

**SUOMENKARJALEHMIEN REHUIEN SYÖNTI,  
RAVINTOAINEDIEN SAANTI, MAITOTUOTOS JA  
REHUN HYVÄSIKÄYTTÖ**

Annu Palmio  
Maisterintutkielma  
Helsingin yliopisto  
Maataloustieteiden laitos  
Kotieläinten ravitsemustiede  
Elokuu 2013

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Annu Palmio			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Suomenkarjalehmien rehujen syönti, ravintoaineiden saanti, maitotuotos ja rehun hyväksikäyttö			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year elokuu 2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 61 s.
Tiivistelmä — Referat — Abstract <p>Tämän maisterintutkielman tavoitteena oli selvittää kuinka maamme alkuperäisrotuja, itä (ISK)-, länsi (LSK)- ja pohjoissuomenkarjaa (PSK), ruokitaan nykyään sekä arvioida vallitsevan ruokinnan soveltuvuutta kuntoluokkien ja energiataseiden avulla. Lisäksi tarkasteltiin suomenkarjalehmien rehunkulutusta, ravintoaineiden saantia, maitotuotosta ja rehun hyväksikäyttöä. Tutkimuksessa hyödynnettiin jo olemassa olevia ProAgrian geenipankkikarjojen tuotosseuranta-ainestoja ja MTT:n aineistoa tutkimusnavetoissa olleista itäsuomenkarjalehmistä. Puutteellisten syöntitietojen vuoksi rehunkulutus arvioitiin mallilla, joka pohjautui aiemmin julkaistuun Lypsikki-malliin.</p> <p>Suomenkarjalehmien väkirehumäärät olivat pienempiä verrattuna valtaroduilla (ayrshire ja holstein) käytettyihin määriin. Rehuannoksen ME- ja OIV-pitoisuudet olivat suomenkarjalehmillä samaa tasoa kuin valtaroduilla. ISK- ja PSK-lehmien rehunkulutukset olivat selvästi pienempiä valtarotuihin verrattuna. Lehmien syöntikyky oli kuitenkin maidontuotantokykyyn nähden hyvä. Lehmien ruokinta ei ollut ruokintasuositusten mukaista, sillä sekä energian että valkuaisen saanti ylitti tarpeen. Lehmien energiataseet olivat positiiviset ja kuntoluokat korkeita. Aineistossa oli muutamia korkeatuottoisia suomenkarjalehmiä, mutta pääosin tuotokset olivat selvästi valtarotuja matalampia.</p> <p>Korkeaan tuotokseen tähännyntä jalostuvalinta on tuottanut lehmiä, jotka mobilisoivat poikimisen jälkeen voimakkaasti kudosvarastojaan ja suuntaavat rehuista saamansa energian maidontuotantoon. Suomenkarjalehmien jalostushistoria poikkeaa selvästi valtaroduista. Niiden geneettinen tuotantopotentiaali on jäänyt selvästi matalammaksi ja ne suuntaavat saamistaan ravintoaineista suuremman osan kudoksiin kuin korkeatuottoiset lypsyrodut. Hyvinsulavia ja energiapitoisia rehuja käytettäessä suomenkarjalehmien ravintoaineiden saanti ylittää helposti tarpeen, jolloin lehmät lihovat. Suomenkarjan ruokinnassa onkin tärkeää välttää erityisesti lehmien lihomista, sillä korkeaan kuntoluokkaan liittyy alentunut syönti ja maitotuotos sekä lisääntynyt aineenvaihduntasairauksien riski. Lihominen myös huonontaa rehun hyväksikäyttöä, lisää tuotannon ympäristökuormitusta ja heikentää tuotannon kannattavuutta</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Suomenkarja, geneettinen tuotantopotentiaali, energian suuntautuminen, rehun hyväksikäyttö, kuntoluokka			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat professori Marketta Rinne ja professori Aila Vanhatalo			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF  
HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Annu Palmio			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Finncattle dry matter and nutrients intake, milk production and feed efficiency			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal nutrition			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year August 2013	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 61 p.
Tiivistelmä — Referat — Abstract			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Finncattle, gentic merit, energy portioning, body condition score, feed efficiency			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor: Professor Marketta Rinne and Professor Aila vanhatalo			

## SISÄLLYS

LYHENTEET JA SYMBOLIT .....	5
1 JOHDANTO .....	6
2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN .....	8
2.1 Suomenkarjan historia .....	8
2.1 Lypsylehmän ruokinta ja rehujen syönti .....	10
2.2 Maidontuotanto ja rehun hyväksikäyttö .....	12
2.3 Energiatase ja kuntoluokka .....	13
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET .....	15
4 AINEISTO JA MENETELMÄT .....	16
4.1 Geenipankkikarjat .....	16
4.1.1 Eläinaines ja aineiston keruu .....	16
4.1.2 Olosuhteet, rehut ja ruokinta .....	17
4.1.3 Syönnin mallintaminen ja Lypsikki .....	18
4.2 Tutkimusnavetat .....	22
4.2.1 Eläinaines ja aineiston keruu .....	22
4.2.1 Rehut ja ruokinta .....	23
4.3.1 Tulosten laskeminen .....	23
5 TULOKSET .....	26
5.1 Geenipankkikarjat .....	26
5.1.1 Rehut ja rehujen syönti .....	26
5.1.2 Energian ja valkuaisen saanti .....	28
5.1.3 Maitotuotos ja rehun hyväksikäyttö .....	28
5.1.4 Painot ja kuntoluokat .....	30
5.2 Tutkimusnavetat .....	32
5.2.1 Rehut ja rehujen syönti .....	32
5.2.2 Energian ja valkuaisen saanti .....	34
5.2.3 Maitotuotos ja rehun hyväksikäyttö.....	35
5.2.4 Painot ja kuntoluokat .....	35
5.3 Yleismallinnuksen tulokset .....	37
5.3.1 Syöntikyky .....	37
5.3.2 Energian ja valkuaisen saanti .....	38
6 TULOSTEN TARKASTELU .....	39
6.1 Rehut ja syönti .....	39
6.2 Energian ja valkuaisen saanti.....	42
6.3 Painot ja kuntoluokat.....	43
6.4 Maitotuotos ja maidontuotantokyky .....	46
6.4 Rehun hyväksikäyttö .....	49
7 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	53
LÄHTEET .....	55

## LYHENTEET JA SYMBOLIT

BCS	kuntoluokka (body condition score)
D-arvo	sulavan orgaanisen aineen osuus
ekm	energiakorjattu maitotuotos
ekm <sub>h</sub>	havaittu energiakorjattu maitotuotos
ekm <sub>v</sub>	vakioitu energiakorjattu maitotuotos
ep	elopaino
FHP	paastolämmöntuotanto (fasting heat production)
ka	kuiva-aine
kr	karkearehu
ISK	itäsuomenkarja
LSK	länsisuomenkarja
ME	muuntokelpoinen energia
NDF	neutraalidetergenttikuitu
OIV	ohutsuolesta imeytyvä valkuainen
PSK	pohjoissuomenkarja
PVT	pötsin valkuaiaste
rh	rehun hyväksikäyttö
rh <sub>t</sub>	tuotantoon käytettävissä olevan rehun hyväksikäyttö
rv	raakavalkuainen
vr	väkirehu

## 1 JOHDANTO

Eurooppalaiset nautarodut polveutuvat Lähi-idän alueella 10 000 vuotta sitten kesyntyistä alkuhäristä. Suomeen karjanhoidon on arveltu levinneen Baltiasta kivikaudella noin 4300-5200 vuotta sitten (Clutton-Brock 1999). Nakkilasta löydetyn muinaisnautan luun perusteella tiedetään varmuudella, että Suomessa harjoitettiin karjataloutta varhaisella pronssikaudella (MTT 2011). Näistä yli 3000 vuotta sitten eläneistä naudoista polveutuvat vanhat alkuperäisrotomme, itä- (ISK), länsi- (LSK) ja pohjoissuomenkarja (PSK). Alkuperäisroduista käytetään usein yleisnimitystä suomenkarja. Maamme maatiaiskarja oli kuitenkin jakautunut jo 1800-luvun puolivälissä kolmeksi perinnöllisesti erottuvaksi roduksi. ISK, LSK ja PSK kuuluvat yhdessä Ruotsin tunturirodun, Norjan tröndenkarjan, islanninkarjan ja vironmaatiaiskarjan kanssa pohjoisen Fennoskandian alkuperäisnautarotuihin (Kantanen ym. 2000). Näiden rotujen geeniperimä muistuttaa paljon toisiaan ja roduilla on ainakin osittain yhteinen esihistoriallinen alkuperä.

Maatiaisrodut poikkeavat selvästi keinosiemennyksen avulla tuotetuista roduista sekä keinotekoisista roduista, joiden rotuominaisuuksista on sovittu. Maatiaisrodut ovat syntyneet pitkän ajan kuluessa paikallisten ympäristöolosuhteiden muokkaamana ja lisääntyneet osittain ihmisen toiminnasta riippumatta (Myllylä 1991). Nautojen intensiivinen valinta ruoantuotantoa varten johti maidontuotantoon ja lihantuotantoon erikoistuneiden rotujen syntyyn, jotka syrjäyttivät monin paikoin alkuperäisrodut. Lopulta keinosiemennyksen yleistyminen sekä pakastetun siemenen käyttö mahdollisti valtarotujen tehokkaan leviämisen ja aloitti niiden laajamittaisen risteyttämisen eurooppalaisten alkuperäisrotujen kanssa (Hiemstra ym. 2010).

Nykyään itä- ja pohjoissuomenkarja ovat uhanalaisia rotuja (molemmissa roduissa noin 450 lehmää) ja länsisuomenkarja harvinainen rotu (noin 3000 lehmää) (Soini 2007). Suomalaisia alkuperäisrotuja suojellaan kansallisella eläingenivaraohjelmalla (MMM 2004), jonka rotujen säilytysosaa koordinoi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus (MTT). Alkuperäisrotuja säilytetään niiden geenien talteenottamiseksi tulevaisuuden eläinjalostustarpeisiin, kotieläinlajien yleisen elinvoimaisuuden varmistamiseksi ja alkuperäisrotuihin liittyvien kulttuuristen arvojen vaalimiseksi (Kantanen 2007). Alkuperäisnautarotuja säilytetään ex situ -ohjelmalla pakastamalla alkioita ja spermaa sekä tuotannon yhteydessä toteutettavalla in situ- ohjelmalla pitämällä eläviä eläimiä niiden

luontaisessa elinympäristössä. Elävät geenipankkikarjat sijaitsevat Kainuun ammattiopistolla Seppälän koulutilalla (ISK), Ahlmanin ammattiopistolla Tampereella (LSK ja ISK) sekä Pelson vankilassa Vaalassa (PSK).

Eläingenivaraohjelman tavoitteissa todetaan, että alkuperäisrotuisia eläimiä tulisi suojella taloudellisesti kestäväällä tavalla (MMM 2004). Eläinten ylläpitokustannusten kattamiseksi niistä tulisi saada taloudellista ja yhteiskunnallista hyötyä. Ruokinta vaikuttaa merkittävästi maidontuotannon taloudellisuuteen, sillä rehukustannus muodostaa suuren osan maidontuotannon muuttuvista kustannuksista. Ruokinnalla voidaan vaikuttaa tuotettuun maitomäärään (Huhtanen ja Nousiainen 2012), maidon rasva- ja valkuaispitoisuuksiin (Huhtanen ja Rinne, 2007) sekä maidon vitamiini- ja rasvahappokoostumukseen (Shingfield ym. 1999, Dewhurst ym. 2006). Ruokinnalla on tärkeä merkitys lehmän energiataseen kehitykseen ja kuntoluokkaan, jotka vaikuttavat osaltaan lehmän tuotokseen, terveyteen ja hedelmällisyyteen (Roche ym. 2009). Ruokinnalla voidaan vaikuttaa myös maidontuotannon ympäristökuormitukseen, sillä käytetyt rehut vaikuttavat lehmän typen ja fosforin saantiin sekä niiden hyväksikäyttöön.

Tämä maisterintutkielma on osa MTT:n syksyllä 2009 alkanutta ja vuoden 2012 loppuun kestänyttä Finncattle-brändi: itä-, länsi ja pohjoissuomenkarjan erityisominaisuudet hyötykäyttöön –hanketta. Hankkeen rahoittajina toimivat Suomen kulttuurirahasto ja MTT. Tämän monitieteisen hankkeen tarkoituksena oli luoda ”Finncattle-brändi” Suomen alkuperäisnautarotujen suojeleuarvon määrittämiseksi ja taloudellisen aktiivisuuden lisäämiseksi. Tutkimus jakautui viiteen osa-alueeseen: genomi-, maito-, ruokinta-, ekologinen kuormittavuus- ja green care -tutkimukseen.

## 2 KATSAUS KIRJALLISUUTEEN

### 2.1 Suomenkarjan historia

Karjanhoidon kehitystä maassamme on kuvattu teoksessa Suomenkarja: maan alkupe-  
räinen karjarotu (Myllylä 1991). Suomenkarjan esiäitejä on perinteisesti ruokittu luon-  
non laitumilla ja suoraan luonnosta kerätyillä rehuilla. Vanhakantainen suomalainen  
maatalous oli kasvinviljelyvaltaista, joten karjan tärkein tehtävä oli usein toimia vilja-  
peltojen lannoittamiseen tarvittavan lannan tuottajana. Maidon, lihan ja nahan tuotanto  
oli toissijaista ja lähinnä oman kulutuksen tyydyttämiseen tähtäävää. Huonosti ruokitut  
eläimet tuottivat vähän lantaa, joten niitä pyrittiin pitämään mahdollisimman paljon  
lannansaannin turvaamiseksi. Myöskään lannan laadun merkitystä ei ymmärretty, joten  
karjan määrän lisääminen ruokinnan laadun kustannuksella koettiin mielekkääksi. Leh-  
mien lukumäärä olikin säännöllisesti suurempi kuin rehujen määrä olisi sallinut. Eläimiä  
ruokittiin sisällä mahdollisimman vähän aikaa, sillä talvirehuja oli vähän ja ne olivat  
heikkoja. Karjanhoidon varhaisvaiheissa lehdestys eli lehtevien oksien ja versojen leik-  
kaaminen kasvavista puista karjan talvirehuksi oli merkityksellisempää kuin heinän  
talteen otto.

