



Luonnonvara- ja
biotalouden
tutkimus 53/2016

Kestävä karjatalous

KESTO-maidon ja nurmentuotannon tutkimuksen tuloksia

Annu Palmio, Olli Niskanen, Sari Kajava, Sanna Kykkänen,
Maarit Hyrkäs, Auvo Sairanen

Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 53/2016

Kestävä karjatalous

KESTO-maidon- ja nurmentuotannon tutkimuksen tuloksia

Annu Palmio, Olli Niskanen, Sari Kajava, Sanna Kykkänen,
Maarit Hyrkäs, Auvo Sairanen

Luonnonvarakeskus, Helsinki 2016



ISBN: 978-952-326-297-3 (Painettu)

ISBN: 978-952-326-298-0 (Verkkajulkaisu)

ISSN 2342-7647 (Painettu)

ISSN 2342-7639 (Verkkajulkaisu)

URN: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-298-0>

Copyright: Luonnonvarakeskus (Luke)

Kirjoittajat: Annu Palmio, Olli Niskanen, Sari Kajava, Sanna Kykkänen, Maarit Hyrkäs, Auvo Sairanen

Julkaisija ja kustantaja: Luonnonvarakeskus (Luke), Helsinki 2016

Julkaisuvuosi: 2016

Kannen kuva: Kirsi Järvenranta

Painopaikka ja julkaisumyynti: Juvenes Print, <http://luke.juvenesprint.fi>

Alkusanat

Kestävä karjatalous (KESTO) -hankkeen tavoitteena oli edistää nautojen terveyttä ja tätä kautta tuotannon kannattavuutta vasikasta poistolehmään saakka. Tähän julkaisuun on koottu hankkeen maidontuotanto-osiossa tehtyjen Tuotosseurannan ja Terveystarkkailun aineistojen analysointien, lypsy-lehmien ruokintakokeiden sekä nurmikokeiden tulokset. KESTO maidontuotanto-osion tavoitteena oli etsiä keinoja lehmien eliniän nostoon, tuottaa arvioitua tietoa ja aineistoa keskituotoksen taloudellisesta merkityksestä sekä päivittää kolmen niiton korjuuaikastrategian ohjeistusta.

KESTO-hanke toteutettiin MTT:n, Savonia-ammattikorkeakoulun, A-Tuottajat Oy:n ja Faban yhteishankkeena 16.11.2012-31.12.2014. Hanketta rahoitettiin Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta, ja tuki myönnettiin Pohjois-Savon ELY-keskuksen kautta. Hankkeen yksityisrahoittajina toimivat A-Tuottajat Oy, Raisioagro, Valio Oy, Boreal Kasvinjalostus Oy ja Yara Suomi Oy. TTS Työtehoseura ja Helsingin yliopisto toimivat osatoteuttajina ostopalvelusopimusten kautta.

Hankkeen etenemistä seurasi ohjausryhmä, joka antoi arvokasta palautetta hanketyöntekijöille. Ohjausryhmän puheenjohtajana toimivat Heli Wahlroos (ProAgria Keskusten Liitto) ja Maarit Ilola (A-Tuottajat Oy) ja ohjausryhmän jäseninä olivat Maija Suhonen (Savonia-ammattikorkeakoulu), Erkki Joki-Tokola (MTT), Pirkko Taurén (Faba), Tuomas Herva (A-Tuottajat Oy), Merja Holma (Raisioagro), Mikko Korhonen (Valio Oy), Seija Jaakkola (Helsingin yliopisto), Pertti Niiranen (maatalousyrittäjä) ja Juha Ikäheimo (Pohjois-Savon ELY-keskus). Hankkeen toteuttajat kiittävät hankkeen rahoittajia, yhteistyökumppaneita ja ohjausryhmää erittäin hyvästä ja toimivasta yhteistyöstä.

Maaningalla 11.10.2016

Annu Palmio

Hankevetäjä

Luonnonvarakeskus

Sisällys

1.	Lypsykarjan keskituotos ja kestävyys.....	6
1.1.	Tiivistelmä.....	6
1.2.	Johdanto.....	7
1.3.	Aineisto ja menetelmät.....	8
1.4.	Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	9
1.5.	Karjanhoito ja lehmien kestävyys.....	15
1.6.	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	18
1.7.	Kirjallisuus.....	19
2.	Tuotostasojen pitkän aikavälin talousvertailu	20
2.1.	Tiivistelmä.....	20
2.2.	Johdanto.....	21
2.3.	Aineisto ja menetelmät.....	23
2.4.	Biologiset tulokset.....	28
2.5.	Taloudelliset tulokset.....	32
2.6.	Katelaskelman herkkyystarkastelu.....	32
2.7.	Poiston syyt ruokinnan intensiteetin mukaan luokiteltuna.....	35
2.8.	Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset.....	37
2.9.	Kirjallisuus.....	39
3.	Lypsylehmien ruokintakokeet.....	40
3.1.	Tiivistelmä.....	40
3.2.	Negatiivisen energiataseen hallinta.....	41
3.2.1.	Johdanto.....	41
3.2.2.	Aineisto ja menetelmät.....	42
3.2.3.	Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	44
3.2.4.	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	53
3.3.	Intensiivisen ruokinnan vaikutus lehmän pötsin pH-tasapainoon.....	54
3.3.1.	Johdanto.....	54
3.3.2.	Aineisto ja menetelmät.....	55
3.3.3.	Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	59
3.3.4.	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	65
3.4.	Kirjallisuus.....	66
4.	Nurmen korjuustrategiat	69
4.1.	Tiivistelmä.....	69
4.2.	Johdanto.....	70
4.3.	Korjuustrategiat timotei-nurminataseoksilla.....	72

4.3.1. Aineisto ja menetelmät.....	72
4.3.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu	74
4.3.3. Yhteenveto ja johtopäätökset	94
4.4. Niittorytitys ja lannoitus	95
4.4.1. Aineisto ja menetelmät.....	95
4.4.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu	98
4.4.3. Yhteenveto ja johtopäätökset	111
4.5. Korjuustrategiat ja täydennyskylvö	113
4.5.1. Aineisto ja menetelmät.....	113
4.5.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu	114
4.5.3. Yhteenveto ja johtopäätökset	119
4.6. Kirjallisuus.....	122

1. Lypsykarjan keskituotos ja kestävyys

Auvo Sairanen¹, Jouni Nousiainen² ja Annu Palmio¹

¹ Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@luke.fi

² Luonnonvarakeskus, Uudet Liiketoimintamahdollisuudet, Myllytie 1, 31600 Jokioinen

1.1. Tiivistelmä

Lypsylehmien keskituotosta on yleisesti pidetty karjan hyvyyden mittarina. Lehmien ruokinnan voimakkuuden avulla saavutettuun keskituotoksen nostoon oletettavasti liittyy sairastuvuusriskin ja samalla ennen aikaisten poistojen riskin lisääntyminen. Nämä tekijät heikentävät korkeasta keskituotoksesta saatavaa taloudellista etua pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Pitkän aikavälin tarkastelussa keskituotosta parempi mittari hyvälle karjalle on elinikäistuotos.

Keskituotosta voidaan nostaa ruokinnan keinoin lehmän perinnöllisen tuotoskyvyn rajoissa. Merkittävä tuotostason nosto saavutetaan ainoastaan korjaamalla mahdollinen aliruokinta. Tuotosseurantatiloilla ruokinnan energiapitoisuus nousi vain 0,2 MJ ME/kgka, kun keskituotosluokka nousi tasolta 6500 kg/v tasolle 11500 kg/v. Dieetin OIV-pitoisuus nousi vastaavasti 7 g OIV/kgka. Yli 8500 kg/v tuotosluokissa erot ruokinnassa eivät olleet merkittävän suuria. Suurissa tuotosluokissa lehmien syöntikyky oli merkittävästi lisääntynyt, mikä on todennäköisimmin seurausta perinnöllisistä eroista.

Maitotuotoksella ja poikimakerralla on voimakas positiivinen riippuvuus. Lehmien tuotantoiässä tai poikimakerroissa ei kuitenkaan ole suurta eroa matalan ja korkean keskituotoksen tilojen välillä eli tutkimusaineistossa hyvien tilojen kaikki poikimakerroalueet tuottivat hyvin. Holstein-rodun käyttö ja korkea tuotosindeksi korreloivat positiivisesti keskituotoksen kanssa. Aineistosta ei saada selville yksittäisiä management-tekijöitä kuten esimerkiksi rajoitettua rehun saatavuutta, mikä selittäisi matalaa tuotosta karjatasolla.

Lehmien tuotosindeksillä ja tuotantoiällä oli positiivinen riippuvuus, kun verrattiin keskenään samana vuonna syntyneitä lehmiä. Tuotostason jalostaminen ei kokonaisjalostusarvostelussa siten heikennä lehmien kestävyttä.

Asiasanat: maidontuotanto, kestävyys, keskituotos, jalostusarvo, ruokinta

1.2. Johdanto

Lypsylehmien keskituotosta on yleisesti pidetty karjan hyvyyden mittarina. Suomessa maidosta on pystytty maksamaan kohtuullisen korkeaa hintaa suhteessa rehukustannukseen, joten tuotostaso on ollut kannattavaa pitää korkeana voimakkaan ruokinnan avulla, ainakin lyhyellä tarkastelujaksolla. Taloudellisen tuoton lisäämiseksi karjatilat etsivät ruokinnan lisäksi myös muita keinoja korkean keskituotoksen ylläpitämiseksi.

Lehmien ruokinnan voimakkuuden eli intensiteetin avulla saavutettuun keskituotoksen nostoon oletettavasti liittyy sairastuvuusrisin ja samalla ennen aikaisten poistojen riskin lisääntyminen, mitkä puolestaan heikentävät tuotannon kannattavuutta pidemmällä aikavälillä tarkasteltuna. Pitkän aikavälin tarkasteluun keskituotosta parempi mittari hyvälle karjalle on elinikäistuotos. Tämä tunnusluku löytyy ProAgrian tuotostarkkailuraporteista ja on siten tilojen käytettävissä.

Kestävä karja tuottaa tarpeeseen nähden liikaa lehmävasikoita ja näiden vasikoiden kasvattaminen hiehomarkkinoille ei välttämättä ole kannattavaa toimintaa. Liharotusiemennysten ja hiehonkasvatuksen hallinta on oleellinen osa maitotilan tuotannon suunnittelua. Tämän kokonaisuuden tulee olla tasapainoinen. Karjan kokoon nähden liian suuri hiehomäärä helposti alentaa lypsylehmien poistokynnystä. Alhainen poistokynnys alentaa samalla karjan keskipoikimakertaa eikä karjassa välttämättä edes ehditä saavuttaa parasta tuotospotentiaalia ja elinikäistuotosta.

Elinikäistuotosta maksimoitaessa joudutaan karjassa pitämään myös hankalasti hoidettavia lehmä, joten eliniän maksimointi ei sekään ole itseisarvo. Pitkäikäisessä karjassa voidaan pitää esimerkiksi lehmä, joiden luonne on hankala tai soluluvut ovat korkeita. Vaikeasti hoidettavat lehmät vähentävät työviihtyvyyttä ja utareongelmat heikentävät meijeriin toimitettavan maidon laatua. Heikkilän (2006) mukaan taloudellisesti optimi poistoikä on simulointimallin perusteella vasta viidennellä lypsykaudella. Hoitomenetelmissä on huomattavia eroja tilojen välillä ja kunkin tilan täytyy löytää itselleen sopiva tavoitetaso kestävyuden ja elinikäistuotoksen välille. Nykyiseen noin 2,5 vuoden tuotantoikäen nähden elinikäioptimi on vielä kaukana.

Maitotuotostason nosto lehmien perinnöllisen tason parantamisen kautta on vuosia kestävä, jatkuva prosessi. Poikkeuksena tähän on mittavat jalostuseläinten ostot. Ruokintaa puolestaan voidaan muuttaa lyhyelläkin aikavälillä. Lehmien perimä määrittää kuitenkin rajat, joiden puitteissa keskituotosta voidaan säädellä. Aliruokinnalla tuotos voi helposti jäädä karjan potentiaalia alemmaksi, mutta ylikuokinnasta ei ole kustannusta vastaavaa hyötyä. Jokaisen karjatilan tulisi selvittää, mikä oman karjan tuotospotentiaali on. Apukeinona tässä on KarjaKompassi-ohjelmalla tehtävä ruokinnan päivälaskelma. Päivälaskelma sisältää tarkasteluajankohtana navetassa mitatun rehunkulutuksen, vastaavat rehuanalyysit sekä maitotuotostiedot. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea karjan vakioitu energiakorjattu maitotuotos. Vakiotuotoksesta on laskennallisesti poistettu erilaisten ruokintojen ja poikima-ajankohdan vaikutus. Mitä suurempi vakiotuotos, sitä suurempi karjan tuotospotentiaali on.

Yleisesti tiedetään, että lehmän tuotoskyky kasvaa aina viidenteen poikimakertaan saakka. Vakiotuotoslaskenta ei sisällä poikimakertaa, joten vakiotuotoksella ja eliniällä on positiivinen riippuvuussuhde. Ensikoiden tuotostaso on selkeästi pienempi verrattuna useasti poikineiden tuotostasoon (taulukko 1). Pitkäikäisessä karjassa ensikoiden osuus on pienempi verrattuna lyhytikäiseen karjaan. Tämän vuoksi pitkäikäisessä karjassa tehty ruokinnan päivälaskelma sisältää korkean vakiotuotoksen ruokinnasta riippumatta. Karjan geneettisen tason ja poikimakertavaikutuksen vuoksi pelkkä keskituotos kertoo karjan ruokinnan voimakkuudesta melko vähän.

Karjan keskituotosta voidaan edellä mainitun kuvauksen perusteella nostaa perimän parantamisen, ruokinnan intensiteetin tai lehmien eliniän noston kautta. Tuotostasot ovat vuosien mittaan nousseet, mutta muutos on ollut hidas. Tuotostason nostamiseen ei ole helppoa tietä. Toisaalta tuotostason nostamiselle täytyy löytyä taloudelliset perusteet.

Taulukko 1. Lehmien keskituotos poikimakerroittain vuosina 2010-2014 (ProAgria 2015).

	2010	2011	2012	2013	2014
Keskituotos, kg/lehmä	8 711	8 665	8 648	8 740	8 923
Ensikoiden keskituotos, kg/lehmä	7 813	7 750	7 695	7 737	7 857
Keskituotos, 2 kertaa poikineet	8 790	8 781	8 799	8 905	9 074
Keskituotos 3 + kertaa poikineet	9 416	9 350	9 357	9 475	9 679

Tutkimuksen tavoite

Lehmän eliniän ja samalla myös elinikäistuotoksen nostaminen on sekä eettisesti että taloudellisesti kannatettava tavoite. Käytäntö on kuitenkin osoittanut, että eliniän hallitseminen on hyvin vaikeaa. Lehmien eliniässä ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia viimeisten 15 vuoden aikana, mutta viimeisimpien vuosien aikana sekä lehmien elinikä että elinikäistuotos ovat aavistuksen nousseet. Tämän tutkimusosion tavoitteena on etsiä syitä, miksi toiset maatilat onnistuvat toisia paremmin karjan maitotuotostason ja kestävyuden hallinnassa. Lisäksi tarkastellaan keskituotoksen merkitystä osana karjanhoitoa. Pohjimmiltaan kysymys on tuotannon kannattavuudessa ja tämä tarkastelu löytyy tämän raportin osiosta ”2.2 Tuotostasojen pitkän aikavälin talousvertailu”. Aineiston käsittely oli yhteisen talousosion kanssa ja osa tulosten tarkastelusta on rajattu talousotsikon alle.

Tutkimuskysymyksiä olivat:

1. Mitkä tekijät selittävät karjan keskituotosta?
2. Miten ruokintaintensiteetti vaikuttaa lehmän tuotokseen?
3. Mitkä tekijät selittävät karjan elinikää?
4. Mitkä tekijät selittävät lehmän elinikäistuotosta?
5. Voiko keskituotokseen ja elinikään liittyvien management-tekijöiden merkitystä arvioida?

1.3. Aineisto ja menetelmät

Laskenta-aineisto

Maatalouden laskentakeskus toimitti tutkimuksen käyttöön Tuotosseurannan ja Terveystarkkailun aineistot vuosilta 2011 ja 2012. Nämä ovat ensimmäiset vuodet, joilta löytyy kattavasti maataloille tehtyjä ruokinnan päivälaskelmia. Aineisto sisälsi tällä hetkellä mitattavissa olevat lehmäkohtaiset tiedot. Valintakriteerinä maataloille oli päivälaskelmatietojen löytyminen. Lähtöaineistossa oli 5421 tilaa, joista muodostettiin peruslaskenta-aineisto. Aineistoa rajattiin tutkimuskysymyksen mukaan seuraavilla tekijöillä:

- alle 5000 kilon keskituotoksen tilat karsittiin pois
- ruokintaan liittyvissä kysymyksissä päivälaskelmia täytyi olla vähintään kolme vuodessa
- tuotantoon 15 % laajentaneet/supistaneet tilat karsittiin pois
- puutteellisia/virheellisiä tietoja sisältäneet tilat karsittiin pois

Ruokinnan intensiivisyyttä kuvaavan vakiotuotoksen laskenta

Maataloilla ei ole lehmäkohtaista rehunkulutuksen seurantaa, joten lehmäkohtaista vakiotuotosta ei voida aidosti laskea. Mittalypsyn perusteella lehmien tuotostiedot ovat kuitenkin yksilöllisiä ja lehmäkohtainen rehunkulutus voidaan laskennallisesti arvioida tuotostietojen, lehmän elopainon ja dieetin koostumuksen perusteella. Ruokinnansuunnittelun peruseriaate on, että väkirehun määrä nousee maitotuotoksen ja kokonaissyönnin mukaan. Erillisruokintatiloilla väkirehut jaetaan yksilöllisesti tuotostason ja -vaiheen mukaan. Seosrehutiloilla dieetin koostumus on sama karjan kaikille lehmille ja laskennassa voidaan käyttää päivälaskelmahetken dieetin koostumustietoja kaikille lehmille. Ruokinnansuunnittelun periaatteen mukaan kaikilla lehmillä on jotakuinkin sama väkirehupro-

sentti laskentahetken tilanteen mukaisesti myös erillisruokintatiloilla. Tästä yleisperiaatteesta on karjakohtaisia eroja.

Vakiotuotos kuvaa maitotuotosta ruokinnalla, jonka koko rehuannoksen syönti-indeksi (TDMI) on 100 pistettä ja rehuannoksen ohutsuolesta imeytyvän valkuaisen (OIV) pitoisuus 90 g/kg ka. Vakiotuotos on lehmän tuotos muunnettuna vastaamaan tuotosta 150 päivää poikimisen jälkeen. Jos mitattu tuotos on korkeampi kuin lehmän vakiotuotos, on kyseessä korkean intensiteetin ruokinta, ja toisaalta matalampi mitattu tuotos kertoo matalasta intensiteetistä. Luonnollisesti myös tilan olosuhteet, rehujen säilönnällinen laatu ja muut syöntiin tai olosuhteisiin liittyvät tekijät vaikuttavat syöntimääriin. Kesto-hankkeessa aineistosta laskettiin lehmäkohtainen energiakorjattu vakiotuotos (vEKM) Huhtasen ym. (2011) esittämien periaatteiden mukaisesti:

$$\text{vEKM (kg/päivä)} = \text{havaittu EKM-tuotos (kg/päivä)} + 0.131 \times (100 - \text{TDMI-indeksi}) + 0.142 \times (100 - \text{MP}) - 0.0481 \times (150 - \text{DIM}) + 6.96 \times \exp(-0.07 \times \text{DIM}).$$

TDMI-indeksi = kokonaiskuiva-aineen syönti-indeksi

MP = metaboloituva proteiini, vastaa rehuannoksen OIV-arvoa

DIM = aikaa poikimisesta.

TDMI-indeksi summaa väkirehun syönti-indeksin ja säilörehun syönti-indeksin. TDMI-indeksin laskentaperusteena oli säilörehun kuiva-aine 250 g/kg ka ja kokonaishappomäärä 80 g/kg ka.

Väkirehun syönti-indeksi laskettiin Huhtasen ym. (2011) artikkelin kaavalla 2. Koko rehuannoksen ravintoainepitoisuuksien laskennan vaatimaan kuiva-aineen syönnin arviointiin käytettiin Huhtasen ym. (2011) artikkelin kaavaa 14. Kaavan vaatima elopaino laskettiin aikuispainon ja lehmän iän perusteella:

$$\text{aikuispaino} = 0.0123 \times \text{keskituotos} + 548.44;$$

$$\text{elopaino} = \text{aikuispaino} \times (1 - 0.733 \times \exp(-0.0029 \times \text{ikä}))^2$$

Lopullinen kaava TDMI-indeksin ennustamiseksi oli:

$$-172.60 + 4.9410 \times \text{väkirehun syönti (kg ka)} + 0.6918 \times \text{OIV-pitoisuus (g/kg ka)} + 0.04606 \times \text{NDF-pitoisuus (g/kgka)} - 26.7317 \times \text{väkirehun osuus (kg ka/kg ka)} + 13.7632 \text{ ME-pitoisuus (MJ/kg ka)}$$

Laskentamallit

Lehmien keskituotoksen tilastollisessa mallinnuksessa käytettiin SAS HPMIXED-proseduuria. Yksilödatassa karjaa on käytetty satunnaismuuttujana, jolloin tilavaikutus tulee mallissa huomioitua. Tulosten tarkkuuteen vaikuttaa suuresti tietojen keruun luotettavuus tilatasolla. Ristiintaulukointia varten tilat oli jaettu keskituotoksen mukaan 1000 kilon välein kuuteen luokkaan.

1.4. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Lehmien keskituotoksen mallinnus

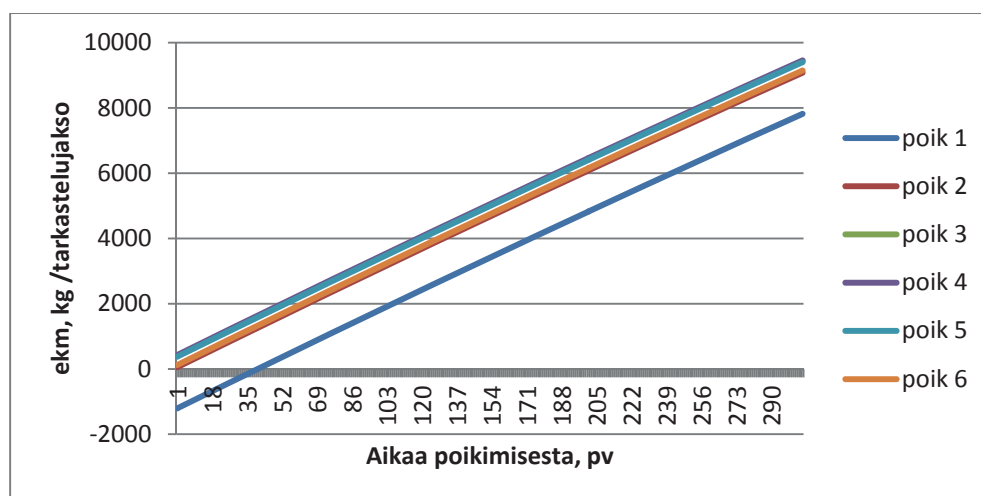
Lehmien keskituotos lisääntyi poikimakausien edetessä. Taulukko 2 sisältää aineistosta regressioanalyysillä mallinnetun energiakorjatun maitomäärän. Taulukossa esitetyn tuotosmallin luvut ovat suhteellisia ja ilmaisevat paljonko maitomäärä muuttuu, kun selittävä tekijä muuttuu yhden yksikön. Esimerkiksi yhtä tuotospäivän lisäystä kohti vuosituotos nousi lehmän ensimmäisen tuotantokauden alussa 31,1 kg. Tuotosfunktion toisen asteen negatiivinen lukuarvo ilmaisee päivätuotoksen laskevan tuotokauden edetessä. Poikimapäivän 31,1 päivätuotos pieneni 28,0 kiloon tuotospäivänä 305. Malli on yksinkertainen ja sitä kannattaa tulkita vain suhteellisten erojen kautta.

Taulukko 2. Poikimisesta kuluneen ajan, poikimakerran ja rodun vaikutus lehmien energiakorjatun maidon määrään (kg/vuosi).

	Vaikutus	sem	p
Vakio (intercept)	-1239	16	
Tuotospäivä	31.1	0.06	<0.001
Tuotospäivän neliötermi	-0.01	<0.001	<0.001
Poikimakerta			<0.001
Poikimakerta 1	0		
Poikimakerta 2	1261	3.8	
Poikimakerta 3	1610	4.4	
Poikimakerta 4	1636	5.4	
Poikimakerta 5	1584	7.2	
Poikimakerta 6	1329	8.1	
Rotu			<0.001
Holstein	420		
Ay	0		

Kuvassa 1 esitetään taulukon 2 mallin mukaan piirretyt lehmien vuosituotokset poikimakerroittain lypsykauden edetessä. Ensimmäisen tuotoskauden maitosumma 305 päivän kohdalla oli ensikoilla 1260 kiloa pienempi verrattuna kaksi kertaa poikineisiin. Kaksi ja kolme kertaa poikineiden tuotosero oli enää 349 kiloa ja poikimisten edetessä poikimakerran vaikutus vuosituotoksen osalta kutistuu hyvin pieneksi. Neljännen poikimakerran jälkeen tuotos alkaa hieman laskea. Tuotosmalli ei ota huomioon ensikoiden tasaisempaa lypsykäyrää useasti poikineisiin verrattuna ja ensikoiden tuotos estimoituu miinusmerkkiseksi poikimahetkellä. Tässäkin tapauksessa vuosituotoksen keskimääräiset erot eri poikimakertojen välillä ovat vertailukelpoisia.

Mallin mukaan holstein-lehmät ovat lypsäneet 420 kiloa enemmän kuin ayrshire-lehmät. Rotuluokka "muut" sisältää pääasiassa suomenkarjan lehmiiä ja maitotuotoksessa tämä luokka jäi 1240 kiloa ayrshirea pienemmäksi.



Kuva 1. Lehmien mallinnettu kumulatiivinen energiakorjattu maitosumma lypsykauden edetessä poikimakerroittain.

Kuvan 1 perusteella karjatila voi nostaa karjan keskituotosta vähentämällä ensikoiden osuutta. Tämä tarkoittaa karjan uudistusprosentin pienentämistä. Kymmenen prosentin vähennys uudistusprosentissa vastaa tässä aineistossa 150 kilon nousua 305 päivän tuotoksessa. Maitoa merkittävämmät säästöt tulevat hiehojen uudistuskustannuksen alenemisen kautta. Samalla mahdollisuus liharoturi-teytysten käyttöön siemennyksissä lisääntyy. Uudistuskustannuksen pieneminen 10 % alentaa uudistuskustannusta 200 euroa lehmää kohti vuodessa, jos hiehon hintana on 2000 €.

Jalostusindeksit

Taulukossa 3 on esitetty ekm-ennustemalli, johon on otettu mukaan korrelaatioiltaan merkittävimmät indeksit ekm:n ja jalostusindeksin välillä. Jalostusarvolla korjattu ekm-ennuste lisäsi ayrshiren ja holsteinin välistä tuotoseroa. Tämä johtuu osittain jalostusarvojen erilaisesta laskennasta eriroduilla ja indeksit eivät ole suoraan vertailukelpoisia rotujen välillä. Odotetusti selkein vaikutus tuotokseen oli tuotosindeksillä. Yhden pisteen lisäys tuotosindeksissä lisäsi keskimääräistä ekm-tuotosta 70 kg. Kymmenen pisteen ero karjojen välillä vastaa 700 kilon eroa keskituotoksessa. Kokonaisjalostusarvon vaikutus on huomattavasti pienempi. Kestävyys- ja rakenneindeksien vaikutus tuotokseen on melko pieni, mutta negatiivinen. Tulosta voi kuitenkin tulkita siten, että rakennejalostusta painottamalla karjan keskituotoksen nousu pysähtyy. Jalostusindeksit eivät myöskään yksinään pysty selittämään tilojen välisiä eroja keskituotoksessa.

Taulukko 3. Jalostusarvojen vaikutus ekm-tuotokseen (kg/v). Mukana vain korrelaatioiltaan (ekm*jalostusarvo) korkeimmat muuttujat.

	Vaikutus	sem	p
Vakio (intercept)	-4489	82.5	
Tuotospäivä	32.7	0.05	<0.001
Tuotospäivän neliötermi	-0.008	<0.001	<0.001
Poikimakerta			<0.001
Poikimakerta 1	0		
Poikimakerta 2	1306	3.4	
Poikimakerta 3	1697	4	
Poikimakerta 4	1777	5	
Poikimakerta 5	1808	6.7	
Poikimakerta 6	1746	7.7	
Rotu			<0.001
Holstein	791		
Ay	0		
Jalostusindeksit			
Tuotos	70	0.4	<0.001
NTM	21	0.4	<0.001
Utarerakenne	-10	0.3	<0.001
Kestävyys	-21	0.3	<0.001
Kasvu	-5	0.2	<0.001
Jalkarakenne	-4	0.2	<0.001

Keskituotosluokkien väliset erot ruokinnassa ja hoidossa

Ruokinnan intensiteettiä voi kuvata lehmältä tai karjasta mitatun ekm-tuotoksen ja vakioidun ekm-tuotoksen erotuksella (EKMerotus, kg). Kun erotus on 0 kg, niin ruokinta vastaa 100 TDMI pisteen vakio-ruokintaa dieetin OIV pitoisuudella 90 g/kgka. Nollan yläpuolella olevat luvut kuvaavat intensiteetiltään korkeaa ja negatiiviset erotusluvut intensiteetiltään matalaa ruokintaa. Intensiteetti voi tarkoittaa joko dieetin energiapitoisuutta tai tarjolla olevan rehumäärän rajoitusta. Aineistosta laskettu tunnusluku itsessään ei voi kertoa kummasta on kyse. Ruokintaintensiteetin vaikutusta arvioitiin lisäämällä EKMerotus taulukossa 3 esitettyyn regressiomalliin. EKMeron vaikutus oli yllättävän pieni, 44 kg ekm /kg EKMerotus. Aineistossa EKMerotus vaihteli käytännössä välillä -4 +4 kg. Kahdeksan kilon vaihtelu tarkoittaa, että ruokintaintensiteetin vaikutus mallinnettuun ekm-tuotokseen on vain 350 kiloa vuosituotoksessa. Keskituotoksen noustessa ruokinnan intensiteetti nousi, mutta se ei pysty selittämään aineiston tuotosluokkaeroja kuin pieneltä osalta. Poikimakerta pysyy yksittäisistä teki-
jöistä merkittävimpänä, kun haetaan eroja eri karjojen välille.

Taulukossa 4 on esitetty karjojen hoitoon liittyviä tunnuslukuja maitotuotosluokittain. Ristiintaulukoinnin lähdetietoina on karjakohtainen data. Keskituotosluokan lukuarvo ilmaisee tarkasteluluokan keskiarvon. Lukumääräisesti eniten tiloja on keskituotosluokissa 8500 ja 9500 kg maitoa. Kaikkien karjojen keskituotos otoksessa oli 8960 kiloa.

Keskikarjakoko aineistossa oli 33,7 lehmää. Voisi olettaa, että pienissä karjoissa on mahdollista keskittyä suuria karjoja enemmän lehmien yksilölliseen hoitoon ja tätä kautta saada korkeampia keskituotoksia. Aineiston perusteella matalammat keskituotosluokat olivat karjamäärältään hieman muita pienempiä, mutta yleisesti keskituotoksella ja karjakoolla ei havaittu riippuvuutta.

Päivälaskelmista saatu karjan vakiotuotos nousi keskituotosluokan mukana. Vakiotuotoksen laskennassa rehustuksen vaikutus on poistettu ja jäljelle jää poikimakerran ja lehmän perimän vaikutus. Keskituotoksen noustessa karjan lehmien poistoikä (vastaa poikimakertoja) ei noussut, joten vakiotuotos kuvaa tässä tapauksessa lehmän geneettistä tuotospotentiaalia. Perimän ja rehun laadun lisäksi vakiotuotokseen vaikuttaa esimerkiksi rehumäärän rajoittaminen. Vakiotuotoslaskenta sisältää rehumäärien punnituksen, jotta ravintoaineiden pitoisuudet dieetissä voidaan laskea. Tässä tutkimuksessa syönti määritettiin laskennallisesti, joten rehunjaon todellista rajoittamista navetassa ei voida arvioida. Voidaan kuitenkin olettaa, että matalimmassa keskituotosluokassa rehumäärän rajoitus on yksi mahdollinen tuotostason selittäjä.

Maatilan kannattaa tiedostaa, millä tasolla oman karjan vakiotuotos on. Maitotuotoksen mittaus ja rehuanalyysit ovat vakiotuotoslaskennassa ensiarvoisen tärkeitä. Jos karjan vakiotuotos vaihtelee laskentapäivien välillä, on todennäköisin syy virhe rehuanoksen koostumustiedossa. Myös mittalypsyypäivän maitomäärä voi poiketa karjan todellisesta pidemmän ajan keskiarvosta. Yksi virhelähde vakiotuotoksen tulkinnassa on mahdolliset rajoitukset lehmien rehunsaannissa. Tällainen virhe selviää ainoastaan navettakäynnin yhteydessä. Tutkimuksen aineisto sisälsi yhden vakiotuotostiedon tilaa kohti, joten tilan sisäistä vaihtelua vakiotuotoksessa ei päästy tarkastelemaan.

Korkeissa tuotosluokissa käytettiin mataliin tuotosluokkiin verrattuna kalliimpaa rehustusta eli enemmän valkuaisruokintaa, sulavaa säilörehua ja hieman enemmän erikoisrehuja. Suurin ero eri keskituotosluokkien välillä oli dieetin OIV-pitoisuudessa, mutta muuten dieettien eroja ei kuitenkaan voi pitää suurina. Dieetin OIV-pitoisuutta nosti valkuaisiivisteiden, puolitiivisteiden ja väkirehuprosentin nosto.

Tuotosluokan kohotessa lehmien väkirehuprosentti ja säilörehun D-arvo lisääntyivät. Säilörehun osalta muutos ei ole suuri (15 g/kg ka). Vastaavasti väkirehun osuus lisääntyi tuotosluokkaääripäiden välillä 7 % yksikköä. Säilörehun D-arvo selittää päivätuotosta noin 0,7 maitokilon verran päivässä ja väkirehuosuus samaa luokkaa. Vastaavasti lehmien ruokintaintensiteettiä kuvaava EKMerotus matalimman ja korkeimman tuotosluokan välillä oli 2 kg/pv, mikä selittää tuotosluokkien ääripäiden 5000 kilon erosta vain 600 kiloa. Edellä kuvattujen seikkojen perusteella karjatila ei ruokinnan keinoin voi nostaa keskituotostaan kuin korkeintaan seuraavaan tuotosluokkaan. Tilanne on eri, jos karjan ruo-

kintaintensiteetti on huomattavan matala karjan geneettiseen potentiaaliin verrattuna esimerkiksi ruokinnan rajoituksen tai heikon rehunlaadun vuoksi.

Taulukon 4 mukaan lehmien väkirehunkulutus ja kokonaissyönti nousivat tuotosluokkien mukana. Syöntimäärän lisäys ei ole kuin pieneltä osin seurausta dieetin koostumuksesta, joten jäljelle jää lehmien perimän ohjaama syöntikyky. Karjanomistajan voisi olla järkevää hankkia geneettiseltä pohjaltaan hyviä lehmävasikoita hiehonkasvatukseen, mikäli tavoitteena on karjan tuotostason nosto. Tässä tapauksessa vanhalle karja-aineikselle joutuu käyttämään suhteellisen paljon liharotusiemennyksiä.

Taulukko 4. Lypsylehmien ruokinta eri tuotosluokissa.

keski- tuotos- luokka	tiloja	lehmia/ tila	vakio- tuotos	305 pv ekm	MJ ME/ dieetti	OIV- dieetti	säilö- rehun D-arvo	Vr %	vr kgka	syönti kgka/pv	EKM- ero
6500	113	23.1	21.0	6921	11.2	94	664	43	6.8	15.9	-0.5
7500	371	28.5	24.6	7945	11.3	96	669	45	8.0	17.7	0.1
8500	909	34.4	26.0	8763	11.3	97	672	47	9.1	19.4	0.6
9500	918	36.4	28.0	9531	11.4	98	673	47	9.7	20.7	1
10500	381	34.6	29.4	10297	11.4	99	676	48	10.5	21.8	1.4
11500	69	29.9	30.8	11149	11.4	101	679	50	11.4	22.7	1.6

Maitotuotosennustetta tarkasteltaessa yhteenvedona on, että aineisto ei pysty selittämään kuin osan tilojen välisistä tuotoseroista. Ruokinnan mahdollisella rajoittamisella ja ruokintavirheillä pystytään alentamaan tuotosta. Jos taas tilan perusasiat ovat kunnossa, ruokinnallisoin keinoin tilalla vallitsevaa keskituotosta ei merkittävästi voi lisätä.

Tuotosindeksien vaikutus lehmien elinikään

Melko yleinen käsitys on, että karjan tuotostason noustessa lehmien elinikä lyhenee eikä tuotostason nostosta tämän vuoksi ole etua (Bengtsson 2011). Tämä pitää ainakin osittain paikkaansa, mikäli tuotosominaisuuksia korostetaan kestävyysominaisuuksien kustannuksella (Essl 1998). Kokonaisjalostusindeksi huomioi sekä tuotokseen että kestävyyyteen liittyvät ominaisuudet, joten pitkällä aikavälillä molemmissa ominaisuuksissa saavutetaan edistystä.

Taulukossa 5 on esitetty tämän tutkimuksen aineistosta laskettuja korrelaatiokertoimia lehmien iän ja tuotosten välille. Maitotuotoksella ja lehmien tuotantoiällä ei näytä olevan korrelaatiota. Maidon pitoisuudet huomioivilla tuotosindekseillä ja havaitulla maitotuotoksella puolestaan on lievä negatiivinen korrelaatio. Suoraan aineistossa olevat indeksit eivät huomioi lehmien perinnöllistä edistymistä vuosien saatossa ja korjaamattomat indeksiluvut sisältävät systemaattisen virheen, joka johtuu lehmän syntymävuoden ja tuotosindeksin positiivisesta korrelaatiosta. Jalostusindeksit on laskettu taulukossa 5 myös erotuksina lehmän syntymävuoden kaikkien lehmien indeksien keskiarvosta roduittain. Näiden erotusten ja lehmien tuotantoiän väliset korrelaatiot olivat positiivisia. Tämän aineiston perusteella lehmän tuotantoiä ja tuotosominaisuudet eivät ole keskenään käänteisiä ominaisuuksia. Hyvät tuotosominaisuudet omaavaa lehmää luonnollisesti pidetään karjassa mahdollisimman pitkään ja ilmeisesti näillä lehmillä vapaaehtoisin poiston todennäköisyys on pienempi verrattuna heikon tuotosominaisuuden lehtiin.

Taulukko 5. Tuotanto-ominaisuuksien ja jalostusindeksien väliset korrelaatiokertoimet. Jalostusindeksit (taulukon oikea yläosa) ovat suoraan aineistosta laskettuja arvoja. Taulukon alaosassa olevat jalostusindeksien väliset korrelaatiokertoimet on laskettu lehmien syntymävuosi ja rotu huomioiden. Kaikkien korrelaatiokerrointen tilastollinen merkitsevyys < 0,001.

	Maito- tuotos	Poikima- kerta	Tuotanto- ikä	Tuotosindeksit			
				Maito- tuotos	Valkuais- tuotos	Rasva- tuotos	Pitkä- maitoisuus
Maitotuotos	1.00	0.92	0.96	0.01	-0.07	-0.10	0.03
Poikimakerta	0.92	1.00	0.96	-0.13	-0.20	-0.18	-0.01
Tuotantoikä	0.96	0.96	1.00	-0.11	-0.18	-0.16	0.02
Erotuskorjatut jalostusindeksit							
	Maito- tuotos	Valkuais- tuotos	Rasva- tuotos	Pitkä- maitoisuus			
Maitotuotos	0.30	0.28	0.20	0.10			
Poikimakerta	0.14	0.14	0.10	0.05			
Tuotantoikä	0.17	0.17	0.13	0.08			

Lehmien elinikää kuvaavat tunnusluvut tuotosluokittain

Tuotosluokan noustessa lehmien poistoikä aleni luokkaan 9500 kg saakka (taulukko 6), mutta tämän jälkeen poistoikä pysyi samana. Poistoikää järkevämmässä tunnusluvussa tuotantoiässä on samankaltainen ilmiö. Tuotantoiän suhteen matalat ja korkeat tuotosluokat ovat samantasoisia. Olettamus korkeatuottoisten karjojen lyhytikäisyydestä ei tässä aineistossa pitänyt paikkaansa. Oletettavasti lehmien matala tuotosintensiteetti pidentää elinikää matalissa tuotosluokissa ja korkeissa tuotosluokissa on mitä ilmeisimmin ammattitaitoisin hoito. Bengtsson (2011) raportoi Ruotsin tarkkailuaineistossa samansuuntaisia tuloksia. Matalissa tuotosluokissa lehmät elivät 6 kk pidempään verrattuna korkeaan tuotosluokkaan, mutta tuotospäivien lukumäärässä matalatuottoiset olivat enää 2 kuukautta pidempi-ikäisiä korkeaan tuotosluokkaan verrattuna. Hiehojen riittävän aikainen poikiminen ja lyhyt umpikausi lisäävät lehmän tuotospäivien lukumäärää elinkaaren aikana.

Taulukko 6. Karjakohtaisia tunnuslukuja luokiteltuna karjan keskituotoksen mukaan.

keskituotos- luokka	elinikäistuotos, poistetut	tuotanto- ikä, pv	poisto- ikä, pv	uudistus %	poikima- väli, pv	poikima- ikä, pv	hieho- osuus %
6500	20970	1031	1899	31	447	833	70
7500	24342	992	1806	33	429	811	70
8500	25034	972	1806	35	419	802	74
9500	27096	942	1731	35	412	790	74
10500	30116	996	1731	35	408	783	75
11500	33934	1039	1798	33	413	787	75

Taloudelliselta kannalta tarkasteltuna lehmän elinikäistuotos summaa tuotostason ja eliniän vaikutukset. Poistettujen lehmien elinikäistuotokset nousevat keskituotosluokan mukaan, joten korkeammilla tuotostasoilla lehmä tuottaa eniten euroja karjassaolopäivää kohti.

Tuotostason noustessa lehmien poikimaväli lyheni ja poikimikä aleni. Eloisaolopäivää kohti tämä tarkoittaa korkeissa tuotosluokissa enemmän tuotospäiviä. Kahdessa alimmassa tuotosluokassa hiehojen osuus lypsässä olevien lehmien määrästä on 4 prosenttiyksikköä pienempi verrattuna ylempiin tuotosluokkiin. Keskiuudistusprosentti oli noin 35, kun keskituotosluokka oli yli 8500 kiloa.

1.5. Karjanhoito ja lehmien kestävyys

Karjan management

Lehmien kestävyteen liittyy paljon tekijöitä, jotka eivät suoraan näy tämän tutkimuksen käytössä olleissa tunnusluvuissa. Näistä voidaan käyttää nimityksiä management-tekijät, ”karjasilmä” tai hoitotekniikka. Kyse on viljelijän ammattitaidosta ja sitä voidaan kiertoteitse mitata yritystoiminnasta saatavan tulon euromääränä. Yritystuloon tietysti vaikuttaa muukin kuin tilan management. Kvalitatiivisesti ammattitaitoa voidaan tietysti kuvailla erilaisilla tunnusluvuilla kuten hoitojen määrä, maitotuotos, vasikkakuolleisuus, poikimaväli ym. Mitä useammassa kohdassa tila onnistuu, sen paremman lopputuloksen saavuttaa. Kestävän ja korkeatuottoisen karjan saamiseksi ei riitä, että on vain yhdessä tai muutamassa asiassa hyvä, täytyy hallita koko ketju. Ammattitaidolle ei ole vielä kehitetty mitään yhteismitallista indeksiä, joten ammattitaidon suora numeerinen vertailu tilojen välillä ei ole mahdollista.

Ammattitaitoa voidaan arvioida kiertoteitse joidenkin indikaattoritunnuslukujen kautta. Lehmien poikimaväli on yksi esimerkki tällaisesta. Lyhyt poikimaväli vaatii onnistumista monissa karjanhoitoon liittyvissä tekijöissä. Lyhyt poikimaväli ei ole itseisarvollinen tavoite ja pitkämaitoisten lehmien kohdalla poikimavälin pidentäminen on jopa suotavaa. Ammattitaitoinen karjanhoito kuitenkin todennäköisesti johtaa keskimäärin poikimavälin lyhenemiseen. Tämä näkyy myös taulukossa 6 matalien tuotosluokkien pitkässä poikimavälissä.

Toinen esimerkki ammattitaidon indikaattoritunnusluvuista on tilalla lopetettujen tai tilalla kuolleiden eläinten osuus poistoista. Kirjallisuuden mukaan tilalla kuolleiden eläinten osuus on matalatuottoisissa karjoissa korkeatuottoisia suurempi (karjojen väliset tilastot). Toisaalta karjan sisällä korkeatuottoisella lehmällä on suurempi tapaturmapoiston riski matalatuottoiseen verrattuna (Alvåsen 2014). Tämän tutkimuksen tunnusluvut tukevat tilakuolleisuushavaintoa, sillä tilalla kuolleiden eläinten osuus nousi 4,8 prosentista 8,7 prosenttiin kun siirryttiin korkeimmasta tuotosluokasta matalimpaan.

Kolmantena esimerkkinä ammattitaitoindikaattorista voi pitää poiston syiden kirjaamista seurantatietoihin. Taulukko 7 mukaan matalimmassa keskituotosluokassa suurin poistosyy on tuntematon eli poiston syytä ei ilmoiteta. Keskituotosluokan noustessa tuntemattoman poistosyyn osuus pienenee. Poisto- ja hoitotietojen ilmoittaminen on osa tilan kirjanpitoa ja työstään kiinnostunut viljelijä hoitaa myös tämän puolen tuotantotoiminnasta.

Tämän tutkimuksen mukaan lehmän poistaminen karjasta johtui yleisimmin utaretulehduksesta (taulukko 7), mikä tukee aiempia tutkimustuloksia (Heikkilä 2006). Utaretulehduksen ennaltaehkäisemisestä on useita tutkimuksia, mutta utareterveydessä ei ole saavutettu merkittävää parantumista. Suomalaiset vaatimukset maidon soluluvun tasossa osaltaan pitävät utareterveyttä korkeimpana poistosyynä. Uusia keksintöjä utareterveyden edistämiseksi ei ole ilmaantunut, joten olemassa olevien menetelmien hyödyntäminen on toistaiseksi ainoa keino tilanteen parantamiseksi.

Hedelmällisyysongelmat ovat toiseksi yleisin poistosyy. Tuotosluokan noustessa hedelmällisyyden merkitys poistosyynä ei kuitenkaan noussut. Korkea tuotostaso lisää energiavajetta poikimisen jälkeen ja tämä on yksi riski tiinehtyvyydelle. Karjatasolla ruokinnan voimistuminen ilmeisesti kompensoi ilmiötä. Utareen rakenteella on tuotostason noustessa lisääntyvät vaatimukset ja tämä näkyy myös poiston syissä. Merkilläpantavaa on huonon tuotoksen ja jalostusarvon keskimäärin 6 % poistosuus. Tilan kannattaa laskea uudistuksesta koitua kustannus ennen heikkotuottoisen lehmän poistopäätöstä.

Taulukko 7. Lehmien poistosyyt ja niiden prosentiosuudet kaikista poistoista keskituotosluokittain.

Poiston syy (%)	Tuotosluokka						keskimäärin
	6500	7500	8500	9500	10500	11500	
Utaretulehdus	16	19	20	21	20	18	19
Hedelmällisyys	16	17	17	17	17	16	17
Tuntematon	26	19	12	9	8	11	14
Muu syy	7	6	6	6	7	10	7
Huono tuotos tai jalostusarvo	5	6	7	7	7	5	6
Utarerakenne	3	4	6	8	8	7	6
Vedinvamma	5	6	5	5	6	6	6
Jalkasairaus	5	5	5	5	6	5	5
Muu sairaus	3	3	4	4	4	4	4
Jalkarakenne	2	3	3	3	3	4	3
Tapaturma	3	3	3	3	3	4	3
Ruuan sulatuskanavan sairaus	2	2	3	2	3	3	3
Poikimahalvaus	2	2	2	2	2	2	2
Huono luonne	1	1	2	2	2	2	2
Poikimavaikeus	2	2	2	1	1	1	2
Vanha	2	2	1	1	1	1	1
Huono lypsettävyys	1	1	1	2	2	2	1

Taulukossa 8 tutkimusaineiston karjat on luokiteltu poikimakertojen mukaan viiteen samansuuruisen luokkaan. Luokka yksi on poikimiskertojen suhteen heikoimmat 20 prosenttia karjoista ja luokka 5 puolestaan edustaa aineiston parasta 20 prosenttia. Parhaassa viidenneksessä lehmät poikivat yhden kerran enemmän verrattuna heikoimpaan viidennekseen. On perusteltua olettaa, että kotimaisella hoidolla ja karja-aineksella tila voi parantaa keskipoikimakertaansa tuolla yhdellä poikimisella. Tuotantoikässä tämä vastaa lähes yhtä kokonaista tuotoskautta. Karjan uudistusprosentti alenee vastaavasti 43 prosentista 26 prosenttiin, mitä voi pitää hyvänä tavoitteena. Kestävyydeltään parhaassa karjassa 10 lehmää kohti tarvitaan kaksi hiehoa vähemmän kuin kestävyydeltään heikoimmassa luokassa. Tämä tekee suoraan 20 % vähennystä uudistuskustannuksessa.

Poikimakertojen lisääntyessä karjan keskituotos nousi vain vähän. Poikimakertaluokan noustessa matalatuotoksisten ensikoiden osuus ääriluokkien välillä pienenee 20 %. Luku on edelleen niin pieni, että se ei dramaattisesti pysty vaikuttamaan karjan keskituotokseen. Toinen keskituotoksen nousua hillitsevä tekijä kestävässä karjoissa voi olla haluttomuus poistaa matalatuottoisia lehmiä, jos niillä ei ole muita syitä poistoon. Lehmien utareterveyttä kuvaava maidon soluluku ei noussut poikimakertojen mukana, joten pitkäikäisyys ei ole seurausta soluttavien lehmien pitämisessä karjassa.

Taulukkoon 8 on ruokintaesimerkkeinä poimittu ruokinnan intensiteettiä kuvaava EKMero, säilölöhön D-arvo ja rehunkulutus kg ka/pv. Näillä, kuten muillakaan ruokinnallisilla tekijöillä, ei ollut eroa poikimakertaluokkien välillä. Ruokinta ei pystynyt selittämään lehmien poikimakertojen määrää.

Karjakoko näyttäisi pienenevän poikimakertojen nousun mukaan. Karjanhoidon ammattitaitoa indikoiva poikimaväli myös alenee hieman poikimakertojen nousun myötä. Ilmeisesti pienissä karjoissa voi olla enemmän seuranta-aikaa yhtä lehmää kohti, mikä selittäisi osaltaan poikimakertojen kasvua.

Taulukko 8. Tuotannon tunnuslukuja poikimakertaluokittain. Aineisto on luokiteltu karjan keskipoikimakerran mukaan viiteen luokkaan, jossa luokka 1 edustaa aineiston heikointa viidennestä ja 5 aineiston parasta viidennestä.

Luokka	Karja-koko	Poik-kerta	Uudistus %	Poisto-ikä	Vuosi-tuotos	Hieho-osuus %	maidon solupit	Vakio-tuotos	Ek-m-ero	Rehua kg ka	Sr D-arvo	Poik väli
1	34	1.9	43	1651	8808	83	176	26.0	0.7	19.5	673	426
2	38	2.1	37	1711	8920	78	169	26.5	0.8	19.6	672	420
3	37	2.3	35	1740	8935	75	173	26.8	0.8	19.6	673	417
4	33	2.5	31	1794	9024	71	158	27.3	0.8	19.6	672	415
5	27	3.0	26	1914	9091	62	155	27.5	0.8	19.6	673	412

Tutustuminen Saksan ja Hollannin mallimaatiloihin

Kesto-hanke sisälsi matkan Saksaan ja Hollantiin tiloille, jotka olivat saaneet yhdistettyä lehmien pitkän eliniän ja korkean keskituotoksen. Vierailutiloja oli 7 kpl. Tarkoituksena oli tutustua näiden huipputilojen käytäntöihin ja löytää tekijöitä, jotka ovat edesauttaneet hyvän tuloksen syntymistä.

Yhteenvetona matkan annista voi todeta, että lehmien kestävyys voidaan saavuttaa hyvin monentyyppisillä toimilla. Tilat olivat hyvin erikokoisia, eri maat olivat eri lainsäädäntömääräyksien alaisia, laiduntamiskäytännöt olivat erilaisia, tilojen lypsyratkaisut ja eläinten hoito poikkesivat toisistaan. Joukossa oli jopa tuotantoa voimakkaasti laajentanut tila ja tästä huolimatta keskipoikimakerta oli 3,2. Isoimmilla tiloilla työvoima perustui palkattuun työvoimaan ja pienimmillä työt tehtiin pääosin oman perheen ja harjoittelijoiden turvin.

Jotain yhteistäkin vierailutiloilla oli. Ehkä tärkein yhteinen tekijä tiloilla oli omistajien aito kiinnostus eläimiä kohtaan ja sitoutuneisuus työntekoon. Tukitoimintoja oli ulkoistettu vaihteleva määrä, mutta työnjohto oli aina tiukasti omissa käsissä. Isäntäväki oli kaikilla tiloilla kiinnostunut karjan jalostuksesta ja oma karja myös tunnettiin hyvin. Huippuesimerkki oli hollantilainen Jos Knoef, jonka sadan lehmän maatilalla oli ollut vuoden 1997 jälkeen kaikkiaan 53 satatonnaria. Pitkäikäisten sonnisukujen käytön lisäksi yksi Knoefin menetelmistä lisätä lehmien elinikää oli sinnikäs siementäminen. Poikimavälillä ei hänelle ollut merkitystä, mikäli lehmä vain pysyy tuottavana. Knoefin tuotantofilosofia pohjautui hyvin pitkälti lehmien laiduntamiseen.

Yksi vierailutiloja yhdistävä tekijä oli poikivan lehmän seuranta ja hoito, mistä Suomen pitäisi ottaa mallia. Poikivat lehmät pidettiin omassa tilavassa osastossa ja ne yhdistettiin lypsävien osastoon vasta, kun ne oli todettu terveiksi. Kaikilla tiloilla oli rutiininomainen lämmön seuranta viikon ajan poikimisen jälkeen. Poikivien osastoilla käytettiin runsaasti kuivikkeita huolimatta kuivituksen korkeasta hinnasta. Vasikoiden hoidossa käytettiin yleisesti igluja sekä isommille vasikoille väljästi mitoitettuja ryhmäkarsinoita.

Utareterveyttä ylläpidettiin hyvillä navettaolosuhteilla sekä tarpeenmukaisella, Suomeen verrattuna ehkä runsaammalla, antibioottien käytöllä. Ennaltaehkäisevä umpihoito sekä vedinkanavan sulkeminen vahalla umpikauden ajaksi olivat tavanomaisia hoitotoimenpiteitä. Kiimojen käynnistämiseen saatettiin käyttää hormonihoitoja. Yksi yhteinen olosuhdetekijä tiloilla oli syväkuivikemakuuparet, joiden käyttöä tulisi demonstroida myös Suomessa. Ruokinnan merkitystä ei korostettu millään tilalla. Ilmeisesti maissisäilörehu antaa ruokinnalle hyvän pohjan eikä isoja väkirehumääriä tarvitse käyttää. Useimmat tilat tekivät eri rehuseokset korkeatuottoisille, matalatuottoisille/ensikoille sekä umpilehmille. Vasikat pidettiin riittävän väljässä osastoissa. Niiden juottomenetelmissä oli huomattavia eroja, mikä johtunee vaihtelusta käytettävissä olevan juomarehun tyypistä ja juoman kuiva-ainepitoisuudesta.

1.6. Yhteenveto ja johtopäätökset

Lehmän ennustettua maitotuotosta nosti selvimmän lehmän poikimakerran nousu yhdestä kahteen. Eri tuotosluokkia verrattaessa karjan uudistusprosentti oli melko vakio, joten poikimakerta ei selittänyt karjojen välisiä eroja keskituotoksissa. Lehmien iän nostaminen on potentiaalinen keino tuotoston nostamiseen, mutta käytännössä tätä mahdollisuutta ei ole hyödynnetty.

Ruokinnan intensiteetti selitti havaittuja keskituotoseroja vain pieneltä osalta. Korkeimmissa tuotosluokissa väkirehunkulutus oli korkeampi matalan tuotosluokan karjoihin verrattuna. Korkea väkirehumäärä oli kuitenkin lähinnä seurausta korkean tuotosluokan lehmien korkeasta kokonaisyöntikyvystä. Aineiston tuotosluokkien välinen lehmien syöntipotentiaaliero on suurimmaksi osaksi genotyyppinen ominaisuus, mitä osoittaa myös selkeät erot tuotosluokkien välisessä vakioidussa ekm-tuotoksessa. Lehmien perimää voi haluttaessa nopeimmin nostaa hyvätasoisten uudistuseläinten ostoilla. Oman karjan jalostuksessa emän osuus on kuitenkin aina puolet syntyneen vasikan perimästä.

Aineiston perusteella karjan keskituotoksen nousu alensi lehmän poistoikää 9500 kilon tuotostasolle saakka. Elinikäistuotoksena mitattuna keskituotoksen nousu peittosi eliniän aleneman ja elinikäistuotos nousi selvästi keskituotoksen mukana korkeimmalle keskituotostasolle saakka.

Lehmien maidontuotanto-ominaisuuksien jalostaminen ja elinikä eivät olleet tämän tutkimuksen mukaan keskenään ristiriitaisia tavoitteita, kun tuotosindeksejä ja lehmien elinikää verrattiin samana vuonna syntyneiden lehmien kesken. Jalostusindeksien ja lehmien eliniän korrelaatioiden laskennassa täytyy huomioida lehmien rotu ja ikä, jotta perinnöllinen edistymisen ei sotke tulosten tulkintaa.

Lehmien poikimakertatarkastelun perusteella yhden poikimakerran lisäys on realistinen kestävyden parannustavoite. Tämä alentaisi uudistuskustannusta 20 %. Utaretulehdus ja hedelmällisyys ovat ylivoimaisesti selvimmät lehmien poistosyyt. Ruokinnansuunnittelussa tilan tulisi keskittyä nimenomaan tuotantokauden alun ruokintaan. Utaretulehduksen ehkäisyyn ei toistaiseksi ole uusia välineitä, mutta ennaltaehkäisevien menetelmien hyväksikäyttö vähentää lehmien poistoriskiä.

Aineistosta mitatut yksittäiset tekijät tai näiden tekijöiden summa eivät pystyneet selittämään kuin vain osan tuotosluokkien välisistä maitotuotoseroista tai lehmien eliniästä. Korkeatuottoisissa karjoissa täytyy siten olla seurantatilastojen ulkopuolisia tekijöitä, jotka mahdollistavat korkean maitotuotostason. Näistä ulkopuolisista tekijöistä voi käyttää nimitystä management. Management-tekijää ei voi kvantitatiivisesti määrittää, mutta tilan managementin onnistumista voi kuvata erilaisilla indikaattorimuuttujilla. Näitä voivat olla karjanhoidon kirjanpidon ajantasaisuus, poikimaväli, vasikkakuolleisuus tai tilalla lopetettujen eläinten osuus poistoista.

Hollanti-Saksa-matkan havaintona karjan management tekijöistä esiin nousi onnistuminen työhöjohdossa ja aito kiinnostus karjanhoitoa kohtaan. Kaikilla tiloilla karjan jalostus koettiin tärkeäksi. Lehmän hoito ennen ja jälkeen poikimisen sai Suomeen verrattuna enemmän huomiota. Ruokinnan merkitystä ei näillä esimerkkituloilla erityisemmin korostettu. Perusruokinta mitä ilmeisimmin oli kuitenkin kunnossa.

