeisten vuosikymmenten aikana. Suurinta kasvu oli siemenperunamailla.

Suomalaisissa perunamaissa on yleisesti liian vähän kalsiumia. Sen sijaan magnesiumin saanti on turvattu paremmin (Kari 1998), sisältäväthän perunanviljelyssä yleisimmin käytettävät lannoitteetkin 2–2,5 kertaa enemmän magnesiumia kuin kalsiumia, ja lisäksi käytetään magnesiumin lisälannoitusta. Ero tulee vielä selvemmin esille, kun tarkastellaan magnesiumin ja kalsiumin suhteita ainemäärinä tai atomien lukumäärinä, joina kasvitkin ne tuntevat. Maan magnesiumin ja kalsiumin välisen suhteen optimina pidetään 1/10 (Kuisma 1996). Tässä aineistossa tärkkelysperunamailla suhde on lähellä optimia, mutta siemen- ja lastuperunaviljelyksillä se on kaukana optimista. Viimeisten vuosikymmenten aikana suhde on muuttunut magnesiumvoittoisemmaksi siemen- ja tärkkelysperunaviljelyksillä, lastuperunaviljelyksillä suhde on pysynyt samana.

Suomalainen peruna sisältää selvästi vähemmän kalsiumia kuin hollantilainen peruna, mutta suomalaisen perunan magnesiumipitoisuus on hollantilaista korkeam-



pi (Kari 1998). Tämän aineiston perusteella ei voida vastata kysymykseen, johtuuko tämä perunan lannoituksesta vai magnesiumin ja kalsiumin välisestä suhteesta maassa. Viljelymaidemme magnesiumipitoisuus ja Mg/Ca-suhde on kasvanut. Myös lannoituksessa annetaan keskimäärin enemmän magnesiumia kuin kalsiumia. Kuitenkin astiakokeiden tulosten mukaan mailla, joiden Mg:Ca -suhde oli korkea, ylimääräinen magnesiumlannoitus ei alentanut ruokateollisuusperunan kalsiumpitoisuutta. Sitävastoin mukulapesän kuivuus haittasi kalsiumin ottoa ja alensi mukuloiden Ca-pitoisuutta (Saarela I., suullinen tieto, Maatalouden tutkimuskeskus 11.2. 1999). Myöskään Variksen (1973) kenttäkokeessa magnesiumlannoitus ei vaikuttanut mukuloiden Ca-pitoisuuteen, mutta kaliumlannoitus laski sitä. Perunan kalsiumin saannin turvaaminen vaatii lisätutkimuksia.

Viljelykierrat vaihtelevat perunatyypin ja eri lohkojen välillä. Monokulttuuria tai usein toistuvaa perunan viljelyä samoilla lohkoilla on harjoitettu erityisesti tärkkelys- ja lastuperunantuotannossa. Siemenperunalohkoilla on käytetty viljelykiertoa, jossa välikasvina on ollut yleensä ohra. Perunanviljelyssä pitkään olleille lohkoille oli tyyppistä alhainen pH. Yleisenä kehityksenä lohkotasolla on ollut ravinnepitoisuuksien kasvu ja pH:n lasku. Välikasveilla on kuitenkin suuri vaikutus maiden ravinnetilaan ja happamuuteen, esimerkiksi sokerijuurikkaan viljely välikasvina on nostanut maiden pH:ta ja Ca-pitoisuutta selvästi.

## 4 Mukulasadon ulkoinen laatu ja kasvitaudit

Hävittettäviä tai torjuttavia kasvitauoja ei todettu tutkituissa näytteissä. Siemenperunassa kiellettyä maltokaarivirusta esiintyi tärkkelysperunaviljelmillä. Lastuperunaviljelmillä mukuloissa oli ruosterenkaita, jotka

todennäköisesti ovat maltokaariviruksen aiheuttamia, vaikka oireita ei varmennettu maltokaariviroosiksi. Kesän 1997 tärkkelysperunalohkoista 28 % oli maltokaariviruksen saastuttamia ja kesällä 1998 tautia löytyi 12 %:lla lohkoista. Tärkkelysperunan tuotannossa viruksen tartuttamia lohkoja oli kutakuinkin odotetusti (Kurppa 1989, Kurppa & Kuusela 1998).

Lastuperunalohkoista 12–70 %:lla löytyi ruosterenkaisia mukuloita tarkkailujaksolla 1993–97. Tauti oli yllättävän yleinen, mutta saastuneiden lohkojen osuus näytti vähenevän tutkimusjaksolla ilmeisesti parantuneen laadunvalvonnan ansiosta.

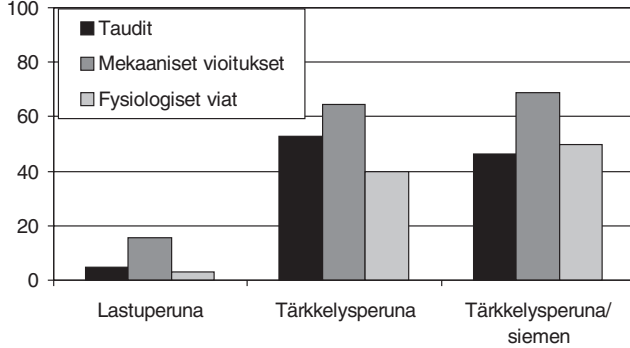
Sadon ulkoista laatua heikentäviä vikoja oli tärkkelysperunassa ja tärkkelysperunatuotannon siemenperunassa selvästi enemmän kuin lastuperunassa. Näytteissä oli erilaisia mekaanisia vikoja enemmän kuin mitään muita vikoja. Tärkkelysperunan mukuloista yli 60 % oli kolhiintuneita, ja niissä oli lisäksi paljon fysiologisia vikoja. Lastuperunassa mekaanisesti vioittuneiden mukuloiden osuus oli alle 20 % (Kuva 2, Kuva 4).

Tärkkelysperunassa esiintyi *Phoma*- ja *Fusarium*-sienten aiheuttamia kuivamätiä lähes 40 %:ssa mukuloista. Tärkkelysperunan siementuotannossa alle 20 % mukuloista oli kuivamätäisiä, vaikka mekaanisia vikoja oli yhtä paljon kuin tärkkelykseksi tuotetussa sadossa. Lastuperunoissa, jotka analysoitiin heti noston jälkeen, kuivamätäoireet eivät vielä olleet ehtineet puhjeta (Kuva 3).

Tärkkelysperunan siemenessä keskimäärin yli 25 % mukuloista oli rupisia ja lisäksi yli 40 %:ssa mukuloista oli seittirupea. Ruven ja seittiruven osalta yksikään tutkituista siemenieristä ei täyttänyt terveystarkastetulle siemenelle asetettuja vähimmäisvaatimuksia. Tärkkelysperunanäytteissä rupea oli vähemmän kuin siemenperunassa. Lastuperunassa rupi oli yleisin tautiongelmia, mutta vain 5 % mukuloista oli rupisia. Lastuperunoista ei määritetty seittiruven määrää (Kuva 3, Kuva 5).

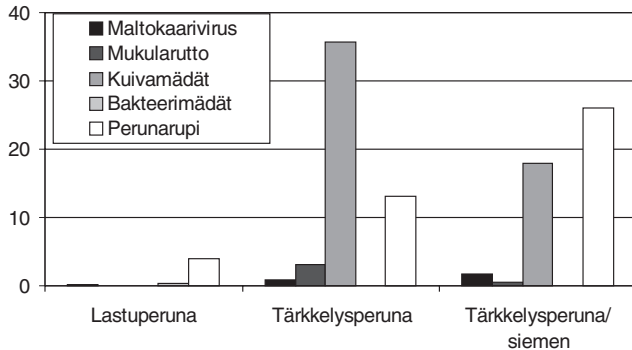
Harmaahilseen määrä arvioitiin vain tärkkelysperunasta ja tärkkelysperunan sie-

% tutkituista mukuloista



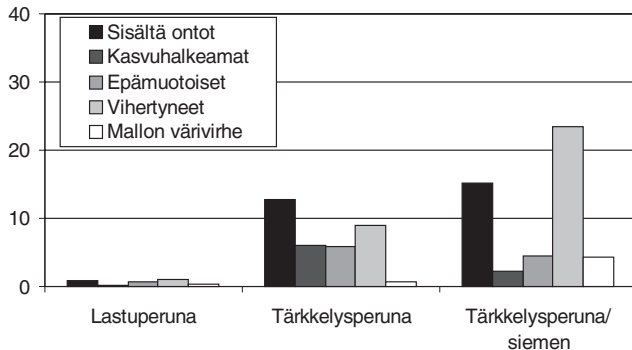
**Kuva 2.** Tautien, mekaanisten ja fysiologisten vioitusten esiintyminen lastuperunan, tärkkelysperunan ja tärkkelysperunan siementuotannon sadossa.

% tutkituista mukuloista



**Kuva 3.** Perunan laatua pilaa-vien kasvitautien esiintyminen lastuperunan, tärkkelysperunan ja tärkkelysperunan siementuotannon sadossa.

% tutkituista mukuloista



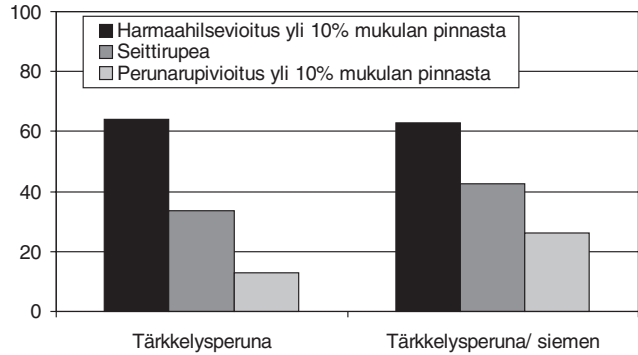
**Kuva 4.** Perunan laatua pilaa-vien fysiologisten vioitusten esiintyminen lastuperunan, tärkkelysperunan ja tärkkelysperunan siementuotannon sadossa.

mentuotannosta. Tärkkelysperunaerissä harmaahilsettä oli yli 95 %:ssa mukuloista. Tärkkelysperunanäytteissä oli yli 60 % mukuloita, joiden pinnasta yli 10 % oli taudin runteleimia. Harmaahilsettä oli yhtä paljon tärkkelysperunassa ja tärkkelysperunan sie-

menessä (Kuva 5).

Tärkkelysperunan siemenessä oli erittäin paljon vihertyneitä, onttoja ja epämuotoisia mukuloita, mikä osaltaan johtuu perunaseitin runsaudesta. Lastuperunassa fysiologisia vikoja oli erittäin vähän (Kuva 3).

% tutkituista mukuloista



**Kuva 5.** Harmaahilseen, perunaseitin ja perunaruven esiintyminen tärkkelysperunan ja tärkkelysperunan siementuotannon sadossa.