Tarkempaa tietoa maamme karjanhoidosta on 1700- ja 1800-luvun vaihteesta lähtien.  
Tuolloin pelloilla ei vielä viljelty rehuja vaan talvea varten korjattiin heinää luonnonni-  
ityiltä, joiden sato oli yleensä vähäinen. Heinätkin syötettiin ensisijaisesti hevosille, joten  
tärkeimmäksi nautakarjan rehuksi tulivat oljet. Yleisesti tehtiin hauderehua, jossa oljen  
lisäksi saattoi olla juurikasvien naatteja, lehdeksiä, havuja, sammalta ja jopa hevosen  
lantaa. Huonoina vuosina syötettiin karjalle myös puunkuorta, jäkälää ja saniaisia. Ke-  
sällä karjaa laidunnettiin metsälaitumilla, niityillä ja sänkipelloilla mutta myös silloin  
oltiin paikoitellen vaikeuksissa huonojen tai riittämättömien laitumien tähden. Maitoa  
lehmät tuottivat vain kesäisin. Soinisen (1974) arvion perusteella 1800-luvun vuosi-  
tuotos lehmää kohti oli 250-550 litraa.

1800-luvun lopulla maatalouden kokonaisrakenne muuttui. Maanviljelyn merkitys laski  
yhdessä viljan hintojen kanssa, kun taas karjatalouden merkitys ja kannattavuus kasvoi-  
vat voimien nousussa. Viljelysmaata vapautettiin rehuntuotantoon ja niittyjen määrä  
väheni nopeasti nurmiviljelyn kehittyessä ja siementuotannon parantuessa. Myös kiin-  
nostus karjan jalostusta kohtaan alkoi kasvaa. Maamme ensimmäinen rotuyhdistys ja



kantakirja perustettiin itäsuomenkarjalle 1889. Tällöin hallitsevana jalostusmenetelmänä oli formalismi eli ulkomuotojalostus. Ulkonäköseikoissa oltiin hyvin tiukkoja ja kaikki väärän näköiset yksilöt pyrittiin karsimaan rotukarjasta. Mitä erilaisimpien ulkomuotoseikkojen kuten maitosuonien ja sarvien muodon uskottiin myös olevan yhteydessä eläimen tuotantokykyyn. 1800-luvun lopulla kansallisen identiteetin nousu ja nationalismi vaikutti siihen, että puhdas ja alkuperäinen suomenkarja nähtiin osana suomalaisuutta, joten mahdolliset vieraat rodut pyrittiin karsimaan pois suosimalla pieniä eläimiä.

Vuonna 1989 alkaneen karjantarkkailun myötä ulkomuotojalostus alkoi hiljalleen väistyä ja tuotanto-ominaisuudet tulivat vallitseviksi jalostusvalinnassa 1930-luvulla (Koi-visto ja Seppälä 1998). Myös karjan jalostukseen ja tuotantoon liittyvä tutkimus yleistyi 1900-luvulla. Tajuttiin, että ruokintaa parantamalla voitiin lisätä tuotannon tehokkuutta ja kannattavuutta. Suomenkarjan maitotuotoksen kehittyminen olikin erittäin nopeaa ja suotuisaa 1900-luvun alussa, jolloin voita vietiin runsaasti myös ulkomaille. Koko maatalouden positiivinen kehitys pysähtyi toiseen maailmansotaan. Jatkosota ja talvisota olivat kohtalokkaita erityisesti pohjoissuomenkarjalle, joista suurin osa teurastettiin ja loput siirrettiin Ruotsiin tai Vaasan ja Oulun lääneihin. Myös itäsuomenkarjan määrä hupeni niiden jouduttua evakkoon karjalaisten mukana.

Sodan loputtua oli tarve lisätä nopeasti maataloustuotantoa. Monet teknologiset innovaatiot edistivät maatalouden kehitystä kohti tehokkaampaa tuotantoa. Karjatalouden tehokkuuden parantamiseksi paikalliset rodut haluttiin korvata intensiivisempään tuotantoon soveltuvilla korkeatuottoisilla roduilla. Kemiallisten lannoitteiden käyttö mahdollisti suuremmat sadot ja samalla myös rehujen varastointi ja säilörehun valmistus yleistyi. Rehujen määrä ja laatu pysyi paljon tasaisempana ympäri vuoden, mikä oli erityisen tärkeää paikallisia maatiaisrotuja huomattavasti vaativammille korkeatuottoisille maitoroduille. Toisaalta maidontuotantoon jalostetut rodut pystyivät vastaamaan paremmin parantuneeseen ruokintaan. Suomessa maatiaisrotuja suuremman ja näyttävämmän sekä tuotanto-ominaisuuksiltaan paremman ayrshiren leviäminen nopeutui selvästi sotien jälkeen. ISK:n, PSK:n ja LSK:n jalostusyhdistykset yhdistyivät 1947 ja jalostus alkoi painottua tuotokseltaan parhaaseen länsisuomenkarjaan.

Suomenkarja oli selvästi maamme yleisin rotu vielä 1950-luvulla, jolloin yksilöitä oli arviolta 500 000. Suomenkarjan nopea väheneminen alkoi 1960-luvulla, jolloin Ruotsis-

ta alettiin tuoda friisiläisrotuisia eläimiä sekä niiden siementä. Kahden vuosikymmenen aikana suomenkarjan tarkkailulehmien osuus putosi 50 %:sta 2,5 %:iin. 1980-luvulla isk ja psk olivat lähellä häviämistä ja puhtasrotuisia lehmiä oli jäljellä enää muutamia kymmeniä (Maijala 2007). Tämän jälkeen yksilöiden määrää on saatu lisättyä, mutta rotujen jalostus on ollut eläinten vähäisestä lukumäärästä johtuen hankalaa. Itä- ja pohjoissuomenkarjan kohdalla kyse onkin ollut lähinnä rotujen säilytystoiminnasta.

## 2.2 Lypsylehmän ruokinta ja rehujen syönti

Lehmän keskimäärin tarvitsemia ravintoaineiden ja energian määriä kuvaavat ruokintasuositukset (MTT 2013). Ruokintasuositukset perustuvat parhaaseen käytössä olevaan tutkimustietoon ja ne sisältävät varmuusvaran, jossa on otettu huomioon eläinten välinen ravinnontarpeen vaihtelu. Ruokintasuositusten lisäksi ruokinnan perustan muodostavat rehuarvot, jotka kuvaavat eri rehujen suhteellista tuotantovaikutusta. Suomessa käytettävistä virallisista kotieläinten rehujen rehuarvoista ja niiden laskentaperusteista sekä ruokintasuosituksista vastaa MTT ja ne on esitelty Rehutaulukot-verkkopalvelussa ([www.mtt.fi/rehutaulukot](http://www.mtt.fi/rehutaulukot)).

Lypsylehmän ravinnontarve on pääasiassa energian ja valkuaisen tarvetta, joita se tarvitsee fysiologisten toimintojensa ylläpitoon sekä maidon ainesosien synteesiin. Perusaineenvaihdunnan kuluttama energia muuttuu lämmöksi, joten lehmän ylläpitoenergian tarve perustuu paastoavilla lehmillä tehtyihin lämmöntuotantomäärityksiin. Paastoavan lehmän lämmöntuotannon (FHP) ja lehmän elopainon välillä on käyräviivainen suhde eli ylläpitoenergian tarve riippuu lehmän metabolisesta elopainosta ( $ep^{0,75}$ ). Valkuaisen tarpeeseen vaikuttaa lehmän koon ja tuotoksen lisäksi kuiva-aineen syönti. Energian ja valkuaisen saantia lisättäessä lehmän maitotuotos lisääntyy, joten niiden kohdalla tarpeista puhuminen on osittain harhaanjohtavaa. Ravintoaineiden saanti ja sen muutokset vaikuttavat tuotokseen eli niillä tietty tuotosvaste. Tuotosvasteita kuvaa muun muassa suomalainen Lypsikki-malli (Huhtanen ja Nousiainen 2012). Lypsikki-malli pohjautuu julkaistuihin ruokintakokeisiin ja se toimii luotettavasti näitä kokeita vastaavalla eläinaineksella, ruokintatyypillä ja tuotostasolla, kuten empiiriset mallit yleensäkin. ProAgrian ruokinnansuunnitteluohjelmisto KarjaKompassi perustuu Lypsikki-mallille.

Pitkälle jalostettujen lypsyrotujen tuotantopotentiaali on niin suuri, että energian saanti on yleensä ensimmäinen maidontuotantoa rajoittava tekijä. Rehujen syönti on tärkein ravintoaineiden saantiin ja sitä kautta tuotokseen vaikuttava tekijä (Merttens 1994, Huhtanen ym. 2011). Tästä syystä ruokinnasuunnittelulla on mielekästä pyrkiä maksimoimaan vapaaehtoinen syönti poistamalla mahdolliset syönnin esteet. Märehtijöiden syönnin säätelyyn osallistuu kuitenkin useita mekanismeja, joista monet ovat huonosti tunnettuja (Merttens 1994). Fysikaalisella säätelytasolla ruuansulatuskanavan, lähinnä pötsin, täyteisyydestä välittyy viestejä aivoille. Metabolisella säätelytasolla taas ravintoaineiden, aineenvaihduntatuotteiden ja hormonien määrät vaikuttavat hypotalamuksen kylläisyyskeskukseen. Lisäksi olosuhteet ja management-tekijät kuten lämpötila, lauman arvojärjestys ja rehujen saatavuus vaikuttavat syöntiin. Rehu- ja eläinperäisten tekijöiden välillä esiintyy myös yhdysvaikutuksia, joten lehmän vapaaehtoinen syönti on varsin monimutkainen kokonaisuus (Huhtanen 2011).

Suomessa lypsylehmän rehuannoksen kuiva-aineesta tyypillisesti yli puolet on karkearehua (ProAgria 2013), joten sen laadulla on merkittävä vaikutus lehmän syöntiin ja ravintoaineiden saantiin. Tärkein säilörehun syöntiin vaikuttava tekijä on säilörehun D-arvo eli sulavan orgaanisen aineen pitoisuus (g/kg ka) (Huhtanen 2002, Huhtanen ym. 2007). Huhtanen ym. (2007) tutkimuksessa D-arvon paraneminen 1 g/kg ka lisäsi kuivaainesyöntiä 17,0 g. Säilörehun sulavuuden huonontuessa, sen kuitupitoisuus lisääntyy ja kuidun sulavuus heikkenee. Huonosti sulavaa säilörehua syötettäessä pötsin täyteteisyys saattaa rajoittaa säilörehun syöntiä (Huhtanen 2007). Lypsylehmille suositellaan tarjottavan vapaasti hyvin sulavaa (D-arvo 680-700 g/kg ka) säilörehua (Artturi-verkkopalvelu 2013).

Karkearehun lisäksi väkirehun määrä ja koostumus sekä väkirehun ja karkearehun välinen yhdysvaikutus vaikuttavat lehmän syöntiin ja energian saantiin (Huhtanen ym. 2008). Väki- ja karkearehun määrän lisääminen yhdellä kuiva-ainekilolla vähentää säilörehun vapaaehtoista syöntiä keskimäärin 0,41 kg ka, mutta samalla kokonaiskuiva-aineen syönti lisääntyy (Huhtanen 2011). Väki- ja karkearehuilla voidaan kompensoida säilörehun sulavuuden vaihteluita, jolloin vältetään tappioita maidontuotannossa. Suuret väki- ja karkearehuannokset heikentävät kuitenkin kuidun sulatusta, mikä vaikuttaa lehmän todelliseen energian saantiin (Nousiainen ym. 2009). Lisäksi korkea väki- ja karkearehun määrä voi laskea pötsin pH:n haitallisen matalaksi.

### 2.3 Maitotuotos ja rehun hyväksikäyttö

Maitotuotokseen vaikuttaa voimakkaasti lehmän perinnöllinen maidontuotantokyky. Esimerkiksi holstein-friisiläisen jalostusohjelmat ovat keskittyneet lähinnä maidontuotannon lisäämiseen, mikä on johtanut korkeaan geneettiseen tuotantopotentiaaliin (Yan ym. 2006). Rotujen sisällä on kuitenkin suurta vaihtelua tuotoksissa eri rotulinjojen ja yksilöiden välillä. Perimä asettaa tietyt rajat lehmän tuotokselle, mutta lopullisen havaitun tuotoksen määräävät ympäristötekijät kuten hoito ja ruokinta. Tuotoksen ja syönnin välillä on selkeä molempiin suuntiin vaikuttava yhteys. Korkea maitotuotos lisää lehmän ravintoaineiden tarvetta ja sitä kautta syöntiä (Mertens 1994). Toisaalta syönnin lisääntyminen lisää maidontuotantoon käytettävissä olevin ravintoaineiden määrää. Yksittäisillä rehuilla ei ole tuotosvastetta, mutta niiden koostumus vaikuttaa syöntiin ja sulatukseen (Huhtanen ja Nousiainen 2012). Syönti ja sulatus määräävät ravintoaineiden todellisen saannin, joka vaikuttaa tuotokseen.

