

Maitotilalle kilpailukykyä tuottavuutta ja tehokkuutta kehittämällä

Kilpailukykyä maidontuotantoon
-hanke

Timo Sipiläinen ja Sami Ovaska (toim.)



**Maitotilalle kilpailukykyä
tuottavuutta ja tehokkuutta
kehittämällä**

**Kilpailukykyä maidontuotantoon
-hanke**

Timo Sipiläinen ja Sami Ovaska (toim.)



Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

ISBN 978-952-487-425-0

ISSN 1798-6419

www-osoite: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti78.pdf>

Copyright: MTT

Kirjoittajat: Sami Ovaska, Timo Sipiläinen (toim.)

Julkaisija ja kustantaja: MTT, 31600 Jokioinen

Julkaisuvuosi: 2012

Kannen kuva: IFCN

Maitotilalle kilpailukykyä tuottavuutta ja tehokkuutta kehittämällä

Sipiläinen, Timo¹⁾, Ovaska, Sami²⁾ (toim.)

¹⁾MTT Taloustutkimus ja Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, timo.sipilainen@helsinki.fi

²⁾MTT Taloustutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, sami.ovaska@mtt.fi

Tiivistelmä

Raportin ensimmäisen artikkelin tavoitteena on määrittää eteläpohjalaisten maitotilojen teknistä ja kustannustehokkuutta, siihen vaikuttavia tekijöitä, tilojen panoskäytön rajatuottavuutta sekä arvioida vuorovaikutteisen benchmarkkauksen käyttökelpoisuutta. DEA-analyysin (data envelopment analysis) mukaan eteläpohjalaisten yli 20 lehmän maitotilojen tekninen ja kustannustehokkuus vaihtelevat huomattavasti. Koko maitotilan kannalta keskituotos ei osoittautunut merkitseväksi tehokkuuteen vaikuttavaksi tekijäksi, vaikka pelkästään maidontuotantoa tarkasteltaessa näin onkin todettu. Tämän perusteella yritystä on johdettava kokonaisuutena. Sen sijaan vasikkakuolleisuudella on merkitsevä yhteys yrityksen tehokkuuteen. Siten korkeaa vasikkakuolleisuutta tai sen kasvua voidaan pitää indikaattorina maidontuotannon ongelmista. Eläintiheyden kasvaessa tehokkuus niin ikään kasvoi. Säilörehun D-arvon osalta yhteys ei ole näin yksiselitteinen. Tulosten mukaan maidontuottajat, joiden säilörehun D-arvo on korkea, ovat tuottaneet teknisesti tehokkaasti. Tämä ei kuitenkaan välttämättä ilmene kustannustehokkuutena. Kustannustehokkaasti toimiva maidontuottaja kykenee muuttamaan lehmien ruokintaa säilörehun D-arvon ja/tai hintojen muuttuessa.

CNLS -mallien avulla todettiin, että työn rajatulo jäi yleensä varsin alhaiseksi. Toisaalta ostorehupanoksen käyttö oli yleisesti ottaen lähempänä optimaalista kuin muiden materiaalien, joita käytettiin usein enemmän kuin niiden rajatulon mukaan oli perusteltua. Tukien huomioon ottaminen tuloina kasvatti kaikkien panosten rajatuloja, mutta erityisesti pellon rajatulo nousi korkeaksi. Ilman tukituloja pellon rajatulo oli vain sadan euron luokkaa, mutta tukien huomioon ottamisen jälkeen keskimäärin lähes 1 000 euroa/ha. Pellon niukkuus kohottaa kotieläintiloilla pellon rajatuloa erityisesti, kun peltoon kytkeytyy myös kotieläintalouden harjoittamisen perusteella maksettuja tukia. Peltomarkkinoilla ongelma näkyy korkeina pellon markkinahintoina ja nousseina vuokrina.

Toisessa artikkelissa kehitetään mallia, joka soveltuu säilörehun tuotannon pitkän aikavälin taloudelliseen suunnitteluun. Mallin avulla voidaan verrata eri säilörehun korjuuketjujen keskinäistä edullisuutta ja tarkastella, milloin urakoitsijan käyttö on taloudellisesti edullisin vaihtoehto. Mallia laadittaessa oletettiin, että kaikilla korjuuteknologioilla voidaan tuottaa säilönnälliseltä laadultaan moitteetonta rehua. Mallilla voidaan tarkastella myös sitä, miten säilörehun D-arvon muutos vaikuttaa taloudelliseen tulokseen. Perusmallit laadittiin Etelä-Pohjanmaalle sijoitetuille esimerkkimaitoiloille.

Laskentamallissa ei rajoitettu ennalta työmäärää ja korjuuseen kuluva aikaa. Pitkän aikavälin tarkastelussa rehunkorjuun kohtuullinen viivästyttäminen pienentää ylijäämää vain vähän. Mallin tulosten mukaan halvin noukinvaunuketju tuotti parhaan taloudellisen tuloksen, vaikka rehunkorjuu oli hidasta muihin korjuuketjuihin verrattuna. Korjuuketjujen ylijäämien erot pienenevät tilakoon kasvaessa. Erityisesti korjuuteholtaan suurten ketjujen hyödyntäminen suosii tilojen välistä yhteistyötä tai urakoitsijan käyttöä. Lohkojen etäisyydellä tilakeskuksesta on merkittävä vaikutus taloudelliseen tulokseen. Tutkimuksen tulokset ovat yhtenevät aiempien tutkimustulosten kanssa.

Kolmannen artikkelin tavoitteena on tuottaa olemassa olevien kenttäkoeaineistojen avulla tietoa erityisesti ruokonadan, rainadan ja puna-apilan puhtaiden kasvustojen sekä erilaisten seosten sadon ja laadun kehityksestä suhteessa timoteihin, nurminataan, koiranheinään ja englanninraiheinään. Aineisto sisältää eri kasvilajien erilaisten korjuuaikojen sato- ja laatutuloksia sekä virallisten lajikekokeiden koosteaineistoa eri kasvilajeista. Aineiston perusteella voidaan entistä paremmin mallintaa uusien viljelykasvien valintaa tilatasolla, kun otetaan huomioon kasvien toisistaan poikkeava sadon määrän ja laadun kehitys. Samalla viljelijöille tuotetaan tietoa uusien nurmikasvilajien viljelyominaisuuksista.

Avainsanat:

suorituskyky, benchmarkkaus, maito, säilörehu, nurmikasvilajit

Competitiveness to milk farms through improved productivity and efficiency

Sipiläinen, Timo¹⁾, Ovaska, Sami²⁾ (eds.)

¹⁾MTT Economic Research and University of Helsinki, Department of Economics and Management, Latokartanonkaari 9, FI-00790 University of Helsinki, timo.sipilainen@helsinki.fi

²⁾MTT Economic Research, Latokartanonkaari 9, FI-00790 Helsinki, sami.ovaska@mtt.fi

Abstract

In the first article, we estimated technical and cost efficiency of South Ostrobothnian dairy farms, tested factors affecting efficiency, and determined marginal productivities of inputs. The DEA analysis indicated considerable variation of efficiency. At the level of dairy farms, the average milk yield did not show as a significant contributing factor to efficiency, even if this connection has been observed when examining milk production as a partial process. This is an indication that the farm should be managed as a whole when the purpose is to maximize farm profit. Calf mortality had a significant connection with the farm's performance. Thus, high calf mortality or its growth can be seen as an important indicator of problems in milk production. Animal density influenced also positively on efficiency. The connection between the D-value of silage and efficiency is not so clear-cut. The results showed that the milk producers, whose D-value of silage was high, were technically efficient. This connection did not occur in cost efficiency. Cost efficient milk producers have the ability to convert feeding of cows according to changes in the D-value of silage and / or prices.

In the CNLS-model, it was found that the marginal revenue of labour was generally low. The marginal revenue of purchased feed was closer to the optimal than that of other materials, which were often used more than their marginal revenues justified. Taking subsidies into account, increased marginal revenues of all inputs, especially land. Without subsidies the marginal revenue of land was only one hundred euros/ha but after taking subsidies into account the average was nearly 1,000 euros/ha. Thus, scarcity of arable land raises the marginal revenue of land on livestock farms, especially when the subsidies are also connected with animal husbandry but paid on the basis of arable land area. On the arable land market, the problem appears in high market prices and increasing rents.

In the second article, we developed a model that is suitable for long-term planning of silage production. The model can be used to compare economic results of different silage harvesting chains and to investigate whether the use of contractors is economically advantageous. The model can also show how the changes in the silage D-value affect the financial results. The basic models were drawn up from examples, which were based on large dairy farms in South Ostrobothnia.

In the calculation model, the work load and harvest time were not limited. In the long-term perspective, the delayed silage harvesting lowered the economic surplus only slightly. The results showed that the cheapest harvesting chain produced the best economic result, even if silage harvesting was slow compared to other harvesting chains. Differences in harvesting chain surpluses were diminishing according to the scale of production. In particular, the high-powered harvesting chains favour co-operation or the use of contractors. The distance of field plots from the farm centre had a significant impact on the financial results. These results were consistent with the earlier research.

The third article aims to provide information from the existing field trial material of tall fescue, festulolium and red clover. They have been investigated as monocultures as well as various mixtures in four locations. The development of their dry matter yield and nutritional value were compared to more generally cultivated timothy, meadow fescue, cocksfoot and ryegrass. The material contains also official variety trial data for several plant species. Based on the data, better models for the choice of new crops at the farm level can be provided, taking into account the differences between species in the development rate of dry matter yield and nutritional value. In addition, the research provides new information on agronomic traits of the grass species for farmers.

Keywords:

performance, benchmarking, milk, silage, grass species

Alkusanat

Tämä tutkimus on toteutettu MTT taloustutkimuksen, Seinäjoen ammattikorkeakoulun maa- ja metsätalouden yksikön sekä Helsingin yliopiston taloustieteen laitoksen yhteistyönä. Tutkimusyhteistyötä maidontuotannon kehittämiseksi alueelliset lähtökohdat huomioiden on tehty vuodesta 2003 lähtien. Tutkimusongelmia on lähestytty pääosin maidontuottajien taloudellisen päätöksenteon näkökulmasta. Yhteistyön tuloksena on syntynyt käytäntöön sovellettavissa olevaa uutta tietoa. Tiedon viennissä käytännön maitotiloille ja maitotila-aineistojen hankinnassa yhteistyötä on tehty Osuuskunta Maitosuomen ja ProAgria Etelä-Pohjanmaan kanssa. Viime vuosina yhteistyöverkosto on laajentunut ja verkostoon on tullut mukaan Jyväskylän ammattikorkeakoulu ja Työtehoseura.

Raportti koostuu kolmesta artikkelista. Luvussa yksi käsitellään maidontuotannon tehokkuutta ja tuotavuutta sekä siihen vaikuttavia tekijöitä. Luvussa kaksi tarkastellaan keski suurten ja suurten maitotilojen nurmirehun korjuuketjujen taloudellisuutta pitkän aikavälin näkökulmasta ottaen huomioon nurmisadon määrässä ja laadussa tapahtuvat muutokset. Esimerkinomaiset tulokset on määritetty Etelä-Pohjanmaan ilmasto-olosuhteet huomioon ottaen. Kolmannessa artikkelissa tutkitaan alueellisten kenttäkoeaineistojen avulla erityisesti ruokonadan, rainadan ja puna-apilan puhtaiden kasvustojen sekä erilaisten seosten sadon ja laadun kehitystä suhteessa yleisimmin viljeltyihin nurmikasvilajeihin.

Tehokkuus- ja tuottavuustarkastelun tutkimusaineistot hankittiin Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskuksesta, maatilarekisteristä, tilastokeskuksesta ja ProAgrian ylläpitämistä data-pankeista sekä maatalousyrittäjiä haastattelemalla. Haastatteluiden vastasivat ProAgria Etelä-Pohjanmaa ja Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Säilörehun korjuuketjujen määrittämisen tausta-aineistona ovat MTT:ssä tehdyt nurmi- ja ruokintakokeet sekä korjuuketjumallit. Myös tutkimuksessa hyödynnetyt nurmikasvilajikekokeet eri paikkakunnilla on tehty MTT:ssä.

Tutkimushankkeen on rahoittanut Manner-Suomen maaseudun kehittämissuunnitelma ja Etelä-Pohjanmaan kunnat. Tutkimushankkeen ohjausryhmään ovat kuuluneet Hanna Mäkimantila (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus), Aimo Pellinen (JAMK), Perttu Virkajärvi (MTT), Anna-Maija Kirkkari (TTS), Arja Talvilahti (ProAgria), Olavi Koskimäki (Osuuskunta Maitosuomi), Heli Kohtala (Seinäjoen seutu), Ari Kivenmäki (Kuusiokunnat), Jukka Kuoppala (Järviseuutu), Sami Yli-Rahnasto (Suupohja), Janne Lahnalampi (Kauhava), Antti Pasila (SeAMK) sekä Kimmo Nissinen (SeAMK, sihteeri). Kiitämme lämpimästi tutkimushankkeeseen osallistuneita maidontuottajia ja yhteistyökumppaneita sekä rahoittajia ja ohjausryhmää panostuksesta ja myötävaikutuksesta tämän julkaisun syntyyn.

Helsingissä joulukuussa 2012

Timo Sipiläinen
MTT Taloustutkimus /
HY taloustieteen laitos

Matti Ryhänen
SeAMK, Maa- ja metsätalouden yksikkö
Tutkimuksen vastuullinen johtaja

Sisällysluettelo

Timo Sipiläinen, Sami Ovaska ja Matti Ryhänen

1 Tuottavuus, tehokkuus ja taloudellinen tulos eteläpohjalaisilla maitotiloilla	9
1.1 Johdanto.....	9
1.2 Tutkimusaineisto	10
1.2.1 Tilastokeskuksen maitotila-aineisto	10
1.2.2 ProAgrian maitotila-aineisto	14
1.2.3 Haastatteluaineisto	18
1.3 Maitotilojen tekninen ja kustannustehokkuus	21
1.3.1 Tehokkuus ja sen mittaaminen.....	21
1.3.2 Tehokkuuden vaihtelua selittävät tekijät.....	26
1.4 Panosten rajatuottavuus maitotiloilla.....	32
1.4.1 StoNED-menetelmä	32
1.4.2 Aineisto.....	33
1.4.3 Tulokset.....	35
1.5 Tehokkuuden mittaamenetelmät vertailutilojen etsinnässä	37
1.6 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	38
Kirjallisuus.....	40

Timo Sipiläinen, Matti Ryhänen, Ville Karhula, Antti Suokannas ja Marketta Rinne

2 Säilörehun korjuuketjujen taloudellinen vertailu –pitkän aikavälin näkökulma.....	43
2.1 Johdanto.....	43
2.2 Taustatiedot	45
2.2.1 Lypsylehmän ruokinta.....	45
2.2.2 Säilörehun korjuu.....	45
2.3 Aineisto	46
2.3.1 Nurmen kuiva-ainesadon ja D-arvon kehitysmallit	47
2.3.2 Säilörehun korjuuketjut.....	49
2.3.3 Hinta- ja tukitiedot	51
2.4 Suunnittelumalli	52
2.5 Tulokset.....	53
2.5.1 Mallin tuottamat ratkaisut	53
2.5.2 Vertailu tilastoituihin urakointihintoihin.....	59
2.6 Johtopäätökset	62
Kirjallisuus.....	64
Liitteet.....	67

Maarit Hyrkäs, Perttu Virkajärvi, Markku Niskanen, Oiva Niemeläinen ja Päivi Kurki

3 Eri nurmikasvien sadontuotto- ja kasvunopeus.....	69
3.1 Johdanto.....	69
3.2 Aineisto ja menetelmät	69
3.2.1 Nurmilajien sadon kehitys	69
3.2.2 Viralliset lajikekokeet	71
3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu	71
3.3.1 Sää.....	71
3.3.2 Nurmilajien sadon kehitys - ensimmäinen sato.....	72
3.3.3 Toinen sato.....	75
3.3.4 Puna-apila	78
3.3.5 Viralliset lajikekokeet	79
3.3.6 D-arvo	81
3.4 Johtopäätökset	81
Kirjallisuus.....	82

1 Tuottavuus, tehokkuus ja taloudellinen tulos eteläpohjalaisilla maitotiloilla

Sipiläinen, Timo¹⁾, Ovaska, Sami²⁾ ja Ryhänen, Matti³⁾

¹⁾ MTT Taloustutkimus ja Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, timo.sipilainen@helsinki.fi

²⁾ MTT Taloustutkimus, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, sami.ovaska@mtt.fi

³⁾ Seinäjoen AMK, maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoentie 525, 60800 Ilmajoki, matti.ryhanen@seamk.fi

1.1 Johdanto

Maidontuottajan toimintaa ohjaavat tekniset, taloudelliset ja hallinnolliset rajoitteet, etenkin maitokiintiö, sekä kannustimet. Tuotteiden ja panosten hintataso määräytyy markkinoilla, johon yksittäinen maidontuottaja ei voi vaikuttaa. Kun meijeriteollisuus tarvitsee tasalaatuista raaka-ainetta, maidontuottaja ei voi erilaistaa tuotettaan. Tällainen toiminta- ja kilpailuympäristö sekä maitokiintiö ovatkin ohjanneet maidontuottajan tavoitteita suuntaan, jossa kilpailustrategiaksi muodostuu kustannusjohtajuuden tavoittelu. Käytännössä maidontuottaja tuottaa kiintiötä vastaavan maitomäärän mahdollisimman pienin yksikkökustannuksin.

Yksikkökustannuksiin vaikuttavat monet tekijät, kuten luonnonolot, peltolohkojen koko ja sijainti, tilan etäisyys markkinoista, tuotantoteknologia sekä maidontuottajan ikä ja osaaminen. Maidontuottajat toimivat erilaisissa toimintaympäristöissä ja elinkaaren eri vaiheissa, mikä johtaa erilaisiin yksikkökustannuksiin. Elinkaaren eri vaiheissa maidontuottajan tavoitteet maitotilan toiminnan kehittämisen suhteen vaihtelevat, mikä osaltaan vaikuttaa yksikkökustannuksiin. Yksikkökustannusten minimointioletus on yksinkertaistus käytännön elämästä (mm. Hardaker ym. 1997). Talusteorian mukaan maidontuottaja maksimoi voittoa, jolloin kokonaistuoton ja -kustannuksen erotus on suurin, mikä johtaa kustannusten minimointiin tällä tuotostasolla. Kun maitokiintiö on sitova, maidontuottajan kannattaa tuottaa kiintiötä vastaava maitomäärä minimikustannuksin. Pitkällä aikavälillä menestyvät maidontuottajat, jotka onnistuvat parhaiten voiton maksimoinnissaan.

Tuottavuuden parantaminen on yksi keskeinen keino kasvattaa voittoa. Tuotantotekniikan kehittyminen ja sen käyttöönotto mahdollistavat maitolitrnan tuottamisen aiempaa pienemmällä työmäärällä, mikä parantaa työn tuottavuutta. Se ei automaattisesti merkitse kokonaistuottavuuden lisäystä, sillä investointien myötä pääoman tuottavuus saattaa laskea. Tuottavuus ja tekninen tehokkuus vaihtelevat maitotilojen välillä usein samoista syistä kuin yksikkökustannukset. Erojen taustalla on myös syitä, joihin maidontuottaja ei voi vaikuttaa kuten mm. sääolot ja maalajit. Toisaalta maitotilojen tuottavuudessa ja teknisessä tehokkuudessa on eroja, vaikka tuotanto-olot ja -tekniikat ovat samankaltaisia. Tällöin eroja voi olla tuotantoprosessien hallinnassa, tuotantovälineistön hyväksikäytössä ja osaamisessa.

Maitotilan toimintaa on mahdollista kehittää ottamalla oppia parhaista sovelletuista käytännöistä (benchmarking). Benchmarkingissa keskeistä on, miten vertailutilat tai -prosessit valitaan. Ne voidaan valita joko objektiivisin kriteerein tai vuorovaikutteisesti maidontuottajan omien mieltymysten perusteella, sillä yksikäsitteisen parhaan mahdollisen vertailukohdan määrittäminen on mahdotonta tilojen välisten erojen vuoksi. Maidontuottaja voi valita vertailujoukon haluamallaan tavalla, kuten esimerkiksi parhaiten onnistuneet samankokoiset tilat, eri tuotantoteknologiaa käyttävät tilat tai eri kokoluokan tilat. Tuottavuus-, tehokkuus- ja benchmarking -malleja on käytetty kotimaisissa ja kansainvälisissä vertailuissa (mm. Sipiläinen & Ryhänen 2002, Bogetoft & Nielsen 2005, Sipiläinen 2008, Sipiläinen ym. 2008, Ovaska ym. 2009).

Tässä tutkimuksessa benchmarking-malleja sovelletaan Etelä-Pohjanmaan toimintaympäristöön. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää mahdollisuuksia parantaa eteläpohjalaisten maitotilojen kustannustehokkuutta ja alentaa yksikkökustannuksia, sillä eteläpohjalaisten maitotilojen tuloksissa on suuria eroja (Vehkamäki ym. 2011, Ryhänen & Laitila 2012). Keskeisenä tavoitteena on tuottaa tilatasolla maidontuottajan päätöksenteon tueksi uutta tietoa, joka auttaa maidontuottajaa tuotannon kehittämisessä. Käytännössä se merkitsee maitotilan strategista päätöksentekoa tukevan tiedon ja sitä tukevien menetelmien kehittämistä. Syitä maidontuottajien suorituskykyeroihin haetaan myös maitotilojen tuotantoa kuvaavista ”taustamuuttujista”. Taustamuuttujien avulla voidaan tunnistaa tekijöitä, jotka vaikuttavat tilojen tehokkuuserojen taustalla.

Tutkimus koostuu neljästä luvusta muodostaen yhdessä kokonaisuuden, jossa tarkastellaan maitotilojen tuottavuutta ja tehokkuutta eri näkökulmista. Luvussa 1.2 esitellään laaja tutkimusaineisto yksityiskohtaisesti analysoituna. Luvussa 1.3 tutkitaan maitotilojen teknistä ja kustannustehokkuutta sekä laaditaan malleja, joiden avulla määritetään tehokkuuteen merkitsevästi vaikuttavia tekijöitä. Luvussa 1.4 estimoidaan ei-parametrisella CNLS-mallilla panosten tilakohtaiset rajatulot ja luvussa 1.5 esitetään lyhyesti DEA-pohjaisten vuorovaikutteisten benchmarking-mallien hyödyntämismahdollisuuksia maidontuottajan päätöksenteon tukena.

1.2 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto kerättiin vuosilta 2006–2009 useista eri tietorekistereistä. Tilaotos muodostettiin Tikessä (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus) poimimalla maatilarekisteristä aluksi kaikki Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen alueen yli 20 lehmän maitotilat. Otantaa varten tilat järjestettiin koon mukaan suuruusjärjestykseen ja näistä valittiin otokseen joka toinen (1. tila, 3. tila, 5. tila jne.). Tilaotokseen saatiin tällä tavoin 320 maitotilaa. Lisäksi varmistettiin, että tilaotoksen tiloilla oli tuotettu maitoa jokaisena tutkimusvuonna.

Tilastokeskuksesta saatiin tutkimuksen käyttöön otokseen tulleiden tilojen maatilayritysten veronalaiset tulot, menot, varat ja velat yhteensä 311 tilalta. Maaseutuelinkeinohallinnon tietojärjestelmän (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus Tike ja Maaseutuvirasto Mavi) rekistereistä poimittiin tilojen maito- ja eläinmäärät, peltoalat (oma ja vuokratpelto), eri kasvilajien viljelypinta-alat sekä maidontuottajan sukupuoli ja ikä.

Rekisteritietoja täydennettiin kesällä 2010 tilahaastatteluin. Aineiston hankinnassa ja tietojen keruussa yhteistyötä tekivät SeAMK, MTT, ProAgria Etelä-Pohjanmaa, Maatalouden Laskentakeskus, Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus, Maaseutuvirasto, Tilastokeskus ja Työtehoseura. ProAgria Etelä-Pohjanmaa toteutti haastattelut kesän 2010 aikana. Haastatteluun suostui 70 % otoksen maidontuottajista.

Lisäksi ProAgria Maatalouden Laskentakeskuksesta saatiin karjakohtaisia tietoja 269 otostilalta. Ne sisältävät mm. lehmien poistoprosentin, poikimavälin, eläinlääkintämenot, säilörehun D-arvon, lehmien rehunkulutuksen ja ostorehujen käyttömäärän sekä tietoja tuotantoteknologiasta.

Otoksen maidontuottajista 225 osallistui tilahaastatteluun. Tilahaastatteluissa hankittiin tietoja, joita ei saatu muista lähteistä, kuten työmäärä, koneiden ja kaluston jälleenhankinta-arvo, urakointipalveluiden käyttö, muille urakointi ja tilan hallussapitoaika. Haastatelluista maidontuottajista 201 kuului tuotostarkkailuun.

Eri lähteistä kerätyt tiedot yhdistettiin Tilastokeskuksessa tilatunnuksen perusteella. Lopullinen yhdistetty aineisto, josta oli poistettu tilakohtaiset tunnistetiedot, saatiin tutkimuskäyttöön keväällä 2011.

1.2.1 Tilastokeskuksen maitotila-aineisto

Tuotannon ja tilarakenteen muutokset Etelä-Pohjanmaalla

Tilastokeskuksesta saadun tutkimusaineiston maitotilojen keskimääräisiä tuotantotietoja vuosilta 2006–2009 esitetään taulukossa 1.1. Tällä aikavälillä yli 20 lehmän maitotilat (n=311) ovat tuottaneet

keskimäärin 277 122 litraa maitoa. Lehmä on ollut keskimäärin 36 ja peltoa 66 ha. Vuokrapellon osuus tilojen kokonaispeltoalasta on ollut 40 %.

Taulukko 1.1. Lehmäluvut ja maitotuotokset tutkimustiloilla vuosittain ja vuosien 2006–2009 keskiarvona (n = 311).

Vuosi	Lehmiä yht.	Maitotuotos l	Keskilehmäluku kpl/tila	Maitotuotos l/tila	Keskituotos l/lehmä	Pelto ha/tila
2006	10 531	80 159 081	34	257 746	7 611	62
2007	10 901	83 997 718	35	270 089	7 705	64
2008	11 468	87 868 070	37	282 534	7 662	67
2009	12 033	92 714 915	39	298 119	7 705	69
2006-09 ka	11 234	86 184 946	36	277 122	7 671	66
06-09, kasvu-%/v	4,5 %	5,0 %	4,5 %	5,0 %	0,4 %	3,7 %

Tutkimustiloilla on kasvatettu tuotantoa vuosina 2006–2009. Lehmämäärää on lisätty 1 502 lehmällä ja maitomäärä on kasvanut 12,56 milj. litralla. Lehmämäärä on noussut keskimäärin 4,5 % vuodessa ja maitotuotos hieman enemmän (5,0 %) keskituotoksen kasvusta johtuen. Keskituotos on noussut kuitenkin vain 0,4 % vuodessa. Peltoalaa on kasvatettu keskimäärin 7 ha, josta 4 ha on ostettu ja 3 ha vuokrattu. Taulukossa 1.2 esitetään tutkimustilojen pellonkäyttötietoja. Muiden pellonkäyttömuotojen kuin nurmen ja rehuviljan osuus on kymmenen prosenttia.

Taulukko 1.2. Tutkimustilojen pellonkäyttö (vuosien 2006–2009 keskiarvo, n = 311).

Pellonkäyttö	Keskiarvo	Keskihajonta	Alin	Ylin
Nurmen osuus peltoalasta (%)	62,0	18,6	13,0	100,0
Rehuviljojen osuus peltoalasta (%)	28,0	17,5	0,0	72,0

Taulukko 1.3. Tilalukumäärä karjakokoluokittain tutkimusaineistossa (n = 311).

Vuosi	Karjakoko, lehmää					
	20-30	31-45	46-60	61-75	76-90	yli 90
2006	168	88	37	11	4	3
2009	127	103	44	24	4	9
Muutos 2006 – 2009, kpl tiloja	-41	+15	+7	+13	0	+6

Taulukosta 1.3 nähdään, että suurimmalla osalla tutkimustiloista on alle 30 lehmää. Yrityskoon kasvusta kertoo kuitenkin se, että 20–30 lehmän karjat ovat vähentyneet neljänneksen kolmessa vuodessa. Vastaavasti suuremmissa karjakokoluokissa tilamäärä on kasvanut tai pysynyt ennallaan.

Taulukossa 1.4 tutkimustilat on jaettu tuotantorakennusinvestointien suuruuden mukaisiin luokkiin verovuoden hankinta- ja perusparannusmenojen summan perusteella. Tuotantorakennuksiin investoitiin eniten vuonna 2007. Taulukon alimmalla rivillä on esitetty tutkimustilojen yhteenlasketut tuotantorakennusinvestoinnit koko tutkimusajanjaksolla (sisältää myös alle 50 000 €:n investoinnit). Esimerkiksi 34 tilalla on investoitu tuotantorakennuksiin 50 000–100 000 € ja 11 tilalla yli 500 000 €. Verotusaineistosta ei ole mahdollista selvittää millaiseen tuotantorakennukseen investointi on kohdistunut.

Taulukko 1.4. Tuotantorakennusinvestointiluokat koon mukaan ja tilamäärät eri luokissa (n = 311).

Tuotantorakennusinvestoinnit					
Vuosi	50 000 - 100 000 €	100 001 - 250 000 €	250 001 - 500 000	yli 500 000	Yht. milj. €
2006	9	7	2	1	4,1
2007	15	12	7	3	8,4
2008	12	9	2	0	4,1
2009	16	8	3	2	5,3
Yht.	52	36	14	6	21,9
2006–2009, koko jakso	34	22	18	11	

Taulukossa 1.5 on esitetty investointiluokittain keskimääräisiä tuotantotietoja ja tuotannon muutoksia. Luokat kuvaavat tuotantorakennusten hankinta- ja perusparannusmenojen summaa tutkimusajanjaksoilla. Tiloilla, joilla ei ole investoitu tuotantorakennuksiin vuosina 2006–2009, maidontuottajan ikä ja tilan hallussapitoaika ovat korkeimmat. Suurimmassa investointien kokoluokassa lehmäluku on kasvanut 71 % ja maitomäärä 75 % tutkimusajanjaksoilla. Tiloilla, joilla ei ole investoitu, lehmäluku ja maitomäärä ovat kasvaneet viisi prosenttia.

Taulukko 1.5. Tuotantorakennuksiin investoineiden tilojen tuotanto vuosina 2006–2009.

n	104	34	22	18	11
Investoineiden tilojen tuotanto 2006–2009	alle 50000 €	50 000– 100 000 €	100 001– 250 000 €	250 001– 500 000 €	yli 500 000 €
Ikä, v	48	44	38	40	43
Lehmät 2006, kpl	32	35	42	39	40
Lehmät 2009, kpl	34	41	57	55	69
Maitomäärä 2006, l	237 414	284 204	328 514	306 725	323 440
Maitomäärä 2009, l	250 296	337 675	439 331	440 169	566 130
Vuokrapelto 2006, ha	22	29	31	28	37
Vuokrapelto 2009, ha	23	34	38	32	63
Peltoala yht. 2006, ha	55	66	78	73	94
Peltoala yht. 2009, ha	58	78	91	82	126
Maataloustulo 2006, €	60 821	54 778	49 116	48 637	52 349
Maataloustulo 2009, €	66 268	79 796	79 698	52 519	77 196
Pääoman tuottavuus 2006, l/€	2,0	1,5	1,2	1,0	1,4
Pääoman tuottavuus 2009, l/€	2,0	1,6	1,1	0,7	0,7

Pääoman tuottavuus, eli yhdellä eurolla pääomaa (pelto pois lukien) tuotettu maitomäärä, ei ole muuttunut merkittävästi alle 250 000 €:n investointiluokassa. Sen sijaan tutkimusajaksolla yli 250 000 € investoineilla tiloilla pääoman tuottavuus on alentunut. Se on puolittunut suurimmassa investointikokoluokassa. Osittaistuottavuus ei kuitenkaan kerro kokonaistuottavuuden muutoksesta, sillä pääomalla on yleensä korvattu työpanosta, jolloin työn tuottavuus on noussut.

Maatalouden verotiedot ja maataloustulo

Verotietojen perusteella laskettavat maatalouden taloudelliset tunnusluvut perustuvat maatilatalouden tuloverolakiin (MVL), jonka lähtökohdiana on maksuperusteisuus. Tämä tarkoittaa menon tai tulon lukemista sen verovuoden kuluksi tai tuotoksi, jona maksu on suoritettu tai tulo saatu. Siten tässä käytettävä laskentaperiaate poikkeaa MTT Taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitotilojen suoriteperusteesta, jossa tulo- ja menoerät kohdennetaan suoriteperusteen mukaisesti tuotoiksi ja kustannuksiksi sille vuodelle, jolloin tuotanto on aikaansaatu (MTT Taloustohtori 2012).

MVL:n sisältämien maksuperusteen ja muiden tulontasausmahdollisuuksien vuoksi verotiedoista laskettavat yksittäisen vuoden talousluvut eivät välttämättä kuvaa tarkasti todellista taloudellista tulosta. Tulontasausarve liittyy ansiotuloverotuksen progressiiviseen asteikkoon, jolloin maidontuottajan kannattaa yleensä pyrkiä tasaiseen vuosittaiseen verotettavaan tuloon. Tilalla voidaan esimerkiksi hankkia tuotantopankkia ennen vuodenvaihdetta usean vuoden tarpeisiin vähentämään verotettavaa tuloa. Tämän lisäksi koneiden ja kaluston poistot voidaan vuosittain valita 0–25 %:n väliltä. Tasausvarauksen avulla voidaan verotettavaa tuloa siirtää verotettavaksi seuraaville vuosille tai purettavaksi investointeihin. Tämän vuoksi maataloustulo on laskettu taulukossa 1.6 jättämällä maatalouden tuloksesta pois tehdyt ja suoraan tuloutettavat tasausvaraukset. Verotiedoista laskettavia talouslukuja tulisi tarkastella usean vuoden perusteella yksittäisen vuoden sijaan.

Taulukossa 1.6 on esitetty tutkimustilojen keskiarvotiedot: kassaperusteiset veronalaiset tulot, menot, varat ja velat vuosilta 2006–2009. Maatalouden verotettavan kassaperusteisen tuloksen laskennassa maataloustuotteiden myyntitulot koostuvat kotieläimistä, muista myyntituloista (alv 22 %) sekä kotieläin- ja kasvinviljelytuotteiden myyntituloista (alv 17 %). Vuosien 2006–2009 myyntituloista keskimäärin 82 % on saatu maidosta. Muiden tulojen osuus myyntituloissa on pieni, sillä kotieläinten myyntien osuus on ollut 11 %, muiden myyntitulojen 4 % ja kasvinviljelytuotteiden 3 %.

Maataloustuotteiden myyntitulot ovat nousseet tutkimusjaksolla keskimäärin 11 % vuodessa. Tuloja ovat nostaneet pääosin maidon myyntitulojen kasvu. Tähän ovat vaikuttaneet tuotannon kasvun lisäksi maidon tilityshinnan nousu erityisesti vuonna 2008. Maataloustuen osuus tilojen liikevaihdosta on ollut vuosina 2006–2009 keskimäärin 36 %. Myös menot ovat nousseet tutkimusjaksolla. Yhteenlasketut menot (ilman korjauseriä ja korkoja) ovat nousseet keskimäärin 7 % vuodessa. Menojen nousuun ovat vaikuttaneet sekä panoshintojen nousu että panosmäärien kasvu.

Maatalouden ostomenot (alv 22 %) on suurin menoerä, joka tutkimusvuosina on noussut keskimäärin 7 % vuodessa. Siihen kuuluvat kotieläinten ostomenot, muut kotieläinmenot, lannoitteet ja kalkki, siemenet, muut kasvinviljelymenot, vuosimenona poistettava lyhytikäinen kalusto, ostopalvelut (esim. kuivaus ja puinti), koneiden ja rakennusten kunnossapito, poltto- ja voiteluaineet, sähkö ja muut menot. Maatalouden ostomenot (alv 17 %) koostuu pääosin rehuista. Kyseinen menoerä on noussut keskimäärin 8 % vuodessa. Palkkamenot ovat nousseet keskimäärin 13 % vuodessa. Verotuksen mukainen voitto on vastaavasti noussut keskimäärin 6 % ja tästä korjauserät ja korot vähentämällä saatava maatalouden tulos 7 % vuodessa. Maataloustulo on noussut keskimäärin 6 % vuodessa.

Taulukko 1.6. Maatilayritysten kassaperusteiset veronalaiset tulot, menot, varat ja velat sekä maataloustulo 2006–2009 (n = 311).

Verotustiedot, euroa/tila	2006	2007	2008	2009	2006– 2009 keskim.	2006– 2009 keskim. %/v
Maataloustuotteiden myyntitulo	111 136	126 018	153 850	148 366	134 843	11 %
Kotieläinten myyntitulo, alv 22 %	13 597	14 502	16 026	17 469	15 399	
Muut myyntitulot, alv 22 %	3 767	4 334	4 861	5 168	4 532	
Kotieläintuotteiden myyntitulo, alv 17 %	90 685	102 157	128 063	121 416	110 580	11 %
Kasvinviljelytuott. myyntitulo, alv 17 %	3 087	5 026	4 900	4 313	4 331	
Majoituspalvelut yms, alv 8 %	294	245	283	317	285	
Tuet	76 920	71 140	76 925	80 224	76 302	
Tasausvarauksen suora tuloutus	401	484	321	649	464	
Muut tulot, alv 0 %	2 048	1 921	2 394	2 093	2 114	
Tulot yhteensä	190 799	199 808	233 772	231 650	214 007	7 %
Palkkamenot	3 755	4 281	4 644	5 390	4 517	13 %
Ostomenot, alv 22 %	57 311	59 958	71 374	70 057	64 675	7 %
Jaksotettu eläinten hankintameno	357	506	268	384	379	
Ostomenot, alv 8 tai 17 %	27 022	29 908	34 786	33 241	31 239	8 %
Muut menot, alv 0 %	16 027	17 442	18 156	19 640	17 816	7 %
Poistot	22 798	24 544	28 628	28 906	26 219	8 %
Verovuonna tehty tasausvaraus	5 891	5 035	6 581	5 914	5 855	
Menot yhteensä	132 803	141 167	164 169	163 148	150 322	7 %
Voitto	57 996	58 641	69 603	68 502	63 685	6 %
Korjauserät	-1 758	-966	-335	-653	-928	
Korot	5 135	6 705	7 956	6 094	6 472	9 %
Tulos maataloudesta	51 102	50 970	61 313	61 755	56 285	7 %
Maatalouden varat	229 479	254 181	261 643	257 147	250 612	4 %
Koneet, menojäännös 31.12	72 454	87 535	89 188	92 139	85 329	9 %
Tuotantorakennukset, menojäännös 31.12	51 636	61 373	61 877	65 015	59 975	8 %
Maatalouden velat	161 085	181 376	187 054	194 804	181 080	7 %
Maataloustulo	56 592	55 520	67 573	67 021	61 676	6 %

1.2.2 ProAgrian maitotila-aineisto

Maidon ja säilörehun laatu sekä lehmien uudistaminen otostiloilla

Taulukossa 1.7 esitetään karjakohtaiset tiedot ja niiden hajontaluvut, jotka perustuvat ProAgria Maatalouden laskentakeskuksen aineistoihin. Nämä tiedot oli saatavissa osittain tai kaikkien muuttujien osalta 269 maitotilalta. Ne kuvaavat tilojen tuottaman maidon laatua, lehmien poikimakertoja ja poistoja sekä säilörehun ruokinnallista laatua.