## 5 Maan fosforitilan muutokset ja fosforikuormitus

### 5.1 Mallin parametrisointi

Kenttäkokeen perunakasvuston ensimmäinen korjuukerta (6.8.) ajoitettiin siten, että varret olivat kasvaneet täyteen laajuuteensa. Toiseen korjuukertaan (1.9.) mennessä varsien sisältämä kuiva-ainemäärä oli jo hiukan pienentynyt, ja mukulasato oli kas-

vanut kolmessa viikossa kaksinkertaiseksi (Taulukko 15). Näiden tulosten perusteella malliin saatiin seuraavat lukuarvot: maanpäällisen ja maanalaisen biomassan suhde, mukuloiden kuiva-ainepitoisuus ja mukuloiden C:N-suhde (Taulukko 16). Muut arvot on saatu kirjallisuudesta. Omassa kenttäkokeessa kasvatettujen perunoiden typpi-pitoisuus oli alempi kuin Saarelan et al. (1995) esittämien tulosten perusteella voidaan laskea. Kasvukauden sateisten ja viileiden olojen takia päätettiin simuloinneissa käyttää kirjallisuudesta saatujen suurempien aineistojen pohjalta laskettuja N:P -suhteen arvoja omien mittaustulosten asemesta.

**Taulukko 15.** Perunakasvuston määrä ja koostumus kahdella korjuukerralla vuonna 1998 tehdyssä kenttäkokeessa.

Kasvinosa, lajike ja nostopäivä	Tuore-sato kg/ha	Kuiva-ainesato kg/ha	N %	C %	C:N	P g/kg	N:P	Kuiva-aine %
<b>Mukulat</b>								
Asterix 7.8.	23 700	4090	0,85	38,1	45	-	-	17
Asterix 1.9.	43 600	9320	0,76	39,5	52	2,5	3,1	21
Bintje 7.8.	27 300	5050	0,95	38,4	41	-	-	19
Bintje 1.9.	46 200	9890	0,74	38,2	52	2,6	2,8	21
<b>Varret ja tyvet</b>								
Asterix 7.8.	26 980	2710	2,38	37,1	16	-	-	10
Asterix 1.9.	23 160	2120	2,75	36,3	13	4,1	6,7	9
Bintje 7.8.	26 280	2280	2,65	38,7	15	-	-	9
Bintje 1.9.	22 800	2050	2,55	36,3	14	4,0	6,4	9

**Taulukko 16.** Maan fosforitilan muutosten ja fosforikuormituksen simuloinneissa käytetyt kasviparametrien arvot.

Parametri	Arvo	Peruste
Optimisato (mukuloiden tuorepaino)	40 000 kg/ha	Tällöin toteutuva sato on keskimäärin 30 000 kg/ha
Kasvun lämpötilaraja	6 °C	
Tarvittava lämpösomma	1200 °C	
Suurin lehtialaindeksi	5,0	Karvonen & Kleemola 1995
Maanalaisen kuiva-ainemäärän suhde varsien kuiva-ainemäärään	4,5	Oma kenttäkoe *
Mukuloiden osuus maanalaisesta kuiva-ainemäärästä	0,9	Arvio
Mukuloiden kuiva-ainepitoisuus	21 %	Oma kenttäkoe *
Mukuloiden C:N	77	Oma kenttäkoe *
Mukuloiden N:P	5,6	Laskettu Saarelan et al. (1995) tuloksista
Varsien C:N	22	Oma kenttäkoe *
Varsien N:P	12	Oletus: sama arvo kuin sokerijuurikkaan naateissa

\* Maatalouden tutkimuskeskuksen kenttäkoe kesällä 1998 Jokioisissa

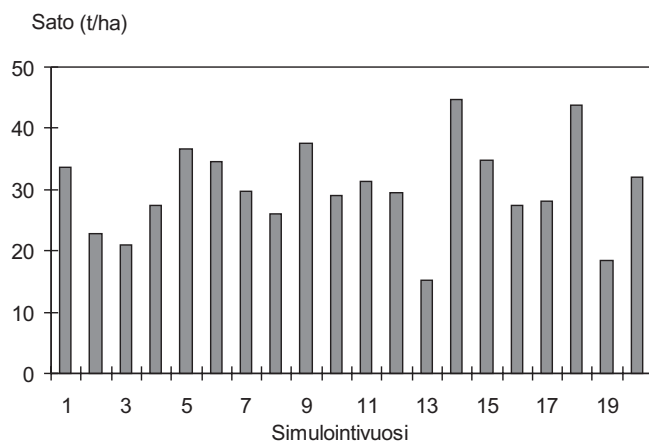
## 5.2 Simuloitu perunasato, eroosio ja fosforikuormitus

Simuloitu keskimääräinen perunasato oli 30,2 t/ha ja se vaihteli vuosittain 15,1 t/ha:sta 44,7 t/ha:aan (Kuva 6). Simuloidun mukulasadon mukana pellolta poistui fosforia keskimäärin 13,5 kg/ha (vaihteluväli 6,8–20,0 kg/ha, Kuva 7). Pintavalunnan määrä oli 30–150 mm vuodessa (Kuva 8).

Simuloitaessa perunanviljelyä perus-

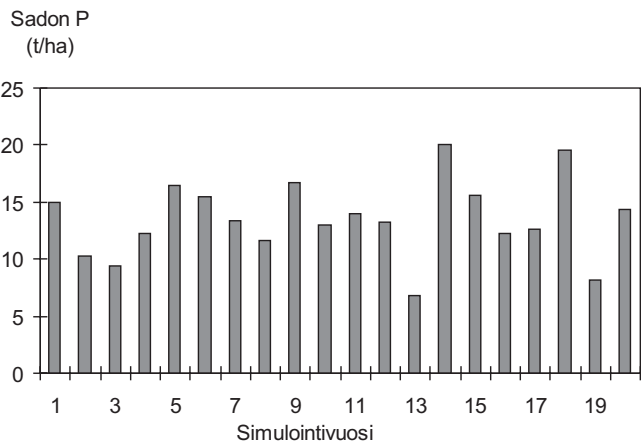
tason mukaisella lannoituksella maan P-luku nousi erityisesti korkeimmissa viljavuusluokissa (Kuvat 9 ja 10). Nousu oli hie-man suurempaa yhtäjaksoisessa perunanviljelyssä kuin ohran ja perunan viljelykierrossa, jossa lannoitusmäärä oli ohran mukanaolon takia jonkin verran pienempi. Alimmalla simuloidulla maan P-tasolla maan P-luvun nousu on vähäisintä.

Arveluttavan korkeassa P-tilassa olevalla maalla tarkennetun tason mukaisella P-lannoituksella (0 kg/ha) P-luku laski

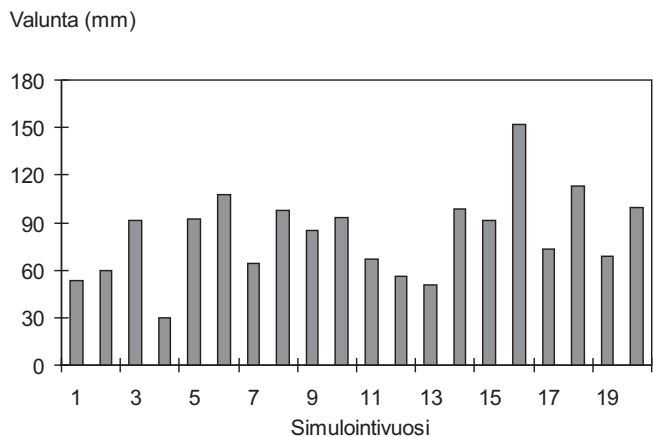


**Kuva 6.** Simuloitu vuotuinen perunasato.

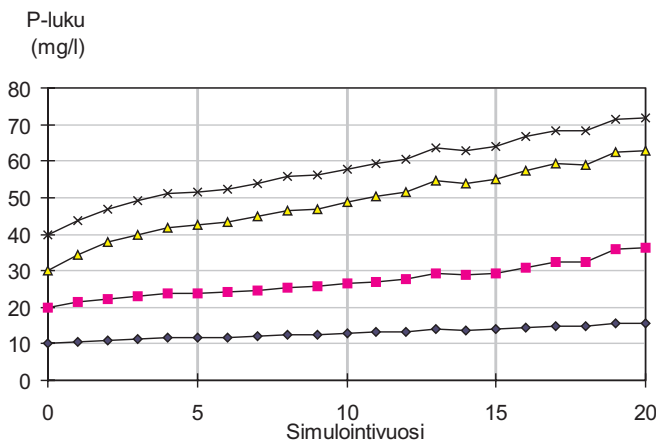
**Kuva 7.** Simuloitujen mukulasatojen sisältämä fosforimäärä.



**Kuva 8.** Simuloitu vuotuinen pintavalunta.

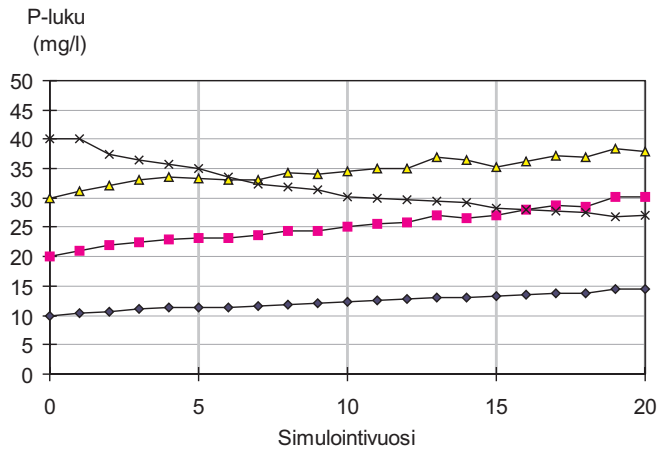


**Kuva 9.** Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden (viljavuusanalyysin P-luku) simuloitu kehitys perunan viljelyssä perustason mukaisella P-lannoituksella (40 kg/ha) neljällä P-luvun erilaisella alkuarvolla (10, 20, 30 ja 40 kg/ha).

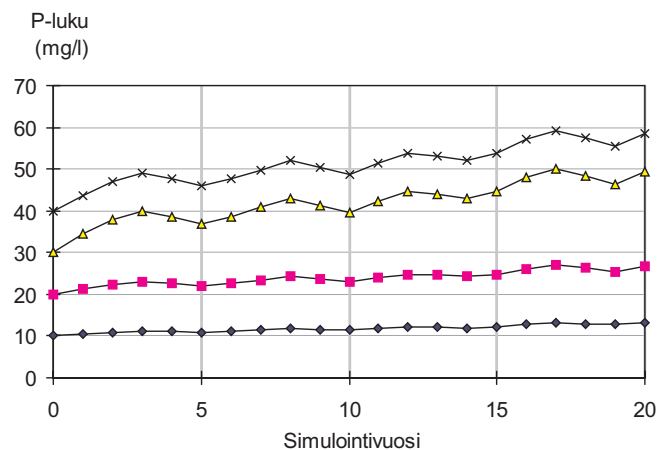


(Kuva 11 ja 12). Muissa viljavuusluokissa P-luku nousi. Viljavuusluokissa hyvä ja korkea P-luvun nousu oli huomattavasti vähäi-

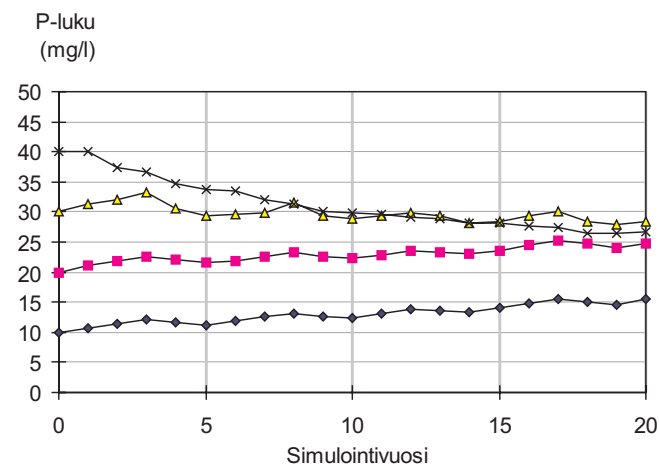
sempää kuin perustason lannoituksella, koska tarkennetun tason P-lannoitus on näissä luokissa alempi. Peruna-ohraviljely-



**Kuva 10.** Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden (viljavuusanalyysin P-luku) simuloitu kehitys perunan viljelyssä tarkennetun tason mukaisella P-lannoituksella neljällä P-luvun erilaisella alkuarvolla (10, 20, 30 ja 40 kg/ha).