Ruokintakustannukset muodostavat merkittävän osan maidontuotannon muuttuvista kustannuksista, joten on ymmärrettävää, että lehmän kyky muuttaa rehukomponentit maidon komponenteiksi on taloudellisesti tärkeä ominaisuus. Rehun hyväksikäyttö vaikuttaa merkittävästi maidontuotannon ravinne- ja kasvihuonekaasupäästöihin, joten sillä on myös ympäristön näkökulmasta tärkeä merkitys. Rehun hyväksikäyttö kertoo kuinka tehokkaasti lehmä muuntaa rehusta saamansa energian maidon energiaksi. Rehun hyväksikäytölle on useita määritelmiä ja on edelleen epäselvää mikä niistä soveltuu parhaiten maidontuotantoon (Berry 2009).

Yksinkertaisin mittari rehun hyväksikäytölle on lehmän rehuista saaman energian ja maidossa tuotetun energian suhde. Suomessa tarkastellaan yleensä energiakorjattua maitotuotosta muuntokelpoisen (ME) energian yksikköä kohden. Lypsykauden alussa lehmä saa energiaa maidontuotantoon myös kudoksistaan, jolloin tuotos syötyä energiayksikköä kohden on korkeampi. Lypsykauden edetessä lehmä alkaa vuorostaan täydentää kudosisvarastojaan, jolloin rehun hyväksikäyttö huononee. Arvioitaessa rehun hyväksikäyttöä tuotoksena energiayksikköä kohden, hyväksikäytössä näkyy selvimmin lypsykauden vaihe ja hyväksikäytön paraneminen on yhteydessä elopainon laskuun (Mäntysaari ym. 2012).

Ruokinnasta ja lehmien yksilöllisistä eroista johtuva vaihtelu rehun hyväksikäytössä on huomattavaa. Erot hyväksikäytöissä voivat aiheutua lehmien erilaisesta rehujen sulatuk-

sesta ja/tai energian suuntautumisesta eri toimintoihin. Rehun hyväksikäyttö on sitä parempi, mitä suuremman osan ravintoaineista lehmä käyttää maidon muodostukseen. Energian suuntautumiseen vaikuttavat sekä ruokinnalliset (Huhtanen 1998, van Knegsel ym. 2007) että geneettiset tekijät (Agnew ja Yan 2000, Yan ym. 2006). Eläinten välisestä vaihtelusta rehujensulatuskyvyssä on saatu ristiriitaisia tuloksia (Berry ym. 2007, Kennedy 2007).

Jalostus on johtanut tuotoksen lisääntymiseen, mutta suuria muutoksia rehun hyväksikäytössä ei kuitenkaan ole havaittu (Mäntysaari ym. 2012). Tuotoksen nousuun liittyvillä ruokinnallisilla muutoksilla kuten ruokintatason nousulla on negatiivinen vaikutus rehun hyväksikäyttöön (Huhtanen 1998). Lisäksi tuotoksen nousu on johtanut lehmien elopainon nousuun, joten ylläpitoenergian tarve on lisääntynyt. Myös muut ylläpitoenergian tarpeeseen vaikuttavat tekijät kuten laidunnus, ympäristön lämpötila ja sairaudet vaikuttavat rehun hyväksikäyttöön.

#### 2.4 Energiatase ja kuntoluokka

Lehmän energiataase vaihtelee huomattavasti tuotantovuoden aikana. Poikimisen jälkeen lehmän syöntikyky ei kehity yhtä nopeasti kuin sen maitotuotos nousee (Ingvarsen ja Andersen 2000, Kokkonen 2005). Lehmä ei yleensä pysty tyydyttämään voimakkaasti lisääntyntä ravintoaineiden tarvettaan energiapitoisiakaan rehuja syömällä vaan on tyypillisesti negatiivisessa energiataaseessa. Täydentääkseen energiavajaustaan lehmä joutuu mobilisoimaan rasvahappoja, glyserolia ja aminohappoja kudoksistaan (Friggens ym. 2004, Kokkonen ym. 2005). Lypsykauden edetessä lehmän syöntikyky paranee ja toisaalta energian tarve maidontuotantoon vähenee tuotoshuipun jälkeen. Positiiviseksi lehmän energiataase muuttuu keskimäärin 40-80 päivää poikimisen jälkeen (Sutter ja Beever 2000, Coffey ym. 2001, Veerkamp ym. 2001). Lypsykauden loppupuolella anaboliset aineenvaihduntareaktiot tulevat selvästi vallitseviksi ja lehmä alkaa kerätä kudosvarastojaan.

Poikimisen jälkeinen kudosvarastojen purkaminen on lypsylehmän luonnollinen sopeutumismekanismi voimakkaasti lisääntyvän maidontuotannon aiheuttamiin tarpeisiin. Tiineyden lopulla ja ensimmäisten laktaatioviikkojen aikana tapahtuviin aineenvaihdunnan muutoksiin liittyy monimutkainen hormonaalinen säätely (Drackley 1999). Poikimisen läheisyydessä veren kasvuhormonipitoisuus lisääntyy (Grum ym. 1996) ja insu-

liini- (Etherton ja Bauman 1997, 1998, Holtenius ym. 2003) ja leptiinipitoisuudet (Holtenius ym. 2003) vähenevät. Samalla rasvakudoksen ja luurankolihasen herkkyys insuliinille vähenee eli niiden insuliiniresistenssi lisääntyy (Pettersson ym. 1994, Vernon ja Pond 1997). Näiden hormonaalisten muutosten seurauksena kudokset mobilisoituvat ja maidon tuotanto vähenee. Näiden hormonien muutosten seurauksena kudokset mobilisoituvat ja maidon tuotanto vähenee. Näiden hormonien muutosten seurauksena kudokset mobilisoituvat ja maidon tuotanto vähenee.

Ruokinnan onnistumisen ja lehmän energiataseen seurantaan hyvä apuväline käytännönolosuhteissa on lehmien kuntoluokitus. Suomessa käytetään yleisesti kuntoluokitusasteikkoa 1-5 (Wildman ym. 1982), jossa yksi on erittäin laiha ja viisi erittäin lihava. Kuntoluokituksessa arvioidaan eri kohdista lehmän kehoa nahan ja luiden välissä olevan rasvan määrä. Kuntoluokituksen on havaittu korreloivan hyvin lehmän kehon rasvapitoisuuden kanssa (Wright ja Russel 1984, Otto ym. 1991, Waltner ym. 1994). Lehmän laihtuessa kehon rasvapitoisuus ja kuntoluokka pienenevät ja lehmän lihoessa rasvapitoisuus ja kuntoluokka vastaavasti nousevat.

Lehmien kuntoluokituksen seuraaminen on tärkeää, koska kuntoluokka (BCS) on yhteydessä moneen tuotanto- ja terveysominaisuuteen (Roche ym. 2009). Matala kuntoluokka poikimassa (BCS < 3,0) on yhteydessä matalaan tuotokseen ja heikentyneeseen hedelmällisyyteen. Korkeaan poikimäkuntoluokkaan (BCS ≥ 3,5) taas liittyy vähentynyt kuiva-aineen syönteä ja maidon tuotanto alkulypsyaikalla sekä lisääntynyt aineenvaihduntasairauksien riski. Loppulypsy- ja ummessaolokaudella ongelmaksi saattaa muodostua lehmän liiallinen lihominen. Poikimisen jälkeen lihaviin lehmien syöntikyky on sopusuhtaisia huonompi ja niiden syönteä myös lisääntyy hitaammin (Gansworthy ja Topps 1982, Grum ym. 1996). Vähäisestä syönnistä johtuen niiden energiatase on sopusuhtaisia negatiivisempi, joten ne joutuvat purkamaan enemmän kudokset (Van den Top ym. 1996, Kokkonen ym. 2005). Rasvakudoksen mobilisaatio lisää veren vapaiden rasvahappojen pitoisuutta, mikä heikentää immuunipuolustuksen toimintaa (Rukkwansmuk 1999) ja lisää ketoosin riskiä (Holtenius 1989). Rungon kudosten rasvan mobilisaatio saattaa aiheuttaa maksan rasvoittumista, mikä häiritsee maksan normaalia toimintaa kuten glukoosin tuotantoa (Rukkwansuk 1999, Murondoti 2004). Negatiivinen energiatase siirtää kiimankiertojen käynnistymistä ja heikentää hedelmällisyyttä (Butler 2003).

Kuntoluokituksen kehitys poikimisen jälkeen muistuttaa laktaatiokäyrän peilikuvaa (Figgens ym. 2004b, Pryce ja Harris 2006, Roche ym. 2006a). Kuntoluokka laskee 40-100 päivää

poikimisesta kunnes lehmä saavuttaa laktaatiohuipun ja alkaa sitten kohota maitotuotoksen laskiessa. Myös lypsylehmän elopaino tyypillisesti laskee voimakkaasti lypsykauden alkaessa ja nousee sen jälkeen tasaisesti (Roche ym. 2007). Lehmän kuntosuorituksen muutokset ovat seurausta lähinnä muutoksista rasvakudoksen määrässä. Tästä johtuen lipolyysiin ja lipogeneesiin vaikuttavien tekijöiden ymmärtäminen auttaa myös ymmärtämään paremmin lehmän kuntosuorituksen kehitystä ja siihen vaikuttavia tekijöitä (Roche ym. 2007). Rasva-aineenvaihduntaa säätelee sekä homeostaattiset että homeoreettiset mekanismit (Van Soest 1994, Roche ym. 2007). Homeostaattiset säätelijät reagoivat herkästi lehmän ravitsemukselliseen tilaan, kun taas homeoreettisiin säätelijöihin vaikuttavat lehmän fysiologinen tila ja perimä. Kehon varastojen muutokset ovat osittain geneettisesti säädeltyjä, joten on täysin normaalia, että lehmän paino ja kuntosuoritus laskee poikimisen jälkeen eikä tätä laskua voida täysin eliminoida parantamalla ruokintaa (Roche ym. 2006a, Delaby ym. 2009).

### 3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Suomenkarjan maidontuotantokyvystä ja rehun hyväksikäytöstä on tehty viimeksi laaja-alaista tutkimusta 1980-luvun alussa (Ettala ja Virtanen 1990). Tämän jälkeen lypsylehmien ruokinta ja tuotos on muuttunut huomattavasti. Tämän maisterintutkielman tarkoitus on selvittää miten suomenkarjaa ruokitään nykyään. Ruokinnan soveltuvuutta arvioidaan lehmien kuntosuoritusluokkien ja energiataseiden avulla, sillä hyvin sulavien ja energiapitoisten rehujen käyttö saattaa johtaa matalatuottoisten suomenkarjalehmien lihomiseen. Ruokinnan ja maitotuotoksen perusteella selvitetään eroavatko suomenkarjalehmien rehun hyväksikäytöt valtarotujen ayrshiren ja holsteinin hyväksikäytöistä. Tutkimuksessa tarkastellaan myös, miten suomenkarja eroaa muilta ominaisuuksiltaan valtaroduista. Tarkasteltavia ominaisuuksia ovat maidontuotantokyky, syöntikyky, eläimen koko sekä energian ja valkuaisen tarve. Nämä ominaisuudet vaikuttavat siihen, millainen ruokinta suomenkarjalle soveltuu parhaiten. Itä-, länsi- ja pohjoissuomenkarjaa tarkastellaan suurimmaksi osaksi erikseen, sillä ne eroavat perimältään ja maidontuotantokyvyltään merkittävästi toisistaan.

## 4 AINEISTO JA MENETELMÄT

Aineisto jakaantui kahteen erilliseen kokonaisuuteen: Geenipankkikarja-aineistoon ja MTT:n tutkimusnavetta -aineistoon. Lisäksi tehtiin yleisiä mallinnuksia suomenkarja-lehmistä hyödyntäen kaikkien tuotosseurantaan kuuluvien suomenkarjalehmien tietoja. Tilastollista käsittelyä aineiston pienuudesta ja puutteellisuudesta johtuen ei voitu tehdä, joten kaikki laskelmat on tehty MS Excel -taulukkolaskentaohjelmalla. Aineistossa olleet poikkeavat havainnot poistettiin ennen tulosten laskemista.

### 4.1 Geenipankkikarjat

#### 4.1.1 Eläinainees ja aineiston keruu

Tässä tutkimuksessa hyödynnettiin puhtaita suomenkarjan geenipankkikarjoja (Pelson vankila sekä Kainuun ja Ahlmanin ammattiopistot) esimerkkeinä alkuperäisrotujen ruokinnan toteuttamisesta. Karjojen karjanhoitajia ja ruokinnansuunnittelusta vastaavia henkilöitä haastateltiin tutkimusprojektin ensimmäisen sisäruokintakauden alettua syksyllä 2009. Haastattelujen ja tilakäyntien avulla saatiin kuva suomenkarjan sen hetkisestä ruokinta- ja hoitomenetelmistä. Syksystä 2009 lähtien karjoista kerättiin systemaattisesti rehunkulutus- ja maidontuotantotiedot sekä rehuanalyysit ja toteutuneet ruokintasuunnitelmat. Lehmien energiataseen kehitystä seurattiin kuntoluokitusten avulla.

Tietojen keräämisessä hyödynnettiin ProAgrian tuotosseurantajärjestelmää, jonka tietokannasta haettiin vuosien 2008, 2009, 2010 ja 2011 osalta karjojen rehunkulutus- ja tuotostiedot. Ahlmanin tila kuului rehunkulutusseurantaan vuosina 2008 ja 2009 ja Seppälän tila ainoastaan vuonna 2008, joten niiltä osin tilojen tiedot olivat puutteellisia. Tuotosseurannan tietojen hyväksikäyttöä hankaloitti se, että koelypsytietoja lukuun ottamatta tiedot olivat karjakohtaisia keskiarvoja, joiden tulkitseminen on hankalaa, jos karjassa on eri rotuisia eläimiä. Vuonna 2008 kaikissa karjoissa oli myös valtarotujen edustajia ja seuraavinakin vuosina vain Seppälän karjassa oli ainoastaan yhtä alkupe- räisrotua.