Lisätutkimustarpeet

Lisätutkimustarpeena on selvittää syvällisemmin, mistä karjan tuotospotentiaalia kuvaavat vakiotuotoserot maatilojen välillä johtuvat. Päivälaskelmien tarkkuus on lisääntynyt tämän aineiston laskentahetkestä, samoin laskelmien lukumäärä lisääntyy koko ajan. Aineiston keruuta tulisi tarkentaa rajaamalla maatila-aineisto vakiotuotosluokittain pienemmäksi ja tehdä tutkimus case-tyyppisesti. Tilat valitaan erilaisiksi sekä keskituotokseltaan että karjan kestävyden osalta. Näille valituille tiloille tehdään paikanpäällä kartoitus hyvistä hoitomenetelmistä. Tilavierailuilla saadaan selville tilastoihin kirjautumatonta management-tietoa.

Poistonsyiden perusteella lisätutkimusta tarvitaan hedelmällisyyttä edistävästä ruokintastrategioista ja menetelmistä. Utaretulehduksen osalta tutkimuskohteena täytyy olla navettaolosuhteet ja mahdollisesti ennaltaehkäisevän antibioottihoidon vaikutusten arviointi.

1.7. Kirjallisuus

- Alvåsen, K. 2014. On-Farm cow mortality in Swedish dairy herds. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences
- Bengtsson, C. 2011. What traits make Swedish dairy cows survive? Master's Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences.
- Essl, A. 1998. Longevity in dairy cattle breeding: a review. *Livestock Production Science*, 57:79-89.
- Heikkilä, A-M. 2006. Kestävä lehmä Lypsylehmien poiston syyt ja kestävyuden taloudellinen merkitys. MTT:n selvityksiä 112.
- Huhtanen, P., Rinne, M., Mäntysaari, P. & Nousiainen, J. 2011. Integration of the effects of animal and dietary factors on total dry matter intake of dairy cows fed silage-based diets. *Animal* 5:691-702.
- ProAgria. 2015. Tilakunto verkkopalvelu."www. proagria.mloy.fi/ProAgriaVerkkopalvelut".

2. Tuotostasojen pitkän aikavälin talousvertailu

Olli Niskanen ja Anna-Maija Heikkilä

Luonnonvarakeskus, Talous ja yhteiskunta, Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki,
etunimi.sukunimi@luke.fi

2.1. Tiivistelmä

Rehupanoksella eli rehujen määrällä ja laadulla on vaikutusta tuotokseen, mutta tuotokseen vaikuttavat myös lehmän poikimakerta sekä lehmän perinnöllinen tuotoskyky. Keskituotos sinällään ei näin ollen vielä paljasta esimerkiksi ruokinnan intensiteettiä. Hyvän tuotoskyvyn omaavalla karjalla keskituotos voi olla korkea melko matalalla väkirehuprosentillaakin, kun taas vastaavasti heikommalla karjalla keskituotos voi olla korkea väkirehuvältaisen ruokinnan ansiosta.

Jotta päästäisiin tarkastelemaan ruokinnan intensiteettiä tuottavuustekijänä, tuotostaso pitää suhteuttaa tilan ”normaaliin” tuotostasoon eli vakiotuotokseen. Vakiotuotos kuvaa maitotuotosta ruokinnalla, jonka koko rehuannoksen syönti-indeksi (TDMI) on 100 pistettä ja rehuannoksen ohut-suolesta imeytyvän valkuaisen (OIV) pitoisuus 90 g/kg ka. Vakiotuotos on lehmän tuotos muunnettuna vastaamaan tuotosta, jonka kyseinen lehmä lypsäisi 150 päivää poikimisen jälkeen. Toteutunutta tuotostasoa verrattiin laskennalliseen vakiotuotostasoon.

Tarkastelussa vertailtiin erilaisilla ruokinnan intensiteeteillä toimivien karjojen elinikäistuotoksia. Tulosten mukaan paras elinikäistuotos saavutettiin karjoissa, joissa vakiotuotos ja mitattu tuotos olivat lähellä toisiaan. Biologisista tuloksista johdetussa talouslaskelmassa kustannuksina tarkasteltiin ruokinnasta, eläinten hoidosta sekä hiehoajan kasvatuksesta aiheutuvia kustannuksia. Tuotostason mukainen dieetin hinta määriteltiin Lypsikki-sovelluksella. Katelaskenta osoitti, että nykyisellä tuotosten ja panosten hinnoilla paras kate kiinteille kustannuksille ja työlle saavutettiin korkeimmalla ruokinnan intensiteetillä. Maidon tuottajahinnan laskiessa, korkeimman intensiteetin suhteellinen kannattavuus aleni. Tulos johtui intensiteetin alentamisen mahdollistamasta hieman korkeammasta elinikäistuotoksesta, joka vähensi uudistuksesta aiheutuvaa kustannusta per litra sekä maitotuoton ja väkirehukustannuksen suhteen muutoksesta vähenevän rajatuoton lain mukaisesti maidon hinnan laskiessa. Millään tarkastellulla hintavaihtoehdolla ei ollut edullista ruokkia lehmää alle sen vakiotuotoksen. Olosuhteiden ja johtamisen vaikutusta mitattuun tuotokseen tai vakiotuotokseen ei voitu tässä aineistossa huomioida, vaan se jäi jatkotutkimuksen aiheeksi.

Asiasanat: Lypsykarja, kestävyys, tuotostaso, ruokintasuunnitelma, katelaskelma

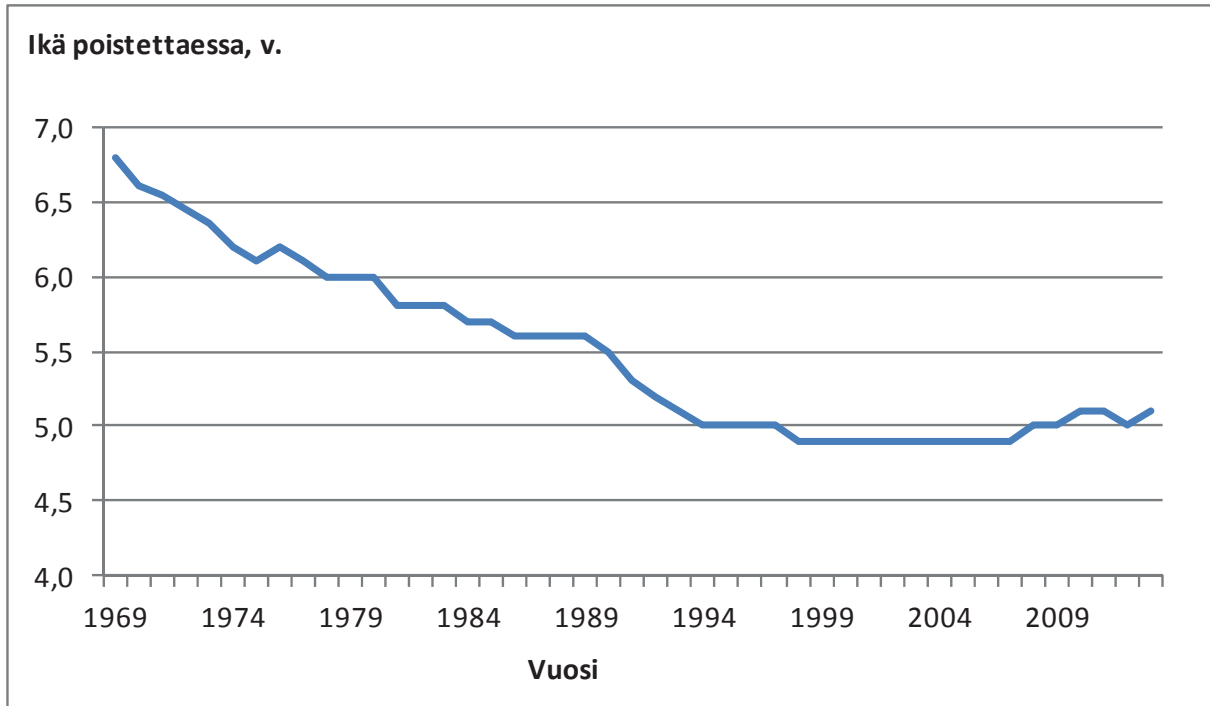
2.2. Johdanto

Maitomarkkinoiden kansainvälistyminen on lisännyt kilpailua ja tuonut hintavaihtelut myös Suomen maitomarkkinoille. Euroopan Unionin luovuttua maitokiintiöistä keväällä 2015 kilpailu on kiristynyt entisestään. Koska maidontuottajien mahdollisuudet vaikuttaa maidon tai sen tuotantopanosten hintoihin ovat vähäiset, tuottavuuskasvu on keskeinen keino kilpailukyvyn ylläpitämiseksi ja parantamiseksi. Maidontuotannon rakennemuutos on Suomessa tukenut positiivista tuottavuuskehitystä, sillä yritys-kasvu on pääsääntöisesti eduksi tuottavuuskehitykselle. Rakennemuutoksen ohella tuottavuuskehitykseen vaikuttavat monet tuotantotaloudelliset valinnat.

Tuottavuutta voidaan parantaa kahdella tavalla. Tuottavuus paranee joko niin, että sama tuotos saavutetaan aiempaa pienemmällä panoksilla tai niin, että samoilla panoksilla saavutetaan aiempaa suurempi tuotos. Kustannusvaikutuksiltaan maidontuotannon keskeisimpiä panoksia ovat työ, pääoma ja rehut. Seuraavaksi suurimman yksittäisen kustannuksen aiheuttaa lypsukarjan uudistus.

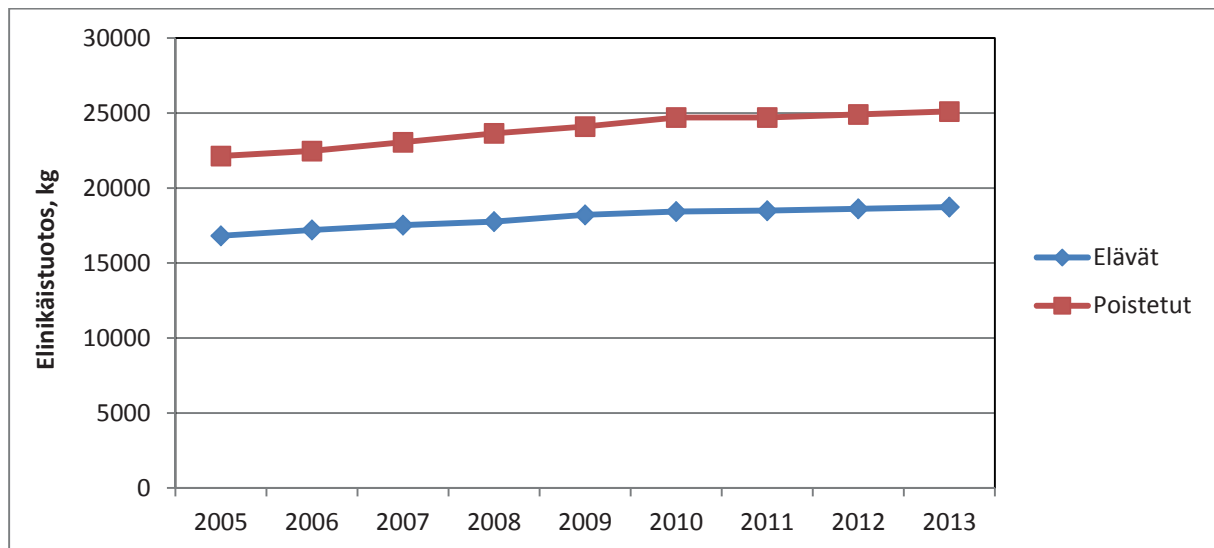
Maitotilalla suurin osa liikevaihdosta muodostuu yleensä päätuotteen eli maidon myynnistä. Koko sektorin tuottavuuden kasvussa tuotostasojen kasvulla on ollut merkittävä osa. Viime vuosina keskituotoksen nousu on kuitenkin käytännössä pysähtynyt. Yleisesti tiedetään, että lehmän tuotokkyky kasvaa poikimakertojen myötä. Tuottavuuskasvun mahdollisuuksia on siten löydettävissä lypsylehmien kestävyysparanemisesta, sillä lypsylehmien keskimääräinen poistoikä on nykyisin varsin matala suhteessa lehmän potentiaaliseen tuotantoi-kaan. Pitkään jatkunut poistoiän lasku on saatu pysähtymään (kuva 1), mutta hiehon noin 26 kuukauden poikimaikä, lehmän noin viiden vuoden poistoikä ja yli 400 päivän poikimaväli merkitsevät, että keskimäärin lehmä ehtii elinaikanaan poikia vain kolme kertaa ja lypsää noin 2,5 lypsykautta. Vertailun vuoksi, vuoden 1968 sonniluettelossa sonnien emillä oli keskimäärin yhdeksän tuotosvuotta.

Lypsylehmien poistoiän jyrkkä aleneminen 1960 ja 1970 lukujen vaihteessa liittyi maidon kiristyneisiin laatuvaatimuksiin. Osa lehmien poistoiän alenemisesta johtuu maidontuotannon jatkuvasta rakennemuutoksesta. Luopuvilta tiloilta vanhempia eläimiä päätyy teuraaksi ja laajentajat kasvattavat uusille lypsylehmäpaikoille ensikkoja. Investointien yhteydessä eläimiä joudutaan karsimaan myös navettatyypin tai lypsyjärjestelmän vaihtumisen vuoksi. Lypsylehmien kestävyttä tarkasteltaessa ei voida kuitenkaan unohtaa kasvaneesta tuotoksesta eläimelle aiheutuvaa rasitusta. Maitotuotos ei kuitenkaan suoraan kerro eläimen hyvinvoinnista tai riskistä sairastua; hyvällä lehmällä tuotostaso voi olla korkea ilman vaikeuksia. Coignard ym. (2014) toteavatkin, ettei maitotuotos sinällään sovellu lehmän hyvinvoinnin mittariksi. Tuotostason vaikutuksia tuleekin tarkastella suhteessa lehmän potentiaaliin.



Kuva 1. Lypsylehmien keskimääräinen poistoikä tarkkailukarjoissa vuosina 1969-2013

Viime vuosina myös tuotosseurannassa on keskituotoksen ohella alettu kiinnittää huomiota lehmien elinikäistuotukseen. Seurannan tulokset osoittavat hidasta mutta tasaista elinikäistuotoksen nousua vuodesta 2005 vuoteen 2013 (kuva 2). Kasvun taustalla ovat sekä keskituotoksen että eliniän pienet muutokset kyseisellä ajanjaksolla. Tuotosseurantatarjojen keskipoikimakersta pysyi koko jakson suunnilleen samassa, 2,3 poikimisessa.



Kuva 2. Lypsylehmien keskimääräinen elinikäismaitotuotos (kg) tarkkailukarjoissa vuosina 2005-2013.

Tutkimuksen tavoite

Tutkimusosion alkuperäisenä tavoitteena oli selvittää tuotostason ja lehmän kestävyuden välistä yhteyttä ja sen pohjalta verrata erilaisten keskituotosten antamaa taloudellista tulosta. Tavoitteena oli sisällyttää laskelmiin uutena näkökulmana lehmän elinikäinen tarkastelu yhden vuoden tai yhden lypsykauden sijaan. Tutkimusosion pyrkimyksenä oli osoittaa, mikä vaikutus tuotostasolla on kiinteille kustannuksille saatavaan katteeseen, kun välittömien rehukustannusten lisäksi huomioon otetaan tuotostason välilliset vaikutukset maidontuotannon kustannuksiin. Oletuksena oli, että tuotostaso

vaikuttaa lehmien hedelmällisyyteen ja terveyteen ja nämä edelleen lehmän poistoikään, joilla kaikilla on taloudellista merkitystä maidontuotannossa.

Tutkimuksen kuluessa tavoite täsmentyi siten, että tuotostason sijaan tarkastelun kohteeksi otettiin ruokinnan intensiivisyys ja sen taloudellinen merkitys. Täsmennys nosti edellä mainittujen tutkimuskysymysten rinnalle kysymyksen, miten ruokinnan voimaperäisyys vaikuttaa lehmän elinikäistuotokseen.

Ruokinnan voimaperäisyyttä kuvattiin tutkimuksessa lehmän mitatun tuotoksen ja vakiotuotoksen erotuksella. Näin perinnölliseltä tuotoskyvyltään erilaiset lehmät saatiin vertailukelpoisiksi tarkastelussa, jossa mielenkiinnon kohteena oli nimenomaan ruokinnallinen tuotostasoon vaikuttaminen eikä eläinten perinnöllisen tuotoskyvyn arvottaminen. Vakiotuotos sisältää eläinaineksen lisäksi myös olosuhteiden ja johtamisen merkityksen, joita ei voida ottaa erilleen tarkasteltaviksi, vaan kuuluvat tarkastelun epävarmuuteen.

2.3. Aineisto ja menetelmät

Tutkimuksen aineistona käytettiin ProAgrian tuottamia Tuotosseurannan ja Terveystarkkailun aineistoja. Alkuperäinen aineisto käsitti karjat, joille oli saatavissa ruokinnan päivälaskelmatiedot vuosilta 2011 ja 2012 (5 421 tilaa). Aineistoon poimittiin tuolloin karjoissa olleiden lehmien tuotos- ja terveystiedot koko niiden elinajalta.

Päivälaskelmaa käytetään ruokinnan suunnittelun apuvälineenä. Siinä lasketaan karjan kuluttama rehumäärä yhden päivän aikana ja jokainen eri rehulaatu kirjataan omana komponenttinaan ylös karjan säilörehun- ja väkirehun syönti-indeksien laskentaa varten. Karjakohtaista tarkastelua haluttiin tarkentaa, koska suurin osa tarkastelun tiedoista oli saatavilla lehmäkohtaisena. Tehdyistä ruokinnan päivälaskelmista tunnettiin laskelman teon päivämäärä. Lehmien poikimapäivän perusteella tunnettiin kunkin karjassa olevan lehmän tuotospäivien määrä laskelman teon hetkellä sekä kunkin lehmän yksilöllinen tuotostaso. Näillä tiedoilla estimoitiin kullekin lehmälle yksilöllinen kokonaissyönnin enuste, josta edelleen dieetin koostumuksen perusteella estimoitiin kullekin lehmälle yksilöllinen vakiotuotos.

Aineistoa rajattiin edelleen niin, että mukaan tulivat vain Ayrshire- ja Holstein-rotuiset lehmät, joiden poistoikä oli tiedossa. Lisäksi aineistosta karsittiin lehmät, joiden poiston syy oli tapaturma tai vedinvamma sekä lehmät, joiden elinikäistuotos sijoittui tuotosjakauman ääripäiden 3 prosenttiin. Lopullinen aineisto käsitti 4 556 karjan ja 155 530 lehmän tiedot. Lehmistä 64,1 % oli rodultaan Ayrshireja ja 35,9 % Holsteineja.

Taloudellisen tarkastelun menetelmänä on katetuottolaskenta, jossa tarkastelun aikajänne on tavanomaisen vuosittaisen tarkastelun sijaan lehmän elinajalle ulottuva. Laskelmaan sisällytettiin maidontuotannon tuotot ja muuttuvat kustannukset, joihin tuotostaso sekä eläinten hedelmällisyys- ja terveysominaisuudet vaikuttavat. Tavanomaiset kiinteät kustannukset ja työkuustannukset samoin kuin muuttuvat kustannukset, jotka ovat em. ominaisuuksista riippumattomia, jätettiin tarkastelun ulkopuolelle. Näissä kustannuksissa on suuri tilakohtaisista tekijöistä johtuva vaihtelu, jonka selvittäminen ei ollut tutkimusongelman kannalta oleellista.

Laskelman lopputuloksena saatiin kate tuotostason suhteen kiinteille kustannuksille ja työlle. Kiinteistä kustannuksista olennaisin on ns. lehmäpaikan vuokra, jota lehmä alkaa maksaa päivittäin ensimmäisen poikimisen jälkeen. Vuokraa maksetaan myös ummessaolokaudella.

Vakioitu maitotuotos laskennan perusteena

Rehupanoksella eli rehujen määrällä ja laadulla on vaikutusta tuotokseen, mutta tuotokseen vaikuttavat myös edellä mainittu lehmän poikimakerta sekä lehmän perinnöllinen tuotoskyky. Keskituotos sinällään ei näin ollen vielä paljasta esimerkiksi ruokinnan intensiteettiä. Hyvän tuotoskyvyn omaavalla karjalla keskituotos voi olla korkea melko matalalla väkirehuprosenttillakin. Vastaavasti heikommalla karjalla keskituotos voi olla korkea väkirehuvältaisen ruokinnan ansiosta.

Jotta päästäisiin tarkastelemaan ruokinnan intensiteettiä tuottavuustekijänä, tuotostaso pitää suhteuttaa tilan ”normaaliin” tuotostasoon eli vakiotuotokseen. Vakiotuotos kuvaa maitotuotosta ruokinnalla, jonka koko rehuannoksen syönti-indeksi (TDMI) on 100 pistettä ja rehuannoksen ohut-suolesta imeytyvän valkuaisen (OIV) pitoisuus 90 g/kg ka (taulukko 1). Vakiotuotos on lehmän tuotos muunnettuna vastaamaan tuotosta, jonka kyseinen lehmä lypsäisi 150 päivää poikimisen jälkeen.

Taulukko 1. Vakiodun maitotuotoksen laskeminen esimerkkikarjoilla (Kyntäjä ym. 2010)

	Karja 1	Karja 2	Karja 3	Karja 4	Karja 5	Karja 6
Energiakorjattu maitotuotos, kg/pv	28	28	28	28	28	28
Säilörehu, D-arvo	700	700	700	650	650	650
Rehuvilja, kg/pv	4	6	8	4	6	8
Rypsirouhe, kg/pv	2	3	4	2	3	4
Säilörehun syönti-indeksi	115	115	115	90	90	90
Väkirehun syönti-indeksi	91	108	121	91	108	121
Kokonaissyönti-indeksi	106	123	136	81	98	111
Vakiotuotos, kg/pv	27,1	24,5	22,6	30,9	28,3	26,3
Ruokinnan tuotosvaikutus (EKM-ero)	0,9	3,5	5,4	-2,9	-0,3	1,7

Maataloussektori on tehnyt suuren investoinnin tuotosvasteaineistojen keräämisessä sekä niiden pohjalta kehitetyn Lypsikki-mallin lanseeraamisessa. Malli on käytössä ProAgrian tarjoaman ruokinnansuunnitteluohjelmiston, Karjakompassin, moottorina. Keskituotoksen maksimointi harvoin maksimoi taloudellisen tuloksen, koska taloudellinen ja biologinen optimi usein poikkeavat toisistaan. Toisaalta tietyn tuotostason rehukustannusten minimointi ei myöskään aina maksimoi taloudellista tulosta, vaan optimaalinen ruokinta riippuu dynaamisesti tuotosvasteista, hintasuhteista, eläinaineksesta sekä tilakohtaisista tekijöistä. Lypsikki on mahdollistanut ruokinnan suunnittelun, jossa edellä mainittuja tekijöitä voidaan aidosti tilakohtaisesti ottaa huomioon.

Ruokinnan optimointi pitkällä aikavälillä edellyttää kuitenkin laaja-alaisempaa tarkastelua kuin lyhyen aikavälin optimointi. Ruokinnan vaikutukset näkyvät tuotoksen lisäksi eläinten hyvinvoinnissa ja terveydessä ja sitä kautta niiden tuotantoiässä. Yksittäisen hetken tai lyhyen aikavälin optimointitulokset voi tuottaa liian korkean ruokinnan intensiteetin karjan tasoon nähden. Ilman pitkän aikavälin näkökulmaa on vaikea saavuttaa parasta mahdollista tuottavuuden kasvua tai edes tilakohtaista taloudellista optimia. Toistaiseksi ruokinnan suunnittelusta pitkällä aikavälillä on kuitenkin niukasti tutkimustietoa saatavilla.

Tässä tutkimusosiossa tarkasteltiin maitotuotosta ja ruokinnan intensiteettiä tuottavuuteen ja sitä kautta myös kannattavuuteen vaikuttavana kysymyksenä. Olosuhteiden ja johtamisen vaikutusta eläinterveyteen ei voitu tässä tutkimuksessa selvittää. Tarkastelu toteutettiin koko lehmän elinikää koskevana, jotta myös mahdollinen kytkentä lehmien tuotostason ja kestävyys välillä tulisi huomioon otetuksi.

Ristiintaulukoinnin perusteet

Kaikki tutkimusosion todelliset tuotosluvut johdettiin lehmän elinikäistuotoksesta. Vastaavasti lehmän vakiotuotos oli elinikäinen keskiarvo. Aineisto jaettiin lehmän vakiotuotoksen perusteella viidenneksiin, jotka muodostivat laaditun ristiintaulukoinnin perustan.

Ensimmäisestä poikimisesta poistoon kuluva aika nimitettiin tuotosajaksi. Tuotospäivä tuotos saatiin jakamalla elinikäistuotos tuotosajalla. Luku kertoo siis keskimääräisen tuotospäivä tuotoksen ensimmäisen poikimisen jälkeisinä päivinä lehmän poistoon asti, sisältäen ummessaolokaudet. Keski vuosituotos koko tuotosajalle laskettiin kertomalla tuotospäivä tuotos 365:llä. Vastaavasti tuotosseurannassa keskituotos lasketaan jakamalla vuoden aikana tuotettu maitomäärä ruokintapäivien mää-

rällä ja kertomalla 365:llä, joten lukujen laskentalogiikat vastaavat melko hyvin toisiaan. Vakiotuotoluokat edustivat keskituotokseltaan luokkia 7 600–10 200 kg.

Vakiotuotoluokka kertoo lehmän tuotostasosta ja geneettisestä potentiaalista sisältäen myös poikimakerran vaikutuksen tuotostasoon. Korkeammassa vakiotuotoluokassa on luonnollisesti vanhemmaksi eläviä lehmä, koska pitkä elinikä on osaltaan sekä syy että seuraus hyvälle tuotostasolle. Vakiotuotoluokka ei kuitenkaan kerro ruokinnan intensiteetistä mitään. Sen sijaan vakiotuotoksen ja mitatun tuotoksen eron voidaan olettaa johtuvan pääasiassa ruokinnan voimakkuudesta. Siksi jokainen viidestä vakiotuotoluokasta jaettiin edelleen viidenneksiin mitatun tuotoksen ja vakiotuotoksen erotuksen (EKM-ero) perusteella. Yhteensä ristiintaulukoinnin luokkia oli siis 25 kpl (taulukko 2). Laskelmissa tarvittavat biologiset muuttujat määritettiin näiden luokkien mukaisesti ja edelleen kate-tuottolaskelmat laadittiin samoja luokkia koskeviksi.

Taulukko 2. Ristiintaulukoinnin luokat.

EKM eroluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes
Vakiotuotoluokka 19 kg (noin 7600 kg/vuosi)					
MittaEKM	19,9	21,7	22,2	22,4	22,7
VakioEKM	20,9	20,6	19,8	18,7	17,1
EKM-ero	-1,1	1,2	2,4	3,7	5,6
Vakiotuotoluokka 26 kg (noin 8 300 kg/vuosi)					
MittaEKM	23,5	25,7	26,8	27,8	29,8
VakioEKM	25,9	25,8	25,8	25,7	25,6
EKM-ero	-2,4	-0,2	1,0	2,1	4,1
Vakiotuotoluokka 29 kg (noin 8 800 kg/vuosi)					
MittaEKM	25,8	28,3	29,5	30,6	32,6
VakioEKM	29,1	29,1	29,0	29,0	29,0
EKM-ero	-3,3	-0,8	0,4	1,6	3,6
Vakiotuotoluokka 32 kg (noin 9 400 kg/vuosi)					
MittaEKM	28,0	30,8	32,1	33,3	35,4
VakioEKM	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1
EKM-ero	-4,3	-1,3	0,0	1,2	3,4
Vakiotuotoluokka 37 kg (noin 10 200 kg/vuosi)					
MittaEKM	31,1	35,0	36,4	37,9	41,3
VakioEKM	37,8	37,0	36,8	36,8	37,7
EKM-ero	-6,7	-2,0	-0,4	1,1	3,6

Pienimmissä, 19 ja 26 kg:n vakiotuotoluokissa tuotosten jakauma luokan sisällä oli oikealle vino. Tämä näkyy siinä, että suurin osa mitatuista tuotoksista on korkeampia kuin vakiotuotos, eli EKM-ero on positiivinen. 29 ja 32 kg:n vakioluokassa jakauma on lähes normaali, jolloin keskimääräinen vakio-EKM vastaa likimain mitattua tuotostasoa. Suurimmassa 37 kg:n vakiotuotoluokassa puolestaan vakiotuotosta pienemmät tuotokset olivat hieman yleisempiä kuin suuremmat.

Yleisessä keskustelussa intensiteetin mittaamiseen yleisimmin käytetään väkirehuprosenttia. Taulukossa 3 on esitetty tiloilla mitattu keskimääräinen väkirehuprosentti. Korkeammalla väkirehuprosentilla, ts. intensiteetillä ruokittaessa karja siis lypsää enemmän maitolitroja suhteessa vakioituun tuotostasoon. Valittu intensiteetin mittari, vakiotuotoksen ja mitatun tuotoksen erotus on kuitenkin pelkkää väkirehuprosenttia laajempi mittari, koska se huomioi karjan vaikutuksen tuotokseen.

Taulukko 3. Väkirehuprosentti vakiotuotosluokittain ja EKM-eron mukaisella taulukoinnilla

Väkirehuprosentti	Intensiteetti						
	Vakiotuotosluokka	Alin viiden-	Toinen	Keskimmäinen	Neljäs	Ylin viiden-	Keskimäärin
		nes	viidennes	viidennes	viidennes	nes	
19 kg		45	47	48	48	50	47
26 kg		45	46	47	48	49	47
29 kg		44	45	47	48	49	47
32 kg		44	45	46	47	49	46
37 kg		44	44	45	47	48	45
Keskimäärin		44	45	47	47	49	47

Laskelman tuottoerät

Olellaisin tuottoerä maidontuotannossa on maitotuotto. Maitolitrojen lisäksi sitä laskettaessa huomioitiin pitoisuuslisät sekä keskimääräinen litratuki. Perushintana käytettiin 40 snt/litra, pitoisuuslisinä rasvakymmenyksen hintaa 0,24 snt ja valkuaiskymmenyksen 0,65 snt. Vuonna 2013 keskimääräinen pohjoisena tukena ja Etelä-Suomen kansallisen tukena maksettu litratuki oli Tiken mukaan 7,846 snt/litra.

Tuottoina huomioitiin myös syntyvät vasikat ja lehmästä poistettaessa saatava teurastuotto. Vasikoista 49 % oletettiin olevan lehmävasikoita, joista kaikki kasvatetaan uudistukseen. Kasvatusmäärä vastaa noin 35 %:n uudistusta. Jäljelle jäävä 51 % vasikoista on sonnivasikoita, jotka kaikki myydään ternivasikoina välitykseen perushinnalla 120 € ilman lisiä. Teurastuottona saatavan lihan arvo määritettiin siten, että aineiston keskimääräisen lehmän teuraspaino oli 281 kg (Tike 2014) ja kunkin lehmän keskimääräisestä poikkeava paino huomioitiin teuraspainossa.

Laskelman kustannusosat ja niiden perusteet

Kustannusosissa uudistuskustannukset määriteltiin hiehon päivittäisen kasvatushinnan mukaan. Perusmallissa oletuksena oli 2 euroa päivässä. Hiehon kasvatuspäivien määrä oli lehmäkohtaisesti poikimäen mukainen.

Siemennyskustannukset huomioitiin hinnastohintojen perusteella niin, että siemennyksistä 40 % oletettiin tehtävän valiosonnin ja 60 % nuorsonnin siemenellä. Siemennyksien lukumäärä per poikiminen määritettiin tutkimusaineistosta.

Hoitokustannuksista huomioitiin utaretulehdusten sekä hedelmällisyshoitojen aiheuttama kustannus. Utaretulehduksen kustannuksina huomioitiin eläinlääkärin ja -lääkkeiden listahinnat, lisätyön kustannukset sekä hävikkimaidon arvo. Mahdolliset myöhemmät tuotosmenetykset tulivat huomioiduksi elinikäistuotoksessa. Vastaavasti hedelmällisyshoidon kustannuksena huomioitiin eläinlääkärin ja -lääkkeiden/hormonien hinnat sekä lisätyön aiheuttamat kustannukset.

Ruokintakustannus eri intensiteetin ruokinnoilla laskettiin Karjakompassi-sovelluksen ruokinnan suunnitteluosaa (Lypsikki) käyttäen. Lypsikissä dieetin optimointi perustuu empiirisesti tutkittuihin dieetin koostumuksen ja syönnin suhteisiin (Huhtanen ym. 2007, 2008, 2010), ruoansulatuksen asosiatiivisiin vaikutuksiin (Huhtanen ym. 2009) sekä maidontuotannon tuotosvasteisiin (Huhtanen ja Nousiainen 2012). Ruokinnat määriteltiin siten, että Lypsikkiin syötettiin lehmän paino, VakioEKM sekä havaittu MittaEKM. Lypsikki on rakennettu Excel-ympäristöön. Sen kaavoja soveltaen laadittiin

Solver-ohjelma, joka valitsi vaatimukset täyttävän dieetin annetuista rehuvaihtoehtoista ruokintakustannuksen minimointitavoitteella.

Suomessa lypsylehmien ruokinta perustuu säilörehuun, jonka tuotantokustannus vaihtelee tilojen välillä varsin paljon. Suuren osan hinnasta määräävät kasvu- ja korjuuolosuhteet, joihin vaikuttamisen mahdollisuudet ovat vähäiset (Sipiläinen ym. 2013). Tila voi vaikuttaa rehun hintaan lähinnä korjuustrategian valinnalla. ProAgrian Lohkotietopankin mukaan keskimääräinen tuotantokustannus oli vuonna 2013 noin 200 euroa kuiva-ainetonna kohden keskimääräisen satotason ollessa noin 6500 kg ka/hehtaari. Heikoimmalla neljänneksellä satotaso jäi 5300 kuiva-ainekiloon hehtaarilta ja tuotantokustannus oli 287 euroa per tonni. Paras neljännes pystyi tuottamaan 8850 kg:n kuiva-ainesadon ja painamaan tuotantokustannuksen 136 euroon tonnilta (Ellä 2014). Taulukossa 4 on esitetty keskimääräiset tuotantokustannukset sekä nettotuotantokustannukset tukien jälkeen samoin kuin raportoitujen säilörehun D-arvojen keskiarvot eri korjuukerroilla.

Taulukko 4. Säilörehun tuotantokustannuksia ProAgrian lohkotietopankin mukaan.

Vuosi	Sato kg ka/ha	Kokonaistuotantokustannus, keskimäärin, snt/kg ka	Nettotuotantokustannus, keskimäärin, snt/kg ka	D-arvo, g/kg ka		
				Kevät	Kesä	Syksy
2010	6500	19,1	9,6	680	646	673
2011	7119	18,5	9,2	668	654	662
2012	7230	19,4	9,7	683	668	670
2013	6490	20,0	10,0	671	673	691

Ruokinnan optimoinnissa kokonaistuotantokustannuksen sijaan käytettiin tuettua hintaa eli nettotuotantokustannusta, koska myös ruokinnan muiden komponenttien, kuten rehuviljan markkinahinta sisältää tuotannon pinta-alatuen, joka pohjimmiltaan on korvausta alennetusta markkinahinnasta sekä erilaisten toimenpiteiden kustannuksista. Tukemattoman hinnan käyttäminen dieetin taloudellisessa optimoinnissa johtaisi liian suureen väkirehuprosenttiin. Taulukossa 5 on esitetty säilörehun tuotannon nettotuotantokustannuksen laskennan tavanomaisten pinta-alatukien erittely vuodelta 2014 ja oletettu taso vuodelta 2015. Vuonna 2014 nettotuotantokustannus olisi noin 100 euroa per kuiva-ainetonna. Vuonna 2015 nettotuotantokustannus voi nousta hieman pienempien tukien vuoksi. Ruokinnan hintaa laskettaessa säilörehun D-arvoksi asetettiin kaikilla tuotostasoluokilla 670 g/kg ka, joka on tarkasteluvuosien sadoilla tavanomainen säilörehu (taulukko 4).

Taulukko 5. Säilörehunurmien tuet vuosina 2014 ja 2015.

Pinta-alaperusteiset tuet, €/ha, C2-alue	Säilörehunurmi/kotieläintila		
	2014	2015	
Vuosi			
Tilatuki/perustuki	170	97	€/ha
Viherryttämistuki	-	65	€/ha
LFA	314	302	€/ha
Ympäristötuki	130	105	€/ha
Yleinen hehtaarituki (kansallinen, C2)	28	28	€/ha
Yhteensä	642	597	€/ha
Tuki/kuiva-ainetonna, sato 5296 kg ka/ha	121	113	€/tonni
Tuki/kuiva-ainetonna, sato 6497 kg ka/ha	99	92	€/tonni
Tuki/kuiva-ainetonna, sato 8857 kg ka/ha	72	67	€/tonni

Väkirehutäydennyksenä ruokintalaskelmassa käytettiin ohraa ja rypsirouhetta. Ohran hintana käytettiin vuosien 2011-2013 keskimääräistä tuottajahintaa 177 €/tonni ja pörssihinnasta johdettua rypsirouhkeen hintaa 239 €/tonni. Hinnat ovat tilalle toimitettuina alv 0%. Kivennäistäydennyksenä käytettiin ruokasuolaa ja ruokintakalkkia, joiden määrä vakioitiin laskennan yksinkertaistamisen vuoksi. Todellisuudessa korkeammissa tuotosluokissa myös hivenravinteiden ja kivennäisten riittävä saanti korostuu.

2.4. Biologiset tulokset

Lehmäkohtaisen vakiotuotoksen estimoinnin tulosta karjakohtaisen ruokinnan, sekä lehmäkohtaisena saatavien tietojen avulla verrattiin tietoihin kunkin lehmän jalostusindekseistä. Lypsylehmän jalostusindekseistä tuotosindeksin ja vakiotuotoksen välillä on selkein positiivinen yhteys (taulukko 6). Myös kokonaisindeksi on korkeamman vakiotuotoksen eläimillä selvästi korkeampi kuin matalan vakiotuotoksen eläimillä eli korkeamman vakiotuotosluokan eläimet ovat kokonaisuudessaan paremmalla tasolla. Kestävyyksindeksi sen sijaan on erisuuntainen kuin tuotosindeksi, mikä kertoo siitä, että jalostuksella on hankala edistää tuotostasoa ja kestävyyttä samanaikaisesti. Erisuuntainen indeksi viittaa myös siihen, että matalampien vakiotuotosluokkien lyhyeksi jäävä elinikä johtunee vapaaehtoisista poistoista.

Myös hedelmällisyysindeksin ja vakiotuotoksen välinen korrelaatio on negatiivinen. Se on kirjallisuuden mukaan korkeamman tuotostason ja heikomman hedelmällisyyden välistä negatiivista vaihtokauppaa (esim. Walsh ym. 2011, Pryce ym. 2004).

Taulukko 6. Lypsylehmien jalostusindeksit vakiotuotosluokittain.

Indeksi ¹	Vakiotuotosluokka				
	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes
Tuotosindeksi	90,1	92,7	94,7	96,6	99,0
Kasvu	100,3	100,6	101,0	101,3	101,9
Hedelmällisyys	99,9	99,7	99,5	99,4	99,3
Syntymäindeksi	99,6	99,6	99,5	99,4	99,2
Poikimaindeksi	96,9	96,8	96,7	96,7	96,7
Utareterveys	98,5	98,6	98,8	99,0	98,7
Muut hoidot	101,7	101,9	101,7	101,7	101,4
Runko	94,7	94,4	94,4	94,4	94,5
Jalat	94,2	93,9	93,6	93,4	92,8
Utarerakenne	92,6	92,1	91,6	91,1	90,0
Lypsettävyys	94,9	95,0	95,1	95,1	95,0
Luonne	95,7	95,7	95,8	95,7	95,7
Kestävyys	92,0	91,8	91,6	91,4	90,8
NTM kokonaisindeksi²	-12,7	-10,8	-9,3	-7,9	-6,5

¹ Indeksien selitykset löytyvät Faban sivuilta <http://www.faba.fi/fi/tietopankki/jalostettavat-ominaisuudet>

² NTM eli Nordic Total Merit on pohjoismainen kokonaisjalostusarvo. Painokertoimet eri ominaisuuksille on valittu ominaisuuksien taloudellisen merkittävyyden perusteella ja ne ovat hieman erilaiset pohjoismaisilla punaisilla roduilla ja holsteinilla. NTM:n laskee pohjoismainen jalostusarvosteluyhdistys NAV, jonka omistavat yhdessä Faba, Växa Sverige Ruotsista sekä Videncentret for landbrug Tanskasta. <http://www.nordicebv.info/Forside.htm>

Korkein poistoikä oli lehmillä, joilla ruokinnan intensiteetti vastasi vakiotuotosta tai oli hieman sen alapuolella (taulukko 7). Poistoikä kasvoi jokaisesta vakiotuotoluokasta seuraavaan luokkaan siirryttäessä ($p < 0,001$). Intensiteetin lisääntyessä poistoikä aluksi nousi mutta kääntyi sitten laskuun ($p < 0,001$).

Taulukko 7. Tuotostason vaikutus lehmän poistokään (vrk).

Poistoikä, vrk	Intensiteetti					
	Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes
19 kg	1660	1609	1533	1439	1396	1528
26 kg	1780	1800	1773	1719	1607	1736
29 kg	1844	1897	1911	1860	1753	1853
32 kg	1910	2007	2024	1969	1855	1953
37 kg	2009	2133	2124	2060	1927	2050
Keskimäärin	1840	1889	1873	1809	1707	1824

Poistoikä ja elinikäistuotos korreloivat positiivisesti, mutta korkeammalla tuotostasolla myös elinikäistuotosta kertyy enemmän. Elinikäistuotos kasvoi jokaiselta vakiotuotostasolta seuraavalle tasolle siirryttäessä ($p < 0,001$). Paras elinikäistuotos saavutettiin vakiotuotosta mahdollisimman hyvin vastaavalla intensiteetillä (taulukko 8). Intensiteettiviidennesten väliset erot olivat erittäin merkitseviä ($p < 0,001$) lukuun ottamatta toisen ja keskimäisen viidenneksen välistä merkitsevää eroa ($p < 0,01$).

Taulukko 8. Tuotostason vaikutus lehmän elinikäistuotokseen (kg EKM).

Elinikäistuotos, kg EKM	Intensiteetti					
	Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes
19 kg	16649	16285	15141	13595	13254	14985
26 kg	20130	21840	21935	21139	19155	20840
29 kg	23194	25779	26829	25997	23870	25134
32 kg	26366	30378	31546	30764	27933	29397
37 kg	31454	37124	37539	36141	31859	34823
Keskimäärin	23559	26281	26598	25527	23214	25036

Kun elinikäistuotos jaetaan poistopäivän ja ensimmäisen poikimapäivän välisenä erotuksena saatavalla tuotosiällä, saadaan tuotospäivätuotos. Tuotospäivätuotos on taloudellisissa tarkasteluissa käytettävä suure, joka kertoo paljonko lehmä keskimäärin tuottaa maitoa lehmäpaikkaansa kohti päivässä (taulukko 9).

Taulukko 9. Tuotospäivätuotos vakiotuotoluokittain

Tuotos per tuotospäivä	Intensiteetti					
Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes	Keskimäärin
19 kg	19,3	20,1	20,5	21,3	22,4	20,7
26 kg	21,0	22,1	22,7	23,2	24,5	22,7
29 kg	22,6	23,8	24,4	24,7	25,5	24,2
32 kg	24,3	25,5	26,1	26,4	26,7	25,8
37 kg	26,5	28,1	28,5	28,7	28,2	28,0
Keskimäärin	22,7	23,9	24,4	24,9	25,5	24,3

Ruokinnan intensiteetin lisäyksellä oli positiivinen vaikutus tunnuslukuihin, jotka kuvaavat lehmän hedelmällisyyttä (taulukot 9-11). Siemennyksiä tiineyttä kohti tarvittiin vähiten kaikkein intensiivisimmällä ruokinnalla. Luokkien väliset erot olivat erittäin merkitseviä. Lyhimmät poikimavälit saavutettiin hieman alemmalla intensiteettitasolla ($p < 0,001$). Luokkien väliset erot hedelmällisyyshoitojen määrässä kasvoivat intensiteetin kasvaessa. Kahden alimman luokan välillä ei ollut merkitsevää eroa, mutta mitä intensiivisempään ruokintaan siirryttiin, sitä merkitsevämmiksi erot kasvoivat ($p < 0,05$, $p < 0,05$, $p < 0,001$). Vakiotuotostasolla ja hedelmällisyyttä kuvaavilla tunnusluvuilla oli negatiivinen yhteys; tuotostason noustessa tunnusluvut heikkenivät ($p < 0,001$) lukuun ottamatta poikimavälin pituutta alimmasta vakiotuotoluokasta seuraavaan siirryttäessä ($p > 0,05$).

Taulukko 10. Tuotostason vaikutus tiineyttä kohti tarvittavien siemennysten määrään.

Siemennyksiä/tiineys	Intensiteetti					
Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes	Keskimäärin
19 kg	2,38	2,04	1,84	1,66	1,47	1,96
26 kg	2,65	2,28	2,09	1,93	1,69	2,15
29 kg	2,93	2,44	2,22	2,05	1,82	2,31
32 kg	3,24	2,67	2,31	2,12	1,82	2,45
37 kg	3,74	3,00	2,55	2,25	1,85	2,72
Keskimäärin	2,99	2,49	2,21	2,03	1,77	2,34

Taulukko 11. Tuotostason vaikutus poikimavälin pituuteen.

Poikimaväli, pv	Intensiteetti					
Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes	Keskimäärin
19 kg	425	406	398	402	416	409
26 kg	435	413	403	396	401	409
29 kg	443	419	408	401	401	413
32 kg	450	428	414	405	406	419
37 kg	463	439	423	413	414	428
Keskimäärin	443	422	410	404	407	416

Taulukko 12. Tuotostason vaikutus hedelmällisyyshoitojen määrään (hoitoa elinaikana).

Hoitoja, kpl/lehmä	Intensiteetti					
Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes	Keskimäärin
19 kg	0,60	0,61	0,54	0,49	0,40	0,55
26 kg	0,78	0,76	0,70	0,68	0,61	0,72
29 kg	0,86	0,85	0,87	0,80	0,73	0,83
32 kg	1,06	1,01	1,01	0,97	0,92	1,00
37 kg	1,36	1,34	1,21	1,15	1,05	1,25
Keskimäärin	0,96	0,95	0,91	0,87	0,79	0,91

Elinpäivien lisäksi kestävyttä voidaan tarkastella poikimakertojen määrällä. Intensiteettiviidennesten väliset erot poikimakertojen määrissä olivat erittäin merkitseviä tai merkitseviä (ero keskimmäisen ja neljännen viidennes välillä). Poikimakertoja oli eniten hieman pisintä poistoikää korkeammassa intensiteetti-tiluokassa (taulukot 7 ja 13), muttei korkeimmassa luokassa. Eroa voi selittää korkeamman ruokinnan intensiteetin yhteys parempaan hedelmällisyyteen, joka on havaittavissa myös poiston syissä ja hedelmällisyyshoitojen lukumäärissä (taulukko 11 ja 12). Vakiotuotoksen noustessa poikimakertojen määrä kasvoi samoin kuin poistoikä ($p < 0,001$).

Taulukko 13. Tuotostason vaikutus poikimakertojen määrään.

Poikimakertoja, kpl	Intensiteetti					
Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes	Keskimäärin
19 kg	2,43	2,56	2,47	2,27	2,21	2,39
26 kg	2,50	2,87	2,95	2,92	2,71	2,79
29 kg	2,51	3,03	3,22	3,23	3,06	3,01
32 kg	2,53	3,20	3,44	3,47	3,30	3,19
37 kg	2,48	3,39	3,63	3,66	3,48	3,33
Keskimäärin	2,49	3,01	3,15	3,11	2,95	2,94

Tuotostason ja utareterveiden välistä yhteyttä tarkasteltiin lehmille kirjattujen utaretulehdushoitojen kokonaismäärän avulla. Keskiarvot kussakin vakiotuotos- ja ruokinnan intensiteetti-tiluokassa olutta lehmää kohti esitetään taulukossa 14. Utaretulehdushoitojen määrä kasvoi ruokinnan intensiteetin ja sen myötä tuotoksen kasvaessa ($p < 0,001$) lukuun ottamatta siirtymää neljännessä viidennestä ylimpään viidenneseen ($p > 0,05$). Poikkeuksen teki myös koko alin vakiotuotoluokka, jossa ei ollut selkeää yhteyttä intensiteetin ja utaretulehdushoitojen määrään välillä. Hoitojen määrän kasvu oli havaittavissa myös silloin, kun lehmän vakiotuotos kasvoi (alimmasta luokasta ylöspäin siirryttäessä $p < 0,001$). Tämä näkyi erityisesti silloin, kun ruokinnan intensiteetti oli voimakas. Intensiteetin ollessa heikon, vakiotuotoksen ja utaretulehdushoitojen välinen yhteys oli päinvastainen.

Taulukko 14. Tuotostason vaikutus utaretulehdushoitojen määrään (hoitoa elinaikana).

Hoidot, kpl/lehmä	Intensiteetti					
Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes	Keskimäärin
19 kg	0,94	1,08	1,03	1,04	0,84	1,01
26 kg	0,96	1,15	1,25	1,34	1,28	1,19
29 kg	0,90	1,17	1,39	1,54	1,50	1,29
32 kg	0,89	1,26	1,48	1,71	1,76	1,40
37 kg	0,89	1,44	1,75	1,95	2,04	1,57
Keskimäärin	0,91	1,24	1,43	1,60	1,57	1,33

2.5. Taloudelliset tulokset

Kun tarkastellaan katetta lehmäpaikalle ja työlle, eli lehmän ensimmäisen poikimisen jälkeisiä päiviä, korkein intensiteetti on vertailuista vaihtoehtoista paras vaihtoehto 19, 26 ja 29 kg:n vakiotuotoluokissa (taulukko 15). Tätä suuremmissa vakiotuotoluokissa tuotospäiville kohdistettu tuotto on paras hieman maltillisemmalla tuotostasolla.

Taulukko 15. Kate lehmäpaikalle ja työlle, euroa per tuotospäivä.

Kate per tuotospäivä	Intensiteetti				
Vakiotuotoluokka	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskimmäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes
19 kg	5,74	5,89	5,91	5,95	6,37
26 kg	6,43	6,81	6,95	7,01	7,24
29 kg	7,16	7,52	7,65	7,64	7,67
32 kg	7,80	8,19	8,32	8,29	8,03
37 kg	8,74	9,13	9,12	8,97	8,18

Tulos kertoo siitä, että vaikka korkeammalla intensiteetillä elinikäistuotos jää alhaisemmaksi kuin keskimääräisellä, korkeampi tuotostaso tuottaa keskimäärin paremman katteen lypsylehmäpaikalle, joiden lukumäärä on yleensä tärkein tuotantoa rajoittava fyysinen tekijä navetoissa. Tulos on seurausta kohtuullisen edullisesta väkirehujen hinnoista ja samanaikaisesti korkeasta maidon hinnasta, jota litrakohtaisena maksettu tuki vahvistaa.

2.6. Katelaskelman herkkyystarkastelu

Edellinen tulos nostaa esiin jatkokysymyksen, kuinka robusti tulos on ja miten hintasuhteiden muutokset vaikuttavat tulokseen. Näihin kysymyksiin vastataan herkkyystarkastelun avulla. Herkkyystarkastelusta raportoidaan tässä yhteydessä kahden luokan tulokset. Keskimmäinen 29 kg:n vakiotuotoluokka vastaa parhaiten tarkastelun aikaista keskiarvoa. Toiseksi korkeinta, 32 kg:n vakiotuotoluokkaa voidaan ajatella lähitulevaisuuden keskimääräisenä luokkana, jos jalostus ja eläinten terveys kehittyvät suotuisasti.

Hiehon kasvatuksen hinta

Hiehon kasvatuskustannus on yksi suurimmista kustannuseristä maidontuotannossa. Lehmän elinajalle kohdennettuna se oli 16–30 % tässä tutkimuksessa huomioiduista muuttuvista kustannuksista. Alkuperäisessä laskelmassa hiehon kasvatuspäivän hinnaksi oletettiin vakio 2 euroa päivässä, jolloin kasvatuksen muuttuvat kustannukset ilman rakennuskustannuksia ja palkkavaatimusta olisivat hiehon kasvatusajasta riippuen noin 1580–1620 euroa. Hiehojen markkinahinnat ovat kuitenkin olleet tätä alempia. Herkkystarkastelussa tarkastellaan, miten lypsylehmän antama kate muuttuu erilaisilla hiehon kasvatuksen kustannuksilla.

Hiehon kasvatuksen kustannukset jakaantuvat jokaiselle tuotetulle maitolitralla, kuten muutkin kustannukset. Kasvatushinnan noustessa kate pienenee. Hinnan noustessa yli kolmen euron, intensiivisyyden keventäminen alkaa tulla kannattavammaksi. Keventäminen pidentää elinikää ja elinikäistuotosta, jolloin hiehon kasvatuskustannus jakaantuu useammalle päivälle tai litralle ja yksikkökustannus pienenee (taulukko 16).

Taulukko 16. Hiehon kasvatushinnan muutoksen vaikutus lehmäpaikan ja työn katteeseen (euroa/päivä) kahdessa vakiotuotoluokassa

Hiehon hinta euroa / kasva- tuspäivä	Vakiotuotoluokka 29 kg					Vakiotuotoluokka 32 kg				
	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskim- mäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes	Alin viidennes	Toinen viidennes	Keskim- mäinen viidennes	Neljäs viidennes	Ylin viidennes
1,5 euroa	7,55	7,88	8,01	8,02	8,08	8,17	8,52	8,64	8,62	8,40
2,0 euroa	7,16	7,52	7,65	7,64	7,67	7,80	8,19	8,32	8,29	8,03
2,5 euroa	6,77	7,15	7,29	7,27	7,25	7,43	7,85	7,99	7,95	7,66
3,0 euroa	6,38	6,79	6,93	6,90	6,84	7,06	7,52	7,67	7,61	7,29

Väkirehujen hinta

Rehukustannukset muodostavat 42-68 % muuttuvista kustannuksista. Herkkystarkastelussa oletetaan, että väkirehujen hinta nousee tai laskee 25 % säilörehun tuetun hinnan pysyessä vakiona 10 snt/kg ka.

Edullisempi väkirehujen hinta muuttaa dieetin koostumusta hieman väkirehuvaltaisemmaksi kuin alkuperäisessä tarkastelussa. Ruokinnan optimaalinen intensiteetti sen sijaan muuttui vain hieman eikä ylittänyt viidennesten luokittelurajoja. Korkeampi rehujen hinta muutti optimia alaspäin. Ruokinnan kustannusten noustessa korkean tuotoksen kate pienenee ja korkeamman elinikäistuotoksen tavoittelun kannattavuus paranee. Tilannetta vahvistaa se, että korkeammalla elinikäistuotoksella esimerkiksi hiehon kasvatuksen kustannukset jakaantuvat suuremmalle maitomäärälle ja päivä- tai litra-kohtainen kustannus jää pienemmäksi (taulukko 17).

Taulukko 17. Väkirehun hintamuutoksen vaikutus lehmäpaikan ja työn katteeseen (euroa/päivä) kahdessa vakiotuotoluokassa.

	Vakiotuotoluokka 29 kg					Vakiotuotoluokka 32 kg				
	Alin viiden-nes	Toinen viiden-nes	Keskim-mäinen viidennes	Neljäs viiden-nes	Ylin viiden-nes	Alin viiden-nes	Toinen viiden-nes	Keskim-mäinen viidennes	Neljäs viiden-nes	Ylin viiden-nes
Väkirehujen hinta 75 %	7,45	7,90	8,07	8,11	8,21	8,08	8,60	8,79	8,80	8,64
vr osuus	35 %	42 %	45 %	48 %	54 %	42 %	46 %	47 %	51 %	57 %
Väkirehujen hinta 100 %	7,16	7,52	7,65	7,64	7,67	7,80	8,19	8,32	8,29	8,03
vr osuus	34 %	41 %	45 %	48 %	50 %	35 %	43 %	47 %	50 %	55 %
Väkirehujen hinta 125 %	6,89	7,17	7,26	7,21	7,14	7,51	7,80	7,88	7,79	7,44
vr osuus	32 %	37 %	41 %	44 %	50 %	31 %	39 %	42 %	47 %	52 %

Maidon hinta

Euroopan maidontuotannossa ja maailmanmarkkinoilla lisääntynyt epävarmuus hinnasta aiheuttaa voimistuvia hinnanvaihteluita. Tässä herkkyystarkastelussa tarkasteltiin vaihtoehtoja, joissa maidon hinta on 45–30 senttiä kilolta pitoisuuslisien pysyessä vakioina. Tuotantotuen oletettiin myös pysyvän vakiona eli vuoden 2013 keskimääräisellä valtakunnallisella tasolla 7,8 senttiä per litra (Tike 2014). Maidon hinnan laskiessa pitkän eliniän merkitys korostuu, mutta sen vaikutus on pieni.

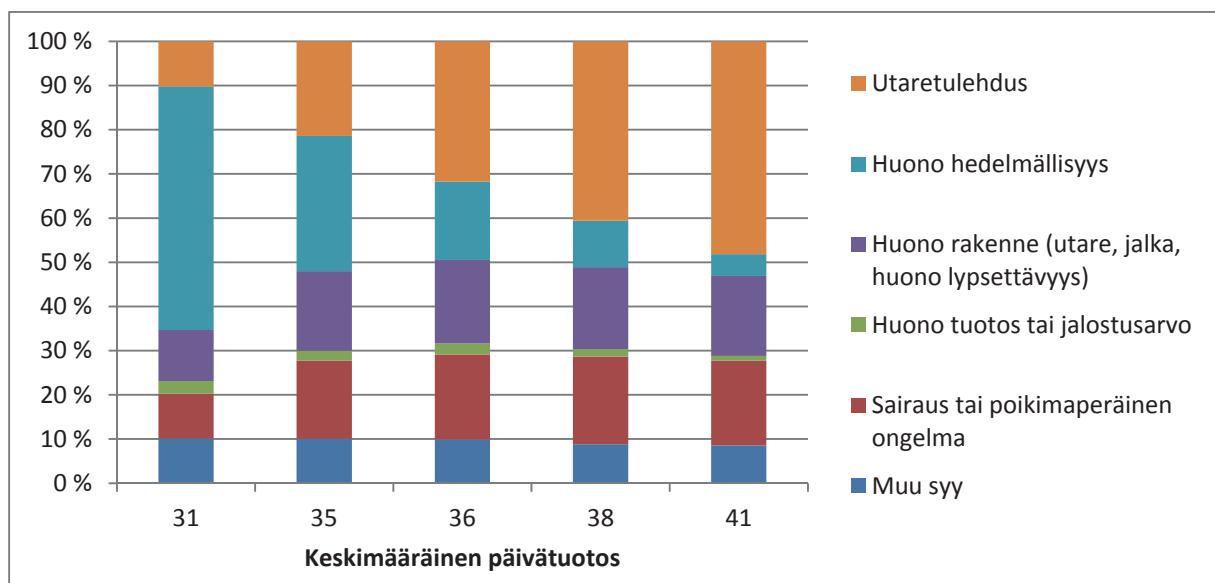
Tuottojen laskiessa ja kustannusten pysyessä samana kate pienenee. Korkeammalla maidon hinnalla paras kate syntyy korkeimmassa viidenneksessä vakiotuotoluokan sisällä. Keskimmaisessä 29 kilon vakiotuotoluokassa intensiivinen ruokinta oli kannattavin vaihtoehto aina 35 senttiin asti, jota pienemmällä maidon hinnalla eliniän ja elinikäistuotoksen maksimointiin tähtäävä tuotanto on kannattavampaa. Maidon hinnan laskiessa kate pienenee, jolloin yksikkökustannusten jakaantuminen mahdollisimman suurelle elinikäistuotokselle korostuu. Vakiotuotosta alhaisempi ruokinnan intensiteetti ei kuitenkaan ollut missään vaihtoehdossa taloudellisin vaihtoehto (taulukko 18).