**Kuva 11.** Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden (viljavuusanalyysin P-luku) simuloitu kehitys viljelykierrossa, jossa on kolme vuotta perunaa ja kaksi vuotta ohraa perustason mukaisella P-lannoituksella (peruna 40 kg/ha, ohra 15 kg/ha) neljällä P-luvun erilaisella alkuarvolla (10, 20, 30 ja 40 kg/ha).



**Kuva 12.** Maan helppoliukoisen fosforin pitoisuuden (viljavuusanalyysin P-luku) simuloitu kehitys viljelykierrossa, jossa on kolme vuotta perunaa ja kaksi vuotta ohraa tarkennetun tason mukaisella P-lannoituksella neljällä P-luvun erilaisella alkuarvolla (10, 20, 30 ja 40 kg/ha).

**Taulukko 17.** Simuloitu fosforikuormitus eri fosforitilaa edustavilta pelloilta, joiden kaltevuus on 2 %.

Viljavuusluokka	Liuennut P kg/ha		Kiintoainekseen sitoutunut P kg/ha	
	Vaihteluväli	Keskiarvo	Vaihteluväli	Keskiarvo
Tyydyttävä	0,07 - 0,31	0,18	0,01 - 0,93	0,18
Hyvä	0,10 - 0,48	0,27	0,01 - 1,23	0,22
Korkea	0,12 - 0,56	0,31	0,01 - 1,38	0,25
Arveluttavan korkea	0,12 - 0,59	0,33	0,01 - 1,43	0,25

kierrossa P-luku nousi viljavuusluokassa tyydyttävä 20 vuoden simuloinneissa 10 mg/l:sta 16 mg/l:aan. Muissa viljavuusluokissa P-luku näytti asettuvan 25 mg/l ja 30 mg/l välille 15–20 vuodessa.

Pellon alkuperäinen P-tila vaikutti myös simuloitun fosforikuormituksen suuruuteen (Taulukko 17). Vaikka kuormituksen vuotuinen vaihtelu oli suurta, simuloinneissa näkyi helppoliukoisen ja kiintoainekseen sitoutuneen fosforin kasvu korkeampiin viljavuusluokkiin mentäessä. Suuret vuotuiset vaihtelut kiintoainekseen sitoutuneen fosforin osalta selittyvät sillä, että eroosiomäärät vaihtelivat, ja simuloitu eroosio oli useana vuotena äärimmäisen vähäistä (< 10 kg/ha vuodessa). Viljavuusluokalla ei luonnollisesti ollut vaikutusta eroosiomääriin. Fosforikuormitus oli aavistuksen suurempi pelkän perunan viljelyssä perustuen mukaisella lannoituksella kuin ohraa ja perunaa sisältävässä viljelykierrossa tarkennetun tason mukaisella lannoituksella. Ero on kuitenkin merkityksetön pellon P-tilan vaikutukseen verrattuna.

**Taulukko 18.** Pellon kaltevuuden vaikutus eroosioon ja eroosioaineksen fosforipitoisuuteen.

Kaltevuus %	Eroosio kg/ha	Eroosio- aineksen P kg/ha
0,1	2	<0,1
1	18	<0,1
2	152	0,3
4	1075	1,4

Pellon kaltevuudella ei pienimmillä kaltevuuksilla (0,1 %, 1 % ja 2 %) ollut vaikutusta simuloituun maan P-luvun kehitykseen. Näissä simuloinneissa pellon P-luku oli alunperin 20 mg/l. Eroosioaineksen mukana poistui kaltevimmalta pellolta sen verran enemmän fosforia, että se näkyi vähän myös maan P-luvussa. Kaltevimmalla pellolla (4 %) maan P-luku nousi 20 vuoden simuloinneissa 14 mg/l muiden noustessa 15 mg/l. Kaltevuuden lisääntyessä simuloitu eroosiomäärä kasvoi, mikä puolestaan vaikutti ratkaisevasti pintavaluntaveden kuljettamaan kiintoainekseen sitoutuneen fosforin määrään (Taulukko 18).

Kun kaltevuus oli pienempi kuin 2 %, kiintoaineksen mukana siirtyneen fosforin vuotuiset määrät jäivät keskimäärin alle 50 g/ha. Pellon jyrketessä eroosion määrä ja myös sen mukana kulkeutuvien ravinteiden määrät nousivat. Kun pellon kaltevuus oli 4 %, simuloitu vuotuinen kiintoainekseen sitoutuneen fosforin määrä vaihteli 0,1 kg/ha:sta 5,0 kg/ha:aan.

### 5.3 Tulosten tarkastelu

Tässä työssä käytettiin ICECREAM- mallia ensimmäisen kerran perunanviljelystä tulevan fosforikuormituksen arviointiin, mistä syystä tuloksia onkin pidettävä alustavina. Perunanviljelystä tulevaa fosforikuormitusta ei Suomessa ole mitattu kentällä, mistä syystä simuloituja arvioita ei pystytty vertailemaan mittaustulosten kanssa. Vaikka ICECREAM-mallissa joudutaan antamaan myös tyyppiä koskevia parametrejä, ei tyy-

pikuormitusta arvioitu eikä sadon ottamia typpimääriä esitetä tässä raportissa. Työn tässä vaiheessa on tyydyttävä tarkastelemaan lähinnä sitä, ovatko mallin antamat ennusteet oikeansuuntaisia. Viljelytoimenpiteiden ohjaamiseen tai muuhun päätöksentekoon niitä ei vielä voida käyttää.

Ennusteiden totuudenmukaisuuden pohjana on se, että ravinnekierrot simuloituvat oikein. Pitkäaikaisissa simuloinneissa virheet sadon mukana poistuvan ja peltoon jäävän fosforin määrissä kumuloituvat ja johtavat maan fosforitilan muutosten ylitai aliarviointeihin. Perunanvarsien biomassan ja sen sisältämien hiili-, typpi- ja fosforimäärien mittaaminen on yksi tämän työn tärkeä tulos. Simulointimalli tarvitsee oikeita tietoja koko kasvuston ravinnemääristä, mutta perunan varsistoa koskevaa kotimaista mittaustietoa ei tähän asti ole ollut saatavissa.

Malli onnistuttiin parametrisoimaan siten, että simuloitujen perunasadot olivat yhtä suuria kuin Suomessa käytännön viljelyssä saatavat sadot. Tämä lisää simulointien antamien tulosten uskottavuutta. Satomäärä on keskeinen ravinnevirtoihin vaikuttava tekijä. Siksi satojen simuloituminen oikein on välttämätön edellytys sille, että mallilla saadaan oikeita tuloksia ravinteista. Mallin puutteena on toistaiseksi se, että kasvua rajoittaa vain lämpötila eikä esimerkiksi maan P-tila. Tyydyttävässä viljavuusluokassa perunasato saattaa todellisuudessa jäädä maan matalahkon P-tason takia alemmaksi kuin paremmassa P-tilassa olevilla mailla. Toisaalta satojen ottamat P-määrät runsaasti fosforia sisältävässä maassa saattavat olla suuremmat kuin nyt saaduissa simuloinneissa.

Tämän työn simuloinneissa satojen mukana postuvat fosforimäärät (keskimäärin 13,5 kg/ha) olivat jonkin verran pienempiä kuin Saarelan et al. (1995) kenttäkokeessa mitattu kahdeksan vuoden keskiarvo (17,3 kg/ha). Tämä merkitsee sitä, että simuloinneissa maahan saattoi jäädä enemmän fosforia kuin todellisuudessa tapahtuisi. Maan simuloitujen P-luvun huomattava nousu korkeissa viljavuusluokissa saattaa osittain se-

littyä sillä, että ravinnetase oli simuloinneissa ylijäämäisempi kuin se on tavanomaisessa viljelyssä. Maan P-luvun nopeampi nousu korkeissa viljavuusluokissa voi myös osittain selittyä sillä, että maan P-puskurikyky pienenee, kun maan P-tila kohoaa. Tietty P-lisäys kohottaa maan P-lukua korkeassa P-tilassa olevalla maalla enemmän kuin heikossa P-tilassa olevilla mailla. Malli ennusti maan P-luvun laskevan melko nopeasti, jos viljellään ilman P-lannoitusta alunperin arveluttavan korkeassa P-tilassa olevaa maata. Tämä on oikeansuuntainen tulos, sillä käytännössä on todettu, että korkeat P-luvut laskevat melko nopeasti (Saarela et al. 1995).

Erikoistuneessa perunanviljelyssä olevilla mailla on usein melko korkea P-luku (Lemola et al. 1998). Tästä syystä simuloitavaksi otettiin maita, joiden P-luku oli viljavuustutkimuksen mukaan vähintään tyydyttävä. Aikaisemmin (Siimes et al. 1998) on todettu, että ICECREAM-mallin toimivuusalue ei toistaiseksi välttämättä ulotu korkeimpiin viljavuusluokkiin saakka, mikä aiheuttaa epävarmuutta simuloinneissa saatuihin lukuarvoihin.

Simuloitujen eroosiomäärät olivat pieniä verrattuna Turtolan ja Kempaisen (1998) esittämiin tuloksiin. Niiden mukaan Toholammin karkealla hietamaalla olevalla huuhoutumiskentällä, jonka kaltevuus on alle 1 %, kulkeutui ohraruudulta pintavalunnan mukana kiintoainesta 160–330 kg/ha syksystä 1992 loppukesään 1993 ulottuvalla tarkastelujaksolla. Vähäinen simuloitu eroosio on kuitenkin sopusoinnussa sen kanssa, että tarkasteltavat pellot olivat melko tasaisia ja maalajiltaan karkeaa hietaa. Jyrkemmällä hienojakoisemmilla mailla tapahtuu paljon runsaampaa eroosiota ja pintavalunnassa kulkevan kiintoaineksen mukana poistuu enemmän fosforia myös mittaustulosten mukaan (esim. Uusi-Kämpä & Ylärinta 1996, Puustinen 1994). Mallin oikeanlaista toimivuutta osoittaa myös se, että jyrkimmällä tarkastellulla pellolla (kaltevuus 4 %) simuloitu eroosio oli selvästi runsaampaa kuin tasaisemmilla mailla.



Simuloinneissa pellolta tulevan fosforikuormituksen suuruuteen vaikuttivat eniten pellon kaltevuus ja maan P-luku. Fosforilannoituksen vaikutus näkyy simuloituisa kuormitusarvoissa pitkällä tähtäimellä, koska runsas P-lannoitus kasvattaa maan P-määrää ja toisaalta viljeltäessä ilman P-lannoitusta maan P-varat vähitellen pienenevät. Tehdyissä simuloinneissa perustason ja tarkennetun tason mukaisten P-lannoitusmäärien erilainen vaikutus maan P-lukuun tuli esiin, mutta se ei näkynyt mainittavalla tavalla pellolta tulevassa P-kuormituksessa, joka esitetään koko jaksoa koskevana vuosikeskiarvona.