Ahlmanin karjassa oli vuonna 2008 keskimäärin 34,2 lehmää, joista holsteinrotuisia oli 1,5 ja ayrshireja 0,4. Seppälän koulutilalla oli vuoden 2008 alussa lypsissä 16 ay- lehmää ja yksi holsteinlehmä, jotka poistettiin kevään aikana. Elokuussa 2008 Sukevan



vankilatilan kyyttökarja siirrettiin Seppälän ja Ahlmanin koulutiloille, minkä jälkeen tilojen lehmien lukumäärä ja rotujakauma pysyivät suunnilleen samanlaisina (taulukko 1). Pelson karjassa oli kaikkina tuotosseurantavuosina vähän yli 60 lehmää, joista noin 70 % oli pohjoissuomenkarjaa ja loput holsteinrotuisia.

Taulukko 1. Geenipankkikarjojen keskilehmäluku ja rotujakauma vuosina 2009-2011.

	Ahlman	Seppälä	Pelso
Keskilehmäluku	38	34	63
Rodut (eläinten lukumäärä)	länsisuomenkarja (24) itäsuomenkarja (12) pohjoissuomenkarja (2)	itäsuomenkarja	pohjoissuomenkarja (44) holstein (18)

#### 4.1.2 Olosuhteet, rehut ja ruokinta

Eläinten olosuhteet tiloilla olivat erilaiset, sillä Ahlmanin lehmät olivat lämpimässä parsinavetassa, Seppälän kylmäpihatossa ja Pelson lämpimässä pihatossa. Seppälän ja Ahlmanin karjat olivat tavanomaisessa tuotannossa, Pelson karja luomutuotannossa. Kaikilla tiloilla oli käytössä erillisruokinta, mutta ruokintatekniikat olivat erilaiset. Seppälän ja Pelson pihatoissa lehmät saivat väkirehua kioskista sekä lypsyasemalta. Ahlmanin tilalla väkirehun jako hoidettiin kiskoruokkijalla. Seppälän tilalla säilörehun jako oli automatisoitu ja sen hoiti rehunjakovaunu. Ahlmanin tilalla säilörehu jaettiin paali-leikkurilla ja Pelson tilalla pienkuormaajalla. Kaikkia karjoja laidunnettiin kesäisin.

Kaikkien karjojen ruokinta perustui nurmisäilörehuun, jota lehmillä oli vapaasti tarjolla. Ahlmanin ja Seppälän tiloilla oli käytössä nurminadasta ja timoteistä valmistettu säilörehu, Pelson säilörehu sisälsi edellisten lisäksi puna-apilaa. Säilörehujen säilönnällinen laatu oli yleisesti hyvä. Rehun sulavuus ja kuiva-ainepitoisuus vaihtelivat eräkohtaisesti. Alhaisimmillaan D-arvo oli alle 600 g/kg ka ja korkeimmillaan yli 700 g/kg ka.

Väkirehujen koostumukset olivat tiloilla erilaiset. Ahlmanin tilalla käytettiin vain ostoväkirehujä (Suomen Rehun Auto-krossi II-täysrehu ja Farmarin rypsi). Seppälässä käytettiin omaa tilaseosta, joka sisälsi pääasiassa ohraa, kauraa ja rypsirouhetta. Pelson väkirehuina olivat 2009 luomuohra ja –kaura sekä valkuaistäydennysrehu Tähti L130. Keväällä 2010 tilalla käytettiin lisäksi rehuhernettä. Väkirehua annettiin kaikilla tiloilla

tuotoksen mukaan lehmän kuntoluokka huomioiden. Väkirehutasot olivat maksimissaan LSK:lla 13 kg/pv, PSK:lla 11 kg/pv ja ISK:lla 6 kg/pv. Ensikoille väkirehua annettiin enemmän kuin tuotos olisi edellyttänyt, sillä lehmät tarvitsevat ensimmäisellä tuotantokaudellaan energiaa myös kasvuun.

#### 4.1.3 Syönnin mallintaminen ja Lypsikki

Tiloilla säilörehun kulutusta ei seurattu yksilöllisesti ja karjakohtaisetkin rehunkulutustiedot perustuivat rehuvarastojen muutoksiin, ei tarkkoihin punnituksiin. Varastojen muutosten avulla tehdyn arvion luotettavuuteen vaikuttaa muun muassa se, kuinka hyvin tähteeksi jääneen rehun osuus on otettu huomioon. Tutkimuksen kannalta oli tärkeää saada kuiva-aineen syönnistä mahdollisimman harhaton ennuste, sillä se ratkaisee lehmän ravintoaineiden saannin ja rehun hyväksikäytön. Geenipankkikarjojen syönnin enustamiseen käytettiin Huhtasen ym. (2011) kehittämää mallia (kaava 1), joka perustuu dieetin koostumuksen perusteella laskettuihin syönti-indeksipisteisiin (Huhtanen ym. 2007, 2008) (kaavat 2-4).

(1)

$$\text{Syönti}_{max} \text{ (kg ka/pv)} = 3,41 + 0,0148 \times \text{elopaino (kg)} + \text{ekm}_v + 0,09 \times (\text{koko rehuannoksen syönti} - \text{indeksi} - 100,$$

jossa

$\text{ekm}_v$  = vakioitu energiakorjattu maitotuotos (kg/pv)

(2)

*Säilörehun syönti – indeksi* =  $100 + 10 \times ((D - arvo - 680) \times 0,017 - (hapot - 80 \times 0,0128 + 0,0198 \times (ka - 250 - 0,00002364 \times ka^2 - 250^2 - 0,44 \times \text{jälkisosäilörehun osuus} + 4,13 \times \text{palkokasvien osuus} - 2,58 \times \text{palkokasvien osuus}^2 + 5,90 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus} - 6,14 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus}^2 - 0,0023 \times (\text{kuitu} - 550)))$ ,

jossa

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus (g/kg ka)

ka = kuiva-ainepitoisuus (g/kg)

hapot = maitohappo+haihtuvat rasvahapot (g/kg ka)

kuitu = kuitupitoisuus (g/kg ka)

jälkisosäilörehun, palkokasvien ja kokoviljasäilörehun osuus vaihtelee välillä 0-1

(3)

*Väkirehun syönti – indeksi* =  $100 + 10 \times ((vr - syönti - 0,1629 \times vr - syönti - 0,01882 \times vr - syönti^2 - 5,49 + 0,9474 \times rv - saanti - 0,4965 \times rv - saanti^2 - 2,017 \times rv - hvo - 0,74 + 0,00225 \times vr - kuitupit. - 250 - 0,0103 \times 40 - vr - rasvapit. - 0,00058 \times (vr - syönti - 8,0 \times (\text{säilörehun syönti} - \text{indeksi} - 100)))$ ,

jossa

vr-syönti = väkirehun syönti (kg ka/pv)

rv-saanti = väkirehusta saatava raakavalkuainen (kg/pv); rv > 170 g/kg ka

vr hvo = väkirehun valkuaisen pötsissä hajoava osuus (g/g) laskettuna rehutaulukoissa (MTT 2013) ilmoitettujen hvo-arvojen painotettuna keskiarvona

vr-kuitupit. = väkirehun neutraalidetergenttimenetelmällä määritetty kuitupitoisuus (g/kg ka)

vr-rasvapit. = väkirehun rasvapitoisuus (g/ kg ka)

(4)

*Koko rehuannoksen syönti – indeksi* =  
*säilörehun syönti – indeksi* + *väkirehun syönti – indeksi* – 100

Useissa malleissa syönti arvioidaan tuotoksen perusteella, mikä saattaa johtaa harhaan, sillä lehmät eivät välttämättä syö tuotostaan ja sitä kautta tarvettaan vastaavasti. Huhtanen ym. (2010) mallissa ei ole mukana havaittua maitotuotosta vaan vakioitu energiakorjattu maitotuotos ( $ekm_v$ ), joka saadaan kun havaittu tuotos korjataan vakioiselle dieetille (syönti-indeksi 100, OIV 90 g/kg ka)(kaava 5).  $Ek_m_v$  kuvaa lehmän perinnöllistä tasoa, hoito-olosuhteita ja terveystilannetta.

(5)

$$Ek_{m_v} (kg/pv) = ek_{m_h} + (100 - \text{koko rehuannoksen syönti - indeksi}) \times 0,131 + (90 - OIV) \times 0,142,$$

jossa

$ek_{m_v}$  = vakioitu energiakorjattu maitotuotos (kg/pv)

$ek_{m_h}$  = havaittu energiakorjattu maitotuotos (kg/pv)

OIV = rehuannoksen ohutsuolesta imeytyvä valkuainen (g/kg ka)

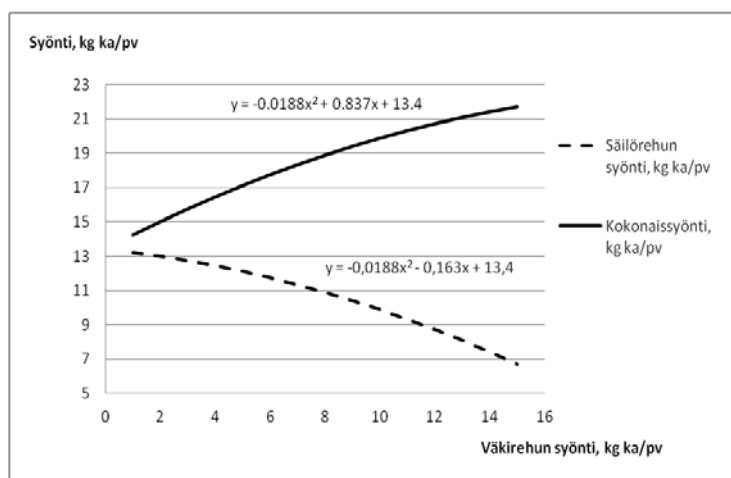
Rehuannoksen koostumuksen vaikutukset lehmän vapaaehtoiseen syöntiin perustuvat tuotosvasteaineistosta (Huhtanen ym. 2008) laskettuihin yhteyksiin. Aineiston pohjalta kehitetyt rehun syöntipotentiaalia, korjattua energian saantia ja ravintoaineiden tuotosvasteita ennustavat empiiriset regressiomallit on yhdistetty ruokinnan suunnittelu- ja optimointimalliksi (Lypsikki) (Huhtanen ja Nousiainen 2011). Lypsikin pilottiversiota käytettiin tässä tutkimuksessa geenipankkikarjoiden ja yleisesti kohdassa 5.3 suomenkarjalehmien syönnin sekä energian ja OIV:n saannin ennustamiseen.

Koska tuotosvasteaineistossa ei ole mukana yhtään suomenkarjan lehmää ja aineiston keskimääräiset syönti- ja tuotostasot ovat huomattavasti korkeampia kuin suomenkarjalalla, oli mallien ja Lypsikki-ohjelman käytössä tämän tutkimuksen aineiston kohdalla rajoitteita. Väkirehunsyönti-indeksin laskukaavassa (kaava 3) väkirehun määrän perustasoksi on asetettu 8 kg ka/pv. Geenipankkikarjoiden ISK- ja PSK-lehmien väkirehutasot olivat selvästi tätä matalampia, mikä johti väistämättä alhaisiin syönti-indeksipisteisiin. Alhainen syönti-indeksi saattaa aliarvioida lehmien ruokinnan tason, jolloin arvio lehmien tuotantopotentiaalista ( $ek_{m_v}$ ) tulee todellista paremmaksi. Indeksipisteongelman korjaamiseksi aineiston ISK- ja PSK-lehmille laskettiin korjattu väkirehumäärä alla mainitulla tavalla.

Tuotosvasteaineistossa väkirehun kuiva-ainesyönnin lisääntyminen vähensi säilörehun kuiva-ainesyöntiä käyräviivaisesti (kuva 1) ja lehmien säilörehun syönti riippui väkirehun syönnistä seuraavan yhtälön mukaisesti (kaava 6) (Huhtanen 2008).

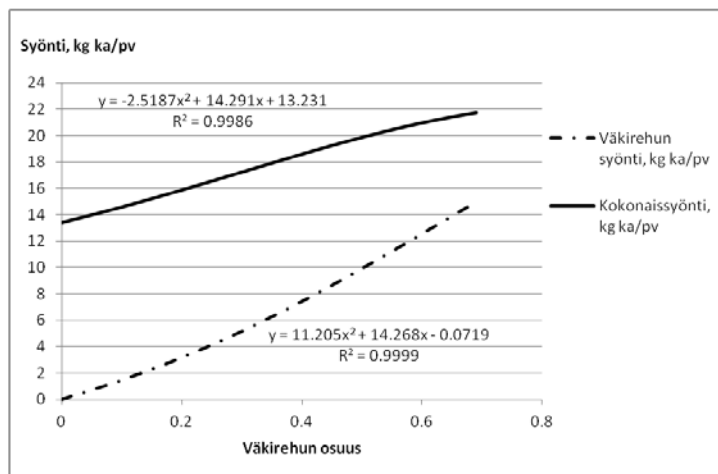
(6)

$$\text{Säilörehun syönti (kg ka/pv)} = -0,0188 \times \text{väkirehun syönti (kg ka/pv)}^2 - 0,163 \times \text{väkirehun syönti (kg ka/pv)} + 13,4$$



Kuva 1. Väkirehun määrän vaikutus säilörehun vapaaehtoiseen syöntiin ja kokonaissyöntiin tuotosvasteaineistossa (Huhtanen ym. 2008).

Kokonaissyöntien perusteella väkirehun määrän ja väkirehun osuuden välillä oli tuotosvasteaineistossa kuvan 2 mukainen yhteys.



Kuva 2. Väkirehun osuus tuotosvasteaineistossa (Huhtanen ym.2008) väkirehun syönnin ollessa 0,0-15,0 kg ka/pv.