Taulukko 18. Maidon hintamuutoksen vaikutus lehmäpaikan ja työn katteeseen (euroa/päivä) kahdessa vakiotuotoluokassa

Maidon hinta, ei sis. tuotantotu- kea	Vakiotuotoluokka 29 kg					Vakiotuotoluokka 32 kg				
	Alin viiden- nes	Toinen viiden- nes	Keskim- mäinen viidennes	Neljäs viiden- nes	Ylin viiden- den- nes	Alin viiden- den- nes	Toinen viiden- nes	Keskim- mäinen viidennes	Neljäs viiden- nes	Ylin viiden- den- nes
45,0 senttiä	8,29	8,71	8,87	8,88	8,94	9,01	9,46	9,62	9,61	9,37
42,5 senttiä	7,72	8,11	8,26	8,26	8,30	8,40	8,82	8,97	8,95	8,70
40,0 senttiä	7,16	7,52	7,65	7,64	7,67	7,80	8,19	8,32	8,29	8,03
37,5 senttiä	6,59	6,92	7,04	7,03	7,03	7,19	7,55	7,66	7,62	7,36
35,0 senttiä	6,02	6,33	6,43	6,41	6,39	6,59	6,91	7,01	6,96	6,70
32,5 senttiä	5,46	5,73	5,82	5,79	5,75	5,98	6,27	6,36	6,30	6,03
30,0 senttiä	4,89	5,13	5,21	5,17	5,11	5,37	5,64	5,71	5,64	5,36

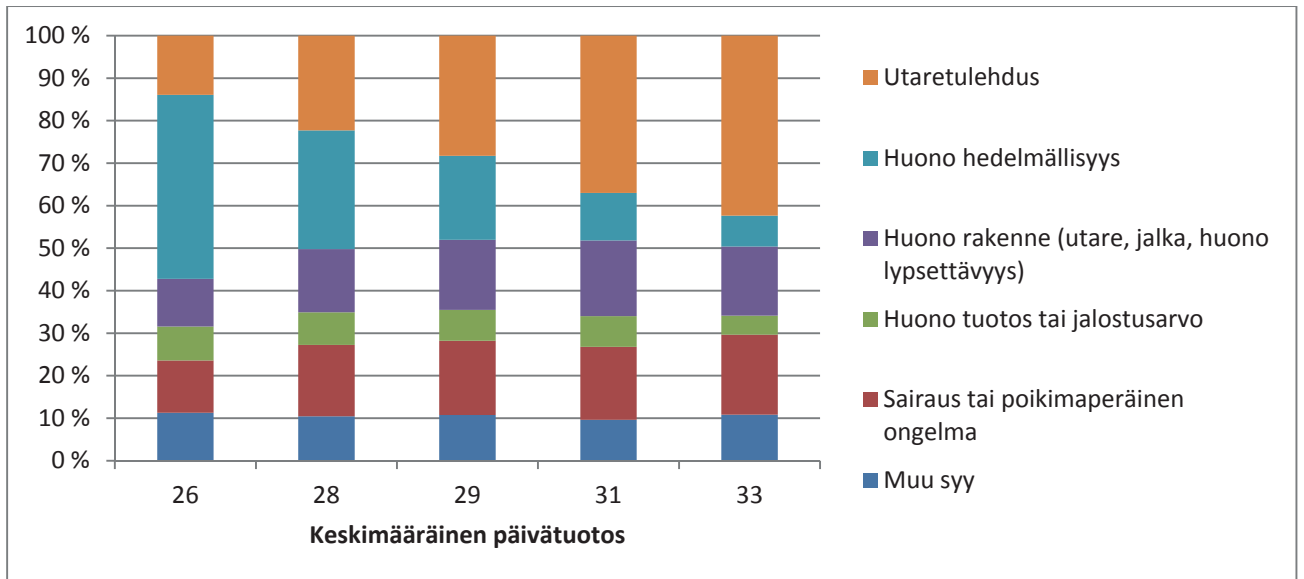
2.7. Poiston syyt ruokinnan intensiteetin mukaan luokiteltuna

Korkeimmassa vakiotuotoksen mukaan jaetussa viidenneksessä keskimääräinen vakiotuotos on 37,2 kg. Suurimmat poiston syyt erottuvat selvästi; alhaisella ruokinnan intensiteetillä eläimet kärsivät huonosta hedelmällisyydestä. Ruokinnan voimistuessa huonon hedelmällisyyden merkitys poiston syynä vähenee. Tämä havaittiin myös hoitoaineistosta, jossa hedelmällisyyshoitoja oli korkealla intensiteetillä vähemmän kuin matalalla intensiteetillä ruokittaessa. Tuotostason noustessa utaretulehduksen osuus poiston syynä kasvaa (kuva 3).



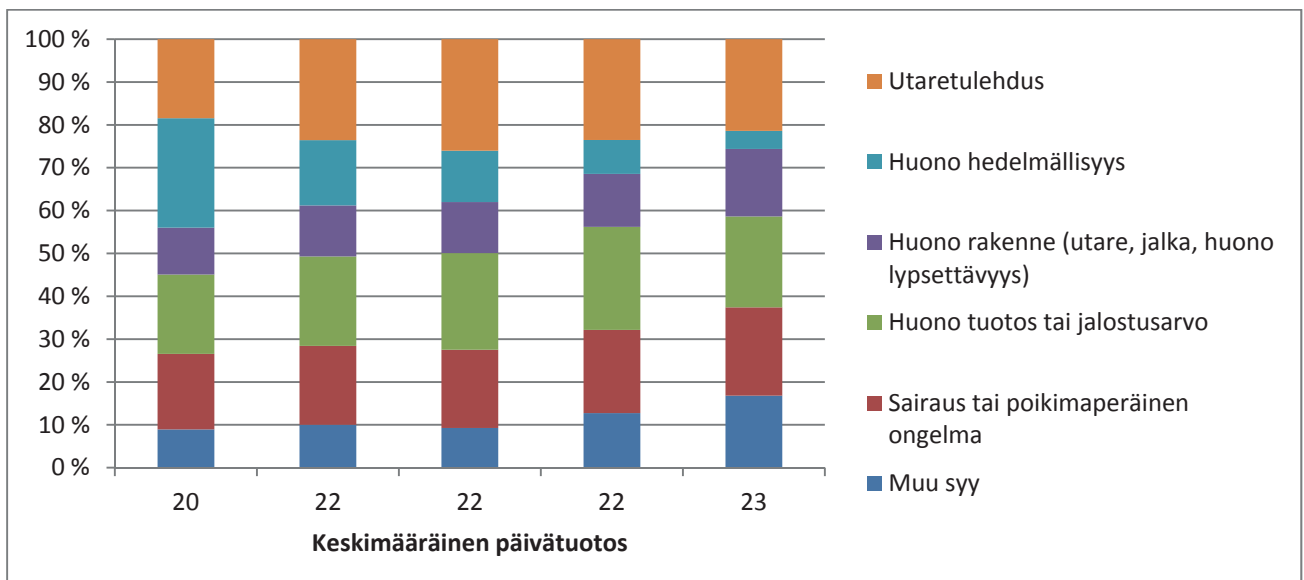
Kuva 1. Poiston syyt mitatun tuotoksen ja vakiotuotoksen erotuksen mukaan viidenneksiin jaoteltuna korkeimmassa vakiotuotoluokassa (37 kg).

Keskimmäisessä vakiotuotosten viidenneksessä keskimääräinen vakiotuotos on 29,0 kg. Kuvio ei eroa kovin paljon korkeimmasta viidenneksestä. Suurimmat poiston syyt ovat utaretulehdus ja hedelmällisyys, joiden merkitys vaihtuu tuotostason mukaan (kuva 4).



Kuva 2. Poiston syyt mitatun tuotoksen ja vakiotuotoksen erotuksen mukaan viidenneksiin jaoteltuna keskimmaisessä vakiotuotosluokassa (29 kg).

Alimmassa luokassa vakiotuotos on vain 19,4 kg ja lähes kaikki mitatut tuotokset ovat sen yläpuolella. Lehmä on vaikea ruokkia riittävän matalalla intensiteetillä ja kaikki ruokinnat ovat voimakkaampia kuin vakiotuotoksen tuottava ruokinta. On mahdollista, että ryhmässä olevat lehmät ovat osaksi ongelmatapauksia, joilla on jokin häiriö tai ruokinnassa on esimerkiksi säilöntään liittyvä ongelma, joka ei käy ilmi ruokinnan pitoisuuksista. Tällöin mitattu tuotos on ollut alhainen, vaikka ruokinta on ollut pitoisuuksien mukaan melko voimakas ja vakiotuotos jää alhaiseksi. Johtopäätösten teko tämän luokan tuloksista on vaikeaa, tulokset kuitenkin esitetään tässä mahdollisen ongelman selvittämiseksi (kuva 5).



Kuva 3. Poiston syyt mitatun tuotoksen ja vakiotuotoksen erotuksen mukaan viidenneksiin jaoteltuna alimmassa vakiotuotosluokassa (19 kg).

2.8. Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Suomalaisissa olosuhteissa lehmäpaikkojen määrä navetassa rajoittaa yleensä lehmien määrää tilalla. Pohjoisissa olosuhteissa rakennuskustannukset ovat korkeat ja lehmäpaikat pyritään täyttämään mahdollisimman nopeasti navetan valmistumisen jälkeen. Lehmä alkaa poikimisen jälkeen maitotuotolla maksaa takaisin hiehon kasvatusaikaa ja samalla varaa lehmäpaikan. Lehmäpaikka on varattu myös umnessaolokauden ajan. Lehmän poistopäivän ja poikimispäivän erotuksena saadaan aika, jonka lehmä varaa tuota paikkaa. Tätä aikaa nimitetään tässä raportissa tuotospäiviksi. Jakamalla lehmän elinajalle osuvat tuotot ja kustannukset tuotospäivillä, saadaan tuloksena kate, jonka lehmä maksaa palkaksi työlle ja vuokraksi tuolle varatulle lehmäpaikalle.

Eläinaineksen tuotostason optimointi on ollut pitkään lypsykarjatalouden tutkimus- ja kehitystoiminnan ykkösprioriteetteja. Olemassa olevat resurssit kannattaa hyödyntää parhaalla mahdollisella tavalla, paitsi tuotannon kannattavuuden, myös esimerkiksi ympäristöhaittojen minimoinnin vuoksi. Tuottavuuden kasvattaminen on myös tuotannon säilymisen elinehto pohjoisissa olosuhteissa, joissa maatalouden rakenteesta ja tuotanto-olosuhteista aiheutuu kustannushaittoja kilpailijamaihin verrattuna.

Kustannusrakenteen tunteminen auttaa tunnistamaan kehittämisen kohteita. Eläinten uudistaminen on maidon yksikkökustannuksen kolmanneksi suurin kustannuserä (Latukka ja Vilja 2014). Lehmien tuotantoikä on lyhentynyt niin, että harva lehmä ehtii saavuttaa parhaan mahdollisen tuotosikänsä. Tuotosiän lyhyteen liittyviä syitä on lukuisia. Yleisimmät raportoidut poiston syyt ovat kuitenkin utaretulehdus ja hedelmällisyysongelmat, joihin molempiin eläinten ruokinnan onnistumisella on osoitettu olevan yhteys. Suuri merkitys on myös vapaaehtoisilla poistoilla, joita ns. hiehoautomaatti eli liian suuri uudistuseläinten tarjonta osaltaan edistää. Hiehoautomaatin vaikutusta voisi pienentää uusien jalostusteknologioiden käytöllä. Samalla voitaisiin lisätä liharotusiemennysten määrää ja parantaa siten myös naudanlihantuotannon tuottavuutta. Toistaiseksi sukupuolilajitellun siemenen käyttö on kuitenkin ollut heikosti kannattavaa (Kärkkäinen ym. 2014).

Tuotostason nousulla on kaksijakoinen vaikutus hedelmällisyyteen sen mukaan, johtuuko nousu eläimen perinnöllisestä tuotoskyvystä vai ruokinnan intensiteetistä. Kirjallisuuden mukaan perinnöllisen tuotoskyvyn noustessa hedelmällisyyden on havaittu heikkenevän (Pryce ym. 2004). Kuitenkin vakiotuotoluokan sisällä tarkasteltuna ruokinnan intensiteetin kasvaessa hedelmällisyyden tunnusluvut paranevat. Lyhyet poikimavälit, vähiten siemennyksiä tiineyttä kohti ja vähiten hedelmällisyys-hoitoja lehmää kohti olivat tekijöitä, jotka osaltaan paransivat maidontuotannon laskennallista kannattavuutta kaikkein intensiivisimmässä ruokintaluokassa.

Tuotostason nostaminen lisäsi utaretulehduksen riskiä riippumatta siitä, johtuiko nousu eläimen perinnöllisestä tuotoskyvystä vai ruokinnan voimaperäisyydestä. Utaretulehdusten määrä ei kuitenkaan näkynyt suoraan eläinten poistoiässä. Vakiotuotoksen kasvaessa lehmien poistoiässä nousi, vaikka utaretulehdukset lisääntyivät. Intensiteetin kasvaessa yli lehmän vakiotuotoksen, poistoajankohta sen sijaan aikaistui. Tulos kertoo eläimen poistokynnyksen kasvavan eläimen perinnöllisen tuotoskyvyn mukana mutta samaa ei ole havaittavissa korkean tuotoksen perustuessa voimaperäiseen ruokintaan.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että paras elinikäistuotos oli saavutettavissa lehmän tuotospotentiaalin mukaisella ruokinnalla. Korkealla väkirehuruokinnalla oli saavutettavissa korkea tuotostaso, mutta isossa aineistossa oli mahdollista havaita eliniän ja eliniästä lähes suoraan riippuvan elinikäistuotoksen jäävän keskimäärin pienemmäksi kuin paremmin vakiotuotosta vastaavalla ruokinnan intensiteetillä.

Vaikka elinikäistuotos oli korkein keskimääräisellä ruokinnan intensiteetillä, katelaskenta kuitenkin osoitti, että nykyisellä tuottojen ja kustannusten tasolla kate kiinteille kustannuksille ja työlle oli paras korkeimmalla intensiteetillä, kun mittarina oli ensimmäisen poikimisen jälkeisille päiville kohdennettu kate eli tuotto per tuotospäivä.

Herkkyystarkastelujen avulla oli löydettävissä raja-arvoja, joiden jälkeen oli edullisinta tavoitella korkeimman päivätuotoksen sijaan korkeinta elinikäistuotosta. Tällöin kustannukset, erityisesti hiehon kasvatuskustannukset, jakaantuvat mahdollisimman monelle litralle. Vasta melko suuret hintojen muutokset vaihtoivat luokkien katteen mukaista paremmuusjärjestystä. Millään tarkastellulla vaihtoehdolla ei ollut edullisinta ruokkia lehmää alle sen vakiotuotostason.

Tuloksista voidaan vetää kaksi johtopäätöstä. Tila voi vaikuttaa karjan tuotostasoon sen potentiaalin sallimissa puitteissa. Tätä valintamahdollisuutta kuvaa tässä raportissa tehty jako viidenneksiin vakiotuotoksen perusteella. Alemmasta vakiotuotosluokasta parempaan siirtyminen edellyttää pitkäjänteistä karjan jalostusta ja sen potentiaalin parantamista eikä onnistu lyhyellä aikavälillä. Sen sijaan vakiotuotosluokan sisällä tila voi päättää ruokinnan intensiteetistä ja tuotostasosta, jota lyhyellä aikavälillä tavoitellaan. Korkein intensiteetti oli taloudellisin vaihtoehto verrattain edullisilla väkirehujen kustannuksilla ja korkealla maidon hinnalla, jota litrakohtaisena maksettu tuotantotuki edelleen vahvisti.

Toinen johtopäätös liittyy ruokintastrategian valintaan. Tuotoskykyä matalammalla intensiteetillä ei saavuteta parasta mahdollista elinikäistuotosta eikä katetta. Myös huomattavasti vakiotuotosta korkeammalla intensiteetillä syntyy ongelmia. Mitä vaihtelevampi on karjan lehmien tuotoskyky, sitä suurempi on mahdollisimman yksilöllisellä ruokinnalla saavutettava tuotoshyöty. Toisaalta mitä enemmän karjassa on erilaiseen ruokintaan perustuvia ryhmiä, sitä enemmän ihmisen työpanosta tarvitsevaan ruokintatyöhön kuluu aikaa samoin kuin eläinten siirtelyyn eri ryhmien välillä (Kivinen ym. 2014). Kannattavin ruokinnan toteutus riippuu tilakohtaisista tekijöistä.

Tutkimus toteutettiin aineistolla, jossa ruokintatieto oli saatavilla karjakohtaisena tietona. Tällöin myös vakiotuotos oli aineistosta saatavilla vain karjakohtaisena. Tutkimusongelman selvittämiseksi tarvittava lehmäkohtainen vakiotuotos jouduttiin simuloimaan. Tuotostasoja, poiston syitä ja jalostusindeksejä tarkasteltaessa simuloitu lehmäkohtainen vakiotuotos vaikuttaa kuitenkin oikeaan osu-neelta. Jotta vastaavalla ongelmalta vältyttäisiin tulevaisuudessa tutkimuksissa, seuranta-aineistoissa tulisi olla tallennettuna lehmäkohtaiset vakiotuotokset. Lehmäkohtainen kirjaus vakiotuotoksesta mahdollistaisi myös tilalle reaaliaikaisen seurannan siitä, mikä on ruokinnan intensiteetin taso suhteessa kunkin lehmän potentiaaliin kullakin tuotokauden hetkellä. Seuranta puolestaan mahdollistaisi korjaustoimenpiteet, jotka tutkimuksen tulosten mukaan ovat eduksi lehmän elinikäistuotokselle ja maidontuotannon taloudelle.

Lyhyen aikavälin tuotostason optimointi esimerkiksi maitotuoton ja rehukustannuksen erotusta maksimoimalla johtaa edullisten väkirehujen hinnoilla eläimen pitkän aikavälin terveyden kannalta melko korkeaan väkirehuprosenttiin. Tämän laskelman perusteella korkea intensiteetti on kannattavin vaihtoehto, vaikka se johtaisikin hieman suurempaan poistoriskiin. Maidon tuottajahinnan laski-essa korkean intensiteetin kannattavuus alenee. Herkkyysanalyysin mukaan raja-arvo kulkee noin 35 sentin kohdalla, jota alemmilla maidon hinnoilla elinikäistuotoksen maksimointi tuotostasosta hie-man tinkimällä on kannattavin vaihtoehto. Korkealla poistoriskillä iso osa lehmistä ei ehdi saavuttaa korkeinta tuotosikänsä. Pitkän aikavälin huomiointi tulisikin olla seuraava askel lypsylehmien ruokinnan suunnittelun kehittämisessä. Olosuhteiden ja johtamisen vaikutusta mitattuun tuotokseen tai vakiotuotokseen ei voitu tässä aineistossa huomioida.

2.9. Kirjallisuus

- Coignard, M., Guatteo, R., Veissier, I., Lehébel, A., Hoogveld, C., Mounier, L. ja Bareille, N. 2014. Does milk yield reflect the level of welfare in dairy herds? *The Veterinary Journal* 199: 184–187.
- Ellä, A. 2014. Säilörehut rahaksi – käytännön tietotaitoa säilörehun tuotannosta BM-nurmipiienryhmistä. Saatavilla: <http://www.proagria.fi/sisalto/3069> . viitattu 11.1.2015.
- 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., M. Rinne, and J. Nousiainen. 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. 2010. 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. 2012. Production responses of lactating dairy cows fed silage-based diets to changes in nutrient supply. *Livestock Science* 148: 146–158.
- Huuskonen, A., Pesonen, M., Hyrkäs, M., Kämäräinen, H. ja Kauppinen, R. 2014. Risteytyksellä lisäarvoa ay-sonnin ruholle. Saatavilla: http://www.smts.fi/MTP_julkaisu_2014/Posterit/171Huuskonen_ym_Risteytyksella_lisaarvoa_a_y-sonnin_ruholle.pdf
- Kivinen, T., Hurme, T., Sarjokari, K., Hovinen, M., Norring, M., Seppä-Lassila, L., Soveri, T., Lätti, M., Karttunen J. ja Tuure, V-M. 2014. Lypsykarjatilan eläinten ryhmittely. MTT Raportti 137.
- Kärkkäinen, L., Sipiläinen, T., Juga, J. ja Kämäräinen, H. 2014. Uusien jalostusmenetelmien käytön kannattavuus lypsykarjatilalla – lyhyen aikavälin tarkastelu. Saatavilla: http://www.smts.fi/MTP_julkaisu_2014/Posterit/152Karkkainen_ym_Uusien_jalostusmenetelmien_kayton_kannattavuus_lypsykarjatilalla.pdf
- Kyntäjä, J., Karlström, T., Rinne, M., Nousiainen, J., Palva, R. ja Nokka, S. 2010. Pitkän tähtäimen ruokinnan suunnittelu. Teoksessa Kyntäjä, J., Nokka, S. ja Harmoinen, T. (toim.) Lypsylehmän ruokinta. Tieto tuottamaan 133. ProAgria Keskusten liitto.
- Latukka, A ja Vilja, M. 2014. Maitolitrin tuotantokustannuksen tunteminen auttaa kehittämään kannattavuutta. Teoksessa Niemi, J & Ahlstedt, J. (toim.) 2014. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2014. Agrifood Research Finland: Economic Research Publications 115: 64-65.
- Pryce J., Royal M., Garnsworthy P. & Mao I. 2004. Fertility in the high-producing dairy cow, *Livestock Production Science*, Elsevier 86: 125–135
- Sipiläinen, T., Ryhänen, M., Karhula, V., Suokannas, A. ja Rinne, M. 2013 Maitotilalle kilpailukykyä tuottavuutta ja tehokkuutta kehittämällä. Kilpailukykyä maidontuotantoon-hanke. MTT Raportti 78. Saatavilla: <http://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti78.pdf>
- Walsh, S.W., Williams, E.J., & Evans A.C.O. 2011. A review of the causes of poor fertility in high milk producing dairy cows - Review Article. *Animal Reproduction Science* 123: 127-138

3. Lypsylehmien ruokintakokeet

3.1. Tiivistelmä

Nykyisten lypsylehmien tuotantopotentiaali on korkea ja sen hyödyntämiseksi lehmille tarjotaan paljon energiaa ja valkuaista sisältäviä rehuja. Korkeaan maitotuotokseen ja runsaaseen väkirehujen käyttöön liittyy kuitenkin riskejä. Lypsykauden alussa nopeasti nouseva maitotuotos johtaa negatiiviseen energiataseeseen, jolloin eläin joutuu purkamaan energiaa kudoksistaan. Voimakas kudostobilisaatio heikentää immuunipuolustusta ja hedelmällisyyttä sekä lisää ketoosin riskiä. Ruokinnan väkirehuosuuden kasvaessa nopeasti fermentoituvien solunsisällysaineiden määrä pötsissä nousee, mikä voi johtaa lehmän pötsiasidoosiin. KESTO-hankkeessa toteutettiin kaksi ruokintakoetta, joissa tutkittiin intensiivisen ruokinnan vaikutusta lehmien energiataseeseen sekä pötsin pH-tasapainoon.

Ensimmäisessä ruokintakokeessa tutkittiin väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutusta poikimisen jälkeiseen energiataseeseen ja kudostobilisaatioon. Väkirehujen raakavalkuaispitoisuudet olivat 149, 179 ja 201 g/kg ka. Kokeessa oli 51 poikivaa lehmää ja hiehoa ja kokeen kesto oli kymmenen ensimmäistä tuotosviikkoa. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden nousu lisäsi suuntaantavasti maitotuotosta ja merkittävästi valkuaisuudesta. Väkirehun valkuaispitoisuudella ei ollut vaikutusta syöntiin eikä energian saantiin, joten numeerisesti laskennalliset energiataseet paranivat valkuaisen saannin vähentyessä. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää ja lehmien energiataseet olivat huomattavan negatiivisia myös matalimmalla valkuaisruokinnalla. Lehmien väliset yksilölliset erot säilörehun syönneissä ja energiataseissa olivat suuria. Plasman NEFA-, 3-MH- ja BHBA-pitoisuuksien sekä elopainon muutosten perusteella väkirehun valkuaispitoisuuden pienentäminen ei vähentänyt kudostobilisaatioita. Tutkimuksen tulokseen saattoi vaikuttaa se, että säilörehun huomattavan korkean valkuaispitoisuuden takia valkuaisen saanti ei ollut matalimmallakaan valkuaisalla erityisen niukkaa.

Toisessa ruokintatutkimuksessa tarkasteltiin karkearehun kuidun ja sulamattoman kuidun vaikutuksia lehmän pötsin pH-tasoon ja märehymiseen. Vertailtavat karkearehut olivat ensimmäisen niiton nurmisäilörehu, kolmannen niiton nurmisäilörehu ja kolmannen niiton sekä kokoviljasäilörehun seos. Kokeessa oli 30 lypsylehmää, joista 17:lle asennettiin pötsin pH:ta mittaavat anturit. Lisäksi lehmien märehymistä mitattiin automaattisella laitteistolla. Kokeen alussa lehmät saivat kaikkien karkearehujen seosta vapaasti ja teollista täysrehua keskimäärin 9 kg/pv. Koejaksolla lehmien väkirehun saantia lisättiin 0,5 kg/pv korkeintaan 18 päivän ajan. Väkirehutaso nostaminen vaikutti lehmien pötsin pH:n päiväkeskiarvoon odotettua vähemmän. Asidoosialtistukseen viittasi kuitenkin se, että pötsin pH oli pidempiä aikoja suositeltua raja-arvoa alempana ja maidon rasvapitoisuus sekä maidon rasvan ja valkuaisen suhde laskivat. Pötsin pH-tasoissa oli lehmien välillä suuria yksilöllisiä eroja. pH-mittausten mukaan osa lehmistä kärsi piilevästä happamasta pötsistä jo väkirehun osuuden ollessa alle 40 %. Osalla lehmistä pötsin pH ei laskenut edes väkirehuannoksen syönnin jälkeen alle kuuden. Karkearehun muutoksella havaittiin olevan suuri vaikutus pötsin pH-tasapainoon. Väkirehun osuuden noustessa 40 %:sta 60 %:in lehmien märehymisaika väheni vuorokaudessa reilulla tunnilla pysyen kuitenkin edelleen kohtuullisella tasolla (515 min/pv). Kokovilja-nurmisäilörehuseosta saaneiden lehmien pötsin pH oli matalampi kuin pelkkää nurmisäilörehua saaneiden rehun korkeammasta tärkkelyspitoisuudesta ja matalammasta kuitupitoisuudesta johtuen. Lehmien karkearehusta peräisin olevan kuidun osuus ruokinnassa voi tämän tutkimuksen perusteella olla kuitenkin aiemmin suositeltua matalampi, mutta rehuannoksen tärkkelyksen perinteistä raja-arvoa on hyvä noudattaa. Vaikka osa karjan lehmistä kestäisi hyvin korkean intensiteetin ruokintaa, toisille pötsin pH asettaa rajat jo aikaisemmassa vaiheessa.

Asiasanat: Lypsykarja, maidontuotanto, ruokinta, valkuaispitoisuus, energiatase, pötsi, kuitupitoisuus, pH

3.2. Negatiivisen energiataseen hallinta

Annu Palmio¹, Auvo Sairanen¹ ja Tuomo Kokkonen²

¹ Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@luke.fi

² Helsingin yliopisto, Maataloustieteiden laitos, Koetilantie 5, 00014 Helsingin yliopisto, etunimi.sukunimi@helsinki.fi

3.2.1. Johdanto

Lypsykauden alku on lehmän aineenvaihdunnan ja terveyden kannalta erityisen haasteellista aikaa. Ummessa olevan lehmän energian tarve on noin 90 MJ ME/päivä. Poikimisen jälkeen lehmän energian tarve saattaa nopeasti yli kolminkertaistua. Vastapoikineen lehmän syöntikyky on kuitenkin heikentynyt ja syönti lisääntyy selvästi hitaammin kuin maitotuotos (Ingvarsen & Andersen 2000, Kokkonen 2005). Tuotoskauden alussa lehmä ei pysty tyydyttämään voimakkaasti lisääntynyttä ravintoaineiden tarvettaan edes energiapitoisilla rehuilla, mikä johtaa negatiiviseen energiataseeseen. Täydentääkseen energiavajausta lehmä purkaa kudoksistaan rasvahappoja, glyserolia ja aminohappoja (Friggens ym. 2004, Kokkonen ym. 2005). Pääosin kudostobilisaatio kohdistuu rasvakudokseen, lihaskudoksen mobilisaatio on vähäisempää.

Poikimisen jälkeinen kudostobilisaation purkaminen on lehmän luonnollinen sopeutumismekanismi voimakkaasti lisääntyvän maidontuotannon aiheuttamiin tarpeisiin, mutta se saattaa olla eläimen terveydelle haitallista. Kudostobilisaatio on osittain geneettisesti säädeltyä ja korkeaan tuotokseen tähdännyt jalostusvalinta on lisännyt lehmien taipumusta purkaa kudostobilisaatioaan. Rasvakudoksen purkaminen lisää veren vapaiden rasvahappojen (NEFA) pitoisuutta, mikä heikentää immuunipuolustuksen toimintaa, lisää ketoosin riskiä sekä saattaa aiheuttaa maksan rasvoittumista (Rukkamsuk ym. 1999). Lisäksi negatiivinen energiatase siirtää kiimakierrojen käynnistymistä ja heikentää hedelmällisyyttä (Butler 2003). Negatiiviseen energiataseeseen liittyvät terveys- ja hedelmällisyysongelmat aiheuttavat ennenaikaisia poistoja ja lyhentävät siten lehmien elinikää. Lisäksi tuottajalle aiheutuu tulonmenetyksiä eläinten lisääntyneiden hoitokustannusten ja pienemmän maitotuotoksen takia. Tuotoskauden alkuun liittyvien ongelmien vähentäminen olisi paitsi eläimen hyvinvoinnin myös tilan talouden kannalta hyödyllistä.

Energiatasetta voidaan parantaa joko lisäämällä lehmän energian saantia tai pienentämällä energian tarvetta. Energian saantia voidaan lisätä tarjoamalla lehmälle sulavampaa säilörehua sekä enemmän väkirehuja, mutta raja tulee nopeasti vastaan ruokinnan kuitupitoisuuden laskiessa liian alhaiseksi. Lehmän energian tarpeen vähentäminen tarkoittaa käytännössä tuotoksen pienentämistä. Valkuainen on tärkeä maitotuotosta ylläpitävä ja lisäävä ravintoaine. Alkulypsykaudella lehmän valkuaisen tarve on korkea, joten usein vastapoikineelle lehmälle tarjotaan paitsi energia- myös valkuaispitoisia rehuja. Lehmän valkuaisen saannin lisääminen kuitenkin lisää tuotosta, mikä saattaa voimistaa negatiivista energiatasetta entisestään. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko lypsykauden alkuun liittyvää negatiivista energiatasetta pienentää valkuaisruokintaa rajoittamalla.

3.2.2. Aineisto ja menetelmät

Koe-eläimet ja koeolosuhteet

Ruokintakoe suoritettiin MTT (nykyisin Luonnonvarakeskus) Maaningan tutkimusnavetassa. Kokeeseen otettiin mukaan kaikki tutkimusnavetassa lokakuun 2013 ja helmikuun 2014 välillä poikineet hiehot ja lehmät. Kaikkiaan koe-eläimiä oli 51, joista 15 oli ensikoita ja 36 useamman kerran poikineita. Eläimistä 28 oli rodultaan holsteineja ja 23 ayrshireja. Kokeen kesto oli jokaisen eläimen kohdalla 10 ensimmäistä tuotosviikkoa. Ennen poikimista koe-eläimet olivat erillisellä umpilehmien osastolla. Eläimet poikivat oljella kuivitetuissa poikimakarsinoissa, minkä jälkeen ne siirrettiin 24 lehmän pihatto-osastoon.

Ennen poikimista lehmät jaettiin kolmeen blokkiin poikimakerran ja edellisen lypsykauden tuotoksen perusteella. Blokit olivat ensikot, matalatuottoiset useamman kerran poikineet lehmät ja korkeatuottoiset useamman kerran poikineet lehmät. Blokkien sisällä lehmät jaettiin satunnaisesti kolmelle koeruokinnalle.



Kuva 1. Lehmät poikivat poikimakarsinoissa (Kuva: Annu Palmio).

Rehut ja ruokinta

Ennen poikimista kokeeseen tulevat hiehot sekä ummessa olevat lehmät saivat sälörehun ja oljen seosta, jonka tavoiteltu energiapitoisuus oli 10,0 MJ/kg ka. Eläimet olivat ryhmäruokinnassa ja rehujen saantia rajoitettiin niin, että ruokintasuositusten (Luke 2015) mukainen ravintoaineiden tarve täyttyi. Hiehot saivat energialisänä 2,0 kg väkirehua kahdeksannesta tiineyskuukaudesta alkaen. Lehmien tunnusruokinta aloitettiin kolme viikkoa ennen odotettua poikimista. Poikiessa väkirehuan osuus oli ensikoilla 3,0 kg/pv ja useamman kerran poikineilla 4,0 kg/pv. Ennen poikimista kaikki koelehmät saivat samaa teollista täysrehua (koerehu RV18).

Heti poikimisen jälkeen lehmät siirtyivät virallisille koeruokinnolle. Koeruokintoina oli kolme valkuaispitoisuudeltaan erilaista teollista täysrehua. Koerehujen valkuaispitoisuudet olivat 149 (RV15), 179 (RV18) ja 201 (RV20) g/kg ka. Kaikki koerehut sisälsivät saman verran viljaa ja niiden tärkkelypitoisuus oli sama (taulukko 1). Erilaiset valkuaispitoisuudet saatiin rehujen sisältämän rypsirouheen ja leikkeen suhteita muuttamalla.

Poikimisen jälkeen väkirehun määrää nostettiin tasaisesti niin, että kahden viikon kuluttua väkirehutaso oli ensikoilla 10 kg/pv ja useamman kerran poikineilla 13 kg/pv. Tämän jälkeen väkirehutasoja ei muutettu ja lehmät saivat samaa väkirehua koko ruokintakokeen ajan. Lehmät saivat väkirehun rehukioskista 2-3 kilon kerta-annoksina.

Väkirehun lisäksi lehmät saivat vapaasti esikuivattua timotei-nurminatasäilörehua, jonka sulavuus ja valkuaispitoisuus olivat korkeita. Lokakuusta helmikuuhun syötössä oli ensimmäisen niiton nurmisäilörehu. Maaliskuun alussa karkearehu vaihtui toisen niiton nurmisäilörehuun. Lehmien päivittäinen karkearehunkulutus mitattiin yksilöllisesti Insentec-vaakakuppien avulla.

Taulukko 1. Koeväkirehujen koostumukset.

	Rehu		
	RV15	RV18	RV20
Osuus tuorepainossa, %			
Ohra	40	40	40
Kaura	20	20	20
Rypsirouhe	11,2	20,4	29,7
Juurikasleike	18,3	9,1	0
Juurikasmelassi	4	4	3,82
Suojattu rasva	3	3	3
Kalsiumkarbonaatti	1	1	1
Natriumkloridi	0,6	0,6	0,6
Natriumvetykarbonaatti	0,4	0,4	0,4
Magnesiumoksidi	0,3	0,3	0,3
Esiseokset+rakeistusaine	1,2	1,2	1,2

RV15 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

Mittaukset ja näytteet

Lehmät lypsettiin kahdesti päivässä ja maitomäärät mitattiin jokaisella lypsykerralla. Maitonäytteet otettiin sekä aamu- että iltalypsyn yhteydessä joka toinen viikko. Maitonäytteistä analysoitiin Valion laboratoriossa rasva, valkuainen, laktoosi, urea ja solupitoisuus.

Väkirehuista sekä säilörehusta otettiin näyte kerran viikossa. Näytteitä yhdisteltiin niin, että väkirehuista tuli yksi näyte ja karkearehuista kaksi näytettä jokaista kalenterikuukautta kohden. Rehujen kemialliset koostumukset analysoitiin MTT:n laboratoriossa Jokioisilla.

Kudosmobilisaation voimakkuuden arviointia varten lehmiltä otettiin verinäytteet 10 päivää ennen poikimista sekä 7, 21, 42 ja 63 päivää poikimisen jälkeen. Näytteistä analysoitiin Helsingin yliopiston Maataloustieteiden laitoksen laboratoriossa glukoosin, vapaiden rasvahappojen (NEFA), betahydroksivoihapon (BHBA) ja 3-metyylihistidiinin (3-MH) pitoisuudet.

Lehmien elopaino mitattiin päivittäin väkirehukioskissa olevalla vaa'alla. Lehmät kuntoluokitettiin poikimapäivänä sekä jokaisen verinäytteen oton yhteydessä.

Tulosten laskenta ja tilastollinen analyysi

Lehmien ravintoaineiden saanti laskettiin rehujen ravintoainepitoisuuksien sekä kuiva-ainesyöntien perusteella. Ravintoaineiden tarpeet laskettiin elopainon, tuotoksen ja maidon pitoisuuksien perusteella Luken (2015) ruokintasuosituksissa esitetyllä tavalla. Lehmien energiataseet laskettiin vähentämällä energian saannista energian tarve.

Koetulosten tilastolliseen käsittelyyn käytettiin SAS-ohjelmiston MIXED-proseduuria. Maitotuotokset, maidon koostumukset, rehunkulutus ja ravintoaineiden saannit sekä elopainon muutokset ja energiataseet analysoitiin toistettujen mittausten mallilla käyttäen AR1-kovarianssirakennetta.

Tilastollisen mallin kiinteät tekijät olivat blokki, väkirehun valkuaispitoisuuden vaikutus, tuotosviikko, väkirehun valkuaispitoisuuden ja tuotosviikon yhdysvaikutus sekä väkirehun valkuaispitoisuuden ja blokin yhdysvaikutus. Plasman glukoosi-, BHBA-, NEFA- ja 3-MH-pitoisuudet analysoitiin käyttäen toistettujen mittausten mallia, jossa oli kiinteinä tekijöinä väkirehun ja näytepäivän vaikutus sekä niiden yhdysvaikutus, ja satunnaisena tekijänä blokin vaikutus sekä blokin ja näytepäivän yhdysvaikutus.

3.2.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Koerehut

Kokeessa käytettyjen väkirehujen ja karkearehujen kemialliset koostumukset ovat esitetty taulukoissa 2 ja 3. Väkirehut erosivat toisistaan lähinnä rv- ja OIV-pitoisuuksien perusteella. Kaikkien väkirehujen energiapitoisuus oli noin 12,7 MJ/kg ka ja tärkkelyspitoisuus 350 g/kg ka. Kokeessa käytetyt nurmisäilörehut olivat erittäin sulavia (D-arvo keskimäärin 718 g/kg ka) ja sisälsivät huomattavan paljon raakavalkuaista.

Koko rehuannoksen keskimääräinen energiapitoisuus oli kaikilla ruokinnolla korkea, keskimäärin 12,1 MJ/kg ka. RV15-ruokinnalla rehuannoksen OIV-pitoisuus oli 96,2 g/kg ka ja rv-pitoisuus 172 g/kg ka. Vastaavat pitoisuudet olivat RV18-ruokinnalla 98,8 g/kg ka ja 185 g/kg ka ja RV20-ruokinnalla 101 g/kg ka ja 196 g/kg ka.

Taulukko 2. Koeväkirehujen kemiallinen koostumus.

	Rehu					
	RV15		RV18		RV20	
	Keskiarvo	Keski-hajonta	Keskiarvo	Keski-hajonta	Keskiarvo	Keski-hajonta
Kuiva-aine, g/kg	870	0,2	872	1,0	877	0,1
Pitoisuus, g/kg ka						
Tuhka	71,3	1,2	68,9	1,9	67,8	1,3
Raakavalkuainen	149	0,9	179	7,6	201	3,9
Raakarasva	62,1	4,0	69,0	1,5	70,7	1,6
Kuitu	225	7,8	222	4,6	210	4,6
Rehuarvot						
ME, MJ/kg ka	12,8		12,7		12,7	
OIV, g/kg ka	103		109		115	

RV15=väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18=väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

ME=muuntokelpoinen energia

OIV=ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

Taulukko 3. Kokeessa käytettyjen säilörehujen kemiallinen koostumus ja rehuarvot.

	Ensimmäisen niiton säilörehu		Toisen niiton säilörehu	
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
Kuiva-aine, g/kg	273	1,1	260	0,7
Pitoisuus, g/kg ka				
Tuhka	87	3,6	87	3,4
Raakavalkuainen	193	3,7	181	7,9
Neutraalidetergenttikuitu	490	24,6	475	17,1
Rehuarvot				
D-arvo, g/kg ka	717	6,2	717	2,8
ME, MJ/kg ka	11,5	0,1	11,5	0,0
OIV, g/kg ka	94	0,6	89	1,5
PVT, g/kg ka	54	2,7	49	6,5
Säilönnällinen laatu				
pH	4,00	0,1	3,98	0,1
Sokeri, g/kg ka	20	3,5	33	3,0
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka	72	6,5	66	6,5
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka	21	3,9	21	1,1
Ammoniumtyppi, g/kg N	37	4,7	35	1,9
Liukoinen typpi g/kg N	516	76,5	516	7,0

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa

ME = muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuolesta imeytyvät aminohapot

PVT = pötsin valkuaistase

Syönti ja ravintoaineiden saanti

Kaikki koeväkirehut olivat maittavia eikä niiden välillä ollut eroja syönneissä (taulukko 4). Väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut merkittävästi säilörehun syöntiin eikä siten myöskään kokonaissyöntiin. Numeerisesti lehmien kuiva-ainesyönti oli RV20-ruokinnalla 0,6 kg korkeampi kuin RV15-ruokinnalla. Väkirehun rv-pitoisuuden noustessa rv:n ja OIV:n saannit lisääntyivät lineaarisesti. Energian saantiin väkirehulla ei ollut vaikutusta.

Taulukko 4. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus syöntiin ja ravintoaineiden saantiin.

	Rehu				P _{lin} ¹
	RV15	RV18	RV20	SEM	
Syönti, kg ka/pv					
Väkirehu	9,1	9,2	9,1	0,14	0,93
Säilörehu	10,5	10,8	11,1	0,38	0,25
Kokonaissyönti	19,6	20,0	20,3	0,44	0,30
Energia ja valkuaisen saanti					
Korjaamaton ME-saanti, MJ/pv	237	241	244	5,0	0,37
Korjattu ME-saanti, MJ/pv	221	225	228	4,4	0,28
OIV, g/pv	1886	1974	2054	39,8	0,01
Raakavalkuainen, g/pv	3353	3698	3964	79,9	<0,001
Energiatase, MJ ME/pv					
korjaamaton	-24,2	-28,4	-32,2	4,97	0,27
korjattu	-40,5	-44,1	-48,0	4,86	0,28
OIV-tase, g/pv	-254	-306	-330	46,4	NS

¹ Lineaarinen vaikutus, toisen asteen vaikutusta ei havaittu

RV15 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

ME = muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

Korjattu ME-saanti (MJ/pv) = Korjaamaton ME-saanti (MJ/pv) - (-56,7 + 6,99 × rehuannoksen ME-pitoisuus + 1,621 × kuiva-ainesyönti - 0,44595 × rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus + 0,00112 × rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus²)

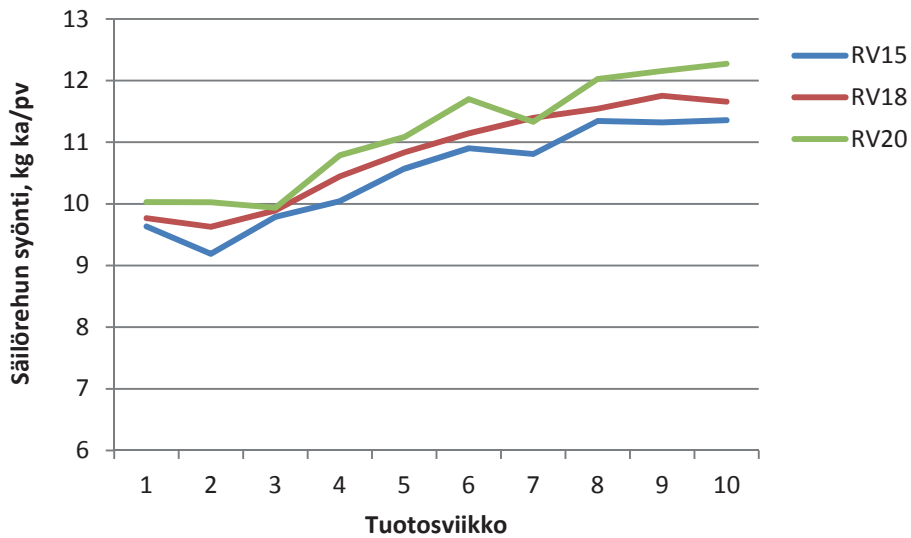
Korjaamaton energiatase = Korjaamaton ME-saanti/ME-tarve

Korjattu energiatase = Korjattu ME-saanti/ME-tarve

SEM = keskiarvon keskivirhe

Yleisesti ruokinnan rv-pitoisuuden nousu lisää syöntiä (Huhtanen ym. 2011). Positiivinen vaikutus kuiva-ainesyöntiin kuitenkin pienenee valkuaisen saannin lisääntyessä. Lawn ym. (2009) tutkimuksessa syönti lisääntyi, kun ruokinnan rv-pitoisuus nousi tasolta 114 g/kg ka tasolle 144 g/kg ka, mutta ei enää, kun rv-pitoisuus nousi edelleen tasolle 173 g/kg ka. Tässä tutkimuksessa kaikkien ruokintojen rv-pitoisuus oli korkea, yli 170 g/kg ka, mikä luultavasti selittää sen, ettei syönti lisääntynyt rv:n saannin lisääntyessä.

Poikimisen aikaan ja lypsykauden alussa lehmien syöntikyky on heikentynyt ja kuiva-aineen syönnit tyypillisesti matalia. Tässä tutkimuksessa väkirehun rv-pitoisuus ei vaikuttanut syönnin kehittymiseen, mutta yksilölliset erot syönneissä olivat huomattavia. Esimerkiksi ensimmäisen tuotosviikon keskimääräinen päivittäinen karkearehun kulutus vaihteli 5,3 kuiva-ainekilosta 13,7 kuiva-ainekiloon. Suuri vaihtelu eläinten alkulypsykauden kuiva-ainesyönneissä on normaalia. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu, että lehmät saavuttavat maksimisyöntinsä 8-22 viikon kulutta poikimisesta (Ingvarsen & Andersson 2000). Tässä tutkimuksessa lehmien säilörehun kuiva-ainesyönti ja samalla kokonaissyönti nousivat keskimäärin yhdeksännelle tuotosviikolle asti (kuvat 2 ja 3). Jonkinlaisia syöntiin ja ruuansulatukseen liittyviä ongelmia havaittiin 20 prosentilla koelehmistä.

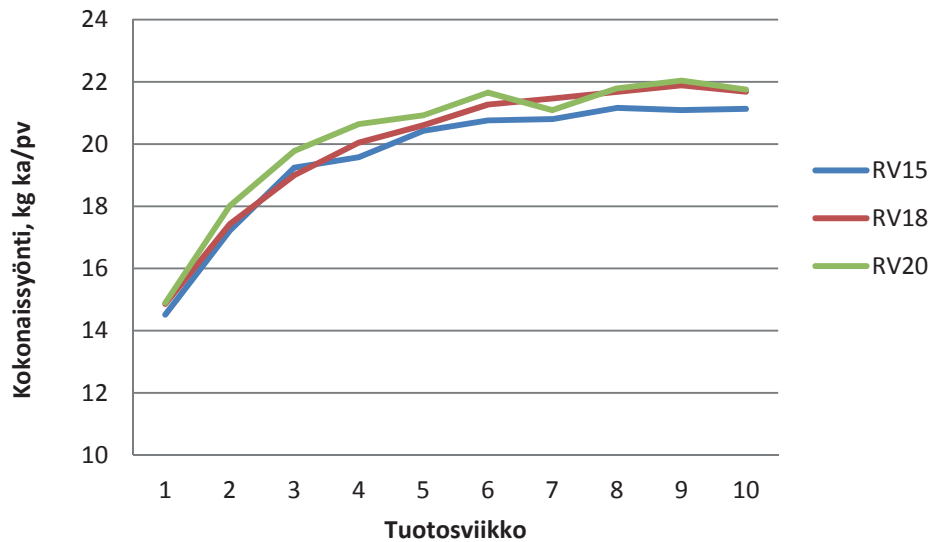


Kuva 2. Lehmien säilörehun syönnin kehitys eri väkirehuruokkinnoilla.

RV15 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka



Kuva 3. Lehmien kokonaissyönnin kehitys eri väkirehuruokkinnoilla.

RV15 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

Tuotos ja maidon koostumus

Lehmien maitotuotos oli RV18-ruokinnalla 1,7 kg korkeampi kuin RV15-ruokinnalla ja RV20-ruokinnalla 1,0 kg korkeampi kuin RV18-ruokinnalla (taulukko 5). Ero tuotoksissa oli suuntaa antava ($p=0,07$). Väkirehun rv-pitoisuuden nousu lisäsi myös energiakorjattua maitotuotosta, mutta ero ei ollut suuresta eläinten välisestä vaihtelusta johtuen tilastollisesti merkitsevä. Väkirehun rv-pitoisuuden nousu lisäsi lineaarisesti valkuaisuutosta, mutta ei vaikuttanut rasvatuotokseen. Lehmät saavuttivat tuotoshuipun kaikilla ruokinnoilla kuudennella tuotosviikolla (kuva 4).

Taulukko 5. Väkirehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus maitotuotokseen ja ravintoaineiden hyväksikäyttöön.

	Rehu			SEM	P _{lin} ¹
	RV15	RV18	RV20		
Tuotos, kg/pv					
Maito	35,5	37,2	38,2	1,05	0,07
Ekm	38,7	40,1	41,0	1,16	0,18
Rasva	1,73	1,74	1,75	0,061	0,80
Valkuainen	1,17	1,28	1,34	0,045	0,01
Pitoisuus maidossa, g/kg					
Rasva	48,7	47,9	46,6	0,17	0,35
Valkuainen	33,2	34,6	35,1	0,08	0,10
Urea, mg/dl	26,6	30,4	33,5	1,49	0,002
Rehun hyväksikäyttö,					
MJ ME/kg ekm	4,48	4,43	4,34	0,13	0,45
Typen hyväksikäyttö	0,35	0,34	0,34	0,01	0,48
OIV g/valkuais g	1,60	1,57	1,54	0,05	0,38

¹ Lineaarinen vaikutus, toisen asteen vaikutusta ei havaittu

RV15 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

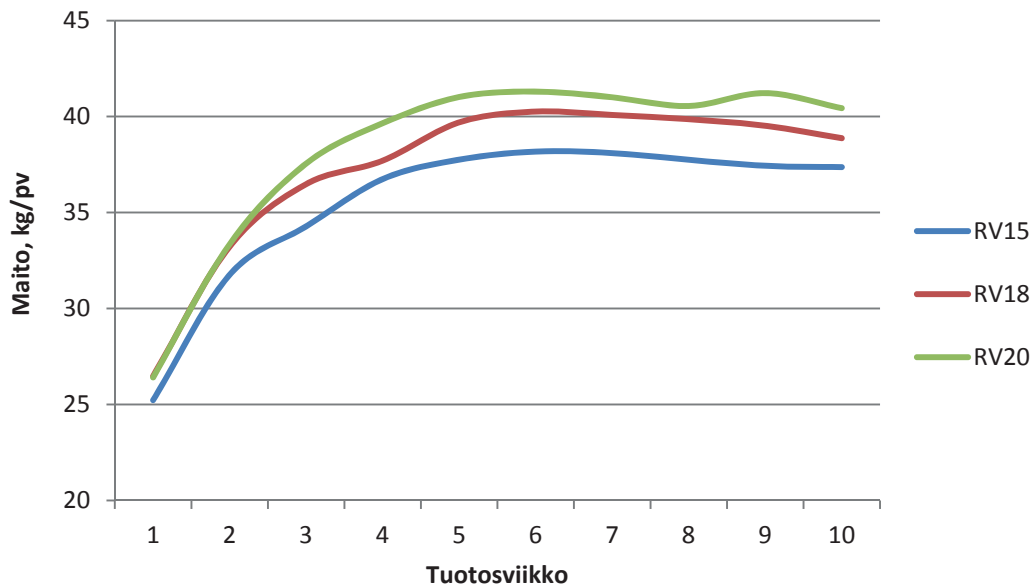
RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

Ekm = energiakorjattu maitotuotos

ME = muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuoilesta imeytyvä valkuainen

SEM = keskiarvon keskivirhe



Kuva 4. Lehmien maitotuotoksen kehitys eri väkirehuruokintoilla.

RV15 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

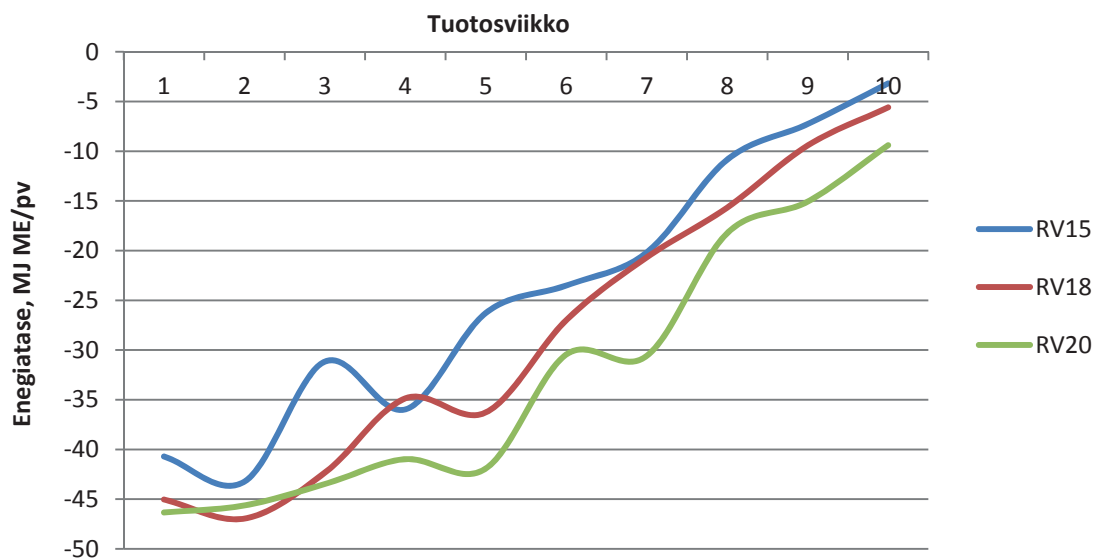
Yleisesti valkuaisen saannin lisääminen lisää maito-, valkuais- ja rasvatuotosta (Huhtanen ym. 2011), joten tämän tutkimuksen tulokset olivat yhteneviä aiempien havaintojen kanssa. Toisaalta osa tutkijoista ei ole havainnut lainkaan positiivista vaikutusta tuotokseen, kun ruokinnan valkuaispitoisuus on noussut yli 165 g/kg ka (Broderick 2003), joten rehuannosten korkeat valkuaispitoisuudet huomioiden tuotostavasteet valkuaiselle olivat tässä tutkimuksessa hyvät.

Väkirehun rv-pitoisuuden nousu lisäsi suuntaa antavasti maidon valkuaispitoisuutta ($p=0,10$). Maidon rasvapitoisuus oli korkein (48,7 g/kg) rv-pitoisuudeltaan matalimmalla ruokinnalla ja matalin (46,6 g/kg) rv-pitoisuudeltaan korkeimmalla ruokinnalla, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tulokset olivat yhteneviä Huhtasen ym. (2011) meta-analyysin kanssa, jonka perusteella rypsin saannin lisääminen lisää maidon valkuaispitoisuutta ja pienentää rasvapitoisuutta.

Väkirehun rv-pitoisuuden lisääminen nosti johdonmukaisesti maidon ureapitoisuutta. Aiemmistä havainnoista poiketen rehun rv-pitoisuus ei kuitenkaan vaikuttanut typen hyväksikäyttöön. Typen hyväksikäyttö oli parhaimmillaan toisella tuotosviikolla ja huononi tämän jälkeen lypsykauden edetessä.

Energiatase ja kudostarastojen purkaminen

Lehmien laskennalliset energiataseet olivat huomattavan negatiiviset kaikilla ruokinnolla (taulukko 4). Numeerisesti energiataseet olivat negatiivisimmat RV20-ruokinnalla ja vähiten negatiiviset RV15-ruokinnalla, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Suurimmillaan lehmien energiavaje oli toisella tuotosviikolla (kuva 5), mikä on tyypillistä myös aiempien tutkimusten perusteella (Bell 1995, Mäntysaari & Mäntysaari 2010). Lehmien energian saanti ei vastannut tarvetta vielä kokeen viimeiselläkään viikolla. Laskennallinen energiatase muuttuu yleensä positiiviseksi 8-12 viikkoa poikimisesta (Coffey ym. 2002, Mäntysaari ja Mäntysaari 2010).



Kuva 5. Lehmien energiataseiden kehitys eri väkirehuruokinnolla.

RV15 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkirehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

Rasva- ja lihaskudoksen purkamisen voimakkuudesta kertovat veren NEFA- ja 3-MH-pitoisuudet olivat odotetusti korkeimmillaan noin viikko poikimisen jälkeen otetuissa näytteissä. Rehuilla RV18 ja RV20 NEFAn huippupitoisuus oli suurempi kuin rehulla RV15, mutta RV15-ruokinnalla veren NEFA-pitoisuus laski muita ruokintoja hitaammin (kuva 6). Keskimääräisissä NEFA-pitoisuuksissa ei ollut rehujen välillä eroja (taulukko 6). Poikimisen jälkeen ensikoilla NEFA-pitoisuus oli suurempi kuin useamman kerran poikineilla lehmillä, mikä on aiemmista havainnoista poikkeavaa (Tesfa ym. 2001, Kokkonen ym. 2008).

Plasman 3-MH:n pitoisuusmuutosten perusteella kokeessa olleet lehmät mobilisoivat aminohappoja kudoksista jo ennen poikimista ja mobilisaatio oli suurelta osin ohi 21 päivää poikimisesta mennessä (kuva 7). Tämä vastaa aiempia havaintoja (Blum ym. 1985, Kokkonen ym. 2005, van der Drift ym. 2012). Väkirehulla tai blokilla ei ollut vaikutusta plasman 3-MH-pitoisuuteen.

Taulukko 6. Väkiprehun raakavalkuaispitoisuuden vaikutus veren glukoosi-, NEFA-, BHBA- ja 3-MH-pitoisuuksiin.

	Rehu			SEM	p-arvo	P _{lin} ¹
	RV15	RV18	RV20			
Glukoosi, mmol/l	3,41	3,61	3,59	0,080	0,16	0,12
Vapaat rasvahapot (NEFA), mmol/l	0,41	0,40	0,41	0,040	0,94	0,76
Betahydroksivoihappo (BHBA), mmol/l ²	1,33	1,00	1,09			
3-metyylihistidiini (3-MH), mmol/l	6,08	5,83	5,54	0,290	0,35	0,15

RV15 = väkiprehun raakavalkuaispitoisuus 149 g/kg ka

RV18 = väkiprehun raakavalkuaispitoisuus 179 g/kg ka

RV20 = väkiprehun raakavalkuaispitoisuus 201 g/kg ka

¹Lineaarinen vaikutus, toisen asteen vaikutusta ei havaittu

²ei normaali jakautunut log-muunnoksen jälkeenkään

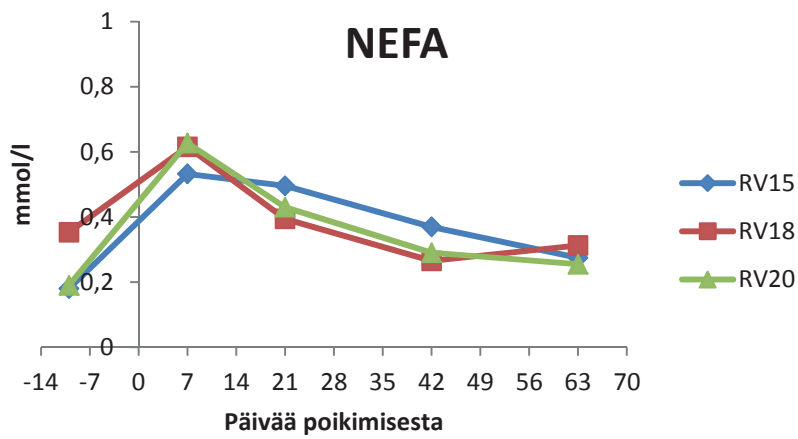
Runsas rasvakudoksen mobilisaatio johtaa lisääntyneeseen ketoaineiden muodostukseen maksassa. Tässä tutkimuksessa matalimmalla valkuaisruokinnalla olleiden lehmien veren NEFA-pitoisuus pysyi koholla pisimpään, minkä seurauksen myös BHBA-ketoaineen pitoisuus oli suunta-antavasti suurempi RV15-ruokinnalla kuin muilla ruokinnoilla 21 pv poikimisen jälkeen (kuva 8). RV15- ja RV20-ruokintojen välillä oli vastaava ero vielä 42 pv poikimisen jälkeen.