Mallissa kiintoainekseen sitoutuneen fosforin määrä lasketaan eroosiomäärästä ja maan pintakerroksen kokonaisfosforista. Simuloidut eroosiomäärät olivat hyvin alhaisia, kun pellon kaltevuus oli pienempi kuin 2 %. Eroosioaineksessa ei tällöin kulkeutunut myöskään mainittavia määriä fosforia. Pintavalunnassa poistuneen kiintoainekseen sitoutuneen fosforin määrä kasvoi huomattavasti pellon kaltevuuden kasvaessa 2 %:sta 4 %:iin. Kaltevuuden vaikutusta liuenneen fosforin määrään ei nyt päästy kuitenkaan luotettavasti simuloimaan, koska malli oletti pintavalunnan ja vajoveden jakauman olevan sama kaikilla kaltevuuksilla.

Simuloitu keskimääräinen liuenneen P:n kuormitusmäärä (0,18–0,33 kg/ha) oli selvästi suurempi kuin pintavalunnan kuljettama P-määrä (<0,1 kg/ha) Toholammin karkealla hiedalla (kaltevuus <1 %). Turtolan ja Kemppainen (1998) mittasivat sen lannoittamattomilta ruuduilta. Tämä ero on oikeansuuntainen, sillä Toholammin maan P-luku oli viljavuustutkimuksen tulokinnan mukaan vain välttävää tasoa.

Simuloidut liuenneen fosforin huuhtoumat olivat suurimpia (>0,3 kg/ha) korkean P-luvun omaavilla mailla, mikä puolestaan on sopusoinnussa kenttäkokeiden tulosten kanssa (Yli-Halla et al. 1995). Perunanviljelyssä on runsaasti helppoliukoista fosforia sisältäviä maita, mutta niiltä tuleva liuenneen fosforin kuormitus ei kuitenkaan liene ainakaan suurempaa kuin

pintalannoitetuilta nurmilta. Toholammin kentällä NPK-lannoitetuilta nurmiruuduilta tuli vuosittain 0,9–2 kg/ha pintavaluntaveteen liuennutta fosforia, vaikka muokkauskerroksen maan P-luku oli vain välttävää tasoa (Turtola & Kemppainen 1998). Perunan lannoitteet mullataan, eikä perunamaahan muodostu pintalannoitettavilla mailla esiintyvää erittäin runsaasti fosforia sisältävää pintakerrosta, josta pintavaluntavesi voi liuottaa runsaasti fosforia. Mallin antamat arviot perunamaalta tapahtuvasta liuenneen fosforin huuhtoutumisesta vaikuttavat siis oikeaan osuulta.

## 6 Yhteenveto

Tyrnävän seudulla viljeltiin siemenperunaa samalla lohkolla keskimäärin kerran viidessä vuodessa. Satakunnassa ja Hämeessä tärkkelysperunaa kasvoi kerran kolmessa vuodessa ja Kristiinankaupungin alueella viljeltiin perunaa samalla lohkolla keskimäärin joka toinen vuosi. Kristiinankaupungin seudulla viljeltiin perunaa vähintään kahtena vuotena kolmesta 55 %:lla perunanviljelyn pinta-alasta, kun vastaava tilanne vallitsi 37 %:lla tärkkelysperunan viljelyyn käytetyllä peltopinta-alalla. Perunan monokulttuuria esiintyy siis tutkituista alueista yleisimmin Kristiinankaupungin seudulla.

Magnesiumlannoitus ja vähäinen kalkitus on johtanut maan Ca:Mg -suhteen kehittymiseen liian magnesiumvoittoiseksi Tyrnävän ja Kristiinankaupungin seuduilla. Maan kalsiumtila on näillä alueilla yleisesti heikko, ja huoli perunan kalsiumin saannin riittävytydestä on aiheellinen.

Tärkkelysperunaa viljellään usein samoilla lohkoilla kuin sokerijuurikasta, ja maata kalkitaan, eikä kalsiumin saannissa liene vajausta. Tämän tutkimuksen tärkkelysperunamaat, jotka sijaitsivat Satakunnassa ja Hämeessä, sisälsivät luultavasti luontaisestikin enemmän kalsiumia kuin pohjoisempina sijaitsevat perunanviljelykset.

Tärkkelys- ja lastuperunan keskimääräinen typpilannoitus oli lähellä mukulasadossa poistunutta määrää. Sitä vastoin fosforia annettiin yleensä selvästi enemmän kuin mukulasadon mukana poistui. Fosforilannoitus on vähentynyt maatalouden ympäristöohjelman aikana. Tärkkelysperunamailla esiintyvät korkeat P-luvut ovat lannoitussuosituksen pienenemisen seurauksena lähteneet laskuun.

Solunesteen käyttö tärkkelysperunan lannoitteena johtaa usein suuriin K-lannoitustumääriin. Tämän tutkimuksen aineistossa solunestettä käyttävillä tiloilla oli alhaiset tai keskimääräiset tärkkelyspitoisuudet. Solunesteen käytöstä seuraavan suuren kaliumlannoituksen ja tärkkelyspitoisuuden välillä saattaa olla yhteys.

Perunantuotantoa uhkaavaa rengasmätää tai perunasyöpää ei todettu minkään tuotantomuodon näytteistä. Maltokaariviruksen saastuttamia peltoja oli paljon tärkkelysperunan ja lastuperunan tuotantoalueilla, jotka jo Kurpan (1989) tekemässä kar-

toituksessa olivat pahimmin taudin saastuttamia alueita. Harmaahilse oli yleisin mukuloita voittava tauti. Tauti on viime vuosina yleistynyt perunantuotannossa (Hannukkala et al. 1995), ja torjuntaan tulisi kiinnittää nykyistä enemmän huomiota.

Tärkkelysperunan siementuotannossa näyttää olevan ongelmia. Yksikään tutkituista eristä ei täyttänyt sertifioidun siemenperunan laatuvaatimuksia perunaruven ja seittiruven runsauden vuoksi. Lisäksi kahdesta siemenperunanäytteestä löytyi maltokaarivirusta.

Mekaaniset voitokset ovat merkittävin perunan laatua heikentävä tekijä. Lastuperunassa mekaanista vioitusta oli selvästi vähemmän kuin tärkkelysperunassa. Lastuperunan hyvä laatu osoittaa, että perunaa pystytään käsittelemään hellävaraisesti, kunhan eri käsittelyvaiheissa noudatetaan huolellisuutta ja laitteiden säädöt tehdään oikein. Viljelijä pystyy tuottamaan hyvälaatuisia perunaa, jos ostaja on valmis maksamaan laadusta.

## Kirjallisuus

---

**Aakkula, J.** (toim.). 1999. Kestävä kehitys maa- ja elintarviketaloudessa: käsitteet, mittaaminen ja arviointi. Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. Selvityksiä 5/99. Helsinki: Maatalouden taloudellinen tutkimuslaitos. 41 p. ISSN 1239-4548, ISBN 951-687-047-3.

**Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicsek, D.F. & Stewart, B.A.** 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America, Special Publication 35. Madison, USA: Soil Science Society of America. 244 p. ISBN 0-89118-807-X.

– **& Jones, A.C.** 1996. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of America Special Publication 49. Madison, USA: Soil Science Society of America. 410 p. ISBN 0891188266.

**Hannukkala, A., Tahvonen, R. & Vihervirta, T.** 1995. Pestyn ja turvetetun perunan laadun muutokset varastoinnin aikana. Loppuraportti. Kotimaiset

kasvikset, julkaisusarja 17/1995. Helsinki: Kotimaiset kasvikset. 27 p. ISSN 1236-3464, ISBN 952-9771-17-7.

**Hillary, R.** (ed.) 1995. Life Cycle Assessment. Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek. Business and the Environment - Practitioner Series. Cheltenham: Stanley Thornes. 62 p. ISBN 0 748 721312

**Jokinen, R.** 1977. Perunan magnesium- ja mangaanilannoitus. Vantaa: Maatalouden tutkimuskeskus. Maanviljelyskemian ja -fysiikan laitos. Tiedote 1/1977. Vantaa. 11 p. ISSN 0356-7710.

**Jokipii, P. & Niemelä, M.** 1997. Väiliraportti maatalouden kansallisesta laatuhankeesta. Hyvää Suomesta 2/1997: 3–11. ISSN 1236-8342.

**Kari, M.** 1998. Perunan ravinnetalous. In: Nykänen-Kurki, P. & Rönkä, T. (eds.). Perunaseminaari. Perunaa tavanomaisesti ja luomuna viljellen, Mik-

kelin maalaiskunta, 7.10.1998. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. p. 17–25. ISBN 951-729-521-9.

**Karvonen, T. & Kleemola, J.** 1995. CROWATN: Prediction of water and nitrogen limited crop production. In: V. Kabat et al. (eds.). Modelling and parametrization of the Soil-Plant-Atmosphere System: A comparison of Potato Growth Models. Wageningen: Wageningen Pers. p. 335–369. ISBN 90-74134-16-5.

**Katajajuuri, J.-M., Loikkanen, T., Pakkala, K., Uusi-Kämpö, J., Voutilainen, P., Kurppa, S., Laitinen, P., Mikkola, H., Kivinen, T. & Salo, S.** 2000. Ympäristöhallintaa tukevan tietopohjan kehittäminen osana maatalojen laatujärjestelmää: Case: Rehuohran elinkaariarviointi. VTT tiedotteita nro 2034. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 134 p. ISSN 1235-0605, ISBN 951-38-5675-5.

**Kuisma, P.** 1990. Kalkkia perunamaalle. Tuottava peruna 17(3): 21–23.

– 1991. Kalia perunalle sadon käyttömuodon mukaan. Tuottava peruna 18(1): 22–24.

– 1994. Kalkkia perunamaalle. Tuottava peruna 21(4): 28–29.

– 1996. Kipsi perunan kalsiumlannoitteena. Perunantutkimuslaitoksen koetuloksia 1995. Perunantutkimuslaitoksen julkaisu 1/1996. p. 69–74.

**Kurki, M.** 1970. Suomen peltojen magnesiumtila viljavuustutkimuksen perusteella. Helsinki: Viljavuuspalvelu. 16 p.

– 1982. Suomen peltojen viljavuudesta 3. Viljavuuspalvelu Oy:ssä vuosina 1955-1980 tehtyjen viljavuustutkimusten tuloksia. Helsinki: Viljavuuspalvelu Oy. 181 p. ISBN 951-99399-0-3.

**Kurppa, A.** 1989. The distribution and incidence of potato mop-top virus in Finland as determined in 1987 and on the variation of disease symptoms in infected potatoes. *Annales Agriculturae Fenniae* 28, 4. *Annales Agriculturae Fenniae. Seria Phytopathologia* 107: 285–295. ISSN 0358-142X.

– 1990. Potato mop-top virus: purification, preparation of antisera and detection by means of ELISA. *Annales Agriculturae Fenniae* 29, 1. *Annales Agriculturae Fenniae. Seria Phytopathologia* 112. p. 9–17. ISSN 0358-142X.

– & **Kuusela, A.** 1998. Kymmenen koevuoden saatoa maltokaariviruksesta. Tuottava peruna 25, 3/1998: 34–36.