Itä- ja pohjoissuomenkarjan lehmien rehuannoksen syönti-indeksipisteiden ja  $ekm_v$ :n laskemista varten geenipankkikarjojen väkirehumäärät korjattiin arvioidun väkirehun osuuden perusteella käyttäen kaavaa 7 (kuva 2) vastaamaan tuotosvasteaineiston väkirehunmääriä. Esimerkiksi jos ISK-lehmän väkirehun osuus dieetissä on 0,30, korjattu väkirehumäärä indeksipistelaskentaa varten on 5,6 kg ka. Tässä tapauksessa lehmän todellinen väkirehunsyönti on kuitenkin huomattavasti vähemmän.

(7)

$$\text{Korjattu väkirehun määrä (kg ka/pv)} = 11,205 \times (\text{arvioitu väkirehun osuus})^2 + 14,268 \times \text{arvioitu väkirehun osuus} - 0,0719$$

## 4.2 Tutkimusnavetat

### 4.2.1 Eläinainees ja aineiston keruu

MTT:n Lintupajun ja Minkiön tutkimusnavetoissa on vuosien 1985-2010 aikana ollut yhteensä 22 ISK-lehmää, joista tallennettuja tietoja käytettiin mahdollisuuksien mukaan hyväksi tässä tutkimuksessa. MTT:n Karjarekisteristä saatiin lehmien poikima-, koelypsy- ja sairaustiedot sekä kuntoluokitus- ja punnitustiedot. Minkiön tutkimusnavetassa kerättyä dataa, joka sisälsi päivittäiset lehmäkohtaiset väkirehun syönti- ja lypsytiedot saatiin 13.11.2007 eteenpäin, joten syönnin tarkastelujaksoksi valittiin 13.11.2007-1.5.2010 välinen aika.

Syönnin tarkastelujaksolla Minkiössä oli lypsyssä kaikkiaan neljä ISK-lehmää: Natasha (s. 1999), Pola (s. 2001), Sorea (s.2003) ja Unna (s. 2005). Natashalta tarkasteltiin kuudetta ja seitsemättä lypsykautta, Polalta neljättä, viidettä ja kuudetta, Natashalta kuudetta ja seitsemättä, Sorealta kolmatta, neljättä ja viidettä ja Unnalta ensimmäistä. Väki-rehun syönti- ja tuotostietojen lisäksi vastaavalta ajankohdalta hankittiin kyseisten lehmien säilörehun syöntitiedot. Koska nurmen syöntiä laitumella ei tiedetty eikä sen arvioiminen ollut tämän tutkimuksen kannalta tarkoituksenmukaista, jätettiin laidunkaudet tarkastelun ulkopuolelle.

#### 4.2.2 Rehut ja ruokinta

Lehmien ruokinta perustui hyvälaatuisen nurmisäilörehuun. Säilörehu jaettiin lehmille yksilöllisesti ja sen saanti oli rajoitettua. Säilörehu koostui eräkohtaisesti joko pelkistä heinäkasveista (tyypillisesti nurminata ja timotei) tai heinäkasveista ja puna-apilasta. Säilörehu ei ollut lehmien ainoa karkearehu, sillä jaloittelutarhassa oli tarjolla heinää ja loppulypsykaudesta sekä ummessa ollessa lehmät saivat vaihtelevia määriä olkea. Heinän ja oljen kulutuksesta ei ollut tietoja saatavilla, joten niiden vaikutusta rehuannoksen koostumukseen ei voitu huomioida. Väkirehua lehmät saivat kioskista sekä lypsyasemalta, joissa molemmissa saattoi olla samanaikaisesti käytössä useampaa eri seosta. Kaikki väkirehuseokset sisälsivät samat rehukomponentit suunnilleen samassa suhteessa (taulukko 2).

Taulukko 2. MTT:n tutkimusnavetassa 13.11.2007-1.5.2010 käytössä olleiden väkirehujen komponentit ja niiden osuudet väkirehuseoksessa (%).

	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Ohra	28,9	27,0	30,3
Kaura	27,3	27,0	28,7
Melassileike	12,3	11,9	13,0
Rypsipuriste	28,8	27,0	31,4
Onni-kivennäinen	2,50	2,50	2,50
Ruokintakalkki	0,20	0,20	0,20

#### 4.2.3 Tulosten laskeminen

Lehmien syömän säilörehun tarkkaa koostumusta oli mahdoton selvittää, sillä tarkkaa tietoa rehuerien käyttöajankohdasta ei ollut saatavilla. Säilörehun koostumuksena käytettiin syys- ja kevätkauden aikana käytössä olleiden säilörehujen koostumusten painotettuja keskiarvoja. Kuiva-ainepitoisuuksina käytettiin kuitenkin säilörehun syöntitiedoissa olevia päivittäin määritettyjä tuloksia, jolloin saatiin laskettua säilörehun todellinen kuiva-ainesyönti. Kuiva-ainesyönnin ja koostumustietojen perusteella laskettiin lehmien päivittäin säilörehusta saamat ME:n, OIV:n ja raakavalkuaisen (rv) määrät.

Väkirehujen rehuanalyyseistä ei selvinnyt annettiinko rehua kioskista vai lypsyasemalta, joten molemmista saatujen väkirehujen määrät laskettiin yhteen ja koostumuksena käytettiin näiden rehujen keskimääräistä koostumusta. Tällä tavoin saatiin selville lehmän päivittäinen väkirehun kuiva-ainesyönti sekä väkirehusta tulevat ME:n, OIV:n ja raakavalkuaisen määrät.

Väkirehu- ja säilörehutiedot yhdistämällä saatiin selville lehmien päivittäinen kokonaiskuiva-aineen syönti sekä korjaamaton ME:n ja OIV:n saanti. Myös koko rehuannoksen ME-, OIV- ja rv- pitoisuudet laskettiin päiväkohtaisesti. Kuiva-ainesyönnin ja rehuannoksen koostumuksen perusteella laskettiin korjattu ME-saanti (Kaava 8). ME-saannin lisäyksenä käytettiin korkeintaan kahta megajoulea.

(8)

$$\text{Korjattu ME - saanti (MJ/pv)} = \text{Korjaamaton ME - saanti (MJ/pv)} - (-56,7 + 6,99 \times \text{ME-pit} + 1,621 \times \text{ka-syönti} - 0,44595 \times \text{rv-pit} + 0,00112 \times \text{rv-pit}^2,$$

jossa

ME-saanti = muuntokelpoisen energian saanti, MJ/pv

ka-syönti = kuiva-aineen syönti, kg/pv

ME-pit = rehuannoksen korjaamaton ME-pitoisuus, MJ/kg ka

rv-pit = rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus, g/kg ka

Aamu- ja iltalypsyjen maitomäärät saatiin tutkimusnavetassa kerätystä datasta, johon yhdistettiin koelypsytiedoissa olevat maidon rasva-, valkuais- ja laktoosipitoisuudet. Maidon pitoisuudet oli määritetty kahden viikon välein. Päivittäiset maidon pitoisuudet laskettiin edellisen ja seuraavan koelypsytiedon pitoisuuksista regressioyhtälön avulla. Maitotuotoksen ja pitoisuuksien perusteella laskettiin päivittäinen energiakorjattu maitotuotos Sjaunjan ym. (1990) esittämällä kaavalla (kaava 9).

(9)

$$\text{Ekm (kg)} = \text{maitotuotos (kg)} \times (383 \times \text{rasva} - \% + 242 \times \text{valk} - \% + 165,4 \times \text{lakt} - \% + 20,7) / 3140$$

Lypsyn yhteydessä lehmät kulkivat vaa'an läpi, joten jokaiselle päivälle oli kaksi elopainotietietoa, joiden keskiarvoa käytettiin ME:n ja OIV:n tarpeen laskemiseen. Energian ja valkuaisen tarve ylläpitoon ja tuotantoon laskettiin MTT:n (2013) ruokintasuosituksissa esitetyillä kaavoilla (kaavat 10-13).



$$\text{Energiantarve ylläpitoon (MJ ME/pv)} = \text{Elopaino (kg)}^{0,75} \times 0,515 \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \text{Energian tarve tuotantoon (MJ ME/pv)} \\ = 5,15 \times \text{energiakorjattumaitotuotos (kg/pv)} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{Valkuaisen tarve ylläpitoon (g OIV/pv)} \\ = 1,8 \times \text{elopaino (kg)}^{0,75} + 14 \times \text{kuiva} \\ - \text{aineen syönti (kg/pv)} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{Valkuaisen tarve maidontuotantoon (g OIV/pv)} \\ = (1,47 - 0,0017 \times \text{ekm (kg/pv)}) \times \text{valkuaistuotos (g/pv)} \end{aligned} \quad (13)$$

Energiataseelle ja rehun hyväksikäytölle käytettiin seuraavia määritelmiä:

$$\begin{aligned} \text{Energiatase (MJ ME/pv)} \\ = \text{korjattu ME:n saanti (MJ/pv)} \\ - \text{ME:n tarve ylläpitoon ja tuotantoon (MJ/pv)} \end{aligned} \quad (14)$$

$$\text{Rehun hyväksikäyttö (rh) (MJ ME/kg ekm)} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \text{Rehun hyväksikäyttö (rh) (MJ ME/kg ekm)} \\ = \text{korjattu ME:n saanti (MJ/pv)/ekm (kg/pv)} \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \text{Tuotantoon käytettävissä olevan rehun hyväksikäyttö (rh}_t\text{) (MJ ME/kg ekm)} \\ = \text{(korjattu ME:n saanti (MJ/pv)} \\ - \text{ylläpitoenergian tarve (MJ ME/pv)/ekm (kg/pv)} \end{aligned}$$

## 5 TULOKSET

### 5.1 Geenipankkikarjat

#### 5.1.1 Rehut ja rehujen syöti

Ruokinta perustui syöntipotentialtaan hyvään säilörehuun, jonka D-arvo oli Ahlmanilla keskimäärin 652 g/kg ka, Pelsolla 655 g/kg ka ja Seppälässä 668 g/kg ka (taulukko 3). Proagrian rehunkulutustietojen perusteella Pelson karjan väkirehun osuus kuiva-aineesta vaihteli tarkkailuvuodesta riippuen 0,26-0,41 ja oli keskimäärin 0,32. Ahlmanin LSK-lehmien ruokinnassa väkirehun osuus oli sekä 2008 ja 2009 noin 0,30. Seppälän karjan ruokinnassa väkirehun osuus oli vuonna 2008 0,24. Energiaa lehmien rehuissa oli sekä mallinnuksen että ProAgrian tietojen perusteella 10,8-11,3 MJ ME/kg ka.

Taulukko 3. Geenipankkikarjojen säilörehun D-arvojen ja syöti-indeksien vuosittaiset keskiarvot (ka) sekä minimi- (min) ja maksimi-arvot (max) vuosilta 2008-2011.

	Ahlman			Seppälä			Pelso		
	ka	Min	Max	ka	Min	Max	ka	Min	Max
Säilörehun D-arvo, g/kg ka	652	636	664	668	646	681	655	646	665
Säilörehun syöti-indeksi	102	97	105	108	105	111	112	109	113

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen osuus

Syönnin ennustamisessa käytettiin tilojen vuoden 2010 tuotos-, väkirehun syöti- sekä väkirehun ja säilörehun koostumustietoja (taulukko 5). Elopainoina käytettiin suomenkarjan eri rotujen keskimääräisiä elopainoja (ProAgria 2010), sillä tilojen elopainotiedot olivat puutteellisia. Vuonna 2010 käytössä olleiden väkirehujen koostumus on esitetty taulukossa 4. Seppälän ja Pelson karjoissa väkirehuannoksen koostumus ja ravintoainesisältö vaihteli lehmän maitotuotoksen ja lypsykauden vaiheen perusteella. Yleisesti valkuaisrehun määrää lisättiin loppulypsykaudesta, mutta erittäin vähän tuottaville lehmille sitä ei välttämättä annettu lainkaan. Keskimäärin lehmät saivat väkirehua 3,2-7,1 kg ka/pv rodusta riippuen (taulukko 6). Lehmien lypsykauden keskimääräiset maksimisyötiennusteet vaihtelivat 13,4-18,0 kg ka/pv.

Taulukko 4. Geenipankkikarjojen väkirehujen koostumukset vuonna 2010.

	Ahlman		Pelso		Seppälä
	Auto-krossi II	Farmarin rypsi	Vilja-herne - seos	Tähti 130L	Tilaseos
Ka-pitoisuus (g/kg)	880	880	860	880	880
ME (MJ/kg ka)	12,9	11,7	12,8	14,4	12,0
rv (g/kg ka)	200	349	168	294	202
OIV (g/kg ka)	115	156	104	130	113
Kalsium (g/kg ka)	10,3	7,43	0,70	4,55	7,75
Fosfori (g/kg ka)	5,71	12,6	4,40	13,64	7,62

ka = kuiva-aine, ME = muuntokelpoinen energia, rv = raakavalkuainen

OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

Taulukko 5. Geenipankkikarjojen mallinuksissa käytetyt lähtötiedot.

	Ahlman		Seppälä	Pelso
	LSK	ISK		
Maito, kg/pv	23,6	13,4	11,0	14,5
Maidon pitoisuudet g/kg				
Rasva	45,4	43,6	44,7	43,4
Valkuainen	34,8	35,1	35,5	35,1
EkM, kg/pv	25,5	14,2	11,8	15,4
Elopaino, kg	532	512	512	515
Energian tarve, MJ ME/pv	188	129	116	135
OIV:n tarve, g/pv	1615	1068	942	1133

ekm = energiakorjattumaitotuotos, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

Taulukko 6. Geenipankkikarjojen mallinnoksien tulokset.