Kohonnut ketoainepitoisuus elimistössä saattaa johtaa ketoosiin, jonka tyypillisiä oireita ovat muun muassa syönnin ja tuotoksen lasku. Subkliinisen ketoosin rajana käytetään usein BHBA-pitoisuutta 1,4 mmol/l (Oezel 2004). Tämän raja-arvon perusteella koelehmistä 28 prosenttia kärsi piilevästä ketoosista ja näistä puolet oli RV15-ruokinnalla. Kahdella lehmällä verinäytteen BHBA-pitoisuus oli yli 3 mmol/l, mikä viittaa kliiniseen ketoosiin. Nämä lehmät olivat RV15- ja RV20-ruokinnoilla. Yhtään lehmää ei kuitenkaan tarvinnut hoitaa kliinisen ketoosin takia.

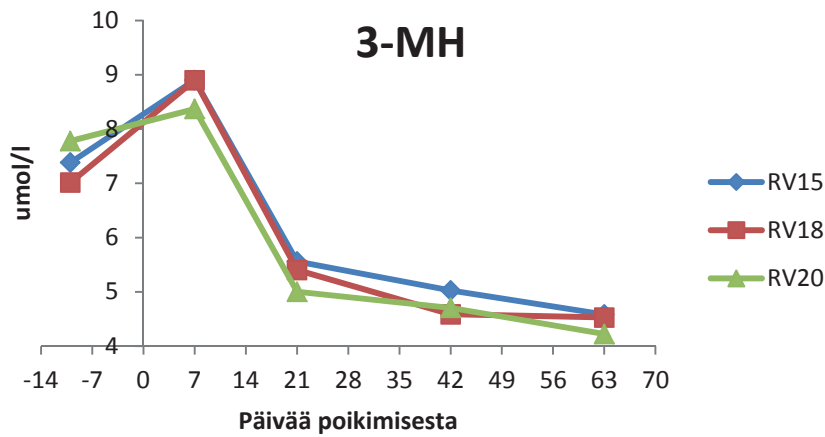
Verinäytteiden pitoisuuksien perusteella väkiprehun valkuaispitoisuudella ei ollut vaikutusta lehmien kokemaan metaboliseen stressiin. Verinäytetulokset eivät viitanneet siihen, että väkiprehun valkuaispitoisuuden lisääminen olisi lisännyt rasvahappojen mobilisaatiota rasvakudoksesta. Tulos poikkeaa Kokkosen ym. (2002) ja Shein ym. (2005) tutkimuksista, joissa valkuaisen saannin lisääminen tuotoskauden alussa lisäsi veren NEFA-pitoisuutta. Sen sijaan Lawn ym. (2009) ja Moyesin ym. (2010) tutkimuksissa dieetin valkuaispitoisuudella ei ollut vaikutusta veren NEFA-pitoisuuteen.

Myös lehmien elopainon muutokset viittasivat siihen, ettei väkiprehun rv-pitoisuuden pienentäminen vähentänyt kudostobilisaatiota (kuva 9). RV15-rehua saaneet lehmät laihtuivat poikimisen jälkeen keskimäärin 37 kg, RV18-rehua saaneet 32 kg, ja RV20-rehua saaneet 29 kg. Keskimäärin lehmien elopainot laskivat viidennelle-seitsemännelle tuotosviikolle ja alkoivat sen jälkeen nousta. Elopainojen muutoksissa oli kuitenkin huomattavaa lehmäkohtaista vaihtelua eikä ruokinnalla ollut merkitsevää vaikutusta.

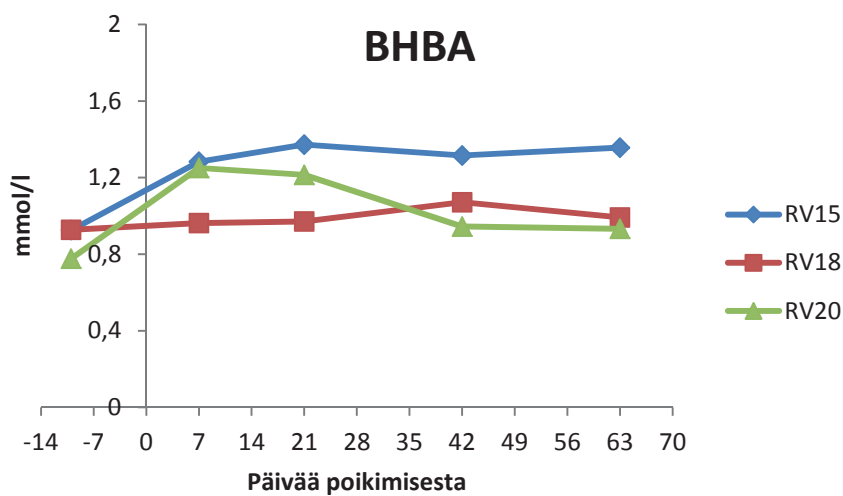
Väkiprehu ei vaikuttanut kuntoluokan muutokseen poikimisen jälkeen. Kuntoluokat laskivat eniten heti poikimisen jälkeen. Toisen tuotosviikon jälkeen muutokset kuntoluokassa olivat enää pieniä. Poikimakuntoluokka vaikutti kuntoluokan muutokseen niin, että korkeammassa kuntoluokassa poikineiden lehmien kuntoluokat laskivat matalammassa kuntoluokassa poikineita enemmän. Sama on havaittu myös aiemmissa tutkimuksissa, sillä korkea kuntoluokka on yhteydessä voimakkaampaan poikimisen jälkeiseen kudostobilisaatioon (Kokkonen ym. 2005, Rukkwamsuk ym. 1999). Poikimakuntoluokka oli korkein ensikoilla (3,4) ja matalin korkeatuottoisilla useamman kerran poikineilla lehmillä (3,2), mikä saattoi osaltaan vaikuttaa siihen, että ensikot purkivat kudosvarastojaan useamman kerran poikineita lehmiä enemmän.



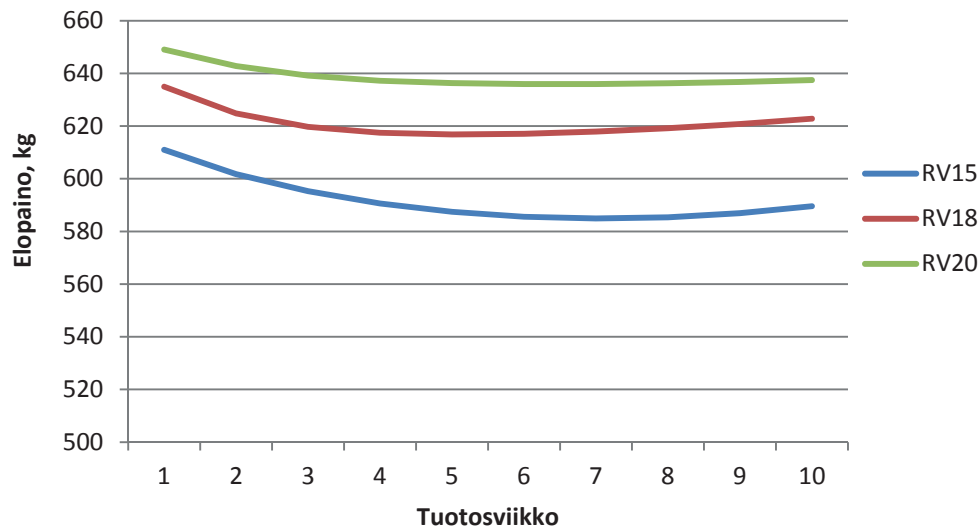
Kuva 6. Plasman vapaiden rasvahappojen pitoisuudet eri väkirehuruokintoilla.



Kuva 7. Plasman trimetyylihistidiinipitoisuudet eri väkirehuruokintoilla.



Kuva 8. Plasman betahydroksivoihapon pitoisuudet eri väkirehuruokintoilla.



Kuva 9. Lehmien kumulatiivinen elopainon kehitys eri väkirehuruokintoilla.

3.2.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Väkirehun rv-pitoisuuden pienentäminen vähensi odotetusti alkulypsykauden maitotuotosta, mutta ei vaikuttanut energian saantiin, joten numeerisesti laskennalliset energiataseet paranivat valkuaisen saannin vähentyessä. Ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ja lehmien energiataseet olivat huomattavan negatiivisia myös matalimmalla valkuaisruokinnalla. Kudosmobilisaation määrästä kertovat verinäytteiden NEFA-, 3-MH- ja BHBA-pitoisuudet sekä elopainon muutokset olivat ristiriidassa laskennallisten energiataseiden kanssa.

Tässä tutkimuksessa väkirehun valkuaispitoisuus ei vaikuttanut lehmien kudosvarastojen käyttöön eikä siten lehmien poikimisen jälkeiseen metaboliseen stressiin. Säilörehun huomattavan korkean valkuaispitoisuuden takia valkuaisen saanti ei ollut matalimmallakaan valkuaisasolla erityisen niukkaa, mikä saattoi vaikuttaa tutkimuksen tulokseen. Lisäksi lehmien väliset yksilölliset erot rehunkulutuksessa, tuotoksessa ja energiataseissa olivat suuria.

3.3. Intensiivisen ruokinnan vaikutus lehmän pötsin pH-tasapainoon

Sari Kajava¹, Annu Palmio¹, Auvo Sairanen¹ ja Marketta Rinne²

¹ Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@luke.fi

² Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Animale, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@luke.fi

3.3.1. Johdanto

Korkeaa maitotuotosta tavoiteltaessa päädytään usein korkeaenergiisiin ruokintastrategioihin, joissa väkirehun osuus lehmien päivittäisestä rehuannoksesta on suuri. Väkirehuosuuden kasvaessa myös nopeasti fermentoituvien solunsisällyshiilihydraattien määrä pötsissä nousee, mikä voi johtaa lehmän pötsin pH:n laskuun eli pötsiasidoosiin (Russell & Wilson 1996, Owens ym. 1998, Plaizier 2008). Matala pötsin pH heikentää pötsimikrobien toimintaa ja täten kuidun sulatusta (Mould ym. 1983, Russell ja Wilson 1996, Plaizier ym. 2008) sekä rehun hyväksikäyttöä (Kleen & Cannizzo 2012, Jouany 2006), laskee maitotuotosta (Khafipour ym. 2009) ja maidon rasvapitoisuutta (Kleen ym. 2003, Stone 2004, Plaizier ym. 2008, Khafipour ym. 2009) sekä lisää aineenvaihdunnallisten sairauksien kuten sorkka-kuumeen riskiä (Stone 2004, Plaizier ym. 2008).

Pötsiasidoosi voidaan luokitella joko akuutiksi tai subakuutiksi/krooniseksi asidoosiksi (SARA, *subacute ruminal acidosis*). Normaalisti lehmän pötsin pH vaihtelee välillä 6,4 – 6,8, mutta akuutissa asidoosissa lehmän pötsin pH laskee nopeasti hyvin matalaksi (alle 5,0; Jouany 2006) pysyen siellä pidemmän aikaa (> 24 h). Akuutti asidoosi johtuu yleensä maitohapon tuotannon voimakkaasta lisääntymisestä pötsissä (Owens 1998). Kliinisiä merkkejä akuutissa pötsiasidoosissa ovat muun muassa lehmän nopea hengitys ja syke, ripuli sekä uneliaisuus ja hoitamattomana tila johtaa lopulta kuolemaan (Krause & Oetzel 2006). Akuutin asidoosin esiintyvyys on huomattavasti harvinaisempaa kuin subakuutin.

Subakuutissa asidoosissa lehmän pötsin pH laskee useita kertoja matalalle tasolle, mutta toisin kuin akuutissa asidoosissa, pH nousee jonkin ajan kuluttua jälleen normaalille tasolle (Plaizier ym. 2008, Krause & Oetzel 2006, Zebeli ym. 2008). Pötsin pH:n laskut kestävät tyypillisesti muutamista minuuteista muutamaan tuntiin (Plaizier ym. 2008, Zebeli ym. 2008). SARA-rajojen tarkka määrittäminen on hankalaa, ja tutkijat ovatkin eri mieltä siitä, mikä raja-arvo on vahingollinen lehmän terveydelle ja alkaa haitata esimerkiksi maidontuotantoa (Plaizier ym. 2008). Karkeasti voidaan kuitenkin luokitella, että SARasta kärsii lehmä, jonka pötsin pH on alle 5,8 useita tunteja päivässä (Gozho ym. 2005, Plaizier ym. 2008). On kuitenkin hyvä muistaa, että esimerkiksi selluloosan hajotus heikkenee tai lakkaa jopa kokonaan märehittävän pötsissä merkittävästi jo silloin, kun pötsin pH laskee alle kuuden (Mould ym. 1983).

SARAn diagnosointi on akuuttia asidoosia hankalampaa, koska subkliinisen asidoosin oireet voivat nimensä mukaisesti olla piileviä ja ilmetä viiveellä varsinaisen asidoosialtistuksen jälkeen. Vähentynyt kuiva-ainesyöinti, ripuli ja vaahtoava sonta sekä sorkkakuume (Kleen 2003) voivat kuitenkin viitata siihen, että lehmä kärsii happamasta pötsistä. Myös maidon rasva- ja ureapitoisuuden laskeminen voi viitata lehmän pötsin happamoitumiseen (Gao & Oba 2014). Kaikista alttiimpana lehmä on sairastua subakuuttiin asidoosiin poikimisen jälkeen (Stone 2004, Humer ym. 2015) sekä korkean maidontuotannon vaiheessa (Stone 2014).

SARAn diagnosointia vaikeuttaa entisestään se, että vaikka pötsin pH olisikin matala, lehmä voi välttyä kliinisiltä oireilta (Khafipour ym. 2009, Danscher ym. 2015). Täten ainoastaan lehmän pötsin pH:n seuraaminen ei välttämättä kerro siitä, kärsiikö lehmä subakuutista asidoosista (Calsamiglia ym. 2012, Li ym. 2012). Karjatasolla subkliinisen asidoosin havaitseminen on myös vaikeaa, koska samanlaisesta ruokinnasta ja eläinaineksen homogeenisyydestä huolimatta lehmien pötsin pH-tasot voivat vaihdella radikaalisti yksilöittäin. Toisille lehmille SARA siis kehittyy herkemmin (Gao & Oba 2014, Humer ym. 2015), ja syyt ovat toistaiseksi sangen tuntemattomia. Arvellaan kuitenkin, että eläinten väliset erot voivat liittyä pötsin haihtuvien rasvahappojen (VFA) puskurointikapasiteettiin (Gao & Oba

2014, Pourazad ym. 2016), lehmien syömisnopeuteen ja -aikaan, rehun lajitteluun (Gao & Oba 2014), syljenerityksen nopeuteen (Humer ym. 2015), lehmän luontaisen pötsimikrobipopulaatioon ja aiemman asidoosialtistukseen (Dohme ym. 2008) sekä muihin fysiologisiin ja eläimen käyttäytymiseen liittyviin tekijöihin (Humer ym. 2015).

Lehmien ruokinnasuunnittelu on siis usein tasapainottelua korkeaenergisien, maidontuotantoa maksimoivan ruokinnan ja pötsin hyvinvoinnin välillä. Yksi ruokinnan riskitekijöiden arvioinnissa käytettävistä tunnusluvuista on rehuannoksen kuitupitoisuus, joka tyypillisesti ilmaistaan neutraalidetergenttikuituna (NDF). Kuitu on neutraalidetergenttiliuokseen liukenematon rehun osa, joka kuvaa kasvien soluseinäaineksen kokonaispitoisuutta. Kuitu koostuu lähinnä selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä (Van Soest 1994). Pötsimikrobit sulattavat suurimman osan kuidusta, ja ruuansulatuskanavassa sulamaton kuitu (iNDF) erittyy sонтаan. Riittävä tehokkaan kuidun osuus ruokinnassa stimuloi syljeneritystä sekä märehymistä (Mertens 1997, DeVries ym. 2009), mikä puskuroid pötsin pH:ta estäen sen happamoitumista (Owens 1998). Lehmien märehymiseen käyttämä aika vuorokaudessa vaihtelee neljästä yhdeksään tuntiin riippuen suurelta osin rehun kuitupitoisuudesta (Holmes 1989).

Yleisesti oletetaan, että lehmien kokonais-NDF-tarve on koko rehuannoksessa vähintään 350 g kuiva-aineesta. Karkearehun NDF-kuidun suositellaan olevan vähintään 250 g koko rehuannoksen kuiva-aineesta (Karjakompassi). Annetut rehun kuitupitoisuusrajat perustuvat pääsääntöisesti ulko-maalaisiin tutkimuksiin eikä raja-arvoa ole tarkemmin määritetty kotimaisilla rehuyhdistelmillä.

Tässä tutkimuksessa suositusarvoa kuidun saannille pyrittiin tarkentamaan ruokintakokeella, jossa kuitupitoisuudeltaan erilaisia karkearehuja täydennettiin väkirehulla. Kokeessa tarkasteltiin karkearehujen kuitupitoisuuden vaikutuksia lypsylehmien pötsin pH-tasoon, maidon rasvapitoisuuteen, syömiskäyttäytymiseen ja aktiivisuuteen. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, kuvaako karkearehun sulamattoman iNDF-kuidun pitoisuus NDF-kuitua paremmin rehuannoksen kuituvaikutusta.

3.3.2. Aineisto ja menetelmät

Koe-eläimet ja koeolosuhteet

Ruokintakoe suoritettiin MTT (nykyisin Luonnonvarakeskus) Maaningan tutkimuspihatossa keväällä 2014. Kokeeseen otettiin 30 holstein- ja ayrshirerotuista lypsylehmää, joiden poikimisesta oli kokeen alkaessa kulunut keskimäärin 103 (\pm 34) päivää. Eläimet jaettiin poikimakerran ja maitotuotoksen mukaan kolmeen sisäisesti mahdollisimman yhdenmukaiseen blokkiin. Blokit olivat ensikot, korkeatuottoiset useamman kerran poikineet lehmät ja matalatuottoiset useamman kerran poikineet lehmät. Kokeen alkaessa lehmien maitotuotokset olivat keskimäärin ensikoilla 28,4 kg/pv, matalatuottoisilla lehmillä 33,3 kg/pv ja korkeatuottoisilla lehmillä 39,4 kg/pv. Lehmät olivat kokeen ajan kahdessa 24 lehmän pihatto-osastossa ja ne lypsettiin lypsasemalla kahdesti päivässä.

Rehut ja ruokinta

Kokeessa käytettiin kolmea kuitupitoisuudeltaan erilaista karkearehua: paljon NDF- ja iNDF-kuitua sisältävää ensimmäisen niiton nurmisäilörehua, vähän iNDF-kuitua sisältävää kolmannen niiton nurmisäilörehua sekä vähän NDF- mutta paljon iNDF-kuitua sisältävää ohrakokoviljasäilörehua. Väkirehuna käytettiin teollista täysrehua, jonka kuitupitoisuus oli 246 g/kg ka ja tärkkelyspitoisuus 397 g/kg ka.

Koe alkoi 14 vuorokauden pituisella kovariaattijaksolla, jolloin kaikki eläimet olivat samalla ruokinnalla. Kovariaattijakson aikana lehmät saivat vapaasti kaikkien kolmen karkearehun sekoitusta. Väki-rehuannokset olivat ensikoilla 8 kg/pv, matalatuottoisilla lehmillä 9 kg/pv ja korkeatuottoisilla lehmillä 11 kg/pv.

Kovariaattijakson jälkeen lehmät siirtyivät varsinaisille koeruokinnolle eli saivat karkearehuna joko ensimmäisen niiton nurmisäilörehua, kolmannen niiton nurmisäilörehua tai kolmannen niiton nurmisäilörehun ja kokoviljasäilörehun sekoitusta (molempia 50 % kuiva-aineesta). Karkearehujen saanti oli koko kokeen ajan vapaa.

Koejaksolla väkirehuannokset pidettiin kovariaattijakson tasoilla 7 vuorokautta, minkä jälkeen väkirehun saantia lisättiin 0,5 kg/pv. Väkirehun saantia nostettiin korkeintaan 18 päivän ajan, joten tavoitellut väkirehun maksimiannokset olivat ensikoilla 17 kg/pv, matalatuottoisilla lehmillä 18 kg/pv ja korkeatuottoisilla lehmillä 20 kg/pv. Lehmät saivat väkirehun takaportillisista väkirehukioskeista. Tavoiteltu väkirehun kerta-annos oli korkeintaan 3,0 kg. Karkearehu jaettiin 4-6 kertaa päivässä vaa'alla varustettuihin rehukuppeihin (Insentec RIC, Marknesse, Hollanti).

Väkirehunnosto lopetettiin, jos

- lehmän pötsin pH oli alle 5,6 yli 3 tuntia vuorokaudessa kahtena päivänä peräkkäin
- väkirehuprosentti oli yli 60 kahden päivän ajan
- märehtiminen laski alle 420 minuutin tai romahti yhtäkkiä rajusti
- lehmän sonta oli huomattavan vetistä
- lehmän terveydentilassa havaittiin selvä muutos

Väkirehun noston lopetuksen jälkeen lehmien väkirehuannos laskettiin aloitusvaiheen tasolle.

Kaksi lehmää jouduttiin poistamaan kokeesta jo neljäntenä koepäivänä huomattavan matalista pH-arvoista johtuen, ja niitä ei huomioitu tulosten laskennassa. Pääosin lehmien väkirehun saannin lisääminen lopetettiin kokeen aikana siksi, että väkirehun osuus nousi määritettyä raja-arvoa (60 %) suuremmaksi. Osalta lehmistä väkirehun saannin lisääminen jouduttiin lopettamaan suunniteltua aiemmin väkirehukioskin toimintaongelmien takia.

Keskimäärin lehmien väkirehun saantia lisättiin kaikilla koeruokkinnoilla 15 päivän ajan. Koko väkirehunnostojakson loppuun eli 18 päivää mukana oli 8 lehmää.

Mittaukset

Kaikkien lehmien väkirehun- ja karkearehunkulutus sekä maitotuotos mitattiin päivittäin. Maitonäytteet otettiin aamu- ja iltalypsyyn yhteydessä kolmena peräkkäisenä päivänä ennen väkirehun noston aloittamista sekä kolmena viimeisenä koepäivänä. Kokeen aiemmin lopettaneilta lehmiltä näytteet otettiin väkirehun noston lopettamisen jälkeen kahden seuraavan lypsyyn yhteydessä. Maitonäytteistä analysoitiin Valion laboratoriossa rasva, valkuainen, laktoosi, urea ja solupitoisuus.

Karkearehuista otettiin näytteet kovariaattijaksolla joka toinen päivä ja koejaksolla joka päivä. Säilörehujen kuiva-ainepitoisuudet määritettiin aina näytteenoton yhteydessä. Väkirehusta otettiin näyte joka toinen päivä ja sen kuiva-aine määritettiin kerran viikossa. Rehunäytteet yhdistettiin kalenteriviikoittain analyysinäytteiksi. Rehujen kemialliset koostumukset sekä karkearehujen säilönnällinen laatu määritettiin MTT:n laboratoriossa Jokioisilla. Karkearehujen energia- ja valkuaisarvot laskettiin Luken (2016) kuvaamalla tavalla.

Yhteensä 17 koelehmälle laitettiin kovariaattijaksolla pötsin pH:ta mittaavat bolukset (SmaxTec, versio 1.3.5., Animal Care GmbH, Itävalta, kuva 1). Bolusten luotettavaksi toiminta-ajaksi oli ilmoitettu 50 vuorokautta. Bolukset jaettiin tasaisesti eri karkearehujen välille. Kaksi ensimmäisen niiton säilörehulla olleista lehmistä jouduttiin poistamaan kokeesta alhaisten pH-tasojen vuoksi, joten kyseisen koeruokinnan osalta pH-tuloksissa on mukana vain neljä lehmää. Kolmannen niiton pH-tuloksissa on mukana viisi lehmää ja kokoviljaseoksen kuusi lehmää.



Kuva 1. smaXtec mittausanturi valmiina asennettavaksi suun kautta lehmän pötsiin (Kuva: Sari Kaja-va/Luke).

Kaikkien koelehmien märehtimistä mitattiin jatkuvasti kaulapantaan asennetuilla RuminAct-mittareilla (Milklime SRL, Italia, kuva 2). Koejaksolla mitattiin lisäksi 25 lehmän märehtimis- ja syömis-aikoja RumiWatch-päitsillä (ITIN+HOCH GmbH, Liestal, Sveitsi, kuva 3). Lehmien makaamis-, seisomis- ja kävelyajat mitattiin jalkaan kiinnitettävillä RumiWatch-pedometreillä (ITIN+HOCH GmbH, Liestal, Sveitsi, kuva 4).



Kuva 2. Märehtimistä mittaava RuminAct-anturi kiinnitettynä lehmän kaulapantaan (Kuva: Mikko Jauhiainen/Luke).



Kuva 3. Lehmien syömiskäyttäytymistä mitattiin turvan päällä olevalla RumiWatch-sensorilla (Kuva: Lilli Frondelius/Luke).



Kuva 4. Lehmien makuukäyttäytymistä mitattiin jalkaan asennettavilla pedometreillä (Kuva: Sari Kajava/Luke).

Tulosten laskenta ja tilastolliset analyysit

Tulokset laskettiin käyttäen jokaisen lehmän kolmen viimeisen koepäivän keskiarvoa; aikaisemmin kokeen lopettaneilta lehmiltä maidon pitoisuudet laskettiin käyttäen tuloksia väkirehun viimeiseltä nostopäivältä ja kahdelta seuraavalta päivältä. Lähtötasot pH-arvoille, märehtimiselle ja makuuajalle laskettiin käyttäen kovariaattijakson viimeisen viiden päivän arvoja. Maidon pitoisuuksien lähtötasona käytettiin ennen väkirehunnostoa otettujen maidonäytepitoisuuksien keskiarvoja.

Koetulosten tilastolliseen käsittelyyn käytettiin karkearehujen vertailujen osalta SAS-ohjelmiston PROC MIXED -proseduuria. Mallin kiinteät tekijät olivat karkearehu ja blokki. Makuuajan ja pH-arvojen osalta mallissa oli lisäksi mukana kovariaattijaksolta saatu lähtötaso. Verrattaessa kokeen lopputasojen eroja lähtötasoihin tilastokäsittelyssä käytettiin SAS-ohjelmiston PROC T-TEST -proseduuria.

3.3.3. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Rehut

Kovariaattijakson sekä koejakson karkearehujen ja niiden seosten koostumukset on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Kokeen kannalta oleellista olivat karkearehujen erilaiset kuitupitoisuudet. Selvästi matalin kuitupitoisuus oli kokoviljan ja kolmannen niiton säilörehun seoksessa ja korkein kuitupitoisuus ensimmäisen niiton nurmisäilörehussa. Matalin iNDF-pitoisuus oli kolmannen niiton nurmisäilörehussa. Korkein iNDF-pitoisuus oli ohrakokoviljasäilörehussa, mutta koska se kokeessa syötettiin seoksena kolmannen niiton nurmisäilörehun kanssa, sisälsi koeruokkinnoista eniten sulamatonta kuitua ensimmäisen niiton nurmisäilörehu.

Taulukko 1. Ruokintakokeen rehujen kemiallinen koostumus.

	Täysrehu	1. niiton nurmisäilörehu	3. niiton nurmisäilörehu	Ohrakokovilja- säilörehu
Kuiva-aine (ka), g/kg	880	288	294	329
Pitoisuus, g/kg ka				
Tuhka	65,4	93,1	103,8	55,1
Raakavalkuainen	170	171	140	110
Tärkkelys	342	nd	nd	321
Kuitu (NDF)	210	536	504	360
Sulamaton kuitu (iNDF)		93	60	111
iNDF:n osuus kuidusta		0,17	0,12	0,31
D-arvo, g/kg ka		674	690	685
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	12,8	10,8	11,0	10,3
OIV, g/kg ka	109	83,9	82,0	78,3
PVT, g/kg ka		46,8	17,3	-8,1
Säilörehun syönti-indeksi		107	103	111
Säilörehujen säilönnällinen laatu				
pH		4,16	4,16	3,80
Maito- ja muurahaishappo, g/kg ka		34,0	55,5	54,3
Haihtuvat rasvahapot, g/kg ka		10,1	15,9	17,6
Sokeri, g/kg ka		104	101	22,8
Ammoniumtyppi, g/kg N		76,1	61,7	72,6
Liukoinen typpi, g/kg N		628	556	715

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa

ME = muuntokelpoinen energia

OIV = ohutsuoilesta imeytyvät aminohapot

PVT = pötsin valkuaistase

Taulukko 2. Ruokintakokeen kovariaattijakson sekä koejakson kolmannen niiton säilörehun ja ohrakokoviljan karkearehuseosten kemialliset koostumukset.

	Karkearehuseos kovariaattijaksolla	Kokovilja-3. niiton säilörehuseos
Kuiva-aine, g/kg	294	296
Pitoisuus, g/kg ka		
Tuhka	91,4	79,7
Raakavalkuainen	150	122
Kuitu (NDF)	489	432
Sulamaton kuitu (iNDF)	87	85
iNDF:n osuus kuidusta	0,15	0,17
Tärkkelys	64,2	156
D-arvo, g/kg ka	681	688
Muuntokelpoinen energia, MJ/kg ka	10,7	10,7
pH	4,18	4,00

Rehujen syönti ja kuidun saanti

Koejakson lopussa keskimääräinen väkirehun syönti oli sama, hieman yli 13 kg/ka pv kaikilla karkearehuruokinnoina (taulukko 3). Karkearehun kulutukset erosivat toisistaan, sillä lehmät söivät enemmän kokoviljan ja nurmisäilörehun seosta kuin pelkkiä nurmisäilörehuja. Kokoviljasäilörehun käytön on havaittu lisäävän karkearehunkulutusta myös aiemmissa tutkimuksissa (Sinclair 2003). Tästä johtuen kokoviljaseoksella lehmien väkirehuprosentti oli hieman matalampi kuin muilla ruokinnoina.

Kokeen lopussa karkearehusta peräisin olevan kuidun määrä oli kaikilla koeruokinnoina selvästi pienempi kuin suositeltu 250 g/kg ka. Kokoviljaseoksella karkearehusta peräisin oleva kuidun määrä oli vain 181 g/kg ka. Vaikka NDF-kuitua oli selvästi vähiten kokoviljaseoksessa, seoksen korkeamman syönnistä johtuen kuidun kokonaissaanneissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Sulamattoman kuidun saanti oli merkitsevästi pienempää kolmannen niiton nurmisäilörehulla kuin muilla karkearehuilla.

Karkearehuista ainoastaan kokoviljasäilörehu sisälsi tärkkelystä, joten kokeen lopussa kokoviljaseosruokinnalla tärkkelyspitoisuus oli korkein 264 g/kg ka. Ruokinnansuunnittelussa tärkkelyksen raja-arvona pidetään 220 g/kg ka (KarjaKompassi), joten ainoastaan kokoviljaseoksella ruokinnan tärkkelyspitoisuus ylitti suosituksen.

Taulukko 3. Lehmien rehujen syönti ja rehuannosten koostumus koejakson lopussa.

	Karkearehu			SEM	p-arvo
	1.niiton nurmisäilörehu	3.niiton nurmisäilörehu	Kokovilja- 3. niiton säilöhuseos		
Syönti, kg ka/pv					
Väkirehu	13,1	13,4	13,1	0,36	NS
Karkearehu	8,5 ^a	9,2 ^a	10,3 ^b	0,46	0,05
Kokonaissyönti	21,6	22,6	23,3	0,65	NS
Väkirehun osuus	0,60 ^a	0,59 ^a	0,56 ^b	0,011	0,05
Kuidun (NDF) saanti					
NDF, kg/pv	7,48	7,67	6,97	0,26	NS
Sulamaton NDF, g/pv	792 ^a	549 ^b	869 ^a	38	<0,001
Karkearehusta peräisin oleva kuitu, g/kg ka	216 ^a	209 ^a	181 ^b	5,93	<0,001
Tärkkelys, g/kg ka	206 ^a	200 ^a	264 ^b	3,46	<0,001

Maitotuotos ja muutokset maidonpitoisuuksissa

Kokeen lopussa lehmien maitotuotokset eivät eronneet koekarkearehuryhmien välillä (taulukko 4). Kokeen aikana väkirehun noston yhteydessä lehmien maitotuotos (kg/pv) kasvoi keskimäärin 2,7 kg ($p<0,001$). Maidon rasvapitoisuus laski kokeen aikana keskimäärin 3 g/kg ($p<0,001$), ja rasva-valkuaisuhde 1,5:stä 1,27:n, mikä viittaa alkaneeseen asidoosialtistukseen. Rasvapitoisuus ja rasvan ja valkuaisen suhde eivät kuitenkaan laskeneet kokeen lopussakaan hälyttävälle tasolle, koska rasvapitoisuuden hälytysrajana pidetään 3–3,5 %, ja rasva-valkuaisuhteen yleinen suositusraja on 1,1–1,4.

Maidon rasvapitoisuuden lisäksi ureapitoisuus laski kokeen aikana ensimmäisen ja kolmannen niiton säilörehuruokinnolla olleilla lehmillä ($p<0,01$).

Taulukko 4. Lehmien maitotuotokset, maidonpitoisuudet ja tuotosvasteet ruokintakokeen aikana.

	Karkearehu			SEM	p-arvo
	1.niiton nurmisäilö-rehu	3.niiton nurmisäilö-rehu	Kokovilja- 3. niiton säilörehuseos		
Tuotos					
Maito, kg/pv	37,6	36,0	35,6	1,25	0,53
Energiakorjattu maito (ekm), kg/pv	38,1	37,0	38,8	1,20	0,55
Muutos maitotuotoksessa, kg	+3,5	+2,2	+2,3	0,69	0,40
Muutos ekm-tuotoksessa, kg	+3,0	+1,3	+2,1	0,79	0,36
Pitoisuus maidossa ¹					
Rasva, g/kg	41,9	42,8	47,0	-	-
Valkuainen, g/kg	33,9	34,0	35,7	-	-
Urea, mg/dl	29,1	20,9	20,1	-	-
Rasva/valkuainen ¹	1,24	1,26	1,32	-	-
Muutos rasvapitoisuudessa, g/kg ¹	-3,1	-3,9	-2,5	-	-
Muutos valkuaispitoisuudessa, g/kg ¹	+2,5	+1,4	+2,4	-	-
Muutos ureapitoisuudessa, mg/dl ¹	-6,7	-2,3	1,5	-	-
Tuotosvasteet					
Maito kg/väkirehu kg ka	0,73	0,45	0,43	0,13	0,22
Ekm kg/väkirehu kg ka	0,62	0,26	0,36	0,15	0,27

¹Koereryhmien välisiä eroja ei testattu tilastollisesti

Pötsin pH, märehtiminen ja makuu aika

Lehmien pötsin pH-arvojen lähtötasoissa oli huomattavan suuret erot. Kovariaattijaksolla väkirehu-prosentin ollessa keskimäärin 38 ja karkearehun kuidun osuuden koko rehuannoksesta yli 300 g/kg ka lehmien pötsin pH:n päiväkeskiarvo vaihteli yksilöittäin 5,7 ja 6,3 välillä. Näin ollen lehmän kovariaattijakson pH-arvo vaikutti merkittävästi myös koejakson lopulla mitattuun pH-arvoon ($p < 0,001$). Yksilöllinen vaihtelu pH:n minimiarvoissa oli vielä suurempaa kuin keskimääräisissä pH-arvoissa. Kovariaattijaksolla pH:n minimiarvot vaihtelivat 5,38–6,14 välillä, joten osalla lehmistä pH laski hetkellisesti erittäin matalalle jo suhteellisen pienillä väkirehuannoksilla. Lehmillä, joiden pötsin pH oli keskimäärin alemmalla tasolla, pH myös pysyi yli kolmen tunnin ajan vuorokaudesta alle 5,8 eli lehmillä oli pötsin pH-arvon mukaan subakuutti asidoosi jo tässä vaiheessa.

Väkirehun nosto koejakson aikana vaikutti eniten mutta tilastollisesti vain suuntaa-antavasti kokoviljasäilörehulla ruokittujen lehmien pH:n keskiarvoon ($p = 0,06$). Väkirehun osuuden noustessa 40 prosentista lähes 60 prosenttiin lehmien keskimääräiset pH-arvot laskivat kokoviljaruokinnalla 0,05 pH-yksikköä ja kolmannen niiton säilörehua saaneilla lehmillä 0,01 pH-yksikköä (taulukko 5). Pötsin pH:n minimiarvot laskivat vastaavasti 0,12 ja 0,07 pH-yksikköä. Väkirehun nostomäärään nähden muutokset lehmien pH-tasoissa ovat huomattavan pienet, mikä osittain voi johtua koejakson lopettamiskriteereistä. Tässä koeasetelmassa kyse oli hyvin lyhytaikaisesta väkirehutason vaikutuksesta pötsin pH-tasoon, mutta pidempiaikaisessa (ns. *steady state* -tilanteessa) asidoosialtistuksessa 60 % väkirehuosuus verrattuna 40 %:n tuottaa todennäköisesti erilaisen tuloksen.

Ensimmäisen niiton nurmisäilörehulla lehmien koejakson lopulla mitatut pötsin pH:n keskiarvot ja minimiarvot olivat numeerisesti jopa korkeampia kuin kovariaattijaksolla eli asidoosialtistus vaikut-

ti kyseisen koeryhmän lehmien pötsin pH-tasoihin erityisen vähän. Tulos on yllättävä, vaikka ensimmäisen niiton nurmisäilörehu sisälsi toki koerehuista eniten kuitua. Kokoviljasäilörehuryhmän rehuannoksen tärkkelyspitoisuus oli muita ruokintaryhmiä korkeampi, mikä selittää yhdessä matalan karkearehun kuidun kanssa alhaisimmat pötsin pH-arvot ja voimakkaimman asidoosialtistuksen. Ainoastaan ensimmäisen niiton nurmisäilörehua saaneilla lehmillä pötsin pH ei ollut alle 5,8 yli kolmea tuntia päivässä myös väkirehun nostojaksolla; kokoviljasäilörehuruokintaryhmässä pötsin pH oli koejakson lopussa alle kyseisen SARA-ajan jo 5,9 tuntia päivässä. Alkanutta asidoosialtistusta kuvaa myös se, että lehmien pH:n keskihajonta kasvoi kovariaattijaksolta koejaksoon verrattuna. Mikäli SARA:n riskiä halutaan minimoida pitkällä aikavälillä, pötsin pH:n päiväkeskiarvon tulisi pysyä vähintään 6,16 tasolla (Zebeli ym. 2008).

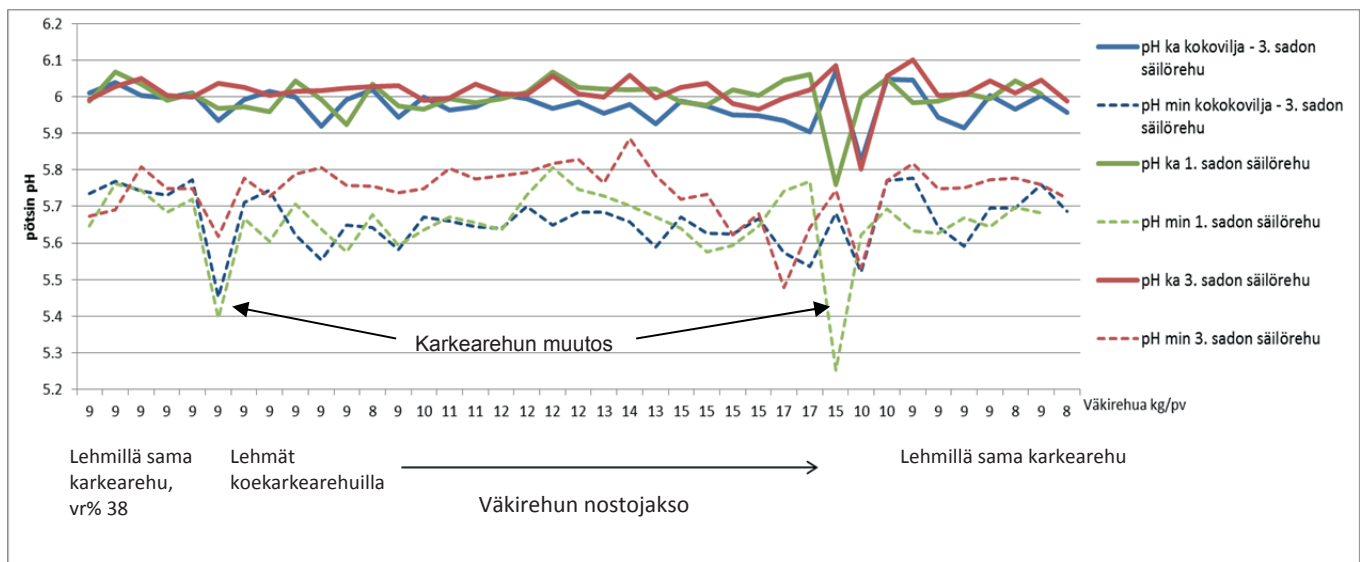
Kokeessa havaittiin, että pötsin pH laski voimakkaasti karkearehumuutosten yhteydessä (kuva 5), mikä osittain johtui karkearehun kuiva-ainesyönnin hetkellisestä vähentymisestä. Karkearehun muutosten yhteydessä väkirehutasot olivat kuitenkin matalia ja kuidun osuus rehuannoksesta selvästi korkeampi kuin koejakson lopulla, joten havainto oli yllättävä. Karkearehun muutoksen vaikutuksesta pötsin pH-tasoon ei tiettävästi ole aiemmin julkaistuja tutkimuksia.

RumiWatch-laitteiden toimintaongelmista johtuen lehmien märehimis aika saatiin mitattua luotettavasti vain kuudelta lehmältä sekä ennen väkirehun nostojaksoa että koejaksoilla. Kyseisten lehmien keskimääräinen märehimis aika vuorokaudessa ennen väkirehun nostoa oli 590 minuuttia ja väkirehutason ollessa korkeimmillaan keskimäärin 80 minuuttia vähemmän. Vastaavasti lehmät pureskelivat yhtä märepalaa koejaksoilla 48 kertaa ja ennen väkirehunnostoa 50 kertaa. Koejaksoilla märeheminen saatiin kaiken kaikkiaan mitattua 15 lehmältä, ja märehimisajat lehmien välillä vaihtelivat 419–629 min/pv (keskimäärin 515 min/pv). Blokki vaikutti suuntaa-antavasti märehimisaikaan, sillä useamman kerran poikineet korkeatuottoiset lehmät märehivät yli 1,5 tuntia enemmän kun ensikot ja matalatuottoiset lehmät. Ero märehimisajoissa oli varsin looginen seuraus eroista karkearehun syönneissä ja kuidun saanneissa.

Koejaksoilla lehmien keskimääräinen makuu aika kasvoi 55 minuutilla vuorokaudessa. Vaihtelu oli kuitenkin huomattavaa, sillä osalla lehmistä makuu aika jopa väheni. Karkearehulla ei ollut merkitsevää vaikutusta makuu aikaan. Makuuajan lisääntyminen selittyi suurelta osin karkearehun syöntiajan vähentymisenä.

Taulukko 5. Lehmien pötsin pH, märehtimis-, syömis- ja makuu aika väkirehun määrän ollessa korkeimmillaan sekä pH:n ja makuuajan muutos kovariaattijaksolla mitattuun perustasoon nähden.

	Karkearehu			SEM	p-arvo
	1.niiton nurmisäilörehu	3.niiton nurmisäilörehu	Kokovilja- 3. niiton säilöhuseos		
pH, päiväkeskiarvo	6,07 ^a	6,03 ^{ab}	5,98 ^b	0,023	0,06
pH:n muutos	+0,035 ^a	-0,008 ^{ab}	-0,051 ^b	0,021	0,05
pH _{min}	5,74	5,66	5,65	0,064	NS
pH _{min} muutos	+0,003	-0,072	-0,120	0,066	NS
pH < 5,8, min/pv	59	191	353	81	0,1
pH keskihajonta ¹	0,12 ^a	0,17 ^b	0,16 ^{ab}	0,01	0,03
Märehtiminen, min/pv ²	523	522	500	-	-
Syöminen, min/pv ²	214	274	246	-	-
Märehtiminen, min/NDFkg ²	70	70	74	-	-
Pureskeluita/märe pala ²	58	49	46	-	-
Makuu aika, min/pv	778	787	748	16,7	NS
Makuuajan muutos, min/pv	+62	+71	+27	45,4	NS

¹pH:n keskihajonta vuorokauden sisällä²Koereturhymien välisiä eroja ei testattu tilastollisesti

Kuva 5. Lehmien pötsin pH:n keskiarvot ja minimiarvot koko kokeen aikana koeruoikinnottain.

3.3.4. Yhteenveto ja johtopäätökset

Väkirehun määrän nostaminen asteittain keskimäärin 9,3 kilosta 15,0 kiloon vaikutti lehmien pötsin pH:n päiväkeskiarvoon odotettua vähemmän. Tässä koeasetelmassa kyse oli kuitenkin lyhytaikaisesta vaikutuksesta, mutta pidempiaikaisessa asidoosialtistuksessa 60 % väkirehuosuus verrattuna 40 %:n tuottaa todennäköisesti erilaisen tuloksen. Alkaneesta asidoosialtistuksesta kertoi kuitenkin se, että väkirehun määrän lisääntyessä pötsin pH oli pidempiä aikoja suositeltua raja-arvoa alempana ja maidon rasvapitoisuus sekä maidon rasvan ja valkuaisen suhde laskivat.

Lehmien pötsin pH-tasoissa välillä oli suuria yksilöllisiä eroja. pH-mittausten mukaan osa lehmistä kärsi piilevästä happamasta pötsistä jo väkirehun osuuden ollessa alle 40 %. Osalla lehmistä pötsin pH-arvot eivät laskeneet edes väkirehuannoksen syönnin jälkeen alle kuuden. Karkearehun muutoksella havaittiin olevan suuri vaikutus pötsin pH-tasapainoon. Väkirehun osuuden noustessa 40 %:sta 60 %:in lehmien märehymisaika väheni vuorokaudessa reilulla tunnilla pysyen kuitenkin edelleen kohtuullisella tasolla.

Kokovilja-nurmisäilörehuseosta saaneiden lehmien pötsin pH-taso oli matalampi kuin pelkkää nurmisäilörehua saaneiden rehun korkeammasta tärkkelyspitoisuudesta ja matalammasta kuitupitoisuudesta johtuen. Lehmien karkearehusta peräisin olevan kuidun osuus ruokinnassa voi tämän tutkimuksen perusteella olla aiemmin suositeltua 250 g kg/ka hieman matalampi, mutta rehuannoksen tärkkelyksen perinteistä raja-arvoa on hyvä noudattaa. Tärkkelyspitoisuus tulee huomioida etenkin kokoviljasäilörehua käytettäessä, koska rehuannos sisältää sekä väki- että karkearehusta peräisin olevia solunsisällyshiilihydraatteja.

Vaikka osa karjan lehmistä kestäisi hyvin korkean intensiteetin ruokintaa, toisille pötsin pH asettaa todennäköisesti rajat jo paljon aikaisemmassa vaiheessa. Haasteeksi koituukin se, että lehmien yksilöllinen pH:n mittausta tiloilla on käytännössä edelleen mahdotonta, koska automaattisten mittalaitteiden käyttökustannukset ovat korkeat ja toiminta-ajat lyhyitä. Pötsin pH-mittaukset eivät myöskään yksistään kerro sitä, aiheuttaako alhainen pH lehmälle lopulta kliinisiä oireita.

3.4. Kirjallisuus

- Bell, A.W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 73 (1995), pp. 2804–2819
- Blum, J.W., Reding, T., Jans, F., Wanner, M., Zemp, M. & Bachmann, K. 1985. Variations of 3-methylhistidine in blood of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 68: 2580–2587.
- Butler, W. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science* 83: 211-218.
- Broderick, G. A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 86:1370–1381.
- Calsamiglia, S., Blanch, M., Ferret, A. & Moya, D. 2012. Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? causes and tools for its control. *Animal Feed Science and Technology* 172: 42-50.
- Coffey, M.P., Simm, G. & Brotherstone S. 2002. Energy balance profiles for the first three lactations of dairy cows estimated using random regression. *Journal of Dairy Science* 85: 2669–2678.
- Danscher, A. M., Li, S., Andersen, P. H., Khafipour, E., Kristensen, N. B. & Plaizier, J. C. 2015. Indicators of induced subacute ruminal acidosis (SARA) in Danish Holstein cows. *Acta Veterinaria Scandinavica* 57:39. doi: 10.1186/s13028-015-0128-9.
- DeVries, T. J., Beauchemin, K. A., Dohme, F. & Schwartzkopf-Genswein, K. S. 2009. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Feeding, ruminating, and lying behavior. *Journal of Dairy Science* 92: 5067-5078.
- Dohme, F., DeVries, T. J. & Beauchemin, K. A. 2008. Repeated ruminal acidosis challenges in lactating dairy cows at high and low risk for developing acidosis: Ruminal pH1. *Journal of Dairy Science* 91: 3554-3567.
- Friggens, N.C., Ingvarsen, K.L. & Emmans, G.C. 2004. Prediction of body lipid change in pregnancy and lactation. *Journal of Dairy Science* 87: 988-1000.
- Gao, X. & Oba, M. (2014). Relationship of severity of subacute ruminal acidosis to rumen fermentation, chewing activities, sorting behavior, and milk production in lactating dairy cows fed a high-grain diet. *Journal of Dairy Science* 97: 3006-3016.
- Gozho, G. N., Plaizier, J.C., Krause, D.O., Kennedy, A.D. & Wittenberg, K.M. 2005. Subacute Ruminal Acidosis Induces Ruminal Lipopolysaccharide Endotoxin Release and Triggers an Inflammatory Response. *Journal of Dairy Science* 88: 1399-1403. doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72807-1
- Holmes, W. 1989. Grazing management. Teoksessa: Holmes, W. (toim.). Grass - its production and utilization. Blackwell Scientific Publications. Lontoo. s.131-171.
- Huhtanen, P., Hetta, M. & Swensson, C. 2011. Evaluation of canola meal as a protein supplement for dairy cows: A review and a meta-analysis. *Canadian Journal of Animal Science* 91: 529–543.
- Humer, E., Ghareeb, K., Harder, H., Mickdam, E., Khol-Parisini, A., & Zebeli, Q. 2015. Periparturial changes in reticuloruminal pH and temperature in dairy cows differing in the susceptibility to subacute rumen acidosis. *Journal of Dairy Science* 98: 8788-8799.
- Ingvarsen, K. & Andersen, J. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science* 83: 1573-1597.
- Jouany, J. 2006. Optimizing rumen functions in the close-up transition period and early lactation to drive dry matter intake and energy balance in cows. *Animal Reproduction Science* 96: 250-264.
- Khafipour, E., Krause, D. O., & Plaizier, J. C. 2009. Alfalfa pellet-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows increases bacterial endotoxin in the rumen without causing inflammation. *Journal of Dairy Science* 92: 1712-1724.
- Kleen, J. L., Hooijer, G. A., Rehage, J. & Noordhuizen, J. P. T. M. 2003. Subacute Ruminal Acidosis (SARA): a Review. *Journal of Veterinary Medicine Series A* 50: 406–414. doi: 10.1046/j.1439-0442.2003.00569.x
- Kleen, J. L., & Cannizzo, C. 2012. Incidence, prevalence and impact of SARA in dairy herds. *Animal Feed Science and Technology* 172: 4-8.

- Kokkonen, T., Taponen, J., Anttila, T., Syrjala-Qvist, L., Delavaud, C., Chilliard, Y., Tuori, M. & Tesfa, A. 2005. Effect of body fatness and glucogenic supplement on lipid and protein mobilization and plasma leptin in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 88: 1127-1141.
- Kokkonen, T., Salin, S., Nurminen, P., Rautonen, N., Virkki, M. & Tuori, M. 2008. Pötsimikrobitoimintaa tehostavan erikoisrehun vaikutus lypsylehmien rehunsyöntikykyyn, tuotokseen ja immuunistaatukseen. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen.
- Krause, K. M. & Oetzel, G. R. 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Animal Feed Science and Technology* 126: 215-236.
- Li, S., Gozho, G. N., Gakhar, N., Khafipour, E., Krause, D. O. and Plaizier, J. C. 2012. Evaluation of diagnostic measures for subacute ruminal acidosis in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 92: 353-364.
- Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 80: 1463-1481. doi:[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Mould, F. L., Ørskov, E. R., & Mann, S. O. 1983. Associative effects of mixed feeds. I. effects of type and level of supplementation and the influence of the rumen fluid pH on cellulolysis in vivo and dry matter digestion of various roughages. *Animal Feed Science and Technology* 10: 15-30. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401\(83\)90003-2](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(83)90003-2)
- Moyes, K.M., Friggens, N.C. & Ingvarsen, K.L. 2010. Nutritional strategies to combat physiological imbalance of dairy cows during early lactation: The effect of changes in dietary protein and starch ratios. *Acta Veterinaria Scandinavica* 60: 166–174.
- Mäntysaari, P. & Mäntysaari, E.A. 2010. Predicting early lactation energy balance in primiparous Red Dairy Cattle using milk and body traits. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section A — Animal Science* 60:79–87.
- Oetzel, G. R. 2004. Monitoring and testing dairy herds for metabolic disease. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 20: 651–674.
- Owens, F.N., D.S. Secrist, W.J. Hill, and D.R. Gill. 1998. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science* 76: 275-286.
- Pourazad, P., R. Khiaosa-ard, M. Kumar, S. U. Wetzels, F. Klevenhusen, B. U. Metzler-Zebeli, and Q. Zebeli. 2016. Transient feeding of a concentrate-rich diet increases the severity of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 94:726-738. doi:10.2527/jas.2015-9605
- Plaizier, J. C., Krause, D. O., Gozho, G. N., & McBride, B. W. 2008. Subacute ruminal acidosis in dairy cows: The physiological causes, incidence and consequences. *The Veterinary Journal* 176: 21-31.
- Rukkamsuk T., Kruip T.A.M. & Wensing T. 1999. Relationship between overfeeding and overconditioning in the dry period and the problems of high producing dairy cows during the postparturient period. *Veterinary Quarterly* 21: 71–77.
- Russell, J. B., & Wilson, D. B. 1996. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH? *Journal of Dairy Science* 79: 1503-1509. doi:[http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76510-4](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76510-4)
- Schei, I., Volden, H. & Baevre, L. 2005. Effects of energy balance and metabolizable protein level on tissue mobilization and milk performance of dairy cows in early lactation. *Livestock Production Science* 95: 35–47.
- Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., & Ferguson, D. M. R. 2003. Effects of crop maturity and cutting height on the nutritive value of fermented whole crop wheat and milk production in dairy cows. *Livestock Production Science* 81: 257-269.
- Stone, W. 2004. Nutritional Approaches to Minimize Subacute Ruminal Acidosis and Laminitis in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 87: 13-26.
- Tesfa, A.T., Kokkonen, T., Tuori, M., Saukko T., Lindberg, L-A., Pösö, R., Saloniemi, H. & Syrjälä-Qvist, L. 2001. The effect of prepartum protein feeding on postpartum lactation performance of Ayrshire heifers and cows. *Journal of Animal and Feed Sciences* 10: 73–89.

- van der Drift, S.G.A., Houweling, M.J., Schonewille, T., Tielens, A.G.M. & Jorritsma, R. 2012. Protein and fat mobilization and associations with serum β -hydroxybutyrate concentrations in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95:4911–4920.
- Van Soest P.J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Ithaca, NY, US: 2nd ed. Cornell University Press.
- Zebeli, Q., Dijkstra, J., Tafaj, M., Steingass, H., Ametaj, B. N., & Drochner, W. 2008. Modeling the adequacy of dietary fiber in dairy cows based on the responses of ruminal pH and milk fat production to composition of the diet. *Journal of Dairy Science* 91: 2046-2066.

4. Nurmen korjuustrategiat

Sanna Kykkänen¹, Maarit Hyrkäs¹, Auvo Sairanen¹, Perttu Virkajärvi¹, Minna Toivakka², Raija Suomela³ ja Mika Isolahti⁴

¹ Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Halolantie 31 A, 71750 Maaninka, etunimi.sukunimi@luke.fi

² Yara Suomi Oy, etunimi.sukunimi@yara.com

³ Luonnonvarakeskus, Vihreä teknologia, Tutkimusasemantie 15, 92400 Ruukki, (14.3.2016 alkaen Oulun Ammattikorkeakoulu Oy, Luonnonvara-ala, etunimi.sukunimi@oamk.fi)

⁴ Boreal Kasvinjalostus Oy, Myllytie 10, 31600 Jokioinen, etunimi.sukunimi@boreal.fi

4.1. Tiivistelmä

Kiristynyt kilpailu ja tuottajahintojen lasku maidon- ja lihantuotantosektorilla pakottavat tuotantokustannusten alentamiseen. Ilmaston lämpeneminen ja jalostuksen markkinoille tuomat uudet ja satoisat nurmilajikkeet mahdollistavat osaltaan rehuntuotannon tehostamisen. Säilörehun riittävä määrä ja riittävän korkea sulavuus ovat avaintekijöitä taloudellisesti kannattavaan ruokinnansuunnitteluun. Korjuuajan valinta on tärkein tekijä, jolla vaikutetaan nurmisadon sulavuuteen sekä optimoidaan määrän ja sulavuuden välistä suhdetta. KESTO-hankkeessa toteutettiin kolme nurmen korjuustrategioihin liittyvää koesarjaa korjuuajakojen optimointiin liittyvien kysymysten selvittämiseksi.

Ensimmäinen koesarja toteutettiin Maaningalla ja Sotkamossa. Tavoitteena oli verrata keskenään kahden ja kolmen niiton strategiaa käyttäen kolmea ominaisuuksiltaan erilaista timotei-nurminataseosta, sekä tutkia viimeisen niiton myöhästyttämisen ja talveksi peltoon jäävän odelmanvaikutuksia. Molemmat hankeajan koevuodet olivat suotuisia kolmelle niitolle, ja se osoittautui kahden niiton strategiaa paremmaksi sekä sadon määrän että sulavuuden suhteen. Erot lajike-seosten välillä olivat odotetun suuntaisia, mutta yhdysvaikutus niittokertojen määrän ja lajike-seoksen välillä oli oletettua vähäisempi. Lajikevalinnoilla oli vaikutusta etenkin jälkisatojen suuruuteen sekä toisen sadon sulavuuteen. Odelman vaikutus seuraavan kesän ensimmäiseen satoon oli vain vähäinen.

Toinen osatutkimus toteutettiin Maaningalla puhtaissa timotei- ja nurminatakasvustoissa. Ko-keessa tutkittiin toisen korjuun ajankohdan vaikutusta kokonaissatoon, kun ensimmäinen ja kolmas sato niitetään samaan aikaan. Lisäksi testattiin lannoituksen jakamisen vaikutuksia satoon. Typpi jaettiin satojen kesken eri tavoin ja lisäksi annettiin lehtilannoituksena rikkiä. Toisen korjuun myöhästyttämisen nosti selvästi kuiva-ainesatoa toisessa sadossa, mutta laski sitä kolmannessa, eivätkä erot olleet kovin suuria kokonaissadossa. Toisen korjuun myöhästyttämisen alensi selvästi timotein kokonaissadon sulavuutta, mutta nurminadalla vaikutus oli selvästi vähäisempi. Sekä kaliumin että fosforin taseet kokonaissadossa olivat negatiivisia. Typen taseet jäivät kokonaissadossa lähes aina positiivisiksi, mutta niittokohtaisesti tarkasteltuna kolmannen sadon typpitaseet olivat pääosin negatiivisia.

Kolmantena kokeena jatkettiin aiemmassa hankkeessa toteutettua korjuustrategiakoetta täydennyskylvökokeena. Täydennyskylvön aiheuttamat satovaikutukset olivat vaihtelevia, eikä sillä saatu sadonlisää koko koejakson tasolla tarkasteltuna. Kokeesta saatiin kuitenkin lisää havaintoja korjuustrategioiden välisistä eroista sääolosuhteiltaan erilaisina kesinä sekä vanhemmalla nurmella.