**Kähäri, J., Mäntylähti, V. & Rannikko, M.** 1987. Suomen peltojen viljavuus 1981-1985. Helsinki: Vil-

javuuspalvelu Oy. 105 p.

**Laukka, P.** 1997. Viljan sopimustuottajille tarjotaan laatusopimuksia. Maatalon Pirkka 4: 8.

**Lemola, R., Yli-Halla, M. & Huhta, H.** 1998. Perunamaiden viljavuus ja sen kehittyminen. Tuottava peruna 3: 30–31.

**Leppänen, A.** 1997. Viljelymaan keväinen typpivaranto. Tuottava peruna 1: 18–19.

– & **Esala, M.** 1995. Keväisen mineraalityypianalyysin käyttö lannoitustarpeen ennustamisessa. Esitutkimus. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 1/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 29 p. ISSN 0359-7652.

**Mengel, K. & Kirkby, E. A.** 1978. Principles of plant nutrition. Worblaufen-Bern: International Potash Institute. 593 p.

MMM 1994. MMM:n päätös siemenperunan markkinoinnista. Maa- ja metsätalousministeriön päätös 24/94, 29.4.1994.

MMM 1995a. Viljakasv., nurmi- ja rehukasv., öljy- ja kuitukasv. ja vihannes- kasv. siementen sekä siemenperunan markkin. annett. päät. muuttam. Maa- ja metsätalousministeriön päätös 28/95, 31.3.1995.

MMM 1995b. Kestävän kehityksen mukainen maataloustuotanto Suomessa. MMM:n julkaisuja 3/1995. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. ISBN 951-53-0360-5, ISSN 1238-2531.

MMM 1997. Maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarastrategia. Uusiutuvien luonnonvarojen kestävän käytön toimintalinjat. MMM:n julkaisuja 2/1997. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. ISBN 951-53-1142-X, ISSN 1238-2531.

MTT 1999. Ympäristöhallinnan ja sen tietojärjestelmän kehittäminen maatalojen laatujärjestelmän osaksi. MTT:n tutkimusrekisteri Arkku. Updated 15.2.2000. Cited 29 November, 1999. Available from Internet <http://www.mtt.fi>

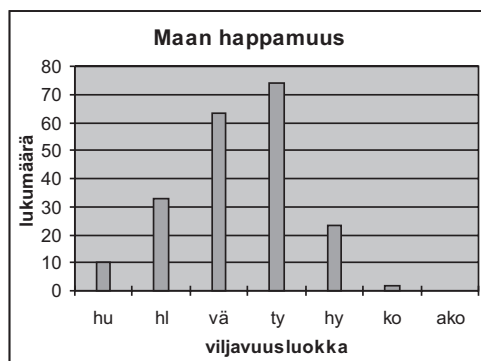
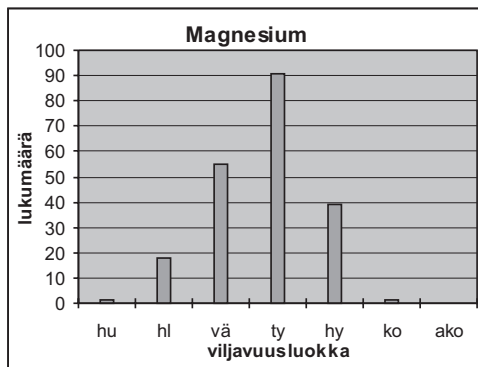
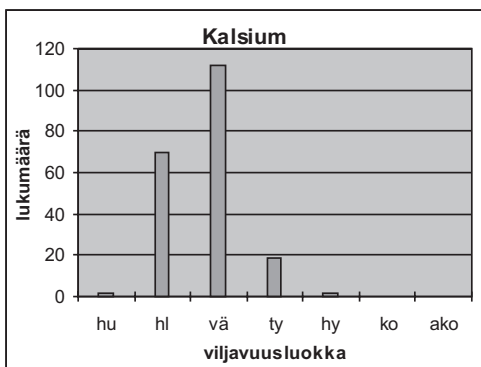
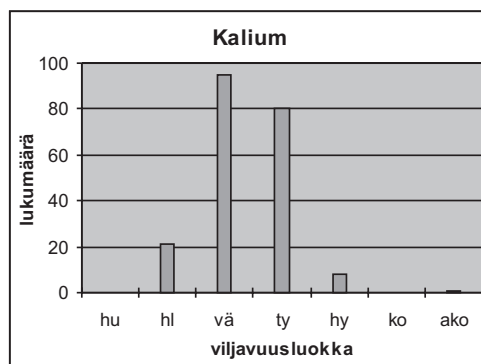
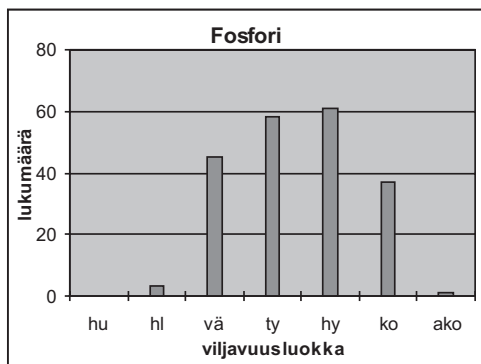
**Mustonen, L.** 1995. Perunan typpilannoitus ja jäänöstyyppi maassa. Suomen Perunaseuran julkaisu 2 (1995): 1–4.

–, **Kangas, A. & Häkkinen, S.** 1997. Perunalajikkeiden typpilannoitus. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 20. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 31 p. ISBN 951-729-487-5, ISSN 1238-9935.

**Puustinen, M.** 1994. Effect of soil tillage on erosion and nutrient transport in plough layer runoff. Publications of the water and environment research institute 17: 71–90.

- Pölkki, L.** 1997. Kansallinen perunastrategia perunantuotannon turvaksi. Tuottava peruna 1: 6–7.
- Raisio, R.** 1995. Lohkokohtainen tiedon tallennus. Kasvinsuojelulehti 28(1995): 3: 84–86.
- & **Tiilikkala, K.** 1994. Tuhoaako rengasmätä perunan vientinäkyvät? Käytännön Maamies 43: 8: 27–28.
- Rautio, E.** 1997. Ruokaperunan laadunseuranta. Tuottava Peruna 24 (3): 10–11.
- Rekolainen, S. & Posch, M.** 1993. Adapting the CREAMS model for Finnish conditions. Nordic Hydrology 24: 309–322.
- Ritchie, J.** 1972. A model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resources Research 8 (5): 1204–1213.
- Runsten, K.-L.** 1997. Laatu- ja ympäristöprojekti-pelkkää sanahelinääkö? Tuottava peruna 3: 15–17.
- Saarela, I., Järvi, A., Hakkola, H. & Rinne, K.** 1995. Fosforilannoituksen porraskokeet 1977-1994: Vuosittain annetun fosforimäärän vaikutus maan viljavuuteen ja peltokasvien satoon monivuotisissa kenttäkokeissa. Maatalouden tutkimuskeskus, Tiedote 16/95. Jokioinen: Maatalouden tutkimuskeskus. 94 p. ISSN 0359-7652.
- Seppälä, J., Puustinen, M., Lamminmäki, S., Oksjoki, J., Ristolainen, J. & Nurmi, M.** 1992. Perunan solunesteen merkitys tarkkelysteollisuuden jätevesien käsittelylle ja solunesteen lannoituskäytön vesistökuormitus. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 383. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. 61 p. ISSN 0783-3288, ISBN 951-47-5586-3.
- Seppänen, H.** 1995. Ympäristötuen ehdot perunanviljelyssä. Tuottava peruna 2: 10–11.
- Siemenkauppakivi 26.2.1993/233
- Siimes, K., Yli-Halla, M. & Tuhkanen, H.-R.** 1998. Simulation of the phosphorus cycle in soil by ICECREAM. In: Foy, R. H. & Dils, R. (eds.). Practical and innovative measures for the control of agricultural phosphorus losses to water. An OECD sponsored workshop, Greenmount College of Agriculture and Horticulture, Northern Ireland. Department of Agriculture for Northern Ireland, 16 June - 19 June, 1998. p. 38–39. ISBN 1 85527 354 3.
- Torttila, A.** 1995. Hyvät perunanviljelymenetelmät. Perunantutkimuslaitoksen julkaisu 1/1995. Lammi: Perunantutkimuslaitos. 12 p. ISSN 0787-7323
- Turtola, E. & 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 7: 569–581.
- U.S. Soil Conservation Service. 1971. SCS National Engineering Handbook. Sec. 4. Hydrology. Washington D.C., USA: Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture. 550 p.
- Uusi-Kämppä, J. & Ylärinta, T.** 1996. Effect of buffer strips on controlling soil erosion and nutrient losses in southern Finland. In: Mulamootil, G., Warner, B.G. & McBean, E.A. (eds.). Wetlands: environmental gradients, boundaries and buffers. Boca Raton: CRC, Lewis Publishers, p. 221–235. ISBN: 1566701473.
- Varis, E.** 1973. The effect of magnesium and potassium on the chemical composition and yield of the potato. Acta Agraria Fennica 128(3): 1–11.
- Westermann, D.T., Tindall, T.A., James, D.W. & Hurst, R.L.** 1994. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. American Potato Journal 71: 433–453.
- Yli-Halla, M., Hartikainen, H., Ekholm, P., Turtola, E., Puustinen, M. & Kallio, K.** 1995. Assessment of soluble phosphorus load in surface runoff by soil analyses. Agriculture, Ecosystems and Environment 56: 53–62.
- Yli-Halla, M., Palonen, J. & Viikari, E.** 1987. Quality and quantity of potato yield as influenced by unbalanced and excessive fertilization. Journal of Agricultural Science in Finland 59: 131–138.
- Yli-Viikari, A.** 1999. Indicators for sustainable agriculture - a theoretical framework for classifying and assessing indicators. Agricultural and Food Science in Finland 8: 265–283.

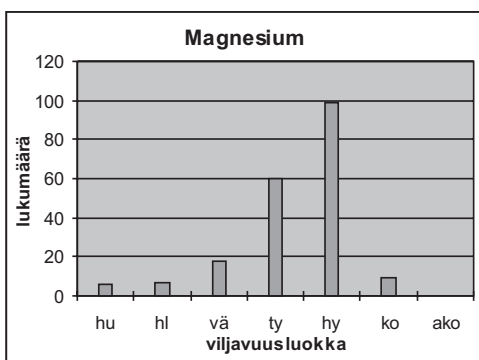
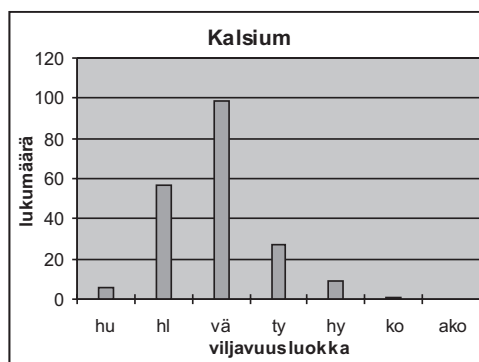
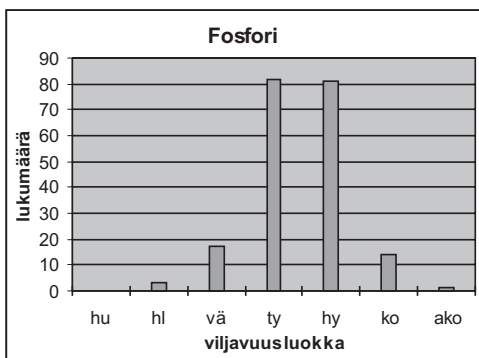
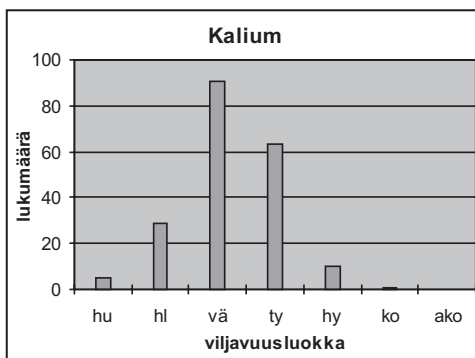
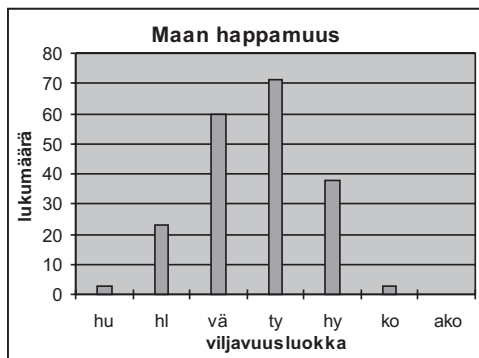
Lastuperunatilojen 1990-luvun maanäytteiden sijoittuminen eri viljavuusluokkiin.