Maidon rasvapitoisuus on keskimäärin 4,2 % ja valkuaispitoisuus 3,4 %. Maidon hygieeninen laatu on keskimäärin hyvä, mutta tilakohtainen vaihtelu on huomattava. Poikimaväli on keskimäärin 13,5 kuukautta ja poistoikä viisi vuotta. Siemennyksiä poikimista kohti tarvitaan keskimäärin 1,9. Vasikka-kuolleisuus on aineistossa keskimäärin 8,6 %.

Taulukko 1.7. Otostilojen karjakohtaiset tiedot (vuosien 2006–2009 keskiarvo).

	n	Keskiarvo	Keskihajonta	Alin	Ylin
Maidon bakteerit (1 000 pmy/ml)	268	5,5	4,2	1,0	27,5
Maidon solut (1 000 solua / ml)	269	180,1	75,4	46,3	625,3
Maidon rasva-%	269	4,2	0,4	2,5	5,5
Maidon valkuais-%	269	3,4	0,2	2,1	3,6
Maidon urea	268	30,8	3,1	21,0	37,8
Poikimaväli (vrk)	269	411,3	22,1	355,8	519,0
Poisto-%	269	34,7	7,7	13,7	58,0
Lehmien poistoikä, v	269	5,0	0,6	3,5	7,8
Keskipoikimakerta (kpl)	269	2,3	0,3	1,4	3,9
Siemennyksiä / poikiminen (kpl)	268	1,9	0,3	1,0	3,4
Vasikkakuolleisuus (%)	269	8,6	4,2	0,0	27,8
Kokonaisjalostusarvo	267	0,0	2,7	-9,2	9,7
Hiehon odotusarvo	263	6,3	3,1	-7,2	13,9
Nurmisäilörehun D-arvo	250	68,1	1,8	62,8	74,3
Syönti-indeksi	250	104,1	4,2	92,0	120,0

Maidon valkuais- ja rasvapitoisuuksien välinen korrelaatio (Spearman, $r = 0,29$) on tilastollisesti merkitsevä 1 %:n riskitasolla. Maidon rasvapitoisuus laskee keskituotoksen noustessa ($r = -0,20$, merkitsevä 1 %:n riskitasolla), mutta valkuaisprosentin ja keskituotoksen välillä vastaavaa tilastollista yhteyttä ei ole. Maidon laatuun liittyvät solu- ja bakteerimäärät ovat yhteydessä toisiinsa ($r = 0,48$, merkitsevä 1 %:n riskitasolla). Keskituotoksen ja solu- ja bakteerimäärien korrelaatiot ovat negatiivisia ($r = -0,32$ ja $-0,38$) ja merkitseviä 1 %:n riskitasolla.

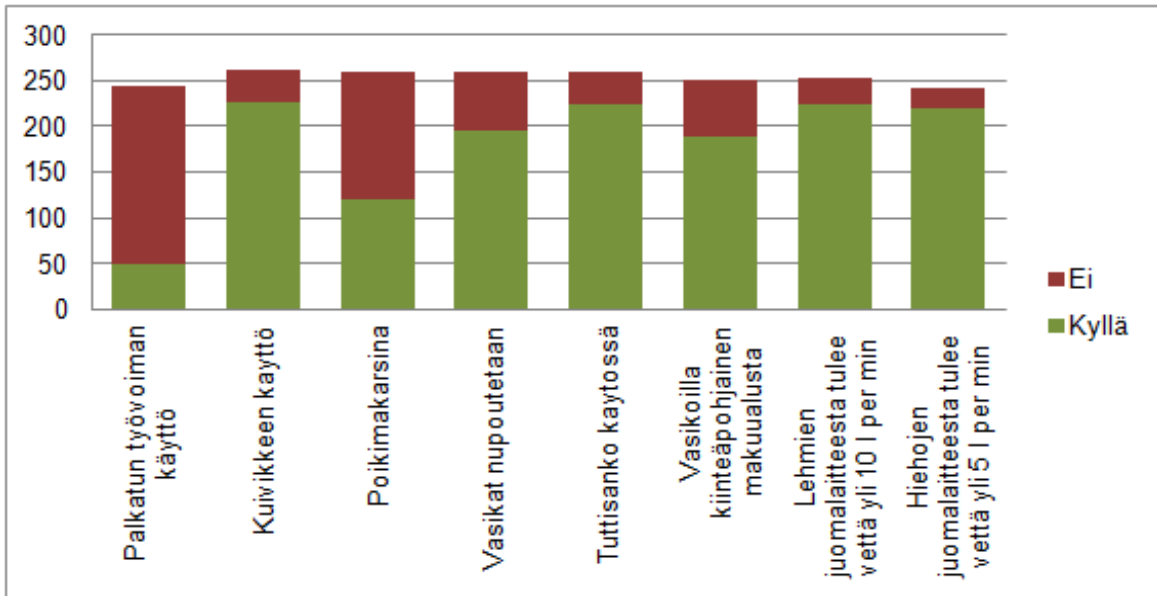
Lisäksi seuraavat yhteydet ovat tilastollisesti merkitseviä 1 %:n riskitasolla: nurmisäilörehun D-arvo ja maidon valkuaispitoisuus ($r = 0,25$), D-arvo ja lehmäluku ($r = -0,19$), D-arvo ja maidon bakteerimäärä ($r = -0,21$), vasikkakuolleisuus ja maidon bakteerimäärä ($r = 0,24$), vasikkakuolleisuus ja lehmäluku ($r = 0,23$) sekä vasikkakuolleisuus ja keskituotos ($r = -0,24$) sekä kokonaisjalostusarvo ja keskituotos ($r = 0,50$).

Korrelaatioanalyysien tulosten mukaan nurmisäilörehun D-arvolla näyttää olevan positiivinen yhteys maidon valkuaispitoisuuteen ja alhaiseen maidon bakteerimäärään. Toisaalta D-arvo korreloi negatiivisesti lehmämäärän kanssa. Maidon hygieeninen laatu on positiivisessa yhteydessä keskituotokseen. Alhainen keskituotos saattaa siten olla merkki lehmien terveysongelmista ja/tai maidontuottajien osaamisesta, mikä näkyy maidon hygieenisessä laadussa. Negatiivinen korrelaatio vasikkakuolleisuuden ja keskituotoksen, D-arvon ja maidon bakteerimäärän välillä sekä positiivinen korrelaatio vasikkakuolleisuuden ja bakteerimäärän välillä antavat viitteitä, että maidontuottajien osaamisen taso vaihtelee tiloilla. Toisaalta navetan ikä ja lehmien tuotanto-olot saattavat olla yhteydessä edellä saatuihin tuloksiin.

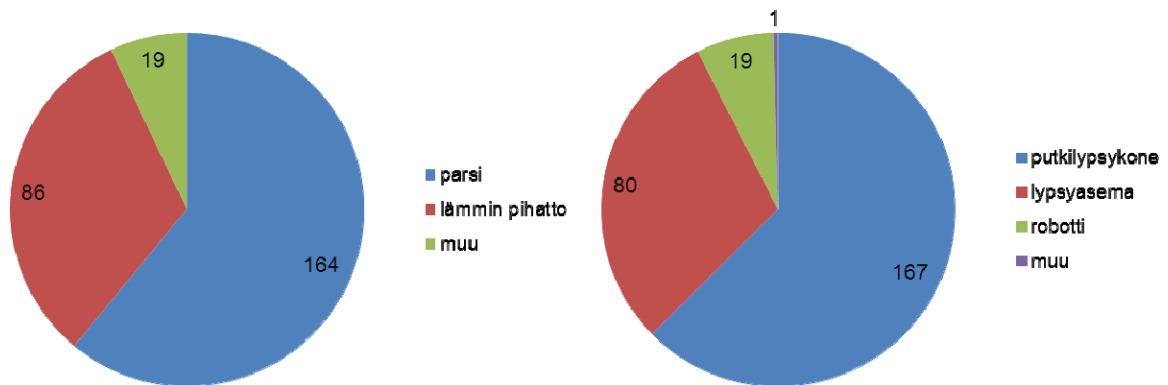
Tuotantotekniikka ja -olosuhteet

Kuvassa 1.1 on esitetty ProAgria Maatalouden Laskentakeskuksen aineistoihin sisältyviä tietoja tutkimustilojen tuotantotekniikasta ja tuotanto-olosuhteista. Tiedot kuvaavat pääosin vuoden 2010 tilannetta, sillä haastattelutilojen osalta tiedot päivitettiin kesällä 2010 tilahaastattelujen yhteydessä.

Valtaosan työstä tekevät maidontuottajat itse, sillä palkattua työvoimaa käytetään vain viidesosalla tiloista (kuva 1.1). Kuivikkeen ja tuttisangon käyttö on yleistä, sillä vain yksi seitsemästä maidontuottajasta ei käytä niitä. Kolme neljästä maidontuottajasta nupouttaa vasikat ja käyttää vasikoille kiinteäpohjaista makuualustaa. Lähes joka toinen maidontuottaja on hankkinut poikimakarsinan.

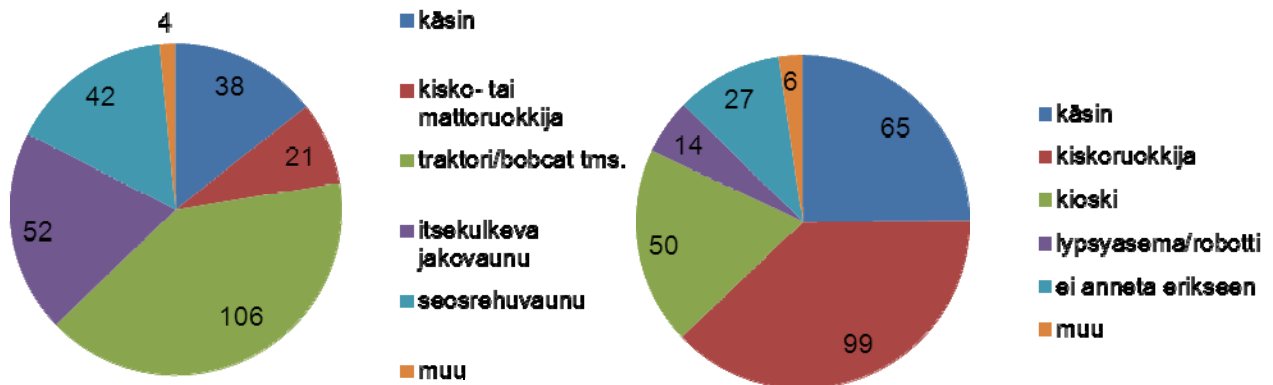


Kuva 1.1. Palkatun työvoiman käyttö ja eläinten olosuhdemuuttajat tutkimustiloilla.



Kuva 1.2. Navettatyyppit (vasen paneeli) ja lypsytavat (oikea paneeli) tutkimustiloilla (kpl).

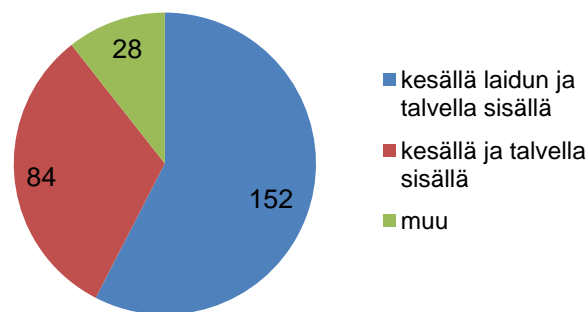
Kuvan 1.2 vasemmassa paneelissa on esitetty eri navettatyyppien jakautuminen tilaotoksessa. Suurimmalla osalla tiloista on parsinavetta (61 %). Lämpimän pihaton osuus navettatyypeistä on 32 %. Ryhmä ”muu” koostuu kylmäpihatoista ja kombinavetoista. Vastaavasti kuvan oikeassa paneelissa on esitetty lypsykonetyypit tutkimustiloilla. Yleisin lypsykonetyyppi on putkilypsykone (63 %). Tutkimustiloista 30 % käyttää lypsyasemaa ja 7 % robottia.



Kuva 1.3. Säilö- tai seosrehun jakotavat (vasen paneeli) ja väkirehun jakotavat (oikea paneeli) tutkimustiloilla (kpl).

Kuvassa 1.3 (vasen paneeli) on esitetty säilö- tai seosrehun jakotavat tutkimustiloilla. Kuvasta nähdään, että yleisin menetelmä on käyttää traktoria, bobcatia tai muuta vastaavaa konetta (40 %). Seuraavaksi yleisimmät jakotavat ovat itse kulkeva jakovaunu (20 %) ja seosrehuvaunu (16 %). Käsin rehut jaetaan 14 %:lla tiloista. Kisko- tai mattoruokkijan osuus on 8 %. Suurin osa tilojen säilörehusta varastoidaan laakasiilon (52 %). Paalien osuus on 32 %.

Kuvan 1.3 oikeassa paneelissa on esitetty väkirehun jakotavat tutkimustiloilla. Yleisin jakomenetelmä on kiskoruokkija (38 %). Väkirehu jaetaan käsin neljäsosalla ja väkirehukioskia käytetään viidesosalla tiloista. Yksi kymmenestä tutkimustilasta käyttää seosrehuruokintaa.



Kuva 1.4. Lehmien ulkoilu tutkimustiloilla (kpl).

Kuvassa 1.4 on esitetty lehmien ulkoilu tutkimustiloilla. Yleisin lehmien ulkoilutapa (58 %) on laidunnus kesällä ja sisällä olo talvella. Kolmasosa maidontuottajista pitää lehmät navetassa sekä talvella että kesällä. Taulukossa 1.8 on vastaavasti kuvattu lehmien ulkoilua ja laidunnusta eri tilakokoluokissa. Lehmien ulkoilu ja laidunnus näyttävät liittyvän tilakokoon ja siten navettatyyppeihin. Yli 60 lehmän tiloilla (pihatoissa) lehmiä pidetään pääosin sisällä sekä kesällä että talvella. Sen sijaan korkeintaan 45 lehmän tiloilla (parsinavetoissa) lehmien laiduntaminen kesällä ja sisällä pito talvella on selvästi yleisin ulkoilutapa.

Taulukko 1.8. Lehmien ulkoilu tilakokoluokittain.

Lehmiä, kpl	Karjakoko, lehmää					
	alle 30	30–45	46–60	61–75	76–90	yli 90
Kesällä laidun, talvella ulkoilu	4 %	5 %	2 %	10 %	0 %	13 %
Kesällä laidun, talvella sisällä	72 %	67 %	41 %	5 %	25 %	0 %
Kesällä tarhassa, talvella ulkoilu	0 %	2 %	0 %	5 %	0 %	0 %
Kesällä tarhassa, talvella sisällä	6 %	4 %	5 %	0 %	0 %	0 %
Kesällä ja talvella sisällä	17 %	21 %	51 %	81 %	75 %	88 %
Yht. %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Tiloja yhteensä	98	92	41	21	4	8

1.2.3 Haastatteluaineisto

Edellä kuvattujen rekisteriaineistojen lisäksi kerättiin tilakohtainen haastatteluaineisto yhteistyössä tutkijoiden ja ProAgria Etelä-Pohjanmaan kanssa. Sen avulla täydennettiin rekisteriaineistoista poimittuja tietoja mm. työmäärän, konekannan ja urakoinnin osalta. Haastatteluun osallistui 225 maidontuottajaa, joista 201 kuului myös tuotantotarkkailuun.

Työmäärän määrittäminen ja maitotilojen työmäärä

Haastatteluaineiston tiloille määritettiin vuotuiset työmäärät Työtehoseuran (TTS tutkimus) kehittämän maatilatyömäärän suunnittelu- ja hallintaohjelman (TTS-Manager) avulla. Työmäärien laskentaa varten maataloustyöt pilkotaan eri työvaiheisiin, jotka ovat kotieläintyöt, kasvinviljelytyöt, johtamistyöt ja muut työt. Johtamistöitä ovat suunnittelu, säätö ja seuranta, mittaaminen ja tallennus, viranomais selvitysten laadinta, ostot, myynnit, rahoitus, laskut ja tilikirjanpito sekä kouluttautuminen. Muita töitä voivat olla esimerkiksi tuotantorakennusten lämmitys, lumenauraus, maatilankoneiden, laitteiden, peltojen ja peltoteiden kunnossapitotyöt.

TTS-manager laskee työvaiheille työnmenekit, jotka perustuvat suomalaisesta työntutkimusaineistosta peräisin olevaan maataloustöiden standardiaikajärjestelmään. Tässä tutkimuksessa työnmenekin laskennan lähtökohdaksi olivat haastattelut eli maidontuottajan oma näkemys kunkin työvaiheen työnmenekistä valmiiden standardiaikojen sijaan. TTS-managerin käytön tavoitteena oli tässä tutkimuksessa saada mahdollisimman luotettava kuva maidontuottajien työmääristä laskemalla ne yhdenmukaisella tavalla. Aineiston keruuseen liittyi myös oppimisenäkökulma. Käymällä maitotilan työt läpi työvaihe työvaiheelta voitiin löytää kohtia, joissa tilalla näytti kuluvan paljon aikaa. TTS-managerin käytön näkökulmana on selvittää maatilalla tehty työmäärä ja käytettävissä olevan työvoiman riittävyys. Tämän vuoksi ohjelmalla laskettu koko tilan työmäärä saattaa hieman poiketa varsinaiseen maatalouteen käytetystä työmäärästä.

Taulukko 1.9. Työmäärät haastattelutiloilla (n = 213).

Tiloilla tehty työ, h/v	Keskiarvo	Keskihajonta	Alin	Ylin
Kotieläintyöt	3 719	1 374	1 517	13 500
Kasvinviljelytyöt	443	238	68	1 700
Johtamistyöt	471	430	0	3 210
Muut työt	531	664	0	6 032
Koneurakointi / muu tuotantotoiminta	63	273	0	2 684
Työt yht.	5 298	2 188	2 234	20 367

Taulukossa 1.9 on esitetty TTS-manageria hyväksi käyttäen määritetyt haastattelutilojen työtunnit. Työmäärätiedot saatiin kaikkiaan 213 tilalta. Maataloustöitä tehdään keskimäärin 5 298 h/v. Suurin osa työstä on kotieläintyötä, jota tehdään keskimäärin 3 726 h/v. Kasvinviljelyitä tehdään keskimäärin 445 h/v, johtamistöitä 473 h/v ja muita töitä 590 h/v ja koneurakointiin tai muuhun tuotantotoimintaan liittyviä töitä 63 h/v. Kasvinviljelyitä tehdään haastattelutiloilla hehtaaria kohti 6 h/v (keskimäärin 70,2 ha peltoa).

Koneiden ja kaluston arvo ja sen määrittäminen

Verotusaineistoista laskettavien taloudellisten tunnuslukujen käyttökelpoisuutta heikentää verotuksen maksuperusteisuus, jolloin maksun suorituksen tai tulon saannin ajankohta ratkaisee, mille tilikaudelle se kuuluu. Esimerkiksi koneiden, kaluston ja laitteiden sekä rakennusten ja perusparannusten hankintamenot vähennetään verotuksessa vuosittain poistojen kautta, joiden suuruus voidaan itse valita omaisuuslajin enimmäisrajojen sisällä. Tämän vuoksi poistoja voidaan käyttää myös etupainotteisesti tulontasaukseen eikä verotuksen menojäännös välttämättä kuvaa omaisuuden todellista arvoa. Tämän ongelman poistamiseen tähdättiin keräämällä haastatteluilla verotusaineistoa yksityiskohtaisempaa tietoa konepääomasta. Verotusaineiston ominaispiirteet huomioiden sitä voidaan hyödyntää tutkimusaineistona laajassa aluetason tutkimuksessa, jossa se on lähes ainoa käytettävissä oleva aineisto.

Koneiden ja kaluston tyytit ja arvot määritettiin kaikille haastattelutiloille. Tiloilta kerättiin tiedot omista ja yhteisomistetuista maatalouden koneista ja kalustosta. Näistä ilmoitettiin konelistasta valitsemalla tyyppi, merkki ja malli. Lisäksi ilmoitettiin käyttöosuus (%) tilan omassa maataloudessa, omistusosuus ja vuosimalli. Tietojen perusteella koneille määritettiin jälleenhankinta-arvot.

Suosituksena oli jättää pois vuotta 1985 vanhemmat koneet ja kalusto. Ne voitiin kuitenkin ilmoittaa, mikäli niitä käytettiin edelleen maataloudessa (ei kuitenkaan vanhempia kuin 1950). Konelistaan oli myös mahdollista syöttää oma kone ja sille todellinen hankintahinta, mikäli valmiista konelistasta ei löytynyt vastaavaa konetta tai hinta poikkesi merkittävästi normaalista.

Koneiden ja kaluston arvot laskettiin MTT Taloustutkimuksen kannattavuuskirjanpitoiljoja vastaavalla tavalla. Koneille ja kalustolle määritettiin jälleenhankinta-arvot, joille tehtiin ikää vastaavat vuotuiset menojäännöspoistot. Poistona käytettiin leikkuupuimureilla 14 % ja kaikilla muilla koneilla 18 % menojäännöksestä. Tiloille laskettiin koneiden ja kaluston kokonaismenojäännös vuoden 2009 lopussa. Vuonna 2010 hankitut koneet jätettiin pois tarkastelusta.

Lisäksi laskettiin koneisiin ja kalustoon sitoutuneen pääoman jakautuminen eri konelajeihin. Nämä olivat traktorit, puimurit, kyntöaurat, muokkaus-koneet, kylvökoneet ja jyrät, kasvinsuojelu ja lannoitus, perävaunut, nurmirehun korjuukoneet, lypsykoneet, maidon käsittelykoneet, rehujen valmistus- ja käsittelykoneet, navetan ruokintalaitteet ja lannan käsittelykoneet. Jaottelun avulla voidaan tarkastella tiloittain esimerkiksi nurmirehun korjuuseen sitoutunutta pääomaa, mikä ei olisi mahdollista käyttämällä verotusaineistoa.

Taulukossa 1.10 on esitetty haastattelutilojen koneiden ja kaluston arvot konelajeittain vuoden 2009 lopussa. Koneiden ja kaluston arvot määritettiin 218 tilalle yhteensä 311 otostilasta. Taulukossa on myös esitetty vertailun vuoksi myös haastattelutilojen verotuksen mukaiset koneiden ja kaluston menojäännösarvot.

Haastattelutilojen koneiden ja kaluston yhteenlaskettu vuoden 2009 lopun jälleenhankinta-arvoihin perustuva arvo on 24,7 milj. €, josta saadaan keskimäärin 113 266 euroa tilaa kohti. Vastaavat verotuksen mukaiset menojäännösarvot ovat yhteensä 20,9 milj. euroa ja 95 333 € tilaa kohti. Koneiden ja kaluston arvosta traktorien osuus on suurin (41 %). Seuraavina ovat nurmirehun korjuukoneet (16 %) ja perävaunut (11 %).

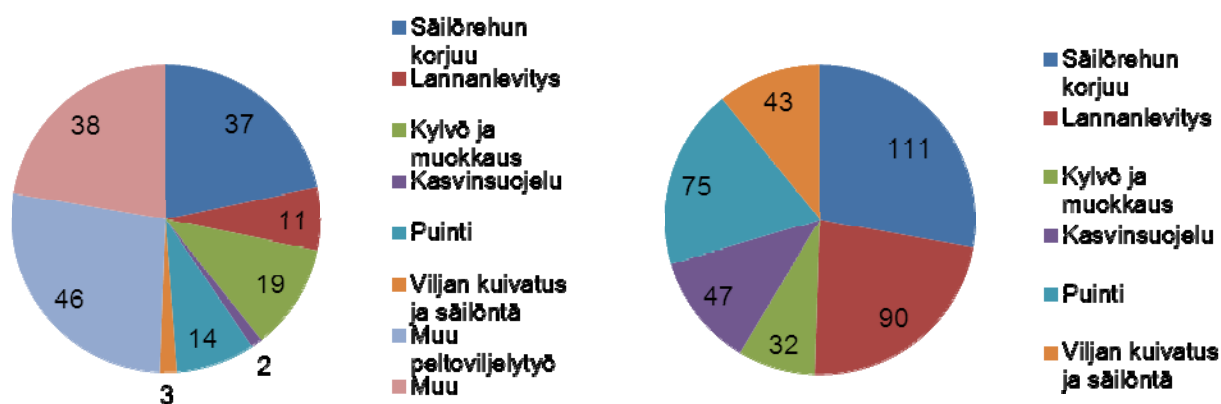
Taulukko 1.10. Koneiden ja kaluston arvot vuoden 2009 lopussa haastattelutiloilla (n = 218).

Koneiden ja kaluston arvot 2009 lopussa, €	Keskiarvo	Keskihajonta	Alin	Ylin	%
Traktorit	46 117	42 832	354	375 390	41 %
Puimurit	4 432	11 672	0	87 075	4 %
Kyntöaurat	1 797	2 992	0	14 863	2 %
Muokkuskoneet	3 638	6 393	0	61 860	3 %
Kylvökoneet ja jyrät	2 413	4 363	0	26 240	2 %
Kasvinsuojelu ja lannoitus	1 691	2 951	0	23 651	1 %
Perävaunut	11 771	16 617	36	129 130	11 %
Nurmirehun korjuukoneet	18 381	19 831	0	100 280	16 %
Lypsykoneet	8 750	16 226	0	94 136	8 %
Maidon käsittely	4 854	7 751	0	88 477	4 %
Rehujen valmistus	1 313	2 223	0	18 505	1 %
Navetan ruokintalaitteet	5 778	8 926	0	58 265	5 %
Lannankäsittely	2 332	3 277	0	19 024	2 %
Yhteensä, haastattelu	113 266				
Yhteensä, verotus	95 333				

Urakointipalvelut

Osa maidontuottajista ostaa urakointipalveluja ja urakoi muille. Urakointipalvelut jaettiin kahdeksaan eri työvaiheeseen. Nämä olivat säilörehun korjuu, lannanlevitys, kylvö ja muokkaus, kasvinsuojelu, puinti, viljan kuivatus ja säilöntä, muu peltoviljelytyö ja muu työ. Muu peltoviljelytyö sisältää esim. oljen paalauksen ja kivien keruun. Muita töitä ovat esim. lumi- ja maanrakennusurakointi sekä pientareiden niitto.

Kuvan 1.5 vasemmassa paneelissa esitetään urakointipalvelujen käyttö haastattelutiloilla eri työvaiheissa. Urakointipalveluja käytetään yleisesti, sillä haastattelutiloista 84 % teettää vähintään yhden työvaiheen ja 48 % vähintään kaksi työvaihetta urakoitsijalla joko kokonaan tai osittain. Yleisin työvaihe on säilörehun korjuu, jossa joka toinen maidontuottaja käyttää urakoitsijaa. Toiseksi yleisimmin käytetty urakointipalvelu on lannanlevitys (40 %). Puintiurakoitsijaa käytetään joka kolmannella maitotilalla. Muissa työvaiheissa urakoitsijaa käytetään 14–21 %:lla tiloista. Urakoinnista maksettiin yhteensä 1,35 milj. €. Urakointimeno urakointipalveluita käyttänyttä tilaa kohti on keskimäärin 7 700 €.



Kuva 1.5. Urakointipalvelujen käyttö (vasen paneeli) ja muille urakointi (oikea paneeli) eri työvaiheissa haastattelutiloilla (n = 225).

Kuvan 1.5 oikeassa paneelissa on esitetty maidontuottajien muille tekemät urakointityöt. Urakointitöitä tilan omilla koneilla tekee 69 maidontuottajaa eli lähes joka kolmas. Suurin osa heistä (60) käyttää toisaalta myös ulkopuolista urakoitsijaa omalla tilallaan jossakin työvaiheessa. Yleisintä on säilörehun korjuu, jota tekee 54 % muille urakoivista maidontuottajista. Kylvöä ja muokkausta urakoi 28 %, muuta peltoviljelytyötä 20 %, puintia 20 % ja lannanlevitystä 16 % maidontuottajista. Viljan kuivaus ja säilöntä sekä kasvinsuojelu-urakointi on vähäistä (alle 5 %). Muu kuin kotieläin- tai kasvintuotannon töihin liittyvä urakointi on suhteellisen yleistä (42 %). Näistä yleisimpiä ovat lumi- ja maanrakennusurakointi (kaivutyöt ja maansiirto). Urakointitöistä saatiin tuloja yhteensä 874 000 €. Urakointitulo urakoivaa maidontuottajaa kohti on keskimäärin 15 100 euroa. Urakointia on käsitelty yksityiskohtaisesti hankkeen aiemmin julkaistussa raportissa (Ryhänen ym. 2012).

1.3 Maitotilojen tekninen ja kustannustehokkuus

Tutkimustilojen suorituskykyä mitataan DEA (Data Envelopment Analysis) -menetelmään perustuvalla tehokkuusvertailulla. DEA-malleja käytetään mm. tilojen keskinäisten suhteellisten tehokkuuksien mittaamiseen (vrt. Färe ym. 1994, Coelli ym. 1998). Lisäksi on tärkeää tunnistaa viiteryhmä, johon kutakin tilaa on tarkoituksenmukaista verrata. Tehokas vertailuyksikkö voi muodostua joko tehokkaalla pinnalla olevasta yksittäisestä havainnosta tai havaintojen yhdistelmästä (nk. konveksi kombinaatio). Panosorientoituneessa DEA-menetelmässä ajatuksena on tarkastella mahdollisuutta vähentää panosten käyttöä pitäen tuotos ennallaan. Tässä tutkimuksessa DEA-mallien avulla tunnistetaan suhteellisesti parhaiten onnistuneet maidontuottajat, ja tutkitaan tehokkuuden vaihtelua selittäviä tekijöitä.

DEA-mallien etuja ovat mahdollisuus käsitellä useita panoksia ja tuotoksia samanaikaisesti sekä vähäiset tarvittavat oletukset tuotantoteknologiasta. Haittapuolena on perusmuodossa stokastisuuden puuttuminen, jolloin kaikkein suotuisimmat tapaukset määrittävät yritysjoukon tehokkaan pinnan. Tämän vuoksi mahdollisten poikkeavien havaintojen tunnistaminen on tärkeää. Poikkeavien havaintojen kohdalla keskeiseksi ongelmaksi nousee se, onko kyseessä todellinen saavutettavissa oleva tehokkaasti toimiva parhaan käytännön maitotila vai johtuuko hyvä suorituskyky esimerkiksi mittausvirheestä tai sattumasta.

1.3.1 Tehokkuus ja sen mittaaminen

Tehokkuuden määrittämisessä hyödynnetään etäisyysfunktioita. Panos- ja tuotosetäisyysfunktioita voidaan käyttää kuvaamaan tuotantoteknologiaa panos- ja tuotostäisyyden avulla (Shephard 1953, 1970). Yhden tuotoksen tuotantofunktiosta poiketen panos- ja tuotosetäisyysfunktioihin voidaan sisällyttää useita tuotoksia, mikä vähentää muuttujien yhdistämisen tarvetta ennen varsinaista analyysia. Chambers ym. (1994) ovat esittäneet, miten etäisyysfunktiot liittyvät tehokkuusmittoihin, määraindekseihin ja tuottavuusindekseihin.

Oletetaan, että on olemassa tuotantoteknologia, jolla panokset muunnetaan tuotoksiksi. Tämä voidaan esittää panosvaatimusjoukkona $L(y)$ (Färe 1988, Färe ym. 1994). Lisäksi teknologian oletetaan täyttävän vapaan tuhlattavuuden, konveksisuuden ja vakioskaalatuottojen ominaisuudet. Panosetäisyysfunktio ilmaisee panosjoukot funktion muodossa. Panosetäisyysfunktio $D_i(y,x)$ voidaan ilmaista seuraavasti:

$$D_i(y,x) = \max \{ \lambda > 0 : x/\lambda \in L(y) \}. \quad (1)$$

Panosetäisyysfunktio määritetään suurimpana mahdollisena samansuhteisena panosten x vähennyksenä niin lähelle nolaa kuin mahdollista $L(y)$:n puitteissa. Toisin sanoen se määrittää $D_i(y,x)$:n siten, että $(x/D_i(y,x)) \in L(y)$ (Färe 1988, Chambers ym. 1994). Se mittaa panoskäytön tehokkuutta vertaamalla havaittua panosyhdistelmää pienimpään mahdolliseen panosyhdistelmään, jolla tietty tuotos y viitejoukossa voidaan tuottaa. Edelleen

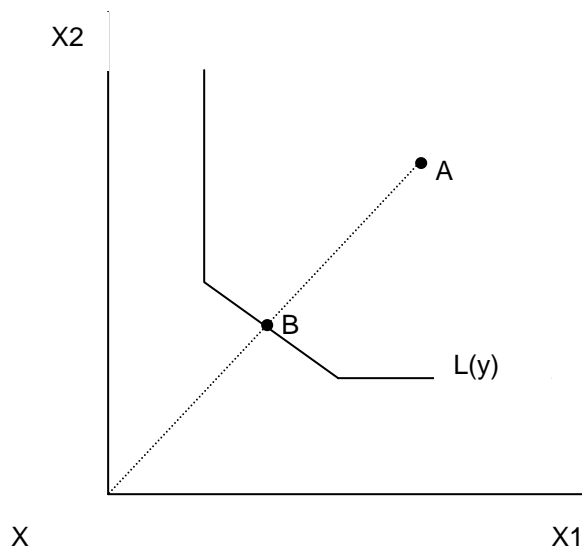
$$D_i(y,x) = |x| / |x / D_i(y,x)|, \quad (2)$$

mikä osoittaa, että x kuuluu panosvaatimusjoukkoon jos ja vain jos $D_i(y,x) \geq 1$. On ilmeistä, että etäisyysfunktio saa arvon yksi vain, jos panosvektori kuuluu vastaavan tuotosvektorin samatuotoskäyrälle. Siten panosetäisyysfunktio luonnehtii täysin teknologian, koska sen ominaisuudet periytyvät vastaavan panosvaatimusjoukon $L(y)$ ominaisuuksista.

Farrell (1957) esitti kolme tehokkuusmittaa: kokonaistehokkuuden ja sen komponentit, hinta- (allokatiivinen) ja teknisen panostehokkuuden. Mikäli teknistä tehottomuutta esiintyy (ei allokatiivista tehottomuutta) optimaalinen panoskimppu voidaan löytää vähentämällä samansuhteisesti panosten käyttöä, kunnes samatuotoskäyrä saavutetaan. Farrell (1957) määritteli teknisen tehokkuuden samansuhteiseksi vähennykseksi käyvässä panoskäytössä suhteessa viiteteknologiaan:

$$F_i(y,x) = \min \{ \mu : \mu x \in L(y) \}. \quad (3)$$

Kuvassa 1.6. on esitetty tekninen panostehokkuus panos-panos-ulottuvuudessa (X_1, X_2) sekä paloittain lineaariset samatuotoskäyrät. Farrellin teknisen tehokkuuden mitta on käänteinen panosetäisyysfunktion arvolle $(F_i(y,x) = (D_i(y,x))^{-1})$ (yhteys panosetäisyysfunktion ja panostehokkuuden välillä). Jos myös allokatiivista tehottomuutta esiintyy, panosten samansuhteinen vähentäminen ei tuota minimikustannuspanoskimppua. Tällöin panosten allokatiota täytyy muuttaa kokonaispanostehokkuuden saavuttamiseksi, mikä mahdollistaa tuotannon yksikkökustannusten alentamisen edelleen.



Kuva 1.6. Tekninen panostehokkuus panos-panos-ulottuvuudessa (X_1, X_2) ja paloittain lineaariset samatuotoskäyrät (DEA).

Kokonaispanostehokkuus voidaan ilmaista minimikustannuksen ja havaitun kustannuksen suhteena tai teknisen panostehokkuuden (F_i) ja allokatiivisen panostehokkuuden tulona (A_i) seuraavasti:

$$O_i(y,x,w) = C(y,w)/wx = A_i(y,x,w) \cdot F_i(y,x), \quad (4)$$

jossa $C(y,w) = \min \{ wx : x \in L(y) \}$ ja w on panosten hintavektori. Kun allokatiivista tehottomuutta ei esiinny, havaitun kustannuksen ja minimikustannuksen ero aiheutuu teknisestä tehottomuudesta, joten

$$F_i(y,x) = C(y,w)/wx. \quad (5)$$

Tehokkuusluvut voidaan määrittää LP-mallien avulla. Esimerkiksi minimikustannukset tietyn tuotoksen tuottamiseksi voidaan määrittää seuraavalla lineaarisella ohjelmointimallilla:

$$\begin{aligned} C(w, y) &= \min wx_n \\ \text{s.t. } y_{k'm} &\leq \sum_{k=1}^K z_k y_{km}, m = 1, \dots, M, \\ \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} &\leq x_n, n = 1, \dots, N, \\ z_k &\geq 0, k = 1, \dots, K. \end{aligned} \quad (6)$$

Yllä olevassa LP-mallissa w on panosten x hintavektori (n panosta, joiden hinnat ovat samat kaikille tiloille) ja y (m tuotosta) on tuotosvektori. z_k on intensiteettimuuttuja, jonka painolla kukin vertailujoukon tila tulee mukaan LP-ratkaisuun. LP-mallilla lasketaan kullekin tilalle k' vuorollaan koko vertailutilajoukon perusteella minimikustannuksen tuottava panosmäärä x_n , jolla voidaan tuottaa vähintään tilan tuottama tuotos $y_{k'm}$. Kustannustehokkuus puolestaan saadaan laskemalla suhdeluku minimikustannuksen ja todellisen kustannuksen välille ($O_i(C,S) = C(w,y)/wx$).

Tekniset tehokkuudet (panosetaisyysfunktiot) voidaan esittää LP-mallilla, kun käytetään hyväksi sitä, että etaisyysfunktiot ovat käänteislukuja Farrellin tehokkuusluvuille, jolloin

$$\begin{aligned} F_i(C, S) &= D_i^t(y^t, x^t)^{-1} = \min \lambda \\ \text{s.t. } y_{k'm} &\leq \sum_{k=1}^K z_k y_{km}, m = 1, \dots, M, \\ \sum_{k=1}^K z_k x_{kn} &\leq \lambda x_{k'n}, n = 1, \dots, N, \\ z_k &\geq 0, k = 1, \dots, K. \end{aligned} \quad (7)$$

Panostehokkuus lasketaan samaan tapaan kuin kustannustehokkuuskin kullekin tilalle vuorollaan. Allokatiivinen tehokkuus saadaan jakamalla edellä mainitut tehokkuusluvut keskenään, koska määritelmän mukaan $O_i(C,S) = F_i(C,S) * A_i(C,S)$.

Tutkimustiloille lasketaan tekniset tehokkuudet, kustannustehokkuudet ja allokatiiviset tehokkuudet sekä vakioskaalatuotto-oletuksella (C) että muuttuvien skaalatuottojen oletuksella (V). Lisäksi oletetaan panosten vapaa tuhlattavuus (S). Muuttuvilla skaalatuotoilla tehokas vertailutila on kooltaan vakioskaalatuotto-oletusta lähempänä kunkin maitotilan omaa kokoa. Tämä johtuu siitä, että tehokkaan tilan muodostuksessa mukana olevien aineiston tilojen painokertoimien on summauduttava yhteen.

Tehokkuusluku on suhteellinen tunnusluku, joka kuvaa, miten tehokkaasti tarkasteltava tila toimii verrattaessa sitä halutun tilajoukon tehokkaaseen vertailutilaan tai -tiloihin. Tehokkaan tilan tunnusluku on 1 ja tehoton tila saa arvon väliltä $0 < \text{tunnusluku} < 1$. Esimerkiksi arvo 0,80 tarkoittaa sitä, että maitotilalla on mahdollista tuottaa sama tuotos 20 % alemmin kustannuksin, jos sillä toimitaan kuten tehokkaalla vertailutilalla.