Sadon määrän ja sulavuuden optimoinnin lisäksi päämääränä on parantaa tilan taloutta. Hyvin sulavaa säilörehua tuottava strategia voi olla taloudellisessa mielessä erinomainen, vaikka ei satoltaan ylittäisikään niin korkeaksi kuin on mahdollista. Lisäksi korjuustrategia on hyvä pyrkiä suunnittelemaan niin, että se on muokattavissa kesken kasvukauden, jos sääolosuhteet sitä edellyttävät.

Asiasanat: korjuuajankohta, nurmet, nurminata, timotei, sato, sulavuus

4.2. Johdanto

Kirstyvä kilpailu ja tuottajahintojen lasku maidon- ja lihantuotantosektorilla pakottavat tuotantokustannusten alentamiseen. Ilmaston lämpeneminen ja jalostuksen markkinoille tuomat uudet ja satoisat nurmilajikkeet mahdollistavat osaltaan rehuntuotannon tehostamisen. Rehukustannuksen (kotoiset + ostorehut) osuus maidon tuotantokustannuksesta on noin kolmannes, ja ostorehujen osuus rehukustannuksesta noin puolet (Mero & Kyntäjä 2010). Säilörehun riittävä määrä ja riittävän korkea sulavuus ovat avaintekijöitä taloudellisesti kannattavassa ruokinnassa. Säilörehu tuotetaan tiloilla itse eikä sillä ole markkinahintaa, jolloin sen tuotantokustannuksiin ei välttämättä tule kiinnitettyä riittävästi huomiota. Tilojen välillä onkin suuria eroja niin maitolitrin kuin rehukilonkin tuotantokustannuksessa. Heikoimmalla neljänneksellä rehun tuotantokustannus on yli kaksi kertaa korkeampi kuin parhaalla neljänneksellä (v. 2013 28,7 snt/kg ka ja 13,6 snt/kg ka; Ellä 2014). Nurmenviljelyn taloudellista kannattavuutta onkin vielä varaa parantaa.

Rehun tuotantokustannuksista kiinteiden kustannusten, etenkin konekustannuksen, osuus on merkittävä. Toinen keskeinen tekijä on satotaso (Peltonen 2010). Satotason nostamisella sekä säilörehun hyvään sulavuuteen panostamalla voidaan säilörehun tuotantokustannusten alentamisen lisäksi vaikuttaa tarvittavan ostorehun määrään. Jos säilörehun tuottamiseen tarvittavaa pinta-alaa saadaan pienennettyä, voi säästyvän peltoalan käyttää esimerkiksi rehuviljan tai valkuaiskasvien viljelyyn (Peltonen 2010). Riittävän sulavalla säilörehulla pidetään maitotuotos korkealla ja vähennetään väkirehutäydennyksen tarvetta ruokinnassa. Kasvukauden aikana tehtävien korjuukertojen määrällä vaikutetaan paitsi satotasoon ja sulavuuteen myös konekustannuksiin. Kovin pienen jälkisadon korjaaminen voi tulla kalliiksi, mutta satotason nostoa tavoitellessa on syytä kiinnittää huomiota jälkisatoihin.

Pellon kasvukunnosta huolehtimisen, viljelykiertojen, lannoituksen ja muiden viljelytoimenpiteiden lisäksi satotasoon vaikuttaa korjuuaika. Korjuuajan valinta on tärkein tekijä, jolla huolehditaan nurmisadon riittävästä sulavuudesta sekä optimoidaan määrän ja sulavuuden välistä suhdetta. Ensimmäisen sadon kehitys tunnetaankin jo melko hyvin. Jälkisatojen kasvunopeus sekä sulavuuden lasku ovat hitaampia kuin ensimmäisessä sadossa (Virkajärvi ym. 2012c, Kuoppala 2010). Virallisissa lajikekokeissa vuosina 2007–2014 ensimmäisen sadon osuus timotein kesän kokonaissadosta oli keskimäärin 48 %, nurminadan sadosta 42 % ja ruokonadan sadosta 35 % (Laine ym. 2015). Jälkisatojen (toinen ja kolmas sato) osuus koko kesän sadosta on siis merkittävä. Rehuntuotannon tehokkuuden parantamiseksi on ajateltava koko kasvukauden kokonaisuutta, sillä korjuuaikavalinta vaikuttaa aina myös kasvukauden seuraavien niittojen satoihin. Kolmannen sadon kasvunopeutta ja sulavuuden kehitystä on tutkittu varsin vähän, vaikka kolmen korjuun strategia yleistyy pohjoisemminkin Suomessa jatkuvasti.

Uudet, satoisammat lajikkeet sekä korkeammat satotasot lisäävät tarvetta päivittää lannoitus-suosituksia. Tiloista parhaan neljänneksen satotaso on ollut ainakin viiden edellisen vuoden ajan yli 7000 kg ka/ha (7340–8860 kg ka/ha; Lohkotietopankki), eivätkä yli 10 000 kg kuiva-ainesadotkaan ole enää harvinaisia (Luomanperä & Artjoki 2012). Nykyisten lannoitusrajojen on pelätty rajoittavan kehittyvien, korkean satotason tilojen satotasokehitystä ja siten satotasokorjausten lisäämistä ympäristökorvausjärjestelmään on pohdittu. Erilaiset korjuustrategiat vaativat myös erilaiset lannoitusstrategiat, ja eri satojen ravinteiden hyväksikäyttötehokkuuksia on myös syytä selvittää tarkemmin.

Nurmen satotaso alkaa laskea nurmen vanhetessa (Puurunen & Mero 2010) kolmannesta sato-vuodesta alkaen. Täydennyskylvö on haastava, mutta onnistuessaan hyvä mahdollisuus jatkaa nurmen ikää ja pitää yllä korkeaa satotasoa. Täydennyskylvö on tärkeää suorittaa siten, että siemenet pääsevät maakosketukseen ja maassa on riittävästi kosteutta (Kurki 2010). Erilaisia täydennyskylvömenetelmiä on tutkittu Euroopassa runsaasti, ja Suomessakin jonkin verran (mm. Hakkola 1995; Kurki & Valo 2013). Täydennyskylvön aikaansaamaa sadonlisää on kuitenkin vaikea määrittää kvantitatiivisesti siten, että lähtötilanne olisi samanlainen sekä täydennyskylvetyllä että täydennyskylvämättömällä alueella.

Ajoittamalla korjuupäiviä eri tavoin voidaan saada aikaan lukuisia erilaisia korjuustrategioita riippuen siitä, myöhästytetäänkö ensimmäistä, toista vai kolmatta niittoa. Lisäksi strategiavalintaa voi tehostaa laji- ja lajikevalinnoilla sekä lannoituksen erilaisella jakamisella satojen kesken. Sääolosuhteet ja maaperän ominaisuudet muuttavat tilannetta. Kaikkia vaihtoehtoja ei voi tutkia yhdellä kertaa. KESTO-hankkeessa toteutettiin kolme nurmen korjuustrategioihin liittyvää kenttäkoeperia, joiden tulokset raportoidaan tässä luvussa. Ensimmäinen toteutettiin Maaningalla ja Sotkamossa vuosina 2013–2014 (Kuva 1). Kokeen tavoitteena oli verrata keskenään kahden ja kolmen niiton strategiaa käyttäen kolmea ominaisuuksiltaan erilaista timotei-nurminataseosta, sekä tutkia viimeisen niiton myöhästyttämisen vaikutusta. Lisäksi selvitettiin, kuinka talveksi peltoon jäävä runsas odelma vaikuttaa talvehittimiseen ja seuraavan kesän ensimmäiseen satoon.

Toinen koe toteutettiin Maaningalla puhtaissa timotei- ja nurminatakasvustoissa vuosina 2013–2014. Kokeessa tutkittiin toisen korjuun ajankohdan vaikutusta kokonaissatoon, kun ensimmäinen ja kolmas sato niitetään samaan aikaan. Toisena koetekijänä kokeessa oli lannoituskäsitely, jossa typpi jaettiin satojen kesken eri tavoin ja annettiin lisäksi lehtilannoituksena rikkiä. Kontrollikoejäsenenä oli tyypillinen viljelijöiden käyttämä strategia, jossa nurmi korjattiin kaksi kertaa ja toiselle sadolle annettiin lietettä. Sama koe toteutettiin Ruukissa timotei-nurminataseoksena. Ruukin koe ei sisällynyt KESTO-hankkeeseen, joten sen tuloksia ei raportoida tässä yhteydessä. Ruukin kokeen ensimmäisen vuoden tulokset on raportoitu Maataloustieteen Päivillä tammikuussa 2014 (Suomela ym. 2014b).

Kolmantena kokeena oli vuosina 2009–2012 Karjatilan kannattava peltoviljely (KARPE) – hankkeessa toteutetun korjuustrategiakokeen jatkaminen täydennyskylvökokeena. Kokeessa oli neljä erilaista korjuustrategiaa, joissa kolmessa ensimmäisen niiton ajankohtaa vaihdettiin ja toinen sato korjattiin samaan aikaan. Neljännessä strategiassa nurmisato korjattiin kolme kertaa. Kokeeseen lisättiin täydennyskylvöosio jakamalla koeruudut kahtia ja täydennyskylvämällä toiset puolet keväisin.

Tässä raportissa esitellään kunkin kokeen keskeisimmät tulokset.



Kuva 1. Toisen sadon kasvustoa timotei-nurminataseoskokeen koeruuduilla Maaningalla vuonna 2014. Kuva: Sanna Kykkänen.

4.3. Korjuustrategiat timotei-nurminataseoksilla

4.3.1. Aineisto ja menetelmät

Kenttäkokeet perustettiin keväällä 2012 MTT Maaningalle ja MTT Sotkamoon. Suojaviljana käytettiin ohraa. Maaningalla ohralajike oli Edvin (350 kpl/m²) ja Sotkamossa Voitto (250 itävää/m²). Timotei-nurminataseosta kylvettiin 20 kg/ha, josta timotein siementä oli 14 kg/ha ja nurminadan siementä 6 kg/ha. Maaningalla perustaminen tehtiin toukokuun lopussa ja Sotkamossa kesäkuun lopussa. Maaningalla kasvusto sai 65 kg N/ha, 8 kg P/ha ja 23 kg K/ha (Pellon Y3 23-3-8) ja Sotkamossa 45 kg N/ha, 21 kg P/ha ja 39 kg K/ha (Pellon Y6 15-7-13). Suojavilja korjattiin kokoviljana. Nurmen tiheys arvioitiin silmämääräisesti syksyisin ja keväisin.

Koeasetelmana käytettiin osa-osaruutukoetta neljänä kerranteena, jossa pääruutuna oli kaksi tai kolme niittokertaa kesän aikana. Osaruutuina olivat kolme eri timotei-nurminataseosta (Tuure-Ilmari, Rubinia-Valtteri ja Grindstad-Inkeri). Siemenet saatiin Grindstadia lukuunottamatta Boreal Kasvinjalostus Oy:ltä. Tuure-Ilmari edusti myöhäisemmän kasvurytmin seosta, jota pidettiin näistä seoksista sopivimpina kahden korjuun strategiaan. Muut kaksi olivat hyvän jälkikasvukyvyn seoksia, joille sopii hyvin kolme niittokertaa kesän aikana. Osa-osaruutuna oli viimeisen niiton ajankohta, joka oli aikainen tai myöhäinen. Näin kokeessa oli yhteensä neljä erilaista korjuustrategiaa (Taulukko 1), jotka toteutettiin samalla tavalla kaikille lajikeseoksille. Strategia ”2N aik” kuvaa tilannetta, jossa ensimmäinen ja toinen sato tehdään aikaisin, ikään kuin kolmeen korjuuseen tähdäten, mutta kolmas sato jätetään korjaamatta. Tällöin peltoon jää talveksi todennäköisesti suuri odelmakasvusto. Tässä strategiassa kolmatta satoa ei kuitenkaan lannoitettu. Myös koejäsenelle ”2N myöh” ehtii kasvaa lannoitamaton odelmaa, mutta sen määrän odotettiin jäävän kohtuulliseksi. Kolmen niiton strategioista ”3N aik” kuvaa tyypillistä kolmen niiton strategiaa, ja ”3N myöh” tilannetta jossa kolmannen sadon annetaan kasvaa aivan kasvukauden loppuun saakka. Talvehtimisen pitäisi onnistua molemmilla strategioilla, sillä talvehtimisen kannalta kriittisimpänä niittoaikana pidetään syyskuun puoliväliä.

Taulukko 1. Korjuustrategiat.

Strategia	Niittojen lkm	Viimeisen niiton ajankohta	1. niitto	2. niitto	3. niitto
2N aik	2	Aikainen	D-arvotavoite 690 g/kg ka	5 viikkoa 1. niitosta	-
2N myöh	2	Myöhäinen	690 g/kg ka	7 viikkoa 1. niitosta	-
3N aik	3	Aikainen	710 g/kg ka	5-6 viikkoa 1. niitosta	Syyskuun 1. viikko
3N myöh	3	Myöhäinen	710 g/kg ka	5-6 viikkoa 1. niitosta	Syyskuun viimeinen tai lokakuun 1. viikko

Typpilannoituksena käytettiin ympäristötukiehtojen mukaisia maksimimääriä, jotka olivat kahden niiton strategialle 200 kg N/ha/v ja kolmen niiton strategialle 230 kg N/ha/v. Typpi jaettiin satojen kesken taulukon 2 mukaisesti. Fosforia ja kaliumia pyrittiin antamaan niin, etteivät ne rajoita kasvua. Maaningalla käytettiin 1. sadolle Nurmen Y1:stä (20-3-5) ja muille sadoille NK1:stä (25-0-7). Sotkamossa käytettiin vuonna 2013 1. sadolle Pellon Y6:sta (15-7-13) ja muille sadoille NK2:sta (22-0-12) ja vuonna 2014 Pellon Y4:sta (20-2-12) kaikille sadoille.

Taulukko 2. Typpilannoituksen jakautuminen eri sadoille.

Niittoa	1. sadolle	2. sadolle	3. sadolle	Yhteensä
2	100 N	100 N		200 N
3	90 N	90 N	50 N	230 N

Koealueilta otettiin yleismaanäytteitä ennen nurmivuosia ja ne analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Näytteistä määritettiin perusviljavuus: johtoluku, pH (maa-vesisuspensio; v/v 1:2,5), Ca, P, K, Mg, S (hapan ammoniumasettaattu; pH 4,65; Vuorinen ja Mäkitie 1955), C:N-suhde, maan lajitekoostumus (Elonen 1971) sekä reservikalium (2-molaarinen HCl-uutto kiehuvaassa vesihauteessa; uuttosuhde 1:4 v/v, uuttoaika 2 h). Maaningalla perusviljavuus määritettiin keväällä 2012 ja Sotkamossa syksyllä 2012. Maan viljavuustiedot esitetään taulukossa 3.

Taulukko 3. Maan viljavuustiedot koealueilla.

		Maaninka	Sotkamo
Pintamaan maalaji*		KHt	He
Multavuus		rm	m
Johtoluku	10xmS/cm	0,6	0,9
pH	pH	5,6	6,9
Ca	mg/l	985	2100
P	mg/l	14	15
K	mg/l	110	67
Mg	mg/l	117	140
S	mg/l	5,2	9,3
C:N		11	7,7
Reservikalium	mg/l	2475	652

* Lajitekoostumusmäärittäminen

Maaningalla maalaji oli karkeaa hietaa ja Sotkamossa hiuetta. Fosforitila oli kummassakin maassa riittävä. Maaningalla maassa oli runsaasti reservikaliumia, Sotkamon heikko kaliumtila huomioitiin käyttämällä kaliumpitoisempia lannoitteita.

Niitto ja kasvustohavainnot

Maaningalla maan kosteutta mitattiin koko kasvukauden ajan tensiometreillä (Tensiometri Irrrometer SR). Kahdelle kokeen suojaruudulle asennettiin keväällä tensiometri mittaamaan kosteutta 20 cm syvyydestä. Mittarien lukemat kirjattiin ylös kahdesti viikossa. Kasvukauden lämpötila- ja sademäärätiedot saatiin kummankin koepaikan lähistöllä sijaitsevalta Ilmatieteen laitoksen sääasemalta.

Ennen niittoa kasvuston ojennettu korkeus mitattiin tekemällä kolme mittausta jokaiselta ruudulta. Koeruudut niitettiin Haldrup 1500 koeruutujen niittokoneella noin 6–8 cm sänkikorkeuteen. Kasvustosta määritettiin ruutusato ja otettiin näyte ruuduittain. Näytteet kuivatettiin +60 °C:ssa noin kahden vuorokauden ajan, määritettiin kuiva-aineprosentti ja lähetettiin analysoitavaksi Valio Oy:n Seinäjoen laboratorioon. Näytteistä määritettiin D-arvo, ME-arvo, NDF-kuitu, raakavalkuainen, tuhka, sulamaton kuitu (iNDF) ja sokerit NIR-menetelmällä sekä pääkivennäiset (Ca, P, K) XRF-menetelmällä. Energiasato (ME-sato, GJ/ha) laskettiin kaavalla ME-arvo × kuiva-ainesato / 1000. Niiton yhteydessä kerranteilta 1 ja 3 otettiin ruuduittain 0,5–1 kg painoinen näyte, josta lajiteltiin erilleen timotei, nurminata ja rikkakasvit ja punnittiin tuorepainot. Näin saatiin selville timotein ja nurminadan osuudet seoksessa.

Kahden niiton strategian ruuduille kasvoi toisen niiton jälkeen lannoittamaton odelma, jota ei puhdistusniitetty syksyllä. Sen määrää mitattiin ottamalla lokakuun alussa kerranteilta 1 ja 3 kehikonäytteet ruuduittain (0,2 × 0,5 m tai 0,25 × 0,5 m), määrittämällä tuorepaino, kuiva-aineprosentti ja kuiva-ainesato. Lisäksi kahden niiton ruuduilta määritettiin ojennettu korkeus kasvukauden lopussa. Toimenpiteiden ajankohdat esitetään taulukossa 4.

Tilastomenetelmät

Tulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen SAS 9.3-ohjelmiston Mixed-proseduuria. Koepaikat, vuodet ja niitot analysoitiin erikseen. Kokonaissadon D-arvo ja raakavalkuainen laskettiin kuiva-ainesadoilla painotettuna keskiarvoina. Niittojen lukumäärä, lajikeseos ja viimeisen niiton ajankohta sekä kaikki näiden yhdysvaikutukset olivat kiinteinä tekijöinä, ja satunnaisena tekijöinä olivat kerranne, kerranexniittojen lukumäärä-yhdysvaikutus sekä kerranexlajikeseos-yhdysvaikutus. Parivertailut lajikeseosten välillä tehtiin Tukeyn testillä. Kolmannen niiton kohdalla käytettiin muutoin samalaista mallia, mutta niittojen lukumäärä-termi ja sen yhdysvaikutukset poistettiin.

Kahden ja kolmen niiton välistä eroa sekä seosten välisiä eroja tarkasteltiin myös käyttämällä vain myöhäisen viimeisen niiton tuloksia. Tällöin malli oli muutoin sama kuin edellä, mutta viimeisen niiton ajankohta-termi ja sen yhdysvaikutukset poistettiin.

Taulukko 4. Kokeella tehtyjen toimenpiteiden ajankohdat.

	Maaninka			Sotkamo		
	perust.vuosi	nurmivuodet		perust.vuosi	nurmivuodet	
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Maanäytteet koealueelta (1–2 kpl)	29.5.	2.5.		19.11.	13.5.	
Kylvö	29.5./30.5.			29.6./30.6.		
Lannoitus 1. sadolle	29.5.	13.5.	9.5.	29.6.	21.5.	22.5.
Kevättiheys		20.5.	15.5.		25.5.	27.5.
1. niitto (3 niiton ruudut)	elokuu*	4.6.	9.6.	5.9.*	10.6.	19.6.
1. niitto (2 niiton ruudut)	elokuu*	6.6.	13.6.	5.9.*	13.6.	19.6.
Lannoitus 2. sadolle		10.6.	13.6.		17.6.	26.6.
2. niitto (2 niittoa aikainen)		11.7.	18.7.		18.7.	24.7.
2. niitto (3 niiton ruudut)		15.7.	21.7.		18.7.	28.7.
2. niitto (2 niittoa myöhäinen)		25.7.	1.8.		1.8.	11.8.
Lannoitus 3. sadolle		18.7.	29.7.		18.7.	29.7.
3. niitto (3 niittoa aikainen)		3.9.	3.9.		3.9.	4.9.
3. niitto (3 niittoa myöhäinen)		24.9.	22.9.		30.9.	1.10.
Kehikönäytteet odelmasta		1.10.	8.10.		10.10.	6.10.
Ojennettu korkeus odelmasta	15.10.	2.10.	7.10.		10.10.	6.10.
Syystiheys	3.10.	30.9.	22.10.	9.10.	15.10.	

*Suojaviljan niitto

4.3.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

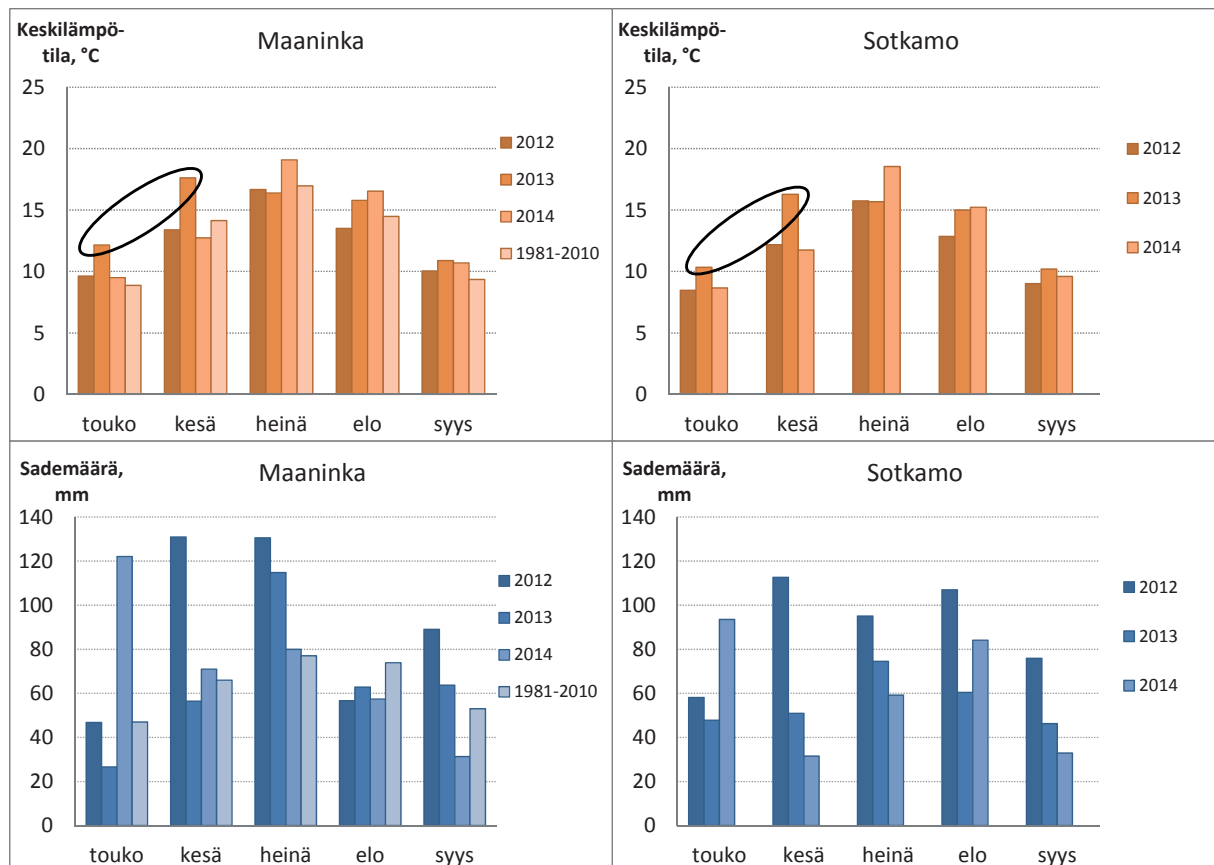
Koevuosien sää

Vuosi 2012 oli keskilämpötiloiltaan varsin tavanomainen, mutta keskimääräistä sateisempi (Kuva 2). Maaningalla satoi normaalia enemmän kesä-, heinä- ja syyskuussa, Sotkamossa myös elokuu oli varsin sateinen. Kasvukauden aikana kertynyt lämpösumma oli samaa tasoa pitkän ajan keskiarvon kanssa, mutta sademäärät olivat selkeästi suurempia. Maaningalla touko-syyskuun välisenä aikana pitkän aikavälin (1981–2010) keskimääräinen sadesumma on 317 mm, kun vuonna 2012 vastaavana aikana satoi 454 mm. Sotkamon asemalta ei ole saatavissa pitkän aikavälin havaintoaineistoa.

Vuosi 2013 oli sääolosuhteiltaan varsin poikkeuksellinen. Kevät ja alkukesä olivat selvästi keskimääräistä lämpimämpiä, esimerkiksi kesäkuussa Maaningalla kuukauden keskilämpötila oli 3,5 astet-

ta keskimääräistä korkeampi. Lämpö joudutti nurmen vanhenemista ja ensimmäiset niitot tehtiin jo kesäkuun alkupuolella (Kuva 4). Heinäkuussa satoi varsinkin Maaningalla keskimääräistä enemmän ja myös syksy oli keskimääräistä lämpimämpi. Olot nurmen jälkikasvulle olivat suotuisat ja pohjoisemmassakin Suomessa siirryttiin monella tilalla kolmen korjuun taktiikkaan. Maaningalla lokakuun loppuun mennessä lämpösummaa oli kertynyt 1513 °C vrk, mikä on 263 °C vrk enemmän kuin pitkän ajan keskiarvo.

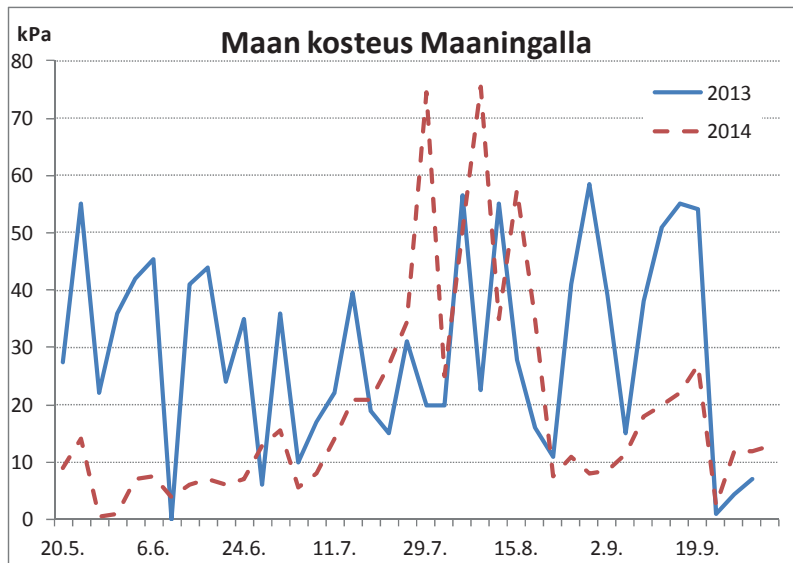
Myös vuosi 2014 oli sääolosuhteiltaan poikkeava, mutta eri tavalla kuin vuosi 2013. Alkukevät oli lämmin, mutta sää viileni kesäkuussa pitkäksi aikaa. Ensimmäinen sato korjattiin normaalia aiemmin, mutta ei yhtä aikaisin kuin vuonna 2013. Maaningalla yölämpötila maanpinnassa kävi pakkasen puolella 20.6. ja 21.6. eli pian ensimmäisten niittojen jälkeen. Juuri kasvuun lähteneellä nurminadalla havaittiin hallavaurioita. Myös Sotkamossa lämpötila kävi pakkasen puolella yhtenä yönä (13.6.) mutta ensimmäinen sato oli tällöin vielä niittämättä. Heinäkuu oli keskimääräistä lämpimämpi ja edelliseksi verrattuna kuiva. Syksy oli lämmin kuten edellisenäkin vuonna ja suotuisa kolmannen sadon kasvulle. Lämpösummaa oli Maaningalla lokakuun loppuun mennessä kertynyt 1402 °C vrk.



Kuva 2. Kuukausien keskilämpötilat ja sademäärät Maaningalla ja Sotkamossa vuosina 2012–2014 sekä pitkän ajan keskiarvo Maaningalta. Sotkamon sääasemalle ei voitu laskea pitkän ajan 1981–2010 keskiarvoa.

Maan kosteus

Maaningalla mitattiin maan kosteutta kahden kokeelle asetetun tensiometrin avulla. Kuvassa 3 esitetään keskiarvot näistä kosteusmittauksista. Korkeampi lukema tarkoittaa kuivempaa maata. Vuonna 2013 maan kosteudessa ei ole näkyvissä selkeitä erittäin märkiä tai erittäin kuivia jaksoja. Vuoden 2014 erittäin sateinen kevät näkyy maan kosteudessa yllättävän kauan, mitä osaltaan selittänee kesäkuun viileys. Kuivimmillaan maa on käynyt vuonna 2014 heinäkuun lopulla ja elokuun alkupuolella.



Kuva 3. Maan kosteus koalueella Maaningalla 20 cm syvyydessä. kPa = kilopascal. Suurempi alipainelukema tarkoittaa kuivempaa maata.

Seossuhde

Timotei-nurminataseokset kylvettiin samoilla seossuhteilla molemmille paikkakunnille (14 kg/ha timoteita, 6 kg/ha nurminataa). Samasta lähtötilanteesta huolimatta seossuhde niittohetkellä oli Maaningalla ja Sotkamossa aivan erilainen. Taulukossa 5 esitetään timotein osuuden niitokohtaiset keskiarvot ja vaihteluvälit koejäsenten välillä. Maaningalla timotei oli valtalaji vuoden 2013 kolmatta satoa lukuun ottamatta. Timotein suurta osuutta vuoden 2014 jälkisadoissa selittänee pian ensimmäisen niiton jälkeen olleet hallayöt, joista nurminata selvästi kärsi timoteita enemmän. Sotkamossa kasvusto oli koko ajan natavaltainen, varsinkin toisena koevuonna timotein määrä oli vähäinen myös ensimmäisessä sadossa. Kokeen perustamisvuonna suojavilja kasvoi Sotkamossa heikosti liiallisen märkyyden vuoksi, mutta molemmilla paikkakunnilla nurmik kasvustot arvioitiin lähes täystiheiksi syksyllä 2012. Timotein ja nurminadan välisestä suhteesta syksyllä 2012 ei tehty havaintoja, joten timotein mahdollisesta huonommasta kasvuun lähdöstä Sotkamossa jo perustamisvaiheessa ei ole tietoa.

Koejäsenten välillä ei pääosin havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja timotein osuudessa muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Sotkamossa vuoden 2013 toisessa sadossa seosajankohtayhdysvaikutus oli merkitsevä. Grindstad-Inkerillä timotein osuus kasvustossa nousi niittoa myöhästyttäessä, mutta muilla seoksilla se laski. Maaningalla vuoden 2014 ensimmäisessä sadossa niitoker-tajankohta –yhdysvaikutus sekä kolmen termin yhdysvaikutus olivat merkitseviä. Timotein osuus oli pienin kahden korjuun strategialla, jossa toinen niitto oli tehty aikaisin. Tämä ilmiö oli voimakkain Rubinia-Valtteri-seoksessa, kun taas Grindstadin ja Tuuren osuus seoksessa vaihteli vähemmän. Toisessa sadossa vuonna 2014 Maaningalla korjuun myöhästyttäminen nosti timotein osuutta tilastollisesti merkitsevästi (75 % →84 %). Näytteiden välinen hajonta oli suurta.

Rikkakasvien määrä kasvustossa oli vähäinen, vaikka rikkakasvitorjuntaa ei nurmivuosina tehty. Maaningalla rikkakasvien osuus oli alle prosentin muulloin paitsi vuoden 2014 kolmannessa niitossa, jolloin niitä oli keskimäärin 4 %. Sotkamossa rikkakasveja oli muutama prosentti.

Taulukko 5. Timotein osuus niittohetken kasvustosta (%). Koejäsenten keskiarvo sekä vaihteluväli.

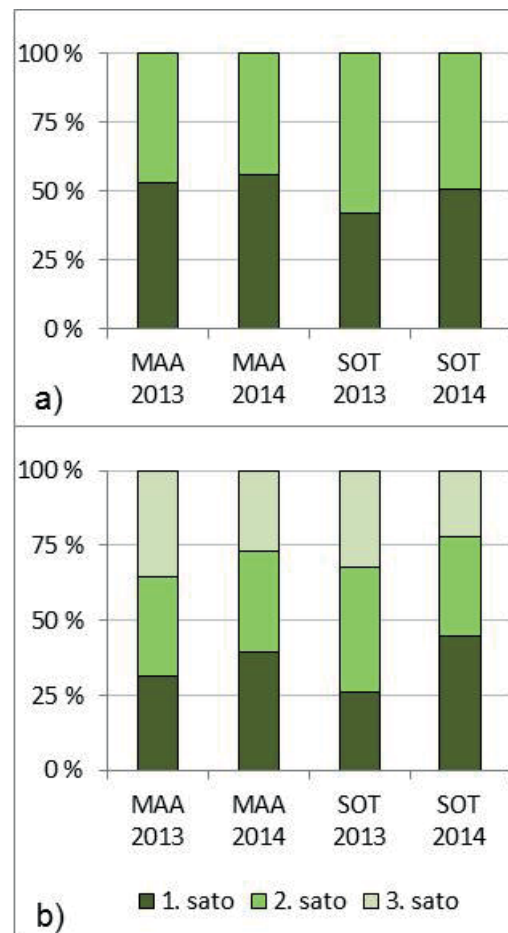
	Maaninka		Sotkamo	
	2013	2014	2013	2014
1. sato	80 [71–89]	68 [53–82]	48 [32–62]	16 [9–25]
2. sato	67 [53–79]	77 [59–92]	31 [8–50]	19 [4–32]
3. sato	44 [31–58]	76 [59–85]	8 [2–14]	13 [9–18]



Kuva 4. Vuonna 2013 kevät oli aikainen. Maaningalla 4.6. otetussa kuvassa Grindstadin ja Inkerin tähkät ja röyhyt ovat jo näkyvissä. Kuva: Maarit Hyrkäs.

Kaksi vai kolme niittoa?

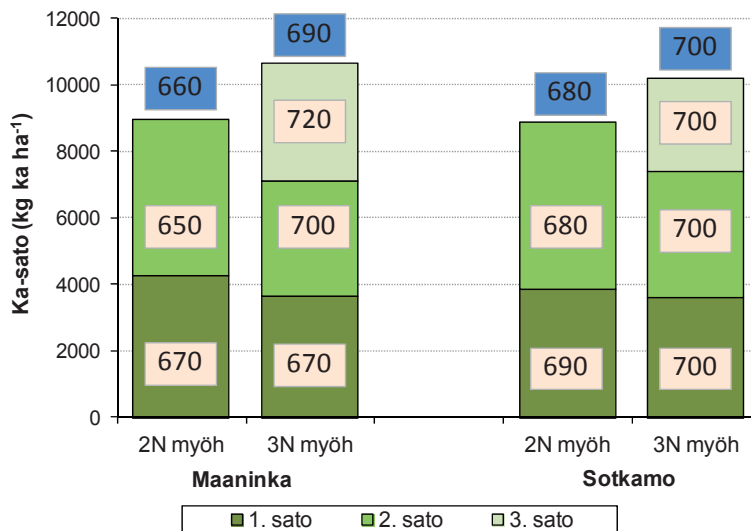
Molempien koevuosien kasvukaudet olivat sääolosuhteiltaan pitkän ajan keskiarvosta poikkeavia. Molemmat vuodet olivat suotuisia kolmen niiton strategialle, joka tuottikin tilastollisesti merkitsevästi korkeamman sadon kuin kahden niiton strategia sekä kuiva-aineena että muuntokelpoisena energiana mitattuna (Taulukot 7–10). Kuvassa 5 esitetään sadon jakauma eri niittojen kesken kahden ja kolmen korjuun strategioilla. Kahdella korjuulla noin puolet kokonaissadosta saatiin toisesta niitosta. Kolmella korjuulla ykkössadon osuus saattoi olla vain 25 % (Sotkamo 2013) tai lähes 50 %. Vuonna 2013 Sotkamossa sadonlisä, joka on tullut kolmesta lisäkasvupäivästä sekä 10 lisäkiloista tyypeä (kaksi niittoa vs. kolme niittoa 1. sadossa) on merkittävä (840 kg ka/ha; Taulukko 8). Kevätlannoituksen ja ensimmäisen niiton välinen aika jäi varsin lyhyeksi, kun nopeasti laskenut sulavuus pakotti niittämään ensimmäisen sadon normaalia aiemmin. Virallisissa lajikekokeissa, joissa nati niitetään yleensä kolme kertaa ja timotei kaksi tai kolme kertaa kesästä riippuen, ensimmäisen sadon osuus on ollut keskimäärin 48 % timoteilla ja 42 % nurminadalla (Laine ym. 2015). Tässä kokeessa ensimmäisen sadon osuus kolmen niiton strategiassa jäi virallisia lajikekokeita pienemmäksi. Aikaisin tehdyllä kevätlannoituksella on havaittu olevan selkeä positiivinen vaikutus ensimmäisen sadon satotasoon (Hakkola 1991; Toivakka 2016). Myös toisessa ja kolmannessa sadossa on havaittu nopean niiton jälkeisen lannoituksen nostavan keskimääräistä kasvunopeutta (Toivakka 2012). Tässä kokeessa lannoitusväli



Kuva 5. Kuiva-ainesadon jakautuminen eri niittojen kesken a) kahden ja b) kolmen korjuun strategioilla eri vuosina eri paikkakunnilla. Kuvassa myöhäisen ja aikaisen toisen korjuun sekä lajike-seosten keskiarvot.

vaihteli niiton jälkeen samana päivänä tehdystä lannoituksesta 8 päivän kuluttua tehtyyn (kolmen korjuun strategiassa keskimäärin 6 pv toiselle sadolle ja 3 pv kolmannelle sadolle, kahden korjuun strategiassa keskimäärin 4 pv toiselle sadolle). Onkin mahdollista, että satotasot olisivat olleet vielä korkeammat, jos niiton ja lannoituksen välinen aika olisi ollut pienempi.

Kuvassa 6 vertaillaan koejäseniä ”2N myöh” ja ”3N myöh”. Kolmen korjuun strategialla kaikki sadot ovat sulavia, mutta kahden korjuun taktiikassa varsinkin toisen sadon D-arvo saattaa helposti laskea liian alas, jos niittoa viivästytetään liikaa niiton jälkeen kasvavan, talveksi peltoon jäävän odelman välttämiseksi. Tässä kokeessa kolmen korjuun strategia oli myös sadon määrän suhteen parempi, mutta näin ei ole aina, jos sääolosuhteet syksyllä eivät ole suotuisat (esim. Hyttinen 2013).



Kuva 6. Kahden ja kolmen niiton strategian välinen vertailu, kun viimeinen niitto on tehty myöhään. Kahden koevuoden keskiarvot.

Lajikevalintojen vaikutus

Kokeessa käytettiin lajikesekoiksi, jotka saatiin Boreal Kasvinjalostus Oy:ltä. Taustatiedoiksi taulukossa 6 esitetään näiden lajikkeiden väliset erot sadossa ja D-arvossa vuosina 2006–2013 toteutetuissa virallisissa lajikekokeissa (Laine ym. 2014). Grindstad tunnetaan aikaisena, erittäin hyvän jälkikasvun timoteilajikkeena, joka menestyy koko maassa. Se soveltuu hyvin kolme kertaa niitettäväksi, ja tuottaa helposti sulavuudeltaan matalaa rehua, jos korjuuta viivästytetään (Niskanen ym. 2014). Tuure puolestaan on timotei, jonka sulavuus säilyy korkeana selvästi Grindstadiä pidempään sekä ensimmäisessä että toisessa sadossa. Ensimmäisessä sadossa sen satotaso on ollut Grindstadin veroinen, mutta jälkisadoissa se jää heikommaksi (Taulukko 6). Rubinia on uusi Grindstad-tyyppinen lajike, joka on hyväksytty lajikeluetteloon vuonna 2012 (Suomen kasvilajiketiedote 2013), eikä sen siementä ollut vielä kokeen toteutuksen aikaan myynnissä. Se on lajikekokeissa yltänyt Grindstadin satotasoon myös jälkisadoissa ja osoittautunut sitä sulavammaksi toisessa sadossa (Taulukko 6).

Nurminatojen satotasojta verrataan virallisissa lajikekokeissa Kasperiin. Taulukosta 6 nähdään, että Ilmarin ensimmäinen sato on lähes merkitsevästi matalampi kuin Kasperin ($p < 0,10$) ja siten myös matalampi kuin Inkerin. Kokonaissadossa suurin ero on Ilmarin ja Valtterin välillä, mutta tätä ei ole testattu tilastollisesti. Kaikki natalajikkeet ovat olleet hyvin sulavia sekä ensimmäisessä että toisessa sadossa. Selkein ero tässä kokeessa käytettyjen lajikkeiden välillä on toisen sadon sulavuudessa, jossa Inkeri on sulavuudeltaan muita kahta heikompi (Taulukko 6).

Tässä kokeessa hyvän jälkikasvun sekä heikoimman sulavuuden lajikkeet Grindstad ja Inkeri yhdistettiin samaan seokseen, samoin satotasoltaan heikoimmat Tuure ja Ilmari. Tuuren korkean sulavuuden oletettiin olevan tämän seoksen etu kahden korjuun strategiassa. Uudet, vasta vähän aikaa lajikeluettelossa olleet Rubinia ja Valtteri muodostivat kolmannen seoksen, joka osui ominaisuuksiltaan kah-

den muun seoksen väliin. Kokeen tarkoituksena ei ollut verrata yksittäisten lajikkeiden paremmuutta toisiinsa nähden vaan tarkastella yleisemmin eri tyyppisten lajikkeiden soveltuvuutta eri korjuustrategioihin.

Taulukko 6. Kokeessa käytettyjen lajikkeiden lajikeluetteloon hyväksymisvuodet (Suomen kasvilajiketiedote 2013) ja virallisten lajikekokeiden sato- ja D-arvotulokset vuosilta 2006–2013 (Laine ym. 2014).

	Lajike- luetteloon	1. niiton sato	Kokonaissato	D-arvo 1. niitossa	D-arvo 2. niitossa
		% *	% *	g/kg ka	g/kg ka
Tuure	2002	100	91 ***	689 ***	691 ***
Rubinia	2012	102	99	667	669 ***
Grindstad	1994	100	100	663	654
Ilmari	1999	96 o	98	703	715
Valtteri	2010	99	102	706	718 o
Inkeri	2003	100	101	707	699 *
Kasper		100	100	702	710

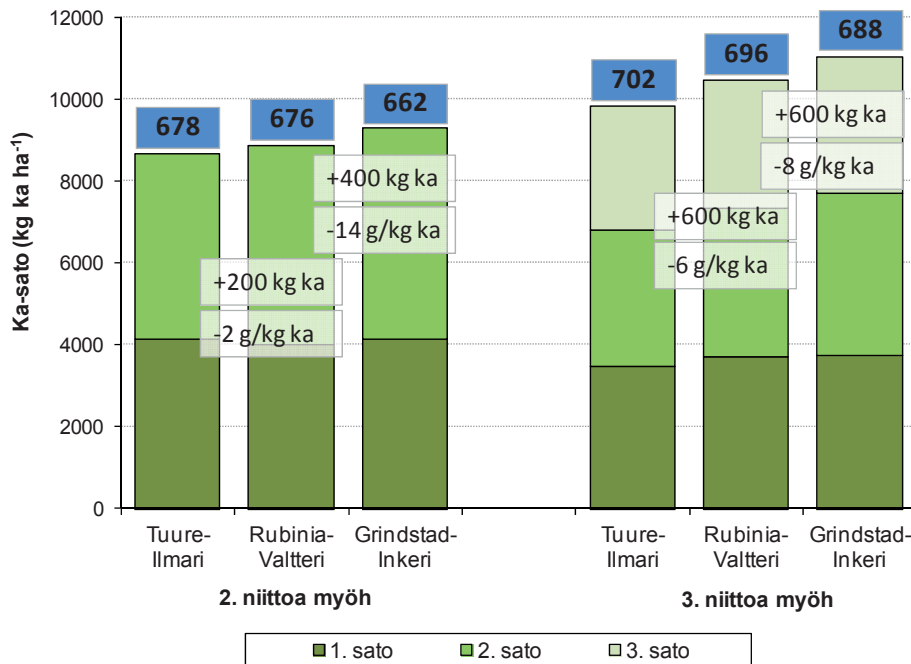
* Suhdeluku verrattuna kontrollilajikkeeseen (Grindstad ja Kasper)

o p<0,10 * p<0,05 *** p<0,001; ero kontrollilajikkeeseen

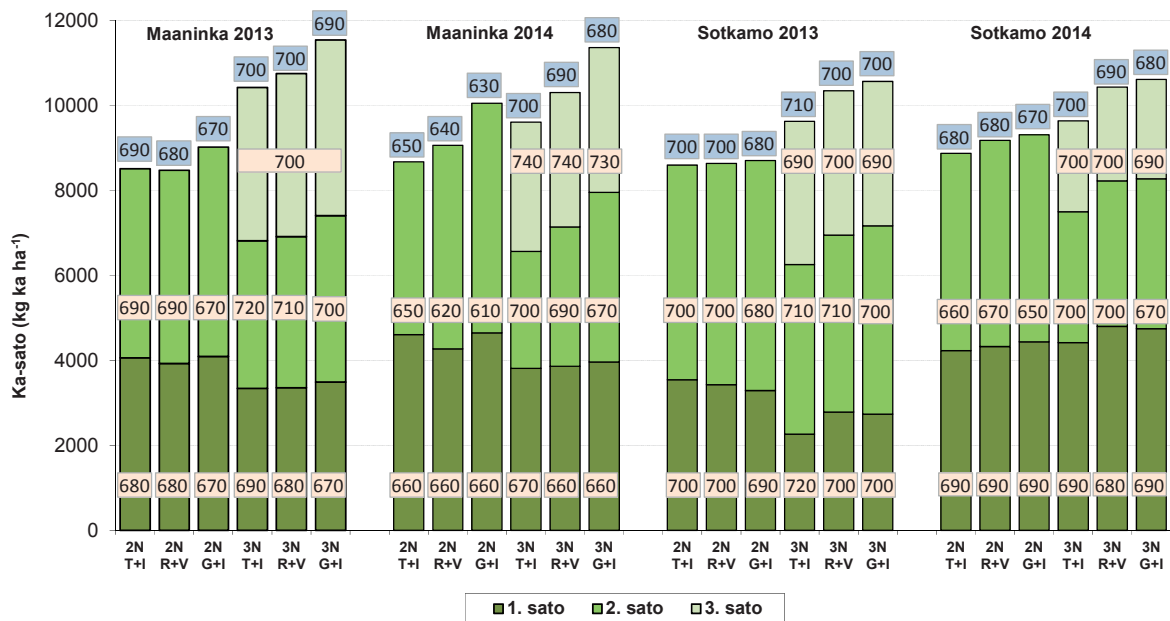
Taulukoissa 7–10 esitetään lajikeseosten väliset erot eri korjuustrategioiden keskiarvoina sekä yhdysvaikutukset korjuukertojen määrän ja viimeisen korjuun ajankohdan kanssa. Kuvissa 7 ja 8 tilannetta on yksinkertaistettu vertaamalla ainoastaan niitä korjuustrategioita, joissa viimeinen niitto on tehty myöhään. Näitä strategioita verrattaessa seosten välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero kokonaissadon D-arvossa aina ja kokonaiskuiva-ainesadoissa muulloin paitsi Sotkamossa vuonna 2013. Tällöinkin ero oli lähes merkitsevä ($p=0,052$). Tuure-Ilmari ja Rubinia-Valtteri olivat Grindstad-Inkeriä sulavampia molempina vuosina molempilla paikkakunnilla. Vuonna 2014 Maaningalla Tuure-Ilmari oli myös sulavampaa kuin Rubinia-Valtteri (675 vs. 667 g/kg ka). Sulavuusero Tuure-Ilmarin ja Grindstad-Inkerin välillä oli kahden niiton strategialla keskimäärin 16 g ja kolmen niiton strategialla 14 g (Kuva 7). Grindstad-Inkeri tuotti korkeamman kokonaiskuiva-ainesadon kuin Tuure-Ilmari Maaningalla kumpanakin vuonna ja Sotkamossa vuonna 2014. Rubinia-Valtteri osui satotasoltaan näiden kahden väliin eikä poikennut kummastakaan, paitsi Maaningalla vuonna 2014, jolloin sen sato oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin Grindstad-Inkerillä. Tuure-Ilmarin ja Grindstad-Inkerin välinen satoero oli keskimäärin 600 kg ka/ha kaksi kertaa niitettäessä ja keskimäärin 1200 kg ka/ha kolme kertaa niitettäessä.

Lajikeseosten välillä havaittiin siis samansuuntaisia eroja kuin niiden ominaisuudet lajikekokeissa antoivat olettaa. Ennakkoon oletettiin, että lajikeseos \times niittojen lukumäärä-yhdysvaikutus olisi merkitsevä. Hyvän jälkikasvun seosten Grindstad-Inkerin ja Rubinia-Valtterin olisi voinut ajatella tuottavan Tuure-Ilmaria korkeamman satotason kolmen korjuun taktiikassa, ja Tuure-Ilmarin puolestaan päihittävän sulavuudellaan muut kaksi kahden korjuun taktiikassa. Ilmiö olikin jossain määrin nähtävissä, mutta yllättävän heikkona. Sadon määrässä yhdysvaikutusermi oli merkitsevä vain Sotkamossa vuonna 2013 (Taulukko 8, $p=0,028$), mutta ilmiö oli juuri odotetun kaltainen: seosten välillä ei ollut juurikaan satotasoeroa kahden korjuun taktiikassa, mutta kolmessa korjuussa Tuure-Ilmari jäi muita noin 800 kg ka/ha heikommaksi. Samansuuntaista eroa oli nähtävissä myös vuonna 2014 (Taulukko 10; $p=0,092$). Maaningalla yhdysvaikutusermi ei ollut merkitsevä, sillä Tuure-Ilmari jäi Grindstad-Inkeriä heikommaksi myös kahden korjuun taktiikassa (Taulukot 7 ja 9). Sulavuudessa yhdysvaikutusermi oli merkitsevä vain Maaningalla toisessa sadossa vuonna 2014 (Taulukko 9, $p=0,002$). Tuure-Ilmarin sulavuus myöhäisellä toisella korjuulla oli 27 g/kg ka korkeampi kuin Rubinia-Valtterin ja 43 g/kg ka korkeampi kuin Grindstad-Inkerin. Kuvassa 8 esitetään seosten väliset erot tarkemmin paikkakunnittain ja vuosittain.

Taulukoissa 11 ja 12 esitetään kaliumin, fosforin ja kalsiumin pitoisuudet niitoittain ja vuosittain eri seoksilla ja korjuustrategioilla Maaningalla ja Sotkamossa.



Kuva 7. Lajikeseosten väliset erot kuiva-ainesadoissa ja kokonaissadon kuiva-ainesadoilla painotetussa D-arvossa, kun viimeinen niitto on tehty myöhään. Kahden vuoden ja kahden paikkakunnan keskiarvot.



Kuva 8. Seosten väliset erot kuiva-ainesadossa ja D-arvossa kahden ja kolmen niiton strategioilla, joissa viimeinen niitto on tehty myöhään. T+I = Tuure-Ilmari, R+V = Rubinia-Valtteri, G+I = Grindstad-Inkeri. Pylväiden päällä on kuiva-ainesatojen määrällä painotetut kokonaissadon D-arvot.

Taulukko 7. Kuiva-ainesato, D-arvo, energiasato (ME-sato) ja raakavalkuainen Maaningalla vuonna 2013. Kokonaisadon D-arvo ja raakavalkuainen ovat kuiva-ainesadoilla painotettuja keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi p < 0,05). SEM = keskiarvon keskirihe. Huomaa erilainen typpiannoituksen jako sekä eri korjuupäivät kahden ja kolmen korjuun koejäsenten välillä (taulukot 2 ja 4).

Niitto- kerrat	Seos	Viimeinen korjuu			Kuiva-ainesato kg ka/ha			D-arvo g/kg ka			ME-sato GJ/ha			Raakavalkuainen g/kg ka		
		1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato
2 niittoa		3980	3520	7500	676	689	681	81,7	136	154	142					
3 niittoa		3380	3580	10760	679	711	700	697	36,7	40,7	138					
SEM		65	119	195	2,0	1,8	1,1	2,12	3,0	5,7	3,3					
	Tuure-Ilmari	3640	3340 ^a	8800 ^a	684 ^b	707 ^b	702	695 ^c	39,8	37,8 ^a	40,9	98,0	138	148	91	132
	Rubinia-Valtteri	3650	3480 ^b	9010 ^{ab}	676 ^a	703 ^b	703	690 ^b	39,5	39,1 ^{ab}	42,2	99,7	137	148	91	132
	Grindstad-Inkeri	3760	3820 ^b	9580 ^b	673 ^a	690 ^b	694	683 ^a	40,4	42,1 ^b	44,5	104,8	138	140	89	129
SEM		67	124	195	1,8	2,1	3,0	1,2	0,79	1,37	2,16	2,04	3,2	5,8	2,1	3,0
2 niittoa	aik	3940	2400	6330	677	695	684	684	42,7	26,6	69,3	137	189	156		
2 niittoa	myöh.	4030	4640	8670	675	682	679	679	43,5	50,6	94,2	136	120	127		
3 niittoa	aik	3370	3500	3750	678	711	702	697	36,5	39,9	42,1	118,5	138	137	102	125
3 niittoa	myöh.	3400	3650	10910	679	712	698	697	36,9	41,5	43,1	121,5	138	135	79	116
SEM		73	128	186	2,3	2,5	2,1	1,4	0,88	1,40	2,02	2,28	3,2	5,9	1,7	3,4
2 niittoa	Tuure-Ilmari	3840	2190	6040	682	702	699	689	42,0	24,6	66,6	138	191	156		
2 niittoa	myöh.	4060	4450	8510	680	691	686	686	44,3	49,3	93,6	134	122	128		
2 niittoa	aik	4040	2370	6410	674	695	682	682	43,6	26,5	70,0	136	192	156		
2 niittoa	myöh.	3930	4540	8470	678	686	682	682	42,5	49,8	92,3	136	121	128		
2 niittoa	aik	3930	2620	6550	676	688	680	680	42,5	28,8	71,3	137	183	155		
2 niittoa	myöh.	4090	4930	9020	669	670	670	670	43,8	52,8	96,6	137	117	126		
3 niittoa	Tuure-Ilmari	3320	3240	10230	687	714	703	701	36,4	37,0	41,3	139	140	101	126	
3 niittoa	myöh.	3340	3480	10430	686	723	701	704	36,7	40,1	40,5	140	137	81	118	
3 niittoa	aik	3280	3460	10410	676	717	711	702	35,4	39,7	41,8	139	140	105	127	
3 niittoa	myöh.	3360	3560	10750	677	713	696	695	36,4	40,6	42,7	136	138	78	116	
3 niittoa	aik	3520	3810	11220	673	703	692	690	37,8	42,9	43,1	137	130	100	121	
3 niittoa	myöh.	3490	3920	11540	674	700	696	690	37,6	43,8	46,0	140	130	78	114	
Keskimäärin		3680	3550	3800	677	700	700	689	39,9	39,6	42,6	100,8	137	145	90	131
SEM		100	160	219	3,2	4,2	3,6	2,2	1,17	1,71	2,43	2,99	4,4	6,5	2,5	3,8
P-arvot																
Niittokertojen lkm		0,004	0,56	0,001	0,47	0,003	0,002	0,002	0,007	0,12	<0,001	0,57	0,009	0,008		
Seos		0,24	0,007	0,096	0,004	0,003	0,12	<0,001	0,51	0,016	0,19	0,055	0,94	0,079	0,53	0,24
Viimeisen korjuun ajankohta		0,22	<0,001	0,35	0,74	0,017	0,095	0,034	0,25	<0,001	0,46	<0,001	0,83	<0,001	<0,001	<0,001
Niittokerta*seos		0,34	0,94	0,12	0,34	0,90	0,79	0,16	0,40	0,83	0,14	0,83	0,81	0,64	0,64	0,64
Niittokerta*ajankohta		0,48	<0,001	<0,001	0,48	0,013	0,16	0,16	0,63	<0,001	<0,001	0,66	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Seos*ajankohta		0,49	0,78	0,55	0,35	0,24	0,24	0,27	0,61	0,47	0,54	0,70	0,80	0,63	0,22	0,81
Niittokerta*seos*ajankohta		0,16	0,85	0,56	0,43	0,46	0,14	0,14	0,22	0,87	0,72	0,76	0,76	0,83	0,83	0,81

Taulukko 8. Kuiva-ainesato, D-arvo, energiasato (ME-sato) ja raakavalkuainen Sotkamossa vuonna 2013. Kokonaissadon D-arvo ja raakavalkuainen ovat kuiva-ainesadoilla painotettuja keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt seokset eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi $p < 0,05$). SEM = keskiarvon keskirvirhe. Huomaa erilainen typpiannoituksen jako sekä eri korjuupäivät kahden ja kolmen korjuun koejäsenten välillä (taulukot 2 ja 4).

Niitto- kerrat	Seos	Viimeinen korjuu	Kuiva-ainesato kg/ka/ha			D-arvo g/kg/ka			ME-sato GJ/ha			Raakavalkuainen g/kg/ka		
			1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato
2 niittoa			3410	4650	8070	699	702	700	38,1	52,2	90,3	150	136	141
3 niittoa			2570	4130	3190	9900	704	710	706	28,9	46,9	36,1	111,9	102
SEM			155	122	285		3,9	2,3	1,5	1,56	1,44	3,7	1,9	1,6
Tuure-ilmari			2960	4200	3150	8730 ^a	709	709 ^b	705	33,4	47,6	35,5	98,8	165 ^b
Rubinia-Valtteri			3050	4430	3180	9070 ^{ab}	700	710 ^b	711	34,2	50,3	36,0	102,5	158 ^{ab}
Grindstad-Inkeri			2970	4550	3250	9140 ^b	696	698 ^a	704	33,0	50,7	36,6	102,0	153 ^a
SEM			120	133	152	263	4,2	2,3	3,4	1,22	1,55	1,79	2,96	3,3
alk.			3400	4080	7480	701	712	707	38,2	46,6	84,7	152	149	150
myöh.			3420	5230	8650	696	691	693	38,0	57,8	95,8	147	123	132
alk.			2550	4070	3000	9620	702	710	720	28,6	46,3	34,5	109,4	166
myöh.			2590	4200	3390	10180	706	709	693	29,3	47,6	37,6	114,5	169
SEM			161	136	136	295	4,4	2,8	2,5	1,62	1,62	1,59	3,30	4,2
alk.			3470	3990	7460	708	716	712	39,3	45,8	85,1	158	144	150
myöh.			3540	5060	8600	697	696	696	39,5	56,4	95,9	147	122	132
alk.			3390	4010	7400	699	710	705	37,8	45,7	83,5	151	147	149
myöh.			3430	5210	8640	701	699	700	38,3	58,2	96,6	153	126	136
alk.			3350	4230	7580	697	711	705	37,4	48,2	85,6	148	155	152
myöh.			3290	5420	8710	691	678	683	36,3	58,7	95,0	142	121	128
alk.			2540	3760	2930	9240	709	710	717	28,8	42,8	33,6	105,1	171
myöh.			2260	3990	3370	9630	722	714	693	26,1	45,5	37,4	109,1	184
alk.			2620	4330	2960	9900	698	718	725	29,3	49,8	34,3	113,3	162
myöh.			2780	4170	3400	10350	701	712	696	31,2	47,5	37,8	116,5	165
alk.			2490	4120	3110	9720	700	702	717	27,8	46,3	35,6	109,6	167
myöh.			2740	4430	3400	10570	696	702	691	30,4	49,7	37,7	117,8	157
Keskimäärin			2990	4390	3190	8980	701	706	706	33,5	49,5	36,1	101,1	159
SEM			181	184	176	332	6,2	4,2	4,3	1,82	2,23	2,06	3,76	5,7
P-arvot			0,031	0,009	0,007	0,019	0,31	0,097	0,019	0,025	0,016	0,006	0,041	0,12
Niittokertojen lkm			0,46	0,058	0,78	0,044	0,077	0,010	0,38	0,42	0,12	0,82	0,16	0,65
Seos			0,61	<0,001	0,004	<0,001	0,95	<0,001	<0,001	0,65	<0,001	0,025	<0,001	<0,001
Viimeisen korjuun ajankohhta			0,012	0,40	0,028	0,028	0,16	0,66	0,82	0,008	0,39	0,024	0,15	0,25
Niittokerta*seos			0,81	<0,001	0,010	0,010	0,15	<0,001	0,049	0,49	<0,001	0,022	0,19	<0,001
Niittokerta*ajankohhta			0,27	0,55	0,79	0,69	0,54	0,26	0,76	0,20	0,76	0,82	0,24	0,48
Seos*ajankohhta			0,074	0,39	0,56	0,56	0,19	0,057	0,023	0,076	0,28	0,36	0,13	0,67

Taulukko 9. Kuiva-ainesato, D-arvo, energiasato (ME-sato) ja raakavalkuainen Maaningalla vuonna 2014. Kokonaisadon D-arvo ja raakavalkuainen ovat kuiva-ainesadoilla painotettuja keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt seokset eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi $p < 0,05$). SEM = keskiarvon keskivirhe. Huomaa erilainen typpiannoituksen jako sekä eri korjuupäivät kahden ja kolmen korjuun koejäsenten välillä (taulukot 2 ja 4).