**Viljavuusluokat:**

hu = huono  
 hl = huononlainen  
 vä = välttävä  
 ty = tyydyttävä  
 hy = hyvä  
 ko = korkea  
 ako = arveluttavan korkea

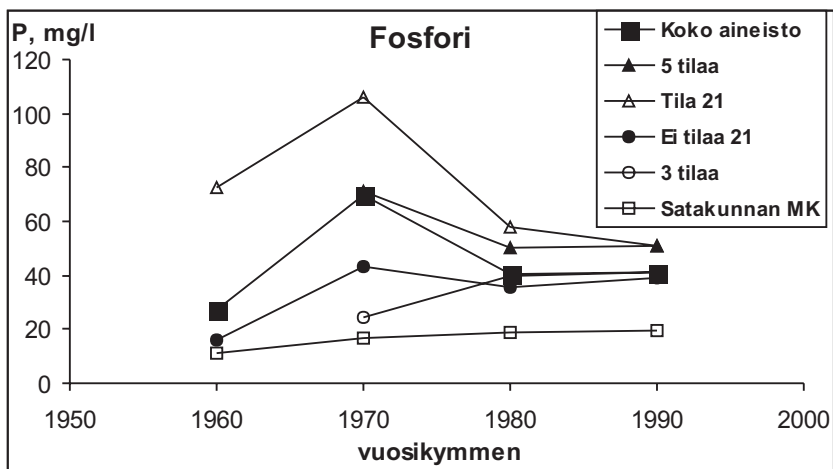
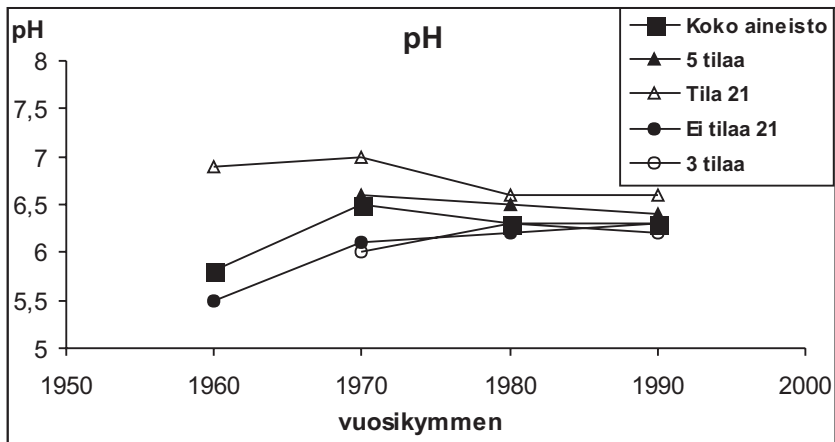
Siemenperunamaiden 1990-luvun maanäytteiden sijoittuminen eri viljavuusluokkiin.

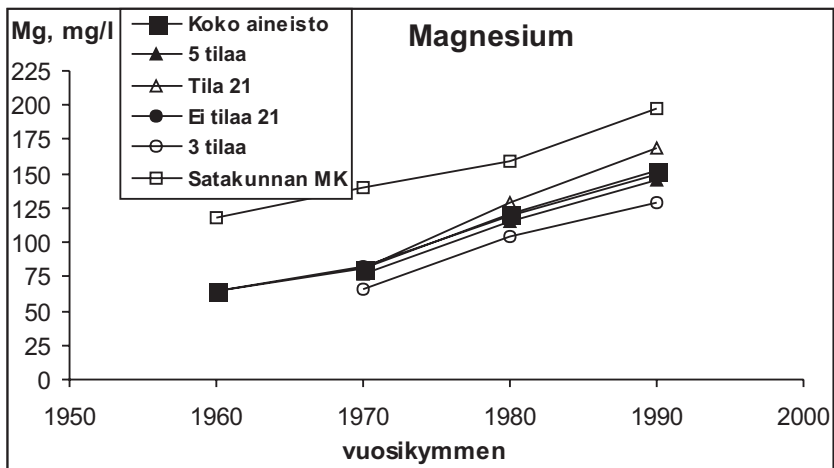
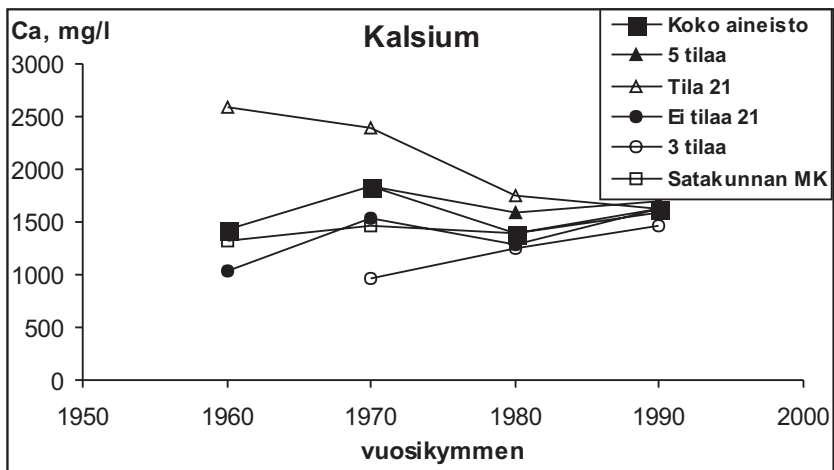
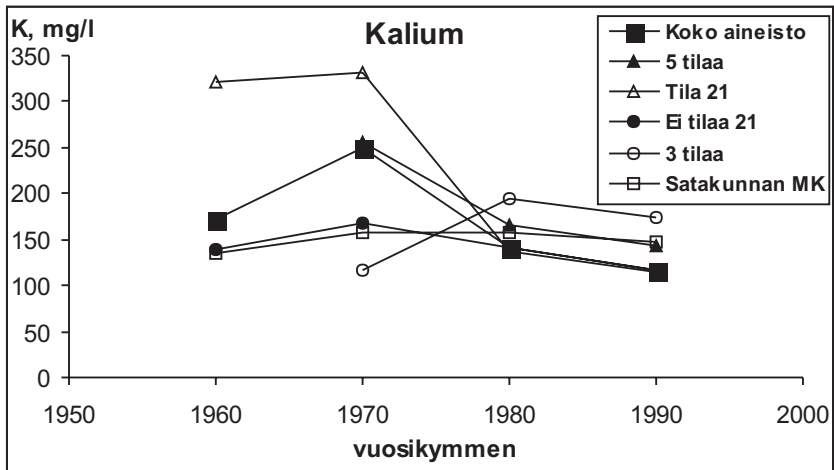


**Viljavuusluokat:**

- hu = huono
- hl = huononlainen
- vä = välttävä
- ty = tyydyttävä
- hy = hyvä
- ko = korkea
- ako = arveluttavan korkea

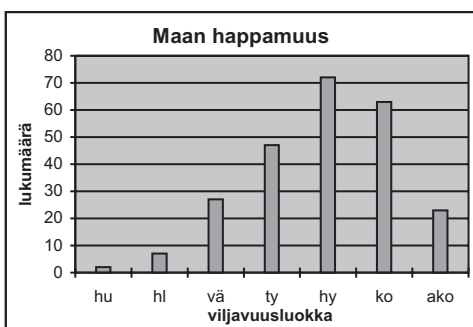
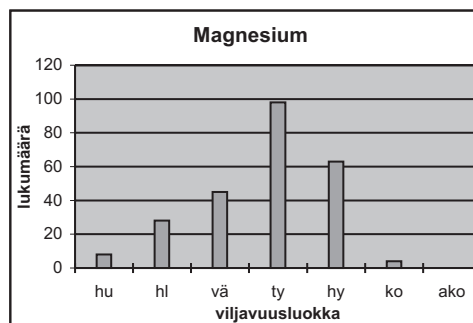
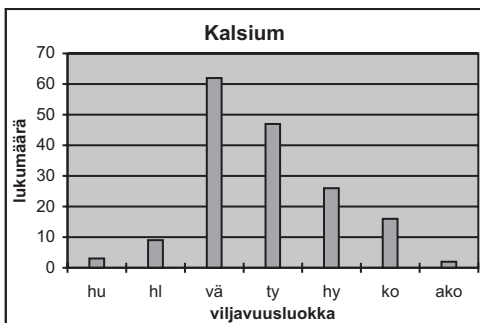
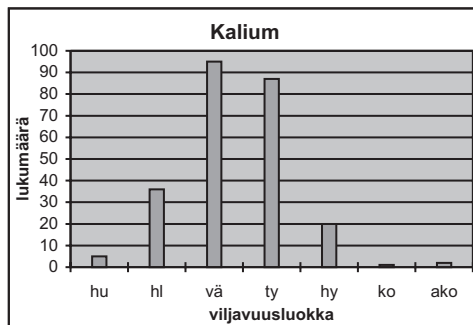
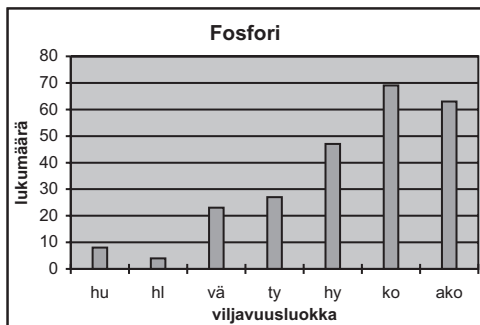
Tärkkelysperunamaiden viljavuuden kehittyminen eri tilakombinaatioilla. Kun koko aineisto oli mukana, tarkasteltiin eri vuosikymmenillä hieman eri tiloja, koska kaikilta tiloilta ei ollut analyysituloksia. Yhden tilan (tila 21) peltojen viljavuusluvut olivat selvästi muiden tilojen lukuja korkeampia. Tätä tilaa tarkasteltiin erikseen ja koko aineistoa tarkasteltiin myös ilman kyseisen tilan tietoja. Viiden tilan vertailussa olivat mukana tilat, joilta viljavuusanalyysituloksia oli saatu 1970-, 1980- ja 1990-luvuilta. Tällöin voitiin seurata viljavuuden kehittymistä samojen tilojen pelloilla lähes kolmen vuosikymmenen ajan. Lisäksi tarkasteltiin viljavuuden kehittymistä kolmen tilan pelloilla kolmenkymmenen vuoden ajan. Tästä aineistosta poistettiin kahden viljavimman tilan tiedot.