Ensimmäisessä vaiheessa tutkitaan 214 haastattelutilan (kaikki tarvittavat panos- ja tuotosmuuttujat) suorituskykyä tehokkuusvertailulla. DEA-tehokkuusanalyysit tehdään OnFront-ohjelmistolla (EMQ 2000). Mallissa käytetään aluksi yhtä tuotosta, joka on maatalousverotuksen mukaiset maataloustuotteiden myyntitulot vuodelta 2009. Tuotantopanokset ovat työ (h), peltoala (ha), koneiden ja kaluston jälleenhankinta-arvoihin perustuva arvo (€), ostomenot (alv 22 %) sekä alennetun verokannan mukaiset ostomenot (alv 8 tai 17 %). Tiedot ovat vuodelta 2009 lukuun ottamatta työtä, joka on määritetty

vuonna 2010 tehdyissä tilahaastatteluissa. Ensimmäisessä vaiheessa poistettiin 14 tilaa, joiden tekninen tehokkuus $Fi(C,S)$ sai arvon 1,00. Näin vähennetään satunnaisten tekijöiden vaikutusta tehokkuusrintaman sijaintiin. Seuraavassa vaiheessa tehokkuus estimoidaan uudelleen jäljellä oleville maitotiloille.

Taulukossa 1.11 on esitetty tutkimustilojen kustannustehokkuudet (O_i), tekniset tehokkuudet (F_i) ja allokatiiviset tehokkuudet (A_i) kokoluokittain vuoden 2009 tilatietojen pohjalta. Tehokkuusluvuissa C tarkoittaa vakioskaalatuottojen oletusta ja V muuttuvien skaalatuottojen oletusta sekä S panosten vapaata tuhlattavuusoletusta. Pienimmän kokoluokan maitotiloilla, joilla tuotetaan alle 200 000 litraa vuodessa, tekninen tehokkuus $Fi(C,S)$ on keskimäärin 0,78 ja kustannustehokkuus $O_i(C,S)$ keskimäärin 0,49. Siten maidontuottajat pienimmän kokoluokan tiloilla voisivat keskimäärin tuottaa saman verran maitoa 22 prosenttiyksikköä pienemmällä panosten käyttömäärällä (samansuhteinen panosvähennys) ja 51 prosenttiyksikköä alemmin kustannuksin (yksikkökustannukset minimoiva panosvähennys), jos he toimisivat samoin kuin tehokkailla maitotiloilla toimitaan.

Taulukko 1.11. Tutkimustilojen tehokkuusluvut kokoluokittain (2009).

Maitoa, l/v (2009)	Tiloja kpl	Lehmiä keskim.	$O_i(C,S)$	$O_i(V,S)$	$F_i(C,S)$	$F_i(V,S)$	$A_i(C,S)$	$A_i(V,S)$
Alle 200 000	49	24	0,49	0,64	0,78	0,89	0,63	0,72
200 000 - 400 000	113	36	0,59	0,65	0,82	0,87	0,72	0,74
400 001 - 600 000	26	60	0,64	0,66	0,87	0,88	0,74	0,74
yli 600 000	12	91	0,66	0,66	0,89	0,91	0,74	0,72

Muuttuvien skaalatuottojen oletuksella maitotiloja verrataan saman kokoluokan tiloihin. Tällöin maidontuottajat pienimmän kokoluokan tiloilla voisivat keskimäärin tuottaa saman verran maitoa 11 prosenttiyksikköä pienemmällä panosten käyttömäärällä (samansuhteinen panosvähennys $F_i(V,S)$) ja 36 prosenttiyksikköä alemmin kustannuksin (yksikkökustannukset minimoiva panosvähennys $O_i(V,S)$), jos he toimisivat samoin kuin tehokkailla maitotiloilla toimitaan.

Taulukossa 1.12 on esitetty tutkimustilojen taulukkoa 1.11 vastaavat tehokkuusluvut vuosien 2006–2009 keskiarvotiedoin. Taulukot 1.11 ja 1.12 eroavat myös koneiden ja kaluston arvojen osalta, koska koneiden ja kaluston tyypit ja arvot määritettiin vain yhdeltä vuodelta. Taulukossa 1.12 koneiden ja kaluston arvoina on käytetty verotuksen mukaisia ajanjakson keskiarvoja. Työmäärä on oletettu samaksi vuosille 2006–2009 ja se on määritetty tilahaastatteluissa kesällä 2010. Useiden vuosien keskiarvoja käytettäessä satunnaisten tekijöiden vaikutus tuloksiin vähenee.

Taulukko 1.12. Tutkimustilojen tehokkuusluvut kokoluokittain (2006–2009 keskiarvo).

Maitoa, l/v (2006 – 2009 ka.)	Tiloja kpl	Lehmiä keskim.	$O_i(C,S)$	$O_i(V,S)$	$F_i(C,S)$	$F_i(V,S)$	$A_i(C,S)$	$A_i(V,S)$
Alle 200 000	59	24	0,49	0,59	0,82	0,90	0,60	0,65
200 000 – 399 999	113	36	0,55	0,57	0,85	0,89	0,65	0,65
400 000 – 600 000	19	59	0,55	0,56	0,87	0,88	0,63	0,64
yli 600 000	11	90	0,61	0,77	0,95	0,98	0,64	0,79

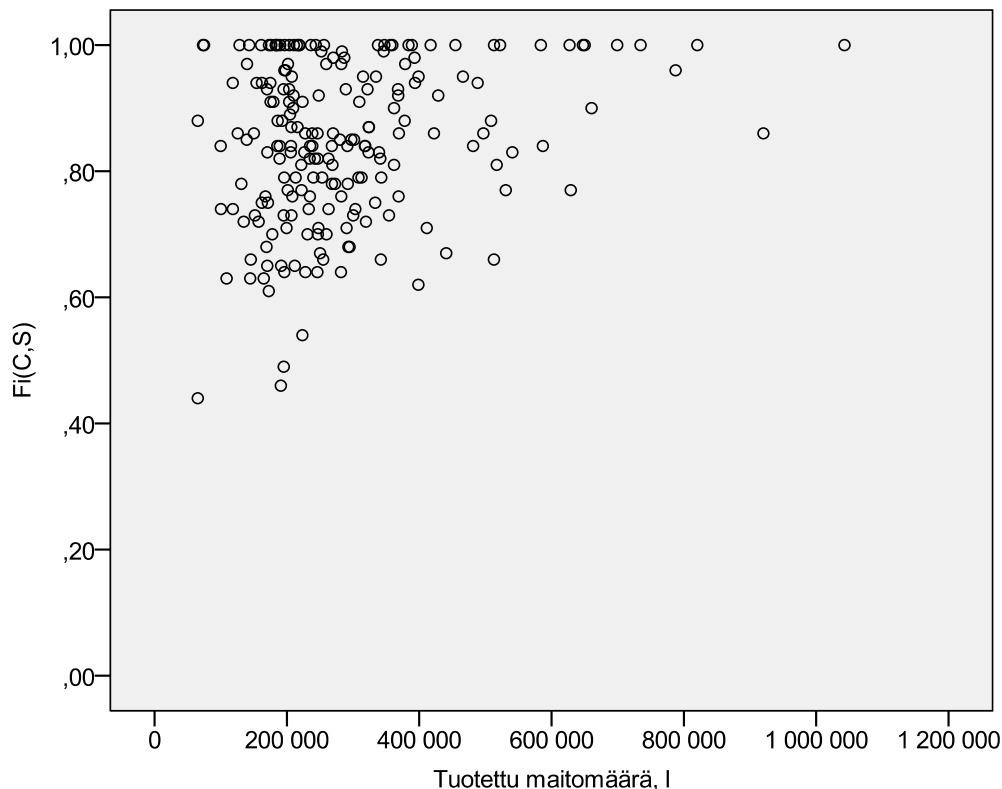
Keskiarvoaineistossa pienimmän kokoluokan maitotiloilla, joilla tuotetaan alle 200 000 litraa vuodessa, tekninen tehokkuus ja kustannustehokkuus poikkeavat vain vähän vuoden 2009 tiedoilla lasketuista tuloksista. Sen sijaan 200 000–399 999 ja 400 000–600 000 litran kokoluokissa allokatiivinen tehokkuus on keskiarvoaineistossa vuoden 2009 tiedoilla laskettuja tuloksia pienempi, vaikka tekninen

tehokkuus on lähes samansuuruinen. Siten näissä kokoluokissa maitotilojen kustannustehokkuuden tasot ovat keskiarvoaineistossa vuoden 2009 tiedoilla laskettuja tuloksia alemmat. Keskiarvoaineistossa suurimman kokoluokan maitotiloilla, joilla tuotetaan yli 600 000 litraa vuodessa, tekninen tehokkuus ja kustannustehokkuus poikkeavat pelkästään vuoden 2009 tiedoilla lasketuista tuloksista 5–11 prosenttiyksikköä. Etenkin tekninen tehokkuus on parempi. Myös kustannustehokkuus nousee muuttuvien skaalatuottojen laskentaoletuksella. Koko aineistossa vuosilta 2006–2009 tekninen tehokkuus $Fi(C,S)$ on keskimäärin 0,85. Erot vuosiaineiston ja usean vuoden keskiarvoaineiston välillä johtuvat mm. vuosiaineistoon liittyvän satunnaisvaihtelun vähenemiseen. Myös kone- ja kalustopääoma on määritetty eri tavoin.

Kuvassa 1.7 on esitetty keskiarvoaineiston maitomäärän ja teknisen tehokkuuden $Fi(C,S)$ yhteys ($r = 0,17$), joka on tilastollisesti merkitsevä 5 %:n riskitasolla. Kustannustehokkaita maitotiloja on kaikissa kokoluokissa, mutta osalla pienten kokoluokkien tiloista kustannustehokkuus on alhainen. Teknisen tehokkuuden ja keskituotoksen yhteys ei ole tilastollisesti merkitsevä. Siten korkea keskituotos ei merkitse korkeaa teknistä tehokkuutta.

Keskimääräinen tekninen tehokkuus keskituotoluokittain on seuraava:

- Alle 7 000 litraa = 0,85
- 7 000–7 999 litraa = 0,82
- 8 000–8 999 litraa = 0,87
- Yli 9 000 litraa = 0,87



Kuva 1.7. Tuotetun maitomäärän ja teknisen panostehokkuuden yhteys.

1.3.2 Tehokkuuden vaihtelua selittävät tekijät

Tehokkuuslukujen vaihteluun vaikuttavia tekijöitä tarkasteltiin Tobit- ja katkaistujen (truncated) regressiomallien avulla. Ennen regressiomallien muodostamista tehokkuusluvut muunnettiin käänteisarvoikseen ($1/\text{alkuperäinen arvo}$). Muunnoksen myötä tehokkaan maitotilan tehokkuus on edelleen yksi, mutta tehottomasti toimivan tilan tehokkuusluku on ykköistä suurempi. Sekä Tobit- että katkaistuissa regressiomalleissa voidaan ottaa huomioon vastemuuttujan jakauman rajoittuneisuus, mitä ei kyetä ottamaan huomioon pienimmän neliösumman (PNS) estimoinnissa, mikä tekee PNS-estimaateista harhaisia. (Greene 2003.) Tehokkuuden käänteisluvun tapauksessa alarajana on luku yksi. Tobit-mallia käytettäessä oletetaan, että jakauma on sensuroitu ja että arvon yksi (tehokas) saavat tilat voivat (tässä tapauksessa) saada myös ykköistä pienempiä arvoja. Ne olisivat tällöin ”supertehokkaita”. Katkaistua regressiota käytettäessä ykkösen saavat tehokkuusarvot katkaistaan tehokkuusluvun sallitun vaihtelun ulkopuolelle, joten katkaistun jakauman reunajakauma on erilainen kuin Tobit-mallin reunajakauma. Mallin luonteeseen kuuluu, että se huomioi jakauman olevan otos tietystä havaintojoukon osasta. Tästä näkökulmasta katkaistu regressio on soveliaampi tähän tarkasteluun kuin Tobit-regressio, koska havaintoaineistosta on poistettu ensivaiheessa ”ylitehokkaat” tilat. Näin vähennettiin satunnaisten tekijöiden vaikutusta tehokkuusrintaman sijaintiin.

Katkaistu regressiomalli on muotoa $f(y|x) = f(y^*|x)$ jos $y^* > 1$, mutta

$$\begin{aligned} \text{Prob}(y^* > 1|x) &= \text{Prob}(\beta'x + \varepsilon > 1), \varepsilon \sim N[0, \sigma^2] \\ &= \text{Prob}(\varepsilon > 1 - \beta'x) \\ &= \Phi [(1 - \beta'x)/\sigma] \end{aligned}$$

Ehdollisen keskiarvon funktio alarajoitteen tapauksessa on $E[y_i|x_i, L_i < y_i] = \beta'x_i + \frac{\phi_L}{-\phi_L}$. Siten PNS-estimaattori ei ole tarkentuva ja estimointi tehdään suurimman uskottavuuden menetelmällä. Estimoinnit tehtiin Nlogit4.0/Limdep 9.0 ohjelmistolla. (Greene 2007a, b.)

Taulukoissa 1.13 ja 1.14 on esitetty katkaistun regressiomallin tulokset. Mallit on laadittu sekä vakio- että muuttuvien skaalatuottojen oletuksen mukaisille teknisen ja kustannustehokkuuden arvoille. Malleissa selitettävä tehokkuusmuuttuja on katkaistu alarajan yksi kohdalta (tehokas) ja tehottomuus kasvaa luvun kasvaessa. Siten positiiviset regressiokertoimet osoittavat tekijän lisäävän tehottomuutta ja negatiiviset vähentävät sitä. Kaikissa tehokkuutta selittävässä malleissa eläintiheys¹ (vähentää tehottomuutta) ja vasikkakuolleisuus (lisää tehottomuutta) ovat merkitseviä tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä. Säilörehun D-arvon noustessa tekninen tehottomuus vähenee, mutta nurmen osuuden kasvu peltoalasta vaikuttaa kielteisesti tekniseen tehokkuuteen. Kustannustehokkuuteen kahdella viime mainitulla tekijällä ei ole tilastollisesti merkitsevää vaikutusta. Lehmämäärä ja keskituotos eivät ole merkitseviä tehokkuuden vaihtelua selittäviä tekijöitä kymmentä prosenttia pienemmällä riskitasolla. Lähipänä tilastollista merkitsevyyttä on lehmämäärän kerroin, kun tekninen tehokkuus on määritetty vakioskaalatuottojen oletuksen vallitessa.

Malleissa kokeiltiin myös muita tuotantoon mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä kuten poistoprosenttia, navettatyyppejä, eläinlääkintäkuluja sekä sorkkahoitojen määrää, mutta niiden ja tehokkuuden välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Osan muuttujista, kuten bakteerien määrän ja maidon valkuaispitoisuuden jakaumat olivat erittäin voimakkaasti vinoja, joten ne jätettiin pois tarkastelusta.

¹ Eläinyksikköä hehtaaria kohti.

Taulukko 1.13. Teknisen tehokkuuden vaihtelua selittävät tekijät (katkaistu regressio).

	Tekninen panostehokkuus					
	vakiot skaalatuotot			muuttuvat skaalatuotot		
	Regressio- kerroin	Keski- virhe	Todenn. z> Z	Regressio- kerroin	Keski- virhe	Todenn. z> Z
Vakio	5,7509	1,4726	0,000	5,0856	1,3745	0,000
Lehmäluku	-0,0048	0,0030	0,114	0,0001	0,0027	0,967
Eläintiheys	-0,6679	0,2013	0,001	-0,5840	0,1919	0,002
Nurmen osuus	0,0051	0,0024	0,032	0,0053	0,0022	0,018
Vas.kuolleisuus	0,0259	0,0091	0,005	0,0285	0,0089	0,001
D-arvo	-0,0632	0,0219	0,004	-0,0628	0,0215	0,003
Keskituotos	-0,00004	-0,00004	0,670	0,00002	0,00004	0,586
	Virhetermi					
Sigma	0,2556	0,0337	0,000	0,2077	0,0318	0,000

Taulukko 1.14. Kustannustehokkuuden vaihtelua selittävät tekijät (katkaistu regressio).

	Kustannustehokkuus					
	vakiot skaalatuotot			muuttuvat skaalatuotot		
	Regressio- kerroin	Keski- virhe	Todenn. z> Z	Regressio- kerroin	Keski- virhe	Todenn. z> Z
Vakio	5,4918	2,7581	0,047	6,0357	3,0658	0,049
Lehmäluku	-0,0008	0,0046	0,857	-0,0008	0,0056	0,892
Eläintiheys	-0,9191	0,3379	0,007	-1,0235	0,3857	0,008
Nurmen osuus	0,0038	0,0046	0,413	0,0060	0,0051	0,245
Vas.kuolleisuus	0,0538	0,0180	0,003	0,0664	0,0205	0,001
D-arvo	-0,0549	0,0410	0,181	-0,0733	0,0459	0,110
Keskituotos	0,00003	0,00008	0,701	0,00008	0,00008	0,391
	Virhetermi					
Sigma	0,6804	0,0611	0,000	0,5975	0,0344	0,000

Mallin muuttujat kuvaavat ainoastaan lineaarista yhteyttä tehokkuuden ja muiden muuttujien välillä. Jotta mahdollisesta epälinearisesta yhteydestä saadaan kuva, muuttujien välistä yhteyttä kuvataan myös kahden muuttujan välisellä ei-parametrisella / parametrittömällä logistisella kernel-regressiolla. Se kuvaa joustavammin muuttujien riippuvuutta toisistaan kuin lineaarinen malli. Kernel-tiheysfunktio yksittäiselle muuttujalle pisteessä z_j määritellään seuraavasti:

$$f(z_j) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{h} K \left[\frac{z_j - x_i}{h} \right], j = 1, \dots, M.$$

Funktion arvo lasketaan jokaiselle arvolle z_j summana yli koko otoksen eli $n:n$ arvon. Nlogit4.0 -ohjelmassa $M:n$ oletusarvo on 100 eli tiheysfunktion arvo lasketaan sadassa pisteessä. Kernel-painotus-funktiona käytetään logit-funktiota, jossa $K[z] = \Lambda(z)[1-\Lambda(z)]$ ja $\Lambda(z) = \exp(z)/(1 + \exp(z))$. Kernel -funktion lisäksi toinen olennainen valittava tekijä on silotus (bandwidth) parametri h . Suuret $h:n$ arvot vähentävät resoluutiota, kun taas pienet $h:n$ arvot tuovat esiin yksityiskohtia, mutta estimaattorin epävakaus samalla kasvaa. Logit kernel -funktiossa h määritetään seuraavan kaavan avulla: (Greene 2007a, b.)

$$h = 0.9 Q^{0.2}, \text{ jossa } Q = \min \left(\text{keskipoikkeama}, \frac{\text{vaihteluväli}}{1.5} \right)$$

Painotetun kernel -regression ehdollinen estimaattori $\hat{\mu}$ pisteessä z_j on

$$\hat{\mu} = F(z_j|x, h) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \frac{1}{h} K \left[\frac{z_j - x_i}{h} \right]}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{h} K \left[\frac{z_j - x_i}{h} \right]}$$

Tulokset esitetään kuvina (1.8a–1.8l), joissa tehokkuuden ehdollinen odotusarvo kuvataan kunkin tarkasteltavan muuttujan funktiona. Tarkasteluun valittiin muuttujat, joilla havaittiin tilastollisesti merkitsevä lineaarinen yhteys tehokkuuden vaihtelun kanssa kuten eläintiheys, vasikkakuolleisuus, säilörehun D-arvo ja nurmen osuus peltoalasta. Lisäksi tarkasteluun valittiin muuttujiksi lehmämäärä ja keskituotos, vaikka ne eivät olleet tilastollisesti merkitseviä missään katkaistussa regressiomallissa.

Vastemuuttujana käytetty tehokkuusluku kernel-malleissa on määritetty vakioskaalatuotto-oletuksen mukaan vuosien 2006–2009 keskiarvoaineistosta. Kuvia ja edellä estimoitua katkaistua regressiomallia verrattaessa on huomattava, että kernel-regressiossa ovat mukana myös tehokkaiksi luokitellut havainnot. Siten erityisesti teknisen tehokkuuden tarkastelussa katkaistujen regressiomallien estimoinnissa käytettyjen havaintojen määrä on pienempi kuin kernel-regressioissa. Tämä vaikuttaa tulokseen eräiden muuttujien osalta. Lisäksi kernel-regression ääripäitä on tulkittava varoen, sillä silotus (smoothing) toimii parhaiten alueella, jossa havaintoja on paljon.

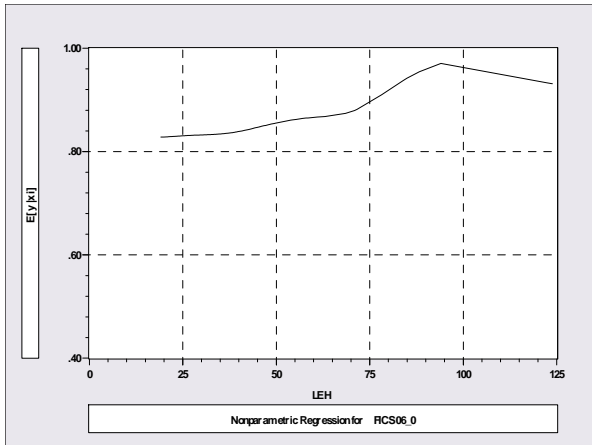
Vakioskaalatuottojen oletuksen vallitessa kernel-regression mukaan tekninen tehokkuus kasvaa lehmämäärän kasvaessa. Katkaistussa regressiossa lehmäluvun vaikutus tekniseen tehokkuuteen ei kuitenkaan ollut merkitsevä kymmenen prosentin riskitasolla. Kernel-regression mukaan tehokkuusluvun odotusarvo kääntyy laskuun noin 90 lehmän karjakoossa (kuva 1.8a). Tähän on syytä suhtautua varauksella, sillä suurissa kokoluokissa on vähän havaintoja, maitotilat ovat kasvaneet vastikään ja kernel-regressiossa jakauman ääripäiden estimointiin liittyy epävarmuutta. Kernel -regression mukaan (kuva 1.8b) maitotilojen kustannustehokkuuskin kasvaa hieman lehmäluvun kasvaessa, vaikka katkaistun regression mallissa tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ei ole.

Voittoa maksimoivan maidontuottajan taloudellisesti optimaalinen keskituotos on taso, jolla rajatuotto vastaa rajakustannusta. Maidon keskituotos ei ole merkitsevä tehokkuuden vaihtelua selittävä tekijä katkaistun regression mukaan. Sama käy ilmi kuvista 1.8c ja 1.8d kernel-regression osalta. Tehokkuus ei parane systemaattisesti keskituotoksen kasvaessa. Korkeimmat teknisen ja kustannustehokkuuden tasot saavutetaan jo suhteellisen alhaisilla keskituotoksilla, kun tarkastellaan koko maitotilan toimintaa.

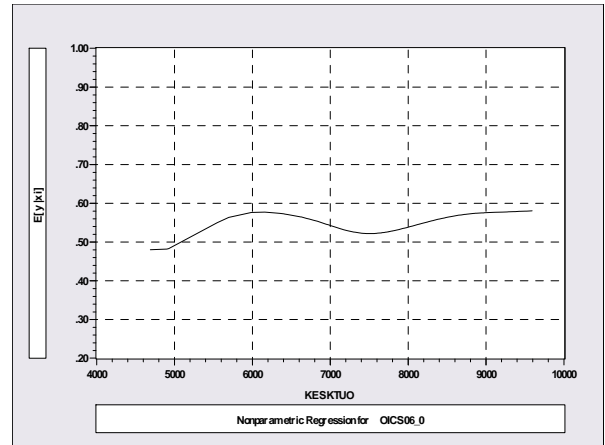
Eläintiheys vaikuttaa tarkasteluvälillä 0,4–1,8 eläinyksikköä hehtaaria kohti positiivisesti tehokkuuteen (kuva 1.8e ja 1.8f). Ilmiö on melko lineaarinen myös kernel-regression mukaan niin teknistä kuin kustannustehokkuuttakin tarkasteltaessa. Tekninen tehottomuus kasvaa katkaistun monimuuttujaisen regressiomallin mukaan merkitsevästi, kun nurmen osuus peltoalasta kasvaa. Kustannustehokkuuden suhteen tällaista ilmiötä ei havaita. Kernel-regressiossa tekninen tehokkuus puolestaan näyttää hieman kasvavan nurmen osuuden viljelyalasta lisääntyessä, eli tulos on päinvastainen kuin katkaistussa regressiossa. Kustannustehokkuus puolestaan näyttää olevan korkeimmillaan, kun nurmen osuus peltoalasta on 75–80 prosenttia. Katkaistussa regressiossa lineaarinen kerroin ei kuitenkaan ole merkitsevä.

Vasikkakuolleisuus vaikuttaa kielteisesti tehokkuuteen kaikissa malleissa (kuva 1.8i ja 1.8j). Teknisen tehokkuuden Kernel-malleissa vasikkakuolleisuuden negatiivinen vaikutus on voimakkain, kun kuolleisuus kasvaa viidennekseen vasikoista. Kuvion voimakas käänne saattaa osin johtua myös havaintojen pienehköstä määrästä. Kustannustehokkuuden ja vasikkakuolleisuuden välillä yhteys on niin ikään kielteinen mutta teknistä tehokkuutta suoraviivaisempi. Vasikkakuolleisuuden kasvu näyttää olevan selkeä indikaattori tuotantoprosessiin ja sen tehokkuuteen liittyvistä ongelmista.

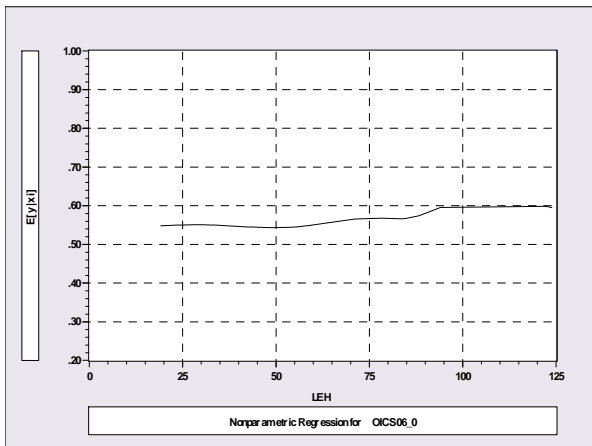
Säilörehun D-arvon parantuessa maitotilojen tekninen tehokkuus paranee niin katkaistun regression kuin Kernel-regressionkin mukaan (kuva 1.8k). Positiivinen vaikutus tekniseen tehokkuuteen kasvaa aina D-arvoon 72 asti, mutta sitä suuremmilla arvoilla tehokkuus kääntyy laskuun. Kustannustehokkuuden tarkastelussa se pysyy melko vakaana D-arvoon 72 saakka (kuva 1.8l). Tässäkin on huomattava, että Kernel-regression estimaattien luotettavuus heikkenee, kun lähestytään minimi- ja maksimiarvoja. Maidontuottajat, joiden säilörehun D-arvo on korkea, ovat tuottaneet teknisesti hyvällä panos-tuotossuhteella. He eivät kuitenkaan ole kyenneet parantamaan kustannustehokkuutta tilastollisesti merkitsevästi. Tutkimusaineistossa keskimääräistä kustannustehokkaammilla suurehkoilla maitotiloilla D-arvo on keskimääräistä alempi. Kustannustehokkaasti toimiva maidontuottaja muuttaa panosten keskinäisiä käyttösuhteita hintojen ja/tai D-arvon muuttuessa. Taloudellisen toiminnan ja rehujen keskinäisen korvattavuuden vuoksi D-arvo ei ole yksin sopiva mittari kuvaamaan koko maitotilan kustannustehokkuutta.



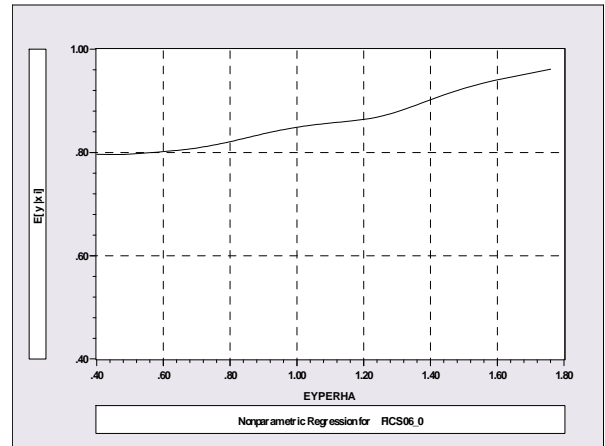
Kuva 1.8a. Tekninen tehokkuus ja lehmäluku.



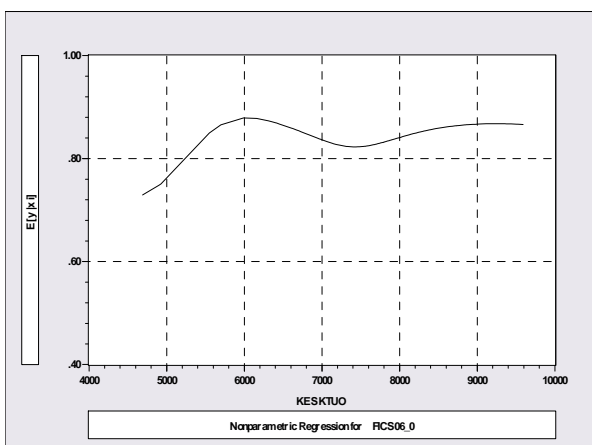
Kuva 1.8d. Kustannustehokkuus ja keskituotos.



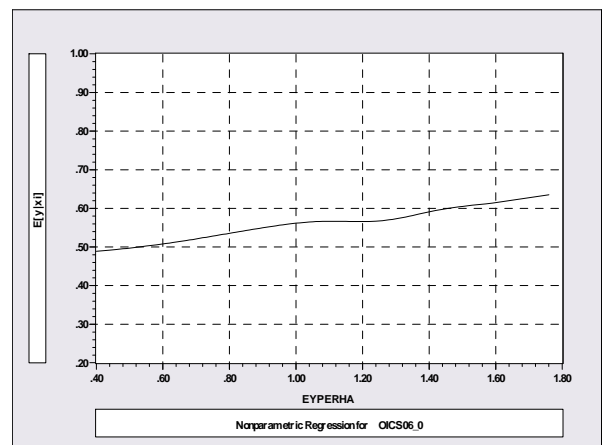
Kuva 1.8b. Kustannustehokkuus ja lehmäluku.



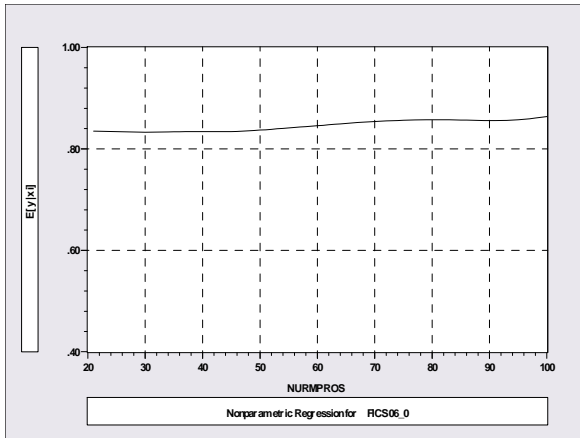
Kuva 1.8e. Tekninen tehokkuus ja eläintiheys.



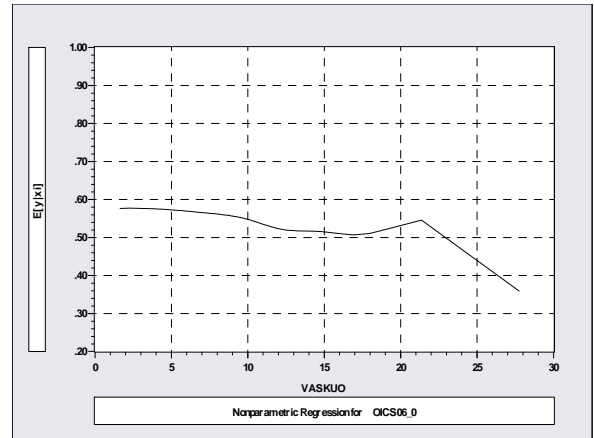
Kuva 1.8c. Tekninen tehokkuus ja keskituotos.



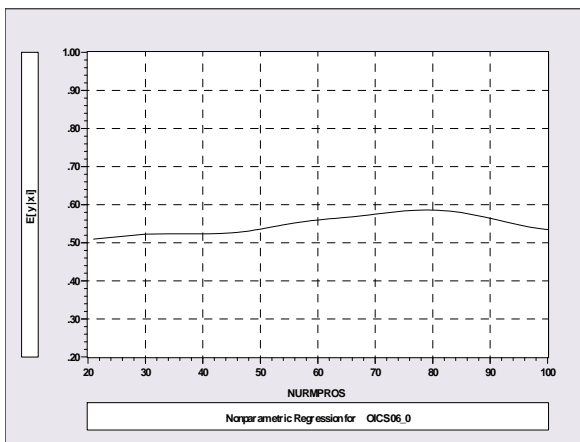
Kuva 1.8f. Kustannustehokkuus ja eläintiheys.



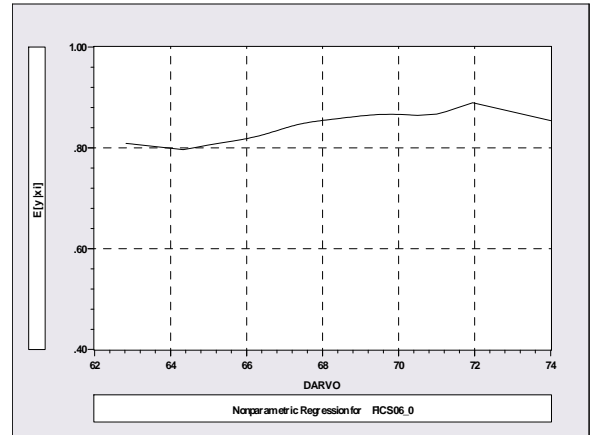
Kuva 1.8g. Tekninen tehokkuus ja nurmi-%.



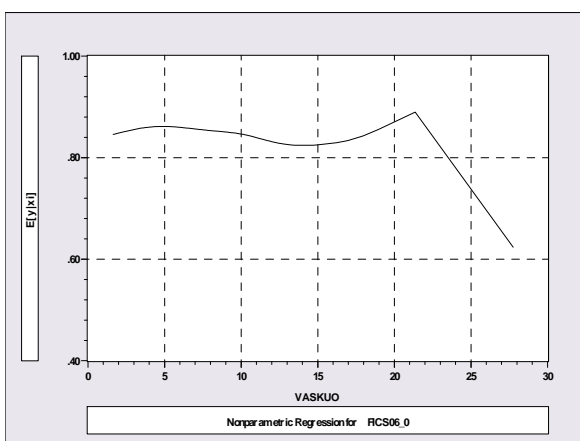
Kuva 1.8j. Kustannustehokkuus ja vasikkakuolleisuus.



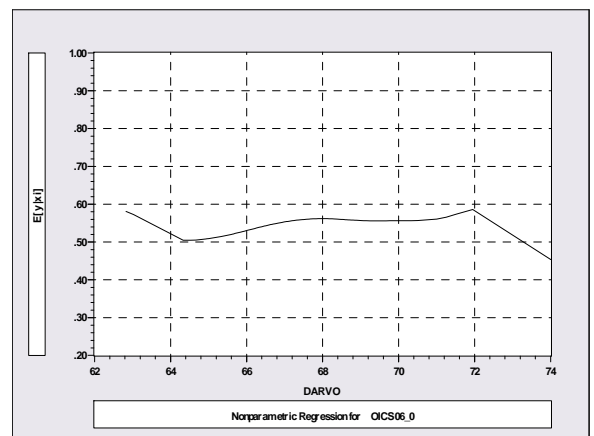
Kuva 1.8h. Kustannustehokkuus ja nurmi-%.



Kuva 1.8k. Tekninen tehokkuus ja D-arvo.



Kuva 1.8i. Tekninen tehokkuus ja vasikkakuolleisuus.



Kuva 1.8l. Kustannustehokkuus ja D-arvo.

1.4 Panosten rajatuottavuus maitotiloilla

Edellä tarkasteltiin teknistä tehokkuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä DEA-menetelmän ja kaksivaiheisen estimoinnin avulla. DEA-menetelmän etuna on vähäinen määrä oletuksia, mutta sen ongelmana on, että kaikki poikkeamat tehokkaasta pinnasta oletetaan tehottomuudeksi. Maataloudessa satunnainen vaihtelu on tavanomaista mm. säiden vuoksi. Siksi vuosien 2006–2009 Etelä-Pohjanmaan maitotilojen keskiarvoaineistoa tarkastellaan myös StoNED (stochastic non-smooth envelopment of data) -menetelmällä (Kuosmanen 2006, Kuosmanen & Kortelainen 2007 ja 2012, Kuosmanen 2008, Kuosmanen & Johnson 2010).

StoNED-estimoinnin etuna on, että se ei edellytä oletuksia tuotantorintaman funktiomuodosta, ja siinä oletetaan ainoastaan, että tuotantofunktio on kasvava ja konkaavi kuten DEA-menetelmässä. StoNED-menetelmän ensimmäisenä vaiheena on CNLS (convex nonparametric least squares) -estimointi, mikä mahdollistaa satunnaisen virhetermin sisällyttämisen malliin. Virhetermi voidaan jakaa toisessa vaiheessa tehottomuusermiksi ja satunnaiseksi virhetermiksi. Satunnainen virhetermi vähentää poikkeavien havaintojen vaikutusta tehokkuuden määrittämisessä, koska satunnaisvaihtelu ei enää näy ”ylitehokkuutena”.

1.4.1 StoNED-menetelmä

Aluksi esitellään CNLS- ja StoNED (StoNEZD) -menetelmät. Sen jälkeen kuvataan tutkimusaineiston muutujat ja menetelmissä käytettävä aineisto. Estimoitava CNLS-malli, jossa virhetermi on multiplikatiivinen, on seuraavanlainen (ks. Kuosmanen ym. 2010):

$$\overline{Totout}_i = f(\bar{x}_i) * \exp(\delta \bar{z}_i + \varepsilon_i), \text{ jossa}$$

\overline{Totout}_i on maitotilan i kokonaistuoton/-tulon (maatalouden tulo verotuksessa) keskiarvo vuosilta 2006 – 2009,

f on estimoitava tuotantofunktio (tuotantorintama),

\bar{x}_i on maitotilan i keskimääräinen panosvektori vuosilta 2006 – 2009,

\bar{z}_i on maitotilan i tuotanto-olosuhteita kuvaava tekijä,

δ on em. z -tekijän keskimääräistä tuotantovaikutusta kuvaava parametri,

$\varepsilon_i = v_i - u_i$, on yhdistetty virhetermi, jossa v sisältää satunnaistekijät ja u teknisen tehottomuuden,

u_i on maitotilan i keskimääräinen tehottomuus vuosina 2006 – 2009 ja

v_i on satunnainen virhetermi.

Tuotantofunktiolle/-rintamalle f ei määritetä ennalta tiettyä funktiomuotoa, mutta sen oletetaan toteuttavan seuraavat säännöllisyys ehdot:

- f on ei-vähenevä kaikkien panosten x suhteen,
- f on globaalisti konkaavi funktio ja
- f noudattaa vakioita skaalatuottoja, mikä merkitsee sitä, että vakiotermi on nolla.