Niitto- kerrat	Seos	Viimeinen korjuu	Kuiva-ainesato kg ka/ha			D-arvo g/kg ka			ME-sato GJ/ha			Raakavalkuainen g/kg ka			
			1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok. sato	
2 niittoa			4430	3440	7870	659	661	656	46,7	35,5	82,2	134	150	138	
3 niittoa			3970	3360	2690	661	683	726	42,0	36,7	31,3	138	139	132	
SEM			88	101	198	5,0	3,2	2,6	0,92	0,95	1,86	2,6	3,1	2,0	
		Tuure-ilmari	4200	2860 ^a	2670	8390 ^a	660	688 ^c	730	676 ^b	44,3	31,0 ^a	31,2	90,9 ^a	117
		Rubinia-Vallteri	4090	3370 ^b	2660	8800 ^a	661	674 ^b	726	673 ^b	43,3	36,0 ^b	31,0	94,8 ^a	116
		Grindstad-Inkeri	4300	3980 ^c	2740	9650 ^a	660	655 ^a	723	664 ^a	45,4	41,3 ^c	31,7	102,5 ^b	117
SEM			98	105	143	208	4,3	3,1	6,7	2,5	1,02	1,00	1,44	2,05	
2 niittoa		alk.	4350	2130	6480	660	697	671	45,9	23,6	69,5	134	181	149	
2 niittoa		myöh.	4510	4750	9260	659	625	641	47,5	47,4	94,9	134	120	126	
3 niittoa		alk.	4050	3380	2180	660	681	719	42,9	36,8	25,1	104,8	141	133	
3 niittoa		myöh.	3880	3340	3200	662	685	733	41,0	36,5	37,5	115,1	137	101	
SEM			108	113	125	218	5,4	3,7	6,5	2,9	1,11	1,10	1,22	2,08	
2 niittoa		alk.	4420	1760	6180	652	718	669	46,1	19,9	66,0	130	190	147	
2 niittoa		myöh.	4610	4070	8670	655	649	652	48,2	42,1	90,4	131	130	130	
2 niittoa		alk.	4170	2070	6240	663	696	674	44,3	23,0	67,4	136	186	152	
2 niittoa		myöh.	4270	4790	9060	665	622	642	45,3	47,6	92,9	135	119	127	
2 niittoa		alk.	4450	2560	7010	664	679	669	47,3	27,8	75,0	134	169	147	
2 niittoa		myöh.	4650	5410	10060	658	606	630	49,0	52,4	101,4	135	110	122	
3 niittoa		alk.	3960	2840	2300	666	681	724	42,3	30,9	26,7	135	136	134	
3 niittoa		myöh.	3810	2760	3040	666	703	736	40,6	30,9	35,8	137	146	129	
3 niittoa		alk.	4070	3350	2160	656	693	715	42,8	37,2	24,8	139	152	144	
3 niittoa		myöh.	3860	3280	3160	661	687	736	40,8	36,2	37,3	135	139	125	
3 niittoa		alk.	4120	3960	2070	658	668	719	43,5	42,4	23,8	139	135	136	
3 niittoa		myöh.	3960	3990	3410	659	666	727	41,8	42,5	39,5	142	127	101	
Keskimäärin			4200	3400	2690	660	672	726	44,3	36,1	31,3	136	145	117	
SEM			164	152	153	292	7,0	5,5	6,9	4,4	1,66	1,56	1,55	2,86	
P-arvot															
Niittokertojen lkm			0,013	0,41	0,001	0,86	0,017	0,004	0,012	0,28	<0,001	0,34	0,081	0,15	
Seos			0,25	<0,001	0,81	0,92	<0,001	0,18	0,24	<0,001	0,91	0,003	0,41	0,13	
Viimeisen korjuun ajankohta			0,93	<0,001	<0,001	0,82	<0,001	<0,001	0,90	<0,001	<0,001	0,90	<0,001	<0,001	
Niittokerta*seos			0,23	0,77	0,50	0,052	0,002	0,78	0,40	0,46	0,45	0,67	0,19	0,70	
Niittokerta*ajankohta			0,067	<0,001	<0,001	0,69	<0,001	<0,001	0,061	<0,001	<0,001	0,96	<0,001	0,002	
Seos*ajankohta			0,92	0,19	0,013	0,71	0,015	0,087	0,94	0,81	0,009	0,62	0,12	0,018	
Niittokerta*seos*ajankohta			0,99	0,41	0,92	0,77	0,13	0,20	0,98	0,67	0,74	0,87	0,33	0,66	

Taulukko 10. Kuiva-ainesato, D-arvo, energiasato (ME-sato) ja raakavalukuainen Sotkamosa vuonna 2014. Kokonaisadon D-arvo ja raakavalukuainen ovat kuiva-ainesadoilla painotettuja keskiarvoja. Eri kirjaimilla merkityt seokset eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi $p < 0,05$). SEM = keskiarvon keskirvirhe. Huomaa erilainen typpilannoituksen jako sekä eri korjuupäivät kahden ja kolmen korjuun koejäsenten välillä (taulukot 2 ja 4).

Niitto- kerrat	Seos	Viimeinen korjuu	Kuiva-ainesato kg ka/ha			D-arvo g/kg ka			ME-sato GJ/ha			Raakavalukuainen g/kg ka				
			1. sato	2. sato	3. sato	Kok.sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok.sato	1. sato	2. sato	3. sato	Kok.sato		
2 niittoa			4350	4120	8460	693	682	687	48,2	44,7	92,9	138	142	139		
3 niittoa			4520	3380	2190	10090	688	693	705	693	49,8	37,4	24,7	111,9	134	132
SEM			168	129	326	5,0	3,1	2,8	1,60	1,57	3,59	4,8	2,0	2,7		
			4250	3590 ^a	2130	8910	695	696 ^b	702	695 ^b	47,3	39,8	23,9	99,1	135	138
			4530	3790 ^{ab}	2200	9420	690	696 ^b	710	693 ^b	49,9	42,0	25,0	104,4	131	134
			4520	3870 ^b	2250	9510	687	672 ^a	703	681 ^a	49,7	41,4	25,2	103,7	133	135
SEM			178	136	166	324	5,1	3,2	3,2	2,8	1,72	1,64	1,80	3,58	5,1	2,2
			4360	3440	7800	695	706	699	48,4	38,9	87,3	139	165	150		
			4330	4790	9120	692	659	675	48,0	50,5	98,5	138	120	128		
			4390	3410	2160	9950	691	696	710	696	48,5	37,8	24,5	110,8	128	136
			4650	3350	2230	10230	685	692	700	690	51,0	37,1	24,9	113,0	126	143
SEM			182	136	162	340	5,5	3,5	2,5	3,2	1,77	1,65	1,76	3,76	5,0	2,3
			4310	3440	7760	702	715	707	48,4	39,4	87,8	144	163	152		
			4230	4640	8870	695	663	678	47,0	49,3	96,3	138	122	129		
			4350	3450	7800	698	711	704	48,5	39,2	87,7	140	165	151		
			4330	4850	9180	694	667	680	48,0	51,9	99,9	136	119	127		
			4420	3440	7850	695	692	687	48,2	38,1	86,3	132	167	147		
			4440	4880	9310	688	647	666	48,9	50,4	99,2	141	119	129		
			4050	3190	2120	9360	695	704	701	699	45,0	36,0	23,8	104,8	130	140
			4420	3080	2140	9640	690	702	703	696	48,8	34,7	24,0	107,4	128	147
			4650	3410	2190	10250	689	702	716	699	51,2	38,3	25,1	114,6	124	136
			4800	3430	2210	10440	678	703	705	691	52,0	38,6	24,9	115,4	122	143
			4470	3620	2160	10260	688	678	713	689	49,2	39,2	24,6	112,9	130	132
			4750	3530	2340	10620	689	671	693	683	52,4	38,0	25,9	116,2	129	138
Keskimäärin			4430	3750	2190	9280	691	688	705	690	49,0	41,1	24,7	102,4	133	141
SEM			244	161	177	400	7,4	5,0	3,9	4,4	2,49	1,94	1,91	4,43	6,1	3,5
P-arvot																
Niitokertojen lkm			0,43	0,001	0,009	0,29	0,032	0,130	0,48	0,002	0,007	0,015	0,32	0,021		
Seos			0,34	0,050	0,44	0,23	<0,001	0,16	0,42	0,16	0,36	0,51	0,45	0,96		
Viimeisen korjuun ajankohta			0,23	<0,001	0,35	0,26	<0,001	0,005	0,32	<0,001	0,57	0,64	<0,001	<0,001		
Niitokerä/seos			0,22	0,092	0,092	0,24	0,30	0,49	0,27	0,15	0,092	0,37	0,11	0,77		
Niitokerä*ajankohta			0,14	<0,001	0,001	0,66	<0,001	<0,001	0,17	<0,001	0,008	0,81	<0,001	<0,001		
Seos*ajankohta			0,93	0,51	0,60	0,82	0,50	0,68	0,79	0,45	0,71	0,32	0,72	0,67		
Niitokerä*seos*ajankohta			0,83	0,73	0,86	0,86	0,69	0,55	0,74	0,80	0,77	0,42	0,77	0,76		

Taulukko 11. Kaliumin, fosforin ja kalsiumin pitoisuudet kasvustossa Maaningalla.

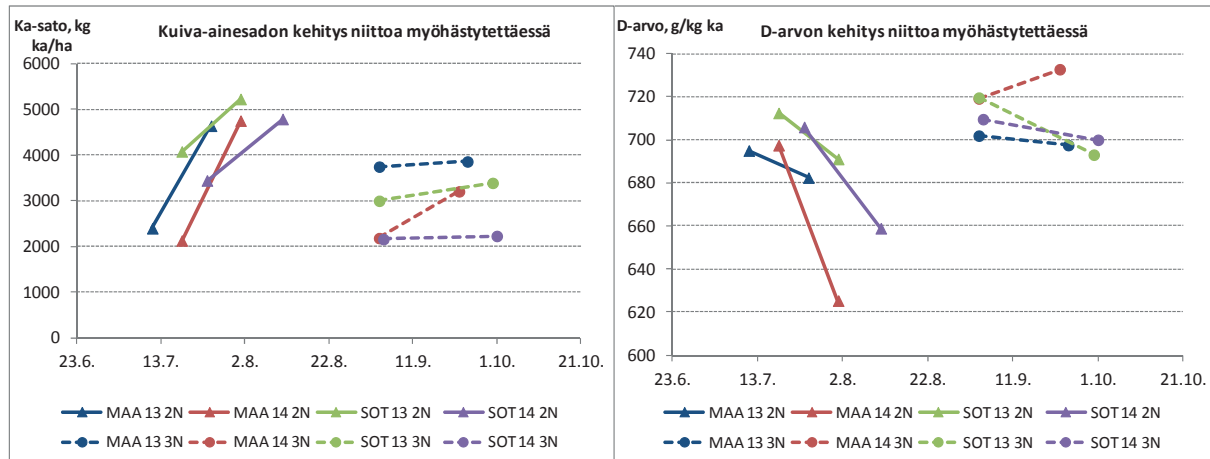
Niitto- kerrat	Seos	Viimeinen korjuu	2013									2014								
			K			P			Ca			K			P			Ca		
			1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato
2 niittoa			31	32		3,2	3,4		2,6	3,2		29	31		3,1	3,0		1,8	2,4	
3 niittoa			33	31	25	3,3	3,3	2,7	2,5	3,0	3,5	29	31	26	3,0	3,1	2,9	1,8	2,5	3,2
SEM			0,3	0,3		0,04	0,11		0,05	0,06		0,6	0,6		0,06	0,04		0,07	0,06	
		Tuure-Ilmari	32	32	26	3,3	3,4	2,8	2,5	3,1	3,6	29	31 ^b	26	3,0	3,1 ^b	2,9	1,8	2,5	3,2
		Rubinia-Valtteri	32	32	25	3,2	3,4	2,7	2,6	3,1	3,6	29	32 ^b	26	3,1	3,1 ^b	2,9	1,9	2,4	3,2
		Grindstad-Inkeri	32	31	24	3,3	3,4	2,6	2,7	3,1	3,4	30	29 ^a	25	3,1	2,9 ^a	3,0	1,8	2,4	3,2
SEM			0,4	0,4	0,7	0,05	0,10	0,07	0,06	0,08	0,15	0,7	0,6	0,8	0,08	0,03	0,07	0,07	0,06	0,13
2 niittoa		alk.	31	33		3,2	3,7		2,7	3,3		30	34		3,1	3,3		1,8	2,2	
2 niittoa		myöh.	31	30		3,1	3,1		2,6	3,0		29	27		3,0	2,7		1,8	2,6	
3 niittoa		alk.	33	31	28	3,3	3,2	2,8	2,6	3,0	3,1	29	31	28	3,1	3,1	3,2	1,8	2,4	3,3
3 niittoa		myöh.	33	32	23	3,4	3,4	2,6	2,5	3,1	4,0	29	31	23	3,0	3,1	2,6	1,8	2,5	3,1
SEM			0,3	0,4	0,7	0,05	0,12	0,1	0,08	0,08	0,1	0,7	0,6	0,6	0,07	0,04	0,05	0,08	0,07	0,12
2 niittoa		alk.	32	34		3,2	3,8		2,5	3,4		30	34		3,1	3,3		2,1	2,2	
2 niittoa		myöh.	31	30		3,2	3,1		2,6	2,9		29	30		3,0	2,9		1,8	2,7	
2 niittoa		alk.	31	33		3,2	3,7		2,7	3,4		30	35		3,0	3,4		1,7	2,3	
2 niittoa		myöh.	31	31		3,1	3,3		2,7	3,1		29	28		3,1	2,7		1,8	2,5	
2 niittoa		alk.	31	33		3,2	3,7		2,8	3,2		30	33		3,1	3,3		1,8	2,2	
2 niittoa		myöh.	31	29		3,1	3,0		2,5	3,0		29	24		3,1	2,5		1,8	2,6	
3 niittoa		alk.	33	31	28	3,3	3,3	2,9	2,4	3,0	3,2	29	30	28	3,0	3,0	3,2	1,7	2,4	3,3
3 niittoa		myöh.	33	32	24	3,3	3,4	2,7	2,6	3,1	3,9	29	32	24	2,9	3,2	2,7	1,6	2,6	3,2
3 niittoa		alk.	32	31	29	3,2	3,2	2,9	2,5	2,9	3,0	29	33	29	3,2	3,2	3,3	1,9	2,4	3,2
3 niittoa		myöh.	33	33	22	3,4	3,4	2,6	2,4	2,9	4,1	29	32	23	3,0	3,2	2,5	2,0	2,5	3,1
3 niittoa		alk.	33	30	27	3,3	3,3	2,8	2,8	3,0	3,0	29	31	27	3,1	3,0	3,2	1,8	2,5	3,5
3 niittoa		myöh.	33	31	22	3,4	3,5	2,5	2,6	3,2	3,9	30	29	23	3,2	3,0	2,7	1,9	2,5	2,9
Keskimäärin			32	31	25	3,2	3,4	2,7	2,6	3,1	3,5	29	31	26	3,0	3,0	2,9	1,8	2,4	3,2
SEM			0,5	0,8	0,9	0,07	0,16	0,09	0,13	0,14	0,20	1,0	0,7	0,8	0,12	0,06	0,08	0,12	0,11	0,15
P-arvot			0,005	0,54		0,031	0,60		0,25	0,18		0,94	0,31		0,84	0,25		0,94	0,41	
Niittokertojen lkm			0,37	0,19	0,080	0,60	0,86	0,28	0,46	0,97	0,79	0,86	<0,001	0,35	0,63	0,004	0,88	0,65	0,67	0,82
Seos			0,52	0,093	<0,001	0,60	0,012	0,003	0,58	0,21	<0,001	0,57	<0,001	<0,001	0,42	<0,001	<0,001	0,88	<0,001	0,023
Viimeisen korjuun ajankohta			0,68	0,98		0,69	0,63		0,32	0,082		0,75	<0,001	<0,001	0,63	0,039		0,004	0,87	
Niittokerta*seos			0,37	<0,001		0,025	<0,001		0,82	0,007		0,30	<0,001	<0,001	1,00	<0,001		0,53	0,016	
Niittokerta*ajankohta			0,29	0,41	0,17	0,80	0,63	0,98	0,15	0,71	0,50	0,94	<0,001	0,016	0,68	0,002	0,030	0,10	0,55	0,061
Seos*ajankohta			0,84	0,72		0,35	0,78		0,86	0,64		0,97	0,28		0,49	0,77		0,66	0,61	

Taulukko 12. Kaliumin, fosforin ja kalsiumin pitoisuudet kasvustossa Sotkamossa. Ensimmäisen sadon tulokset vuodelta 2014 puuttuvat.

Niitto- kerrat	Viimeinen korjuu	2013						2014									
		K		P		Ca		K		P		Ca					
		1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	1. sato	2. sato	3. sato	2. sato	3. sato	2. sato	3. sato			
2 niittoa		24	23	22	3,2	3,3	3,5	4,7	6,8	7,5	23	22	22	3,5 ^b	3,9	6,6	6,5
3 niittoa		26	23	22	3,3	3,3	3,3	4,7	7,3	7,3	25	22	22	3,2 ^{ab}	3,7	6,9	6,7
SEM		0,7	0,6	1,3	0,04	0,06	0,11	0,09	0,18	0,32	0,5	0,7	1,3	0,04	0,07	0,20	
	Tuure-Ilmari	26	23	22	3,3 ^b	3,3	3,5	4,7	6,8	7,5	26	24	24	3,7	3,9	6,6	6,5
	Rubinia-Valtteri	25	22	22	3,2 ^{ab}	3,3	3,3	4,7	7,3	7,3	24	22	22	3,2	3,7	6,9	6,7
	Grindstad-Inkeri	25	23	22	3,2 ^a	3,3	3,3	4,6	6,5	6,9	26	23	23	3,3 ^a	3,8	6,3	6,4
SEM		0,5	0,7	1,3	0,04	0,07	0,11	0,09	0,18	0,32	0,4	1,0	1,0	0,05	0,14	0,23	0,13
2 niittoa	aik.	24	24		3,2	3,4		4,5	6,9		26	26	26	3,7		6,4	
2 niittoa	myöh.	24	22		3,2	3,2		4,8	7,0		20	20	20	3,2		6,7	
3 niittoa	aik.	26	23	23	3,2	3,3	3,5	4,7	6,9	6,9	19	24	24	3,3	4,0	6,7	6,2
3 niittoa	myöh.	26	23	20	3,3	3,3	3,3	4,7	6,6	7,6	20	20	20	3,4	3,6	6,7	6,9
SEM		0,7	0,7	1,2	0,05	0,07	0,1	0,10	0,22	0,31	0,7	1,0	1,0	0,12		0,11	
2 niittoa	Tuure-Ilmari	25	24		3,2	3,3		4,4	6,7		26	26	26	3,6	4,1	7,0	6,3
2 niittoa	myöh.	24	22		3,2	3,3		4,6	6,8		21	21	21	3,3	3,6	6,9	6,8
2 niittoa	Rubinia-Valtteri	24	22		3,2	3,4		4,5	7,7		24	24	24	3,8	3,9	6,6	6,4
2 niittoa	myöh.	24	22		3,2	3,2		5,1	7,5		19	19	19	3,3	3,5	6,7	7,0
2 niittoa	Grindstad-Inkeri	24	24		3,1	3,4		4,5	6,4		26	26	26	3,7	4,0	6,4	6,0
2 niittoa	myöh.	24	21		3,1	3,2		4,6	6,7		20	20	20	2,9	3,6	6,4	6,9
3 niittoa	Tuure-Ilmari	26	24	24	3,4	3,3	3,7	4,9	6,7	7,0	20	23	23	3,6	4,1	7,0	6,3
3 niittoa	myöh.	27	22	20	3,5	3,2	3,4	4,9	6,9	8,0	21	21	21	3,5	3,6	6,9	6,8
3 niittoa	Rubinia-Valtteri	25	23	23	3,1	3,3	3,5	4,5	7,2	7,1	18	23	23	3,2	3,9	6,6	6,4
3 niittoa	myöh.	25	23	20	3,3	3,3	3,2	4,8	6,7	7,6	20	19	19	3,4	3,5	6,7	7,0
3 niittoa	Grindstad-Inkeri	26	23	23	3,3	3,3	3,5	4,8	6,7	6,6	19	25	25	3,2	4,0	6,4	6,0
3 niittoa	myöh.	25	23	21	3,2	3,3	3,2	4,4	6,1	7,3	20	20	20	3,3	3,6	6,4	6,9
Keskimäärin		25	23	22	3,2	3,3	3,4	4,7	6,8	7,3	21	22	22	3,4	3,8	6,6	6,5
SEM		0,8	0,9	1,3	0,07	0,09	0,12	0,16	0,29	0,35	0,7	1,1	1,1	0,09	0,14	0,36	0,19
P-arvot																	
Niittokertojen lkm		0,21	0,35		0,11	0,84		0,43	0,40		0,005	0,005	0,005	0,24		0,64	
Seos		0,061	0,57	0,88	0,038	0,83	0,20	0,54	0,017	0,072	0,047	0,12	0,040	0,38	0,23	0,48	
Viimeisen korjuun ajankohta		0,74	0,003	<0,001	0,21	0,027	0,005	0,25	0,42	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,47	0,002	
Niittokerä*seos		0,67	0,37		0,005	0,86		0,051	0,084		0,56	0,12	0,12	0,12	0,059		
Niittokerä*ajankohta		0,23	0,028		0,14	0,10		0,12	0,16		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,45		
Seos*ajankohta		0,85	0,10	0,13	0,38	0,45	0,91	0,051	0,35	0,26	0,79	0,20	0,34	0,24	0,97	0,55	
Niittokerä*seos*ajankohta		0,45	0,35		0,19	0,62		0,73	0,27		0,48	0,48	0,035	0,035	0,95		

Viimeisen niiton myöhästyttäminen

Kahden korjuun strategiassa toista niittoa myöhästyttiin keskimäärin 15 vuorokautta, joka tarkoitti, että lämpösummaa ehti kertyä 198 °C vrk enemmän. Kolmen niiton strategiassa kolmannen sadon myöhäinen niitto tehtiin keskimäärin 24 vuorokautta myöhemmin kuin aikainen. Vaikka myöhästyttäminen oli lähes puolitoista viikkoa pidempi kuin toisessa sadossa, lämpösummaa kertyi tänä aikana selvästi vähemmän, 134 °C vrk.



Kuva 9. Kuiva-ainesadon ja D-arvon kehitys aikaisen ja myöhäisen toisen niiton ja aikaisen ja myöhäisen kolmannen niiton välisenä aikana. Luvut ovat kolmen lajikeseoksen keskiarvoja.

Toisen ja kolmannen sadon myöhästyttämisen vaikutus kuiva-ainesatoon ja D-arvoon esitetään kuvassa 9. Tässä käytetään kolmen lajikeseoksen keskiarvoja, sillä seosten välillä ei ollut merkittäviä eroja. Toisen sadon määrä kasvoi aikaisen ja myöhäisen niiton välisenä aikana keskimäärin 126 kg ka/ha/vrk, kun kolmannen sadon vastaava kasvuvauhti oli vain 19 kg ka/ha/vrk. Vuosien välillä oli selviä eroja, esimerkiksi Maaningalla vuonna 2014 kolmas sato kasvoi aikaisen kolmannen niiton jälkeen keskimäärin 54 kuiva-ainekiloa päivässä, mutta vuonna 2013 vain 5 kuiva-ainekiloa päivässä. Vuonna 2013 satotaso oli kuitenkin jo aikaisen korjuun aikaan korkea, 3750 kg ka/ha, joten kasvu ennen aikaista korjuuta on ollut hyvin paljon nopeampaa.

Toisen sadon D-arvo säilyi vuonna 2013 yllättävän korkeana sekä Maaningalla että Sotkamossa, sillä se oli vielä myöhäisemmässä toisessa niitossa yli 680 g/kg ka. Tällöin myös kahden niiton strategialla saatiin sulava kokonaissato. Vuonna 2014 Maaningalla tilanne oli täysin toisenlainen, vaikka kulunut aika ensimmäisestä niitosta oli sama kuin edellisenä vuonna. Kun D-arvo laski Maaningalla vuonna 2013 aikaisen ja myöhäisen toisen korjuun välisenä aikana vain 0,9 g/vrk, vuonna 2014 lasku oli 5,2 g/vrk (Kuva 9). Tyypillisesti ensimmäisen sadon D-arvo laskee säilörehun korjuu-aikaan 5 g/vrk (Rinne ym. 2010). Tässä kokeessa toisen sadon keskimääräinen lasku oli 2,5 g/vrk. Kolmannessa sadossa D-arvo yleensä laskee hitaasti, keskimäärin 0,5 g päivässä, mutta Maaningalla vuonna 2014 D-arvo nousi aikaisen kolmannen korjuun jälkeen 0,7 g päivässä. Tämä ei ole mitenkään epätavallista, sillä myös toisessa sadossa on havaittu aiemmin D-arvon nousua korjuuta myöhästyttäessä (esim. Rinne ym. 2002, Virkajärvi ym. 2012b). Yksi selitys tähän on jälkiversonta ja siitä seuraava uusien versojen ja uuden solukon osuuden lisääntyminen kasvustossa.

Kolmannen sadon D-arvo on yleensä korkea. Kasvustossa saattaa kuitenkin olla kuollutta solukoa, jonka voisi ajatella laskevan sulavuutta. Kuvassa 10 on myöhäisen kolmannen sadon kasvustoa Maaningalla vuonna 2014 lajiteltuina timotein ja nurminadan versoihin. Huolimatta kasvuston sisältämästä kuolleista lehdistä D-arvomääritys antoi kolmannen sadon keskimääräiseksi D-arvoksi 733 g/kg ka.



Kuva 10. Myöhäisen kolmannen niiton kasvustoa Maaningalla 22.9.2014. Seassa on myös kuolleita lehtiä, mutta D-arvo on silti korkea, keskimäärin 733 g/kg ka. Kuva: Maarit Hyrkäs.

Lajikeseosten ja niiton myöhästyttämisen välillä ei ollut juurikaan tilastollisesti merkitseviä yhdysvaikutuksia (Taulukot 7–10). Vuonna 2014 Maaningalla havaittiin, että Tuure-Ilmarin kasvunopeus kolmatta satoa myöhästyettäessä oli muita matalampi, mutta toisaalta satotaso aikaisessa kolmannessa niitossa oli korkeampi (Taulukko 9). ”2N aik”-koejäsenellä Rubinia-Valtterin kokonaissadon D-arvo oli 5 g/kg ka korkeampi kuin Tuure-Ilmarilla, mutta korjuuta myöhästyettäessä ero kääntyi Tuure-Ilmarin hyväksi. Vaikka D-arvon osalta kolmannen sadon kasvuajan pidentämiselle ei ole estettä, osoittavat kokeen tulokset raakavalkuaispitoisuuden laskevan liian alhaiselle tasolle. Matala raakavalkuainen voi viitata alhaiseen typen saantiin, mihin viittaavat myös kolmannen sadon lähelle nolaa tai negatiiviseksi jääneet typpitaseet.

Typpitaseet ja typen hyväksikäyttö

Taulukossa 13 esitetään kokonaissadossa poistuneet typpimäärät (N-sato), typen taseet sekä typen hyväksikäyttötehokkuus (N-sato/N-lann). Vaikka kolmen niiton strategialla saatiin suurempi satotaso, taloudelliselta kannalta on huomioitava myös sen vaatima korkeampi typpilannoitustaso. Kokeessa kaksi kertaa niitettävät koejäsenet saivat 200 kg N/ha ja kolme kertaa niitettävät 230 kg N/ha. Typen taseet jäivät aina positiivisiksi (4–55 kg/ha; keskimäärin 15–28 kg/ha; Taulukko 13), joten pääosin annettu typpilannoitus riitti täyttämään typen tarpeen.

Kolmen korjuun strategialla typpisadot olivat aina suuremmat. Maaningalla kolmen korjuun strategialla typpitase oli matalampi, jolloin sen typen hyväksikäyttötehokkuus oli kahden korjuun strategiaa korkeampi (0,90–0,92 vs. 0,84–0,85). Kahden korjuun strategialla aikaisin niitetty toinen sato ei ollut ehtinyt käyttää hyödykseen kaikkea typpeä, sillä niittoa myöhästyettäessä typen hyväksikäyttötehokkuus nousi selvästi. Lajikeseosten välillä ei ollut eroa vuonna 2013, mutta vuonna 2014 Grindstad-Inkerin typpisato, typpitase sekä typen hyväksikäyttötehokkuus olivat Tuure-Ilmaria korkeampia, Rubinia-Valtterin jäädessä näiden kahden väliin.

Sotkamossa tilastollisesti merkitsevää eroa typpitaseessa tai typen hyväksikäytön tehokkuudessa ei ollut korjuustrategioiden tai lajikeseosten välillä. Typen taseet olivat korkeintaan 25 kg/ha ja typen hyväksikäyttötehokkuus vähintään 0,88.

Tämän kokeen perusteella suurempiin typpimääriin panostaminen kolmen niiton strategian kohdalla osoittautui kannattavaksi. Typpi tuli hyödynnettyä tehokkaammin, kun taas liian aikainen

toinen korjuu nosti typpitasetta. Kaikki annettu typpi ei tullut silloin hyötykäyttöön, vaan jäi kasvatamaan talveksi peltoon jäävää odelmaa. Typen hyväksikäyttöä tarkastellessa on hyvä huomioida, ettei lannoitusta tehty välittömästi niiton jälkeen. Myöhemmin tehty lannoitus voi heikentää typenkäyttöä ja johtaa myös alempaan satotasoon kuin heti niiton jälkeen lannoitettaessa. Sinänsä typpitase jäi ympäristönäkökulmasta hyväksyttävälle tasolle, eli alle +60 kg/ha/v, mitä Salo ym. (2013) pitää kriittisenä raja-arvona viljoilla. Tarkasteltaessa Salon ym (2013) lannoitusmäärään perustuvaa laskennallista typpitasetta:

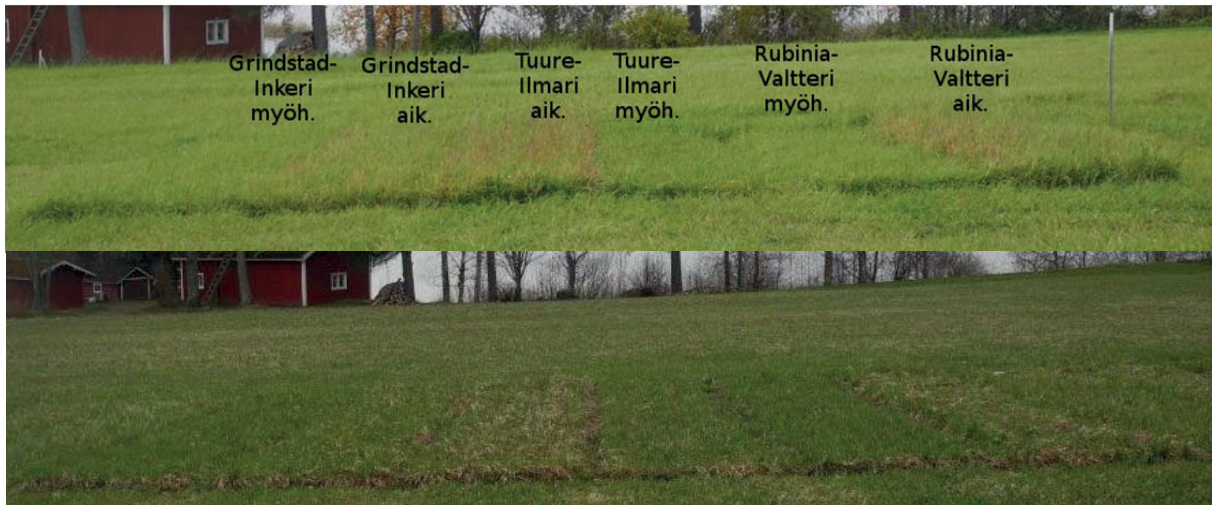
$$Y=0,0006x^2+0,2284x-41085$$

voidaan todeta, että kahden korjuun systeemissä aikaisen toisen korjuun koejäsenillä typpitase oli Maaningalla oletettua korkeampi ja Sotkamossa alhaisempi. Kolmen korjuun systeemillä typpitaseet jäivät aina alle oletetun.

Taulukko 13. Kesän kokonaissadon tyypisadot, tyypitaseet sekä typenkäytön tehokkuudet paikkakunnittain ja vuosittain. N-sato = sadon mukana poistunut tyyppi (kg/ha), N-tase = N-lann – N-sato, N-tehokkuus = N-sato/N-lann. N-lann = 200 kg N/ha kahden niiton strategioilla ja 230 kg N/ha kolmen niiton strategioilla. Eri kirjaimilla merkityt seokset eroavat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi (Tukeyn testi $p < 0,05$). SEM = keskiarvon keskivirhe.

Niitto- kerrat	Seos	Viimeinen korjuu			Maainka 2013			Maainka 2014			Sotkamo 2013			Sotkamo 2014		
		N-sato	N-tase	N-tehokkuus	N-sato	N-tase	N-tehokkuus	N-sato	N-tase	N-tehokkuus	N-sato	N-tase	N-tehokkuus	N-sato	N-tase	N-tehokkuus
2 niittoa		167	33	0,84	170	30	0,85	181	19	0,91	187	13	0,93	187	13	0,93
3 niittoa		207	23	0,90	211	19	0,92	213	17	0,93	213	17	0,93	213	17	0,93
SEM		5,7	5,7	0,027	5,6	5,6	0,026	5,0	5,0	0,023	6,6	6,6	0,030	6,6	6,6	0,030
	Tuure-Ilmari	182	33	0,85	180 ^a	35 ^b	0,83 ^a	194	21	0,90	195	20	0,91	195	20	0,91
	Rubinia-Välteri	186	29	0,86	190 ^{ab}	25 ^{ab}	0,86 ^{ab}	199	16	0,92	201	14	0,94	201	14	0,94
	Grindstad-Inkeri	193	22	0,89	202 ^b	13 ^a	0,94 ^b	199	16	0,92	204	11	0,95	204	11	0,95
SEM		6,2	6,2	0,029	5,9	5,9	0,027	5,1	5,1	0,024	6,6	6,6	0,030	6,6	6,6	0,030
2 niittoa	aik.	158	42	0,79	154	46	0,77	179	21	0,90	187	13	0,93	187	13	0,93
2 niittoa	myöh.	176	24	0,88	187	13	0,93	183	17	0,91	187	13	0,94	187	13	0,94
3 niittoa	aik.	212	18	0,92	212	18	0,92	215	15	0,93	213	17	0,93	213	17	0,93
3 niittoa	myöh.	203	27	0,88	210	20	0,91	212	18	0,92	214	16	0,93	214	16	0,93
SEM		6,1	6,1	0,029	6,1	6,1	0,028	5,3	5,3	0,024	6,8	6,8	0,031	6,8	6,8	0,031
2 niittoa	Tuure-Ilmari	151	49	0,75	145	55	0,72	179	21	0,89	188	12	0,94	188	12	0,94
2 niittoa	myöh.	174	26	0,87	180	20	0,90	182	18	0,91	183	17	0,92	183	17	0,92
2 niittoa	Rubinia-Välteri	160	40	0,80	152	48	0,76	176	24	0,88	188	12	0,94	188	12	0,94
2 niittoa	myöh.	174	26	0,87	184	16	0,92	188	12	0,94	186	14	0,93	186	14	0,93
2 niittoa	Grindstad-Inkeri	162	38	0,81	164	36	0,82	184	16	0,92	183	17	0,92	183	17	0,92
2 niittoa	myöh.	181	19	0,91	196	4	0,98	178	22	0,89	192	8	0,96	192	8	0,96
3 niittoa	Tuure-Ilmari	206	24	0,90	195	35	0,85	210	20	0,91	205	25	0,89	205	25	0,89
3 niittoa	myöh.	198	32	0,86	198	32	0,86	206	24	0,89	205	25	0,89	205	25	0,89
3 niittoa	Rubinia-Välteri	211	19	0,92	221	9	0,96	217	13	0,94	218	12	0,95	218	12	0,95
3 niittoa	myöh.	199	31	0,87	205	25	0,89	214	16	0,93	214	16	0,93	214	16	0,93
3 niittoa	Grindstad-Inkeri	218	12	0,95	221	9	0,96	217	13	0,94	218	12	0,95	218	12	0,95
3 niittoa	myöh.	211	19	0,92	227	4	0,98	216	14	0,94	222	8	0,96	222	8	0,96
Keskimmäärin		187	28	0,87	191	24	0,88	197	18	0,92	200	15	0,93	200	15	0,93
SEM		7,8	7,8	0,036	7,6	7,6	0,035	6,2	6,2	0,029	8,0	8,0	0,037	8,0	8,0	0,037
P-arvot																
Niittokertojen lkm		0,001	0,048	0,021	0,001	0,042	0,021	0,002	0,55	0,21	0,016	0,57	0,81	0,016	0,57	0,81
Seos		0,18	0,18	0,17	0,004	0,004	0,004	0,32	0,32	0,38	0,25	0,25	0,29	0,25	0,25	0,29
Viimeisen korjuun ajankohta		0,14	0,14	0,077	<0,001	<0,001	<0,001	0,99	0,99	0,91	0,87	0,87	0,86	0,87	0,87	0,86
Niittokerta*seos		0,82	0,82	0,89	0,33	0,33	0,47	0,37	0,37	0,43	0,11	0,11	0,15	0,11	0,11	0,15
Niittokerta*ajankohta		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,18	0,18	0,17	0,97	0,97	0,96	0,97	0,97	0,96
Seos*ajankohta		0,65	0,65	0,63	0,31	0,31	0,35	0,37	0,37	0,31	0,25	0,25	0,22	0,25	0,25	0,22
Niittokerta*seos*ajankohta		0,89	0,89	0,86	0,41	0,41	0,46	0,19	0,19	0,16	0,74	0,74	0,68	0,74	0,74	0,68

Odelman vaikutus seuraavan kesän satoon



Kuva 11. Toisen niiton jälkeen kasvanutta talveksi peltoon jäävää odelmaa syksyllä 8.10.2014 ja keväällä 8.5.2015 Maaningalla. Kuvat: Maarit Hyrkäs.

Ilmaston lämmitessä kasvukausi pitenee ja sen aikana kertynyt lämpösusma kasvaa (Jylhä ym. 2009). Pitkään jatkuva lämmin syksy voi tuottaa nurmenviljelijälle myös ongelmia, jos tarvetta kolmannen sadon korjaamiseen ei ole. Hyvissä ajoin tehdyn toisen sadon korjuun jälkeen lannoittamaton odelma voi ehtiä kasvaa hyvinkin korkeaksi ennen talven tuloa, varsinkin jos aiemmin kesällä levitetyn lietteen ravinteita vapautuu sen käyttöön. Lannoitettukin kolmas sato voi jäädä korjaamatta, jos syksy on kovin sateinen eikä pelto kannu korjuukalustoa. Molemmissa tapauksissa peltoon jää talveksi runsas kasvusto, jonka vaikutusta talvehtimiseen ja seuraavan kesän ensimmäiseen satoon ei kovin hyvin tunneta.

Tässä kokeessa haluttiin tutkia myös vaihtoehtoa, jossa kolmas sato jää korjaamatta. Tätä edustaa korjuustrategia "2N aik", jossa toinen sato korjattiin jo heinäkuun puolen välin aikoihin. Myös myöhäisen toisen niiton ruudut (2N myöh) ehtivät kasvaa jonkin verran odelmaa. Kasvukauden lopussa odelmamassan suuruutta mitattiin korkeusmittauksilla ruuduittain sekä kehikönäytteillä kahdelta kerranteelta. Muu osa ruuduista jätettiin niittämättä, jotta odelman vaikutus seuraavan kesän satoon saataisiin mitattua. Näin ainoastaan koejäsenellä "3N myöh" kasvusto jäi talvehtimaan niitosängän mittaisena. Yleensä korkeusmittauksilla saadaan riittävä kuva odelman määrästä, vaikka massan ja korkeuden suhde vaihtelee (Seppänen ym. 2015). Tulokset esitetään taulukossa 14.

Sotkamossa seoksella ei ollut vaikutusta odelman korkeuteen eikä odelmäsatoon. Kasvuston korkeus aikaisin niitetyillä kahden niiton ruuduilla oli keskimäärin 44 cm ja myöhään niitetyillä 40 cm. Kehikönäytemääritysten mukaan odelmaa jäi aikaisin niitetyillä peltoon noin 2100 kuiva-ainekiloa ja myöhään niitetyillä 1500 kuiva-ainekiloa. Vain vuonna 2014 myöhemmin niitettyjen odelmäsato oli tilastollisesti merkittävästi pienempi. Maaningalla vuonna 2013 Grindstad-Inkerin odelma oli matalinta (36 cm vs. 40 cm). Vuonna 2014 niittoajalla ja seoksella oli yhdysvaikutus siten, että "2N myöh" koejäsenillä Grindstad-Inkerin odelma oli korkeinta, mutta (2N aik) matalinta muihin seoksiin verrattuna. Odelmäsadoissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja seosten eikä myöskään niittoaikojen välillä suuren hajonnan vuoksi, mutta silmämääräisesti sekä myös lukuarvoisesti Tuure-Ilmarin odelmäsato oli vuonna 2014 seoksista suurin. Tätä hieman yllättävää tulosta selittänee se, että Tuure-Ilmarilla jäi enemmän lannoitetyypeä käytettäväksi odelmäsadon kasvuun sen matalamman satotason vuoksi toisessa sadossa: Maaningalla vuonna 2014 "2N myöh"-koejäsenillä Tuure-Ilmarin tyyppitase oli 19 kg korkeampi kuin Grindstad-Inkerillä (Taulukko 13).

Myös "3N aik"- koejäsenelle jäi jonkin verran odelmaa talveksi. Odelman määrää kuiva-ainekiloina ei mitattu, mutta sen keskimääräinen ojennettu korkeus oli vuonna 2013 Maaningalla 27 cm ja Sotkamossa 25 cm, ja vuonna 2014 Maaningalla 21 cm. Vuonna 2014 Sotkamossa korkeutta ei

mitattu. ”3N myöh” niitettiin kasvukauden lopussa, jolloin talveksi peltoon jäi vain noin 7 cm korkuinen sänki. Molempien korjuuaikavaihtoehtojen oletettiin talvehtivan hyvin. Talvehtimisen kannalta kriittisimpänä korjuuaikana pidetään perinteisesti kahta–kolmea viikkoa ennen kasvukauden päättymistä, eli noin syyskuun puoltaväliä (Hakkola ym. 1987).

Ensimmäisenä talvena 2013–2014 Maaningalla ei havaittu talvituhoja koealueella (talvituho keskimäärin 0,2 % koko koealueella), ja Sotkamossa koealueen keskimääräiset talvituhot olivat 5 %. Tilastollisesti merkitseviä eroja koejäsenten välillä ei ollut, mutta korkeimmat lukuarvot saivat 3N myöh Tuure-Ilmari (9%) ja 2N aik Tuure-Ilmari (7%).

Sotkamossa kesän 2014 ensimmäisessä sadossa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja sadon määrässä tai sulavuudessa. Lukuarvoisesti aivan kasvukauden lopussa tehdyn kolmannen niiton jälkeen ensimmäinen sato oli korkeampi kuin aiemmin tehdyn kolmannen niiton, joten kasvukauden lopussa tehdystä korjuusta ei ollut ainakaan haittaa. Maaningalla niittokertojen lkm × seos yhdysvaikutus D-arvolla oli lähes merkitsevä ($p = 0,052$). Tuure-Ilmarin 1. sadon D-arvo oli vuonna 2014 kolmen korjuun ruuduilla seoksista lukuarvoisesti korkein, mutta kahden korjuun ruuduilla matalin (Taulukko 9). Todennäköisesti ero johtuu kuitenkin 4 vrk:a aikaisemmasta korjuuajasta eikä odelman määrästä. Lisäksi yhden vuoden aineiston perusteella johtopäätöksiä on vaikea tehdä. Kuiva-ainesadossa kahden korjuun strategioista myöhäisellä niitolla oli lukuarvoisesti hieman korkeampi sato, mutta kolmen korjuun strategioilla aikaisella (niittokertojen lkm × niittoaika-yhdysvaikutus $p = 0,067$). Ilmiö ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta suuntaa antavasti suurempi odelma kahden korjuun taktiikalla laski hieman satoa, kun taas kolmen korjuun taktiikalla aivan kasvukauden lopussa tehty niitto laski hieman seuraavan kesän ensimmäistä satoa, toisin kuin Sotkamossa. Tämän kokeen perusteella kohtuullisen kokoisesta odelmasta ei näyttänyt olevan merkittävää haittaa talvehtimiselle tai seuraavan kesän ensimmäiselle sadolle.

Kuolleen solukon D-arvo voi olla alle 600 g/kg ka (esim. Virkajärvi ym. 2012). Odelman vaikutus seuraavan kevään sadon sulavuuteen riippuu siitä, nouseeko se mukaan rehuun vai jääkö peltoon. Maaningalla havaittiin kesällä 2014, että valtaosa odelmasta jäi peltoon koeruutuja niitettäessä. On huomioitava, että koeruutujen niittotapa poikkeaa tilojen normaalista käytännöstä, jossa rehu karhotetaan niiton jälkeen. Karhotettaessa kuolleen solukon nouseminen mukaan rehuun on todennäköistä. Myös lietteen pintalevityksessä runsaasta odelmasta voi olla haittaa, jos liete ei pääse kunnolla maakosketukseen.

Vaikka odelmasta ei olisikaan välitöntä haittaa talvehtimiselle tai seuraavan kesän kasvulle, runsaasti odelmaa tuottavan korjuustrategian suosimiseen ei liene järkeviä perusteita. Mikäli haluaa panostaa hyvään rehun sulavuuteen, korjuustrategian vaihtamista kolmen niiton taktiikkaan kannattaa harkita ainakin kesinä, jolloin ensimmäisen sadon korjuu tapahtuu normaalia aiemmin ja runsasta odelman kasvua toisen korjuun jälkeen ei voi estää. Jos kolmatta satoa ei halua korjata, odelman määrää voi koettaa hillitä valitsemalla viljelyyn pohjoisen tyyppin timoteilajikkeita, jotka aloittavat talveen valmistautumisen aikaisin syksyllä.



Kuva 12. Talveksi peltoon jäänyt odelma on painunut maan pintaan ja uusi nurmikasvusto kasvaa keväällä sen läpi. Kuva: Maarit Hyrkäs.

Taulukko 14. Syysodelman ojennettu korkeus ja määrä kuiva-ainekiloina kasvukauden lopussa kahden niiton strategioilla.

Niitto-	Seos	Viimeinen korjuu	Odelman korkeus syksyllä				Odelmasato*			
			Maaninka 2013	Maaninka 2014	Sotkamo 2013	Sotkamo 2014	Maaninka 2013	Maaninka 2014	Sotkamo 2013	Sotkamo 2014
kerrat			cm	cm	cm	cm	kg ka/ha	kg ka/ha	kg ka/ha	kg ka/ha
2 niittoa		aik.	41	37	45	43	2460	2560	2020	2150
2 niittoa		myöh.	36	29	42	38	1500	1010	1690	1310
SEM			1,1	1,3	2,1	1,2	432	499	168	97
Tuure-Ilmari			40 ^b	31	44	42	1820	2410	1630	2070
Rubinia-Valtteri			40 ^{ab}	32	44	40	2290	1680	1890	1580
Grindstad-Inkeri			36 ^a	34	42	40	1830	1270	2040	1550
SEM			1,2	1,7	2,3	1,3	500	499	168	126
2 niittoa	Tuure-Ilmari	aik.	45	37	46	46	2190	3700	1820	2500
2 niittoa	Tuure-Ilmari	myöh.	36	26	42	38	1450	1130	1450	1630
2 niittoa	Rubinia-Valtteri	aik.	41	39	46	42	3120	2510	2040	1920
2 niittoa	Rubinia-Valtteri	myöh.	38	26	43	38	1460	860	1740	1240
2 niittoa	Grindstad-Inkeri	aik.	37	34	43	42	2070	1490	2190	2030
2 niittoa	Grindstad-Inkeri	myöh.	35	34	42	39	1590	1040	1880	1070
SEM			1,5	1,9	2,5	1,6	664	705	226	167
P-arvot										
Seos			0,044	0,42	0,67	0,47	0,73	0,42	0,40	0,16
Viimeisen korjuun ajankohta			0,001	<0,001	0,038	0,001	0,15	0,074	0,16	0,007
Seos*ajankohta			0,042	<0,001	0,34	0,23	0,64	0,43	0,99	0,69

* Määritetty vain kahdelta kerranteelta.

4.3.3. Yhteenveto ja johtopäätökset

Pohjois-Savo saadaan usein kahden ja puolen korjuun alueeksi. Kaksi niittoa on lämpiminä kesinä liian vähän kasvukauden pituuteen verrattuna, mutta kolmaskaan sato ei välttämättä onnistu. Tämän kokeen molemmat hankeaikana toteutetut koevuodet 2013 ja 2014 olivat suotuisia kolmelle niitolle, ja se osoittautui kahden niiton strategiaa paremmaksi sekä sadon määrän että sulavuuden suhteen. Tuloksia tulkittaessa onkin muistettava, etteivät sääolot ole aina yhtä suotuisat. Kolmella korjuulla tuotetun kesän kokonaissadon parempi sulavuus kahteen korjuuseen verrattuna on sen sijaan todennäköistä aina. Kahden korjuun taktiikassa niittoa saatetaan helposti myöhästyttää, kun halutaan välttää suurta odelman määrää, jolloin sulavuuden lasku on todennäköinen seuraus.

Kokeessa haluttiin erilaisten korjuuaikojen lisäksi tutkia, kuinka suuri on lajikkeiden vaikutus satoon ja sulavuuteen eri korjuustrategioilla. Kaikki kokeessa mukana olevat lajikkeet olivat hyviä ja satoisia. Lajikkeiden väliset satoerot olisivat todennäköisesti olleet suuremmat, jos mukana olisi ollut jokin vanhempi pohjoisen tyyppin timoteilajike. Erot olivat sen suuntaisia, kuin lajikeominaisuuksien perusteella oletettiin, mutta yhdysvaikutus niittokertojen määrän ja lajikeseoksen välillä oli oletettua vähäisempi. Kolmen korjuun taktiikalla kaikki seokset tuottivat sulavan kokonaissadon, mutta satotasoero ääripäiden eli Tuure-Ilmarin ja Grindstad-Inkerin välillä oli keskimäärin 1200 kg ka/ha (Kuva 7). Kahden korjuun taktiikassa satotasoerot olivat vähäisempiä, mutta seosten väliset erot sulavuudessa nousivat merkittävämpään rooliin. Sotkamossa seosten natavaltaisuus pienensi hyvin todennäköisesti niiden välisiä eroja, sillä timoteilajikkeiden väliset erot sulavuudessa ovat huomattavasti suurempia kuin nurminatalajikkeiden väliset erot.

Typen taseet jäivät koevuosina aina positiivisiksi. Pääosin annettu typpilannoitus riitti siis täyttämään typen tarpeen, vaikka tase ei olekaan tarkka typen tarpeen tyydyttymisen mittari (mm. mahdolliset huuhtoumat eivät näy). Tämän kokeen perusteella suurempiin typpimääriin panostaminen kolmen niiton strategian kohdalla osoittautui kannattavaksi. Typpi tuli hyödynnettyä tehokkaammin, kun taas aikaisella toisella korjuulla osa annetusta tyyppistä ei tullut hyötykäyttöön, vaan jäi kasvattamaan talveksi peltoon jäävää odelmaa.

Lämpimät syksyt olivat myös suotuisia odelman vaikutuksen tutkimiselle, sillä talveksi saatiin jäämään suhteellisen paljon kasvimassaa. Vaikutus seuraavan kesän ensimmäiseen satoon oli yllättävänkin vähäinen. Odelman vaikutus seuraavan sadon sulavuuteen liittyy pääosin siihen, nouseeko se korjattaessa mukaan satoon vai ei. Koeruutuniittokoneella korjattaessa havaittiin, että suurin osa odelmasta jäi peltoon. Karhottaminen olisi todennäköisesti muuttanut tilannetta. Vaikka odelmasta ei olisikaan välitöntä haittaa talvehtimiselle tai seuraavan kesän kasvulle, runsaasti odelmaa tuottavan korjuustrategian suosimiseen ei liene järkeviä perusteita. Toisaalta myös odelmakasvuston puhdistusniitto voi olla hyödytöntä, ellei oma kokemus sen hyödyllisyydestä osoita päinvastaista.

4.4. Niittorytmitys ja lannoitus

4.4.1. Aineisto ja menetelmät

Kenttäkoe perustettiin MTT Maaningalle toukokuun lopussa vuonna 2012. Koe toteutettiin erikseen puhtaalle timotei- (Tenho, 25 kg/ha) ja nurminatakasvustolle (Inkeri, 30 kg/ha). Nurmi perustettiin suojaviljaan (ohra, lajike Wolmari, 350 kpl/m²). Perustamisvuonna kasvusto sai 65 kg N/ha, 8 kg P/ha ja 22 kg K/ha (Pellon Y3 23-3-8). Suojavilja korjattiin kokoviljana. Alhaisella lannoitustasolla varmistettiin nurmen onnistuminen välttämällä suojaviljan mahdollinen lako ja liian rehevä kasvusto. Nurmen tiheys arvioitiin silmämääräisesti syksyisin ja keväisin.



Koejäseniä oli viisi, ja ne erosivat korjuurytmituksen ja lannoituksen suhteen toisistaan (taulukot 15 ja 16). Alueella vallitsevan korjuu- ja lannoituskäytännön mukaisesti (ProAgrian lohkotietopankki 2010–2012), ns. ”vallitsevan käytännön” -koejäsenestä korjattiin kaksi satoa. Koejäsentä lannoitettiin vähemmän kuin ympäristötukiehdot sallivat, yhteensä noin 150 kg liukoista typpeä hehtaaria kohden vuodessa (tavoite 142 kg liuk. N /ha/v). Osa toiselle sadolle annetuista ravinteista oli peräisin lietelannasta. Lietelanta levitettiin koe-ruuduille kastelukannulla (18 t/ha). Muut neljä koejäsentä eivät saaneet lietettä ja ne niitettiin kolmen korjuun taktiikalla. Ne saivat nurmivuoden aikana yhteensä 230 kg N /ha, ja niiden toinen sato korjattiin joko aikaistetusti tai myöhästetysti (alueelle tavanomainen aika). Yleisesti tehokkaaseen nurmituotantoon suositeltua lannoituskäytäntöä (keväsadolle 100 kg N /ha, kesäsadolle 100 kg N /ha ja syysadolle 30 kg N /ha) verrattiin lannoituskäytäntöön, jossa keväsato lannoitettiin 120 kg N /ha + YaraVita Thiotrac 300–lehtilannoitus 7 l /ha, kesäsatto 70 kg N /ha ja syysatto 40 kg N /ha + YaraVita Thiotrac 300–lehtilannoitus 5 l /ha. Lehtilannoitukset tehtiin YaraVita Thiotrac 300 -tuotteella (200 g N/litra ja 300 g S/litra; sekoitettuna 200 l vettä/ha) nurmik kasvuston ollessa noin 15–20 cm korkeaa.

Vuonna 2013 ensimmäinen niitto tehtiin aikaisesta keväästä johtuen varsin aikaisin (5.6.). Vuoden 2014 ensimmäinen korjuu tehtiin 11.6. Aikaistettu toisen sadon niitto tehtiin vuonna 2013 36 päivää ja vuonna 2014 35 päivää ensimmäisen niiton jälkeen. Myöhemmin niitetty toinen sato sai kasvaa 54 päivää kumpanakin koevuotena. Aikaisen ja myöhemmin tehdyn toisen niiton välissä oli vuonna 2013 18 päivää ja vuotta myöhemmin 19 päivää. Tavoitteena oli niittää kolmas sato samaan aikaan molemmilla korjuurytmityksillä, mutta aikaisemmin niitetyn kakkossadon ruudut päätettiin niittää hieman aikaisemmin kasvuston vanhenemisen vuoksi. Taulukkoon 17 on koottu kunkin sadon kasvupäivät sekä päivien lukumäärä lannoituspäivistä sadon korjuuseen.

Taulukko 15. Korjuurytmitys- ja lannoituskokeen koejäsenet ja käsittelyt vuonna 2013.

Maaninka 2013										
Koejäsen	Niittojen lkm	Lannoitusajat			Korjuuajat			Typpilannoitus (kg N/ha/niitto)	Lannoituksen erityispiirre	
		1	2	3	1	2	3			
Vallitseva käytäntö	2	20.5.	7.6. 6.6.**		5.6.	5.8.		82+69/96***	Liete	
AIK 2. korjuu	3	20.5.	7.6.	15.7.	5.6.	11.7.	29.8.	100+100+30		
AIK 2.korjuu TC	3	20.5. 21.5.*	7.6.	15.7. 23.7.*	5.6.	11.7.	29.8.	120+70+40	YaraVita Thiotrac 300	
MYÖH 2. korjuu	3	20.5.	7.6.	30.7.	5.6.	29.7.	3.9.	100+100+30		
MYÖH 2. korjuu TC	3	20.5. 21.5.*	7.6.	30.7. 8.8.*	5.6.	29.7.	3.9.	120+70+40	YaraVita Thiotrac 300	
Maaninka 2014										
Koejäsen	Niittojen lkm	Lannoitusajat			Korjuuajat			Typpilannoitus kg N/ha/niitto)	Lannoituksen erityispiirre	
		1	2	3	1	2	3			
Vallitseva käytäntö	2	9.5.	13.6. 16.6.**		11.6.	4.8.		82+54/76***	Liete	
AIK 2. korjuu	3	9.5.	13.6.	18.7.	11.6.	16.7.	5.9.	100+100+30		
AIK 2. Korjuu TC	3	9.5./ 2.6.*	13.6.	18.7./ 1.8.*	11.6.	16.7.	5.9.	120+70+40	YaraVita Thiotrac 300	
MYÖH. 2. Korjuu	3	9.5	13.6.	13.8.	11.6.	4.8.	9.9.	100+100+30		
MYÖH 2. korjuu TC	3	9.5./ 2.6.*	13.6.	13.8./ 18.8.*	11.6.	4.8.	9.9.	120+70+40	YaraVita Thiotrac 300	

* YaraVita Thiotrac 300 ** Liete *** Liukoinen typpi/kokonaistyppe

Taulukko 16. Korjuurytmitys- ja lannoituskokeen koejäsenten lannoitus vuonna 2013 ja 2014.