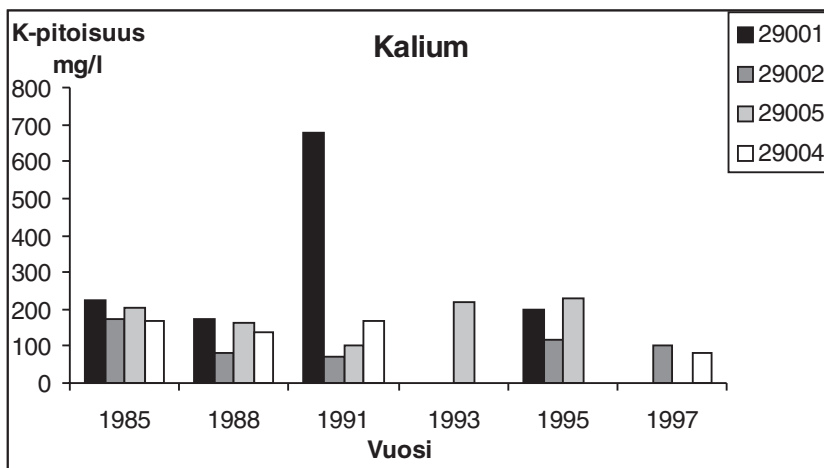
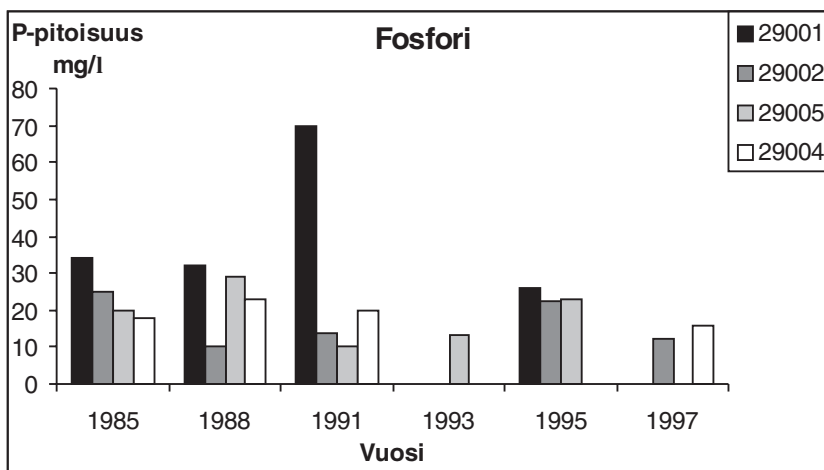
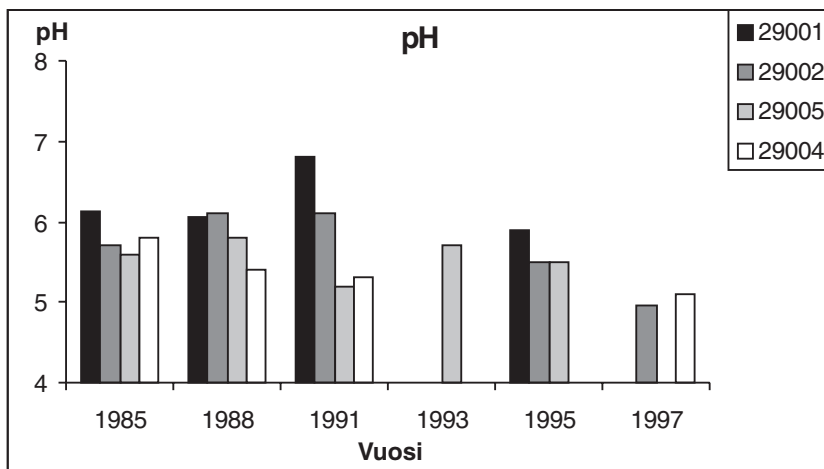
Tärkkelysperunan 1990-luvun maanäytteiden sijoittuminen viljavuusluokkiin.

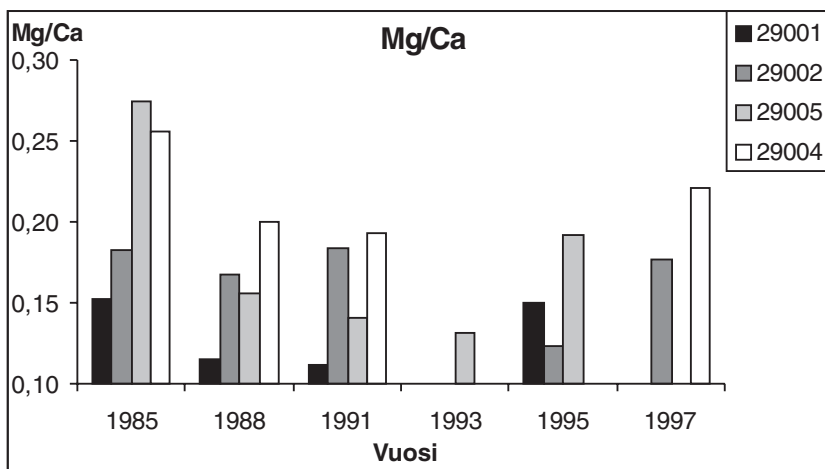
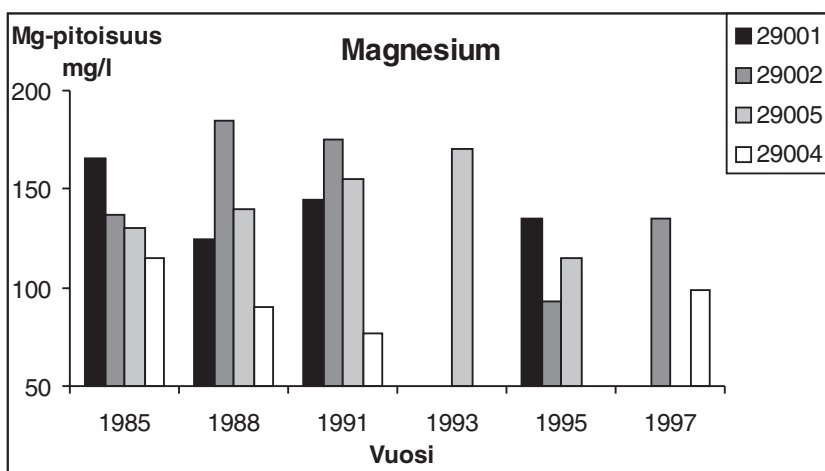
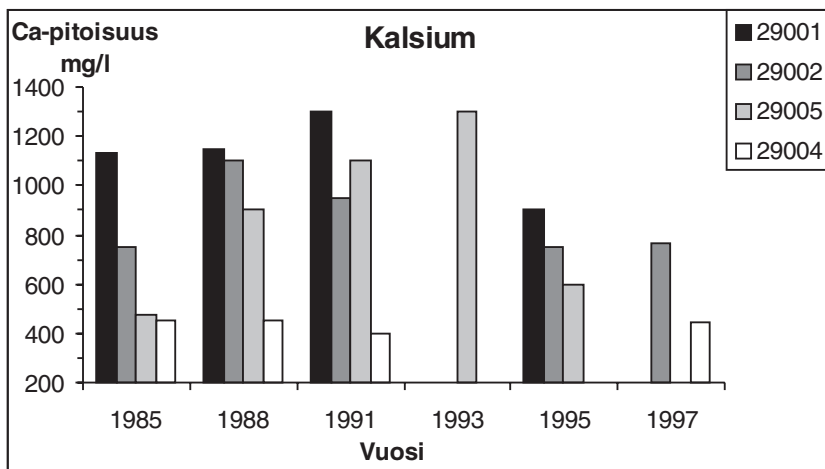


**Viljavuusluokat:**

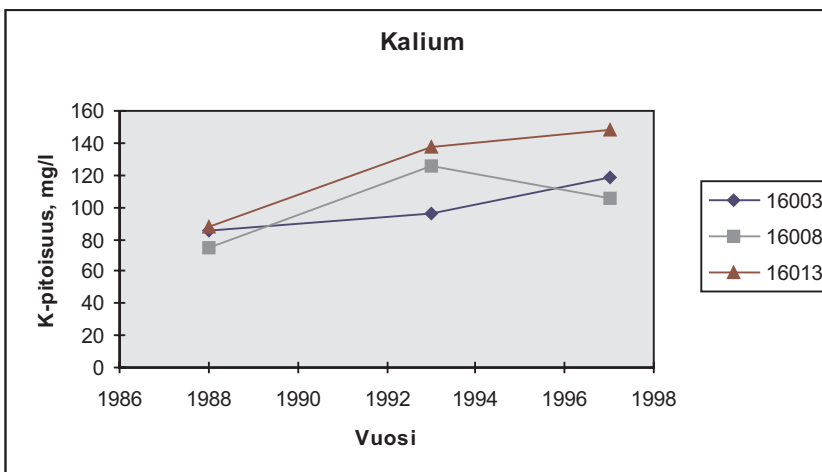
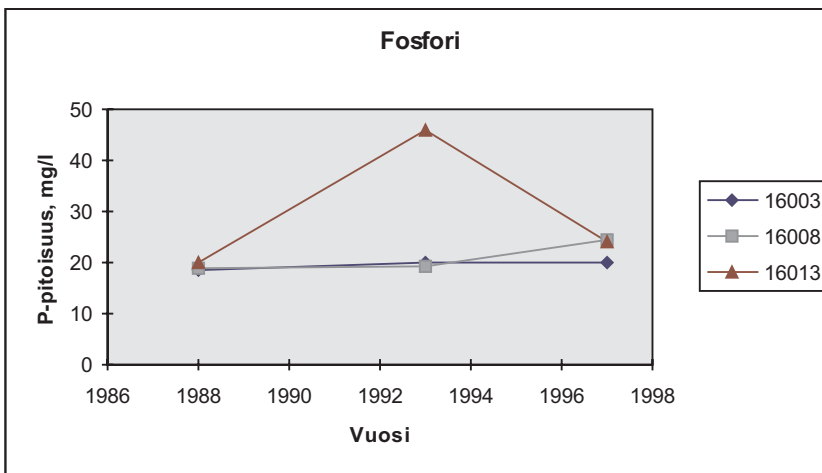
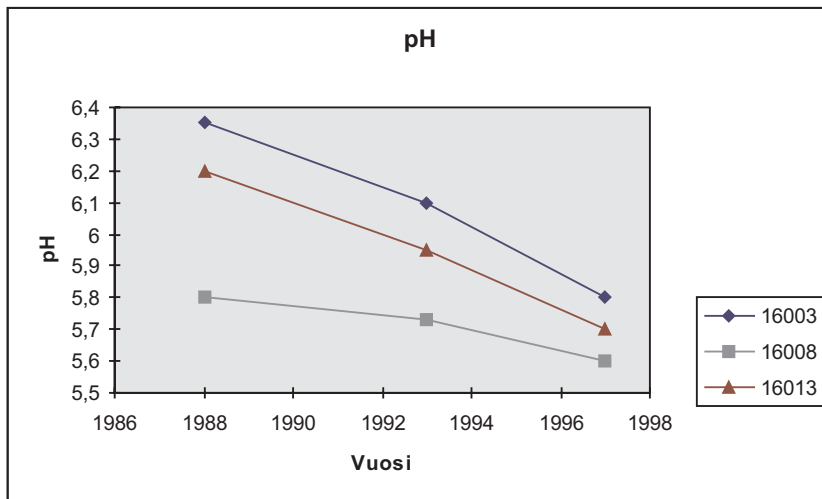
hu = huono  
 hl = huononlainen  
 vä = välttävä  
 ty = tyydyttävä  
 hy = hyvä  
 ko = korkea  
 ako = arveluttavan korkea