Poikkileikkausaineistossa ei voida erottaa tehottomuutta ja satunnaisvaihtelua toisistaan, jos ei tehdä oletuksia yhdistetyn virhetermin jakaumasta. Tässä tapauksessa tehottomuutta kuvaavan muuttujan u oletetaan noudattavan puolinormaalialia jakaumaa (vrt. Aigner ym. 1977). Stokastinen virhetermi v oletetaan normaalisti jakautuneeksi. u ja v oletetaan lisäksi riippumattomiksi toisistaan kuten myös panoksista \bar{x}_i ja olosuhdetekijöistä \bar{z}_i .

StoNED-menetelmässä malli estimoidaan kaksivaiheisesti. Tuotantorintaman f muoto ja parametri δ estimoidaan ensin käyttäen CNLS-menetelmää (Kuosmanen 2008). Tässä tapauksessa estimoitava yhtälö lineaarisoidaan muuntamalla se logaritimuotoon:

$$\ln(\overline{Totout}_i) = \ln f(\bar{x}_i) + \delta \bar{z}_i + \varepsilon_i$$

CNLS-estimaattori lasketaan ratkaisemalla seuraava yhdistetyn toiseen potenssiin korotetun virhetermin summan minimointiongelmalla rajoitteiden puitteissa:

$$\begin{aligned} & \min_{\gamma, \delta, \varepsilon} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \\ & \text{s. t.} \\ & \ln(\overline{Totout}_i) = \ln \gamma_i + \delta \bar{z}_i + \varepsilon_i \quad \forall i \\ & \gamma_i = \beta_i' \bar{x}_i \quad \forall i \\ & \gamma_i \leq \beta_h' \bar{x}_i \quad \forall h, i \\ & \beta_i \geq 0 \quad \forall i \end{aligned}$$

Minimointitehtävän ensimmäinen rajoite on logaritmoidun kokonaistuotoksen/-tulon yhtälö, joka koostuu logaritmoidusta tuotantofunktiosta/-rintamasta γ , olosuhdetekijästä z sekä virhetermistä. Olosuhdetekijä vaikuttaa tuotostasoon tuotantofunktiossa. Tuotantorintaman kertoimet voivat olla kaikille havainnoille erilaiset kuitenkin siten, että konveksisuusehto, jota kolmas rajoite kuvaa, täyttyy. Kun epäyhtälöt ovat voimassa, voidaan osoittaa, että on olemassa jatkuva, monotonisesti kasvava ja konkaavi funktio, joka täyttää asetetut ehdot. Se takaa, että havaintojoukossa ei ole löydettävissä jollekin havainnolle sellaisia β_i :n arvoja, joilla γ_i :n arvo tulee suuremmaksi samalla, kun virhetermin neliösumma minimoituu. β_i :n ei-negatiivisuusrajoite takaa, että panoksen rajatuotos/-tulo ei ole nolaa pienempi. Tällöin toimittaisiin taloudellisesti epäratioonaalisella panoskäytön alueella.

Parametri γ_i on tuotantofunktion/-rintaman pisteen $f(\bar{x}_i)$ estimaattori. Parametrivektori β_i kuvaa yrityksen i panosten rajatuottoja/-tuloja. Toisin kuin tavanomaisessa lineaarisessa regressioanalyysissä ja SFA -menetelmässä, CNLS:ssä kertoimet voivat olla erisuuruisia havainnoittain. Kertoimet eivät myöskään vastaa tavanomaisen estimoidun funktion parametreja vaan ennemminkin tuntemattoman funktion tangentin hyper-tasoa kussakin pisteessä. Siten kertoimet kuvaavat panosten rajatuottoja/-tuloja kussakin pisteessä (Kuosmanen ym. 2010).

CNLS -mallin optimiratkaisuna saadaan jäännöstermit $\hat{\varepsilon}_i$, jotka kuvaavat maitotilan i havaittujen tuotosten (tulojen) poikkeamaa keskimääräisestä tuotantofunktiosta. Jäännöstermin $\hat{\varepsilon}_i$ odotusarvo on nolla, mutta yhdistetyn virhetermin ε_i odotusarvo on $\mu = \sigma_u \sqrt{2/\pi}$, missä σ_u on tehottomuusermin keskihajontaa kuvaava parametri. Tämä parametri voidaan määrittää jäännöstermien $\hat{\varepsilon}_i$ jakauman vinouden perusteella. Koska satunnainen virhetermi (v) on normaalisti jakautunut ja symmetrinen, jäännöstermien negatiivisen vinouden täytyy aiheutua teknisestä tehottomuudesta (u). Siten tehottomuusermin parametri σ_u voidaan estimoida hyödyntäen jäännöstermien $\hat{\varepsilon}_i$ jakauman vinoutta ja momenttimenetelmää (Aigner ym. 1977, Kumbhakar & Lovell 2000). Tilakohtaiset tehokkuusestimat voidaan edelleen määrittää käyttäen Jondrown ym. (1982) ehdottamaa menetelmää.

1.4.2 Aineisto

Aineisto koostuu 173 eteläpohjalaisen yli 20 lypsylehmän maitotilan täydellisen paneelin muuttujien neljän vuoden keskiarvoista vuosilta 2006–2009. Taustamuuttujien puuttuminen vähensi käyttökelpoisten tilojen määrää. Verotusaineiston tiedoista käytettiin koko jakson keskiarvotietoja verotukseen liittyvän tulovaihtelun vähentämiseksi. Usean vuoden keskiarvoaineistoa käytettiin myös siksi, että työnmenekistä oli käytettävissä vain yhden vuoden tiedot. Tästä aineistosta oli myös poistettu ensivaiheen ”ylitehokkaat” maitotilat samalla tavalla kuin DEA-analyysissä.

Tuotantofunktion tuotosmuuttujana käytetään verotuksen mukaisia maatalouden arvonlisäverollisia myyntituloja (neljän vuoden keskiarvo ilman arvonlisävero). Vaihtoehtoisena tuotosmuuttujana käytetään myyntitulojen ja tukien summaa.

Tuotantofunktion panoksina käytetään viittä panosta:

- 1) materiaalit (M), joka sisältää panokset, joiden arvonlisäverokanta on 22 % (mm. lannoitteet, siemenet, energia), neljän vuoden keskiarvona;
- 2) ostorehut (F), joka sisältää panokset, joiden arvonlisäverokanta on 8/17 % (ostorehut, lääkkeet), neljän vuoden keskiarvona;
- 3) työtunnit (L), joka kerättiin haastattelemalla tiettyä ajankohtana;
- 4) käytössä oleva peltoala hehtaareina (P) neljän vuoden keskiarvona.
- 5) lehmämäärä (K) neljän vuoden keskiarvona.

Edellisten lisäksi tarkasteltiin seuraavien olosuhde-/taustamuuttujien merkitystä maidontuotannon kannalta:

- tilakoon suhteellinen kasvu-% tarkastelujakson aikana,
- eläintiheys (suhdeluku eläinyksikköä hehtaaria kohti),
- nurmialan osuus kokonaispeltoalasta (%),

Tuotos- ja panosmuuttujien tunnusluvut esitetään taulukossa 1.15. Maitotilojen maatalouden myyntitulojen keskiarvo verotuksessa on lähes 150 000 euroa. Vaihtelu on huomattavaa, sillä pienimmillään tulo on reilut 50 000 euroa mutta suurimmillaan lähes 500 000 euroa. Keskimäärin kaksi kolmannesta tuloista käytetään muuttuvien panosten (materiaalit, ostorehut) hankintaan. Otannan rajauksen vuoksi tiloilla on keskimäärin 39 lehmää ja 67 hehtaaria peltoa. Työtunteja tehdään lähes 5 200.

Taulukko 1.15. Aineiston tunnusluvut.

	Tulot	Materiaalit	Ostorehut	Peltoala	Lehmät	Työ
Keskiarvo	147 517	70 713	34 506	67	38.7	5 185
Keskihajonta	74 795	38 317	20 655	30	17.8	2 106
Min	52 070	17 834	5 304	24	19.1	2 234
Max	493 405	264 310	128 684	209	123.9	20 367

Olosuhdemuuttujien tunnusluvut esitetään taulukossa 1.16. Yrityskoko on kasvanut keskimäärin vajaan viidenneksen neljän vuoden aikana, vuotuisen kasvun ollessa noin kuusi prosenttia. Osin yrityskoko on pienentynyt, mutta osa on kasvanut yli 2,5-kertaiseksi. Tiloilla on keskimäärin yksi eläinyksikkö peltohehtaaria kohti, mutta vaihtelu on suurta. Keskimäärin lähes kaksi kolmannesta pellostasta on nurmella.

Taulukko 1.16. Aineiston taustamuuttujien tunnusluvut.

	Kasvu-%	Eläintiheys ey/ha	Nurmi-%
Keskiarvo	19,4	0,99	61,7
Keskihajonta	33,4	0,32	17,6
Min	-26,1	0,40	21,0
Max	179,6	2,89	100,0

1.4.3 Tulokset

CNLS-mallissa käytettiin edellä mainittua viittä panosmuuttujaa. Viiden panoksen tapauksessa tehottomuus-termiä ei kyetty erottamaan satunnaisesta virhetermistä. Tulokset esitetään mallista, jossa tukituloja ei ole huomioitu ja mallista, jossa tuet luetaan tuloihin (taulukot 1.17–1.18).

Taulukko 1.17. Rajatuotosten/-tulojen keskiarvot ja vaihtelu (tukea ei ole huomioitu tulona).

	Materiaalit alv 22	Materiaalit alv 8/17	Pelto (€/ha)	Työ (€/h)	Lehmä (€/kpl)
Keskiarvo	0,65	1,04	283,43	2,55	1318,00
Keskihajonta	0,36	0,86	515,63	6,15	789,07
Alakvartiili	0,56	0,69	0,00	0,00	829,98
Mediaani	0,59	0,71	117,79	0,18	1761,14
Yläkvartiili	0,66	1,17	232,24	1,54	1933,32

Taulukko 1.18. Rajatuotosten/-tulojen keskiarvot ja vaihtelu (tuki huomioitu tulona).

	Materiaalit alv 22	Materiaalit alv 8/17	Pelto (€/ha)	Työ (€/h)	Lehmä (€/kpl)
Keskiarvo	0,90	1,41	945,15	4,50	1578,68
Keskihajonta	0,57	1,50	794,83	9,15	1177,39
Alakvartiili	0,68	0,91	584,78	0,00	0,00
Mediaani	0,78	1,02	981,43	0,19	2064,04
Yläkvartiili	0,99	1,42	1045,11	4,15	2137,06

Materiaalien ja työn rajatulot ovat keskimäärin alhaiset. Rajatulo jää useilla tiloilla jopa nolnaan, mikä merkitsee sitä, että mallin ratkaisut ovat vain heikosti tehokkaita². Yleisesti ottaen tiloilla käytetään suhteellisen paljon näitä panoksia suhteessa tuotokseen. Kun rajatulo jää alhaiseksi, se kuvaa tästä näkökulmasta tarkasteltuna tehotonta toimintaa. Materiaalit muuttuja sisältää kaikki 22 prosentin verokannalla hankittavat tuotantopanokset kuten lannoitteet ja energian. Suurella osalla tiloista näitä materiaaleja käytettiin enemmän kuin on taloudellisesti optimaalista³.

Työn mittaaminen perustuu tilahaastatteluun, johon vakioomaisuudesta huolimatta sisältyy epävarmuutta. Tulosten mukaan työn rajatulo jää useimmilla tiloilla hyvin alhaiseksi. Näillä tiloilla vieraan työvoiman palkkaaminen ei ole kannattavaa, koska tuntipalkat ovat 3–4 kertaa korkeampia kuin työn rajatulo. Toisaalta vieraan työvoiman käytön rajatulo ei ole ainoa tekijä, jonka perusteella vierasta työvoimaa hankitaan.

Ostorehujen (materiaalit alv 8/17 %) rajatulo on korkeampi kuin materiaalien (alv 22 %). Tämä viestii siitä, että ostorehujä (sisältää myös eläinlääkkeet) on käytetty pääosin tarpeen mukaan. Tukien huomioon ottaminen vaikuttaa rehupanoksen optimirajatuloon/-tuloon, mikä on luonnollista, sillä maidon hintatuki lisää rajatuloa tuki huomioon otettaessa. Kun tuki luettiin tuotoksi, ostorehujen rajatulon mediaani eli keskimääräinen arvo oli lähes yksi, joten rajatulo ja rajameno ovat yhtä suuret ja keskimääräinen aineiston tila toimii lähes optimissa. Jos tukea ei huomioida tulona, mallin mukaan ostorehujä käytetään pääosalla tiloista enemmän kuin voiton maksimointimielessä on perusteltua. Tulos on teorian mukainen, sillä hintatuen puuttuminen pienentää rajatuloa. Ala- ja yläkvartiilit poikkeavat kuitenkin ykkösestä huomattavasti, mutta vähemmän kuin materiaalien (alv 22 %) osalta.

² Tällöin panoksen käytön lisäys tai vähennys ei muuta tuotost määrää tai muuttaa sitä hyvin vähän.

³ Voiton maksimissa rajatuotto on yhtä suuri kuin rajakustannus.

Kun tukea ei oteta tuottona huomioon, pellon rajatulo on alhainen. Sen mediaaniarvo on 118 €. Rajatulon jakauman vinouden vuoksi se on keskiarvoa huomattavasti suurempi ollen yli kaksinkertainen. Yli neljänneksellä tiloista pellon rajatulo jää nolnaan. Kun peltotuet lisätään tuloihin, rajatulo kasvaa huomattavasti. Tällöin mediaaniarvo lähestyy tuhatta euroa. Koska pellolle saatava tuki ei ole yhtä suuri kuin em. vaihtoehtojen rajatulojen erotus, osa maidolle maksettavasta tuesta latautuu pellon rajatuloksi. Tämä osoittaa sen, että lehmäkohtaisen rajatulon erotus ilman tukea ja tuen kanssa jää noin 300 euroksi, minkä litratuen perusteella pitäisi olla merkittävästi suurempi. Tuen huomioon ottaminen näkyy myös muuttuvien panosten käytössä, sillä maidon hintatuki vaikuttaa optimoituimintaan. Näyttää siltä, että kotieläintuen kytkeminen peltoon kasvattaa painetta pellon hintaan.

Panosten rajatulot korreloivat useimmiten keskenään negatiivisesti (taulukot 1.19–1.20). Siten toisen panoksen korkea rajatulo on yhteydessä toisen panoksen alhaiseen rajatuloon. Erityisen voimakas negatiivinen korrelaation on materiaalien ja peltoalan sekä lehmämäärän ja muiden panosten välillä. Ainoastaan materiaalien (alv 22 %) ja työn välillä rajatulojen korrelaatio on lievästi positiivinen. Voidaan myös ajatella, että negatiivinen korrelaation merkitsee panosten korvautumista keskenään. Vastaavasti positiivinen korrelaatio merkitsee täydentävää suhdetta panosten kesken. Huomattavan suuret ja pienet rajatulon arvot kuvaavat tuotannon taloudellista epätasapainoa panosten käytön suhteen, ja panosten käyttösuhdetta muuttamalla taloudellista tulosta voidaan parantaa. On toki huomattava, että tuotantoa koskevat rajoitukset vaikuttavat mahdollisuuksiin optimoida tuotantoa.

Taulukko 1.19. Korrelaatiot panosten rajatulojen välillä (ei tukea).

	Materiaalit alv 22	Materiaalit alv 8/17	Pelto (ha)	Työ (h)	Lehmä (kpl)
M_alv 22	1	-0,242	-0,276	0,082	-0,213
M_alv 8/17		1	-0,034	-0,003	-0,469
Pelto			1	-0,041	-0,443
Työ				1	-0,510
Lehmä					1

Taulukko 1.20. Korrelaatiot panosten rajatulojen välillä (sisältää tuen).

	Materiaalit alv 22	Materiaalit alv 8/17	Pelto (ha)	Työ (h)	Lehmä (kpl)
M_alv 22	1	-0,144	-0,411	0,045	-0,081
M_alv 8/17		1	-0,146	-0,005	-0,343
Pelto			1	-0,206	-0,426
Työ				1	-0,430
Lehmä					1

Tilakoon kasvulla ei näytä olevan yhteyttä panosten rajatuloihin (taulukko 1.21 ja 1.22). Sen sijaan eläintiheys korreloi negatiivisesti materiaalien (alv 8/17 %) ja lehmäluvun kanssa. Siten eläintiheyden kasvaessa ostorehun rajatulo alenee, koska peltoalan alkaessa rajoittaa tuotanto on perustettava yhä suuremmassa määrin ostorehun varaan. Vastaavasti eläintiheyden kasvaessa lehmien lisäyksellä aikaansaatu rajatulo pienenee suhteellisen voimakkaasti. Rajatulo jää yhä pienemmäksi, koska peltoala tulee yhä rajoittavammaksi tekijäksi. Sen kautta tuleva kotieläintuki jää vähäiseksi ja samalla tuotanto perustuu yhä suuremmassa määrin ostomateriaaleihin. Erityisesti pellon rajatulo kasvaa, kun eläintiheys kasvaa, joten pellon suhteellinen niukkuus johtaa sen rajatulon kohoamiseen. Vastaavasti nurmen osuuden kasvaessa pellon rajatulo kohoaa, koska nurmen korkea osuus peltoalasta liittyy usein pellon suhteelliseen niukkuuteen.

Taulukko 1.21. Korrelaatiot panosten rajatulon ja tilojen kasvun, eläintiheyden ja nurmen osuuden välillä (tuloissa ei tukea).

	Materiaalit alv 22	Materiaalit alv 8/17	Pelto (ha)	Työ (h)	Lehmä (kpl)
Kasvu-%	-0,106	-0,067	0,014	0,013	0,056
Eläintiheys	0,043	-0,208	0,441	0,217	-0,319
Nurmi-%	0,015	-0,183	0,337	-0,014	-0,138

Taulukko 1.22. Korrelaatiot panosten rajatulon ja tilojen kasvun, eläintiheyden ja nurmen osuuden välillä (tulo sisältää tuen).

	Materiaalit alv 22	Materiaalit alv 8/17	Pelto (ha)	Työ (h)	Lehmä (kpl)
Kasvu-%	-0,135	-0,058	0,051	-0,001	0,064
Eläintiheys	-0,079	-0,203	0,524	0,137	-0,440
Nurmi-%	-0,060	-0,176	0,400	-0,085	-0,208

1.5 Tehokkuuden mittausmenetelmät vertailutilojen etsinnässä

Vertailuryhmien muodostaminen

Tilavertailut ovat hyödyllisiä, jos kullekin maitotilalle on löydettävissä mielekäs vertailuryhmä/-tila. Vertailuryhmän muodostaminen riippuu toisaalta tilan ominaisuuksista, mutta toisaalta maidontuottajan tavoitteista sekä mieltymyksistä. Tiloilla on usein myös erityispiirteitä, jolloin eri toimenpiteet ja niiden seuraukset eivät aina ole siirrettävissä tilalta toiselle. Edellä tarkasteltiin maitotilojen tehokkuutta ja panoskäytön rajatuottavuutta tilaryhmän puitteissa, mistä selvitettiin keskimääräistä tehokkuutta, tehokkuuden vaihtelua ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Tietoja voidaan edelleen hyödyntää maitotilojen toiminnan kehittämiseen parhaita käytäntöjä etsimällä. Tilavertailujen mahdollisuuksia ja haasteita päätöksenteon tukena on selvitetty MTT Taloustutkimuksen, Seinäjoen ammattikorkeakoulun, Helsingin yliopiston taloustieteen laitoksen ja ProAgria Keskusten liiton sekä ProAgria Etelä-Pohjanmaan yhteishankkeessa (Ovaska ym. 2009).

Jotta vertailusta on konkreettista hyötyä, tarvitaan sitä varten luotettavat ja riittävän tarkat tiedot maitotilan toiminnasta. Lisäksi vertailutiloilta on samalla menetelmällä kerättävä aineisto, jotta se sopii vertailutarkoitukseen. Esimerkiksi tuotantopanosten käyttömäärien aliarviointi ja tuotosten yliarviointi saattavat johtaa tulokseen, joka ei ole realistisesti saavutettavissa eikä sitä ole mielekäästä käyttää vertailukohtana. Vastaava tilanne voi syntyä myös käytettäessä vertailuun tiloilta kerättyjä yhden vuoden tietoja, jolloin epäonnekkaat tai onnekaat sattumat voivat vaikuttaa tuotantotulosten vaihteluun merkittävästi.

Mielekkään vertailuryhmän muodostamisen rajoitteeksi saattaa muodostua myös vertailuaineiston koko käytettäessä useita eri kriteerejä. Riittävän suuren vertailuryhmän kokoaminen edellyttää, että tiloilta vertailua varten tarvittavat tiedot ovat melko yksinkertaisesti saatavilla. Tässä tutkimuksessa käytetyn CNLS -mallin muuttujat (verotusmuuttujat, työnmenekki, eläinmäärä ja peltoala) olisivat suhteellisen helposti saatavilla ja voisivat olla pohjana vertailuyksiköiden etsinnässä.

Vuorovaikutteinen benchmarking

Tehokkuusanalyysia voidaan käyttää myös vuorovaikutteiseen benchmarking -tarkasteluun. Tämä tarkoittaa maidontuottajan mahdollisuutta valita vertailutilansa omien mieltymystensä mukaan eikä kaavamaisesti mallin määräämällä tavalla.

Varsinaisen tehokkuusluvun määrittämisen ohella DEA-tyyppisiä malleja voidaan käyttää tilan kannalta mielekkäiden vertailuysiköiden etsintään. DEA ja FDH (free disposal hull) mallit tuottavat tiedon vertailuysiköstä tai yhdistelmästä tiloja, jotka ovat tehokkaita suhteessa tarkasteltavaan tilaan. Tätä hyväksi käyttäen voidaan rajata kaikkien mahdollisten vertailutilojen joukkoa siten, että voidaan löytää tarkasteltavan tilan kannalta maidontuottajan tavoitteiden ja teknologiarajoitteiden mukaan sopivimmat vertailukohdat tuotannon kehittämistä varten. Vertailutilojen etsintä voidaan ja on syytäkin tehdä vuorovaikutteisesti.

Vertailujoukkoa voidaan vuorovaikutteisessa benchmarking-tarkastelussa rajata monin tavoin, jos vertailuaineisto on riittävän laaja. Oma tilaa voidaan verrata esimerkiksi samaa tai kilpailevaa tuotantotekniikkaa käyttäviin tiloihin. Myös suunta, josta tehokkaita ratkaisuja etsitään, voidaan määrittää erikseen ns. suuntaetäisyysfunktioiden avulla. On mahdollista tavoitella pelkästään panoskäytön pienentämistä tietyn tuotoksen tuottamisessa tai tuotoksen kasvattamista tietyllä panoskäytöllä. Niin ikään voidaan tavoitella sekä tuotosten kasvattamista että panosten vähentämistä tai näitä jossakin tietyssä suhteessa. Eri vaihtoehdoissa vertailuysiköt ovat usein eri yksiköitä. Sen vuoksi on tärkeää, päätöksentekijä on itse mukana määrittämässä sitä, mihin haluaa tulla verratuksi.

Vuorovaikutteisuus edellyttää myös vertailuaineiston tilatietojen näkymistä käyttäjälle eli vertailun tekijälle. Maidontuottajien tulisi olla mahdollista olla yhteydessä toisiinsa mielekkäitä vertailutiloja etsittäessä ja mahdollistaa siten toisilta oppiminen oman toiminnan kehittämisessä.

Tämän vuoksi tilojen tunnistamismahdollisuus on tarpeen. Tunnistaminen voitaisiin toteuttaa vain vertailussa mukana olevien maidontuottajien keskinäisellä suostumuksella. Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista eikä luvallista esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytetyn aineiston osalta tietosuojavaatimusten vuoksi.

Kun tilan toiminnan kannalta mielenkiintoinen vertailuysikkö on löydetty, voidaan pisimmälle vietyä ajatella, että benchmarkingin hyödyntäjä ottaa yhteyttä oman toimintansa kehittämisen kannalta sopivaksi arvioimaansa maidontuottajaan. Tämä edellyttää paitsi merkittävän laajaa tietojen keruuta myös avoimuutta, luottamusta ja yhteistyöhalua maidontuottajien välillä. Tällainen benchmarking ei toimi, mikäli maidontuottajat kokevat toisensa enemmänkin kilpailijoiksi kuin kumppaneiksi.

Vuorovaikutteiseen benchmarking -tarkasteluun on Tanskassa kehitetty DEA-perustainen Analyyst-ohjelma (Bogetoft & Nielsen 2005). Mallia testattiin ProAgrian maitotila-aineistolla (1661 tilaa). Vuorovaikutteista vertailutilojen etsintää ei ollut mahdollista toteuttaa tietosuojan säilyttämisen vuoksi (Ovaska ym. 2009).

1.6 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tämän tutkimuksen 320 eteläpohjalaisen maitotilan tila-aineisto koottiin useista lähteistä. Aineistoa täydennettiin haastatteluilla. Aineistosta rajattiin pois alle 20 lehmän tilat. Tutkimustiloilla tuotantoa on kasvatettu merkittävästi vuosina 2006–2009. Maitomäärää on lisätty keskimäärin 16 %, eläinmäärää 14 % ja peltoalaa 12 %. Tuotannon kasvattaminen näkyi myös maatalousverotustiedoissa. Tilojen myyntitulot olivat nousseet tutkimusaikana keskimäärin 33 %, menot 23 % ja verotuksen mukainen tulos 21 %. Tuotantoa on lisätty selvästi enemmän haastattelutiloilla kuin haastattelusta kieltäytyneillä tiloilla. Haastattelutiloista lähes kaikki kuuluvat ProAgria Etelä-Pohjanmaan tuotostarkkailuun, mutta haastattelusta kieltäytyneet eivät siihen kuulu.

Tutkimuksessa sovellettiin ei-parametrisia menetelmiä tehokkuuden ja tuottavuuden mittaamiseen. DEA-analyysin mukaan maitotilojen tekninen ja kustannustehokkuus vaihtelevat huomattavasti eteläpohjalaisilla maitotiloilla niin poikkileikkausaineistossa kuin neljän vuoden keskiarvoaineistossakin. Toisaalta CNLS-regression, joka ei ole niin herkkä poikkeaville havainnoille kuin DEA, mukaan tehottomuus ei ollut merkitsevää, mutta panosten rajatuottavuudet vaihtelivat maitotilojen välillä voimakkaasti.

DEA-tehokkuuslukujen vaihtelua tarkasteltiin taustatekijöiden vaihtelun funktiona, jotta saatiin selville niiden vaikutus/yhteys tekniseen ja kustannustehokkuuteen. Aikaisemmassa tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin tuotannon tehokkuutta pelkän maidontuotannon näkökulmasta, keskituotos osoittautui merkitseväksi tehokkuuteen vaikuttavaksi tekijäksi (Ovaska ym. 2009). Tässä tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin maitotilojen tuotannon tehokkuutta koko tilan kannalta, keskituotos ei osoittautunut merkitseväksi tehokkuuteen vaikuttavaksi tekijäksi. Yritystä onkin johdettava kokonaisuutena. Voittoa maksimoivassa yrityksessä tavoitteena on

käyttää niukat resurssit yrityskokonaisuuden kannalta parhaalla mahdollisella tavalla. Osittaisoptimoinnit eivät johda parhaaseen mahdolliseen taloudelliseen tulokseen, koska osittaisoptimointien kautta resurssit saatetaan kohdentaa kokonaisuuden kannalta virheellisesti. Tällöin kokonaisuuden kannalta parhaaseen tulokseen ei päästä, vaikka jokin osatoiminto olisikin optimoitu parhaalla mahdollisella tavalla. Pahimmassa tapauksessa osittaistarkastelujen pohjalta tehdyt päätökset voivat johtaa maidontuottajan kannalta hyvinkin heikkoon taloudelliseen tulokseen.

Vasikkakuolleisuudella on merkitsevä yhteys yrityksen tehokkuuteen kaikissa malleissa. Siten korkeaa vasikkakuolleisuutta tai sen kasvua voidaan pitää indikaattorina maidontuotannon ongelmista ja siihen liittyvästä tuotannon teknisestä ja kustannustehottomuudesta. Sen sijaan säilörehun D-arvon osalta yhteys ei ole näin yksiselitteinen. Maidontuottajat, joiden säilörehun D-arvo on korkea, ovat tuottaneet teknisesti tehokkaasti, mikä ei kuitenkaan ilmene kustannustehokkuutena. Siten D-arvo ei kuvaa koko maitotilan kustannustehokkuutta. Sen sijaan kustannustehokkaasti toimiva maidontuottaja kykenee muuttamaan lehmien ruokintaa säilörehun D-arvon ja/tai hintojen muuttuessa.

CNLS-mallin avulla, jossa maitotilat voivat joustavasti saada erilaisia rajatuloja kullekin käyttämälleen panokselle, todettiin, että työn rajatulo jää yleensä alhaiseksi. Toisaalta ostorehupanoksen käyttö oli yleisesti ottaen lähempänä optimaalista kuin muiden materiaalien, joita käytettiin usein enemmän kuin niiden rajatulon mukaan oli perusteltua. Tukien huomioon ottaminen tuloina kasvatti kaikkien panosten rajatuloja, mutta erityisesti pellon rajatulo nousi korkeaksi. Ilman tukituloja rajatulo oli vain sadan euron luokkaa, mutta tukien huomioon ottamisen jälkeen lähellä 1000 euroa. Pellon niukkuus kohottaa kotieläintiloilla pellon rajatuloa erityisesti, kun siihen kytkeytyy myös kotieläintalouden harjoittamisen perusteella maksettuja tukia. Pelto-markkinoilla ongelma näkyy korkeina pellon markkinahintoina ja nousseina vuokrina. Korkeiden pellon hintojen ja nousseiden vuokrien kautta lisätulosta huomattava osa päättyy maidontuottajilta pellon myyjille tai omistajille. Siten peltoalaan kytkeytyillä kotieläintuilla on jatkajien ja laajentajien kannalta epäedullisia vaikutuksia, vaikka ne toisaalta myös kasvattavat tulovirtaa. Yritystoimintaa kehittävien ja maidontuotantoa laajentavien maidontuottajien kannattaa pohtia ratkaisuja, joilla tulovirtaa saisi jäämään nykyistä enemmän omaan käyttöön (ks. Ryhänen & Laitila 2012).

Ei-parametrisia tehokkuuden mittaamismenetelmiä, kuten DEA:ta, voidaan tehokkuuslukujen määrittämisen lisäksi käyttää myös tilakohtaisten vertailuyksiköiden etsintään. Analyysit tuottavat jokaiselle havainnolle tehokkaan – oletuksista riippuen joko yhdestä tai useammasta tilasta koostuvan – vertailuyksikön. Vertailuryhmän tai tilan valinta voidaan tehdä joko objektiivisesti tutkijoiden toimesta tai maidontuottajan preferenssien mukaan, jolloin hän itse päättää vertailuryhmänsä/vertailutilansa subjektiivisesti omien mieltymystensä mukaan. Jälkimmäisessä tapauksessa voidaan hyödyntää vuorovaikutteisuutta vertailua tekevän maidontuottajan ja vertailuyksiköitä tarjoavan mallin välillä (ks. Bogetoft & Nielsen 2005).

- Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. & Schmidt, P. 1977. Formulation and estimation of stochastic frontier models. *Journal of Econometrics* 6: 21-37.
- Bogetoft, P. & Nielsen, K. 2005. Internet based benchmarking. *Journal of Group Decisions and Negotiations* 14: 195-215.
- Coelli, T., Prasado Rao, D.S. & Battese, G.E. 1998. An introduction to productivity and efficiency analysis. Boston: Kluwer Academic Publishers. 273 s. ISBN 0-7923-8062-2.
- EMQ 2000. On Front 2.0. The professional tool for efficiency and productivity measurement. Lund: EMQ Ab. 27 s.
- Farrell, M.J. 1957. The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical Society (Series A)* 120: 253-290.
- Färe, R. 1988. Fundamentals in production theory. Vol. 311, Berlin: Springer-Verlag. 163 s.
- Färe, R., Grosskopf, S. & Lovell, C.A.K. 1994. Production frontiers. Cambridge: Cambridge University Press. 296 s. ISBN 0-521-42033-4.
- Greene, W.H. 2003. Econometric analysis. Fifth edition. New Jersey: Prentice Hall. 1026 s. ISBN 0130661899
- Greene, W.H. 2007a. Limdep 9.0 Reference Guide. Econometric Software Inc.
- Greene, W.H. 2007b. Limdep 9.0 Econometric Modeling Guide. Econometric Software Inc.
- Hardaker, J. B., Huirne R. B. M. & Anderson, J.R. 1997. Coping with risk in agriculture. Wallingford: CABI publishing. 274 s. ISBN 0-85199-119.
- Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I.S. & Schmidt, P. 1982. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of Econometrics* 19(2-3): 233-238.
- Kumbhakar, S. & Lovell, C.A.K. 2000. Stochastic frontier analysis. Cambridge UK: Cambridge University Press. 333 s. ISBN 0521481848
- Kuosmanen, T. 2006. Stochastic nonparametric envelopment of data: Combining virtues of SFA and DEA in a unified framework. MTT Discussion Paper 3. Helsinki: MTT. 51 s.
- Kuosmanen, T. 2008. Representation theorem for convex nonparametric least squares. *Econometrics Journal* 11: 308-325.
- Kuosmanen, T. & Johnson, A.L. 2010. Data envelopment analysis as nonparametric least squares regression. *Operations Research* 58(1): 149-160.
- Kuosmanen, T. & Kortelainen, M. 2007. Stochastic nonparametric envelopment of data: Cross-sectional frontier estimation subject to shape constraints. Economics Discussion Paper 46. Joensuu: University of Joensuu.
- Kuosmanen, T. & Kortelainen, M. 2012. Stochastic non-smooth envelopment of data: Semi-parametric frontier estimation subject to shape constraints. *Journal of Productivity Analysis* 38(1): 11-28.

- Kuosmanen, T., Kortelainen, M., Kultti, K., Pursiainen, H., Saastamoinen, A. & Sipiläinen, T. 2010. Sähköverkkotoiminnan kustannustehokkuuden estimointi StoNED -menetelmällä: Ehdotus tehostamistavoitteiden ja kohtuullisten kustannusten arviointiperusteiden kehittämiseksi kolmannella valvontajaksolla 2012-2015. Helsinki: Sigma Hat Economics. (Verkkojulkaisu). Viitattu 1.12.2012. Saatavissa internetistä: http://www.energiamarckkinavirasto.fi/files/Lahde_36_SigmaHat_StoNED_2010.pdf.
- MTT Taloustohtori 2012. Tuloslaskelma kannattavuuskirjanpidossa. Helsinki: MTT. (Verkkojulkaisu). Viitattu 15.11.2012. Saatavissa internetistä: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/taloustohtori>.
- Ovaska, S., Sipiläinen, T., Ryhänen, M. & Ylätalo, M. (toim.). 2009. Tilavertailut maidontuotannossa - haasteita ja mahdollisuuksia. MTT:n selvityksiä 171. Helsinki: MTT. 139 s. (Verkkojulkaisu). Päivitetty: 24.3.2009. Viitattu: 13.12.2012. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/mtts/pdf/mtts171.pdf>.
- Rajakorpi, J., Ryhänen, M., Närvä, M. & Tuuri, H. 2012. Yhteistyö, resurssit ja resurssitarve. Teoksessa: Ryhänen, M. & Laitila, E. (toim.). Yhteistyö ja resurssit maitotiloilla: verkostomaisen yrittämisen lähtökoh-
tia ja edellytyksiä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 59. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. s. 17-56.
- Ryhänen, M. & Laitila, E. (toim.). 2012. Yhteistyö ja resurssit maitotiloilla: verkostomaisen yrittämisen läh-
tökohtia ja edellytyksiä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 59. Seinä-
joki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. 175 s.
- Ryhänen, M., Sipiläinen, T., Ovaska, S. & Laitila, E. 2012. Yhteistyö eteläpohjalaisilla maitotiloilla. Teok-
sessa: Ryhänen, M. & Laitila, E. (toim.). Yhteistyö ja resurssit maitotiloilla: verkostomaisen yrittämisen
lähtökohtia ja edellytyksiä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 59.
Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. s. 57-89.
- Shephard, R.W. 1953. Cost and production function. Princeton: Princeton University Press. 104 s.
- Shephard, R.W. 1970. Theory of cost and production functions. Princeton: Princeton University Press. 308 s.
ISBN 0691041989.
- Sipiläinen, T. & Ryhänen, M. 2002. Tekninen tehokkuus ja tekninen muutos nurmisäilörehun tuotannossa.
Teoksessa: Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. (toim.). Nurmisäilörehu maitotilan taloudessa. Taloustieteen lai-
toksen julkaisuja 35. Helsinki: Helsingin yliopisto. s. 57-99.
- Sipiläinen, T. 2008. Components of Productivity Growth in Finnish Agriculture. Agrifood Research Reports
116. Helsinki: MTT. 153 s.
- Sipiläinen, T., Kuosmanen, T. & Kumbhakar, S. 2008. Measuring productivity differentials : An application
to milk production in Nordic countries. EAAE International Congress. Ghent 26-29.8.2008. 7 s.
- Vehkamäki, S., Ylätalo, M., Mäkinen, H., Latva-Kyyny, M. & Ryhänen, M. 2011. Some entrepreneurial
characteristics and resource use on dairy farms in South Ostrobothnia, Finland, in 2003 and 2009. Proceed-
ings of the international scientific conference. Jelgava 28-29.4.2011. Economic science for rural develop-
ment 24. s. 114-122.

2 Säilörehun korjuuketjujen taloudellinen vertailu – pitkän aikavälin näkökulma

Sipiläinen, Timo¹⁾, Ryhänen, Matti²⁾, Karhula, Ville³⁾, Suokannas, Antti⁴⁾ ja Rinne, Marketta⁵⁾

¹⁾MTT Taloustutkimus ja Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, timo.sipilainen@helsinki.fi

²⁾Seinäjoen AMK, maa- ja metsätalouden yksikkö, Ilmajoentie 525, 60800 Ilmajoki, matti.ryhanen@seamk.fi

³⁾Helsingin yliopisto, taloustieteen laitos, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki, ville.karhula@helsinki.fi

⁴⁾MTT Kasvintuotannon tutkimus, Vakolantie 55, 03400 Vihti, antti.suokannas@mtt.fi

⁵⁾MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Animale, Tietotie, 31600 Jokioinen

2.1 Johdanto

Lypsylehmän ruokinta voidaan koostaa useista eri rehuista. Suomalaisten lehmien rehunkulutuksesta karkearehujen osuus on keskimäärin 55 prosenttia rehuannoksen kuiva-aineesta. Tärkein karkearehu on säilörehu, jonka osuus oli vuonna 2011 keskimäärin 48 prosenttia (Huhtamäki 2011). Säilörehu muodostaa siten merkittävän kustannuserän maidontuotannossa. Tyypillisesti säilörehu tuotetaan tilalla, jolla se käytetään. Säilörehun tuotantopäätöksiin vaikuttaa satomäärän kehityksen lisäksi se, että nurmen kasvun edetessä sen sulavuus muuttuu ja että sadon korjuukertoja on usein enemmän kuin yksi. Säilörehun korjuun ja lypsylehmien ruokinnan kokonaisuuden hallinnan haasteellisuutta lisää se, että säilörehun sulavuuden muutokset vaikuttavat maitotuotokseen (Rinne ym. 1999, Sairanen & Juutinen 2012). Säilörehun sulavuuden muutosta voidaan jossakin määrin korvata väkirehuilla. Säilörehun korjuuajankohdan valinta on tasapainottelua määrän ja laadun välillä (Sairanen ym. 2010a, s. 1).