	Ahlman		Seppälä	Pelso
	LSK	ISK		
Ek <sub>m<sub>v</sub></sub> , kg/pv	25,3	15,9	13,0	16,7
Ek <sub>m<sub>h</sub></sub> , kg/pv	25,5	14,2	11,8	15,4
Rehuannoksen syöti- indeksi	102	90	90	104
Syöti <sub>max</sub> , kg ka/pv	18,0	14,2	13,4	14,9
Väkirehu	7,1	4,2	3,2	5,4
Säilörehu <sub>max</sub>	10,9	10,0	10,2	9,5
Rehuannoksen ME-pitoisuus, MJ/kg ka	11,3	11,2	10,9	11,2
Rehuannoksen OIV-pitoisuus, g/kg ka	90,1	87,0	91,7	92,5
Korjattu ME-saanti	196	159	149	165
ME-tase (MJ/pv)	7,95	30,1	33,1	30,1
OIV:n saanti	1622	1238	1228	1378
OIV-tase	7,24	169	286	245
R <sub>h</sub> , MJ ME/kg ekm	7,70	11,2	12,6	10,7
R <sub>h<sub>t</sub></sub> , MJ ME/kg ekm	5,46	7,26	7,95	7,11

ek<sub>m<sub>v</sub></sub> = vakioitu energiakorjattu maitotuotos, ek<sub>m<sub>h</sub></sub> = havaittu maitotuotos,

ME = muuntokelpoinen energia, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen,

rh = rehun hyväksikäyttö, rh<sub>t</sub> = tuotantoon käytettävissä olevan rehun hyväksikäyttö

### 5.1.2 Energian ja valkuaisen saanti

Mallinnuksen perusteella lehmien lypsykauden keskimääräiset energia- ja OIV-taseet olivat positiivisia. Ahlmanin LSK-lehmien OIV:n saanti oli lähes tarvetta vastaavaa ja ME-saanti oli 105 % tarpeesta. Ahlmanin ISK-lehmien ME- ja OIV:n saannit olivat 123 % ja 116 % tarpeesta. Seppälän ISK-lehmien ravintoaineiden saannit olivat noin 130 % tarpeesta ja Pelson PSK-lehmien noin 120 % tarpeesta. Ennustetut ravintoaineiden saannit perustuivat oletukseen, että lehmät söivät dieettiä maksimiannoksen.

### 5.1.3 Maitotuotos ja rehun hyväksikäyttö

Korkein tuotos oli LSK-lehmillä, jotka tuottivat keskimäärin 24,4 kg ekm/pv. Matalin tuotos oli Seppälän ISK-lehmillä, jotka tuottivat keskimäärin 11,8 kg ekm/pv. Ahlmanin ISK-lehmien keskituotos oli Seppälän lehmiä korkeampi, joten aineiston kaikkien ISK-lehmien keskituotos oli 12,6 kg ekm/pv. PSK-lehmät tuottivat keskimäärin 14,6 kg

ekm/pv. Kaikkien rotujen päivätuotoksissa sekä 305 päivän tuotoksissa oli kuitenkin huomattavaa yksilöllistä vaihtelua, niin että parhaimmat lehmät tuottivat yli neljä kertaa heikoimpia enemmän (taulukot 7 ja 8). Matalatuottoisimpien ISK- ja PSK-lehmien tuotoshuiput olivat alle 10 kg/pv kun taas korkeatuottoisimpien tuotoshuiput olivat yli 25 kg/pv.

Havaittu maitotuotos oli Ahlmanin LSK:lla 9,5 % ja ISK:lla 36 % pienempi kuin tuotostavasteyhtälöihin perustuva ennustettu maitotuotos. Seppälän ISK-lehmien havaittu tuotos oli 42 % pienempi ja Pelson PSK-lehmien 32 % pienempi kuin ennustettu maitotuotos. Mallinnuksen perusteella LSK-lehmät käyttivät 5,46 MJ ME/ kg ekm. PSK- ja ISK-lehmät käyttivät energiaa selvästi enemmän, yli 7 MJ ME/kg ekm (taulukko 6).

Taulukko 7. Ahlmanin tuotostietojen keskiarvot (ka) sekä minimi- (Min) ja maksimi-arvot (Max) vuosilta 2008-2011. Länsisuomenkarjalehmiä 38, itäsuomenkarjalehmiä 24.

	Länsisuomenkarja			Itäsuomenkarja		
	ka	Min	Max	ka	Min	Max
Maito, kg/305 pv	6856	2282	11298	4123	2048	7392
Maidon pitoisuudet, g/kg						
Rasva	45,0	37,2	58,8	43,5	35,0	55,0
Valkuainen	34,7	31,6	40,4	34,8	31,5	41,0
Ek, kg/pv	24,4	11,4	37,7	15,1	6,88	23,8

ekm = energiakorjattu maitotuotos

Taulukko 8. Seppälän ja Pelson tuotostietojen keskiarvot (ka) sekä minimi- (Min) ja maksimi-arvot (Max) vuosilta 2008-2011. Itäsuomenkarjalehmiä 47, pohjoissuomenkarjalehmiä 76.

	Seppälä (itäsuomenkarja)			Pelso (pohjoissuomenkarja)		
	ka	Min	Max	ka	Min	Max
Maito, kg/305 pv	3035	805	7192	4077	941	7063
Maidon pitoisuudet, g/kg						
Rasva	43,0	31,5	56,0	44,2	30,6	61,0
Valkuainen	35,9	30,6	42,0	34,9	28,3	41,1
Ek, kg/pv	11,8	3,64	25,7	14,6	5,46	23,4

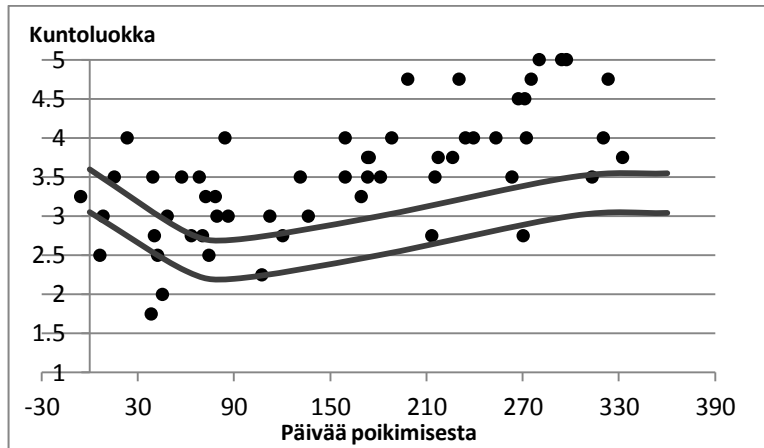
ekm = energiakorjattu maitotuotos

#### 5.1.4 Painot ja kuntoluokat

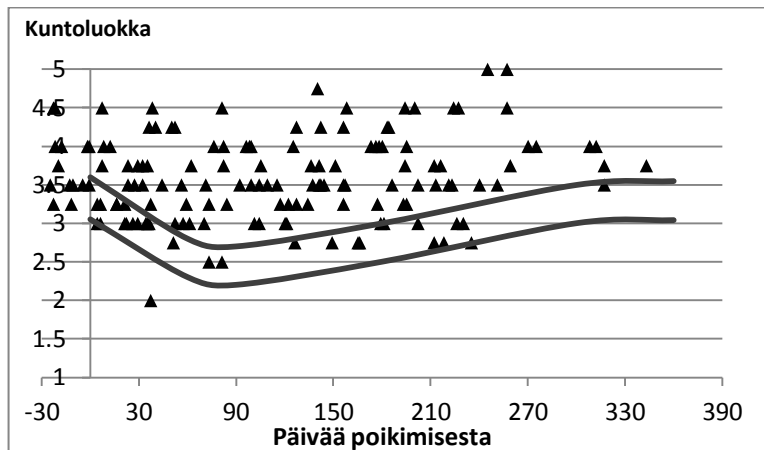
Elopainotietoja oli saatavilla vain Ahlmanin ja Seppälän karjoista (94 lehmältä), joten PSK-lehmien elopainoja ei voitu tarkastella. ISK-lehmät painoivat keskimäärin 508 kg ja LSK-lehmät 529 kg, mutta vaihtelu lehmien elopainoissa oli huomattavaa (taulukko 9). Kuntoluokkatietoa ei myöskään ollut kaikista lehmistä, mutta suurimmalle osalle (139 lehmälle) oli tehty ainakin yksi kuntoluokitus. Osalle kuntoluokituksia oli tehty lypsykaudella säännöllisemmin. Korkein keskimääräinen kuntoluokka oli ISK-lehmillä ja matalin LSK-lehmillä (taulukko 9). Keskimääräinen kuntoluokka kohosi kaikilla ro-  
duilla lypsykauden edetessä. Lehmien kuntoluokat olivat yleisesti korkeampia kuin ta-  
voite kyseisessä lypsykauden vaiheessa (Kuvat 3-5).

Taulukko 9. Geenipankkikarjojen lehmien painot ja kuntoluokat 2008-2011. Elopaino-  
aineistossa 34 länsisuomenkarjalehmää ja 60 itäsuomenkarjalehmää. Kuntoluokka-  
aineistossa 30 länsisuomenkarjalehmää, 65 itäsuomenkarjalehmää ja 55 pohjois-  
suomenkarjalehmää.

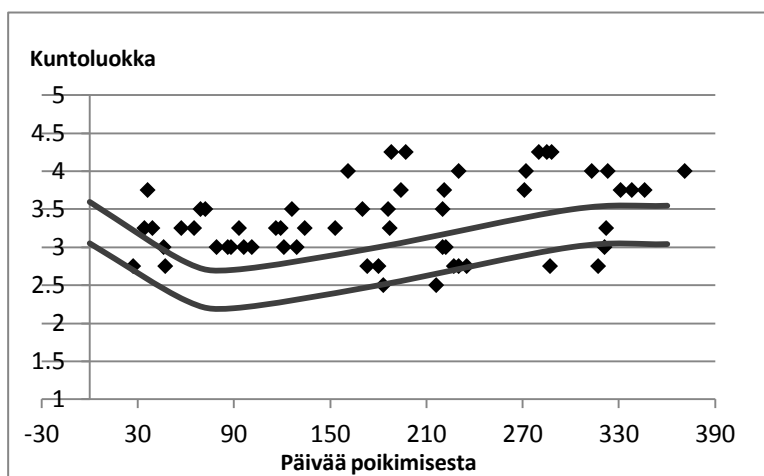
	Länsisuomenkarja			Itäsuomenkarja			Pohjoissuomenkarja		
	ka	Min	Max	ka	Min	Max	ka	Min	Max
Elopaino, kg	529	433	719	508	370	700			
Kuntoluokka	3,36	2,50	4,25	3,58	2,00	5,00	3,53	1,75	5,00
1-100 pv poikimisesta	3,17	2,75	3,75	3,46	2,00	4,50	3,01	1,75	4,00
101-200 pv poikimisesta	3,33	2,50	4,25	3,59	2,75	4,75	3,46	2,25	4,75
201- pv poikimisesta	3,48	2,50	4,25	3,70	2,75	5,00	4,02	2,75	5,00



Kuva 3. Geenipankkikarjojen pohjoissuomenkarjalehmien kuntoluokat. Viivojen väliin jää kuntoluokan tavoitealue.



Kuva 4. Geenipankkikarjojen itäsuomenkarjalehmien kuntoluokat. Viivojen väliin jää kuntoluokan tavoitealue.



Kuva 5. Geenipankkikarjojen länsisuomenkarjalehmien kuntoluokat. Viivojen väliin jää kuntoluokan tavoitealue.

## 5.2 Tutkimusnavetat

### 5.2.1 Rehut ja rehujen syönti

Lehmät saivat hyvin sulavaa säilörehua, jonka laadussa ei ollut vuosien välillä kovin suuria vaihteluita. Säilörehujen ravintoainesisältö on esitetty taulukossa 10. Säilörehua annettiin lehmille yksilöllisesti keskimäärin 27,0 kg/pv. Säilörehun kuiva-ainepitoisuus vaihteli kuitenkin huomattavasti (taulukko 10) aiheuttaen merkittävää vaihtelua myös päivittäisiin kuiva-aineen syönteihin. Lehmien keskimääräinen säilörehun kuiva-aineen syönti oli 5,3-7,5 kg/pv (taulukko 12).

Taulukko 10. MTT:n Minkiön tutkimusnavetan säilörehun kuiva-aine- ja OIV-pitoisuudet sekä D-arvot sisäruokintakausilla 2007-2010.

	2007-2008			2008-2009			2009-2010		
	ka	Min	Max	ka	Min	Max	ka	Min	Max
kuiva-aine, g/kg	279	175	383	226	189	264	268	192	445
D-arvo, g/kg ka	694	675	710	681	672	705	706	676	718
OIV, g/kg ka	84,0	82,2	87,0	83,7	81,5	86,4	86,5	83,0	87,8

D-arvo = sulavan orgaanisen aineen pitoisuus, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

Väkirehujen ravintoainesisältö on esitetty taulukossa 11. Lehmien tunnusruokinta aloitettiin kolme viikkoa ennen odotettua poikimista ja poikiessa väkirehua annettiin 1,70-2,70 kg ka/pv. Väkirehun määrää lisättiin poikimisen jälkeen lehmän maitotuotoksen kehityksen perustella 14-100 päivän ajan. Lehmien maksimiväkirehutasot vaihtelivat neljästä kilosta kahdeksaan kiloon. Keskimäärin lehmät saivat väkirehua 4,5 kg ka/pv (taulukko 12).



Taulukko 11. MTT:n Minkiön tutkimusnavetan väkirehujen koostumus sisäruokinta-kausilla 2007-2010.