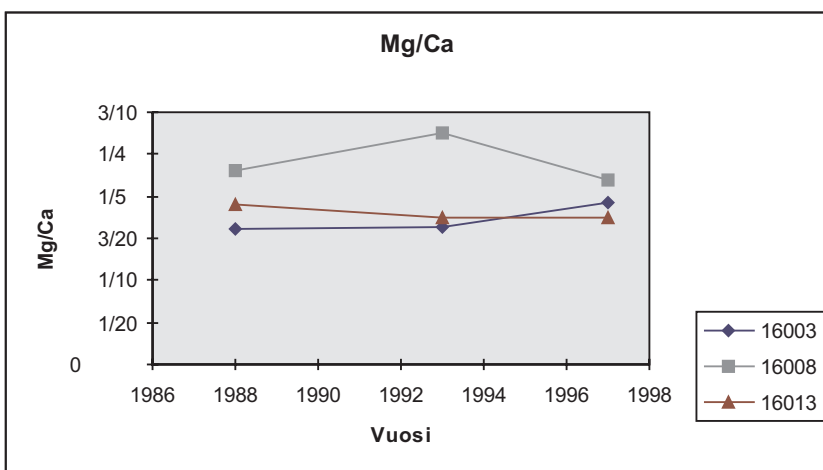
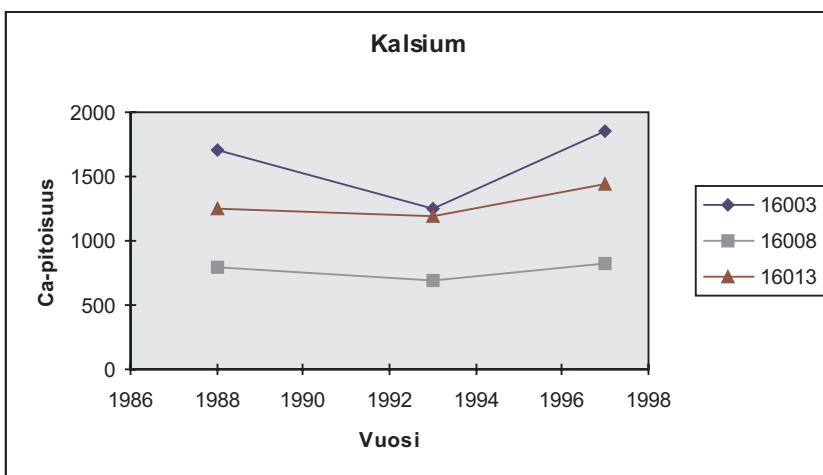
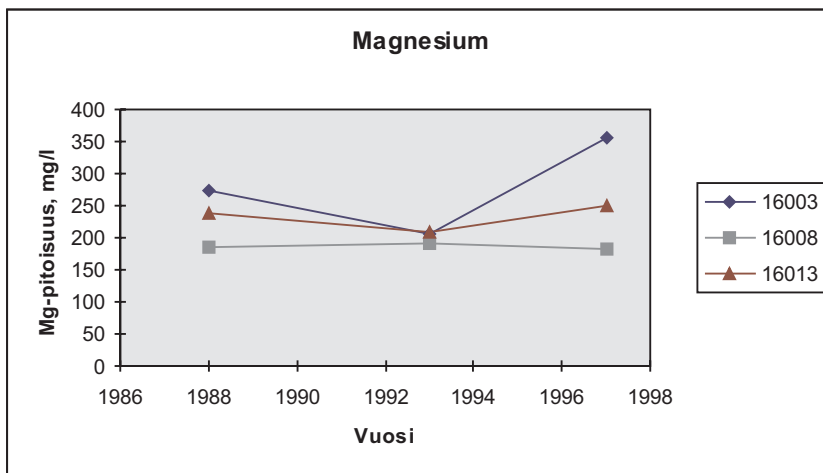
Neljän yksittäisen perunan monokulttuurissa olleen lohkon (29001, 29002, 29004, 29005) viljavuuden kehittyminen eräällä lastuperunaa tuottavalla tilalla.

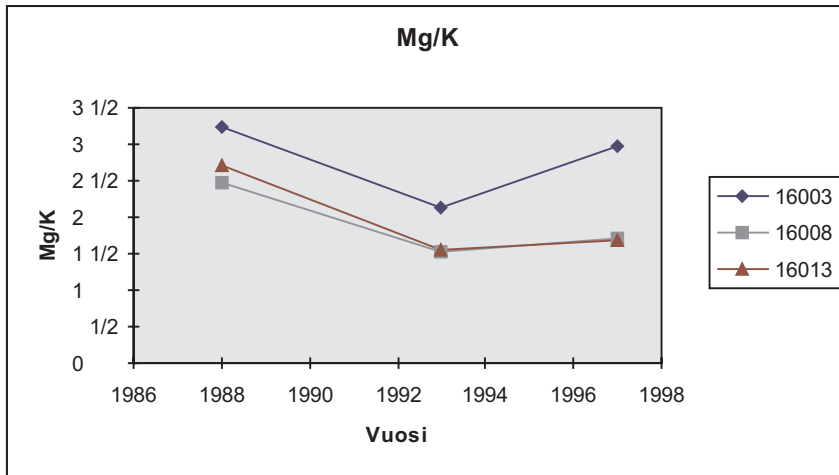




Viljavuuden kehittyminen kolmella siemenperunalohkolla 16003, 16008 ja 16013.







Viljavuuden kehittyminen muutamalla tärkkelysperunan viljelyssä olleella lohkolla.

## Lohko 20001

Vuosi	pH	Kalium mg/l	Fosfori mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg:K:Ca
1969	5.3	138	29	652	65	1:1,6: 8
1973	5.9	77	46	994	50	1:1,4:16
1974	6.2	65	18	700	70	1:0,9:10
1977	6.4	85	48	1150	160	1:0,5:7
1979	6.2		42			
1983	6.2	181	87	1095	113	1:1,3:9
1989	6.7	68	93	1100	146	1,0,5:7
1995	6.7	229	127	1602	187	1:0,9:8
1997	6.5	195	24	1770	214	1:0,9:8

## Lohko 05007

Vuosi	pH	Kalium mg/l	Fosfori mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg:K:Ca
1988	4,8	62	15	375	35	1:1,8:11
1990	5,6	45	17	975	45	1:1,0:22
1992	5,8	66	27	876	65	1:1,0:13
1997	6,2	59	39	2380	77	1:0,8:31

## Lohko 05018

Vuosi	pH	Kalium mg/l	Fosfori mg/l	Kalsium mg/l	Magnesium mg/l	Mg:K:Ca
1990	,3	80	10	300	27	1:3,0:11
1997	5,3	94	18	743	67	1:1,4:11

		Julkaisun sarja ja numero Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 88	
		Julkaisuaika (kk ja vuosi) Marraskuu 2000	
Tekijä(t) Riitta Lemola, Hannu Ojanen, Asko Hannukkala, Katri Siimes ja Markku Yli-Halla		Tutkimushankkeen nimi	
		Toimeksiantaja(t) Maatalouden tutkimuskeskus	
Nimike Siemen-, tärkkelys- ja lastuperunen viljelyn erityispiirteitä Suomessa			
Tiivistelmä  Lohkokohtaisia tietoja viljelykierroista, viljavuusluvuista ja tuotantopanoksista kerättiin perunan sopimusviljelijöiltä yhteensä 795 ha:n alalta. Tietoa perunasadon ulkoisesta laadusta ja kasvi- taudeista kerättiin tärkkelys- ja lastuperunatiloilta. Tärkkelysperunan tuottajat olivat Ete- lä-Satakunnasta ja Etelä-Hämeestä, siemenperunan tuottajat Pohjois-Pohjanmaalta ja lastuperu- nan tuottajat Kristiinankaupungin ympäristöstä. Tässä raportissa esitetään synteesi kerätystä tie- dosta ja luonnehditaan eri erikoistumisalojen ominaispiirteitä. Hanke sisältyy perunantuotannon tutkimusohjelmaan 1997–2000. Intensiivinen perunanviljely on keskittynyt suppeille alueille, joilla pystytään harvoin noudatta- maan monipuolista kasvinvuorotusta. Magnesiumlannoitus ja vähäinen kalkitus on johtanut maan ravinnesuhteiden kehittymiseen liian magnesiumvoittoiseksi siemen- ja lastuperunan kes- keisillä viljelyalueilla, joilla maan kalsiumtila on yleisesti heikko, ja huoli perunan kalsiumin saan- nin riittävydestä on aiheellinen. Tärkkelysperunaa viljellään usein samoilla lohkoilla kuin sokeri- juurikasta, ja maata kalkitaan, eikä kalsiumin saannissa liene vajausta. Keskimääräinen tärkke- lys- ja lastuperunan typpilannoitus oli lähellä mukulasadossa poistunutta määrää, mutta fosforia annettiin yleensä selvästi enemmän kuin mukulasadon mukana poistui. Yleisin mukuloita vioittava tauti oli harmaahilse ja maltokaarivirusta esiintyi melko yleisesti. Tut- kitut näytteet eivät sisältäneet hävitettäviä tai torjuttavia kasvitauteja. Lastuperunassa oli melko vähän mekaanisia vioituksia, mikä osoittaa, että perunaa pystytään käsittelemään hellävaraisesti. Tuotannon kestävyuden arvioiminen indikaattorien avulla ja tuotteen elinkaaritutkimus edellyt- tävät tuotantoketjua koskevaa yksityiskohtaista tietoa indikaattoreiksi valituista ominaisuuksis- ta. Tämän hankkeen aikana karttunut tieto on tietokantoihin järjestettynä tutkimusta tekevien tahojen käytettävissä, ja se hyödyttää myös lannoitussuosituksen tarkentamista.			
Avainsanat: peruna, siemenperuna, tärkkelysperuna, ruokaperuna, viljavuus, ravinnepitoisuus, viljelykierto, kasvinvuorotus, viljelymenetelmät, lannoitus			
Toimintayksikkö Maatalouden tutkimuskeskus, Luonnonvarojen tutkimus, Luonnonvarat, 31600 Jokioinen			
ISSN 1238-9935	ISBN 951-729-590-1	<input type="checkbox"/> Tuloksia voi soveltaa luomu- viljelyssä	
Myynti: MTT tietopalveluyksikkö, 31600 JOKIOINEN Puhelin (03) 4188 2327 Telekopio (03) 4188 2339		Sivuja 42 s. + 7 liitettä	Hinta



Jyväskylän yliopistopaino 2000  
ISBN 951-729-590-1  
ISSN 1238-9935