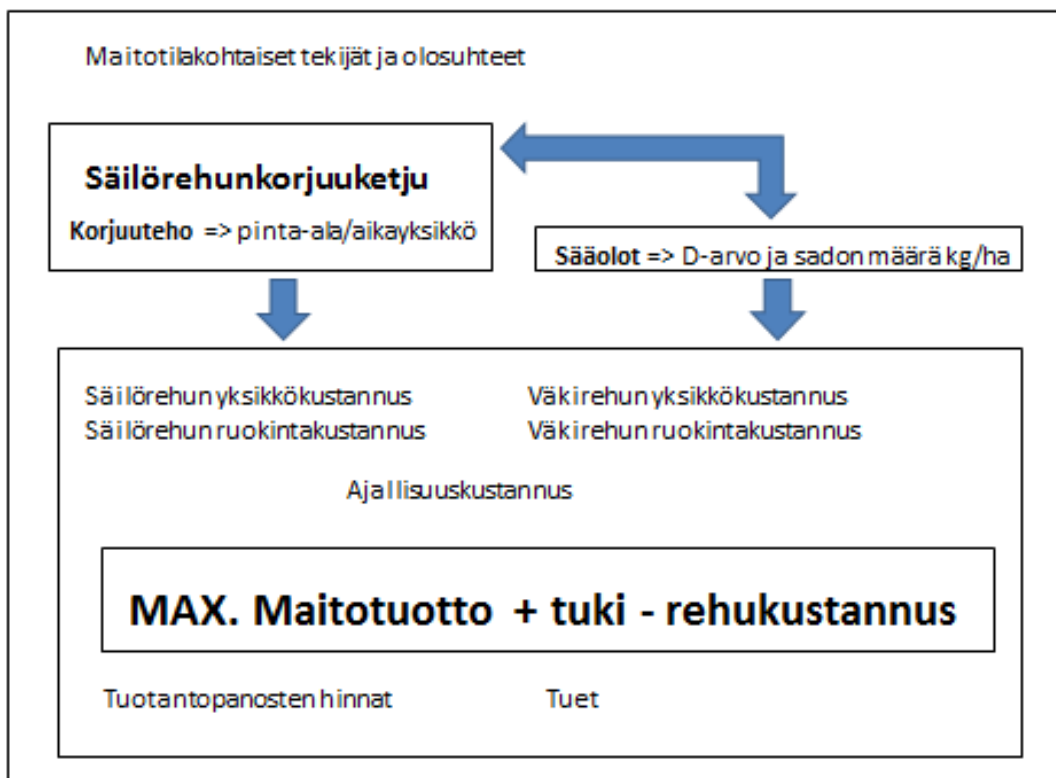
Tuotantoteknologian kehittyminen muuttaa säilörehun korjuuprosesseja ja nopeuttaa maitotilojen rakenne-
muutosta kaikkialla Euroopassa. Suomalaisten maidontuottajien on pysyttävä kehityksessä mukana, vaikka Suomen tuotanto-olot ovat erilaiset Keski-Eurooppaan verrattuna. Lyhyt kasvukausi, alhainen tehoisa lämpötilasumma, karu maaperä ja epäedullinen sadannan jakautuminen pienentävät satoa ja kaventavat käytettävissä olevaa kasvilaji- ja lajikevalikoimaa. Suomessa sato jää pienemmäksi kuin Keski-Euroopassa. Lisäksi nurmirehua vastaavana rehuna käytetään runsassatoista maissia, joka ei Suomessa menesty. Lyhyen kasvukauden ja korjuuajan vuoksi Suomessa karkearehun yksikkökustannus muodostuu yhdeksi keskeiseksi maidontuotannon kilpailukykyä heikentäväksi tekijäksi (Pekoniemi ym. 2004, s. 60).

Tuottavuutta ja tehokkuutta parantamalla yksikkökustannuksia on mahdollista pienentää ja kannattavuutta parantaa. Vaikka tuotannon tehokkuus ei takaa tuotannon kannattavuutta, se on edellytys kannattavalle tuotannolle. Suomen pienten tuotantoyksiköiden ja tuotanto-olojen vuoksi koneiden ja kaluston vuotuinen käyttö jää usein vähäiseksi, mikä nostaa säilörehun yksikkökustannusta. Koneiden käyttöasteen nostaminen mahdollistaa yksikkökustannuksen pienentämisen (Laine 1996, s. 12). Toisaalta koneiden käyttöasteen nostaminen kasvattaa säilörehun korjuun ajallisuuskustannusta. Ajallisuuskustannusta lisää pieni konekapasiteetti mutta myös suuri kuljetusetäisyys (Gunnarsson ym. 2005). Muun muassa Sjøgaard ja Sørensen (2004) ovat kehittäneet optimointimallin erityisesti koneketjujen suunnittelua ja konekapasiteetin valintaa varten. Sørensen ym. (2012) ovat kehittäneet myös korjuun oikeaan ajoittamisen päätöksentekomallia, joka estimoii rehun kuiva-ainepitoisuutta kahden vuorokauden sääennusteen perusteella. Aiempien tutkimusten mukaan Suomessa kevät sadon korjuukautta voidaan nykyisestä pidentää, sillä syyssato ja mahdollisuus korvata säilörehua väkirehulla kompensoivat kevätkorjuun ajankohdan muutoksista johtuvaa säilörehun tuotantovaikutuksen muutosta. Tämä mahdollistaa lisätä säilörehun korjuukoneiden käyttöaikaa mm. yhteistyön avulla, mikä pienentää säilörehun yksikkökustannusta (Seppälä ym. 2002, Sairanen ym. 2010a.)

Tavoitteet ja viitekehys

Tässä julkaisussa tavoitteena on kehittää malli, joka soveltuu säilörehun tuotannon taloudelliseen suunnitteluun. Laskelmat laaditaan pitkän aikavälin suunnittelutarpeita varten, joten kaikki säilörehun korjuuketjun tuotantopanokset ovat muuttuvia. Korjuuajan vaikutus säilörehun tuotantovaikutukseen kompensoidaan väkirehulisänä. Lypsylehmän tuotostaso pidetään vakiona. Tutkimuksessa rakennetaan kolme Etelä-Pohjanmaalle sijoittuvaa esimerkkimaitotilaa. Suunnittelumallin avulla selvitetään esimerkkitulojen oloissa:

- Mikä korjuuketjuvaihtoehto on taloudellisesti edullisin?
- Miten tuotanto-olojen muutos vaikuttaa korjuuketjun valintaan?
- Millainen vaikutus säilörehun D-arvon⁴ muutoksella on tulokseen?
- Milloin yhteistyö tai urakoitsijan käyttö on taloudellisin vaihtoehto?



Kuva 2.1. Tutkimuksen teoreettinen viitekehys.

Nurmen sulavuuteen ja satoon vaikuttavat kasvukauden sääolot, joten malliin sisällytetään tieto mm. lämpösommista nurmen kasvun eri vaiheissa. Lisäksi tarkastellaan D-arvon muutosta säilörehun korjuuajana ja D-arvon muutoksen vaikutusta lehmien ruokintaan ja taloudelliseen tulokseen. Säilörehun oletetaan olevan säilönnälliseltä laadulta moitteetonta⁵. Lehmien maitotuotos oletetaan samaksi, 9 000 kg EKM⁶ vuodessa. Tilojen olosuhteisiin sovitetaan neljä eri korjuuketjua. Tutkimuksen viitekehys esitetään kuvassa 2.1.

⁴ D-arvo on sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineesta (g/kg kuiva-ainetta(ka)). Sillä kuvataan säilörehun tuotantovaikutusta. Käytännössä säilörehun D-arvo on 600–750 g/kg ka.

⁵ Riski eri teknologioilla vaihtelee (sääolojen vaikutus, pellon pinnan vauriot jne.).

⁶ EKM on energiakorjattua maitoa.

Säilörehuntuotantoprosessi on järjestettävä maitotilan kokonaisuuteen sopivaksi. Tilakohtaiset tekijät, tilan sijainti ja olosuhteet vaikuttavat säilörehunkorjuuketjun valintaan. Perusmalli laaditaan esimerkkitalojen pelto-ohkojen etäisyyksien ja lohkokokojen pohjalta. Säilörehunkorjuuketju vaikuttaa korjuutehoon ja säilörehun sulavuuteen (D-arvo). Säilörehunkorjuuketjulla ja sääoloilla on keskinäinen yhteys, mikä sisällytetään malliin. Mallilla voidaan selvittää myös säilörehunkorjuuta yhteistyönä. Vaihtoehtona on myös rehunkorjuun ulkoistaminen kokonaan tai osittain, millä voidaan tasoittaa työhuippuja (vrt. Karttunen 2004, s. 3–4, Karttunen ym. 2008, s. 45–49). Taloudellisesti optimaalinen säilörehunkorjuuprosessi ja rehujen optimaalinen käyttö lypsylehmien ruokinnassa ratkaistaan voiton maksimointi- ja/tai kustannusten minimointihypoteesin mukaisesti (Ryhänen ym. 1996, Seppälä ym. 2002).

2.2 Taustatiedot

2.2.1 Lypsylehmän ruokinta

Lehmän ruoansulatus on erikoistunut hyödyntämään karkearehujä. Lehmän kyky hyödyntää kuitupitoista ravintoa perustuu sen kanssa symbioosissa pötsi-verkkomahassa eläviin mikrobeihin. Kuidun pitkä viipymisaika etumahoissa mahdollistaa sen sulatuksen ja hyväksikäytön (Vanhatalo 2010, s. 19–24.) Nurmen vanhetessa sen soluseinäaineiden suhteellinen osuus kasvin kuiva-aineesta kasvaa ja näin ollen solunsisällysaineiden osuus vähenee. Märehtijöiden ravitsemuksen yhteydessä voidaan puhua ytimekkäästi kuidusta, jolloin tarkoitetaan neutraalidetergenttimenetelmällä määritettyä soluseinäaineiden kokonaismäärää. Kuidun lisääntyessä kasvimateriaalin sulavuus heikkenee (Huhtanen ym. 2006).

Karkearehujä on mielekäästä pitää vapaasti lehmän saatavilla, koska silloin maksimoidaan rehun syönti. Runsaasti kuitua sisältävän karkearehujä saanti varmistaa pötsin häiriöttömän toiminnan, kun väkirehujä syöntiä sen sijaan on rajoittava. Kuidun määrä ja ominaisuudet vaihtelevat eri rehuissa. Huonosti sulavan rehujä kuituvaikutus on suuri ja se rajoittaa syöntiä, kun taas hyvin sulavan rehujä kuituvaikutus on pieni, mutta sitä lehmä pystyy syömään enemmän kuin huonosti sulavaa rehuja. Karkearehujä kuidun suuntaa-antavana varmuusrajana voidaan pitää 25 % koko rehuannoksen kuiva-aineesta (Jaakkola 2010, s. 60–66).

Nurmirehujä koostumus ja sulavuus määräytyvät kasvilajin, kasvuolosuhteiden, kasvien kehitysvaiheen korjuuhetkellä sekä korjuu-, säilöntä- ja varastointitekniikan perusteella. Hyvään tuotosvasteeseen tähdättäessä nurmirehujä täytyy olla sopivan sulavaa ja säilönnän onnistunut (Jaakkola 2010, s. 60–66). Mitä varhaisemmalla kasvuasteella rehu korjataan, sitä suurempi on sen D-arvo ja sen sisältämä energia-arvo. Lehmät myös pystyvät syömään hyvin sulavaa rehuja enemmän kuin huonommin sulavaa. Säilörehujä laatutekijöiden vaikutuksesta rehujä vapaaehtoiseen syöntiin on tehty perusteellinen analyysi (Huhtanen ym. 2007). D-arvon lisäksi rehujä syöntiin vaikuttavat mm. rehujä kuiva-ainepitoisuus, kasvilajikoostumus, käymisaste ja kuitupitoisuus.

Lypsylehmän energian ja valkuaisaineiden tarve koostuu maidontuotannosta ja elintoimintojen ylläpidosta (MTT 2012). Maitotuotos määräytyy vasteena energian ja ravintoaineiden saannille (Huhtanen & Nousiainen 2012). Tuotokseen vaikuttavat ruokintataso ja lehmän maidontuotantopotentiaali. Nurmirehujä korjuuasteen tulisi määrätä sen käyttötarkoituksen mukaan. Nurmirehujä täydennetään väkirehuilla ja näin pystytään lisäämään rehuannoksen kokonaissyöntiä ja lisäämään lehmän energian ja valkuaisen saantia.

2.2.2 Säilörehujä korjuu

Pääosa säilörehujä korjataan esikuivattuna. Tiläsäilörehujäytteiden kuiva-ainepitoisuuden keskiarvo sisäruokintakaudella 2011–2012 (n=23 094) oli 346 g/kg (Artturi 2012). Rehujä kuivausajaksi pellolla suositellaan alle vuorokausi. Kuivauksessa tavoitellaan rehujä kuiva-aine pitoisuudeksi 250–450 g/kg varastointitavasta riippuen (Peltonen ym. 2003, s. 1). Säilörehujä huolellinen tiivistäminen, riittävä säilöntäaineen käyttö ja säilön suojaus ovat välttämättömiä, jotta rehu saadaan hyvälaatuisena ruokintapöydälle asti (Peltonen 2010, s. 3). Esikuivatun säilörehujä tekoa vaikeuttaa sääriippuvuus ja töiden monivaiheisuus. Koneiden määrä lisää myös rikkoutumisriskiä. Esikuivatussa säilörehujä korjuu- ja säilöntätappiot saattavat nousta tuoreena korjattua rehuja suuremmiksi. Hyötyjä esikuivatusta säilörehujä muodostuu veden kuljetuksen vähenemisestä pellolta siilolle ja rehujä pysymisestä sulana myös talviaikaan. Esikuivatun säilörehujä teossa korostuu suunnittelu ja työvaiheiden yhteensovittaminen niin, että työvaiheiden välille ei synny pullonkauloja (Suokannas ym. 2010, s. 77–84).

Nurmi niitetään yleensä nostolaitteikiinnitteisellä tai hinattavalla niittomurskaimella. Traktorin eteen on mahdollista asentaa myös niittomurskain etunostolaitteisiin, jolloin työsaavutus paranee. Koneiden työnmenekki vaihtelee 17–40 min/ha. Nurmi suositellaan niitettäväksi 8–10 cm:n sänkeen, millä estetään maa-aineksen sekaantumista rehuun ja rehu saadaan irti maasta sängen päälle kuivumaan. Niittomurskaimiin asennettavilla karhonsiirtimillä voidaan yhdistää useita karhoja ja tehostaa korjuuta. Yhdistettäessä usea karho yhdeksi, rehun esikuivatus hidastuu (Peltonen ym. 2003, s. 2). Karhotuksella lisätään työtehoa ja suurien korjuukoneiden käyttökapasiteettia (Suokannas ym. 2010, s. 77–84).

Esikuivattu säilörehu korjataan pyörö- tai kanttipaalaimella, noukinvaunulla, tarkkuussilppurilla tai ajosilppurilla. Säilörehu varastoidaan aumoihin, laakasiiloihin, tornisiiloihin tai paaleihin. Paalaimissa on yleensä sullojaroottorit ja leikkaavat terät, jolloin paali saadaan tiiviiksi ja näin varmistetaan hyvä säilyvyys. Käärinlaitteet ovat joko etu- tai takanostolaitteeseen liitettäviä. Yhdistelmälaitteella paalaamisen lisäksi kääritään myös paalit. Noukinvaunussa käytetään samanlaista sullojaroottoria ja leikkaavaa terää kuten paalaimessa. Noukinvaunujen työtilavuus vaihtelee 25 m³–50 m³ ja työteho riippuu rehun kuiva-ainepitoisuudesta ja noukkimen läpi kulkevan rehuvirran suuruudesta. Kuiva-aineprosentin nousu mahdollistaa ajonopeuden lisäyksen. Tehokas tarkkuussilppuriketju koostuu yleensä kolmesta traktorista ja kuljettajasta. Yksi traktori hoitaa silppurin vetämisen, toinen peräkärriä siirron aumalle ja takaisin sekä kolmas rehun tiivistämisen siilolla. Mitä enemmän ajomatkaa kertyy pellon ja auman välille, sitä enemmän tarvitaan traktoreita ja peräkärriä rehun siirtoon, jotta tarkkuussilppurin kapasiteetti kyetään hyödyntämään. Ajosilppuriketjun korjuuteho on suuri (Suokannas ym. 2010, s. 77–84).

2.3 Aineisto

Tuotosta kuvaa 9000 EKM kg:n samatuotuskäyrän pisteet. Lehmien rehuntarve on määritetty MTT:n ruokintakokeiden ja kirjallisuuden perusteella (Rinne ym. 1999, Sairanen ym. 1999, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, Kuoppala ym. 2009, Sairanen ym. 2009, Sairanen ym. 2010b)⁷. D-arvon ja kuiva-ainesadon kehitystä kuvaavat mallit pohjautuvat MTT:n nurmentuotantokokeisiin (Rinne ym. 2010, Rinne & Pitkänen 2011). Laskelmissa käytetään vuoden 2011 tuki- ja hintatietoja.

Maidontuotantokokeiden pohjalta määritetään 9 000 EKM kg:n tasolla kunkin D-arvon mukaisen säilörehun tarve ja vastaava väkirehun määrä. Nurmentuotantokokeiden pohjalta muodostetuista malleista määritetään sadon kuiva-aineen ja D-arvon kehitys. MTT Maaningan tutkimustilalla on määritetty maitotuotokset D-arvoltaan erilaisille säilörehuille. Ne perustuvat kolmeen erilliseen ruokintakoe tulokseen vuosilta 2009 ja 2010 sekä neljään muuhun kokeeseen (Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, Kuoppala ym. 2009, Rinne ym. 1999, Sairanen ym. 1999, Sairanen ym. 2009, Sairanen ym. 2010b)⁸.

Väkirehujen ja karkearehujen välinen keskinäinen korvattavuus määritettiin ruokintakokeiden ja kirjallisuuden perusteella. Taulukossa 2.1 esitetään lypsylehmän kuiva-aineen syönti eri säilörehun D-arvoilla⁹. D-arvon ja kuiva-ainesadon muuttuessa lehmän tarvitsema säilörehun määrä ja vastaava korjuuala muuttuvat, kun tavoitteena on sama maitotuotos. Taulukon 2.1 tietojen avulla muodostetaan rehuntarve kunkin D-arvon säilörehulle. Näin saadaan selville lehmän tarvitsema säilörehumäärä. Taulukkoa tarkasteltaessa on huomattava, että alimpien D-arvojen (alle 650) alueella tuotoksen säilyttämiseen 9 000 kg:n tasolla pelkästään oletetun väkirehuseoksen osuutta lisäämällä liittyy epävarmuutta. Sairanen ja Juutinen (2012) suosittavat, että em. tuotostasolla säilörehun D-arvotavoite olisi vähintään 650.

⁷Eri tekijöiden vaikutuksia on yksityiskohtaisesti tarkasteltu seuraavissa artikkeleissa:

Huhtanen ym. 2007, Huhtanen ym. 2008, Huhtanen ym. 2009, Huhtanen ym. 2011a, Huhtanen ym. 2011b, Huhtanen & Nousiainen 2012, Nousiainen ym. 2011

⁸Säilörehun ja väkirehun käyttösuhteet ovat lähes samat kuin tutkimuksessa Seppälä ym. (2002).

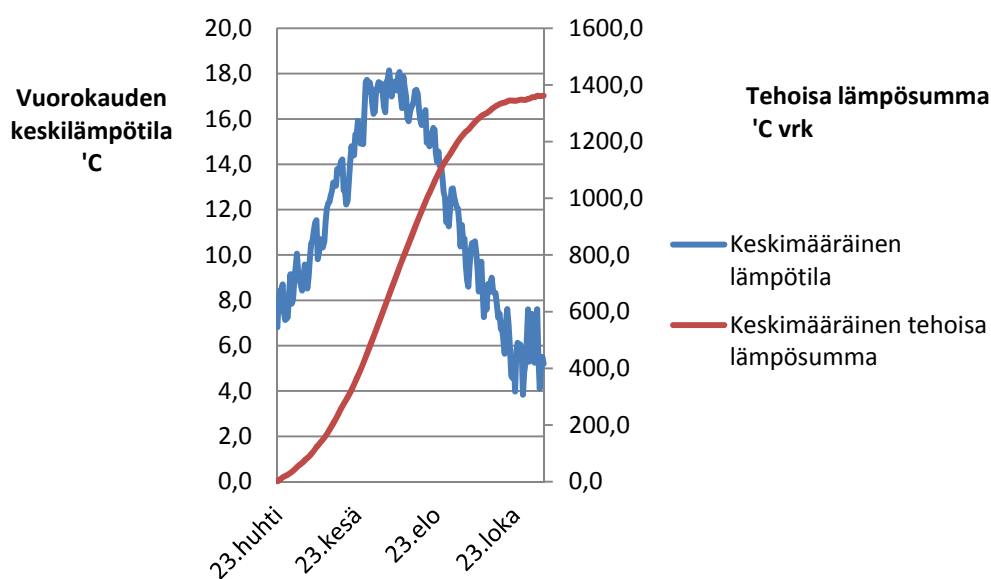
⁹Samatuotuskäyrää hyödyntäen voidaan määrittää lypsylehmien väkirehun ja säilörehun tarve kuiva-ainekiloina eri säilörehun D-arvoilla.

Taulukko 2.1. Säilörehun D-arvon muutos ja väkirehun lisätarve 9 000 kg:n (EKM) tuotostasolla.

Säilörehun D-arvo (g/kg ka)	Väkirehua (kg ka)	Säilörehua (kg ka)	Väkirehu/ säilörehu	Syönti (kg ka)	Säilörehusta kuitua (%)	Väkirehun osuus (%)
710	5,1	15,1	0,34	20,2	43	25
700	6,1	14,3	0,43	20,5	41	30
690	7,1	13,6	0,52	20,6	39	34
680	7,9	12,9	0,61	20,8	37	38
670	8,7	12,2	0,71	20,9	36	42
660	9,4	11,6	0,81	21,0	34	45
650	10,0	11,0	0,91	21,1	33	48
640	10,6	10,4	1,02	21,1	32	51
630	11,2	9,9	1,13	21,1	30	53
620	11,7	9,3	1,26	21,1	29	56

2.3.1 Nurmen kuiva-ainesadon ja D-arvon kehitysmallit

Nurmen satoa kuvaavissa malleissa säämuuttujilla on suuri vaikutus. Tutkimuksessa käytetään Ilmatieteen laitoksen Seinäjoen mittausaseman kokoamaa sääaineistoa. Sääaineisto käsittää 2000-luvun kasvukaudet ja tämän pohjalta on muodostettu keskimääräinen kasvukausi, josta mallien tarvitsemat tiedot koostetaan. Kuvassa 2.2 esitetään keskimääräisen kasvukauden päivien keskilämpötilat ja näiden pohjalta tehoisan lämpösumma kertyminen kasvukauden aikana.



Kuva 2.2. Keskimääräinen kasvukausi Seinäjoella (Ilmatieteen laitos) vuosina 2000–2009.

Ensimmäisen sadon osalta D-arvon kehitys perustuu kotimaiseen aineistoon (Rinne ym. 2010) ensimmäisen nurmisadon määrän ja sulavuuden kehityksestä. D-arvon kehitystä kevätasadossa kuvataan seuraavalla mallilla:

$$(1) D - arvo \left(\frac{g}{kgka} \right) = 769,5 - \exp \left(5,61 * \left(1 - \exp \left(-0,07 * \left(\frac{LS}{10} \right) + 0,016 * PreLS28 - 7,58 \right) \right) \right), \text{ jossa}$$

LS = kasvukauden lämpösummakertymä astepäivinä, °C vrk

$PreLS28$ = kasvukautta edeltävän 28 päivän keskilämpötilojen summa.

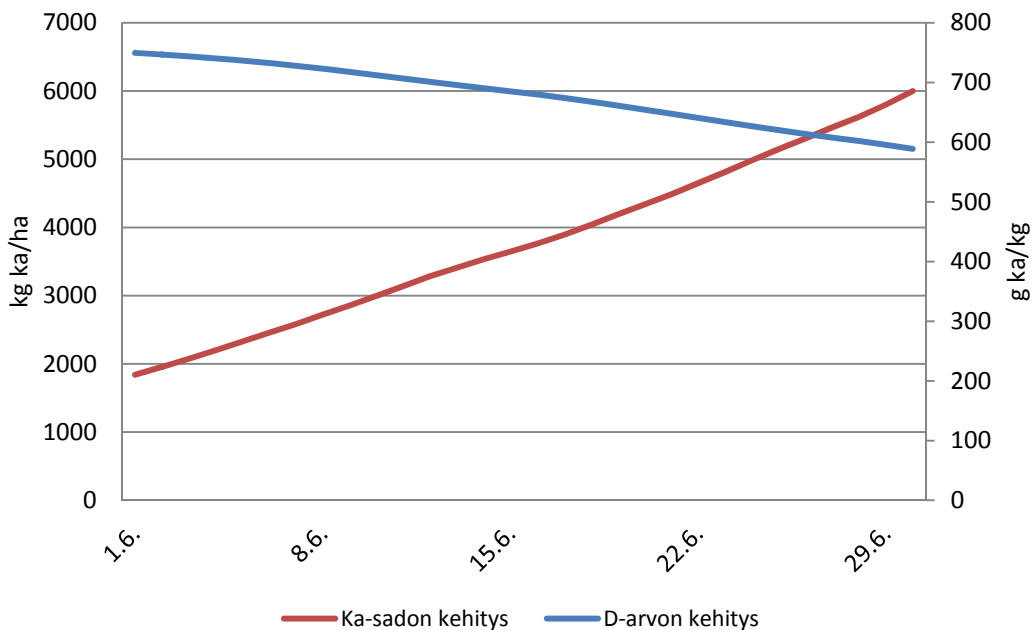
Kuiva-ainesatoa kuvataan seuraavalla mallilla:

$$(2) \text{Kuiva} - \text{ainesato} \left(\frac{t}{ha} \right) = -1,40 + 0,021 * LS5 + 0,004 * PreLS28 + 0,367 * Maalaji + 0,052 * yckm - 0,193 * (Maalaji * yckm), \text{ jossa}$$

LS ja $PreLS28$ kuten yhtälössä 1,

$Maalaji$ = kasvupaikan maalaji luokiteltuna lämpimiin (1) ja kylmiin (2) ja

$yckm$ = Seinäjoen Y-koordinaatti, yksikkönä 100 km, nollapiste Ahvenanmaasta lounaaseen sijaitsevilla merialueella.



Kuva 2.3. Mallien mukainen D-arvon ja kuiva-aineen kehitys kesäkuussa.

Kuvassa 2.3 esitetään mallien 1 ja 2 tuottamat D-arvon ja kuiva-ainesadon kehitys kesäkuussa. Toiselle nurmisadolle käytetään MTT:n kehittämää, mutta vielä julkaisematonta mallia. Aineistot on koottu kotimaisista nurmentuotantokokeista 2000-luvulta. Toisen sadon D-arvoa ja kuiva-ainesatoa mallinnettiin satunnaiskerrotoimisilla regressiomalleilla (3 ja 4). D-arvon kehitystä toisessa sadossa kuvataan seuraavalla mallilla:

$$(3) D - arvo \left(\frac{g}{kgka} \right) = 617 - 0,177 * LS5N + 15,4 * xckm + 0,733 * vk2LS5, \text{ jossa}$$

$LS5N$ = lämpösumma 1. niitosta

$xckm$ = Seinäjoen sijainti itä-länsisuunnassa, 100 km

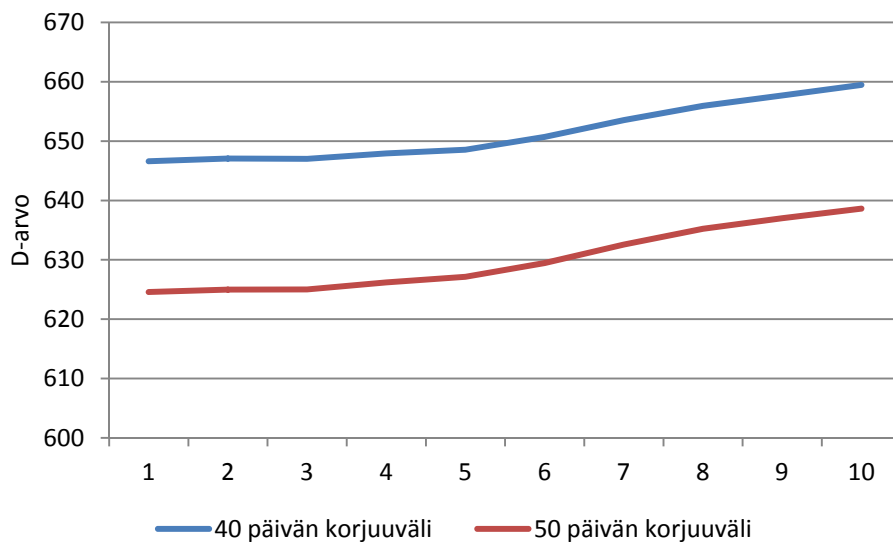
$vk2LS5$ = ensimmäisen niiton jälkeinen kahden viikon lämpösumma.

Kuiva-ainesatoa toisessa sadossa kuvataan seuraavalla mallilla:

$$(4) \text{ Kuiva - ainesato } \left(\frac{t}{ha}\right) = -1,939 + 0,144 * \text{kasvuaika} + 0,181 * xckm \\ - 0,014 * \text{kasvuaika} * xckm, \text{ jossa}$$

kasvuaika = kasvuaika vuorokausissa edellisestä niitosta ja *xckm* kuten yhtälössä 3.

Toisen sadon osalta tarkastellaan satoa tietyn ajan kuluttua ensimmäisen sadon korjuupäivistä. Tätä väliä nimitetään tässä tutkimuksessa korjuuväliksi. Yksinkertaistavana lähtöoletuksena on, että ensimmäisessä sadossa korjattu pinta-ala yhtenä korjuupäivänä pysyy samana vastaavana korjuupäivänä toisessa sadossa. Kun korjataan kaksi säilörehusatoa kesässä, realistiset korjuuvälit ovat näillä satomalleilla 40 ja 50 päivää, jolloin toisesta sadosta saadaan riittävästi kuiva-ainesatoa. Toisessa sadossa D-arvon kehitystä eri korjuuväleillä ensimmäisen sadon korjuun jälkeen on havainnollistettu kuvassa 2.4. Käyrien hienoista nousua selittää se, että ensimmäisen korjuun siirtäminen myöhemmäksi kohottaa toisen sadon kasvuaikana kertyvää lämpösummaa, vaikka kasvuaika säilyy samana. Mallien mukaan ensimmäisen sadon korjuun viivästyminen ja D-arvon alenemista osin kompensoi toisen sadon syksyä kohti kohoava sulavuus.



Kuva 2.4. Toisen sadon D-arvo eri korjuuväleillä 1. sadosta.

Toisen sadon kuiva-ainetta kuvaavassa mallissa ovat selittävinä tekijöinä sijainti (Seinäjoki), kasvuaika ja näiden yhdysvaikutus. Siten kuiva-ainesato ei riipu ensimmäisen niiton päivämäärästä vaan ainoastaan kasvuaikasta niiton jälkeen. Tässä julkaisussa käytetään odotusarvona edellä kuvatun kahden korjuukerran tuottamaa satomäärää ja sulavuutta. Koetulosten satotasoa korjattiin alaspäin kertoimella 0,75, millä huomioidaan koe- ja käytännön satojen ero sekä korjuutappiot.

2.3.2 Säilörehun korjuuketjut

Säilörehun korjuukoneet ovat paalainkäärin -yhdistelmä, kaksi erikokoista noukinvaunua ja käytettynä hankittu ajosilppuri (Suokannas & Nysand 2008, Suokannas ym. 2010). Käytetyn ajosilppurin valintaan vaikutti hankintahinta (Mutanen ym. 2007, s. 3–4). Säilörehu varastoidaan pyöröpaaleihin tai laakasiiloon talouskeskuksessa. Aineistossa on laskettu työkoneille tietty tehontarve, jonka avulla jokaiseen työvaiheeseen on pystytty määrittämään sopivan teholuokan traktori (taulukko 2.2).

Taulukko 2.2. Työkoneiden traktoritarve.

Työkone	Traktorin teho (kW)	Traktorin paino (tn)
Niittokone 6 m	80 - 100	6
Niittokone 9 m	100 - 150	8
Karhotin 6 m	61 - 80	4
Karhotin 9 m	61 - 80	4
Noukinvaunu 1	100 - 150	8
Noukinvaunu 2	yli 150	10
Rehukärry 40 m ³	100 - 150	8
Paalain-käärin	80 - 100	6
Paalikärry 13 tn	80 - 100	6

TTS-Manager ohjelman avulla on määritetty rehun tiivistyksen työsaavutus eri painoisilla traktoreilla. Valinta tehdään taulukon 2.3 perusteella. Rehun tiivistyksen työsaavutus ei saa olla hitaampi kuin korjuun, jotta rehun tiivistys ei muodostu pullonkaulaksi.

Taulukko 2.3. Rehun tiivistyksen työsaavutukset eri painoisilla työkoneilla (TTS-Manager 2011).

Traktorin paino (tn)	4	6	8	10
Työsaavutus (ha/h)	1,32	1,99	2,64	3,31

Koneketju 1

Taulukossa 2.4 ensimmäinen tarkastelun kohteena oleva koneketju on pieni noukinvaunuketju eli noukinvaunu 1. Tässä ketjussa suoritetaan niitto ja karhotus 6 metrin työleveydellä. Säilörehu korjataan 6 metrin leveydeltä 38 m³ pohjakuljettimella varustettuun noukinvaunuun.

Koneketju 2

Toinen koneketju on suuri noukinvaunuketju eli noukinvaunu 2. Tässä ketjussa niitto ja karhotus tapahtuvat 9 metrin työleveydellä. Sadonkorjuu suoritetaan 9 metrin leveydeltä 50 m³ pohjakuljettimella varustetulla noukinvaunulla (taulukko 4).

Koneketju 3

Taulukossa 2.4 kolmantena ketjuna on ajosilppuriketju. Niitto ja karhotus tapahtuvat 9 metrin työleveydellä. Säilörehua korjataan 9 metrin leveydeltä kerralla käytetyllä ajettavalla tarkkuussilppurilla. Kuljetus siilolle tapahtuu vähintään kahdella traktorilla ja 40 m³ perävaunulla. Tässä ketjussa rehu tasataan ja tiivistetään aina pyöriväalustaisella kaivinkoneella, jonka oletetaan pysyvän aina mukana ajosilppurin työtehossa.

Koneketju 4

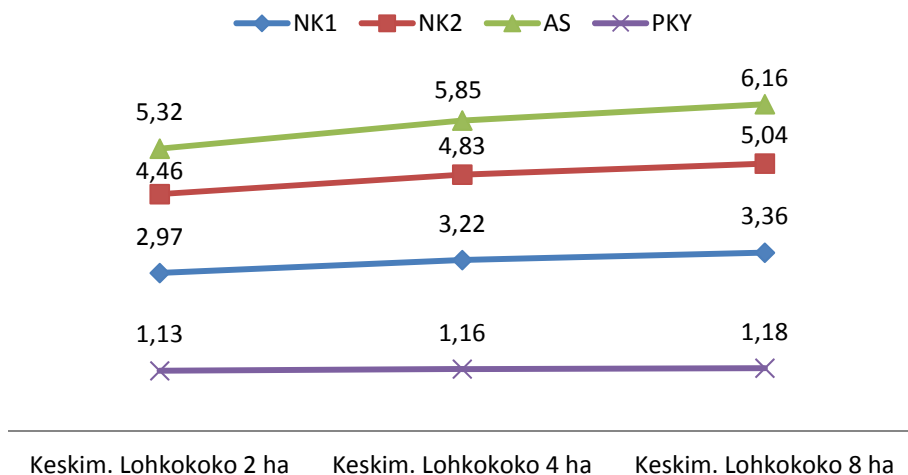
Neljännessä koneketjussa niitto tapahtuu 6 metrin työleveydellä ja karhotus 6 metrin työleveydellä. Säilörehu korjataan 6 metrin leveydeltä paalainkäärin -yhdistelmällä. Korjuun työsaavutukseen sisältyy paalaus, käärintä ja siirto pellon laitaan (taulukko 2.4). Paalien siirto talouskeskukseen tapahtuu sesonkiajan ulkopuolella traktorin ja paalikärryn yhdistelmällä.

Taulukko 2.4. Korjuuketjujen työleveudet.

Koneketju	Noukinvaunuketju 1			Noukinvaunuketju 2		
	Niitto	Karhotus	Korjuu	Niitto	Karhotus	Korjuu
Nopeus (km/h)	12	12	8,1	12	12	8,1
Leveys (m)	6	6	6	9	9	9
Hyötyleveys (m)	5,7	5,7	5,7	8,6	8,6	8,6

Koneketju	Ajosilppuriketju			Pyöröpaaliketju		
	Niitto	Karhotus	Korjuu	Niitto	Karhotus	Korjuu
Nopeus (km/h)	12	12	10	12	12	6
Leveys (m)	9	9	9	6	6	6
Hyötyleveys (m)	8,6	8,6	8,6	5,7	5,7	5,7

Korjuutehoon vaikuttavat koneen ajonopeus ja työleveys sekä lohkokoko. Kuvassa 2.5 esitetään, miten keskimääräinen lohkokoko vaikuttaa korjuuteknologioiden korjuutehoon. Lohkokoon kasvulla on merkittävin vaikutus ajosilppuriketjun työtehoon ja pienin vaikutus paalainkäärin -yhdistelmän työtehoon. Mitä leveämpi työkone on, sitä suurempi vaikutus keskimääräisellä peltojen lohkokoolla on korjuuketjun työtehoon.



Kuva 2.5. Korjuuteho keskimääräisen lohkokoon vaihdellessa.

2.3.3 Hinta- ja tukitiedot

Koneiden jälleenhankinta-arvoksi poimittiin kunkin korjuuketjun koneiden mediaanihinnat (Koneviesti 2010) konekustannusten määrittämistä varten. Mediaanihintaa käytetään, koska se ei ole niin herkkä poikkeaville havainnoille kuin keskiarvo. Traktorien hinnat ja kustannukset poimittiin ProAgria Keskusten Liiton julkaisusta (ProAgria 2012). Ajosilppurin hinta määritettiin samaksi kuin käytetyllä koneella ja se määritettiin TTS:n tiedotteen pohjalta (Mutanen ym. 2007). Koneiden hinnat päivitettiin vastaamaan vuoden 2011 tasoa sadonkorjuukoneiden hintaindeksillä. Koneiden vuotuiset ja traktoreiden tuntikohtaiset kustannukset on esitetty liitteen 1.1 taulukossa 1 ja 3 ja niitä vastaavat hinnat taulukossa 2. Työnmenekki laskettiin työlevyyden ja tehontarpeen pohjalta. Urakointihinnat ovat TTS:n tiedotteesta vuodelta 2010 (Palva 2011). Urakointihinnat päivitettiin vastaamaan vuoden 2011 tasoa maatalouden muiden tavaroiden ja palveluiden hintaindeksillä (liite 1.2, taulukko 4).