Maaninka 2013																
Koejäsen	1.sato				2.sato				3.sato				Yht.			
	N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S
Vallitseva käytäntö	82 ²⁾	0	3	12	69/96* ^{6,7)}	15	79	11					151/ 178*	15	82	23
AIK 2. korjuu	100 ⁶⁾	15	25	15	100 ⁴⁾	0	55	14	30 ⁴⁾	0	16	4	230	15	96	33
AIK 2.korjuu TC	120 ^{6,5)}	18	30	20	70 ⁴⁾	0	38	10	40 ^{3,5)}	4	23	4	230	22	91	34
MYÖH 2. korjuu	100 ⁶⁾	15	25	15	100 ⁴⁾	0	55	14	30 ⁴⁾	0	16	4	230	15	96	33
MYÖH 2. korjuu TC	120 ^{6,5)}	18	30	20	70 ⁴⁾	0	38	10	40 ^{3,5)}	4	23	4	230	22	91	34
Maaninka 2014																
Koejäsen	1.sato				2.sato				3.sato				Yht.			
	N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S	N	P	K	S
Vallitseva käytäntö	82 ²⁾	0	3	12	54/76* ^{6,7)}	13	54	10					136/ 158*	13	57	22
AIK 2. korjuu	100 ⁶⁾	15	25	15	100 ⁴⁾	0	55	14	30 ³⁾	3	17	3	230	18	97	32
AIK 2.korjuu TC	120 ^{6,5)}	18	30	20	70 ⁴⁾	0	38	10	40 ^{3,5)}	4	23	4	230	22	91	34
MYÖH 2. korjuu	100 ⁶⁾	15	25	15	100 ⁴⁾	0	55	14	30 ³⁾	3	17	3	230	18	97	32
MYÖH 2. korjuu TC	120 ^{6,5)}	18	30	20	70 ⁴⁾	0	38	10	40 ^{3,5)}	4	23	4	230	22	91	34

*liukoinen typpe/kokonaistyppe

1) YaraMila NK 1	25-0-7-4 %	5) YaraVita Thiotrac 300	200-0-0-300 g/litra
2) YaraBela Suomen-salpietari	27-0-1-4 %	6) YaraMila Nurmen Y 1	20-3-5-3 %
3) YaraMila Pellon Y 4	20-2-12-2 %	7) Liete 18 m ³ /ha	
4) YaraMila NK 2	22-0-12-3 %		

Taulukko 17. Kuhunkin satoon kertyneet kasvupäivät (vrk) edellisestä niitosta (KP yht) sekä edeltävää NPK-lannoituksesta (KP LAN), Thiotrac-lehtilannoituksesta (KP TC) ja lietteen levityksestä (KP LL) koevuosina 2013 ja 2014.

	1.sato			2.sato			3.sato		
	KP yht*	KP LAN	KP TC	KP yht	KP LAN	KP LL	KP yht	KP LAN	KP TC
2013									
Vallitseva käytäntö	30	17		61	59	60			
AIK 2. korjuu	30	17		36	34		49	45	
AIK 2.korjuu TC	30	17	16	36	34		49	45	37
MYÖH 2. korjuu	30	17		54	52		36	35	
MYÖH 2. korjuu TC	30	17	16	54	52		36	35	26
2014									
Vallitseva käytäntö	55	33		54	52	49			
AIK 2. korjuu	55	33		35	33		51	49	
AIK 2.korjuu TC	55	33	9	35	33		51	49	35
MYÖH 2. korjuu	55	33		54	52		36	27	
MYÖH 2. korjuu TC	55	33	9	54	52		36	27	22

*KP yht= kasvupäiviä kasvukauden alusta ensimmäiseen niittoon

Maanäytteet

Koealueelta otettiin kyntökerroksen (0-20 cm) yleismaanäytteet vuoden 2013 kasvukauden alussa maan ravinnetilan selvittämiseksi (Taulukko 18). Näytteet analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Näytteistä määritettiin johtoluku, pH (maa-vesisuspensio; v/v 1:2,5), Ca, P, K, Mg, S (hapan ammonium-asetattiutto; pH 4,65; Vuorinen ja Mäkitie 1955), hivenravinteista Cu, Mn ja Zn sekä K:n (2-molaarinen HCl-utto kiehuva vesihauteessa; uuttosuhde 1:4 v/v, uuttoaika 2 h), P:n, Ca:n ja Mg:n varastoreservit. Koealueen maalaji oli hietamoreenia. Maan fosforitila oli tyydyttävä ja maassa oli runsaasti varastokationeja (K, Ca, Mg).

Taulukko 18. Koealueen viljavuus kokeen alussa vuonna 2013.

Pvm	17.5.2013	
Syvyys	0-20 cm	
Pintamaan maalaji	HtMr	
Multavuus	m	
Johtoluku	10xmS/cm	0,4
Happamuus	pH	5,6
Ca	mg/l	780
P	mg/l	11
K	mg/l	120
Mg	mg/l	95
S	mg/l	5,4
Cu	mg/l	7,3
Mn		68
Zn	mg/l	4,34
Varasto-P	mg/l	673
Varasto-K	mg/l	2500
Varasto-Ca	mg/l	2370
Varasto-Mg	mg/l	4900

Kasvustonäytteet

Sadot määritettiin ruuduittain ja kasvustosta otettiin analyysinäytteet, joille tehtiin NIR-analyysi (D-arvo, NDF, raakavalkuainen, sokeri, iNDF ja tuhka) sekä kivennäis- ja hivenainemääritykset Valio Oy:n laboratorioissa Seinäjoella. NIR-analyysi tehtiin ruuduittain, mutta kivennäis- ja hivenainemääritystä varten näytteet yhdistettiin koejäsenittäin.

Vuoden 2014 myöhäisen toisen niiton koejäsenten sekä vallitsevan käytännön näytteiden analyysit jäivät toisessa sadossa käsittelyvirheen vuoksi puutteellisiksi. Näytteiden kuivatusvaiheessa kuivatusuuni (lämmitys ja puhallus) ei ollut mennyt päälle, minkä vuoksi laatuanalyysit, lukuun ottamatta kivennäisanalyysijä ja tuhkapitoisuutta, olivat virheelliset. Näytteistä saatuja tuloksia päätettiin verrata koepaikan muilta nurmikokeilta vastaavaan aikaan saatuihin tuloksiin. Verrannekokeiksi valittiin mahdollisimman samaan aikaan niitetyjä kokeita, joilla kasvavien lajikkeiden ominaispiirteet huomioitiin. Sulavuuden osalta päästiin arvioon, että käsittelyvirhe olisi laskenut näytteiden D-arvoa 40–70 g/kg ka. Näin ollen sulavuudelle laskettiin todennäköiset minimi- ja maksimiarvot, joiden välille todellinen sulavuus todennäköisesti osui. Kaikkien näytteiden sulavuuden oletettiin laskeneen yhtä paljon. Raakavalkuaisen osalta vastaavia arvioita ei tehty, minkä vuoksi vuoden 2014 tyyppitaseita toisesta sadosta ei laskettu. Osan sulavuuden laskusta selittää runsas kasvitautien määrä.

Tilastomenetelmät

Tulokset analysoitiin tilastollisesti käyttäen SAS 9.3-ohjelmiston Mixed-proseduuria. Kasvilajit, vuodet ja niitot analysoitiin erikseen. Kokonaissadon D-arvo ja raakavalkuainen laskettiin kuiva-ainesadoilla painotettuna keskiarvoina. Mallissa koejäsen oli kiinteänä tekijänä ja kerranne satunnaisena tekijänä. Parivertailut tehtiin Tukeyn testillä.

4.4.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Kolmen korjuun nurmilla testattiin toisen korjuun aikaistamisen sekä lannoituksen jakamisen vaikutusta saatavaan kokonaissatoon ja sadon laatuun. Toisen sadon D-arvot ovat olleet niin kokeissa kuin käytännön viljelyssä alhaisia ja kolmannen sadon turhan korkeita. Toisen korjuuajankohdan aikaistamisella arveltiin olevan mahdollista parantaa toisen sadon laatua, kasvattaa hyvälaatuisen syyssadon määrää ja parantaa kokonaissadon sulavuutta.

Niittostrategian vaikutus sadon määrään

Satotaso oli kolmeen kertaan niitetyillä koejäsenillä kumpanakin koevuotena hyvä, keskimäärin 9000 kg ka/ha, mutta vallitsevalla käytännöllä kuiva-ainesato jäi tätä alhaisemmaksi kumpanakin koevuotena, eikä yltänyt kummallakaan nurmilajilla 8000 kg ka/ha (Kuvat 13 ja 14, Taulukko 19). Nurminata tuotti ensimmäisenä koevuotena merkittävästi suuremman (+1140 kg ka/ha) keskimääräisen kuiva-ainesadon kuin timotei. Vuonna 2014 ero oli 800 kg ka/ha timotein hyväksi.

Vuotuiset erot sadontuotossa selittyvät jonkin verran kasvukauden sääolosuhteilla, jotka suosivat jompaakumpaa nurmilajia. Vuosi 2013 oli syväjuuriselle ja siten kuivuuden kestäväälle nadalle edullinen. Nadan hyvä kasvu timoteihin verrattuna oli nähtävissä myös yleisesti maataloilla vuonna 2013. Lajien väliset erot syntyivät vuonna 2013 erityisesti kolmannessa korjuussa ja vuonna 2014 toisessa korjuussa. Tenho-timotein jälkikasvukyky on vain keskinkertainen (Niskanen ym. 2014), joten sen satotaso kolmannessa sadossa ei liene timoteilajikkeiden parhaimmistoa. Vuonna 2014 nadan yllättävänkin heikko satotaso toisessa korjuussa johtui todennäköisesti kesäkuun 20. päivän tienoilla esiintyneestä hallasta, mikä pysäytti nadan kasvun. Nadan kasvuunlähtö niiton jälkeen on timoteihin verrattuna nopeampaa, minkä vuoksi timotei ei ollut vielä lähtenyt uuteen kasvuun. Ilmiö oli nähtävissä myös muilla saman koealueen koelohkoilla. Toisen sadon kehittymiseen on voinut vaikuttaa myös natakasvustossa esiintyneet kasvitaudit. Lohkon pH oli hieman alhainen, mikä saattoi hieman alentaa yleistä satotasoa.



Kuva: Jenni Laakso.

Taulukko 19. Timotein ja nurminadan satotaso ja kasvuston sulavuus koevuosina 2013–2014.

TIMOTEI	2013			2014			2013			2014						
	Sato kg ka/ha			Sato kg ka/ha			D-arvo g/kg ka			D-arvo g/kg ka						
	1. sato	2. sato	3. sato	yht.	1. sato	2. sato	3. sato	yht.	1. sato	2. sato	3. sato	keskim.				
Vallitseva käyt.	2760	4470		7230	3970	3480		7450	685	671		676	680	653-683*		667-681*
AIK 2. korj.	2700	3040	2880	8610	3640	2430	2950	9020	685	680	700	688	677	690	682	682
AIK 2. korj. TC	2780	2950	2840	8560	3520	2290	3180	9000	686	670	706	687	685	681	693	686
MYÖH 2. korj.	2810	4880	1780	9470	4000	4430	790	9210	683	634	720	665	672	616-646*	740	651-665*
MYÖH 2. korj. TC	2820	4970	1800	9590	3770	4720	1030	9520	680	646	709	668	689	614-644*	758	659-674
Keskim.	2770	4060	2320	8690	3780	3470	1990	8840	684	660	708	677	680	651/669	718	684-678
SEM	178,4	254,7	97,5	410,7	119,8	133,1	117,2	175,0	3,8	6,0	2,4	3,9	3,4	3,2/3,2	5,1	2,1/2,0
p-arvot	0,93	<0,001	<0,001	<0,001	0,046	<0,001	<0,001	<0,001	0,73	<0,001	0,001	0,0015	0,032	<0,001	<0,001	<0,001
NURMINATA																
Vallitseva käyt.	3350	3780		7140	3960	2340		6300	691	686		689	677	659-689*		670-681
AIK 2. korj.	3490	3010	3920	10420	3730	2130	2720	8590	686	694	690	692	685	718	689	694
AIK 2. korj. TC	3320	2800	4000	10080	3780	2040	2520	8340	688	696	698	694	690	715	684	694
MYÖH 2. korj.	3410	4900	2390	10700	4000	3280	1320	8600	692	678	721	692	686	644-674*	735	678-689
MYÖH 2. korj. TC	3250	4930	2630	10810	3980	3000	1450	8430	685	695	716	697	685	657-687*	733	683-693
Keskim.	3360	3890	3230	9830	3890	2560	2000	8050	688	690	706	693	685	679	710	684-690
SEM	170,8	126,6	99,9	329,2	189,1	113,5	112,2	286,9	6,1	4,1	4,6	3,8	6,2	3,7	5,4	3,8/3,7
p-arvot	0,63	<0,001	<0,001	<0,001	0,046	<0,001	<0,001	<0,001	0,46	0,021	0,0013	0,34	0,28	<0,001	<0,001	<0,001/0,004

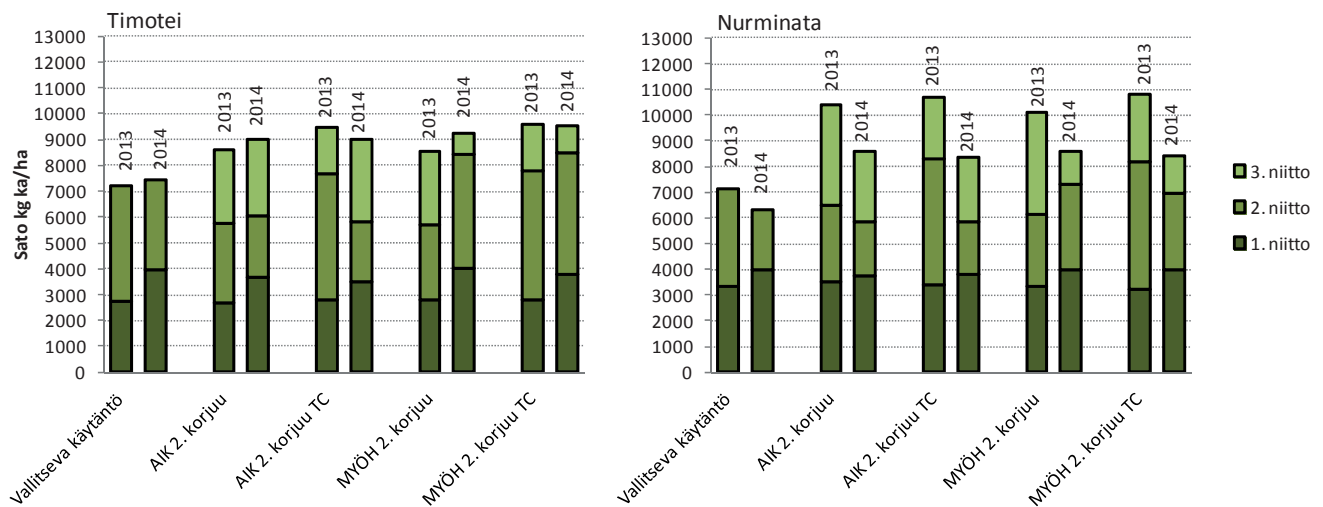
* Näytteiden pilaantumisen vuoksi sulavuudet arvioitiin korjaamalla saatua D-arvoa muilta kokeilta saatua sulavuuksien perusteella, näytteen D-arvoon lisättiin + 40/70 g/kg ka.

Taulukko 20. Timotein ja nurminadan muuntokelpoinen energiasato (ME-sato) ja raakavaikuaispitoisuus (rv) koevuosina 2013–2014.

TIMOTEI	2013			2014			2013			2014						
	ME-sato GJ/ha			rv g/ka ka			1. sato			keskim.						
	1. sato	2. sato	3. sato	yht.	1. sato	2. sato	3. sato	yht.	1. sato	2. sato	3. sato	keskim.				
Vallitseva käyt,	30,3	47,8		78,1	43,1	*		*	150	76		104	138	105**		121**
AIK 2. korj,	29,6	33,0	32,1	94,7	39,4	26,8	32,1	98,3	162	198	101	154	146	195	106	146
AIK 2. korj. TC	30,5	31,6	32,1	94,1	38,4	25,0	35,3	98,8	170	179	105	152	164	166	108	144
MYÖH 2. korj.	30,8	49,5	20,6	100,9	42,8	*	9,3	*	166	107	134	130	139	106**	174	140**
MYÖH 2. korj. TC	30,7	51,3	20,4	102,4	41,6	*	12,5	*	172	97	139	127	166	101**	183	150**
Keskim.	30,4	42,6	26,3	94,0	41,1		22,3		164	131	120	133	150		143	
SEM	1,91	2,43	1,11	4,12	1,25		1,27		3,2	3,9	1,7	2,5	3,4		4,6	
p-arvot	0,95	<0,001	<0,001	<0,001	0,060		<0,001		0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	
NURMINATA																
Vallitseva käyt,	37,1	41,4		78,5	42,8	*		*	149	85		115	145	123**		134**
AIK 2. korj.	38,3	33,9	43,3	115,4	40,9	24,5	30,1	95,4	156	181	100	142	150	186	120	149
AIK 2. korj. TC	36,5	31,3	45,0	112,6	41,7	23,3	27,6	92,6	170	164	100	141	163	173	119	152
MYÖH 2. korj.	37,8	53,1	27,6	118,5	43,9	*	15,5	*	168	111	119	131	151	137**	161	150**
MYÖH 2. korj. TC	35,6	54,8	30,1	120,5	43,6	*	17,0	*	164	109	121	128	166	127**	166	153**
Keskim.	37,0	42,9	36,5	109,1	42,6		22,5		161	130	110	131	155		141	
SEM	1,81	1,18	1,28	3,37	1,97		1,27		4,0	3,5	3,1	2,2	3,6		3,5	
p-arvot	0,65	<0,001	<0,001	<0,001	0,70		<0,001		0,003	<0,001	<0,001	<0,001	0,001		<0,001	

*ME-satoa ei laskettu pilaantuneista näytteistä

**Arvo viitteellinen, näyte mahdollisesti pilaantunut



Kuva 13. Timotein ja nurminadan kokonaiskuiva-ainesadon jakautuminen niittokertojen kesken koevuosina 2013 ja 2014.

Myöhäinen 2. korjuu nosti odotetusti sadon määrää toisessa korjuussa kumpanakin koevuotena ($p < 0,05$, Taulukko 19). Timotein toinen sato oli myöhemmin niitettäessä keskimäärin 1930 kg ka/ha suurempi vuonna 2013 ja 2220 kg ka/ha suurempi vuonna 2014. Nurminadalla vastaavat erot olivat 2010 ja 1060 kg ka/ha. Toisen niiton aikaistaminen mahdollisti kuitenkin nurmen pidemmän kasvuaajan kolmanteen niittoon, mikä näkyi suurempana syysatona ja pienensi huomattavasti strategioiden välisiä eroja kasvukauden kokonaissadossa. Timoteilla aikaisen toisen korjuun koejäsenet tuottivat vuosina 2013 ja 2014 keskimäärin 1070 kg ka/ha ja 2160 kg ka/ha suuremman kolmannen sadon kuin myöhäisen korjuun koejäsenet ja nurminata vastaavasti 1430 kg ka/ha ja 1240 kg ka/ha suuremmat sadot. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä. Vuonna 2014 myöhäisen 2. korjuun koejäsenten kolmannen sadon lannoituksen myöhästymisen (9 päivää niitosta; Taulukko 17) todennäköisesti pienensi kolmatta satoa verrattuna vuoteen 2013. Aiemmin tehdyllä lannoituksella kolmannen korjuun satotasero aikaisten ja myöhäisten koejäsenten välillä olisi todennäköisesti ollut hieman pienempi, ja kokonaissato myöhäisen 2. korjuun koejäsenillä suurempi.

Vuonna 2013 myöhäinen 2. korjuu nosti sekä timoteilla että nurminadalla vuoden kokonaiskuiva-ainesatona aikaiseen toiseen korjuuseen nähden (Kuva 13). Satoeroa oli timoteilla keskimäärin 940 kg ka/ha ja nadalla 510 kg ka/ha, mutta ero oli tilastollisesti merkitsevä vain timoteilla koejäsenten "Aikainen 2. korjuu TC" ja "Myöhäinen 2. korjuu TC" välillä. Vuonna 2014 toisen korjuun ajoittamisella ei ollut tilastollista vaikutusta kokonaiskuiva-ainesatona, mihin syynä voi olla edellä mainittu lannoituksen viivästyminen. Lannoituksen myöhästymisestä aiheutuneen kolmannen sadon aleneman suuruutta ja siten vaikutusta kokonaissatona on vaikea arvioida.

Lannoituksen jakamisen vaikutus sadon määrään

Vallitsevaa käytäntöä lukuun ottamatta strategioiden välisillä lannoituseroilla oli hyvin vähän vaikutusta sadon määrään kumpanakaan koevuotena (kuva 13). Vallitseva käytäntö tuotti kumpanakin koevuotena merkitsevästi heikomman kokonaissadon kuin muut koejäsenet.

Koejäsenillä "Aikainen 2. Korjuu TC" ja "Myöhäinen 2. korjuu TC" typpilannoitus painottui ensimmäiseen ja kolmanteen satoon (Taulukko 16). Korkeamman typpilannoituksen lisäksi näille koejäsenille ruiskutettiin Thiotrac 300-lehtilannoite ensimmäisen ja kolmannen korjuun kasvustoon. Tekstissä tästä lannoituskäytännöstä käytetään jatkossa lyhennettä "TC-koejäsen". Jos lyhenne TC puuttuu, kyseessä on tavanomainen typen jako: 100+100+30 kg-N/ha ilman lehtilannoitusta. Toisen sadon osalta kyseisten koejäsenten lannoitus erosi vain typpilannoituksen suhteen, jolloin TC-koejäsenet saivat 30 kg vähemmän typpeä hehtaarille kuin tavanomaisella typen jaolla. Koeasetelmasta johtuen

typpilannoituksen erilaisen jakamisen ja lehtilannoituksen vaikutusta ei voida luotettavasti erottaa toisistaan. TC-koejäsenellä vuonna 2013 nurminadan kolmas sato oli 240 kg ka/ha korkeampi, kun toinen korjuu oli tehty myöhään. Ero oli tilastollisesti merkitsevä. Muiden korjuiden tai vuosien kokonaissatojen suuruuteen ei lannoituskäsittelyillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Matalampi typpilannoitus toiselle sadolle (70 kg vs. 100 kg) ei siis esimerkiksi laskenut sadon määrää toisessa sadossa, kun taustalla oli ensimmäiselle sadolle annettu 20 kg typpilisäys ja lehtilannoitus. Korjuukerrasta ja vuodesta riippuen TC-koejäsenen aiheuttama satovaikutus vaihteli timoteilla välillä –230 - +290 kg ka/ha ja nurminadalla -280 - +240 kg ka/ha. On huomioitava että eri sadoissa lannoituskäsittelyjen välinen ero oli erilainen. Kokonaissadossa vaihteluväli timoteilla oli -50 - +310 kg ka/ha ja nurminadalla -340 - +110 kg ka/ha. Lannoituskäsittelyn vaikutus näytti siis olevan joko positiivisen tai negatiivisen suuntainen, mutta kuten yllä mainittiin, erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Lehtilannoituskäsittelyssä riittävä vaikutusaika sekä optimaaliset ruiskutusolosuhteet ovat erittäin tärkeitä, kuten kasvinsuojeluruiskutuksissakin. Tässä kokeessa YaraVita Thiotrac 300-lannoituksen vaikutusaika ensimmäisessä sadossa jäi kumpanakin koevuotena liian lyhyeksi (9-16 vrk), joten sen vaikutusta satotasoon ei voida luotettavasti arvioida.



Kuva 14. Koejäsen ”Vallitseva käytäntö” sai ensimmäisen niiton jälkeen osan lannoituksesta lietteenä. Pienempi liukoisen typen määrä vieressä oleviin koeruutuihin verrattuna erottuu heikompana kasvu- ja kasvuston kellertävänä sävynä. Kuva: Sanna Kykkänen

Niittostrategian ja lannoituksen jakamisen vaikutus sulavuuteen

Ensimmäisen sadon D-arvo vastasi keskimäärin tavoiteltua noin 680 g/kg ka kumpanakin koevuotena. Lannoituksen painottaminen ensimmäiselle sadolle vaikutti positiivisesti sulavuuteen timoteilla vuonna 2014, jolloin TC-koejäsenen ja tavanomaisen typen jaon välillä oli 17 g ero (Myöhäinen 2. korjuu; Taulukko 19). Muulloin koejäsenten välillä ei ollut ensimmäisessä sadossa tilastollisesti merkitseviä eroja sulavuudessa.

Toisen korjuun aikaistaminen nosti D-arvoa etenkin timoteilla (Taulukko 19). Vuonna 2013 toisen sadon D-arvo nousi timoteilla keskimäärin 35 g/kg ka niittoa aikaistettaessa ja vuonna 2014 41–71 g/kg ka (näytteiden pilaantumisesta johtuva laskennallinen minimi- ja maksimiarvio). TC-koejäsenen matalampi typpilannoitus (70 kg vs. 100 kg) näytti hidastavan sulavuuden laskua kasvuajan pidentyessä. Koska vuoden 2014 analyysitulokset ovat sulavuuksien osalta puutteelliset, tätä havaintoa ei voida täysin vahvistaa vuoden 2014 tuloksista.

Vuonna 2013 nurminadalla toisen sadon D-arvon muutos oli selvästi vähäisempi (keskimäärin 9 g) ja riippui selvemmin lannoituksesta. Tavanomaisella typen jaolla aikaisen ja myöhäisen korjuun välinen ero oli lähes merkitsevä (16 g; $p = 0,075$). TC-koejäsenillä (30 kg vähemmän N-lannoitusta) korjuun myöhästyttäminen ei laskenut D-arvoa. Vuonna 2014 nurminadan sulavuus näytti laskevan myös TC-koejäsenillä, tosin numeroarvoisesti vähemmän kuin tavanomaisella typen jaolla. Toisen niiton aikaistaminen nosti D-arvoa keskimäärin 36–66 g/kg ka (minimi- ja maksimiarvio).

Kolmas sato oli kaikilla koejäsenillä sulavaa vaihdellen nurminadalla keskimäärin välillä 684–735 g/kg ka ja timoteilla välillä 682–758 g/kg ka. Odotetusti sulavuus oli matalampi aikaisen toisen korjuun koejäsenillä verrattuna lyhyemmän kasvuajan saaneisiin myöhäisen toisen korjuun koejäseniin (Kuva 15), lukuun ottamatta vuotta 2013 timoteilla, jolloin sulavuus oli pidemmälläkin kasvuajalla yli 700 g/kg ka. Vuonna 2014 myöhäisellä korjuulla TC-koejäsenen sulavuus oli timoteilla tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin tavanomaisella typen jaolla (18 g/kg ka; Taulukko 19). Myös aikaisella korjuulla ilmiö oli numeroarvoisesti samansuuntainen. Nurminadalla lannoituskäsittelyllä ei ollut vaikutusta kolmannen sadon sulavuuteen.

Pitemmän kasvuajan saaneilla koejäsenillä kasvustossa oli runsaammin kuollutta solukkoa, mikä osaltaan laski sulavuutta (Kuva 15). Kolmannen korjuun sato kasvaa huomattavasti viileämmässä ja alhaisemmassa säteilyinsentiteetissä kuin toinen sato, eikä kasvisolukko sen vuoksi todennäköisesti lignifioitu samalla tavoin kuin toisessa sadossa, siten sen sulavuus pysyy korkeana. Tähän viittaa aiemmassa koesarjassa todettu matala kuitupitoisuus (NDF) kolmannessa sadossa verrattuna ensimmäiseen ja toiseen satoon (Hyttinen 2013). Ensimmäiseen satoon verrattuna myös toisen sadon lignifioituminen on vähäisempää (Virkajärvi ym. 2012b). Kasvissa ligniini sitoo NDF:ää sulamattomaan muotoon. Aikaisemmin Maaningalla tehdyssä kokeessa kasvitautilien kemiallinen torjunta vähensi nurminadalla kuolleen kasvimateriaalin määrää 12 % -yksikköä ja paransi toisen sadon sulavuutta yhtenä vuonna kolmesta (+32 g/kg ka), kun nurmi korjattiin myöhäisessä vaiheessa. Timoteilla kemiallisella tautitorjunnalla ei ollut vaikutusta sulavuuteen (Virkajärvi ym. 2016). Nämä havainnot osoittavat, että kasvitaudit voivat alentaa erityisesti nurminatakasvuston sulavuutta etenkin toisessa korjuussa, mutta kolmannen nurmisadon sulavuus voi runsaasta kuolleen kasvimateriaalin määrästä riippumatta pysyä korkeana (Kuva 15).

Timoteilla aikainen 2. korjuu nosti kokonaissadon sulavuutta keskimäärin 21 g/kg ka (aikainen 687 ja myöhäinen 666 g/kg ka) ensimmäisenä koevuotena (Kuva 16, Taulukko 19). Toisena koevuotena niiton aikaistaminen näytti timoteilla ensimmäisen koevuoden tavoin nostavan kokonaissadon sulavuutta. Näytteiden pilaantumisen vuoksi sulavuudet arvioitiin korjaamalla saatua D-arvoa muilta kokeilta saatuja sulavuuksien perusteella (näytteen D-arvoon lisättiin + 40/70 g/kg ka). Ero oli tilastollisesti merkitsevä sekä arvioidulla minimi- että maksimiarvolla. Minimiarvolla kokonaissulavuus nousi toista korjuuta aikaistamalla keskimäärin 29 g/kg ka ja maksimisulavuutta käyttäen keskimäärin 15 g/kg ka. Mikäli sulavuuden nousu osuu arvojen välille (22 g/kg ka), se vastaa ensimmäisen koevuoden tuloksia. Nurminadalla toisen korjuun aikaistamisen vaikutus D-arvoon ei ollut yhtä ilmeinen. Ensimmäisenä koevuotena korjuun aikaistamisella ei ollut vaikutusta kokonaissadon sulavuuteen. Vuonna 2014 tilastollisesti merkitsevä ero kokonaissadossa saatiin ainoastaan käyttämällä laskennallista minimisulavuutta (näytteen D-arvo + 40 g/kg ka).

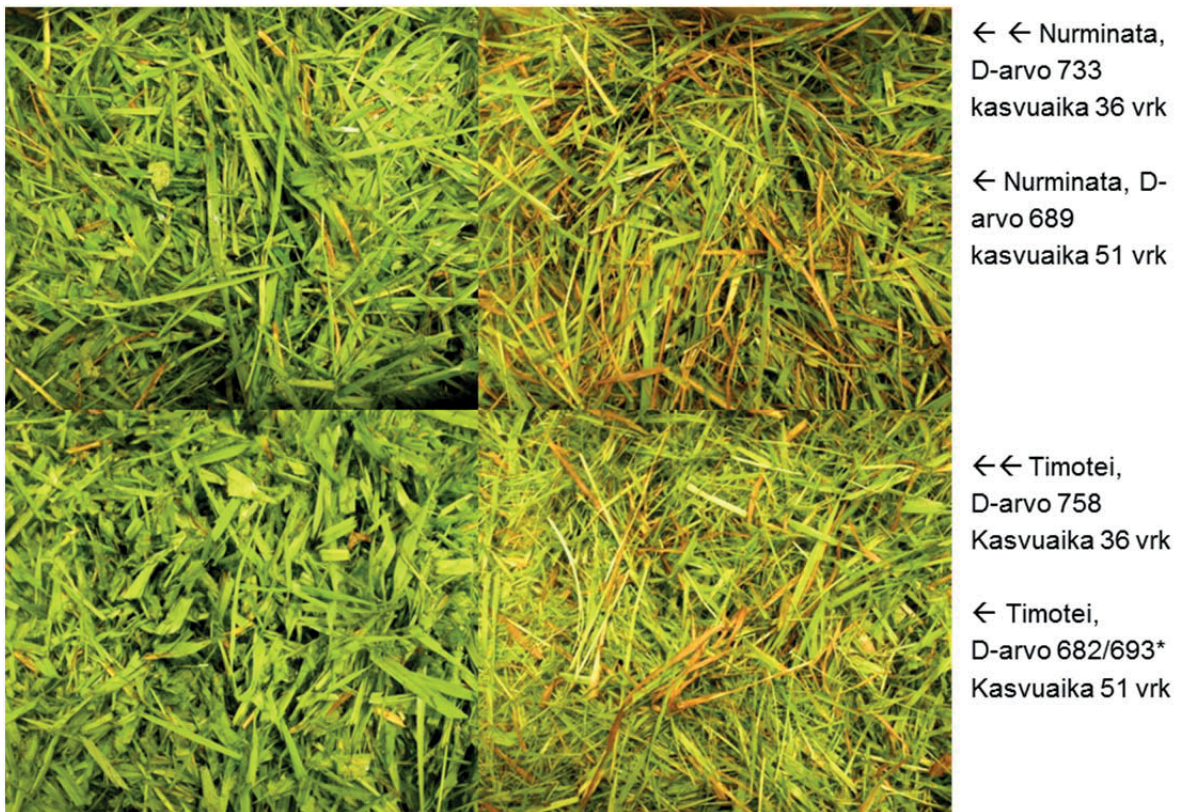
Niittostrategian ja lannoituksen jakamisen vaikutus raakavalkuaispitoisuuteen

Timotein ja nurminadan raakavalkuaispitoisuudet olivat keskenään samaa tasoa kumpanakin koevuotena (Taulukko 20; osa vuoden 2014 tuloksista viitteellisiä toisen korjuun osalta). Korjuustrategialla oli suurempi vaikutus sadon raakavalkuaispitoisuuteen kuin lannoituskäsittelyllä. Aikainen 2. korjuu nosti toisen sadon raakavalkuaispitoisuutta odotetusti. Vuonna 2013 timoteilla nousu oli keskimäärin 87 g/kg ka ja nurminadalla 36 g/kg ka. Kolmannessa sadossa aikaisin toisessa niitossa korjatut ruudut saivat pidemmän kasvuajan ja siten niiden raakavalkuaispitoisuus oli merkitsevästi matalampi kuin myöhään toisessa niitossa korjatuilla koejäsenillä. Korjuuajankohdan vaikutus näkyi myös vuoden kokonaissadon raakavalkuaispitoisuudessa (vuonna 2013 timotei: aikainen 153 g/kg ka, myöhäinen 128 g/kg ka; nurminata: aikainen 142 g/kg ka, myöhäinen 130 g/kg ka).

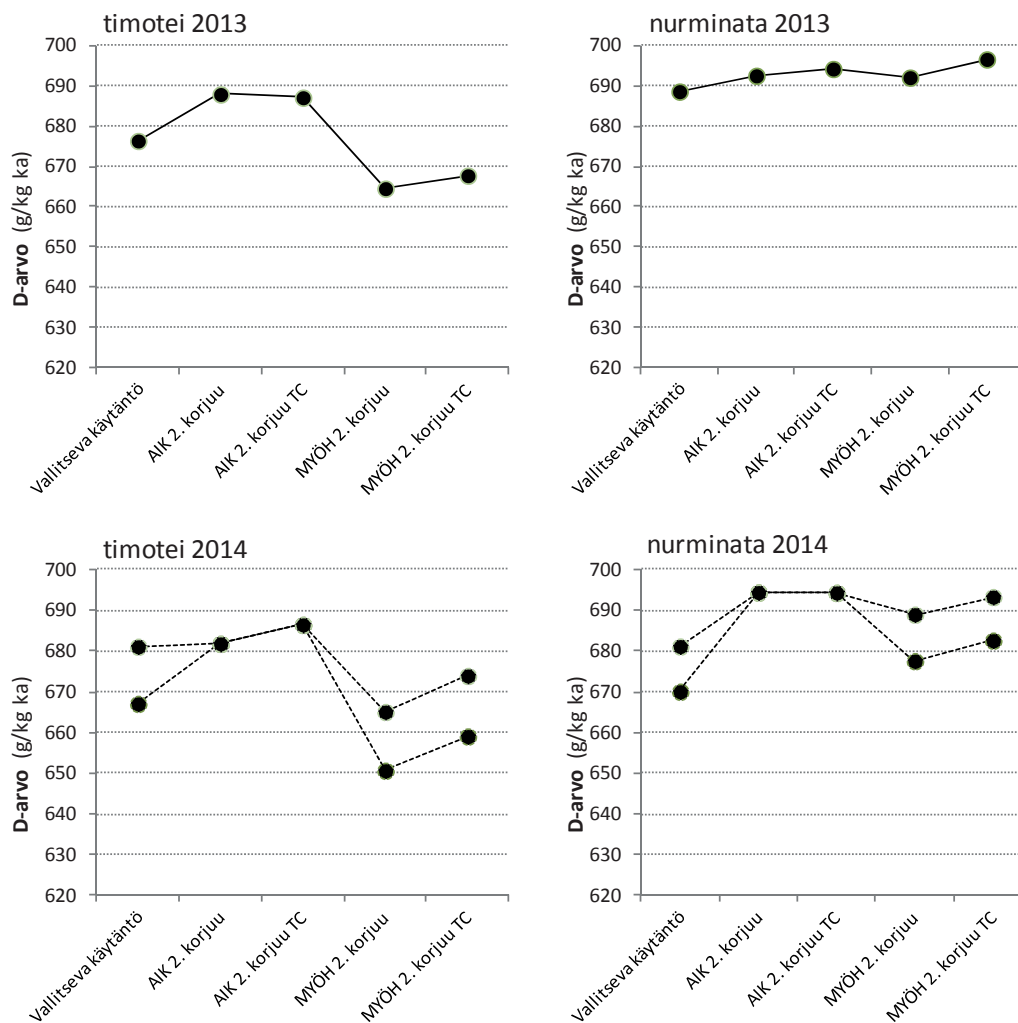
TC-koejäsenen aikaansaama vaikutus oli korjuuajavaikutusta vähäisempi (Taulukko 20). Ensimmäisessä sadossa TC-koejäsenen raakavalkuaispitoisuus oli tilastollisesti merkitsevästi korkeampi kuin tavanomaisella typen jaolla vuonna 2014 (keskimäärin timotei +23 g/kg ka; nurminata: +14 g/kg ka). Vuonna 2013 ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä, vain vallitseva käytäntö erosi muista matalammalla raakavalkuaispitoisuudella. Vuonna 2014 vallitsevan käytännön rv-pitoisuus oli edellisvuot-

ta korkeampi, ja ylsi samaan tavanomaisen typen jaon kanssa. Toisessa sadossa aikaisella toisella korjuulla TC-koejäsenten rv-pitoisuus oli matalampi tavanomaiseen typen jakoon verrattuna, johtuen matalammasta typpilannoituksesta (70 kg vs. 100 kg). Myöhäisellä korjuulla eroa ei enää havaittu vuonna 2013 (vuoden 2014 tulokset vain viitteelliset). Kolmannen sadon osalta tilastollisesti merkitsevä ero oli vain timoteilla myöhäisen toiseen korjuun koejäsenillä vuonna 2013 (+5 g kg/ka). Kokonaissadon osalta TC-koejäsenet eivät eronneet tavanomaisesta typen jaosta. YaraVita Thiotrac 300-lehtilannoitteen mahdollista vaikutusta on vaikea erottaa typpi- jaotuksesta. Ensimmäisessä sadossa lehtilannoitteen vaikutusaika jäi liian lyhyeksi.

Vallitseva käytäntö tuotti huomattavasti heikomman raakavalkuaispitoisuuden verrattuna myöhäisen toisen korjuun koejäseniin etenkin toisessa sadossa (vuonna 2013 timoteilla 26 g/kg ka; nurminadalla 25 g/kg ka). Toisella sadolle annettiin lietettä, jolloin liukoisen typen määrä lannoituksessa oli verraten niukka (vuonna 2013 64 kg liuk. N/ha ja 2014 54 kg liuk N/ha). Vuoden 2014 osalta toisen korjuun tulokset ovat viitteelliset, mutta silloin vallitsevan käytännön rv-pitoisuus näyttäisi olleen korkeampi. Tämä havaittiin myös ensimmäisessä sadossa. Aikaisen toisen korjuun koejäseniin ero raakavalkuaispitoisuudessa oli vielä suurempi johtuen pidemmästä kasvuajasta.



Kuva 15. Niitettyä ja silputtua nurminata (NN) ja timotei (TIM) –kasvustoa, sen D-arvo ja kasvuaika kolmannessa sadossa vuonna 2014. Vasemmanpuoleiset kuvat edustavat koejäsentä ”myöhäinen 2. Korjuu TC” ja oikeanpuoleinen koejäsentä ”aikainen 2. korjuu”. Sulavuutta heikentävää kuollutta kasvimateriaalia on muodostunut enemmän aikaisin niitettyyn koejäseneseen, jonka kasvuaika kolmannessa sadossa on ollut pidempi. *”aikainen 2. korjuu” / ”aikainen 2. Korjuu TC” Kuvat: Maarit Hyrkäs.



Kuva 16. Kokonaiskuiva-ainesadon sulavuus timoteilla ja nurminadalla koevuosina 2013 ja 2014. Vuoden 2014 koejäsenten "Vallitseva käytäntö", "Myöh 2. Korjuu" ja "Myöh. 2. Korjuu TC" sulavuudet ilmoitettu laskennallisella minimi- ja maksimisulavuusväkillä.

Energiasato

Koejäsenten välillä ei ollut eroja muuntokelpoisessa energiasadossa (ME-sato, GJ/ha) ensimmäisessä sadossa kumpanakaan vuonna kummallakaan kasvilajilla (Taulukko 20). Sen sijaan erilaiset korjuuajat vaikuttivat toisen ja kolmannen korjuun ME-satoihin kummallakin kasvilajilla kumpanakin koevuotena (vuoden 2014 myöhäisen toisen korjuun osalta tulokset ovat puutteellisia näytteiden pilaantumisen vuoksi, minkä takia tekstissä käsitellään vuoden 2013 tulokset). Vuonna 2013 toisessa korjuussa vallitseva käytäntö tuotti merkittävästi korkeamman ME-sadon kuin aikaisen toisen korjuun koejäsenet kummallakin kasvilajilla. Tämä johtuu luonnollisesti pidemmästä kasvuajasta. Myöhäisen toisen korjuun koejäseniin verrattuna vallitseva käytäntö tuotti timoteilla samansuuruisen ME-sadon (ero -3 GJ/ha) ja nurminadalla merkittävästi pienemmän ME-sadon (ero -13 GJ/ha). Aikaisen toisen korjuun koejäsenet tuottivat toisessa sadossa merkittävästi pienemmän ME-sadon kuin myöhäisen toisen korjuun koejäsenet. Sen sijaan kolmannen sadon ME-sato oli myöhäisen toisen korjuun koejäsenillä merkittävästi pienempi kuin aikaisen toisen korjuun koejäsenillä. Nämä erot johtuvat erimittaisista kasvuajoista. TC-koejäsenet erosivat tavanomaisesta typenjaosta ainoastaan nurminadan kolmannessa sadossa vuonna 2013, jolloin myöhäisellä toisella korjuulla ero oli 2,5 GJ/ha.

Kokonaissadon osalta vallitseva käytäntö tuotti merkittävästi muita koejäseniä matalamman ME-sadon (vuosi 2013 timoteilla 78 GJ/ha/v ja nurminadalla 79 GJ/ha/v). Aikaisen toisen korjuun koejäsenillä kokonaissadon ME-sato oli timoteilla keskimäärin 94 GJ/ha/v ja myöhäisen toisen korjuun

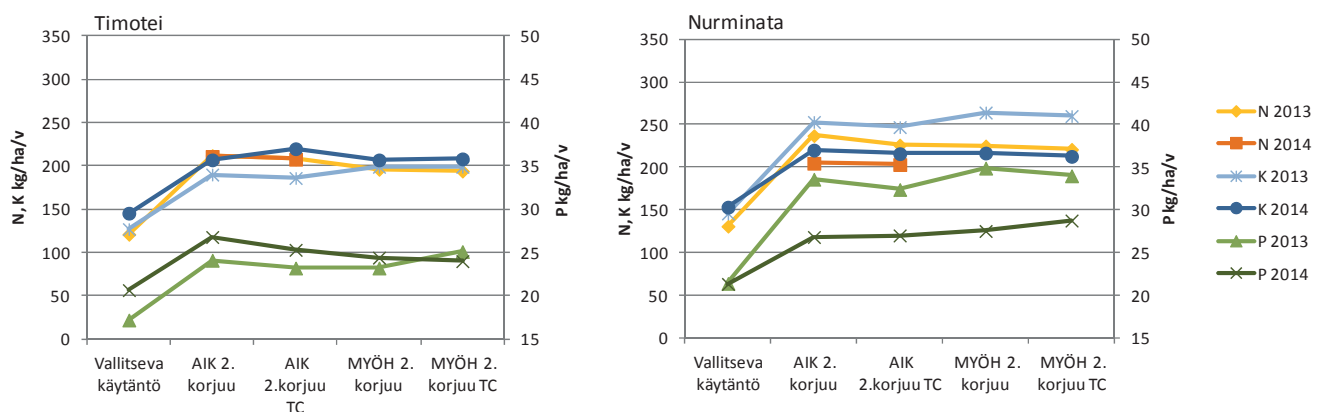
koejäsenillä 102 GJ/ha/v. Vastaavat arvot nurminadalla olivat 114 ja 120 GJ/ha/v. Lukuun ottamatta vallitsevaa käytäntöä, korjuustrategioiden välinen ero ME-sadossa on etenkin nurminadalla suhteellisen pieni (keskimäärin 6 GJ/ha/v). TC-koejäsenet ja tavanomainen typen jako eivät eronneet toisistaan kokonaissadossa.

Typpijoistumat ja -taseet

Typpitasetta ja typpilannoituksen riittävyyttä laskettaessa on hyvä muistaa, että typpeä voi sitoutua maan orgaaniseen ainekseen, huuhtoutua (NO_3^-) ja joitakin kiloja typpeä voi haihtua ilmakehään typenoksideina tai karjanlantaa käytettäessä myös ammoniakkinä. Siten lievästi positiivinen tase ei välttämättä ole merkki liiallisesta lannoituksesta. Viljoilla hyväksyttäväksi positiiviseksi taseeksi on esitetty 60 kg N/ha/v (Salo ym. 2013).

Kokeen tulokset osoittivat nurmien runsaan typen tarpeen (Kuva 17, Taulukko 21). Typpeä poistui kolme kertaa niitettäessä keskimäärin 210 kg/ha/v. Kolmannessa niitossa taseet olivat yleisesti negatiiviset ja ensimmäisessä niitossa selvästi positiiviset. Toisessa niitossa tase jäi negatiiviseksi koejäsenillä, joilla typpilannoitustaso oli 70 kg/ha.

Ensimmäisenä koevuotena ensimmäisen sadon mukana poistuneen typen määrässä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja koejäsenten välillä (Kuva 17, Taulukko 21). Runsaampi typpilannoitus ei siten lisännyt typpijoistumaa ensimmäisenä koevuotena. Myöhäinen lannoitusajankohta keväällä ja toisaalta aikainen niitto yhdessä kuivuuden kanssa selittävät todennäköisesti, miksi odotettuja eroja ei esiintynyt. Toisena koevuonna typpilannoituksen painotus ensimmäiselle sadolle näkyi suurempana ensimmäisen sadon mukana poistuneen typen määränä timoteilla: vallitsevan käytännön sadon mukana poistui tilastollisesti merkitsevästi vähemmän typpeä kuin TC-koejäsenillä, joilla N-lannoitus painottui ensimmäiseen ja kolmanteen satoon. Lisäksi koejäsenen ”Myöhäinen 2. korjuu” ensimmäisen sadon typen poistuma oli tilastollisesti merkitsevästi pienempi kuin koejäsenen ”Myöhäinen 2. korjuu TC”, mikä oli odotettua sen matalamman typpilannoituksen vuoksi. Nurminadalla kasvuston käyttämän typen määrä vaihteli huomattavasti vähemmän koejäsenten välillä: vuonna 2014 ainoastaan koejäsenellä ”Aikainen 2. Korjuu” typen poistuma oli merkitsevästi pienempi kuin enemmän typpeä saaneella koejäsenellä ”Myöhäinen 2. korjuu TC”.



Kuva 17. Kokonaissadon mukana poistuneen typen (N), kaliumin (K) ja fosforin (P) määrä vuosina 2013 ja 2014. N ja K –asteikko kuvan vasemmalla ja P –asteikko oikealla laidalla.

Taulukko 21. Sadon typpipitoisuus (N), annettu typpilannoitus (N in), sadon mukana poistuneen typen määrä (N out) ja kokonaistypen tase (N in – N out). Lietettä käytettäessä myös liukoisen typen määrä on mainittu (liukoinen N/kokonais-N). N-pitoisuutta ja N-satoa ei esitetä pilaantuneista näytteistä (2014 toinen sato ja kokonaissato).

TIMOTEI	Sato 1				Sato 2				Sato 3				Kokonaissato		
	N	N in	N out	N tase	N	N in	N out	N tase	N	N in	N out	N tase	N in	N out	N tase
2013	g/kg ka	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g/kg ka	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g/kg ka	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Vallitseva käyt.	24,0	82	67	15	12,1	69/96	54	42					151/178	121	57
AIK 2. korj.	25,8	100	70	30	31,6	100	96	4	16,2	30	47	-16,6	230	212	18
AIK 2. korj. TC	27,2	120	76	44	28,7	70	84	-14	16,8	40	48	-7,7	230	208	22
MYÖH 2. korj.	26,5	100	75	25	17,2	100	83	17	21,4	30	38	-8,1	230	196	34
MYÖH 2. korj. TC	27,5	120	78	42	15,4	70	77	-7	22,2	40	40	0,1	230	194	36
keskim.	26,2		73	32	21,0		79	8	19,2		43	-8,1		186	33
SEM	0,51		5,1	5,1	0,63		4,4	4,4	0,28		1,7	1,69		8,9	8,9
p-arvot	0,003		0,16	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001		0,004	<0,001		<0,001	0,002
2014															
Vallitseva käyt.	22,0	82	82	0	54/76								136/158		
AIK 2. korj.	23,4	100	85	15	31,2	100	76	24	17,0	30	50	-20	230	211	19
AIK 2. korj. TC	26,2	120	92	28	26,5	70	61	9	17,3	40	55	-15	230	208	22
MYÖH 2. korj.	22,2	100	89	11	100				27,8	30	22	8	230		
MYÖH 2. korj. TC	26,5	120	100	20	70				29,3	40	30	10	230		
keskim.	24,1		89	15					22,9		39	-4			
SEM	0,55		2,1	2,1					0,73		2,5	2,5			
p-arvot	<0,001		<0,001	<0,001					<0,001		<0,001	<0,001			
NURMINATA															
2013	N	N in	N out	N tase	N	N in	N out	N tase	N	N in	N out	N tase	N in	N out	N tase
2013	g/kg ka	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g/kg ka	kg/ha	kg/ha	kg/ha	g/kg ka	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
Vallitseva käyt.	23,9	82	80	2	13,6	69/96	51	45					151/178	131	47
AIK 2. korj.	24,9	100	87	13	29,0	100	87	13	16	30	63	-32,8	230	237	-7
AIK 2. korj. TC	27,2	120	90	30	26,2	70	73	-3	16,04	40	62	-22,2	230	226	4
MYÖH 2. korj.	26,9	100	92	8	17,8	100	87	13	19,08	30	46	-15,8	230	225	5
MYÖH 2. korj. TC	26,2	120	85	35	17,4	70	86	-16	19,36	40	51	-10,9	230	221	9
keskim.	25,8		87	18	20,8		77	10	17,6		55	-20,4		208	12
SEM	0,64		4,8	4,8	0,56		2,9	2,9	0,50		2,9	2,88		7,3	7,3
p-arvot	0,003		0,23	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
2014															
Vallitseva käyt.	23,2	82	92	-10	54/76								136/158		
AIK 2. korj.	24,0	100	89	11	29,8	100	63	37	19,1	30	52	-22	230	205	25
AIK 2. korj. TC	26,0	120	99	21	27,6	70	56	14	19,1	40	48	-8	230	203	27
MYÖH 2. korj.	24,1	100	96	4	100				25,8	30	34	-4	230		
MYÖH 2. korj. TC	26,6	120	106	14	70				26,6	40	39	1	230		
keskim.	24,8		96	8					22,6		43	-8			
SEM	0,57		5,2	5,2					0,56		3,0	3,0			
p-arvot	0,001		0,05	<0,001					<0,001		<0,001	<0,001			

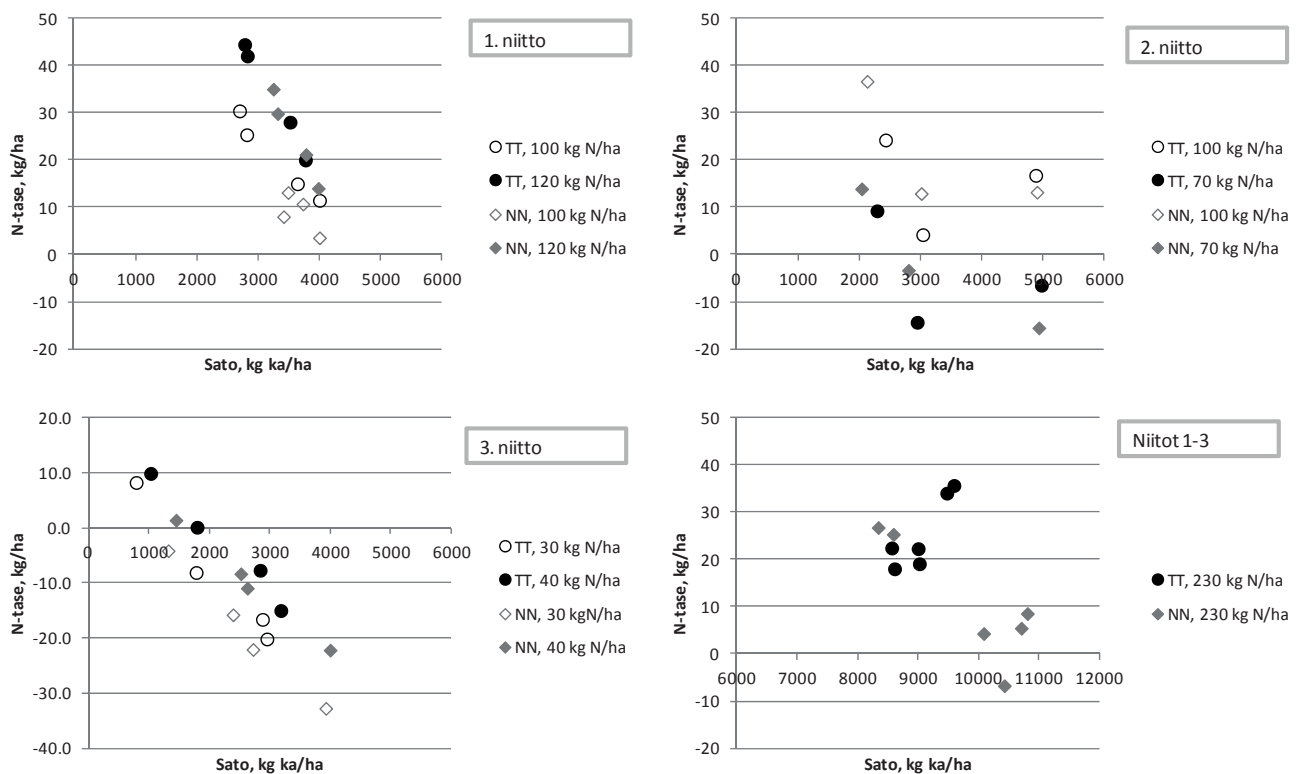
Ensimmäisen sadon typpitaseet olivat pääosin positiiviset, timoteilla suuremmat kuin nurminadalla (Taulukko 21, kuva 18). Ainoastaan toisena koevuotena koejäsen ”Vallitseva käytäntö” käytti vähintään lannoitusmäärän verran typpeä: timoteilla tase oli 0 ja nadalla -10 kg/ha. Kumpanakin koevuotena vallitsevalla käytännöllä 1. sadon typpitase oli lähes aina tilastollisesti merkitsevästi matalampi kuin muilla koejäsenillä. Kumpanakin koevuotena nurminadalla ensimmäisen sadon typpitaseet olivat selvästi matalammat (vaihdellen välillä -10–35 kg/ha) kuin timoteilla (0–44 kg/ha). Typpilannoituksen painottaminen ensimmäiselle sadolle nosti lähes aina tilastollisesti merkitsevästi typpitasetta. Tässä kokeessa 120 kg N -lannoituksella tase oli nurminadalla keskimäärin +25 kg/ha ja timoteilla +34 kg/ha. On huomioitava, että varsinkin vuonna 2013 ensimmäisen sadon kasvuaika jäi normaalia lyhyemmäksi poikkeuksellisen lämpimän kevään vuoksi, ja lisäksi kevätlannoitus tehtiin melko myöhään.

Toisessa sadossa typpilannoituksen määrän muutos (70 kg/ha vs. 100 kg/ha) näkyi vuonna 2013 joidenkin koejäsenten välillä typpisadossa ja typpitaseissa. Eniten muista koejäsenistä poikkesi ensimmäisen niiton tavoin vallitseva käytäntö, jonka typpisato jäi muita selvästi alhaisemmaksi molemmilla kasvilajeilla ja jonka taseet olivat 2.sadolla selvästi korkeimmat. Kolmen korjuun koejäsenillä

pienempi typpilannoitusmäärä näytti laskevan poistuneen typen määrää ja pienentävän tasetta kuiva-ainesadon siitä juurikaan kärsimättä. Keskimäärin typpilannoitustaso 70 kg/ha johti negatiivisiin taseisiin: timoteilla tase oli keskimäärin -4 kg/ha ja nurminadalla -2 kg/ha. Vuoden 2014 osalta typpitasetta ei voitu laskea kuin aikaisen toiseen korjuun koejäsenille. Tilastolliset tarkastelut jäivät vuoden 2014 osalta puuttumaan. Aikaisen toisen korjuun koejäsenillä korkeammalla lannoitustasolla (100 kg/ha) tase oli positiivinen sekä timoteilla että nurminadalla. Ensimmäisen ja toisen sadon yhteenlasketut typpitaseet (ei esitetä taulukossa) olivat TC-koejäsenillä ja tavanomaisen typen jaon koejäsenillä melko lähellä toisiaan (ero vaihteli välillä 1–13 kg/ha, keskimäärin 4,5 kg/ha). Ensimmäiselle sadolle annettu lisätyppi näytti siis typpitaseen osalta kompensoivan toisen sadon matalampaa typpilannoitusta.

Kolmannessa sadossa typen taseet olivat lähes aina negatiiviset tai lähellä nollaa (Taulukko 21). Negatiivista tasetta voidaan pitää epätoivottavana etenkin silloin, jos se heikentää satotasoa tai sadon laatua kuluvana tai seuraavana vuonna tai vaikuttaa negatiivisesti talvehtimiseen. Typpilannoituksen satovaste on yleensä vahva ja siten negatiivinen tase epätoivottava. Aikainen toinen niitto lisäsi typen poistumaa kolmannessa korjuussa pidemmän kasvuajan vuoksi. TC-käsittelyn ja tavanomaisen typen jaon välillä ei ollut eroa typen poistumassa. Kokeessa syysasadolle käytetty typpilannoitusmäärä 30 tai 40 kg/ha riitti korvaamaan sadossa poistuneen typpimäärän vain vuonna 2014 myöhäisen toisen korjuun timoteilla, jolla satotaso jäi matalaksi (keskimäärin 910 kg/ha, typpitase 9 kg/ha). On kuitenkin hyvä huomioida, että toisen korjuun jälkeen lannoitus myöhästyi ja toisaalta kasvusto kärsi jonkin verran kuivuudesta, mitkä todennäköisesti pienensivät satotasoa ja typen käyttöä. Muulloin kolmannen sadon typpitaseet olivat kaikilla koejäsenillä nollassa tai negatiiviset. Myöhään toisessa sadossa niitettyjen koejäsenten satotaso kolmannessa korjuussa oli matalampi kuin aikaisin niitettyjen, mikä vähensi typenkäyttöä ja siten nosti tasetta. Kymmenen kilogrammaa korkeampi lannoitustaso TC-koejäsenille nosti typpitasetta, mutta se oli keskimäärin kahden koevuoden aikana edelleen negatiivinen (timoteilla keskimäärin -3 kg/ha ja nurminadalla -10 kg/ha, satotaso 2200 kg ka/ha ja 2600 kg/ka). Kolmannen sadon sadontuoton kannalta kannattavaan typpilannoitusmäärään vaikuttaa myös kolmannelle sadolle jäävä kasvu-aika. Jos kasvu-aika jää riittävän pitkäksi, voisi olla hyvä lisätä typpilannoitusta kolmannelle sadolle.