	Keskiarvo	Minimi	Maksimi
Kuiva-aine, g/kg	887	875	897
ME, MJ/kg ka	12,1	11,8	12,2
OIV, g/kg ka	114	112	115
PVT, g/kg ka	8,88	-0,05	11,6
Raakavalkuainen, g/kg ka	190	179	196
Sokeri + tärkkelys, g/kg ka	362	359	376
Kalsium, g/kg ka	9,94	9,52	10,1
Fosfori, g/kg ka	6,35	6,17	6,55
Natrium, g/kg ka	4,34	4,28	4,42
NDF, g/ kg ka	269	262	273

ME = muuntokelpoinen energia, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, PVT = pötsin valkuaiastase, NDF = neutraalidetergenttikuitu

Minkiön dieetin energia- ja OIV-pitoisuudet olivat keskimäärin 11,5 MJ ME/kg ka ja 97,0 g OIV/kg ka. Lehmien maksimisyönnit vaihtelivat 9,1 kuiva-ainekilosta 16,0 kuiva-ainekiloon. Selvästi pienimmät päivittäiset syönnit olivat Unnalla, jonka keskimääräinen kuiva-aineen syönti oli 8,8 kg/pv. Polan kolmen lypsykauden syönti oli keskimäärin 12,3 kg ka/pv ja Sorean 10,6 kg ka/pv. Natashan kahden lypsykauden syönti oli keskimäärin 10,9 kg ka/pv. Loppulypsykaudesta kokonaiskuiva-ainesyönnit laskivat nopeasti ruokinnan voimakkaasta rajoittamisesta johtuen.



taminen näkyi selvästi taseiden kehityksessä, sillä ne eivät enää muuttuneet positiivisimmiksi, kuten oli oletus, tietyn lypsykauden vaiheen jälkeen vaan saattoivat jopa kääntyä uudestaan laskusuuntaisiksi. Viimeisillä laktaatioviikoilla lehmät tuottivat todella vähän, joten taseet olivat huomattavan positiivisia ruokinnan rajoittamisesta huolimatta.

### 5.2.3 Maitotuotos ja rehun hyväksikäyttö

Lehmät tuottivat keskimäärin 6,8-17,6 kg ekm/pv (taulukko 12). Keskimääräisiä maitotuotoksia laskettaessa ei huomioitu lehmien ensimmäistä ja viimeistä laktaatioviikkoa. Ennen ensimmäistä koelypsyä maidon pitoisuuksina käytettiin ensimmäisen koelypsytuloksia. Samoin viimeisille laktaatiopäiville käytettiin viimeisen koelypsytuloksia. Lehmien tuotoshuiput vaihtelivat huomattavasti ollen 8,8 ekm kg/pv - 25,0 ekm kg/pv. Korkeimmillaan tuotos oli 20 - 60 päivää poikimisesta. Lypsykausien pituuksissa oli huomattavaa vaihtelua. Polan lypsykausien pituus oli keskimäärin 283 vrk, Sorean 242 vrk ja Natashan 340 vrk. Unnalta tarkasteltiin vain yhtä lypsykautta, joka oli selvästi muita pitempi eli 380 vrk.

Minkiön lehmien keskimääräinen rehun hyväksikäyttö oli 10,7 MJ ME/kg ekm. Kun ylläpitoon menevä energia vähennettiin, jäi tuotantoon käytettäväksi 5,96 MJ ME/kg ekm. Vaihtelu lehmien rehun hyväksikäytöissä oli suurta. Rehun hyväksikäytöt huononivat lypsykauden edetessä, kokonaishyväksikäyttö selvästi enemmän kuin tuotantoon käytettävissä olevan energian. Loppulypsykauden ruokinnan rajoittamisesta johtuen joidenkin lehmien tuotantoon käytettävissä olevan energian hyväksikäyttö oli huonoimmillaan lypsykauden puolivälissä. Tuotantoon käytettävissä olevan energian hyväksikäytöt olivat alkulypsykaudella (8-100 pv poikimisesta) 3,59-7,64 MJ ME/ kg ekm ja loppulypsykaudella (yli 200 pv poikimisesta) 5,04-9,65 MJ ME/kg ekm.

### 5.2.4 Painot ja kuntoluokat

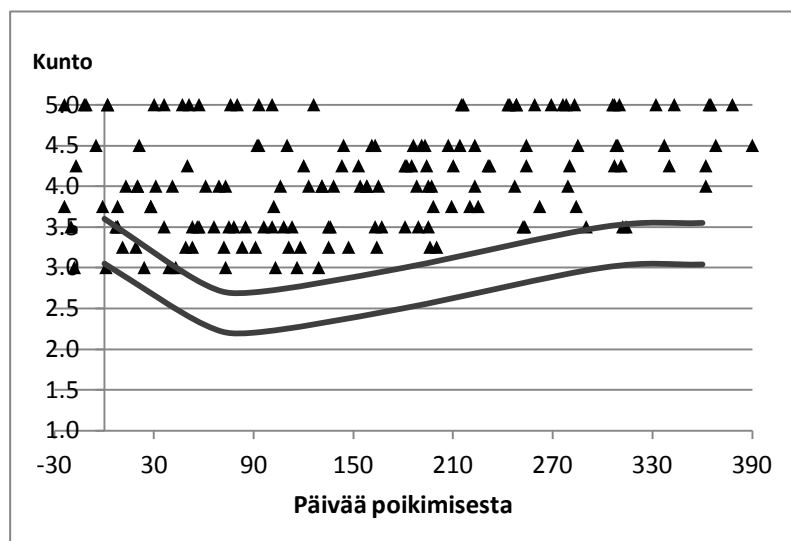
Painojen ja erityisesti kuntoluokkien tarkastelussa hyödynnettiin kaikkien MTT:n tutkimusnavetoissa olleiden kyyttöjen tietoja. Kuntoluokitukset oli aloitettu tutkimusnavetoissa 2003, joten kuntoluokitustietoja saatiin kymmeneltä lehmältä. Joiltakin lehmiltä

oli vain yksi paino- ja/tai kuntoluokkatieto, toisilta tietoja oli kymmeniä. Jos tietoja oli useampi, käytettiin niiden keskiarvoa. Lehmien keskimääräinen elopaino oli 498 kg ja kuntoluokka 4,1 (taulukko 13). Yleisesti lehmien kuntoluokka oli korkeampi kuin tavoite kyseisessä tuotantokauden vaiheessa (kuva 6). Korkeimmillaan kuntoluokat olivat loppulypsykaudella ja ummessa ollessa. Ruokintatarkastelussa mukana olleiden lehmien keskimääräinen kuntoluokka tarkastelujaksolla oli yli 4.

Ruokintatarkastelussa mukana olleiden lehmien keskimääräiset elopainot tarkastelujaksolla olivat seuraavat: Pola 598 kg, Sorea 523 kg, Natasha 509 kg ja Unna 510 kg. Laidunkausien (1.5.-31.8.) painoja ei ole mukana tuloksissa. Sisäruokintakausilta oli lähes kaikilta päiviltä kaksi punnitusta. Lehmän paino saattoi vaihdella suuresti saman vuorokauden aikana. Suurimmillaan painoero kahdessa peräkkäisessä punnituksessa oli yli 20 kg. Keskimäärin peräkkäisten punnitusten ero oli 5, 4 kg.

Taulukko 13. MTT:n tutkimusnavetoissa olleiden itäsuomenkarjalehmien painot (19 lehmää) ja kuntoluokat (10 lehmää).

	ka	Min	Max
Elopaino, kg	498	402	598
Kuntoluokka	4,06	3,00	5,00
1-100 pv poikimisesta	3,91	3,00	5,00
101-200 pv poikimisesta	3,88	3,00	5,00
201- pv poikimisesta	4,31	3,00	5,00



Kuva 6. MTT:n tutkimusnavetoiden itäsuomenkarjalehmien (10 lehmää) kuntoluokat 2005-2010. Viivojen väliin jää kuntoluokan tavoitealue.

## 5.3 Yleismallinnuksen tulokset

### 5.3.1 Syöntikyky

Koska tämän tutkimuksen aineistossa oli hyvin vähän tietoa lehmien todellisista kuiva-aineen syöntimääristä, ennustettiin yleisesti suomenkarjalehmien syöntiä Huhtasen ym. (2010) kehittämän mallin avulla. Syöntiennusteen laskemista varten päivätuotokset laskettiin jakamalla rotujen vuosituotokset (ProAgria 2010) 305:llä. Vakioituna tuotoksena käytettiin havaittua päivätuotosta, sillä lehmiä oletettiin ruokittavan keskimäärin 100 indeksipisteen dieetillä. Länsisuomenkarjan kuiva-aineen syöntiennuste oli yli 2,5 kg suurempi kuin itäsuomenkarjan.

Taulukko 14. Itä-, pohjois- ja länsisuomenkarjan kuiva-aineen syöntimaksimit 100 indeksipisteen dieetille (OIV-pitoisuus 90 g/kg ka, ME-pitoisuus 11 MJ/kg ka). Lehmien paino 526 kg.

Rotu	Keskituotos, ekm kg/vuosi	Päivätuotos, ekm kg/pv	Syöntiennuste, kg ka/pv
Itäsuomenkarja	3904	12,8	14,5
Pohjoissuomenkarja	5511	18,1	15,8
Länsisuomenkarja	7145	23,4	17,1
Keskiarvo	5520	18,1	15,8

ekm = energiakorjattu maitotuotos, ME = muuntokelpoinen energia,  
OIV = ohutsuoletta imeytyvä valkuainen

Taulukossa 15 on esitetty lehmän maidontuotantokyvyn vaikutus kuiva-aineen syöntiin. Lehmiä ruokittiin tässäkin laskelmassa vakiodieetillä, joten havaitun tuotoksen voitiin olettaa olevan sama kuin vakioitu tuotos. Matalatuottoisten lehmien sekä kokonaiskuiva-aineen syönti että elopainoon ja metaboliseen elopainoon suhteutettu kuiva-ainesyönti oli pienempi kuin korkeatuottoisten. Mitä matalampi lehmän maidontuotantopotentialiaali oli, sitä parempi sen syöntikyky kuitenkin tuotantoon suhteutettuna oli. 10 ekm kg/pv lypsävä lehmä pystyi tuottamaansa maitokiloa kohti syömään vakiodieettiä yli kaksinkertaisen määrän 30 ekm kg päivässä lypsävään lehmään verrattuna.

Taulukko 15. Lehmän (elopaino 526 kg) ennustettu kuiva-ainesyönti ja kokoon ja tuotukseen suhteutettu syönti, kun lehmä saa vapaasti vakiodieettiä (syönti-indeksi 100, OIV-pitoisuus 90 g/kg ka, ME-pitoisuus 11 MJ/kg ka)

Ek <sub>m<sub>v</sub></sub> /ek <sub>m<sub>h</sub></sub> , kg/pv	Syönti <sub>max</sub> , kg ka/pv	kg ka/100 elopaino kg	g ka/elopaino <sup>0,75</sup>	kg ka/kg ek <sub>m<sub>h</sub></sub>
10	13,8	2,6	125	1,38
15	15,1	2,9	137	1,00
20	16,3	3,1	149	0,82
25	17,6	3,4	161	0,71
30	18,9	3,6	172	0,63

ek<sub>m<sub>v</sub></sub> = vakioitu energiakorjattu maitotuotos, ek<sub>m<sub>h</sub></sub> = havaittu energiakorjattu maitotuotos, ME = muuntokelpoinen energia, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

### 5.3.2 Energian ja valkuaisen saanti

Ennustetun kuiva-aineen syönnin perusteella voitiin laskea myös lypsylehmän energian ja OIV:n saanti (Taulukot 16 ja 17). Mitä matalampi lehmän tuotantokyky oli sitä positiivisempi sen energia- ja OIV-tase vapaalla ruokinnalla oli.

Taulukko 16. Lehmän (elopaino 526) ennustettu kuiva-ainesyönti, muuntokelpoisen energian (ME) saanti, energiatase ja rehun hyväksikäyttö, kun lehmä saa vapaasti vakiodieettiä (syönti-indeksi 100, OIV-pitoisuus 90 g/kg ka, ME-pitoisuus 11 MJ/kg ka)

Ek <sub>m<sub>v</sub></sub> /ek <sub>m<sub>h</sub></sub> , kg/pv	Syönti, kg ka/pv	ME-saanti, MJ/pv	ME-tarve, MJ/pv	Energiatase, MJ/pv	MJ ME/kg ek <sub>m<sub>h</sub></sub>
10	13,8	151	108	43,3	15,1
15	15,1	166	134	31,8	11,0
20	16,3	180	160	20,2	9,0
25	17,6	194	185	8,7	7,8
30	18,9	208	211	-2,9	6,9

ek<sub>m<sub>v</sub></sub> = vakioitu energiakorjattu maitotuotos, ek<sub>m<sub>h</sub></sub> = havaittu energiakorjattu maitotuotos, ME = muuntokelpoinen energia, OIV = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

Taulukko 17. Lehmän (elopaino 526 kg) ennustettu kuiva-ainesyönti, ohutsuolesta imeytyvän valkuaisen (OIV) saanti, OIV-tase ja valkuaisen hyväksikäyttö (g OIV/kg ekm), kun lehmä saa vapaasti vakiodieettiä (syönti-indeksi 100, OIV-pitoisuus 90 g/kg ka, ME-pitoisuus 11 MJ/kg ka).