Lyhyen aikavälin muuttuvat kustannukset on poimittu ProAgria Keskusten Liiton julkaisusta (ProAgria 2012) ja Mallilaskelmia maataloudesta (Enroth 2009). Muuttuvat kustannukset on määritetty vuoden 2011 tasossa. Pellon arvona on käytetty 4500 €/ha. Hintataulukot esitetään liitteen 1.2 taulukossa 5.

Laskelmissa on huomioitu tilatuki 9 % modulaatiolla 5000 euroa ylittävältä osalta, LFA-tuki, LFA-tuen lisäosa kotieläintiloille, ympäristötuki ja kansallinen tuki. Ympäristötuen lisätoimenpiteenä on typpilannoituksen tarkentaminen.

2.4 Suunnittelumalli

Tarkasteluun valittiin 54, 108 ja 162 lehmän esimerkkitalat ja niille soveltuvia säilörehunkorjuuketjuja¹⁰. Ne sisältävät nurmen niiton, karhotuksen, korjuun ja varastoinnin. Suunnittelumallissa tarkastelu rajataan säilörehuntuotantoon ja lypsylehmien ruokintaan¹¹. Mallissa maitotuotos pidetään suunnitelman mukaisena vakiona eli esimerkkitaloilla 9 000 kg EKM vuodessa. Mallissa ei oteta kantaa, miten maidontuotanto muilta osin järjestetään. Mallia voidaan hyödyntää myös tilojen välisen yhteistyön suunnitteluun. Yhteistyö ja verkostomainen yrittäminen tuovat uusia mahdollisuuksia säilörehun korjuun järjestämiseen ja maitotilojen yritystoiminnan kehittämiseen (Ryhänen & Laitila 2012).

Kustannuslaskennalla selvitetään vaihtoehtoisten korjuuketjujen kustannukset. Niiden pohjalta määritetään yksikkökustannukset¹² (ks. Seppälä ym. 2002, Enroth 2009, ProAgria 2012). Simulointimalleilla tuotetaan tietoa sadon määrän ja laadun kehityksestä. Nurmen D-arvon ja kuiva-ainesadon kehitys ratkaistaan malleilla 1–4. Lisäksi tehtiin seuraavat oletukset:

1. Maidon tuotostaso pysyy vakiona ja se on 9 000 kg EKM/lehmä/vuosi.
2. Sadon D-arvo ja kuiva-ainesato muuttuvat päivittäin, mutta pysyvät samana aina tietyinä korjuupäivinä (keskiarvo-oletus).
3. Kesäsadon *n.* päivänä korjattu pinta-ala on samansuuruinen kuin keväsadon *n.* päivän pinta-ala.
4. Korjuuteho (ha/h) määräytyy keväsadon mukaan. Keväsadon D-arvo muuttuu nopeimmin, jolloin korjuutehoa tarkastellaan sen kannalta.
5. Korjuutehoon (ha/h) vaikuttaa lohkojen koko ja niiden etäisyys tilakeskukseen.
6. Sadon määrällä ei ole vaikutusta korjuukoneen ajonopeuteen, jolloin sillä ei ole vaikutusta korjuutehoon (ha/h), mutta korjattu määrä hehtaaria kohti kasvaa. Tämä lähtöoletus pystyttiin tekemään, sillä korjuukoneiden laskennalliset työtehot on määritetty suuremmille sadoille kuin satomallista saadut.
7. Hehtaarikohtainen sadon lisäys kasvattaa kuljetus- ja varastointikustannuksia sadon suhteessa.
8. Korjuutehossa on huomioitu mahdolliset rikkoutumiset ja lohkolta toiselle siirtymiset kertoimella 0,90.
9. Sopivan teholuokan traktori on aina saatavilla korjuuketjun kuhunkin osaan.
10. Niitto ja karhotus eivät viivästyä korjuutyön aloittamista.
11. Päivässä voidaan tehdä 12 tuntia töitä ja työvoimaa on saatavilla tarpeen mukaan.
12. Nurmen uudistukseen tarvittava ala on 25 prosenttia peltoalasta.

Korjuuteho määritettiin keväsadon päiväkohtaisen sadon mukaan. Näin huomioidaan keväsadon nopea sulavuuden muutos ja varmistetaan, että keväsato korjataan ajallaan. Kun säilörehun päivittäinen D-arvo ja

¹⁰ Malliin voidaan syöttää tilakohtaisia tietoja. Laskelmat ovat siten tilakohtaisia esimerkkejä.

¹¹ Maksimoitava ylijäämä = (maidon myyntituotto + litratuki + säilörehun peltotuet) – (säilörehun vuotuiset tuotantokustannukset + väkirehukustannukset). Ruokinta- ja säilöntätappioksi on oletettu 10%.

¹² Konekustannuksia ovat poisto-, korko-, säilytys-, vakuutus- ja kunnossapitokustannus. Traktoreilla ja ajosilppurilla huomioitiin poltto- ja voiteluainekustannus. Jäännösarvona traktoreilla on 45 % ja muilla koneilla 10 % jälleenhankintahinnasta. Käyttöikä traktoreille on 7 vuotta ja muille koneille 10 vuotta. Korkona on käytetty 5 %. Säilytysala on korjuukoneille 40 m² ja muille 10 m². Kunnossapitokustannus traktoreilla on 3 % ja muilla koneilla 2 % jälleenhankintahinnasta. Traktorin käyttö on 600 tuntia vuodessa. Nurmikoneiden käyttötunnit ja nurmihehtaarit saadaan laskennan tuloksena. Nurmen perustamisen ja kasvukunnon ylläpidon muuttuvat kustannukset ovat tilakohtaiset. Näitä kustannuksia ovat siemen-, torjunta-aine-, lannoitus- sekä kalkituskustannus. Nurmen perustamisen työ- ja konekustannuksia ovat kynnön, muokkauksen ja kylvön urakointikustannukset. Pellon korkovaatimus on 5 %. Salaojituksesta huomioitiin siitä aiheutuvat vuotuiset kustannukset. Säilörehunkorjuussa lyhyen aikavälin muuttuvat kustannukset muodostuvat sadon määrän mukaan. Näitä ovat säilöntäaineet, säilöntämuovit, paaliverkot ja paalimuovit.

kuiva-ainesato hehtaaria kohden eri sadoissa oli selvillä, ratkaistiin päivässä kerätty sadon määrä seuraavalla yhtälöparilla (5 ja 6):

$$(5) \text{Päiväsaavutus} \left(\frac{\text{ha}}{\text{pvä}} \right) = \text{Työtunnit} (h/\text{pvä}) * \text{Päiväkohtainen korjuuteho} \left(\frac{\text{ha}}{h} \right)$$

$$(6) \text{Päiväsato} \left(\frac{\text{kgka}}{\text{pvä}} \right) = \text{Päiväsaavutus} \left(\frac{\text{ha}}{\text{pvä}} \right) * \text{Päivän hehtaarisato} \left(\frac{\text{kgka}}{\text{ha}} \right)$$

Jotta saadaan selville karjan tarvitsema rehumäärä vaihtelevalla D-arvolla, päiväkohtainen tietyn D-arvon omaava sato jaettiin karjan päiväkohtaisella kyseisen D-arvon rehtarpeella (7). Kevät- ja kesäsadon määrä sekä laatu tiettyinä päivinä eroavat, joten ne laskettiin kumpikin omina ruokintapäivinä.

$$(7) \text{Päiväsadolla saavutetut ruokintapäivät} (pv) = \frac{\text{Päiväsato} \left(\frac{\text{kgka}}{\text{pvä}} \right)}{\text{Rehtarve} \left(\frac{\text{kgka}}{\text{pvä}} \right)}$$

Laskentataulukolla ratkaistiin, kuinka moneen ruokintapäivään riittää täysinä päivinä kerätty säilörehu. Viimeisen päivän hehtaarimäärä saatiin ratkaistua yhtälöjoukolla (8, 9 ja 10):

$$(8) 1. \text{sadon viimeisen päivän sato} = 1. \text{sadon viimeisen päivän} \frac{\text{sato}}{\text{ha}} * \text{viimeisen päivän pinta} - \text{ala}$$

$$(9) 2. \text{sadon viimeisen päivän sato} = 2. \text{sadon viimeisen päivän} \frac{\text{sato}}{\text{ha}} * \text{viimeisen päivän pinta} - \text{ala}$$

(10)

$$\frac{1. \text{sadon viimeisen päivän} \frac{\text{sato}}{\text{ha}} * \text{viimeisen päivän pinta} - \text{ala}}{\text{rehuntarve kyseisen päivän D-arvolla}} + \frac{2. \text{sadon viimeisen päivän} \frac{\text{sato}}{\text{ha}} * \text{viimeisen päivän pinta} - \text{ala}}{\text{rehun tarve kyseisen päivän D-arvolla}}$$

= puuttuvat ruokintapäivät

Näin saatiin selvitettyä jokaisen vaihtoehdon sadot ja korjattu hehtaariala päiväkohtaisesti. Jokaista päiväkohtaista satoa kohti laskettiin sen lisäksi tarvittava karjakohtainen väkirehumäärä (11) lypsylehmien ruokinnassa, jotta tavoitteen mukainen keskituotos voidaan tuottaa.

$$(11) \text{Väkirehulisäys} \left(\frac{\text{kgka}}{\text{pvä}} \right) = \text{Päiväsato} (kg ka) * \frac{\text{Väkirehu}}{\text{Säilörehu}} \text{ tiettyllä D - arvolla}$$

2.5 Tulokset

Mallilla tuotetaan aluksi perusratkaisut, joissa ensimmäisen ja toisen sadon korjuuväli on 40 tai 50 päivää. Ensimmäisen sadon korjuu aloitetaan 10. kesäkuuta, jolloin rehun D-arvoksi oletetaan 710 g/kgka. Maidon samatuotuskäyrällä säilörehun D-arvon vaihteluväli on 620–710. Korjuu ajoitetaan tälle välille. Perusratkaisussa keskimääräinen lohkokoko on 2 hehtaaria ja peltojen etäisyys tilakeskukseen vaihtelee tiloittain. Peltojen keskimääräinen etäisyys tilakeskukseen 54 lehmän tilalla on kilometri, 108 lehmän tilalla kolme kilometriä ja 162 lehmän tilalla viisi kilometriä. Koneketjut merkitään seuraavasti: pieni noukinvaunuketju (NK1), suuri noukinvaunuketju (NK2), ajosilppuriketju (AS) ja paalainkäärin -yhdistelmäketju (PKY).

2.5.1 Mallin tuottamat ratkaisut

Ensimmäisen sadon keskimääräinen kuiva-ainesato hehtaaria kohti kasvaa korjuuajan pidentyessä¹³, mutta rehun sulavuus huononee. Kun ensimmäisen ja toisen sadon korjuuala oletetaan yhtä suureksi ja korjuuväli samaksi (joko 40 tai 50 päivää), toisen sadon osuus kuiva-ainesadosta pienenee. Luonnollisesti 40 päivän korjuuvälillä säilörehun korjuuala on suurempi kuin 50 päivän korjuuvälillä. 54 ja 108 lehmän tiloilla kaikil-

¹³ Tällöin myös tarvittava säilörehuala pienenee.

la korjuuketjuilla säilörehu ehditään korjata D-arvon vaihteluvälillä 620–710. Ajosilppuriketju on nopein ja tilakoon kasvaessa erot muihin ketjuihin kasvavat. Noukinvaunuketjujen työsaavutus pienenee kuljetusetäisyyden kasvaessa. 162 lehmän tilalla hidas säilörehunkorjuuketju on riskialtis pitkän korjuuajan vuoksi. Taulukossa 2.5 esitetään esimerkkituloilla säilörehun korjuuseen kuluva aika, korjuuketjuilla saadut keskimääräiset hehtaarisadot (kgka) sekä korjuuketjujen tuottama D-arvo painotettuna keskiarvona¹⁴.

Taulukko 2.5. Säilörehun korjuukertaa kohti kuluva aika eri korjuuteknologioilla, keskimääräinen kokonaishehtaarisato ja säilörehun painotettu keskimääräinen D-arvo koko sadosta.

	Säilörehun korjuuseen kulunut aika, pv			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	2,88	2,19	1,00	4,46
108 lehmää	7,64	5,86	1,98	8,39
162 lehmää	14,09	10,94	2,92	11,84
Korjuuväli 50 päivää				
54 lehmää	2,29	1,73	0,79	3,58
108 lehmää	6,17	4,69	1,56	6,88
162 lehmää	11,7	8,93	2,32	9,94
	Keskimääräinen hehtaarisato, kg ka/ha			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	5716	5677	5586	5831
108 lehmää	6018	5911	5658	6075
162 lehmää	6420	6217	5727	6307
Korjuuväli 50 päivää				
54 lehmää	6676	6638	6577	6765
108 lehmää	6921	6832	6629	6971
162 lehmää	7257	7083	6680	7167
	Säilörehun painotettu D-arvo, g/kg ka			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	680	680	682	677
108 lehmää	661	676	681	673
162 lehmää	665	670	680	669
Korjuuväli 50 päivää				
54 lehmää	663	664	665	663
108 lehmää	661	662	664	661
162 lehmää	656	659	663	658

keskimääräinen kuljetusetäisyys 1 km (54 lehmää), 3 km (108 lehmää) ja 5 km (162 lehmää).
NK1 'pieni' noukinvaunu, NK2 'suuri' noukinvaunu, AS ajosilppuri, PKY, paalainkäärin -yhdistelmä.

¹⁴ Tilakohtaiset tekijät ja laskelman oletukset vaikuttavat tuloksiin, kuten suunnittelumallissa pitääkin. Peltoalaa ei ole ennalta kiinnitetty, koska pitkän aikavälin tarkastelussa se on myös muuttuva.

Ylijäämät

Taulukossa 2.6 esitetään ylijäämä 100 EKM maitokiloa kohden eri korjuuketjuja käytettäessä, kun ensimmäisen ja toisen säilörehun korjuuväli on 40 tai 50 päivää. Pieni noukinvaunuketju tuottaa suurimman ja ajosilppuriketju pienimmän ylijäämän. Korjuuketjujen ero pienenee yrityskoon kasvaessa, mutta järjestys säilyy ennallaan. Ajosilppuriketju on korjuuketjuista nopein, mutta vastaavasti siitä aiheutuvat kustannukset nousevat korkeimmiksi vielä suurimmassakin tilakoossa, vaikka ajosilppuri on oletettu hankitun käytettynä. Korkeat konekustannukset aiheutuvat oletuksesta, että ajosilppurin teho hyödynnetään täysimääräisesti kaikissa tapauksissa, mikä lisää kuljetusyksiköiden tarvetta korjuussa ja siten kuljetuskustannuksia etäisyyden kasvaessa. Korjuualan kasvu kohottaa myös pellostä ja nurmen viljelystä aiheutuvia kustannuksia, vaikka toisaalta hehtaarituen määräänkin kasvaa.

Taulukko 2.6. Ylijäämä (€/100 kg energiakorjattua maitoa).

	Ylijäämä (€) 100 energiakorjattua maitokiloa kohti			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	29,71	27,56	26,22	28,20
108 lehmää	30,96	29,84	29,31	29,57
162 lehmää	30,96	30,27	30,04	30,42
Korjuuväli 50 päivää				
54 lehmää	29,61	27,44	26,00	28,15
108 lehmää	30,93	29,80	28,97	29,68
162 lehmää	31,15	30,39	29,86	30,56

keskimääräinen kuljetusetäisyys 1km (54 lehmää), 3 km (108 lehmää) ja 5 km (162 lehmää).

NK1 'pieni' noukinvaunu, NK2 'suuri' noukinvaunu, AS ajosilppuri, PKY, paalainkäärin -yhdistelmä.

Nopean korjuun ansiosta nurmen D-arvo on ajosilppuriketjussa muita korjuuketjuja korkeampi. Ensimmäisen ja toisen sadon korjuuvälin pidetessä hehtaarilta kerätty kuiva-ainesato kasvaa, kokonaiskorjuuala pienee ja sadon D-arvo alenee, mikä lisää väkirehun tarvetta. Siten ero 40 ja 50 päivän korjuuvälillä on suurin ajosilppurikorjuussa. Korjuuvälin pidentäminen vaikuttaa vain vähän ylijäämään sataa maitokiloa kohti. Korjuuvälin pituuden edullisuus vaihtelee korjuuketjuittain ja kokoluokittain.

Taulukossa 2.7 esitetään esimerkkitalojen ylijäämien erot suurimman ylijäämän tuottavaan korjuuketjuun (NK1) verrattuna. Korjuuetäisyyden kasvaessa ylijäämä tilaa kohti noukinvaunuketjuilla kasvaa lähes yhtä paljon, joten noukinvaunuketjujen välinen ylijäämäero säilyy lähes samana. Ajosilppuri- ja pyöröpaaliketjuissa erot vaihtelevat jonkin verran yrityskoon mukaan. Vaihteluun vaikuttaa se, millaisella kuljetusketjulla rehu siirretään lohkolta talouskeskukseen kuljetusetäisyyden vaihdella tilakoon mukaan.

Ensimmäisen ja toisen sadon korjuuvälin pituudella on melko vähäinen vaikutus ylijäämään ajosilppuri- ja paalausketjua lukuun ottamatta. Perustapauksessa ajosilppuriketjun kustannukset kohdistuvat kokonaisuudessaan kyseiselle tilalle, mutta ainoastaan korjuuketjun koneiden kustannus muuttuu tilakoon kasvaessa. Tällöin korjuumäärän kasvu alentaa yksikkökustannusta, mutta vastaavasti kuljetusetäisyyden kasvu kohottaa sitä. Tulokseen vaikuttaa myös se, että erityisesti suurimmassa tilakoossa korjuuala on ajosilppuriketjussa nopean korjuun ansiosta suurempi kuin muissa ketjuissa: nopean korjuun ansiosta kevät sadon D-arvo on korkea, mutta kevät sadon määrä suhteessa kesäsatoon jää sitä pienemmäksi, mitä nopeammin korjuu tapahtuu.

Taulukko 2.7. Ylijäämäerot (€/tila) tilakokoluokittain ja korjuuketjuittain.

	Ylijäämän ero suhteessa suurimpaan (NK1) ylijäämään			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	144 409	-10 484	-16 967	-7 372
108 lehmää	300 947	-10 886	-16 022	-13 484
162 lehmää	451 364	-10 049	-13 369	-7 848
Korjuuväli 50 päivää				
54 lehmää	143 902	-10 541	-16 460	-7 076
108 lehmää	300 643	-10 950	-19 058	-12 152
162 lehmää	454 106	-10 963	-18 804	-8 495

keskimääräinen kuljetusetäisyys 1 km (54 lehmää), 3 km (108 lehmää) ja 5 km (162 lehmää).

NK1 'pieni' noukinvaunu, NK2 'suuri' noukinvaunu, AS ajosilppuri, PKY, paalainkäärin -yhdistelmä.

Herkkyystarkastelut

Perusskenaarion tulosten herkkyyttä voidaan tutkia mm. olosuhteiden, koneketjujen ja hintojen muutoksilla. Lohkojen keskimääräistä etäisyyttä, keskimääräistä lohkokokoa ja korjuun aloitusaikaa voidaan muuttaa. Lisäksi mm. väkirehun hintamuutoksen vaikutusta voidaan tutkia. Myös koneketjuja voidaan tarvittaessa muuttaa. Tässä julkaisussa esimerkkimuutoksiksi otetaan pienen noukinvaunuketjun uudelleen järjestely ja ajosilppuriketjun käyttö tilayhteistyönä. Tuotostaso ja muut lähtöoletukset pidetään muuttumattomina. Muutoksia tarkastellaan yksi kerrallaan.

Lohkojen etäisyyden vaikutus

Yksikkökustannukset kohoavat kuljetusetäisyyden kasvaessa mutta alenevat tilakoon kasvaessa. 54 lehmän maitotilalla lohkojen keskimääräinen etäisyys talouskeskuksesta oletettiin kolmeksi kilometriksi, kun se aluksi oli yksi kilometri. 162 lehmän tilalla lohkojen keskimääräistä etäisyyttä pienennettiin viidestä kilometristä kolmeen kilometriin. Noukinvaunuketjujen työteho pienenee selvästi etäisyyden kasvaessa, koska säilörehun korjuu ja kuljetus tapahtuvat samalla laitteella. Paalainkäärin -yhdistelmän ja ajosilppurin korjuutehoo etäisyyden kasvulla ei ole vaikutusta, mutta se lisää kuljetukseen kuluva aikaa ja kuljetuskustannuksia.

Taulukossa 2.8 esitetään ylijäämät 100 EKM-kiloa kohti eri korjuuketjuilla, kun korjuuväli on 40 päivää ja kuljetusetäisyys kaikilla tiloilla sama, kolme kilometriä. Tällöin ylijäämä maitokiloa kohti kasvaa kaikilla korjuuketjuilla suurimmassa tilakokoluokassa, kun taas pienimmässä tilakokoluokassa ylijäämät pienevät. Suurimmat erot on kalleimmilla korjuuketjuilla (NK2 ja AS) ja pienimmät hitaimmalla noukinvaunuketjulla. Jos rehu kyetään korjaamaan oletetussa ajassa rehun muun laadun kuin D-arvon siitä kärsimättä, hitaalla noukinvaunuketjulla saavutetaan tällöinkin suurin ylijäämä, kun kaikki korjuukoneet ovat vain tilan käytössä. Kuitenkin tilakoon kasvaessa erot pienevät selkeästi. 40 päivän korjuuvälillä kalleimpien ketjujen ylijäämät maitokiloa kohti ovat jokseenkin samalla tasolla.

Taulukko 2.8. Ylijäämä, kun lohkojen keskietäisyys on kolme kilometriä.

	Ylijäämä (€) 100 energiakorjattua maitokiloa kohti			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	29,55	27,29	25,22	28,05
108 lehmää	30,96	29,84	29,31	29,57
162 lehmää	31,37	30,65	30,49	30,55

Kuljetusetäisyys on kaikilla tiloilla sama, kolme kilometriä.

NK1 'pieni' noukinvaunu, NK2 'suuri' noukinvaunu, AS ajosilppuri, PKY, paalainkäärin -yhdistelmä.

Taulukosta 2.8 voidaan myös päätellä, millainen etu yhteistyöllä voidaan saavuttaa korjattaessa säilörehu yhteisillä koneilla. Tällöin kolme 54 lehmän tilaa voi saavuttaa lähes euron lisäkatteen sataa maitokiloa kohti ajosilppuriketjua käyttäen verrattuna omiin noukinvaunuketjuihin. Korjuuseen kuluva kokonaisaika tilaa kohti on lähes sama molemmissa tapauksissa. Siten korjuun viivästyisestä aiheutuvaa haittaa ei yhteistyöstä aiheutuisi. Alle 60 lehmän maitotiloilla yksikkökustannuksia voitaneen alentaa vieläkin enemmän.

Korjuun aloitusajankohdan vaikutus

Ensimmäisen korjuun aloitusajankohdan valinnan vaikutusta ylijäämään tarkasteltiin 108 lehmän tilalla 40 päivän korjuuvälillä. Lohkokooksi oletetaan kaksi hehtaaria ja peltojen keskimääräiseksi etäisyydeksi tilakeskuksesta kolme kilometriä. Lisäksi oletetaan, että maidontuottajan strategiana on aloittaa sadonkorjuu kaksi tai neljä päivää perusmallia myöhemmin, jolloin D-arvo laskee vastaavasti 10 tai 20 g/ka kg. Toisen sadon aloituksen oletetaan myös viivästyvän, kun ensimmäisen sadon korjuuta viivästytetään, joten korjuuväli pysyy samana. Korjuun siirtyessä myöhemmäksi säilörehualan ja kokonaispeltoalan tarve vähenee, koska hehtaarisato kasvaa. Kaikissa vaihtoehdoissa taloudellinen tulos heikkenee (taulukko 2.9). Kahdella päivällä myöhästetty korjuun aloitus alentaa ylijäämään pitkän aikavälin tarkastelussa 500–1000 euroa. Nopealla ajosilppurikorjuuketjulla ylijäämä alenee neljän päivän viivästyksen myötä noin 3 100 €. Sen sijaan hitailla ketjuilla ylijäämä pienenee parisen tuhatta euroa. Tulosten perusteella ajosilppuriketjun nopeus tarjoaa ylijäämän laskusta huolimatta hyvät mahdollisuudet tilayhteistyöhön ja urakointiin.

Taulukko 2.9. Korjuun aloitusajankohdan vaikutus maidontuotannon ylijäämään.

	Ylijäämä €/108 lehmän tila			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 pv				
Oletusaloitus	300 947	290 061	284 029	287 463
+ 2 pv	- 573	- 767	- 1 001	- 678
+ 4 pv	- 1 982	- 1 682	-3100	- 2 004

NK1 'pieni' noukinvaunu, NK2 'suuri' noukinvaunu, AS ajosilppuri, PKY, paalainkäärin -yhdistelmä.

Väkirehun hintamuutoksen vaikutus

Taulukossa 2.10 esitetään esimerkkitulojen ylijäämät, kun väkirehun hinta nousee 50 %. Väkirehun hintamuutoksen vaikutusta tarkastellaan tässä yhteydessä kustannusten minimointiongelmana, esimerkiksi kun maidontuottaja toimii sitovan maitokiintiön puitteissa. Vapaan tuotannon tilanteessa maidontuottaja sopeuttaa tuotostason uutta hintasuhdetta vastaavaksi¹⁵.

Taulukko 2.10. Ylijäämät, kun väkirehun hinta nousee 50 %.

	Ylijäämä (€) 100 energiakorjattua maitokiloa kohti			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	25,81	23,77	22,36	24,22
108 lehmää	26,83	25,81	25,15	25,40
162 lehmää	26,45	25,97	26,31	26,04
Korjuuväli 50 päivää				
54 lehmää	25,04	22,95	21,43	23,56
108 lehmää	26,26	25,18	24,01	24,99
162 lehmää	26,31	25,66	25,23	25,79

NK1 'pieni' noukinvaunu, NK2 'suuri' noukinvaunu, AS ajosilppuri, PKY, paalainkäärin -yhdistelmä.

¹⁵ Vapaassa tuotannossa hintamuutos alentaa optimituotostasoa. Tällöin laskelma laaditaan uutta tuotostasoa vastaavana.

Kaikilla tiloilla ylijäämä pienenee alkuperäiseen ratkaisuun verrattuna 3,8–4,8 €/100 kg EKM maitoa (taulukko 2.11). 50 päivän korjuuvälillä väkirehun tarve on suurempi kuin 40 päivän korjuuvälillä, mikä havaitaan myös suurempana ylijäämän laskuna väkirehun hinnan noustessa. Korjuuketjujen väliset erot pysyvät lähes samoina kuin alkuperäisessä skenaariossa, mutta kaikissa tapauksissa lyhyt korjuuväli tuottaa paremman tuloksen. Korjuuketjujen väliset ylijäämäerot maitokiloa kohti kaventuvat siten, että 162 lehmän tilalla ajosilppuriketjun ja hitaan noukinvaunuketjun tuottamat ylijäämät ovat lähes yhtä suuret. 50 päivän korjuuväliä sovellettaessa muutos ei ole yhtä suuri, koska säilörehusadon keskimääräiset D-arvot lähestyvät eri korjuumenetelmillä toisiaan.

Taulukko 2.11. Ylijäämien aleneminen (€/100 kg energiakorjattua maitoa) 40 ja 50 päivän korjuuväleillä, kun väkirehun hinta nousee 50 %.

	Ylijäämä (€) 100 energiakorjattua maitokiloa kohti			
	NK1	NK2	AS	PKY
Korjuuväli 40 päivää				
54 lehmää	3,90	3,79	3,87	3,98
108 lehmää	4,13	4,03	3,86	4,18
162 lehmää	4,51	4,30	3,91	4,38
Korjuuväli 50 päivää				
54 lehmää	4,57	4,49	4,57	4,59
108 lehmää	4,67	4,62	4,54	4,69
162 lehmää	4,83	4,73	4,57	4,78

NK1 'pieni' noukinvaunu, NK2 'suuri' noukinvaunu, AS ajosilppuri, PKY, paalainkäärin -yhdistelmä.

Koneketjumuutosten vaikutus

Kaksi pienitehoista noukinvaunua yhden sijaan 162 lehmän tilalla: Tällöin korjuuseen lisätään toinen samankokoinen noukinvaunu ja traktori. Korjuuteho kasvaa ja korjuuaika lyhenee, mutta kustannukset kasvavat. Noukinvaunujen määrän lisäyksen vaikutusta tutkitaan, kun lohkojen keskimääräinen etäisyys tilakeskukseen on 5 kilometriä ja lohkojen keskimääräinen koko kaksi hehtaaria. Vaihtoehtoisesti tarkastellaan sekä 40 että 50 päivän korjuuväliä.

Kaksi pienintä noukinvaunuketjua keräävät sadon 40 päivän korjuuvälillä 7,38 päivässä ja 50 korjuuvälillä 5,94 päivässä. Näin ollen väkirehukustannus pienenee ja korjuuseen käytetty aika lyhenee. Toisen noukinvaunun lisääminen alentaa ylijäämää 0,53 €/100 kg EKM, kun korjuuväli on 40 päivää. Jos korjuuvälinä on 50 päivää, ylijäämä pienenee 0,67 €/100 kg EKM. Vaikka ylijäämä pienenee perusskenaarioon verrattuna, kahta pientä noukinvaunua käytettäessä ylijäämä pysyy edelleen parhaiden ketjujen tasolla (vrt. taulukkoon 2.6).

Yhteistyö ajosilppuria käytettäessä: Toisena koneketjumuutoksena tutkitaan ajosilppuriketjua. Perusskenaariossa 162 lehmän tilalla ajosilppuriketjun korjuuteho mahdollistaa tilayhteistyön, jolloin yksikkökustannusta voidaan alentaa. Seuraavaksi tarkastellaan tilayhteistyön tuomia mahdollisuuksia. On toki otettava huomioon, että laskentaesimerkeissä on käytettynä hankittu ajosilppuri, jonka hankintahinta on uuteen verrattuna kohtuullinen mutta jolla ei voida olettaa korjattavan yhtä suuria aloja kuin uutena urakointikäyttöön hankitulla koneella.

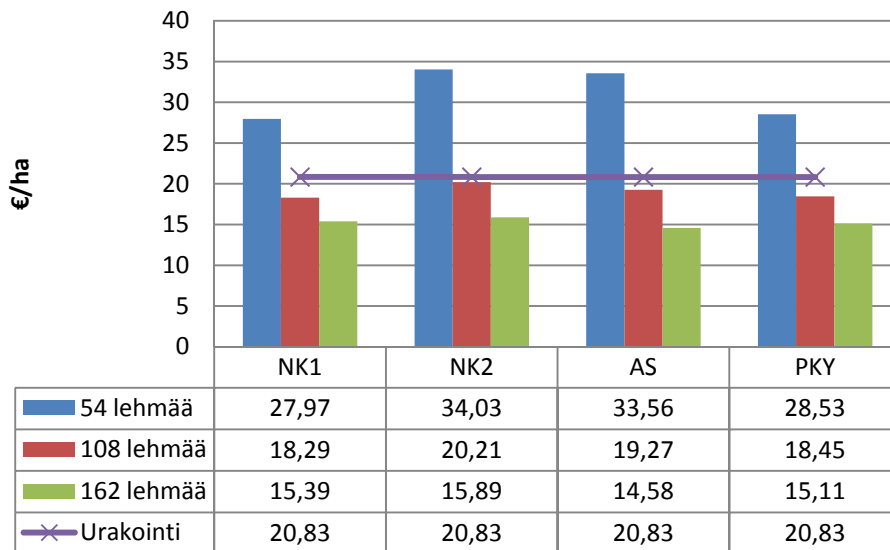
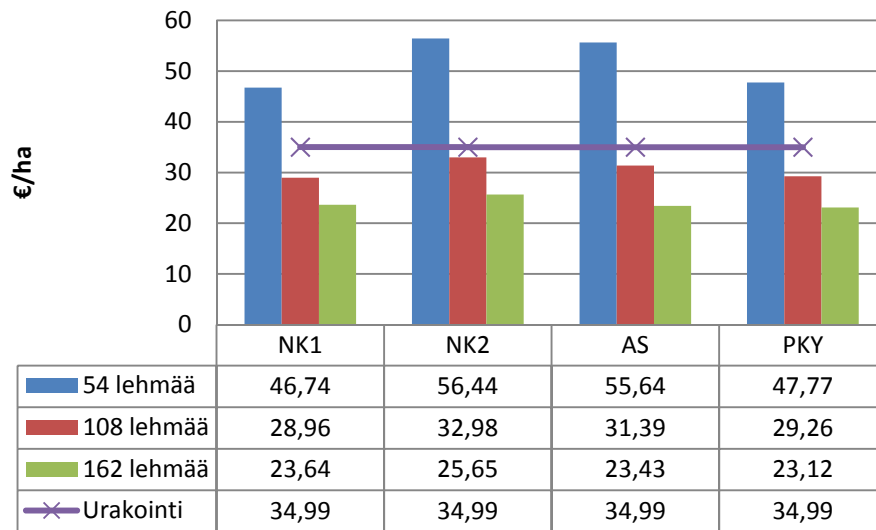
Ajosilppuriketjulla 2–4 päivän viivästys korjuun aloituksessa ei alenna olennaisesti maidontuotannon ylijäämää (taulukko 2.9). 108 lehmän tilan nurmirehun korjuukoneiden vuotuiset kustannukset ilman polttoaineita ovat ajosilppuriketjuissa 37 896 € kaikkien koneiden osalta ja pelkkien korjuukoneiden osalta 28 898 € (ilman traktoreita). Jos koneiden kustannus voidaan jakaa kahdelle tilalle, kustannukset ovat puolet tästä eli 18 948 € tai 14 449 €. Näin toimien ajosilppuriketjun tuottama ylijäämä ylittää kaikkien muiden paitsi NK1-ketjun ylijäämän, kun korjuukoneet ovat kahden tilan yhteisiä. Jos myös niitto ja karhotus voidaan tehdä yhteisillä koneilla, käytettynä hankittua ajosilppuria käyttävä ketju tuottaa jokseenkin yhtä suuren ylijäämän

kuin pienitehoisin yhden vaunun NK1-noukinvaunuketju. Jos nurmirehu tuotetaan kolmen 108 lehmän tilan yhteistyönä, korjuuseen kuluu noin kuusi päivää, ja vaihtoehdon tuottama ylijäämä ylittää selvästi NK1- ketjun tuottaman ylijäämän 100 energiakorjattua maitokiloa kohti. Tulos on jokseenkin sama kuin silloin, jos kaksi 162 lehmän tilaa tuottaa säilörehun yhteistyönä, mikäli keskimääräinen lohkojen etäisyys on sama.

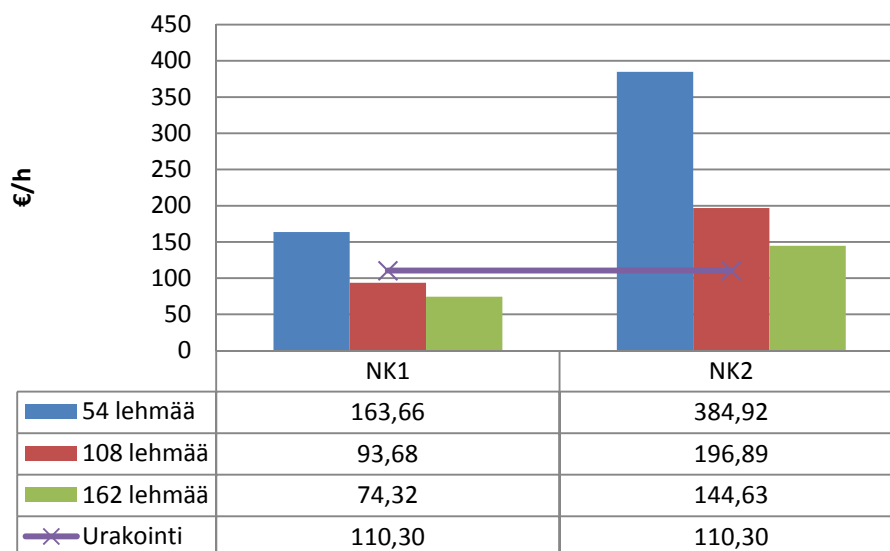
2.5.2 Vertailu tilastoituihin urakointihintoihin

Perusskenaarion ratkaisun eri työvaiheiden hehtaari-, tunti- tai paalikohtaisia kustannuksia verrataan Palvan (2011) keräämiin urakointihintoihin, jotka ovat vuodelta 2010. Ne päivitettiin vastaamaan vuoden 2011 hintatasoa. Tarkasteluun otetaan mukaan työ-, traktori- ja konekustannus. Näitä verrataan urakoitsijoiden ilmoitamiin hintoihin. Koneketjujen kustannuksissa ja urakoitsijan veloituksessa ei huomioida ajallisuuskustannusta ja siirtymisestä aiheutuvia kustannuksia. Johtopäätöksiä tehtäessä on tiedostettava, että urakoitsijan koneet niittoon, karhotukseen ja korjuuseen voivat poiketa esimerkkitulojen koneista. Siten urakointihinnat ja esimerkkitulojen kustannukset eivät ole täysin vertailukelpoisia. Niittokustannuksia tarkastellaan hehtaarikohtaisesti. Kuvan 2.6 mukaan esimerkkituloilla omien koneiden käyttö on edullisinta vasta yli 108 lehmän tiloilla, kun vertailukohtana käytetään keskimääräisiä urakointihintoja.

Sadonkorjuun kustannuksia verrataan kuhunkin korjuuketjuun sopivan urakointiverrokin avulla. Noukinvaunuketjuilla tuntikustannus käsittää sadonkorjuun ja kuljetuksen tilakeskukseen. Tuntikohtainen tarkastelu valittiin, koska se huomioi rehun kuljetusetäisyydet. Kuvan 2.7 mukaan oma pieni noukinvaunuketju tulee urakoitsijaa edullisemmaksi yli 108 lehmän tiloilla. Oman suuren noukinvaunuketjun kustannus tuntia kohti on korkeampi kuin urakoitsijan. Yleensä urakoitsijalla on käytössään suuren noukinvaunuketjun kaltainen korjuuketju. Suuren noukinvaunun hankintahinta on paljon pientä noukinvaunua korkeampi, mikä selittää osaltaan sen korkeaa yksikkökustannusta esimerkkitulojen käyttöasteella.

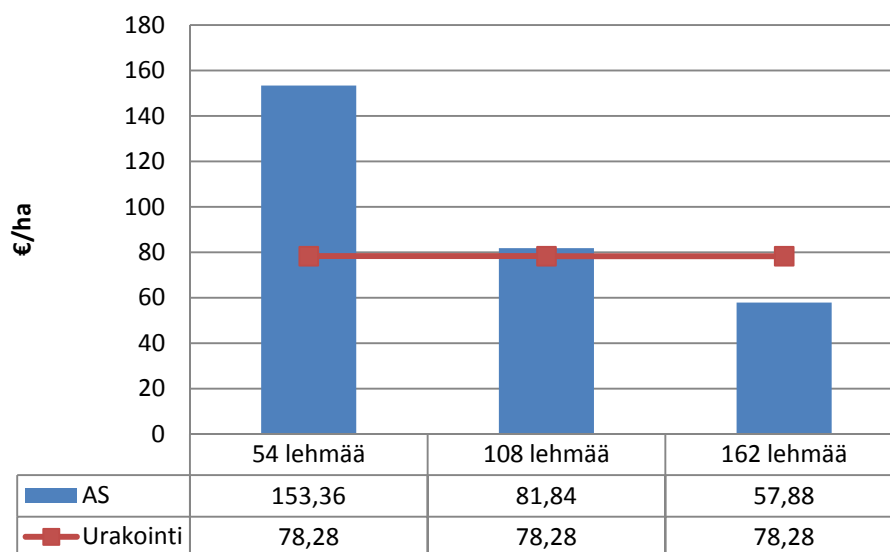


Kuva 2.6. Niiton (yllä) ja karhotuksen (alla) hehtaarikustannukset (€/ha) esimerkkituloilla käytettäessä vaihtoehtoisia koneketjuja.