Vuonna 2013 korkean kuiva-ainesadon tuottaneella nurminadalla kokonaistase vaihteli kolmeen kertaan niitetyillä koejäsenillä välillä -7–9 kg/ha (keskimäärin 3 kg/ha) ja timoteilla 18–36 kg/ha (keskimäärin 28 kg/ha). Korkein kokonaistyppitase oli koejäsenellä vallitseva käytäntö (timotei 57 kg/ha/v ja nurminata 47 kg/ha/v), joka sai toiselle sadolle lannoitteeksi myös karjanlantaa. Koska lietteen tpestä vain osa on liukoisessa muodossa, on vuosikohtainen typpitase usein karjanlantaa toiselle sadolle saaneilla ja kaksi kertaa korjattavilla nurmilla positiivinen. Kun lannoitteena käytetään orgaanisia lannoitteita, tulisi typpitase laskea koko nurmikierrolle yhden nurmivuoden sijaan (Virka-järvi ym. 2016). Aikaisten ja myöhäisten koejäsenten välillä ei ollut tilastollista eroa kokonaistaseessa. Myöskään typpilannoituksen jakaminen ei vaikuttanut kokonaistaseeseen lukuun ottamatta vallitsevaa käytäntöä. Vuoden 2014 vallitsevan käytännön sekä myöhäisen toisen korjuun koejäsenten osalta vuoden kokonaistasetta ei pystytty laskemaan toisen korjuun näytteiden mahdollisen pilaantumisen vuoksi. Kokonaistaseet pystyttiin laskemaan ainoastaan aikaisen korjuun koejäsenille, joilla taseet olivat positiiviset (keskimäärin timoteilla 21 kg/ha ja nurminadalla 26 kg/ha).



Kuva 18. Niittokohtaiset typpitaseet ja kuiva-ainesato sekä kasvukauden kokonaistyyppitase ja -sato kolmen korjuun koejäsenillä. Lannoitusstrategiaa kohden on neljä havaintoa (2 vuotta \times 2 korjuu-aikaa). Toisesta sadosta ja kokonaissadosta puuttuu vuoden 2014 myöhäinen toinen niitto.

Fosfori- ja kaliumtaseet

Fosforin ja kaliumin sadot ja taseet esitetään taulukossa 22 ja kuvassa 17. Kasvuston kivennäismääritykset tehtiin yli kerranteiden yhdistetyistä näytteistä, joten tilastollisia testejä kaliumin ja fosforin sadoista ja taseista ei tehty. Vuonna 2013 ja 2014 fosforia poistui timoteisadon mukana 17–25 kg/ha ja 21–27 kg/ha sekä nurminatasadon mukana 21–35 kg/ha ja 21–29 kg/ha koejäsenestä riippuen. Kaliumia poistui timoteisadon mukana vuonna 2013 127–199 kg/ha ja vuonna 2014 145–220 kg/ha sekä nurminatasadon mukana vuonna 2013 146–264 kg/ha ja vuonna 2014 153–220 kg/ha. On tyypillistä, että timotein kivennäispitoisuus on natoja matalampi (Virkajärvi ym. 2012b), mikä johtuu osittain natojen lehtevyydestä. Sekä fosforin että kaliumin taseet olivat kumpanakin koevuotena negatiivisia koejäsenestä riippumatta. Nurminadan taseet olivat timoteitä negatiivisemmat vuonna 2013, mutta vuonna 2014 ero lajien välillä ei ollut havaittavissa. Nurminadan fosfori- ja kaliumtaseet olivat keskimäärin -13,4 kg/ha ja -143 kg/ha vuonna 2013, kun timoteilla vastaavat arvot olivat -4,7 kg/ha ja -89 kg/ha.

Negatiivista tasetta voidaan tilanteesta riippuen pitää haitallisena tai suotuisana. Pitkään jatkuvat negatiiviset taseet heikentävät nurmipeltojen ravinnetilaa, mutta fosforin huuhtoutumiselle herkillä korkean fosforitilan mailla niitä voidaan pitää jopa suotuisina. Jos fosforilannoituksesta luovutaan, tulee maan viljavuusfosforin laskua seurata huolellisesti, jotta maan P-tila ei laske liikaa. Kaliumilla satovaste on fosforiin verrattuna korkea. Siten negatiivinen K-tase voi maan K-tilan ollessa heikko olla huomattavasti haitallisempi. Toisaalta, koska nurmikasvit ottavat kaliumia yli oman tarpeensa, negatiivinen kaliumtase on hyvin todennäköinen, jos kaliumia on hyvin saatavilla. Maan kaliumtilasta kertoo parhaiten reservikaliumin määrä, jonka on todettu olevan viljavuuskaliumia parempi kaliumtarpeen ennustaja (Virkajärvi ym. 2014).

Varsinkin timoteilla kasvuston kaliumpitoisuus oli varsin alhainen vuonna 2013, mihin suurimpana syynä oli todennäköisesti kuivuus ja timotein pintamaahan painottuva juuristo. Kasvi ottaa kaliumia suunnilleen samassa suhteessa typen kanssa. Alhainen kaliumpitoisuus etenkin koejäsenellä ”vallitseva käytäntö” voi johtua myös huonommasta typpitilanteesta.

Taulukko 22. Kokonaissadon fosfori- ja kaliumpitoisuus (P-pit, K-pit), annettu fosfori- ja kaliumlannoitus (P in, K in), sadon mukana poistuneen fosforin ja kaliumin määrä (P out, K out) sekä fosfori- ja kaliumtase (analyysit tehtiin kerranteet yhdistäen).

	2013				2014				2013				2014			
	P-pit g/kg ka	P in kg/ ha	P out kg/ ha	P tase kg/ha	P-pit g/kg ka	P in kg/ ha	P out kg/ ha	P tase kg/ha	K-pit g/kg ka	K in kg/ ha	K out kg/ ha	K tase kg/ha	K-pit g/kg ka	K in kg/ ha	K out kg/ ha	K tase kg/ ha
TIMOTEI																
Vallitseva käyt.	2,4	15	17	-1,7	2,8	13	21	-8,2	17,6	82	127	-45	19,5	57	145	-89
AIK 2. korj.	2,8	15	24	-9,1	3,0	18	27	-8,8	22,0	96	190	-94	23,0	96	207	-111
AIK 2. korj. TC	2,8	22	23	-1,2	2,8	22	25	-3,3	22,5	91	186	-95	24,4	91	220	-129
MYÖH 2. korj.	2,5	15	23	-8,2	2,7	18	24	-6,4	21,1	96	199	-103	22,5	96	207	-111
MYÖH 2. korj. TC	2,6	22	25	-3,1	2,5	22	24	-2,0	20,5	91	199	-108	21,9	91	208	-117
NURMINATA																
Vallitseva käyt.	3,0	15	21	-5,9	3,4	13	21	-8,8	20,4	82	146	-64	24,3	57	153	-97
AIK 2. korj.	3,2	15	34	-18,6	3,1	18	27	-8,8	24,2	96	253	-157	25,6	96	220	-124
AIK 2. korj. TC	3,3	22	32	-10,4	3,2	22	27	-5,0	24,8	91	247	-156	25,9	91	216	-125
MYÖH 2. korj.	3,3	15	35	-19,9	3,2	18	28	-9,5	24,7	96	264	-168	25,2	96	217	-121
MYÖH 2. korj. TC	3,2	22	34	-12,0	3,4	22	29	-6,8	24,1	91	260	-169	25,2	91	213	-122

4.4.3. Yhteenveto ja johtopäätökset

Uusien nurmikasvilajikkeiden satopotentiaaloin hyödyntäminen vaatii hyvät kasvuolosuhteet, maan hyvän viljavuuden, runsaan ja satotasotavoitteen huomioivan lannoituksen sekä keskittymisen lajikkeiden mukaiseen korjuustrategiaan. Tässä kokeessa nurmi otti ravinteita sitä enemmän, mitä enemmän satoa kertyi: toisen niiton myöhästyttäminen kerrytti ravinnepoistumaa, mutta satomäärän ja kasvuajan noustessa rehun sulavuus, valkuaispitoisuus ja kivennäispitoisuudet yleensä laskivat selvästi.

Tutkimuksen merkittävämpänä tuloksena voidaan pitää toisen niiton ajankohdan vaikutusta kokonaissadon sulavuuteen ja sadon sulavuuteen. Aikaistetulla toisella niitolla saatiin paremmin sulavaa rehua toisessa sadossa ja toisaalta kasvuajan pidentyminen nosti kolmannen sadon määrää. Näin kokonaissadon sulavuutta saatiin nostettua siten, ettei kesän kokonaissato jäänyt kovin paljoa heikommaksi. Satomäärän ja D-arvotarkastelun lisäksi on syytä muistaa myös korjuustrategian vaikutus tilan talouteen sekä ruokinnan suunnitteluun. Vuonna 2013 kokeen tulosten perusteella laskettiin taloudellisesti kannattavaa korjuustrategiaa ja havaittiin, että strategia, joka tuottaa hyvin sulavaa säilörehua voi olla taloudellisessa mielessä erinomainen, vaikka ei satotasoltaan ylittäisikään niin korkeaksi kuin on mahdollista (Suomela ym. 2014a). Rehun sulavuuden paranemisen tuoma taloushyöty lienee erityisen suuri pohjoisilla rehuntuotantoalueilla, jossa rehuviljojen viljelyyn ei välttämättä ole edes edellytyksiä. Hyvälaatuisen ja ruokintaan määrällisesti riittävän nurmirehun avulla ruokinnan suunnittelu on sujuvaa, mielekästä ja taloudellista.

Typpi on nurmituotannon tärkein ravinne: sen satovaste on korkea ja taloudellinen kannattavuus hyvä. Siten sen oikea käyttömäärä ja jakaminen satojen kesken on tärkeää. Tutkimus osoitti tyypillannoituksen tärkeyden myös yhä yleistyvälle kolmannelle sadolle, jonka tyypitaseet jäivät kokeessa negatiivisiksi ja raakavaluaispitoisuus suosituksiin verraten matalaksi. Yleistä lannoitustasoa 30–40 kg N/ha ei voida siten tämän tutkimuksen perusteella pitää riittävänä, mikäli olosuhteet muuten sallivat nurmen hyvän syyskasvun. Toisen sadon tyypipoistuma osoittautui ensimmäistä satoa vastaavaksi, n. 100 kg N/ha. Kokonaistase oli koevuosina keskimäärin positiivinen. Lannoitusmäärän 230 kg N/ha/v voidaan siis arvioida riittäneen paikkaamaan tyypipoistuman, vaikka tase yksinään ei olekaan tarkka typen tarpeen tyydyttymisen mittari. Lisää tutkimusta tarvitaan tyypillannoituksen optimaalisesta jakamisesta. Koska kesän sääolosuhteet vaikuttavat paljon kolmannen korjuun onnistumiseen,

on käytännössä usein lannoitus painotettava selvästi ensimmäiselle ja toiselle sadolle. Kolmannen sadon työntarpeen selvittäminen on erityisen tärkeää, sillä ilmastonmuutoksen myötä myös kasvu-kausi pidentyy ja siten nurmen kasvu syksyllä jatkuu pidempään. Karjanlanta käytettäessä kolmannen sadon työntarpeiden ennustaminen on hankalampaa, sillä karjanlannan tyyppiä vapautuu kasvien käyttöön koko kasvukauden ajan, eikä puutosta siten synny välttämättä yhtä helposti kuin käytettäessä pelkkiä väkilannoitteita.

Pääravinteiden peltotase osoitti nurmikasvien runsaan ravinteidentarpeen. Tila- ja lohko-kohtaiset satotasoerot ovat nurmenviljelyssä tuhansia kuiva-ainekiloja hehtaaria kohden. Nykyisten lannoitussuositusten on pelätty uhkaavan rajoittaa nimenomaan tuotantoaan kehittävien viljelijöiden mahdollisuuksia tehokkaaseen tuotantoon ja maksimaalisiin satoihin. Tässä kokeessa kaliumin ja fosforin osalta taseet olivat yleisesti negatiivisia, eli nurmi käytti enemmän ravinteita kuin sille lannoituksen mukana annettiin. Negatiiviset ravinnetaseet ovat haitallisia, kun maan ravinnetila on heikko, mutta rajoittamatta sadontuottoa korkeissa viljavuusluokissa negatiivisia taseita voidaan pitää jopa suositeltavina. Kaliumin suhteen kannattaa huomioida, ettei negatiivinen kaliumtase ole aina edes vältettävissä lisäämällä lannoitusta. Tämä perustuu nurmien kaliuminotolle tyyppilliseen luksusottoon. Nurmikasvit eivät siis rajoita kaliuminottoa, jos kaliumia on maassa runsaasti saatavilla. Siten rehun kaliumpitoisuus voi nousta hyvinkin korkeaksi ja johtaa negatiivisiin taseisiin. Nurmikasveille käyttökelpoisesta kaliumista kertoo viljavuuskaliumia paremmin maan reservikaliumanalyysi, joka kannattaa teettää myös pohjamaasta, jos se on erilaista kuin pintamaa. Toisaalta negatiivisten kaliumtaseiden huomioiminen riittävällä lannoituksella on ensisijaisen tärkeää mailla, joiden viljavuuskalium- ja reservikaliumtaseet ovat matalat tai rehun kaliumpitoisuus alentunut. Nurmentuotannon alati tehostuessa maan viljavuuden kehitystä on syytä seurata jatkuvasti ja reagoida lisäämällä nurmen lannoitusta tarvittaessa.

Koe ei onnistunut kaikilta osin teknisesti täydellisesti. Tässä raportoidaan ainoastaan kahden vuoden tulokset Maaningalta. Kaiken kaikkiaan koe kesti kolme vuotta ja se toteutettiin Maaningalla ja Ruukissa. Koko koejakson tulokset julkaistaan lähitulevaisuudessa. Eniten tulosten tulkintaa haittasivat toisen korjuun epävarmat analyysitulokset vuonna 2014 ja satunnaisesti myöhästynyt lannoitus, mikä haittasi jonkin verran työntarpeen hyväksikäytön tulkintaa. Rajoitetunkin aineiston perusteella voidaan esittää, että toisen niiton aikaistaminen yhdistettynä kolmeen korjuukertaan vaikuttaa varteentottavalta vaihtoehdolta kokonaissadon keskimääräisen sulavuuden parantamiselle ilman sadon menetystä. Tämän vaihtoehdon edullisuus todennäköisesti korostuisi, jos kolmannen sadon työntarpeiden lannoitusta voitaisiin nostaa talvehtimisen kärsimättä. Aihe vaatisi vielä lisätutkimusta.



Kuva: Sanna Kykkänen.

4.5. Korjuustrategiat ja täydennyskylvö

4.5.1. Aineisto ja menetelmät

Karjatilan kannattava peltoviljely (KARPE)-hankkeessa tutkittiin nurmen korjuuaikastrategioita vuosina 2009–2012. Kokeen kolmen ensimmäisen vuoden tulokset on raportoitu tarkemmin opinnäytetyönä (Hyttinen 2013). Vuosien 2009–2012 tulokset on raportoitu lyhyesti hankkeen päätösjulkaisussa (Hyrkäs ym. 2012). Varsinaisen kokeen päätyttyä koeruuduilla toteutettiin täydennyskylvökoe vuosina 2012–2014, jotka olivat kasvuston neljäs, viides ja kuudes nurmivuosi. Koeruudet jaettiin kahtia ja niiden toinen puoli täydennyskylvettiin. Korjuustrategioita jatkettiin edelleen kuten aikaisemmassa kokeessa.

Koeruudet oli perustettu timotei-nurminataseoksena (Tuure-Ilmari 55:45) suojaviljaan vuonna 2008. Maalaji oli runsasmultainen hieta ja kokeessa oli kolme kerrannetta. Koejäsenenä oli neljä erilaista korjuuaikastrategiaa: aikainen, myöhäistetty ja erittäin myöhäinen ensimmäinen korjuu yhdistettynä kaikille yhtä aikaa tehtyyn toiseen niittoon, sekä kolmen korjuun strategia. Kolmen korjuun strategian ensimmäinen niitto sekä aikainen 1. niitto tehtiin yhtä aikaa. Tavoitteena oli D-arvo 690–700 g/kg ka. Myöhäistetyn 1. niiton D-arvotavoite oli 650 g/kg ka ja erittäin myöhäisen 620 g/kg ka. Kolmen korjuun strategiassa toinen niitto tehtiin muita aikaisemmin, muilla koejäsenillä toinen sato tehtiin yhtä aikaa. Kolmas korjuu tehtiin aivan kasvukauden lopussa.

Täydennyskylvöä varten koeruudet jaettiin keskeltä kahtia, jolloin koeruutujen kooksi tuli 1,5 × 4 m. Erotus tehtiin sivelemällä kasvustoa glyfosaatilla. Kerranteet sijaitsivat koealueella peräkkäin yhtenä kaistana. Työteknisistä syistä kaikista kerranteista täydennyskylvettiin sama pääty. Täydennyskylvö tehtiin kolmena keväänä (2012–2014). Alue äestettiin ensin kertaalleen rikkaakeellä, ja kylvö tehtiin kiekkovannas-koneella (Juko). Täydennyskylvössä käytettiin timotei-nurminataseosta seossuhteella 70:30. Lajikkeet ja kylvömäärät olivat vuonna 2012 Tuure-Ilmari 13 kg/ha, vuonna 2013 Tenho-Inkeri 16 kg/ha ja vuonna 2014 Tuure-Inkeri 13 kg/ha.

Koeruudet lannoitettiin 1. sadolle Nurmen Y1:llä (20-3-5), toinen ja kolmas sato saivat Suomen-salpietaria (27-0-1), sillä maan reservikaliumvarat tiedettiin runsaiksi. Ensimmäiselle ja toiselle sadolle annettiin 100 kg N/ha ja kolmannelle 50 kg N/ha. Niiton yhteydessä määritettiin ruutusato ja kuiva-aine sekä otettiin analyysinäyte. Vuonna 2012 näytteet analysoitiin kuten KARPE-hankkeen kokeessa MTT Kotieläintuotannon tutkimuksen laboratorioissa Jokioisissa. D-arvo määritettiin sellulaasiliukoisuuden ja tuhkan avulla (Nousiainen ym. 2003, Huhtanen ym. 2006) ja raakavalkuainen (rv) Kjehdahl-menetelmällä. Vuosina 2013 ja 2014 D-arvo ja raakavalkuainen määritettiin NIR-menetelmällä Valio Oy:n Seinäjoen laboratorioissa. Vuosina 2013 ja 2014 vain täydennyskylvettyjen ruutujen näytteet analysoitiin. Näin tehtiin, koska täydennyskylvettyjen ja -kylvämättömien ruutujen välillä ei kuiva-ainesatojen perusteella ollut merkittäviä eroja, eikä silmämääräisesti näyttänyt siltä, että täydennyskylvetyt versot olisivat kasvaneet riittävästi vaikuttaakseen sadon ominaisuuksiin. Analyysituloksia käytettiin siis vain korjuustrategioiden väliseen vertailuun. Koejäsenille laskettiin tyyppisato (rv/6,25×kuiva-ainesato/1000), tyyppitase (annettu N-lannoitus – N-sato) sekä typen hyväksikäyttöindeksi (N-sato/N-lann). Taulukossa 23 esitetään kokeen hoitoon liittyvät päivämäärät.

Taulukko 23. Kokeella tehtyjen toimenpiteiden ajankohdat.

	2012	2013	2014
Täydennyskylvö	9.5.	29.4.	10.4.
Rikkakasvitorjunta	14.5.		
Lannoitus 1. sadolle	8.5.	13.5.	9.5.
1. niitto			
Kolme niittoa ja Aikainen 1. niitto	18.6.	6.6.	10.6.
Myöhäistetty 1. niitto	26.6.	13.6.	19.6.
Erittäin myöhäinen 1. niitto	3.7.	24.6.	4.7.
Lannoitus 2. sadolle:			
Kolme niittoa ja Aikainen 1. niitto	27.6.	12.6.	10.6.
Myöhäistetty 1. niitto	27.6.	18.6.	19.6.
Erittäin myöhäinen 1. niitto	5.7.	24.6.	8.7.
2. niitto			
Kolme niittoa	25.7.	12.7.	29.7.
Kahden niiton strategiat	22.8.	2.8.	8.8.
Lannoitus 3. sadolle	*	18.7.	1.8.
3. niitto	25.9.	24.9.	23.9.

* Pvm puuttuu.

Tulokset analysoitiin SAS 9.3 -ohjelmiston Mixed-proseduurilla. Täydennyskylvön vaikutusta tutkittiin strip plot -koeasetelman mukaisella tilastomallilla, jossa kiinteinä tekijöinä olivat korjuustrategia, täydennyskylvö ja niiden yhdysvaikutus, sekä satunnaisina tekijöinä kerranne, kerrannextäydennyskylvö-yhdysvaikutus sekä kerranne×korjuustrategia-yhdysvaikutus. Sulavuus ja rehuarvot määritettiin vain täydennyskylvetyiltä ruuduilta. Tilastoajat tehtiin mallilla, jossa kiinteinä tekijöinä olivat korjuustrategia, vuosi ja niiden yhdysvaikutus, satunnaisina tekijöinä kerranne ja kerrannextäydennyskylvö-yhdysvaikutus sekä toistotekijänä vuosi *Compound symmetry*-kovarianssirakenteella. Molemmilla malleilla käytettiin Kenward-Rogerin vapausastemenetelmää. Korjuustrategioiden väliset parivertailut tehtiin vuosikohtaisesti Tukeyn testillä.

4.5.2. Tulokset ja tulosten tarkastelu

Taulukossa 24 esitetään ensimmäisen ja toisen sadon kuiva-ainesadot vuosittain. Ensimmäisenä koevuonna ensimmäisessä sadossa täydennyskylvetyt ruudut eivät eronneet täydennyskylvämättömistä. Itäneet versot ovat tässä vaiheessa vasta pieniä, joten satovaikutuksen puuttuminen on odotettua. Myöhäistetyllä ja erittäin myöhäisellä ensimmäisellä niitolla täydennyskylvetyillä ruuduilla on kuitenkin numeroarvoisesti hieman suuremmat sadot, mikä saattaa antaa viitteitä siitä että täydennyskylvetyt versot ovat olleet jo tarpeeksi suuria vaikuttaakseen hieman satoon. Seuraavana keväänä täydennyskylvettyjen ruutujen satotaso oli kaikilla koejäsenillä täydennyskylvämättömiä matalampi, ja tämä ero on tilastollisesti lähes merkitsevä ($p = 0,060$). On mahdollista, että kylvövantaat ovat vaurioittaneet nurmen juuristoa aiheuttaen lievän satoa alentavan vaikutuksen. Kolmantena keväänä korjuustrategialla ja täydennyskylvöllä oli yhdysvaikutus siten, että täydennyskylvö näytti nostavan satoa myöhäistetyn ja erittäin myöhäisen korjuun strategioilla, mutta laskevan sitä kolmen korjuun taktiikalla. Ensimmäisen korjuun myöhästyttämisen vaikutus ensimmäisen sadon määrään oli luonnollisesti merkittävä jokaisena vuonna. Vuonna 2012 aikainen ensimmäinen korjuu tehtiin myöhään verrattuna muihin vuosiin, mikä näkyy satotasossa.

Vuonna 2012 täydennyskylvö nosti toisen sadon määrää tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,001$; Taulukko 24). Sadonlisä oli keskimäärin 410 kg ka/ha (250–670 kg ka/ha). Kahtena seuraavana vuonna täydennyskylvöllä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta, ja täydennyskylvetyillä ruuduilla oli lähes aina numeroarvoisesti pienemmät sadot. Korjuustrategian myötä syntyneillä eripituisilla kasvuajoilla oli jälleen suuri vaikutus sadon määrään.

Kesän kokonaiskuiva-ainesadot sekä kumulatiivinen sato vuosilta 2012–2014 esitetään taulukossa 25. Vuonna 2012 havaittu sadonlisä toisessa sadossa näkyy myös kokonaissadossa. Täydennyskylvettyjen ruutujen satotaso oli keskimäärin 470 kg ka/ha korkeampi kuin täydennyskylvämättömien. Seuraavana vuonna tilanne oli päinvastainen ja täydennyskylvettyjen ruutujen sato oli keskimäärin 590 kg ka/ha matalampi. Vuonna 2013 korjuustrategialla ja täydennyskylvöllä oli yhdysvaikutus. Kolmen korjuun taktiikalla täydennyskylvö laski satoa 740 kg ka/ha, kun taas myöhäistetyllä ja erittäin myöhäisellä ensimmäisellä korjuulla sadonlisät olivat 210 ja 540 kg ka/ha. Vuosien keskinäisistä eroista johtuen kumulatiivisessa sadossa täydennyskylvön vaikutus ei ollut merkitsevää (Taulukko 25).

Täydennyskylvön vaikutukset satoon olivat vaihtelevia, mikä on havaittu muissakin tutkimuksissa (mm. Kurki & Valo 2013). Tähän on löydettävissä useita selityksiä. Täydennyskylvön onnistumiseen vaikuttaa moni asia, joten on odotettua että vuosien välillä on vaihtelua. Toisaalta olisi ollut odotettua, että satovaikutus olisi ollut suurin viimeisenä koevuonna, kun täydennyskylvö oli tehty jo kolmena keväänä. Iästään huolimatta koeruutujen nurmi oli kuitenkin edelleen varsin tiheää, ja juolavehänä oli vallannut tehokkaasti aukkopaiikat. Voi olla, ettei useampi täydennyskylvö jo valmiiksi tiheään nurmeen ollut enää tarpeen. Vuonna 2014 toisessa sadossa tehtiin kolme kasvilajikoostumusmäärittystä sekä täydennyskylvetyltä että –kylvämättömältä puolelta yhdeltä kerranteelta, jossa juolavehänä esiintyi runsaasti. Täydennyskylvetyllä puolella juolavehnan osuus kasvustossa oli keskimäärin 25 % (1 %, 29 % ja 47 %), ja täydennyskylvämättömällä 50 % (59 %, 39 % ja 52 %). On vaikea sanoa, onko täydennyskylvöllä ollut vaikutusta juolavehnan vähäisempään esiintymiseen.

Täydennyskylvö onnistuu helpommin aukkoiseen nurmeen, kun taas tasaisesti harvassa nurmessa vaikutus tulee näkyviin hitaammin (Kurki & Valo 2013). Tässä kokeessa nurmi ei ollut lähtötilanteessa aukkoista. Määrällisiä tuloksia täydennyskylvön hyödystä on harvoin kyetty esittämään, tästä esimerkkinä Hakkola 1995.

Taulukko 24. Ensimmäiset ja toiset sadot täydennyskylvetyillä ja -kylvämättömillä koeruuduilla eri vuosina. SEM = keskiarvon keskivirhe.

Korjuustrategia	Täydennyskylvö	Kuiva-ainesato kg ka/ha/v					
		2012	1. sato 2013	2014	2012*	2. sato 2013*	2014
Kolme niittoa	ei	5740	3110	3750	2170	2630	4900
Aikainen 1. niitto	ei	6150	3500	3760	5190	5630	5340
Myöhäistetty 1. niitto	ei	6830	4980	4470	4210	4730	5180
Erittäin myöhäinen 1. niitto	ei	7740	6960	6740	4160	3570	4420
Keskimäärin	ei	6610	4630	4680	3930	4140	4960
Kolme niittoa	kyllä	5310	2960	3370	2420	2420	4380
Aikainen 1. niitto	kyllä	6140	3190	3710	5570	4870	5180
Myöhäistetty 1. niitto	kyllä	7100	4770	4940	4880	4640	5240
Erittäin myöhäinen 1. niitto	kyllä	8060	6470	7250	4480	3220	4120
Keskimäärin	kyllä	6650	4350	4820	4340	3790	4730
SEM		212	112	219	.	.	220
P-arvot	strategia	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,004
	täyd.kylvö	0,87	0,060	0,63	<0,001	0,13	0,17
	yhd.vaikutus	0,17	0,32	0,002	0,40	0,72	0,27

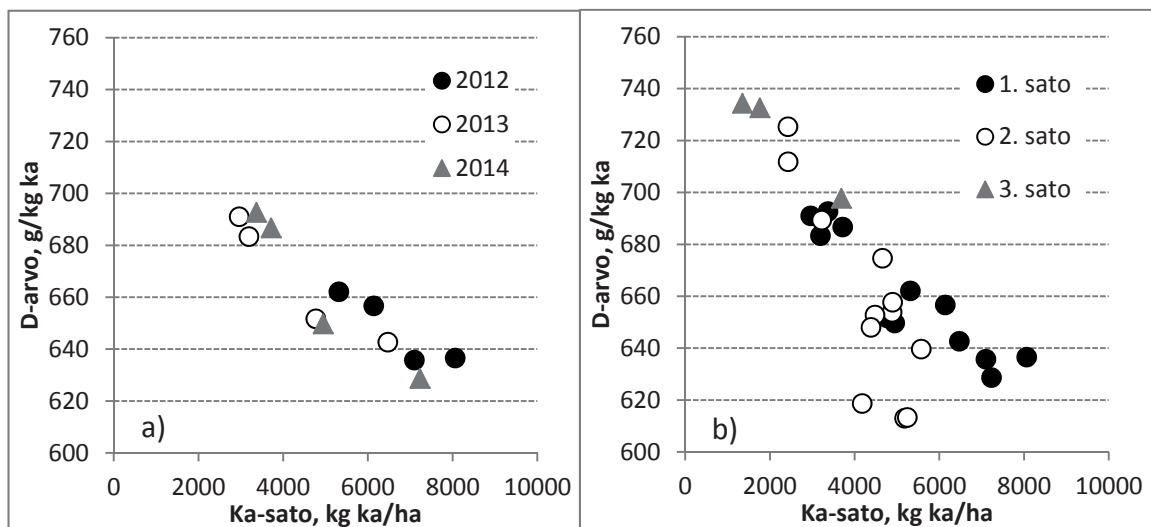
* Käytetty logaritimuunnosta.

Taulukko 25. Kokonaiskuiva-ainesadot normaaleilla ja täydennyskylvetyillä koeruuduilla eri vuosina. SEM = keskiarvon keskivirhe.

Korjuustrategia	Täydennyskylvö	Kuiva-ainesato kg ka/ha/v			
		2012	2013	2014	2012–2014
Kolme niittoa	ei	9560	9160	9840	28570
Aikainen 1. niitto	ei	11360	9200	9100	29660
Myöhäistetty 1. niitto	ei	11030	9720	9650	30400
Erittäin myöhäinen 1. niitto	ei	11900	10530	11160	33590
Keskimäärin	ei	10960	9650	9940	30560
Kolme niittoa	kyllä	9500	9060	9100	27660
Aikainen 1. niitto	kyllä	11700	8080	8890	28680
Myöhäistetty 1. niitto	kyllä	11980	9420	10190	31590
Erittäin myöhäinen 1. niitto	kyllä	12540	9690	11370	32980
Keskimäärin	kyllä	11430	9060	9890	30230
SEM		263	288	292	543
P-arvot	strategia	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
	täyd.kylvö	0,031	0,011	0,86	0,49
	yhd.vaikutus	0,30	0,30	0,022	0,18

Täydennyskylvön lisäksi kokeesta saatiin lisää havaintoja korjuustrategioiden välisistä eroista. Taulukossa 26 esitetään kokeen täydennyskylvetyyn puolen kuiva-ainesato, energiasato ja D-arvotulokset vuosittain ja niitoittain. Vuonna 2012 kolmen niiton strategia jäi satotasoltaan heikommaksi kuin kahden niiton strategiat, joiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Hieman yllättäen eroa ei ollut myöskään sulavuudessa, joka oli kaikilla kahden korjuun strategioilla varsin matala (642–649 g/kg ka). Aikaisen ensimmäisen sadon niitto myöhästyi D-arvo-tavoitteesta, mikä selittää asiaa. Suuren satotasieron takia kolmen niiton strategia jäi heikoimmaksi myös energiasatona mitattuna, mutta sen sulavuus oli strategioista ainoana hyvällä tasolla (688 g/kg ka). Vuosi 2013 oli erityisen suotuista kolmen korjuun strategialle. Tässä kokeessa kolmas sato olikin suurempi kuin ensimmäinen ja toinen sato. Sadon jakautuminen niittojen kesken oli aivan erilainen kuin vuonna 2012, jolloin 1. niitto viivästyi ja sato painottui vahvasti ensimmäiseen korjuuseen. Kolmen korjuun strategia oli vuonna 2013 satotasoltaan myöhäistetyn ja erittäin myöhäisen 1. niiton veroinen ja niitä selvästi parempi sulavuudeltaan. Kolme korjuuta tuotti yhtä korkean sadon kuin kahden korjuun strategiat myös vuonna 2014, vaikka kolmannen sadon satotaso jäikin varsin matalaksi. Vastaavasti toinen sato oli selvästi korkeampi kuin aiempina vuosina, ja sen matalasta D-arvosta (648 g/kg ka) nähdään että niitto olisi kannattanut tehdä aiemmin. Kolmas sato olisi silloin todennäköisesti ollut selvästi suurempi, sillä pidemmän kasvuajan lisäksi kuivuuden haittaava vaikutus kasvuunlähtöön olisi ollut pienempi. Vuonna 2014 kahden niiton strategioiden toinen niitto tehtiin niin myöhään, että D-arvo oli pudonnut jo selvästi alle 620 g/kg ka. Tämä laski myös kokonaissadon D-arvoa varsin matalaksi. Osaltaan mataliin D-arvoihin voi vaikuttaa juolavehnan runsas esiintyminen kasvustossa.

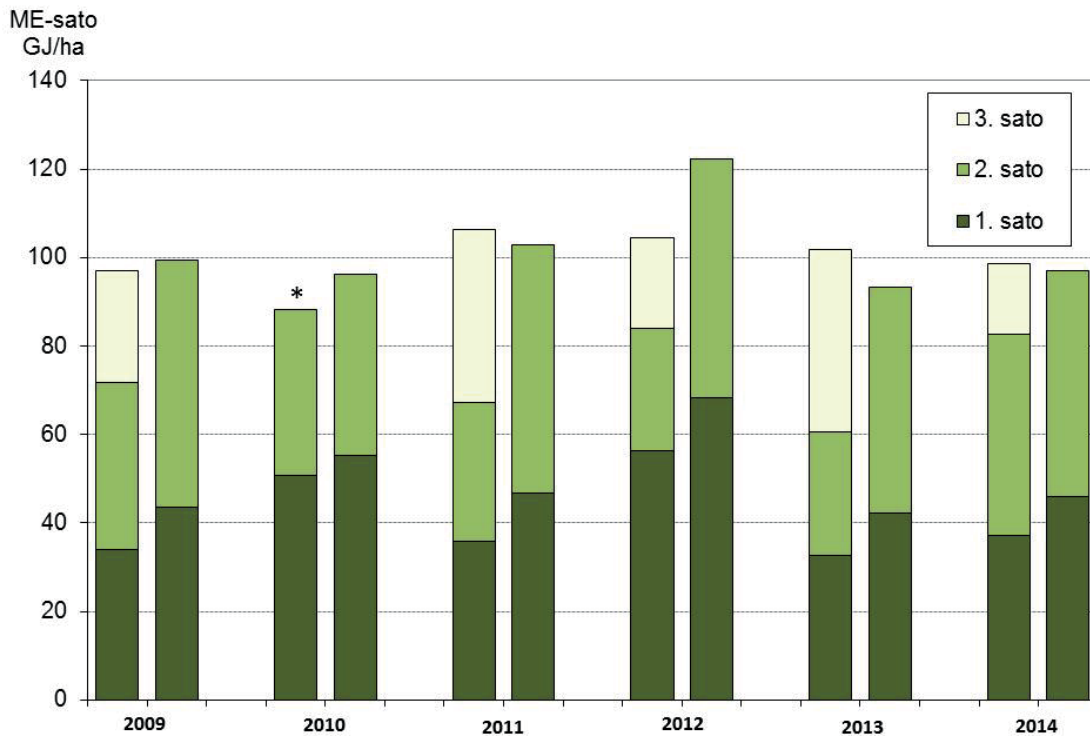
Kuvassa 19 a) esitetään ensimmäisen sadon D-arvon ja kuiva-ainesadon välinen yhteys eri vuosina. Korrelaatio D-arvon ja sadon välillä on vahva ($R^2 = 0,86$). Vuositasolla sekä yleisesti on kuitenkin nähtävissä lievää käyräviivaisuutta siten, että laskettuaan riittävän alas D-arvon lasku hidastuu.



Kuva 19. D-arvon muutos kuiva-ainesadon kasvaessa ensimmäisessä sadossa vuodet erikseen (a) sekä kaikissa sadoissa (b).

Kuvassa 19 b) esitetään vastaava yhteys ensimmäisen sadon lisäksi myös toisessa ja kolmannessa sadossa. Kuvassa kolme muusta joukosta matalampana D-arvona erottuvaa toisen sadon havaintoa ovat kaikki peräisin vuoden 2014 aineistosta. Tämän vuoden matala D-arvo ei kuitenkaan johdu muuta vuosia pitemmästä kasvuajasta, sillä vuonna 2012 aikaisen ensimmäisen niiton ja toisen niiton välinen aika oli 65 päivää, vuonna 2013 57 päivää ja vuonna 2014 59 päivää. Kuvasta huomataan, ettei kuiva-ainesadon ja D-arvon välinen yhteys ole toisessa sadossa yhtä vahva kuin muissa sadoissa, vaan samalla satotasolla D-arvo voi vaihdella yli 60 g.

Karpe- ja KESTO-hankkeiden aikana samoja korjuustrategioita toteutettiin samoilla koeruuduilla yhteensä kuutena vuonna. Kuvassa 20 esitetään kolmen korjuun taktiikan menestyminen näinä vuosina verrattuna aikaisen ja myöhäistetyn ensimmäisen niiton keskiarvoon. Vertailu esitetään energiasatona, joka huomioi sekä sadon määrän että sulavuuden. Kolmannen sadon satotaso vaihteli selvästi eri vuosina. Vuonna 2010 kolmannen sadon kasvuunlähden aikaan oli hyvin kuivaa, ja kolmannen sadon kasvu oli kenttäkokeilla yleisesti heikkoa. Lannoitusvirheen vuoksi kolmannen sadon tulosta vuodelta 2010 ei voi käyttää. Kokonaissatoja vertailtaessa kaksi ja kolme korjuuta olivat melko tasaveroisia, ainoastaan vuonna 2012 energiasato jäi kolmen korjuun taktiikalla kahden korjuun taktiikkaa huonommaksi. Tällöinkin, kuten myös muina vuosina, kolmen korjuun taktiikalla saatu sulavuus oli kahden korjuun taktiikkaan merkittävästi korkeampi (Hyttinen 2013; Taulukko 26). Verrattuna KESTO-hankkeen kokeeseen ”Korjuustrategiat timotei-nurminataseoksilla” (aiemmin tässä raportissa), kolmen korjuun strategia ei tässä kokeessa tuottanut korkeampaa satoa kuin kahden korjuun strategia, mutta pärjasi vertailussa hyvin korkean sulavuuden vuoksi.



Kuva 20. Kolmen korjuun taktiikan (vasen pylväs) onnistuminen suhteessa aikaisen ja myöhäistetyn ensimmäisen niiton keskiarvoon (oikea pylväs) eri vuosina. * = Kolmannen sadon satotieto puuttuu.

Taulukossa 27 esitetään korjuustrategioiden tuottamat raakavalkuaispitoisuudet, typpisadot sekä typen hyväksikäyttötehokkuudet niitoittain eri vuosina. Raakavalkuaispitoisuudessa oli vaihtelua vuosien välillä, mutta yleisesti taso oli matala. Yksi selitys tähän on se, ettei koalueelle oltu levitetty lietettä pitkään aikaan. Kuten D-arvo, myös raakavalkuaispitoisuus kokonaissadossa oli korkein kolmen korjuun strategialla. Kahden korjuun strategioilla oli sen sijaan enemmän keskinäisiä eroja raakavalkuaispitoisuudessa kuin sulavuudessa. Aikaisen ensimmäisen niiton strategialla oli aina korkeammat raakavalkuaispitoisuudet kuin myöhäisen ensimmäisen niiton strategialla.

Kolmen niiton strategia sai 250 kg N/ha typpeä kasvukauden aikana, ja kahden niiton strategiat saivat 200 kg N/ha. Suurempien lannoituspanostuksien tuottamaa hyötyä voi tarkastella mm. typen hyväksikäyttötehokkuuden avulla (Taulukko 27). Vuonna 2012 typen hyväksikäyttötehokkuus jäi kolmen niiton strategialla muita selvästi alhaisemmaksi, kun kahden niiton strategioilla lähes kaikki lannoitteena annettu typpi tuli hyödynnetyksi sadossa. Vuonna 2013 typen hyväksikäyttötehokkuus oli kaikilla strategioilla noin 0,82, ja kolmas sato käytti typpeä enemmän kuin sille annettiin. Kahden niiton strategioilla ero muihin vuosiin syntyi ykkössadossa, joka poikkeuksellisen lämpimän sään vuoksi niitettiin aiemmin kuin muina vuosina. Vuosi 2014 oli typen hyväksikäyttötehokkuuden osalta samantapainen kuin vuosi 2012.

4.5.3. Yhteenveto ja johtopäätökset

Täydennyskylvön osalta kokeella ei saatu johdonmukaisia tuloksia. Täydennyskylvön mahdollista vaikutusta rehuarvoihin esimerkiksi kasvilajikoostumuksen kautta ei selvitetty. Eri korjuuajastrategioista ja vuosien välisestä vaihtelusta satotasoina ja sulavuuksissa lisävuodet antoivat kuitenkin lisätietoa. Vuodet 2013 ja 2014, varsinkin 2013, olivat suotuisia kolmannelle sadolle ja kolmen niiton strategia ylsikin tässä kokeessa parempaan tulokseen kuin aiemmin KARPE-hankkeen aikana (Hyrkäs ym. 2012). Sääolosuhteiden vaikutus on siis merkittävä ja strategioiden välinen paremmuus riippuu vuodesta. Korjuustrategiaa voikin joutua vaihtamaan kesken kasvukauden sääolosuhteiden niin vaatessa.

Vaikka korjuustrategiat pidettiin periaatteeltaan samoina kaikkina vuosina, käytännössä vuosien välillä oli vaihtelua siinä, mikä niittohetyksen D-arvo kasvustossa oli. Vaihtelua oli myös siinä, kuinka sato jakautui eri niittojen kesken. Erilaisilla satojakaumilla voidaan päätyä hyvinkin erilaisiin sato-tasoihin, raakavalkuaispitoisuuksiin ja sulavuuksiin. Matalimpiin D-arvoihin päädyttiin viivästyttämällä toista niittoa.

Satotaso kokeella säilyi varsin korkeana huolimatta nurmen ikääntymisestä. Osaltaan tämä joutuu runsaasta juolavehnan esiintymisestä, joka täytti aukkopaidat ja tuotti myös runsaasti massaa satoon. Juolavehnan sulavuus on todennäköisesti timoteitä ja nurminataa matalampi (Virkajärvi ym. 2012d), mikä saattaa näkyä D-arvotuloksissa myöhäisen kasvuasteen lisäksi.



Kuva Maarit Hyrkäs.

Taulukko 26. Kuiva-ainesadot, energiasadot (ME-sato) ja D-arvot niitoittain ja vuosittain. SEM = keskiarvon keskivirhe. Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt eivät eroa toisistaan (Tukeyn testi). Kokonaissadon D-arvo on laskettu kuiva-ainesadoilla painotettuna keskiarvona.

1. sato		Kuiva-ainesato			ME-sato			D-arvo		
		kg ka/ha			GJ/ha			g/kg ka		
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		5310 ^a	2960 ^a	3370 ^a	56,3 ^a	32,7 ^a	37,3 ^a	662 ^b	691 ^b	693 ^b
Aikainen 1. niitto		6140 ^a	3190 ^a	3710 ^a	64,5 ^{ab}	34,9 ^a	40,7 ^a	657 ^{ab}	683 ^b	687 ^b
Myöhäistetty 1. niitto		7100 ^b	4770 ^b	4940 ^b	72,2 ^b	49,7 ^b	51,4 ^b	636 ^a	652 ^a	650 ^a
Erittäin myöhäinen 1. niitto		8060 ^c	6470 ^c	7230 ^c	82,1 ^c	66,4 ^c	73,4 ^c	637 ^a	643 ^a	629 ^a
Keskimäärin		6650	4350	4810	68,8	45,9	50,7	648	667	664
SEM			183			1,95			4,8	
P-arvot	strategia	<0,001			<0,001			<0,001		
	vuosi	<0,001			<0,001			<0,001		
	yhd.vaikutus	0,003			0,006			0,004		
2. sato		Kuiva-ainesato			ME-sato			D-arvo		
		kg ka/ha			GJ/ha			g/kg ka		
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		2420 ^a	2420 ^a	4380 ^a	27,6 ^a	28,1 ^a	45,5 ^{ab}	712 ^b	725 ^d	648
Aikainen 1. niitto		5570 ^d	4890 ^b	5180 ^b	57,0 ^c	51,6 ^b	50,6 ^b	640 ^a	658 ^a	613
Myöhäistetty 1. niitto		4880 ^c	4660 ^b	5240 ^b	51,1 ^b	50,2 ^b	51,4 ^b	654 ^a	675 ^b	613
Erittäin myöhäinen 1. niitto		4480 ^b	3220 ^a	4170 ^a	46,8 ^b	35,4 ^a	41,5 ^a	653 ^a	689 ^c	619
Keskimäärin		4340	3800	4740	45,6	41,3	47,2	665	687	623
SEM			175			1,90			5,7	
P-arvot	strategia	<0,001			<0,001			<0,001		
	vuosi	0,003			0,013			<0,001		
	yhd.vaikutus	<0,001			<0,001			0,019		
3. sato		Kuiva-ainesato			ME-sato			D-arvo		
		kg ka/ha			GJ/ha			g/kg ka		
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		1760	3680	1350	20,6	41,1	15,8	733	698	734
SEM		90	66	150	0,91	0,61	1,87	6,0	5,2	7,9
Kokonaissato		Kuiva-ainesato			ME-sato			D-arvo		
		kg ka/ha			GJ/ha			g/kg ka		
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		9500 ^a	9060 ^{ab}	9100 ^{ab}	104,5 ^a	101,9 ^b	98,6 ^{ab}	688 ^b	703 ^b	677 ^b
Aikainen 1. niitto		11700 ^b	8080 ^a	8890 ^a	121,5 ^b	86,4 ^a	91,3 ^a	649 ^a	668 ^a	644 ^a
Myöhäistetty 1. niitto		11980 ^b	9420 ^b	10190 ^{bc}	123,3 ^b	100,0 ^b	102,8 ^{ab}	643 ^a	663 ^a	631 ^a
Erittäin myöhäinen 1. niitto		12540 ^b	9690 ^b	11450 ^c	128,8 ^b	101,8 ^b	115,2 ^b	642 ^a	658 ^a	625 ^a
Keskimäärin		11430	9070	9910	119,5	97,5	102,0	655	673	644
SEM			280			3,20			4,1	
P-arvot	strategia	<0,001			0,002			<0,001		
	vuosi	<0,001			<0,001			<0,001		
	yhd.vaikutus	<0,001			<0,001			0,62		

Taulukko 27. Raakavalkuainen, N-sato ja typen hyväksikäyttötehokkuus niitoittain ja vuosittain. SEM = keskiarvon keskivirhe. Samassa sarakkeessa samalla kirjaimella merkityt eivät eroa toisistaan (Tukeyn testi).

1. sato		Raakavalkuainen			N-sato			N-tehokkuus		
		g/kg ka			kg/ha					
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		112 ^c	148 ^c	157 ^c	95 ^a	70 ^a	85 ^a	0,95 ^a	0,70 ^a	0,85 ^a
Aikainen 1. niitto		118 ^d	148 ^c	163 ^c	116 ^b	76 ^{ab}	97 ^{ab}	1,16 ^b	0,76 ^{ab}	0,97 ^{ab}
Myöhäistetty 1. niitto		95 ^b	107 ^b	115 ^b	108 ^{ab}	81 ^{ab}	91 ^a	1,08 ^{ab}	0,81 ^{ab}	0,91 ^a
Erittäin myöhäinen 1. niitto		83 ^a	88 ^a	94 ^a	107 ^{ab}	91 ^b	114 ^b	1,07 ^{ab}	0,91 ^b	1,14 ^b
Keskimäärin		102	123	132	107	79	96	1,07	0,79	0,96
SEM		3,2			4,2			0,042		
P-arvot	strategia	<0,001			0,002			0,002		
	vuosi	<0,001			<0,001			<0,001		
	yhd.vaihtus	<0,001			0,007			0,007		
2. sato		Raakavalkuainen			N-sato			N-tehokkuus		
		g/kg ka			kg/ha			g/kg ka		
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		182 ^c	171 ^d	127	71 ^a	66 ^a	89	0,71 ^a	0,66 ^a	0,89
Aikainen 1. niitto		100 ^a	107 ^a	115	89 ^b	84 ^{bc}	95	0,89 ^b	0,84 ^{bc}	0,95
Myöhäistetty 1. niitto		107 ^{ab}	122 ^b	112	83 ^b	91 ^c	93	0,83 ^b	0,91 ^c	0,93
Erittäin myöhäinen 1. niitto		113 ^b	143 ^c	134	81 ^b	74 ^{ab}	86	0,81 ^b	0,74 ^{ab}	0,86
Keskimäärin		125	136	122	81	79	91	0,81	0,79	0,91
SEM		3,8			3,7			0,037		
P-arvot	strategia	<0,001			0,009			0,009		
	vuosi	<0,001			0,011			0,011		
	yhd.vaihtus	<0,001			0,026			0,026		
3. sato		Raakavalkuainen			N-sato			N-tehokkuus		
		g/kg ka			kg/ha			g/kg ka		
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		110	107	149	31	63	32	0,62	1,26	0,64
SEM		1,0	1,7	4,2	1,5	0,4	4,4	0,030	0,010	0,090
Kokonaissato		Raakavalkuainen			N-sato			N-tehokkuus		
		g/kg ka			kg/ha			g/kg ka		
Korjuustrategia		2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
Kolme niittoa		130 ^d	137 ^c	141 ^b	197	199 ^b	206	0,79 ^a	0,80	0,82 ^a
Aikainen 1. niitto		110 ^c	123 ^b	135 ^b	205	160 ^a	192	1,03 ^b	0,80	0,96 ^b
Myöhäistetty 1. niitto		100 ^b	114 ^{ab}	113 ^a	191	173 ^a	184	0,96 ^b	0,86	0,92 ^{ab}
Erittäin myöhäinen 1. niitto		94 ^a	106 ^a	110 ^a	189	164 ^a	197	0,94 ^b	0,82	0,99 ^b
Keskimäärin		108	120	125	195	174	195	0,93	0,82	0,92
SEM		2,4			7,0			0,032		
P-arvot	strategia	<0,001			0,006			0,001		
	vuosi	<0,001			0,019			0,015		
	yhd.vaihtus	0,15			0,011			0,004		

4.6. Kirjallisuus

- Elonen, P. 1971. Particle-size analysis of soil. *Acta Agralia Fennica* 122: 1–122.
- Ellä, A. 2014. Säilörehut rahaksi – käytännön tietotaitoa säilörehun tuotannosta BM-nurmiympäristöstä. Maidon ja nurmentuotannon tulosseminaari 2014. ProAgria. https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/tulosseminaari_2014_sailorehutulokset_2013_ae_js_netiversio_0.pdf
- Hakkola, H. 1991. Nurmen kevätlannoituksen ajankohta. *Koetoiminta ja käytäntö* 48:42.
- Hakkola, H. 1995. Nurmen täydennyskylvö onnistuu parhaiten keväällä. *Koetoiminta ja käytäntö* 52: 54-55.
- Hakkola, H., Heikkilä, R., Rinne, K. & Vuorinen, M. 1987. Odelman typpilannoitus, sängenkorkuus ja niittoaika. Maatalouden tutkimuskeskus, *Tiedote* 4/87.
- 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.
- Hyrkäs, M., Sairanen, A., Virkajärvi, P. & Suomela, R. 2012. Säilörehun korjuuajan vaikutus nurmisaadon määrään ja laatuun. Teoksessa: Nurmesta se kaikki lähtee! Karjatilan kannattava peltoviljely, KARPE-hanke 2009-2012. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 4–8. <http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/paatosjulkaisu.pdf>
- Hyttinen, H. 2013. Säilörehun korjuuajan optimointi. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201304194638>.
- Jylhä, K., Ruosteenoja, K., Räisänen, J., Venäläinen, A., Ruokolainen, L., Saku, S. & Seitola, T., Arvioita Suomen muuttuvasta ilmastosta sopeutumistutkimuksia varten, ACCLIM-hankkeen raportti 2009. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/15711/2009nro4.pdf?sequence=1>
- Kuoppala, K. 2010. Influence of harvesting strategy on nutrient supply and production of dairy cows consuming diets based on grass and red clover silage. Doctoral dissertation. MTT Science 11. MTT Agrifood Research Finland, Jokioinen, Finland. 99 p.
- Kurki, P. 2010. Täydennyskylvö. Teoksessa: Nurmirehujen tuotanto ja käyttö/ Toim. Sari Peltonen, Tapani Puurunen ja Taina Harmoinen. *Tieto tuottamaan* 132: 46–48.
- Kurki, P. & Valo, R. 2013. Nurmen täydentäminen osaksi nurmenhoitoa. Pellot tuottamaan –hanke. Viitattu 24.5.2016. Saatavissa: https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/netti2013_taydennyskylvo_logot.pdf
- Laine, A., Högnäsbacka, M., Kujala, M., Niskanen, M., Jauhiainen, L. & Nikander, H. 2014. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2006 - 2013. *MTT Raportti* 128: 238 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-515-8>
- Laine, A., Högnäsbacka, M., Kujala, M., Niskanen, M., Jauhiainen, L. & Nikander, H. 2015. Virallisten lajikekokeiden tulokset 2007 - 2014. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 3/2015. 217 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-002-3>
- Luomanperä, S. & Artjoki, A. 2012. Nurmessa suuri kasvupotentiaali. *Leipä leveämmäksi* 3/2012. s. 26–30.
- Mero, H. & Kyntäjä, J. 2010. Nurmirehujen merkitys tilan taloudelle. Teoksessa: Nurmirehujen tuotanto ja käyttö/ Toim. Sari Peltonen, Tapani Puurunen ja Taina Harmoinen. *Tieto tuottamaan* 132: 4–7.
- Niskanen, M., Kemppainen, J. & Känkänen, H. 2014. Timotei. Teoksessa: Peltokasvilajikkeet 2014 / Toim. Taina Harmoinen ja Antti Laine. *Tieto tuottamaan* 139: 62–67.
- Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M. & Huhtanen, P. Prediction of the digestibility of the primary growth of grass silages harvested at different stages of maturity from chemical composition and pepsin-cellulase solubility. *Animal Feed Science and Technology*. 2003. 103: 97–111.
- Peltonen, S. 2010. Säilörehun tuotantokustannusten hallinta. Teoksessa: Maataloustieteen päivät 2010, 12.-13.1.2010 Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit / Toim. Anneli Hopponen. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 26: 4 s.
- Puurunen, T. & Mero, H. 2010. Nurmiviljelyn suunnittelu. Teoksessa: Nurmirehujen tuotanto ja käyttö/ Toim. Sari Peltonen, Tapani Puurunen ja Taina Harmoinen. *Tieto tuottamaan* 132: 7–11.

- Rinne, M., Huhtanen, P. & Nousiainen, J. 2002. Rehunurmen jälkikasvun kehitykselle malli. Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2002: Kotieläintiede, 9.-10.1.2002 Viikki, Helsinki / toim. Marketta Rinne. Maaseutukeskusten Liiton julkaisu 977: s. 79–81.
- Rinne, M., Pitkänen, T., Nyholm, L., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2010. Nurmihienien ensimmäisen sadon sulavuuden ja sadon määrän mallit nurmirehuntuotannon hallintaan. Teoksessa: Maataloustieteen päivät 2010, 12.-13.1.2010 Viikki, Helsinki: esitelmät, posterit / Toim. Anneli Hoppo. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 26: 9 s.
- Salo, T., Turtola E., Virkajärvi, P., Saarijärvi, K., Kuisma, P., Tuomisto, J., Muurinen, S. & Turakainen, M. 2013. Nitrogen fertilizer rates, N balances, and related risk of N leaching in Finnish agriculture. MTT Report 102. MTT Agrifood Research Finland, Jokioinen, Finland. 38 s.
- Salo, T. & Turtola, E. 2006. Nitrogen balance as an indicator of nitrogen leaching in Finland. *Agriculture, ecosystems & environment* 113: 98-107.
- Seppänen, M. M., Jokela, V., Uusitalo, T., Korhonen, P. & Virkajärvi, P. 2015. Genotypic variation in vernalisation response and autumn growth in forage grass species. *Grassland Science in Europe* 20, 316-318.
- Suomela, R., Luoma, S., Hyrkäs, M., Virkajärvi, P., Toivakka, M. & Kauppila, R. 2014a. Säilörehunurmen niittorytmytys ja lannoitus 2013. Teoksessa: Lannoitus- ja kasvinsuojelukokeiden tuloksia 2013 / Toim. Johanna Kanninen. s. 39-68.
- Suomela, R., Toivakka, M., Luoma, S. & Kauppila, R. 2014b. Korjuurytmytyksen ja lannoituskäytännön vaikutus säilörehunurmen satopotentiaaliin ja ravinnetaseisiin Pohjois-Suomessa. Teoksessa: Maataloustieteen Päivät 2014, 8.-9.1.2014 Viikki, Helsinki : esitelmät ja posterit / Toim. Mikko Hakojärvi ja Nina Schulman. Suomen maataloustieteellisen seuran tiedote 30: [11 s.]. Suomen kasvilajiketiedote. 2013:2; 10.6.2013. Elintarviketurvallisuusvirasto Evira. www.evira.fi/files/products/1371189536562_sk_2013_2.pdf
- Toivakka, M. 2012. Yara Grass Prix 2012 –kilpailun satotulokset. [Henkilökohtainen tiedonanto 27.7.2016]
- Toivakka, M. 2016. Yaran havaintokaistojen alustavat kehikonäytetulokset. Hankkijan nurmikiertue 2016, Siilinjärvi. [Henkilökohtainen tiedonanto 27.7.2016]
- Virkajärvi, P., Kykkänen, S., Rätty, M., Hyrkäs, M., Järvenranta, K., Isoaho, M. & Kauppila, R. 2014. Nurmien kaliumtalous. Maan reservikaliumin merkitys kaliumlannoituksen suunnittelussa. MTT Raportti 165: 52 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-581-3>
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Pakarinen, K. & Suomela, R. 2012a. Importance of senescence and dead material on nutritive value of grass silage. In: Proceedings of the XVI international silage conference Hämeenlinna, Finland, 2-4 July 2012 / K. Kuoppala, M. Rinne ja A. Vanhatalo (eds). MTT Agrifood Research Finland, University of Helsinki. p. 188-189. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-385-7>
- Virkajärvi, P., Hyrkäs, M., Pakarinen, K. & Rinne, M. 2012b. Timotein ja ruokonadan erot sadontuottoprosessissa. Teoksessa: Nurmen kasvu- ja kehitysprosessit : NURFYS-hankkeen 2006-2011 loppuraportti / Maarit Hyrkäs ja Perttu Virkajärvi (toim.). MTT Raportti 56: s. 22–46. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-487-392-5>
- Virkajärvi, P., Pakarinen, K., Hyrkäs, M., Seppänen, M. & Bélanger, G. 2012c. Tiller characteristics of timothy and tall fescue in relation to herbage mass accumulation. *Crop Science* 52 2:970–980.
- Virkajärvi, P., Pakarinen, K. & Hyrkäs, M., 2012d. Rikkakasvien torjunta nurmivuosina. Teoksessa: Nurmesta se kaikki lähtee! Karjatilán kannattava peltoviljely, KARPE-hanke 2009-2012. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. s. 4–8. <http://www.karpe.fi/materiaalit/karpekirjasto/paatosjulkaisu.pdf>
- Virkajärvi P., Hyrkäs, M., Pakarinen, T., Pyykkönen, V. & Luostarinen, S. 2016 Biokaasuteknologiaa maataloilla II. Biokaasulaitoksen käsittelyjännöksen hyödyntäminen lannoitteena. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 37. 116 s. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-266-9>.
- Vuorinen, J. & Mäkitie, O. 1955. The method of soil testing in use in Finland. *Agrogeological Publications* 63:1–44.



luke.fi

Luonnonvarakeskus
Viikinkaari 4
00790 Helsinki
puh. 029 532 6000
puh. 029 532 6000