Kuva 2.7. Säilörehunkorjuun tuntikustannukset (€/h) esimerkkituloilla korjattaessa säilörehu noukinvaunulla.

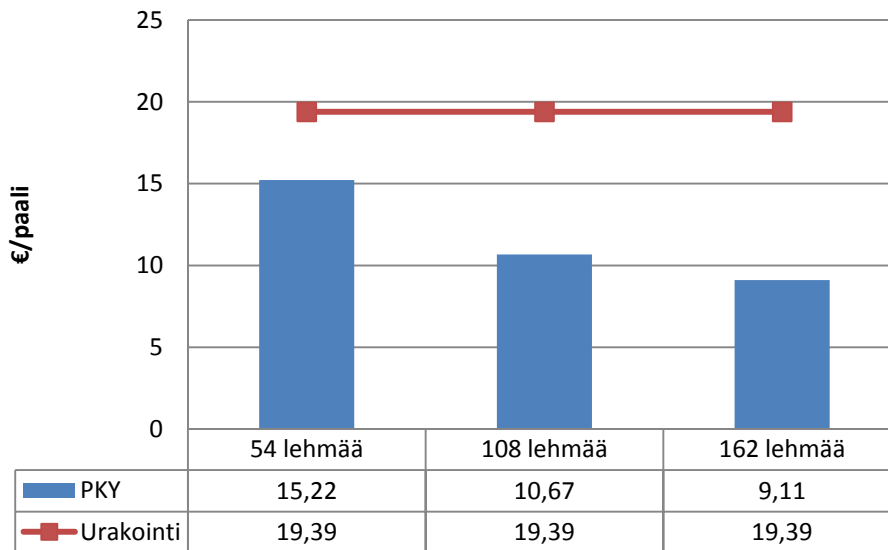
Ajosilppurin osalta tarkastellaan vain sadonkorjuuta ilman kuljetuksia. Kuvan 2.8 mukaan oma käytetty ajosilppuri tulee urakointia edullisemmaksi vasta 162 lehmän tilalla, mutta 108 lehmän tilalla päästään lähes samaan hehtaarikustannukseen. Uuden ajosilppurin taloudellinen käyttö edellyttää suurempia korjuualoja kuin 162 lehmän tilalla vaaditaan.



Kuva 2.8. Säilörehun korjuun hehtaarikustannukset (€/ha) ajosilppurilla.

Paalainkäärin -yhdistelmän edullisuutta verrataan paalikohtaisena kustannuksena ja urakointiveloituksena paalia kohti. Tarkastelu sisältää paalauksen, käärinnän ja paalien siirron pellon laitaa. Paalikohtainen kustannus omalla koneella jäi joka tilanteessa pienemmäksi kuin urakoitsijan veloitus (kuva 2.9). On toki huomattava, että mm. paalien koko ja tiheys vaihtelevat, joten keskimääräinen urakointihinta ei välttämättä vastaa tyypiltään käytettyä paalausketjua. Paalisäilörehua käytetään pääasiallisena säilörehun korjuumenetelmänä yleensä tarkasteltua pienemmillä tiloilla. Muilla myös suurilla tiloilla sitä käytetään korjuumenetelmänä osalle säilörehualasta tilanteen mukaan. Siten urakoitsijan kerralla korjaamat alat ovat yleensä huomattavasti pienempiä kuin mitä tämän tutkimuksen esimerkkituloilla korjataan. Tämä vaikuttaa osaltaan siihen, että

keskihinta ei välttämättä ole hyvä vertailukohta esimerkkituloihin nähden. Olosuhteiden ja muiden tekijöiden vaikutus hinnoitteluun voidaan havaita urakointihintojen vaihteluna niitä koskevilla tilastoilla.



Kuva 2.9. Säilörehun korjuukustannukset paalia kohti (€/paali).

Tämän julkaisun tulokset kuvaavat esimerkkitulojen oloja. Kun maidontuottaja valitsee säilörehun korjuumenetelmää, tilalle sopivat vaihtoehdot kannattaa käydä huolellisesti läpi. Laskelmat on laadittava tilan olosuhteiden mukaisina. Näin toimien saadaan valittua tilalle taloudellisesti edullisin säilörehun korjuumenetelmä. Jos urakointiratkaisuun päädytään, kannattaa pohtia, järjestetäänkö se kumppanuussuhteena vai alihankintana (vrt. Laitila ym. 2012, s. 107). Kilpailutettuna alihankintana maidontuottaja voi joutua tinkimään säilörehun korjuun aloituksen ajankohdasta, koska urakoitsijaa ei välttämättä saada tilalle itse haluttuna aikana, mikä kohottaa ajallisuuskustannusta.

2.6 Johtopäätökset

Tässä julkaisussa tavoitteena oli kehittää malli, joka soveltuu säilörehun tuotannon taloudelliseen suunnitteluun. Malli laadittiin pitkän aikavälin suunnittelutarpeita varten. Mallin avulla voidaan verrata eri säilörehun korjuuketjujen keskinäistä edullisuutta ja tarkastella, milloin urakoitsijan käyttö on taloudellisesti edullisin vaihtoehto. Mallia laadittaessa oletettiin, että kaikilla korjuuteknologioilla voidaan tuottaa säilörehua laadultaan moitteetonta rehua. Mallilla voidaan tarkastella myös sitä, miten säilörehun D-arvon muutos vaikuttaa taloudelliseen tulokseen. Perusmallit laadittiin Etelä-Pohjanmaalle sijoitetuille esimerkkimaitoiloille.

Tämän julkaisun yksittäisiä tuloksia ei voida yleistää koskemaan laajaa joukkoa maitoiloja, koska ne kuvaavat vain esimerkkituloille sopivia ratkaisuja. Ne ovat suuntaa-antavia ja kuvaavat, miten tilatason laskentamallilla voidaan operoida, kun riittävän laaja ja luotettava aineisto on käytettävissä. Esimerkkitulo-analyyysien perusteella tilakohtaiset tekijät vaikuttavat ratkaisuihin. Siten tilakohtaisten tekijöiden mallintaminen on välttämätöntä, jotta tilatasolla oikeat päätökset kyetään tekemään.

Tuloksia tulkittaessa on oleellista ymmärtää pitkän aikavälin strategisen suunnittelun ja lyhyen aikavälin operatiivisen päätöksenteon erot. Pitkällä aikavälillä esimerkiksi säilörehuala on muuttuva tekijä ja siihen voidaan suunnittelulla ja päätöksillä vaikuttaa. Siten erilaisissa päätöksentekotilanteissa, toimintaympäristöissä ja kasvuoloissa optimisäilörehuala voi vaihdella Maidontuottaja päättää pitkän aikavälin strategiansa mukaisesti, minkä verran hän varaa säilörehualaa, mitä korjuuajankohtaa tavoittelee ja millaisten korjuuketjujen varaan tuotantoa suunnittelee. Kunkin kasvukauden säätä ja sadon kehitystä ei tiedetä etukäteen, jolloin maidontuottaja joutuu strategiansa puitteissa sopeuttamaan toimintaansa kunkin kasvukauden oloihin. Sisäruokintakauden rehujen käyttö optimoidaan, kun tiedetään varastoidun säilörehun määrä ja laatu.

Laskentamallissa ei rajoitettu ennalta työmäärää ja korjuuseen kuluva aikaa, koska haluttiin tarkastella, millainen vaikutus korjuuajan pidentämisellä on taloudelliseen tulokseen ja mikä korjuuketju on taloudellisin. Pitkän aikavälin tarkastelussa rehunkorjuun viivästyttäminen pienentää ylijäämää vain vähän. Mallin tulosten mukaan halvin noukinvaunuketju tuotti parhaan taloudellisen tuloksen, vaikka rehunkorjuu oli hidasta muihin korjuuketjuihin verrattuna. Tällöin tosin altistuminen sääriskille kasvaa, mitä ei mallissa huomioitu. Lisäksi koneketjujen ylijäämien erot pienenevät tilakoon kasvaessa. Erityisesti korjuuteholtaan suurten ketjujen hyödyntäminen suosii tilojen välistä yhteistyötä tai urakoitsijoiden käyttöä. Tutkimuksen tulokset ovat yhtenevät aiempien tutkimustulosten kanssa. Korjuuaikaa pystytään pidentämään ilman, että taloudellinen tulos heikkenee merkittävästi (Seppälä ym. 2002, Sairanen ym. 2010a, Sairanen & Juutinen 2012). Korjuuketjun valinnalla, yhteistyöllä ja urakoinnin järkevällä käytöllä voidaan vaikuttaa maidontuotannon taloudelliseen tulokseen enemmän kuin korjuuajan kohtuullisilla muutoksilla. Mallin tulosten mukaan lohkojen etäisyydellä tilakeskuksesta on merkittävä vaikutus taloudelliseen tulokseen, mikä on yhtenevä Gunnarssonin ym. (2005) tulosten kanssa.

Esimerkkitulojen satotasot ovat korkeita, joten ne eivät kuvaa keskiarvotilan tuloksia. Tiloilla, joilla satotasot ovat esimerkkitulojen satoja pienempiä, säilörehualan tarve kasvaa, mikä nostaa säilörehun yksikkökustannusta. Tällöin myös työnmenekki kasvaa ja ylijäämät pienenevät. Näillä tiloilla väkirehun osuus ruokinnassa on suurempi kuin esimerkkituloilla.

Malli mahdollistaa rehun säilönnässä ja ruokinnassa tapahtuvien hävikkien tarkastelun. Eri säilörehunkorjuuketjuissa rehun varastointi voi poiketa toisistaan, mikä vaikuttaa hävikkiin. Säilönnällinen ja ruokinnallinen hävikki kasvattaa säilörehualan tarvetta ja pienentää ylijäämää. Mallia voidaan käyttää myös yhteistyöedellytysten tarkasteluun. Kun mallia sovelletaan suunnittelun kohteena olevan maitotilan oloihin, mallin tiedot on kerättävä huolella, oletukset on ymmärrettävä ja niiden vaikutus lopputulokseen on kyettävä arvioimaan.

Lopuksi

Laskentamallin rakenteeseen tehtiin vakioina pysyviä lähtöoletuksia ja yksinkertaistuksia, jotta sen käyttö olisi mahdollista nykyään hankittavissa olevien tietojen pohjalta. Malli vaatii edelleen kehittämistä, jotta se olisi myös yksittäisen maidontuottajan käytettävissä. Myös mallin dynamisointi voi tuoda tarkasteluun uusia ulottuvuuksia.

Maidontuotannon biologisten ilmiöiden hallinta on niin ikään aivan viime aikoina edistynyt. Tämä tieto on nivottu Lypsikki-malliksi (Huhtanen ym. 2011b, Nousiainen ym. 2011), jolle pohjalle on kehitetty ProAgrian käytössä oleva KarjaKompassi -työkalu maitotilojen tuotannonohjaukseen (Hallivuori ym. 2012). Tarkastelun kytkeminen em. malleihin on mahdollista.

- Artturi 2012. Säilörehun koostumus ja laatu -tilastoja. Saatavissa internetistä: www.mtt.fi/artturi.
- Enroth, A. 2009. Mallilaskelmia maataloudesta 2009. ProAgria keskusten liiton julkaisu nro. 1082. (verkkojulkaisu).
- Gunnarsson, C., Spörndly, R. & Hansson, P-A. 2005. Timeliness costs for the silage harvest in conventional and organic milk production. *Biosystems Engineering* 92: 285–293.
- Hallivuori, V., Huhtamäki, T., Rinne, M., Lidauer, M., Kokkonen, T. & Nousiainen, J. 2012. KarjaKompassi käyttöön karjatilojen tuotannonohjauksessa. Maataloustieteen Päivät 2012. Saatavissa internetistä: http://www.smts.fi/Maidon%20ja%20lihantuotanto/Hallivuori_KarjaKompassi.pdf.
- Huhtanen, P. & Nousiainen, J. 2012. Production responses of lactating dairy cows fed silage-based diets to changes in nutrient supply. *Livestock Science* 148:146-158.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15: 293-323.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1: 758-770.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2008. Evaluation of concentrate factors affecting silage intake of dairy cows: a development of the relative total diet intake index. *Animal* 2: 942-935.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2009. A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 2. The effects of feeding level and diet composition on digestibility. *Journal of Dairy Science* 92:5031-5042.
- Huhtanen, P., Rinne, M., Mäntysaari, P. & Nousiainen, J. 2011a. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows. *Animal* 5: 691-702.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Turtola, E. 2011b. Dairy farm nutrient management model: 2. Evaluation of different strategies to mitigate phosphorus surplus. *Agricultural Systems* 104: 383 – 391.
- Huhtamäki, T. 2011. ProTuotos-karjojen rehustus vuonna 2011. Maidontuotannon tulosseminaari 2011. Saatavissa internetistä: https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/ProAgria/Tapahtumat/Tulosseminaarit/Tuloksia/rehunkulutus2011_tulosseminaari_huhtamaki.pdf. (viitattu 12.12.2012)
- Jaakkola, S. 2010. Karkearehut. Julkaisussa: Kyntäjä, J., Nokka, S. & Harmoinen, T. (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan 133. ProAgria Keskusten Liiton julkaisu nro 1097. 144 s.
- Jaakkola, S., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2010. Lehmän tärkeimmät ravintoaineet. Teoksessa: Kyntäjä, J., Nokka, S. & Harmoinen, T. (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan 133. ProAgria Keskusten Liiton julkaisu nro 1097. 144 s.
- Karttunen, J., Peltonen, M. & Pentti, S. 2004. Säilörehun korjuuketjun suunnittelu. Rehuketjun kustannukset ja pullonkaulojen minimointi. Työtehoseuran maataloustiedote 568. 8 s.
- Karttunen, J., Tuure, V.-M. & Kaila, E. 2008. Maatilan töiden organisointi. Julkaisussa: Rikkinen, P., Harmoinen, T., Teräväinen, H. (toim.) Maatilayrityksen menestystekijät. Tieto tuottamaan 123. ProAgria Maa-seutukeskusten Liiton julkaisu nro 1056. Porvoo. 99 s.
- Khalili H., Sairanen A., Nousiainen J. & Huhtanen, P. 2005. Effect of silage made from primary or regrowth grass and protein supplementation on dairy cow performance. *Livestock Production Science* 96: 267-278.
- Koneviesti 2010. Maatalouskoneiden hintoja vuodelta 2010. 13: 25-32.

- Kuoppala K., Ahvenjärvi S., Rinne M. & Vanhatalo A. 2009. Effects of feeding grass or redclover silage cut at two maturity stages in dairy cows. Dry matter and cell wall digestion kinetics. *Journal of Dairy Science* 92: 5634-5644.
- Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008. The effect of cutting time of grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production. *Livestock science* 116: 171-182.
- Laine, A. 1996 Konekapasiteetin mitoitus ja konekustannukset viljan ja nurmirehun tuotannossa. Sääriskiin perustuva tarkastelu. *Työtehoseuran julkaisuja* 349. 80 s.
- Laitila, E., Ryhänen, M., Närvä, M., Sipiläinen, T., Heiskari, M., Jokiaho, S., Ketola, J., Kämäräinen, S., Käsäkoski, H., Palo, A. & Pieviläinen, A. 2012. Verkostomainen yrittäminen. Teoksessa: Ryhänen, M. & Laitila, E. (toim.) Yhteistyö ja resurssit maitotiloilla: verkostomaisen yrittämisen lähtökohtia ja edellytyksiä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 59: 91-134.
- MTT 2012. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset [verkkojulkaisu]. Saatavissa internetistä: <http://www.mtt.fi/rehutaulukot>. (viitattu 12.12.2012)
- Mutanen, T., Alasuutari, S. & Karttunen, J. 2007. Korjuualan optimointi ajettavaa tarkkuussilppuria käytettäessä. *Työtehoseuran maataloustiedote* 599. 8s.
- Nousiainen, J., Niskanen, H., Kainulainen, P & Toivakka, M. 2010. Korjuun ajoitus. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.
- Nousiainen, J., Tuori, M., Turtola, E. & Huhtanen, P. 2011. Dairy farm nutrient management model. 1. Model description and validation. *Agricultural Systems* 104: 371-382.
- Palva, R. 2011. Konetyön kustannukset ja tilastolliset urakointihinnat. *Työtehoseuran maataloustiedote* 631.
- Pekonniemi, J., Karhula, T. & Ylätal, M. 2004. Maidontuotannon 141-tuen jatkotarpeen selvittäminen. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Selvityksiä nro 22. Maatalouden liiketaloustiede. 83 s.
- Peltonen, M., Karttunen, J. & Pentti, S. 2003. Säilörehunkorjuun työnmenekki: korjuumenetelmät ja toiminnallisuus. *Työtehoseuran maataloustiedote* 560. 12s.
- Peltonen, S. 2010. Säilörehun tuotantokustannusten hallinta. Julkaisussa: Maataloustieteen päivät 2010 (verkkojulkaisu). Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja nro. 26. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 11.1.2010. Saatavissa internetistä: <http://www.smts.fi/jul2010/esite2010/045.pdf> (viitattu 23.09.2011)
- ProAgria 2012. Maatalouskalenteri 2012. ProAgria Keskusten liitto julkaisuja. 65. vuosikerta
- Rinne, M., Jaakkola S., Kaustell, K., Heikkilä, T. & Huhtanen, P. 1999. Silages harvested at different stages of grass growth v. concentrate foods as energy and protein sources in milk production. *Animal Science* 69: 251-263.
- Rinne, M., Huhtanen, P. & Nousiainen, J. 2008. Säilörehun ja koko rehuannoksen syönti-indeksit auttavat lypsylehmien ruokinnan suunnittelussa. Maataloustieteen Päivät 2008. Saatavissa internetistä: http://www.smts.fi/mpol2008/index_tiedostot/Esitelmat/es086.pdf
- Rinne, M., Pitkänen, T., Nyholm, L., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2010. Nurmiheinien ensimmäisen sadon sulavuuden ja sadon määrän mallit nurmirehuntuotannon hallintaan. Julkaisussa: Maataloustieteen päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja nro. 26. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 11.1.2010. Saatavissa internetistä: <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/136.pdf> (viitattu 03.01.2012)
- Rinne, M. & Pitkänen, T. 2011. Julkaisematon malli toisen sadon D-arvon ja kuiva-aineen kehityksestä. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus.
- Rinne, M. & Sairanen, A. 2010. Nurmirehut ruokinnassa. Julkaisussa: Peltonen, S., Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.

- Ryhänen, M., Huhtanen, P., Jaakkola, S. & Ahvenjärvi, S. 1996. EU-jäsenyyden vaikutus maidontuotantoon. Teoksessa: Ylätalo, M. (toim.) Maatalousyrittäjien sopeutuminen EU:ssa vallitseviin hintasuhteisiin. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja nro 18. Maatalouden liiketaloustiede. 235 s.
- Ryhänen, M. & Laitila, E. (toim.) 2012. Yhteistyö ja resurssit maitotiloilla: verkostomaisen yrittämisen lähtökohia ja edellytyksiä. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja selvityksiä 59.
- Sairanen, A. & Juutinen, E. 2012. Säilörehun korjuuajan vaikutus lehmien säilörehun syöntiin ja maitotuotukseen. Karjatilan kannattava peltoviljely, KARPE-hanke. Loppuraportti. s. 11-16. Saatavissa internetistä: <http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/paatosjulkaisu.pdf>
- Sairanen, A., Nousiainen, J. I., & Khalili, H. 1999. Korkean väkirehumäärän vaikutus maitotuotukseen ja tuotannon kannattavuuteen. Teoksessa: Mitä Suomi syö – ja millä hinnalla? Agro Food 1999. Agro Food ry/ Agronomiliitto ry. 7 s.
- Sairanen, A., Juutinen, E., Hyrkäs, M., Virkajärvi P. & Suomela R. 2009. Julkaisematon. Säilörehun D-arvon muutoksen korvaaminen väkirehumäärää tai väkirehun valkuaispitoisuutta muuttamalla. 1. Säilörehun D-arvo 650 tai 700 g/kg ka. KARPE-hanke 2009.
- Sairanen, A., Juutinen, E., Hyrkäs, M., Virkajärvi P. & Suomela R. 2010b. Julkaisematon. Säilörehun D-arvon muutoksen korvaaminen väkirehumäärää tai väkirehun valkuaispitoisuutta muuttamalla. 2. Säilörehun D arvo 600 tai 650 g/kg ka. KARPE-hanke 2010.
- Sairanen, A. Virkajärvi, P. Juutinen, E. 2010a. Karjatilan nurmirehun korjuuajakastraategiat. Julkaisussa: Maataloustieteen päivät 2010 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran julkaisuja nro. 26. Toim. Anneli Hopponen. Julkaistu 11.1.2010. Saatavissa internetistä: <http://www.smts.fi/jul2010/poste2010/116.pdf> (viitattu 27.10.2011)
- Seppälä, R., Ryhänen, M., Sipiläinen, T., Rinne, M., Huhtanen, P. & Suokannas, A. 2002. Säilörehu maitotilan taloudessa – pitkän aikavälin näkökulma. Julkaisussa: Ryhänen, M. & Sipiläinen, T. (toim.) Nurmisäilörehu maitotilan taloudessa. Helsingin yliopisto. Taloustieteen laitos. Julkaisuja nro 35. Maatalouden liiketaloustiede. 103 s.
- Suokannas, A. & Nysand, M. 2008. Loader wagon compared to metered chopper for forage harvest. Grassland Science in Europe 13: 648-650.
- Suokannas, A., Nysand, M & Niskanen, H. 2010. Korjuumenetelmät. Julkaisussa: Peltonen, S. Puurunen, T. & Harmoinen, T. (toim.) Nurmirehujen tuotanto ja käyttö. Tieto tuottamaan 132. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1093. 98 s.
- Søgaard, H. T. & Sørensen, C. G. 2004. A model for optimal selection of machinery sizes within the farm machinery system. Biosystems Engineering 89 (1): 13–28. Department of Agricultural Engineering. Danish Institute of Agricultural Sciences. 15 s.
- Sørensen, C.G. Bochtis, D., Green, O. & Bartzanas, T. 2012. Forage harvesting scheduling. XVI International Silage Conference. Hämeenlinna, Finland. s. 62-66.
- TTS-MANAGER. 2011. Maatilan työmäärän suunnitteluohjelma. TTS Tutkimus.
- Vanhatalo, A. 2010. Ruoansulatus. Julkaisussa: Kyntäjä, J., Nokka, S. & Harmoinen, T. (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan 133. ProAgria Keskusten Liiton julkaisuja nro 1097. 144 s.

Liitteet

Liite 1.1

Taulukko 1. Koneiden hinnat (Koneviesti 2010, Maatalouskalenteri 2012).

	Hinta sis. Alv	Hinta, ilman alv. ja korjattu indeksillä
Niittokone 6m	33560	27920
Niittokone 9m	44260	36823
Karhotin 6m	17754	14771
Karhotin 9m	25610	21307
Karhotin 12m	65640	54610
Noukinvaunu 38m ³	57800	48088
Noukinvaunu 50m ³	122700	102082
Ajosilppuri	130000	108156
Paalain-käärin yhdistelmä	88700	73795
Traktori 61-80 kw	51660	40000
Traktori 80-100 kw	65190	53000
Traktori 100-150 kw	89790	67000
Traktori yli 150 kw	179580	156000
Perävaunu 40m ³	30677	26125
Paalivaunu	11734	9993

Taulukko 2. Niitto-, karhotus- ja korjuukoneiden sekä ajosilppuri- ja paalain-käärin –ketjujen kuljetusvaunun vuotuiset kustannukset.

Vuotuiset perus- ja käyttökustannukset €	Noukinvaunuketju 1	Noukinvaunu	Ajosilppuri	Paalain-käärin
Niitto	4327,38	5662,23	5662,23	4327,38
Karhotus	2355,69	3335,70	3335,70	2355,69
Korjuu	7774,12	15870,18	16780,83	11628,79
Kuljetus			4039,18	1632,0

Taulukko 3. Traktoreiden kustannukset työtuntia kohti.

Tuntikohtaiset perus- ja käyttökustannukset €/h	
Traktori 61-80 kw, 4 tn	21
Traktori 80-100 kw, 6 tn	28
Traktori 100-150 kw, 8 tn	36
Traktori yli 150 kw, 10 tn	69
Ajosilppuri	16

Liite 1.2

Taulukko 4. Urakointihinnat 2011 (indeksikorotus vuodesta 2010, Palva 2011).

				Indeksit	
				2010	2011
				113,2	115,8
Työ	Yksikkö	Vaihtelu	Veloitus keskimäärin	Korjattu hinta	
Heinän ja säilörehun nittomurskain					
260-300 cm	€/ha	23-43	32,8	33,7	
300-500 cm	€/ha	30-46	38,1	39,1	
yli 599 cm	€/ha	28-40	34,1	35,0	
Karhotus ja karhojen yhdistäminen (kaikki)	€/h	32-69	50,7	52,0	
Karhotus ja karhojen yhdistäminen 6 m ja alle	€/h	27-57	41,7	42,8	
Karhotus ja karhojen yhdistäminen yli 6 m	€/h	38-76	57	58,5	
Karhotus ja karhojen yhdistäminen (kaikki)	€/ha	16-25	20,3	20,8	
Säilörehun paalaus+käärintä, ei tarvikkeita	€/paali	10,2-13,9	12	12,3	
Säilörehun paalaus+käärintä, verkko ja muovi	€/paali	16-19	17,2	17,6	
Säilörehun siirtely pellolla	€/paali	0,7-2,6	1,7	1,7	
Säilörehun korjuu noukinvaunulla	€/h	76-139	107,5	110,3	
Säilörehun korjuu noukinvaunulla	€/ha	89-116	102,5	105,2	
Säilörehun korjuu ajosilppurilla	€/ha	71-81	76,3	78,3	
Ajosilppuri koko ketju (niitto, karhotus, silppuri)	€/ha	194-201	197,5	202,6	
Säilörehun tasoitus ja tiivistys	€/h	36-53	44,5	45,7	
Kaivuri, alle 10tn	€/h	43-52	47,1	48,3	
Kaivuri, 10-19 tn	€/h	41-55	47,8	49,0	
Kaivuri, yli 20tn	€/h	51-61	55,8	57,3	
Kasvinsuojeluruiskutus, perinteinen kaikki	€/h	23-61	42,4	43,5	
Kasvinsuojeluruiskutus, perinteinen kaikki	€/ha	12-19	15,8	16,2	
Kyntö, kaksoisaura	€/ha	44-63	53,8	55,2	
Kylvömuokkaus, joustopiikkiäes	€/ha	17-51	34	34,9	
Kylvölannoitus	€/ha	41-66	53,5	54,9	
Lannoitteen levitys, yli 12 m	€/ha	11-21	15,9	16,3	

Taulukko 5. Muut hintatiedot.

	Hinta ilman alv
Voiteluainekustannus 300 kW ajosilppuri	0.5 €/h
Polttoaineen kulutus 300 kW ajosilppuri	22.8 €/h
Suomensalpietari	0.45 €/kg
Pellon	
Y2	0.47 €/kg
Nurmisiemenet	3.06 €/kg
Sidontaverkko	1.06 €/paali
Käärintämuovi 3)	0.05 €/m ²
Aumamuovi 1)	3.02 €/kg
Säilöntäaine 2)	1.47 €/l
Voiteluaine	3 €/l
Kevyt polttoöljy	0.76 €/l
Rehuohra	0.17 €/kkg
Tiiviste	0.39 €/kkg
Maidon tuottajahinta	40.38 snt/l
1) Betoninen laakasiilo. Muovin tarve	0.3 kg/tn
2) Säilöntäaineen kulutus	0.005 l/kg
3) Paaliin 6.14 m ² käärintämuovia/kerros. 8 kerrosta.	

3 Eri nurmikasvien sadontuottokyky ja kasvunopeus

Hyrkäs, Maarit¹⁾, Virkajärvi, Perttu¹⁾, Niskanen, Markku²⁾, Niemeläinen, Oiva³⁾, Kurki, Päivi⁴⁾

¹⁾MTT Kotieläintuotannon tutkimus, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@mtt.fi

²⁾MTT Kasvintuotannon tutkimus, Alapääntie 104, 61400 Ylistaro, etunimi.sukunimi@mtt.fi

³⁾MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Planta, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@mtt.fi

⁴⁾MTT, Kasvintuotannon tutkimus, Lönnrotinkatu 5, 50100 Mikkeli, etunimi.sukunimi@mtt.fi

3.1 Johdanto

Osion tavoitteena oli tuottaa olemassa olevilla kenttäkoeaineistoilla tietoa erityisesti ruokonadan, rainadan ja puna-apilan puhtaiden kasvustojen ja erilaisten seosten sadon ja laadun kehityksestä suhteessa vakiintuneisiin kasvilajeihin kuten timoteihin, nurminataan, koiranheinään ja englanninraiheinään. Käytetty aineisto sisältää eri kasvilajien erilaisten korjuuaikojen sato- ja laatu tuloksia sekä virallisten lajikekokeiden koosteaineistoa eri kasvilajeilta. Aineiston perusteella voidaan entistä paremmin mallintaa uusien viljelykasvien vaikutusta tilatasolle. Samalla viljelijöille tuotetaan tietoa uusien nurmikasvilajien viljelyominaisuuksista.

3.2 Aineisto ja menetelmät

3.2.1 Nurmilajien sadon kehitys

Tarkastelussa käytettiin kenttäkoeaineistoa, joka kerättiin vuosina 2006–2007 Jokioisista, Maaningalta, Mikkelistä ja Ylistarosta. Kullakin paikkakunnalla koeruudut perustettiin vuonna 2005 kolmena kerranteena, jossa 1. sadolle ja jälkisadoille oli omat erilliset koeruutalueensa. Näiden alueiden sisällä koe toteutettiin lohkoittain satunnaistettuna osaruutukokeena, jossa pääruutuna oli kasvilaji ja osaruutuna korjuuaika. Kasvilajit, käytetyt lajikkeet ja siemenmäärät esitetään taulukoissa 3.1 ja 3.2. Ylistarossa oli yhtenä koejäsenenä puna-apila, ja Mikkelissä toteutettiin erikseen samalla koasetelmalla puna-apilan seoskoe. Jokioisissa ja Maaningalla ei tutkittu apilaa. Typpilannoitus ja koekenttien maalajit esitetään taulukossa 3.3. Fosfori- ja kaliumlannoitukset tehtiin suositusten mukaan. Maaningan koejärjestelyt ja tulokset timotein ja ruokonadan osalta on esitetty tarkemmin NURFYS-hankkeen loppuraportissa (Virkajärvi ym. 2012).

Taulukko 3.1. Koejäsenet.

Kasvilaji	Lajike	Siemenmäärä (kpl/m ²)
Englanninraiheinä	Riikka	1000
Koiranheinä	Haka	1500
Nurminata	Antti	1250
Rainata	Felina (ruokon. x ital. raiheinä)	1250
Ruokonata	Retu	1000
Timotei	Tammisto II	3000

Taulukko 3.2. Puna-apilakokeiden koejäsenet.

Paikkakunta	Kasvilaji	Lajike	Siemenmäärä (kg/ha)
Mikkeli	Puna-apila	Ilte	5
Mikkeli	Puna-apila/timotei	Ilte + Tammisto II	5 + 10
Mikkeli	Puna-apila/timotei/ruokonata	Ilte + Tammisto II + Retu	5 + 7 + 7
Ylistaro	Puna-apila	Ilte	

Taulukko 3.3. Typpilannoitus ja koekenttien maalajit koepaikoittain.

	N-lann/sato (kg/ha)	Maalaji
Jokioinen	100	AS
Maaninka	90	HHt
Mikkeli	100	KHt
Mikkeli apila	40*	KHt
Ylistaro	100	HeS
Ylistaro apila	40*	HeS

* Starttityppi keväällä

Ensimmäisessä sadossa eri korjuuaikoja oli 3–5 kpl hieman paikkakunnasta ja vuodesta riippuen (Taulukko 3.4). Vuonna 2006 Ylistarossa saatiin tehtyä vain kaksi niittoa konerikon vuoksi. Toisen sadon koeruodut niitettiin ensimmäisessä sadossa optimaaliseen säilörehun korjuuaikaan, joka saattoi hieman vaihdella kasvilajista riippuen. Toisessa sadossa korjuuaikoja oli kolme tai neljä. Mikkelissä jälkisadon ruodut niitettiin kolmannenkin kerran, ja erilaisia korjuuaikoja tehtiin lähinnä silloin. Siksi tuloksia toisesta sadosta on Mikkelistä muita vähemmän. Tässä tarkastelussa keskityttiin ensimmäisen ja toisen sadon kehitykseen eikä kolmatta satoa huomioitu. Apilakoejäsenillä korjuuaikoja oli sekä ensimmäisessä että toisessa sadossa kolme kappaletta.

Taulukko 3.4. Korjuuaikojen lukumäärät paikkakunnittain ja vuosittain.

Paikkakunta	Vuosi	Korjuuaikojen lkm			
		Heinät		Apilat	
		Sato 1	Sato 2	Sato 1	Sato 2
Jokioinen	2006	4	4	.	.
Maaninka	2006	4	3	.	.
Mikkeli	2006	4	.	3	3
Ylistaro	2006	2	3	2	3
Jokioinen	2007	5	4	.	.
Maaninka	2007	4	3	.	.
Mikkeli	2007	4	2	3	3
Ylistaro	2007	3	3	3	3

Kuiva-ainesato määritettiin korjaamalla sato Haldrup-niitokoneella, punnitsemalla ruutusato ja määrittämällä kuiva-aine (60 °C/48 h). Edustava näyte ruuduittain lähetettiin NIR-analyysiin MTT Jokioisten Kasvintuotannon tutkimuksen laboratorioon. Osalle näytteistä tehtiin myös referenssimääritykset määrittämällä D-arvo sellulaasisulavuuden tai iNDF:än avulla (MTT Kotieläintuotannon tutkimus). Koska MTT Jokioisten NIR-

laitetta ei ole kalibroitu apilalle, apilakokeista ei ole käytettävissä laatutuloksia. Kasvuun vaikuttanut lämpösumma saatiin kullakin koepaikalla sijaitsevalta Ilmatieteen laitoksen sääasemalta (+5 °C:sta).

Tulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen SAS 9.2:n Mixed-proseduuria. Tulokset laskettiin erikseen paikkakunnittain ja vuosittain, sillä yhdysvaikutukset vuoden, koepaikan, lämpösumman ja kasvilajin välillä olivat merkitseviä. Mallissa kasvilaji, kasvuun vaikuttanut lämpösumma ja näiden yhdysvaikutus olivat kiinteitä muuttujia ja kerranne satunnainen muuttuja. Lämpösumma oli jatkuva muuttuja. Yleensä nurmen kasvun katsotaan noudattavan sigmoidista mallia: alussa kasvu on hidasta, sitten se kiihtyy ja lopuksi kasvunopeus tasaantuu (Robson ym. 1988). Tässä tutkimuksessa lämpösumman vaikutus sadon määrään oletettiin mallissa lineaariseksi ($Y = a + k(x)$). Tämä siksi, kaikki niitot olivat ajoitettu realistiselle korjuujaksolle, jolloin kasvu on kutakuinkin lineaarista (Virkajärvi ym 2012). Tällöin kulmakertoimen (k) tulkinta on suoraan kasvunopeus lämpösumma-astetta kohti (kg ka/ha/ $\Sigma^{\circ}\text{C}$). Sigmoidisen ja lineaarisen mallin ero näkyy siinä, että yhtälön vakion arvot, eli tilanteessa, jossa lämpösumma = 0 °C, eivät ole realistisia, vaan ne ovat laskennallisia.

3.2.2 Viralliset lajikekokeet

Kasvilajien satotaseroja vertailtiin virallisten lajikekokeiden koeaineiston perusteella. Mukaan otettiin vuosien 2000–2011 kokeet yhdeltätoista eri koepaikalta Piikkiöstä Rovaniemelle. Kustakin kasvilajista valittiin yksi lajike. Eniten kokeita löytyi timoteista (Grindstad, 134 koetta), nurminadasta (Kasper, 132 koetta) ja ruokonadasta (Retu, 130 koetta). Puna-apilasta (Betty) käytettävissä oli 68 koetta ja rainadasta (Felina) vain 33 koetta. Kokeissa oli 4 kerrannetta ja nurmet edustivat joko 1., 2. tai 3. satovuotta. Neljän kerranteen keskiarvo laskettiin ennen aineistojen tilastollista käsittelyä.

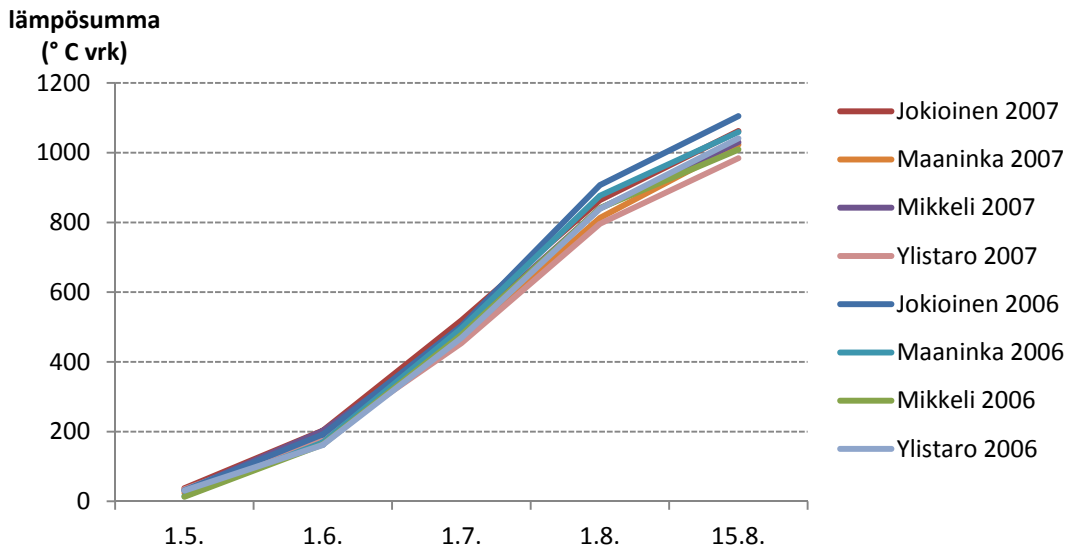
Aineiston tilastollisessa käsittelyssä huomioitiin koepaikkojen ja kalenterivuosien väliset tasoerot. Lisäksi huomioitiin, että jokainen koepaikka yhdistettynä kuluneen vuoden säähän muodostavat oman kasvuolosuhteen. Tällöin käytännössä kasvien välinen vertailu tapahtui kussakin kalenterivuosi x koepaikka – kombinaatiossa, eikä tuloksia vääristä se että puna-apila ja rainatakojeita ei esiintynyt niin kattavasti kuin muiden kasvilajien kokeita. Kokeista analysoitiin kokonaissato sekä ensimmäisen niiton sato.

Kasvilajivertailun lisäksi esitetään erikseen ruokonadan, rainadan ja nurminadan väliset satotaseroet kokonaissadoissa. Aineistona käytettiin samaa vuosien 2000–2011 välistä ajanjaksoa, ja eri-ikäiset nurmet (1./2./3. nurmivuosi) analysoitiin erikseen. Analyysissä oli mukana kaksi ruokonatalajiketta (11–45 koetta), kaksi nurminatalajiketta (21–45 koetta) sekä yksi rainatalajike (11 koetta). Koepaikkojen ja kalenterivuosien väliset tasoerot otettiin huomioon kuten edellä.

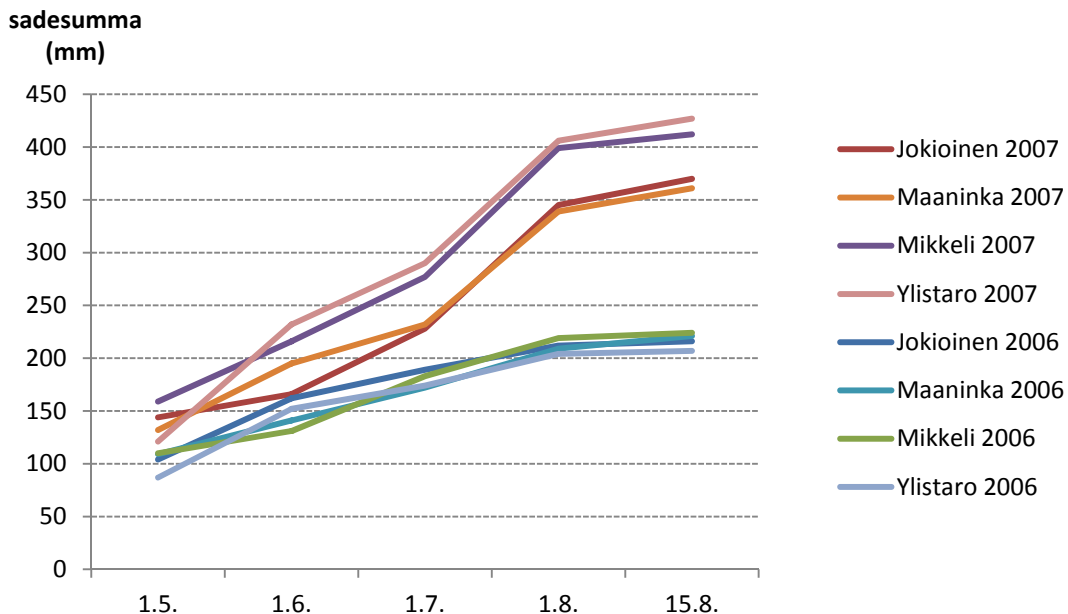
3.3 Tulokset ja tulosten tarkastelu

3.3.1 Sää

Nurmilajien laadun kehitys -aineiston koevuodet 2006 ja 2007 poikkesivat toisistaan etenkin sademäärän suhteen (kuva 3.2). Vuosi 2006 oli varsinkin loppukesästä hyvin kuiva kaikilla paikkakunnilla, minkä voi olettaa vaikuttaneen toisen sadon kasvuun.



Kuva 3.1. Tehoisan lämpösumman (° C vrk) kertyminen eri paikkakunnilla vuosina 2006 ja 2007.



Kuva 3.2. Sadesumman (mm) kertyminen eri paikkakunnilla vuosina 2006 ja 2007.

3.3.2 Nurmilajien sadon kehitys – ensimmäinen sato

Nurmilajien sadon kehitys – koesarjassa on muistettava, että kutakin kasvilajia edustaa vain yksi lajike, mutta yleisesti lajikkeeksi valittiin mahdollisimman tyypillinen lajike. Lämpösumma vaikutti aina erittäin merkittävästi kuiva-ainesadon kertymiseen (taulukko 3.5). Sen sijaan kasvilajin vaikutus satotasoon sekä kasvunopeuden kulmakertoimeen vaihteli vuodesta ja paikkakunnasta riippuen. Mallin selitysasteet (R^2) olivat varsin korkeita kumpanakin vuonna, mikä osoittaa muiden kasvutekijöiden kuin lämpötilan merkityksen olevan melko vaatimattomia 1. niitossa, kun lannoituksen määrä on riittävä. Kasvilajien erilainen talvehtiminen voi silti sisältyä termiin lämpösumma \times kasvilaji (esim. englanninraiheinä, ks. kuva 3.3). Ylistarossa kasvilajien välillä ei ollut merkittäviä eroja kumpanakaan vuonna. Tähän voi vaikuttaa se, että Ylistarossa erilaisia korjuuaikoja oli vähemmän kuin muilla paikkakunnilla, ja ne ajoittuivat lyhyemmän ajan sisään, jolloin kasvilajien väliset erot eivät ehkä ehtineet tulla niin hyvin näkyviin. Ylistaron satotaso oli vuonna

2007 poikkeavan korkea. Jokioisissa kasvilajien välillä ei ollut tasoeroa, mutta kasvunopeuksissa eroja löytyi. Mikkelissä ja Maaningalla kasvilaji vaikutti satoon sekä yksinään että yhdysvaikutuksena lämpösumman kanssa. Ylistarossa oli muista koepaikoista poiketen mukana myös puna-apila-koejäsen. Puna-apilan mukanaolo tai pois jättäminen ei juuri muuttanut p-arvoja eikä selitystasetta.

Taulukko 3.5. Kasvuun vaikuttaneen lämpösumman, kasvilajin ja näiden yhdysvaikutuksen vaikutus kuiva-ainesatoon 1. sadossa. Vuodet ja paikkakunnat on analysoitu erikseen.

Paikkakunta	Vuosi	Sato	p-arvot			R ²
			LS	kasvilaji	LS*kasvilaji	
Jokioinen	2006	1	<0.001	0.11	0.003	0.87
Maaninka	2006	1	<0.001	0.002	<0.001	0.94
Mikkeli	2006	1	<0.001	0.005	<0.001	0.90
Ylistaro	2006	1	<0.001	0.76	0.16	0.91
Jokioinen	2007	1	<0.001	0.15	0.006	0.94
Maaninka	2007	1	<0.001	<0.001	<0.001	0.94
Mikkeli	2007	1	<0.001	0.025	0.019	0.82
Ylistaro	2007	1	<0.001	0.78	0.62	0.77

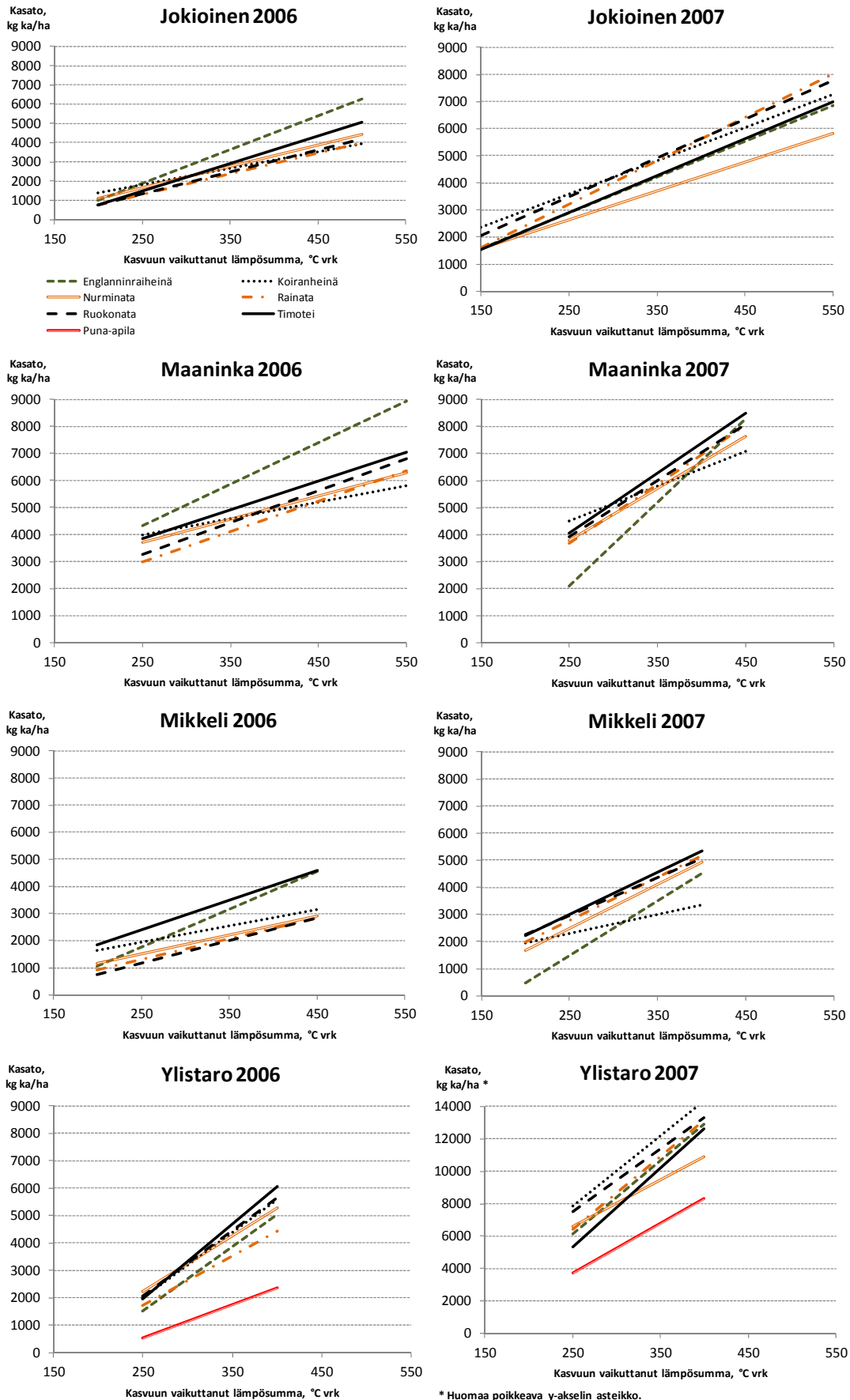
LS = kasvuun vaikuttanut lämpösumma (+ 5 ° C:sta)

R² = selitystaste

Kullekin paikkakunnalle, vuodelle ja kasvilajille sovitettujen regressiosuorat esitetään kuvassa 3.3. Kun tarkastellaan vain tasoeroja, englanninraiheinällä oli korkein ja timoteilla toiseksi korkein satotaso Maaningalla vuonna 2006 (Tukeyn parivertailu). Samana vuonna Mikkelissä timotein sato oli korkein ja englanninraiheinän toiseksi korkein, koiranheinän yltäessä kolmanneksi. Englanninraiheinän satotaso romahti selkeästi toisenä nurmivuonna, sillä vuonna 2007 molemmilla paikkakunnilla sen satotaso poikkesi toiseen suuntaan ollen muita alhaisempi. Mikkelissä myös koiranheinä tuotti keskimäärin yhtä matalan sadon kuin englanninraiheinä. Puna-apilan satotaso Ylistarossa oli kuvan perusteella selvästi alhaisempi kuin heinillä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Kulmakerrointen (LS × kasvilaji – yhdysvaikutus) välille ei tehty parivertailuja. Kuvien perusteella englanninraiheinä poikkeaa selvästi muista nopeammalla kasvuvauhdillaan Jokioisissa, Maaningalla ja Mikkelissä vuonna 2006 sekä Maaningalla ja Mikkelissä vuonna 2007. Nurminata kasvoi muita hitaammin Jokioisissa vuonna 2007, samoin koiranheinä Mikkelissä samana vuonna.

Sovittujen regressiosuorien parametrit esitetään taulukossa 3.7, ja apilan osalta taulukossa 3.9 Mikkelin apilakokeen yhteydessä. Kulmakerroin kertoo, kuinka monta kiloa kuiva-ainetta sato lisääntyy yhtä astepäivää kohden sillä ajanjaksolla, jolta niittoja on tehty.



Kuva 3.3. Kasvuun vaikuttaneen lämpösomman ja kasvilajin vaikutus kuiva-ainesatoon 1. sadossa eri paikakunnilla ja eri vuosina.

3.3.3 Toinen sato

Kuten ensimmäisessä sadossakin, lämpösumman vaikutus kuiva-ainesadon kertymiseen oli erittäin merkitsevä myös toisessa sadossa (taulukko 3.6). Mallien selitysasteet olivat myös toisessa sadossa varsin korkeat, mikä ei ole kovin yleistä: esimerkiksi kuivuus niiton jälkeen vaikuttaa kasvunopeuteen ratkaisevasti (Pulli 1980, Virkajärvi 2003). Vuoden 2006 selitysasteet ja kasvunopeudet olivat kuitenkin vuotta 2007 selvästi alhaisempia, mikä selittyy juuri kuivalla loppukesällä (kuva 3.2). Kasvilajin vaikutus satoon oli vähäisempää kuin 1. sadossa. Maaningalla kasvilajien väliset erot eivät olleet merkitseviä kumpanakaan vuonna. Eroja ei ollut myöskään Jokioisissa vuonna 2006 eikä Ylistarossa vuonna 2007. Vuonna 2007 kasvilajilla oli vaikutusta sekä satotasoon että kasvunopeuteen Jokioisissa ja Mikkelissä, ja vuonna 2006 kasvilajeilla oli taasoero Ylistarossa. Vuonna 2006 Mikkelistä oli käytettävissä vain yksi korjuuaika toisesta sadosta, joten lämpösumman vaikutusta kasvuun ei voitu määrittää.

Taulukko 3.6. Kasvuun vaikuttaneen lämpösumman, kasvilajin ja näiden yhdysvaikutuksen vaikutus kuiva-ainesatoon 2. sadossa. Vuodet ja paikkakunnat on analysoitu erikseen.

Paikkakunta	Vuosi	Sato	p-arvot			R ²
			LS	kasvilaji	LS*kasvilaji	
Jokioinen	2006	2	<0.001	0.50	0.77	0.49
Maaninka	2006	2	<0.001	0.15	0.18	0.78
Mikkeli	2006	2				
Ylistaro	2006	2	<0.001	0.004	0.0855	0.64
Jokioinen	2007	2	<0.001	0.033	<0.001	0.88
Maaninka	2007	2	<0.001	0.19	0.20	0.92
Mikkeli	2007	2	<0.001	<0.001	<0.001	0.97
Ylistaro	2007	2	<0.001	0.44	0.10	0.83

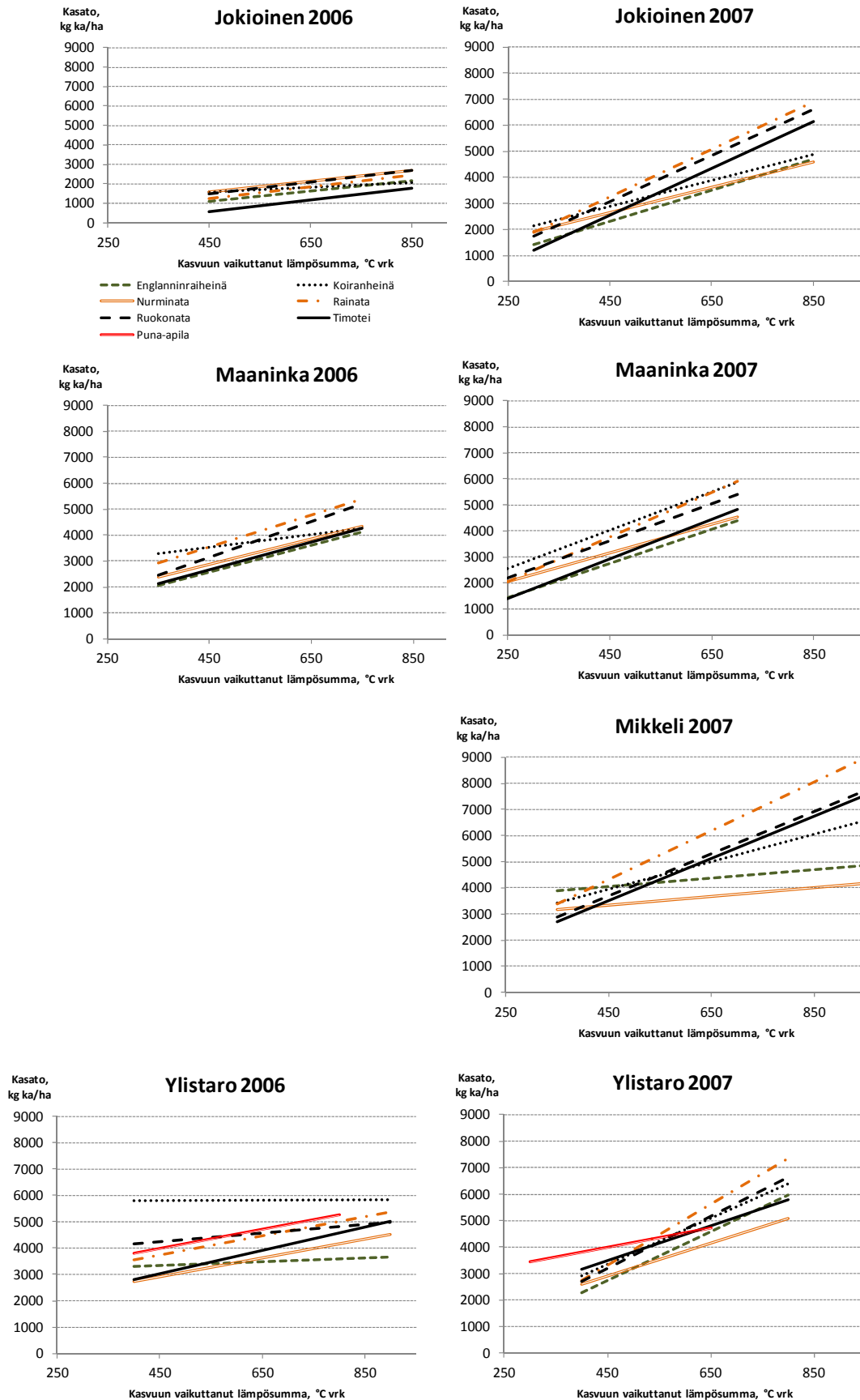
LS = kasvuun vaikuttanut lämpösumma (+ 5 ° C:sta)

R² = selitysaste

Vuonna 2006 Ylistarossa koiranheinä tuotti selvästi suurimman sadon (Tukeyn parivertailu). Jokioisissa rainata ja ruokonata tuottivat suurimmat sadot vuonna 2007. Rainata kasvoi hyvin myös Mikkelissä vuonna 2007, jolloin sen sato oli kaikista suurin. Nurminadan sato oli puolestaan alhaisin.

Kasvilajilla oli vaikutusta kasvunopeuteen ainoastaan Jokioisissa ja Mikkelissä vuonna 2007. Jokioisissa rainata, ruokonata ja timotei näyttivät kuvan 3.3 perusteella kasvaneen nopeammin kuin koiranheinä, nurminata ja englanninraiheinä. Mikkelissä tilanne oli hyvin samankaltainen, ainoastaan koiranheinä näytti siellä kasvaneen nurminataa ja englanninraiheinää nopeammin.

Kullekin paikkakunnalle, vuodelle ja kasvilajille sovitettujen regressiosuorien parametrit esitetään taulukossa 3.7. Ensimmäisen ja toisen sadon ero kasvunopeuksissa on selkeä kaikilla kasvilajeilla: toisessa sadossa kasvu on huomattavasti hitaampaa yhtä astepäivää kohden, mikä kuvastaa hyvin alkukesän hyviä kasvuolosuhteita ja korrellisten versojen hyvää kasvupotentiaalia yleisesti (Virkajärvi ym. 2012).



Kuva 3.4. Kasvuun vaikuttaneen lämpösusman ja kasvilajin vaikutus kuiva-ainesatoon 2. sadossa eri paikakunnilla ja eri vuosina.

Taulukko 3.7. Regressiosuorien parametrit eri kasvilajeilla.

1. sato	Vakio						Kulmakerroin					
	Englannin- raiheinä	Koiran- heinä	Nurmi- nata	Rainata	Ruoko- nata	Timotei	Englannin- raiheinä	Koiran- heinä	Nurmi- nata	Rainata	Ruoko- nata	Timotei
Jokioinen 2006	-2520	-299	-1141	-1372	-1573	-2089	17.6	8.5	11.2	10.7	11.5	14.2
Jokioinen 2007	-428	498	-53	-806	-110	-507	13.2	12.3	10.7	16.1	14.3	13.6
Maaninka 2006	473	2458	1546	156	329	1162	15.4	6.1	8.6	11.3	11.8	10.7
Maaninka 2007	-5651	1259	-1035	-1780	-1233	-1484	31.0	13.0	19.2	21.9	20.7	22.1
Mikkeli 2006	-1770	405	-278	-596	-946	-328	14.1	6.1	7.1	7.6	8.4	10.9
Mikkeli 2007	-3600	532	-1613	-1235	-586	-879	20.3	7.1	16.4	16.0	14.1	15.5
Ylistaro 2006	-4322	-3927	-2831	-2816	-3932	-4865	23.4	23.7	20.3	18.1	23.9	27.3
Ylistaro 2007	-5086	-2908	-661	-4764	-2208	-6728	44.9	43.2	28.9	44.8	38.8	48.4

2. sato	Vakio						Kulmakerroin					
	Englannin- raiheinä	Koiran- heinä	Nurmi- nata	Rainata	Ruoko- nata	Timotei	Englannin- raiheinä	Koiran- heinä	Nurmi- nata	Rainata	Ruoko- nata	Timotei
Jokioinen 2006	-107	991	322	-109	141	-759	2.7	1.3	2.8	3.0	3.0	3.0
Jokioinen 2007	-395	624	476	-841	-897	-1486	6.0	5.0	4.8	9.1	8.8	9.0
Maaninka 2006	241	2459	674	782	21	276	5.2	2.4	4.9	6.1	6.9	5.3
Maaninka 2007	-228	707	657	-114	396	-528	6.6	7.4	5.5	8.6	7.1	7.7
Mikkeli 2006												
Mikkeli 2007	3329	1545	2577	115	41	-129	1.6	5.3	1.7	9.3	8.1	8.1
Ylistaro 2006	3010	5762	1339	2114	3501	1030	0.7	0.1	3.5	3.6	1.6	4.4
Ylistaro 2007	-1428	-531	120	-1849	-1200	541	9.2	8.7	6.2	11.5	9.8	6.6

3.3.4 Puna-apila

Mikkelissä vertailtiin puhtaan puna-apilan, puna-apila/timotei-seoksen sekä puna-apila/timotei/ruokonata-seoksen sadon kehitystä. Lajikkeet olivat samat kuin puhtaina kasvustoina käytetyt.

Ensimmäisessä sadossa Mikkelissä lämpösumma vaikutti merkitsevästi kuiva-ainesadon määrään, mutta seoksen merkitys ei ollut tilastollisesti merkitsevä (taulukko 3.8). Kuvasta 3.5 kuitenkin nähdään, että vuonna 2007 puhtaan apilan satotaso on romahtanut selvästi seoksia alhaisemmaksi. Tämä alentaa selitystasetta, mutta lisäksi kuiva-ainesato laskee aineistossa toisen ja kolmannen niittohetken välillä molemmilla heinäseoskoejäsenillä. Toisessa sadossa lämpösumma ei vaikuttanut sadon määrään, ts. sadon määrä ei selkeästi lisääntynyt osaniittojen välisenä aikana. Kuten ensimmäisessä sadossa, myös toisessa sadossa puhtaan apilakasvuston satotaso oli alhainen vuonna 2007. Satotasot eivät myöskään kasva lineaarisesti, vaan välillä nousevat ja välillä laskevat. Tämä näkyy erittäin huonona mallin selitystasena. Todennäköisesti tulokset kuvaavat osaltaan apilan viljelyyn liittyvää vuosittaisten vaihtelun riskiä, joka on yksi seikka viljelypäättöksiä tehdessä. Joka tapauksessa sekä viljelytekniiset että ympäristösyöt yleisesti puoltavat nykykäytäntöä viljellä apilaa seoksina heinäkasvien kanssa (Saarijärvi ym. 2004, Riesinger 2010).

Mallien regressiokertoimet esitetään taulukossa 3.9. Kuten heinillä, myös apilalla kasvunopeuksien ero ensimmäisen ja toisen sadon välillä on suuri.

Taulukko 3.8. Kasvuun vaikuttaneen lämpösumman, seoksen ja näiden yhdysvaikutuksen vaikutus kuiva-ainesatoon. Vuodet ja sadot on analysoitu erikseen.

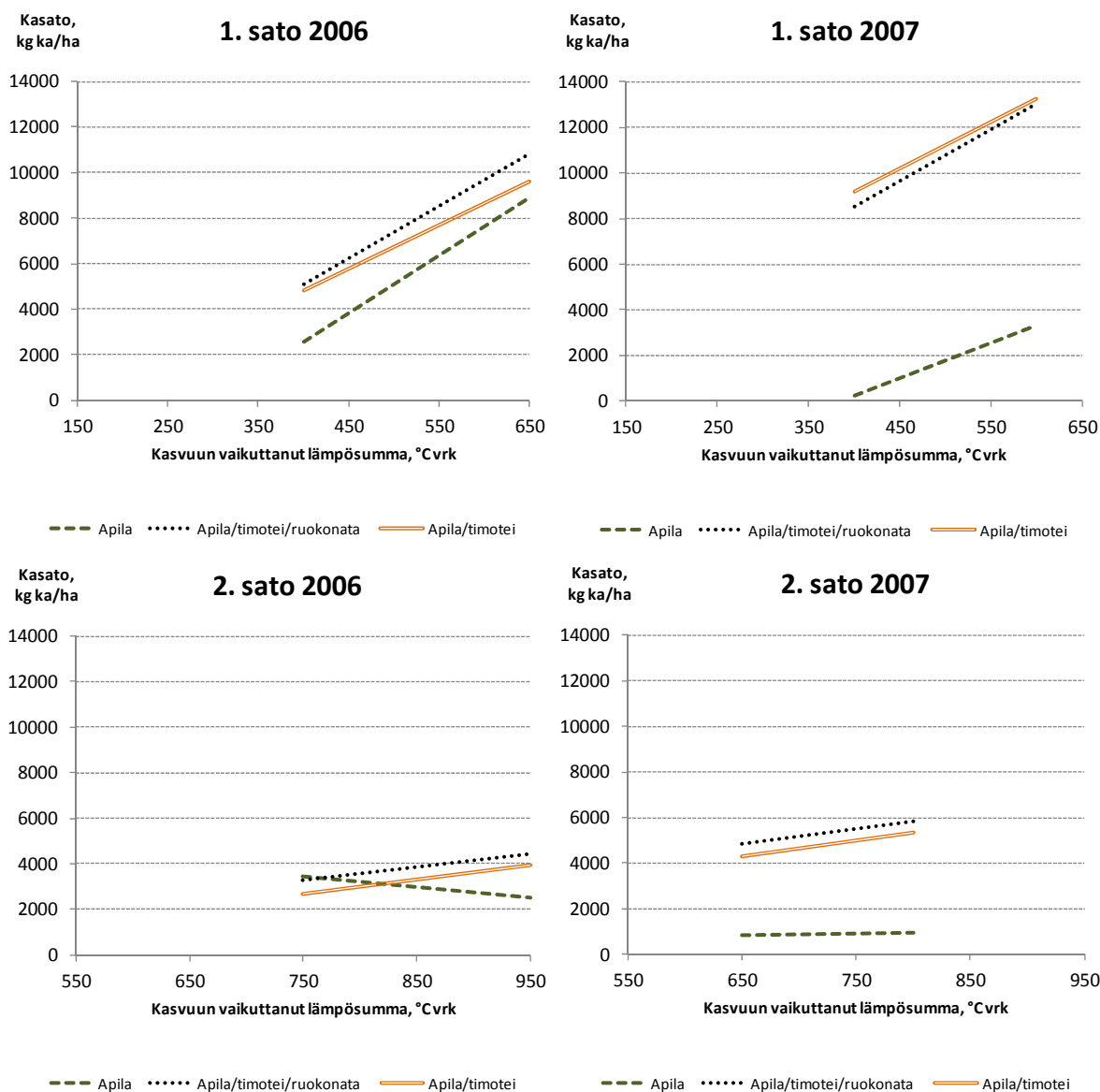
Paikkakunta	Vuosi	Sato	p-arvot			R ²
			LS	Seos	LS*seos	
Mikkeli	2006	1	<0.001	0.52	0.72	0.77
Mikkeli	2007	1	0.012	0.70	0.91	0.33
Mikkeli	2006	2	0.18	0.044	0.030	0.60
Mikkeli	2007	2	0.28	0.99	0.78	0.16

LS = kasvuun vaikuttanut lämpösumma (+ 5 ° C:sta)

R² = selitystaste

Taulukko 3.9. Mikkelin apilakokeen sekä Ylistaron apilakoejäsenen regressiosuorien parametrit.

	Vakio				Kulmakerroin		
	Sato	Apila	Apila/timotei/ ruokonata	Apila/ timotei	Apila	Apila/timotei/ ruokonata	Apila/ timotei
Mikkeli 2006	1	-7618	-4065	-2866	25.4	22.9	19.2
Mikkeli 2007	1	-5858	-507	1002	15.3	22.6	20.4
Mikkeli 2006	2	7128	-1129	-2122	-4.9	5.9	6.4
Mikkeli 2007	2	508	572	-154	0.5	6.6	6.8
Ylistaro 2006	1	-2495			12.1		
Ylistaro 2007	1	-3857			30.4		
Ylistaro 2006	2	2381			3.6		
Ylistaro 2007	2	2381			3.6		



Kuva 3.5. Kasvuun vaikuttaneen lämpösumman vaikutus apilan ja apilaseosten kuiva-ainesatoon Mikkelissä.

3.3.5 Viralliset lajikekokeet

Lajikkeella on vaikutusta kasvilajien satotasoihin. Tästä johtuen edellä esitetty koejärjestely ei ole välttämättä ollut tasapuolinen kaikkia koejäseniä kohtaan, koska siihen ei ole valittu jokaiselta kasvilajilta satoisinta lajiketta. Tämän vuoksi kasvilajien välistä satotasoeroa tarkasteltiin myös lajikekoeaineistojen pohjalta. Lajikekoeaineistosta ei voida määrittää kasvunopeuksia, koska niissä ei ole erilaisia niittoaikoja.

Myös virallisesta lajikekoeaineistosta valittiin kultakin kasvilajilta yksi lajike, ja verrattiin niiden satotasoja toisiinsa, mikä on syytä ottaa huomioon tulosten tulkinnessa. Tulokset esitetään taulukossa 3.10. Koska osalla paikkakunnista ja kasvilajeista sato on korjattu kolme kertaa kesässä, esitetään ensimmäisen sadon tulokset sekä koko kesän kokonaissadot. On huomioitava, että eri kasvilajien niittoajat 1. sadossa eivät ole olleet aivan samaan aikaan, sillä nadat ohjeistetaan niittämään kun kukintojen osuus on 5–10 %, timoteilla vastaava luku on 20–30 %. Näin ollen timotei on saanut kasvaa natoja kauemmin ensimmäisessä sadossa, ja puna-apila yleensä kaikkein pisimpään. Myös niittokertojen vaihtelu vaikuttaa ensimmäisen sadon satotasoon siten, että kaksi kertaa niitettävät kasvustot saattavat saada tästä etua. Kokonaissadossa tilanne kuitenkin tasoittuu.

Puna-apilan satotaso oli selvästi alhaisin sekä ensimmäisessä sadossa että kokonaissadossa. Tämä johtuu siitä, että virallisessa lajikekoeaineistossa apilaa viljellään yleensä seoksena heinän kanssa, ja tuloksissa esitetään puhdas apilasato. Tämä luonnollisesti alentaa apilan satotasoa tässä tarkastelussa, vaikka onkin varsin perusteltu koejärjestely verrattaessa eri apilalajikkeita toisiinsa. Keskimäärin kasvustossa oli apilaa 59 %. Vaihteluväli oli kuitenkin 6–100 %, eli seossuhteissa oli huomattavaa vaihtelua. Tämä ei kuitenkaan näyttänyt johtuvan nurmen iästä. Ensimmäisessä sadossa Grindstad-timotein sato oli suurin, eikä rainadan, ruokonadan ja nurminadan välillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Kokonaissadossa nurminadan sato jäi toiseksi matalimmaksi apilan jälkeen, eikä timoteilla, rainadalla ja ruokonadalla ollut tilastollisesti merkitseviä eroja satotasossa. Rai- ja ruokonata saivat siis timotein 1. sadossa saaman etumatkan kiinni jälkisadoissa.

Taulukossa 3.11 esitetään virallisten lajikekokeiden nate-aineisto. Eri natalajeja viljellään samoissa kokeissa, jolloin niiden keskinäinen vertailu on tasapuolisempaa kuin vertailu timoteihin ja puna-apilaan. Taulukosta nähdään, että 1. nurmivuonna ruokonadalla oli korkein satotaso ja nurminadalla ja rainadalla yhtä korkea. Toisena ja kolmantena vuonna ruoko- ja rainadalla oli yhtä korkea satotaso, ja nurminadalla näitä alhaisempi. Tässä taulukossa esitetyt p-arvot ovat parivertailuja rainata Felinaan.

Samansuuntainen tulos ruokonadan korkeasta satotasosta nurminataan nähden on saatu virallisista lajikekokeista myös aiemmin. Niemeläinen ym. (2001) vertasi ruokonata Retua useisiin virallisissa lajikekokeissa tutkittuihin nurminatoihin (mm. Antti ja Kasper). Ensimmäisenä satovuonna kasvilajien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kokonaissadoissa, mutta toisena ja kolmantena nurmivuonna ruokonadan kokonaissato oli selvästi suurempi.

Taulukko 3.10. Virallisten lajikekokeiden 2000–2011 aineistosta lasketut kasvilajien väliset satotasoerot kuiva-ainesadossa (kg ka/ha).

Kasvilaji	Lajike	1. sato	Kok. sato
Puna-apila	Betty	3480 a	5110 a
Rainata	Felina	3590 ab	10360 c
Ruokonata	Retu	3890 b	10510 c
Nurminata	Kasper	4030 b	9220 b
Timotei	Grindstad	5110 c	10710 c
p-arvot		<0.001	<0.001

Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt eivät eroa toisistaan (Tukey-Kramerin testi)

Taulukko 3.11. Virallisten lajikekokeiden natalajien kuiva-ainesadot (kg ka/ha) vuosilta 2000–2011.

		1. nurmi- vuosi		2. nurmi- vuosi		3. nurmi- vuosi	
Rainata	Felina	9261		10998		10015	
Ruokonata	Kora	10380	**	11486		10549	o
Ruokonata	Retu	10216	**	11123		10069	
Nurminata	Inkeri	9690		9986	**	8445	***
Nurminata	Kasper	9613		9663	***	8204	***

o p<0,1 ** p<0,01 *** p<0,001 (parivertailu verrattuna Felinaan)

3.3.6 D-arvo

Kasvilajien sulavuus (D-arvo) määritettiin niittoaika-aineistosta NIR-menetelmällä MTT Kasvintuotannon tutkimuksen laboratoriossa. Tämän lisäksi osasta näytteistä tehtiin myös referenssimäärytykset määrittämällä D-arvo sellulaasisulavuuden tai iNDF:än avulla. Tällä haluttiin tarkistaa NIR-kalibroinnin luotettavuutta ja korjata NIR-tuloksia tarvittaessa. Tämän aineiston avulla tutkitaan D-arvon alenemisnopeuden eroja eri kasvilajien välillä. Lisäksi lajikekoeaineiston avulla voidaan tarkastella kasvilajien välisiä tasoeroja sulavuudessa. Tämä tarkastelu julkaistaan myöhemmin.

3.4 Johtopäätökset

Sinänsä ei ole ihme, että timotein asema nurmiviljelyssä on Suomessa vahva – tätä puoltaa sen hyvä sadontuottokyky ja viljelyvarmuus. Toisen sadon alhaisuus kuivina vuosina on edelleen timotein heikkous. Nurminata ei tässä tutkimuksessa osoittautunut erityisen hyväksi; ruoko- ja rainata osoittautuivat selvästi nurminataa satoisimmiksi. Toisessa sadossa rainadan kasvunopeus oli lähes aina numerollisesti korkein. Englanninraiheinä poikkesi selvästi muista nopeammalla kasvuvauhdillaan ensimmäisessä sadossa, mutta ei toisessa sadossa. Heikko talvenkestävyys hidasti kevään kasvuunlähtöä. Puna-apila/heinäseosten kasvunopeus oli parhaimmillaan verrattavissa typpilannoitettujen heinäkasvustojen kasvunopeuteen, mutta vuosivaihtelu oli erityisen suuri. Apilaa ei voida suositella viljeltäväksi puhdaskasvustona.

Tulosten perusteella käsitys eri heinäkasvilajien sadontuottopotentialista tarkentui, vaikka niiden rehuarvon kehityksen analysointi jäi puutteelliseksi. Tuloksia voidaan ennen kaikkea käyttää rehunkorjuu- ja talousmallien aineistona. Toistaiseksi em. laskelmissa on harvoin käsitelty laji- tai lajikevalinnan vaikutuksia tuotannon järjestämiseen tai talouteen. Esimerkiksi saatuja kasvunopeuskertoimia voidaan käyttää laskelmissa arvioitaessa säilörehun korjuukapasiteettivaatimusta tilanteessa, jossa korjuuta aikaistetaan tai myöhästytetään nykyisestä. Tuleva rehuarvomutoksen (mm. D-arvo) tarkastelu tulee parantamaan talouslaskelmien käyttökelpoisuutta entisestään.

Niemeläinen, O., Jauhiainen, L. & Miettinen, E. 2001. Yield profile of tall fescue (*Festuca arundinacea*) in comparison with meadow fescue (*F. pratensis*) in Finland. Grass and Forage Science 56: 249-258.

Pulli, S. 1980. Growth factors and management technique used in relation to the developmental rhythm and yield formation pattern of a pure grass stand. Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland 52: 281-329.

Riesinger, P. 2010. Agronomic challenges for organic crop husbandry. University of Helsinki, Faculty of Agriculture and Forestry, Department of Agricultural Sciences (Diss.). 91 s.

Robson, M.J., Ryle, G.J.A. & Woledge, J. 1988. The grass plant – its formation and function. s. 25-84. Teoksessa: Jones, M.B. & Lazenby, A. (toim.) The Grass Crop. The Physiological Basis of Production. Chapman and Hall, London.

Saarijärvi, K. 2008. Nitrogen cycling on intensively managed boreal dairy pastures. Agrifood Research Reports 134: 71 s. + 4 liitettä. Diss.: Kuopion Yliopisto, 2008.

Virkajärvi, P. 2003. Effects of defoliation height on regrowth of timothy and meadow fescue in the generative and vegetative phases of growth. Agricultural and Food Science in Finland 12, 3-4: 177-193.

Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Pakarinen, K. & Rinne, M. 2012. Timotein ja ruokonadan erot sadontuottoprosessissa. Teoksessa: Hyrkäs, M. & Virkajärvi, P. (toim.). Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit: NURFYSHankkeen 2006–2011 loppuraportti / MTT Raportti 56: s. 22-46.

MTT TEKEE TIETEESTÄ ELINVOIMAA

MTT RAPORTTI⁷⁸

www.mtt.fi/julkaisut

MTT Raportti -verkkojulkaisusarjassa julkaistaan maatalous- ja elintarviketutkimusta sekä maatalouden ympäristötutkimusta käsitteleviä tutkimusraportteja. Lukijoille tarjotaan tietoa MTT:n kaikilta tutkimusaloilta eli biologiasta, teknologiasta ja taloudesta.

MTT, 31600 Jokioinen.

Puh. 029 5300 700, sähköposti julkaisut@mtt.fi