Ek <sub>m<sub>v</sub></sub> /ek <sub>m<sub>h</sub></sub> , kg/pv	Syönti, kg/pv	OIV:n tarve g/pv	OIV:n saanti g/pv	OIV-tase, g/pv	g OIV/kg ek <sub>m<sub>h</sub></sub>
10	13,8	889	1239	350	124
15	15,1	1152	1355	203	90,3
20	16,3	1412	1471	59,4	73,6
25	17,6	1669	1587	-81,5	63,5
30	18,9	1923	1703	-220	56,8

ek<sub>m<sub>v</sub></sub> = vakioitu energiakorjattu maitotuotos, ek<sub>m<sub>h</sub></sub> = havaittu energiakorjattu maitotuotos, ME = muuntokelpoinen energia

## 6 TULOSTEN TARKASTELU

### 6.1 Rehut ja syönti

Aineiston suomenkarjalehmien ruokinta perustui hyvälaatuiseen nurmisäilörehuun. Geenipankkikarjojen säilörehun syönti-indeksi oli keskimäärin 108, joten lehmät saivat syöntipotentiaaliltaan jopa vähän parempaa säilörehua kuin lypsykarjat maassamme keskimäärin (ProAgria 2011). D-arvoissa oli kuitenkin selvää vaihtelua ja keskimäärin geenipankkikarjoissa säilörehu oli maamme keskitasoa huomommin sulavaa. Minkiön säilörehun D-arvo oli aina yli 670 g/kg ka, mutta sen saanti oli lypsykauden alkua lukuunottamatta rajoitettua. Geenipankkikarjojen dieetin keskimääräinen ME-pitoisuus oli samaa tasoa kuin rehunkulutusseurantaan kuuluvissa karjoissa (10,9 MJ ME/kg ka), mutta OIV-pitoisuudet olivat matalammat kuin lypsylehmien ruokinnassa yleensä (ProAgria 2011). Minkiön dieetin energia- ja OIV-pitoisuudet olivat korkeammat kuin karjoissa keskimäärin.

Lehmien väkirehu koostui tavallisesti viljasta ja rypsistä. Väkirehun osuus kuiva-aineesta geenipankkikarjoissa oli keskimäärin 0,30, mikä oli 13 prosenttiyksikköä vähemmän kuin maamme karjoissa keskimäärin (ProAgria 2011). Minkiön ISK-lehmien väkirehun osuus kuiva-aineesta (0,41) oli samaa tasoa kuin valtaroduilla. Väkirehumäärät olivat kuitenkin huomattavasti valtaroduilla käytettäviä määriä pienempiä. Geenipankkikarjoissa väkirehutasot vaihtelivat paljon rodun perusteella ja olivat korkeimmat

LSK-lehmillä ja matalimmat ISK-lehmillä. LSK-lehmien kokonaissyöntiennuste 18,1 kg ka/pv oli sama kuin tuotosvasteaineiston lehmien keskimääräinen syönti (Huhtanen ja Nousiainen 2012). Rehunkulutusseurantakarjojen lehmien syönti oli keskimäärin 20 kg ka/pv (ProAgria 2011), joten ISK- ja PSK-lehmien kokonaissyönnot olivat selvästi pienempiä kuin valtarotujen.

Fysiologiset rajat syönnille asettaa lähinnä pötsin tilavuus, jolloin suuremmat eläimet voivat syödä enemmän. Syöntikyvyn on havaittu olevan karkeasti ottaen verrannollinen lehmien metaboliseen elopainoon (McDonald ym. 2011). Syöntiä ennustavissa malleissa elopaino onkin yleensä mukana yhtenä selittävänä tekijänä. Suomenkarjalehmien elopainot olivat selvästi valtarotuja pienemmät. Pelkän elopainon tarkastelu syöntikykyä arvioitaessa saattaa johtaa kuitenkin harhaan. Elopainon lisäys kehon koostumuksen pysyessä ennallaan lisää ruuansulatuskanavan kapasiteettia. Jos elopainon muutos sen sijaan johtuu rasvakudoksen lisääntymisestä, syönti ei enää lisäännä elopainon lisääntyessä (McDonald ym. 2011). Lopulta ruumiinonteloon kertynyt rasva saattaa rajoittaa pötsin laajenemista. Suurimmassa osassa tutkimuksista poikimakuntoluokan ja syönnin välillä on havaittu negatiivinen yhteys (Broster ja Broster 1998). Lihavien lehmien syöntikyky myös kehittyi poikimisen jälkeen normaalikuntoisia hitaammin (Gansworthy ja Topps 1982).

Huhtasen ym. (2010) syöntiä ennustavassa mallissa ei ole mukana lehmän kuntoluokkaa, jolla saattaa kuitenkin olla merkittävä vaikutus lehmän syöntiin. Keadyn ym. (2004a) mallissa kuntoluokka on mukana ja sen nousu yhdellä yksiköllä (asteikko 1-5) vähentää syöntiennustetta 1,12 kg ka/pv. Yli puolet geenipankkikarjojen kuntoluokkahavainnoista olivat korkeita ( $\geq 3,5$ ), joten luultavasti lehmät eivät todellisuudessa syöneet, niin paljon kuin ennustettu syönti oli. Huhtasen ym. (2010) mallilla saatu syöntiennuste kuvaa muutenkin lehmien keskimääräistä maksimisyöntiä, joten korkean kuntoluokan lisäksi lukuisat muut tekijät saattavat vaikuttaa siihen, ettei lehmä saavuta maksimisyöntiä.

Tutkimuksissa samalla ruokinnalla olleiden saman rotuisten lehmien kuiva-ainesyönneissä on ollut huomattavaa yksilöllistä vaihtelua. Ettalan ja Virtasen (1990) rotuvertailukokeessa eniten syöneen suomenkarjalehmän syönti oli lähes kaksinkertainen verrattuna vähiten syöneeseen. Myös tässä aineistossa arviot kuiva-aineen syönneistä vaihtelivat suuresti. Korkein kuiva-aineensyöntiennuste oli eniten tuottavilla LSK-



lehmillä ja alhaisin matalatuottoisimmilla ISK-lehmillä. Lypsylehmän energian tarpeeseen ja sitä kautta syöntiin vaikuttaakin eläimen koon lisäksi merkittävästi maitotuotos. Lehmät syövät ilmaistakseen geneettistä tuotantopotentiaaliaan (Huhtanen ym. 1998, Kennedy ym. 2003). Maidontuotantokyvyn vaikutusta syöntiin havainnollisti erityisesti mallinnus. Päivätuotoksen nousu 10 ekm-kilolla lisäsi lehmän syöntiennustetta 24 g ka/ep<sup>0,75</sup>. Vaikka tuotantokyvyltään parempien lehmien syönti oli kokoon suhteutettuna suurempaa, niin matalatuottoisten lehmien syönti oli tuotantoon suhteutettuna suurempaa.

Eläintekijöiden lisäksi rehujen syöntipotentiaali ja dieetin koostumus vaikuttavat merkittävästi lehmän kuiva-ainesyöntiin (Huhtanen 2011). Kuitu yleensä fermentoituu ja poistuu pötsistä hitaammin kuin muut rehukomponentit, joten kuitupitoisilla dieeteillä ruokasulan hidaskvirtaus ruuansulatuskanavan läpi saattaa rajoittaa syöntiä (Allen 1996). Sulavuuden ja syönnin välinen yhteys ei kuitenkaan ole lineaarinen, sillä sulavuuden parantuessa syönti lisääntyy odotettua vähemmän (Blaxter ym 1961). Huhtanen ym. (2007) havaitsivat, että säilörehun D-arvon vaikutus kuidun syöntiin on käyräviivainen, niin että suurin kuidun syönti saavutetaan D-arvolla 640 g/kg ka. Tämä viittaa siihen, ettei pötsin fysiologinen täyteisyys rajoita syöntiä enää tätä sulavampaa säilörehua syötettäessä.

Minkiön lehmien dieetin sulavuus oli erittäin korkea, joten vapaalla ruokinnalla lehmät olisivat syöneet alhaisista tuotoksista huolimatta luultavasti merkittävästi enemmän. Toisaalta lehmien kuntoluokat olivat niin korkeita, että lihavuus saattoi vaikuttaa negatiivisesti ainakin joidenkin yksilöiden syöntikykyyn. Myös geenipankkikarjoissa säilörehun D-arvo oli yli 640 g/kg ka, joten pötsin täyteisyys ei luultavasti rajoittanut syöntiä kuin korkeintaan erittäin lihavilla yksilöillä. Lehmien syöntikyvystä aineisto antoi kuitenkin vain osviittaa, sillä Minkiön lehmien ruokinta oli rajoitettua ja geenipankkikarjosten säilörehun syönti ennustettiin. Lisäksi Minkiön lehmillä oli tarjolla jaloittelutarhassa heinää, jonka kulutusta ei voitu huomioida.

## 6.2 Energian ja valkuaisen saanti

Geenipankkikarjosten lehmien ennustetut energia- ja OIV-taseet olivat positiivisia siten, että positiivisimmat taseet olivat ISK:lla ja vähiten positiiviset LSK:lla. Myös Minkiön lehmien taseet olivat positiivisimmat vähiten tuottavilla lehmillä vaikka ruokintaa rajoitettiin. Mallinnuksen perusteella vapaasti samaa dieettiä saavien lehmien energia- ja OIV-taseet ovat sitä positiivisempia mitä huonompi lehmien geneettinen tuotantopotentiaali on. Myös tutkimuksissa energiataseet ovat olleet positiivisempia geneettisesti matalatuottoisimmilla lehmillä (Yan ym. 2006, Saether ym. 2010). Korkeatuottoiset lehmät eivät kykene välttämättä syömään sulaviakaan rehuja tarvettaan edellyttämää määrää, jolloin taseet jäävät negatiivisiksi. Matalatuottoisten lehmien syöntikyky taas on tuotokseen nähden hyvä, jolloin vapaasti ruokittujen lehmien energian ja OIV:n saanti ylittää helposti tarpeen.

Tässä tutkimuksessa lehmien ylläpitoenergian tarve laskettiin pelkän elopainon perusteella. Lehmän kehon koostumus saattaa vaihdella kuitenkin huomattavasti, joten on biologisesti mahdotonta, että ylläpitoenergian tarve on suoraan suhteessa elopainoon. Kudosten ylläpitoenergian tarve on lähinnä seurausta niiden jatkuvasta uusiutumisesta (turnover). Säännöllisesti ruokittujen eläinten rasvakudoksen uusiutumisen kuluttama energia on vähäistä, joten ylläpitoaineenvaihdunnan taso riippuu lähinnä kehon rasvatomien kudoksen määrästä (Agnew ja Tan 2000). Birnien (1999) tutkimuksessa lihaviiden lehmien ( $BCS \geq 4,5$ ) ME:n tarve ylläpitoon oli yhtä suuri kuin laihojen lehmien ( $BCS < 2$ ), vaikka niiden elopaino ja siten laskennallinen ME-tarve oli huomattavasti suurempi.

Viimeaikaisissa tutkimuksissa lehmien ylläpitoenergian tarpeet ovat olleet suurempia kuin vanhemmissa tutkimuksissa, mikä saattaa olla seurausta lehmien huomattavasta geneettisen tuotantokyvyn paranemisesta viimeisten vuosikymmenten aikana (Agnew ja Yan 2000). Lehmän perimä vaikuttaa kehon koostumukseen. Korkean tuotantopotentiaalisten omaavien lehmien selkärasvan määrän on havaittu olevan pienempi tuotantokyvyltään keskitasoisten tai huonojen lehmien (Ferris, 1999a). Toisaalta korkeatuottoisten lehmien syönti ja ravintoaineiden saanti on suurempaa, lisää maksan ja ruuansulatuskanavan verenkiertoa ja hapenkulutusta sekä kasvattaa niiden kokoa (Johnson ym. 1990). Suoliston ja maksan lämmöntuotanto muodostavat huomattavan osan koko eläimen ylläpitotarpeesta.

Suomenkarjalehmien korkeat kuntoluokat viittaavat siihen, että niiden kehon rasvapitoisuus on suurempi kuin geneettisesti korkeampituottoisilla lypsyroduilla. ISK- ja PSK-lehmät myös syövät huomattavasti valtarotuja vähemmän. Erilaisesta kehon koostumuksesta ja ravinto-aineiden saannista johtuen ISK:n ja PSK:n ylläpitoenergiantarve saattaa poiketa valtarotujen tarpeesta. Minkiön ISK-lehmien energian tarve ylläpitoon oli luultavasti yliarvioitu, sillä lehmien päivätuotokset ja syönnit olivat matalia ja lehmien kuntoluokat korkeita. Myös geenipankkikarjojen matalatuottoisten lehmien todellinen ylläpitoenergian tarve saattaa olla pienempi kuin Lypsikki-ohjelmalla laskettu.

Tämän tutkimuksen perusteella suomenkarjalehmät syövät vapaalla ruokinnalla enemmän kuin tarve olisi. Tuotantopotentiaaliltaan huonojen suomenkarjalehmien energian ja OIV:n saanti on nykyisillä dieeteillä helposti yli 120 % laskennallisesta tarpeesta. Jos huipputuotos jää matalaksi, kuten aineistossa monella alle 15 kiloon, eivät energia- ja OIV-taseet ole välttämättä negatiiviset edes lypsykauden alussa. Jos suomenkarjalehmien todelliset ylläpitoenergian tarpeet ovat lisäksi ruokintasuosituksissa esitettyjä arvoja pienemmät, on energian liikasaanti vieläkin suurempaa.

### 6.3 Painot ja kuntoluokat

Suomenkarjalehmät ovat merkittävästi valtarotuja pienempiä. Vuonna 2009 tuotosseurantaan kuuluvat suomenkarjalehmät painoivat keskimäärin 50 kg vähemmän kuin ayrshiret ja 90 kg vähemmän kuin holsteinit (ProAgraria 2010). Geenipankkikarjojen LSK- ja ISK-lehmät olivat vähän kevyempiä kuin tuotosseurantaan kuuluvat saman rotuiset lehmät (taulukko 19). Selvästi eniten vaihtelua elopainoissa oli ISK-lehmillä, joiden kevyimmät yksilöt painoivat alle 400 kg ja painavimmat yli 600 kg. Minkiön kaikkien ISK-lehmien keskimääräinen elopaino oli alle 500 kg. Syöntitarkastelussa olleiden ISK-lehmien elopaino oli keskimäärin 535 kg.

Usein eläinten kokoa verrattaessa tarkastellaan elopainoja. Lypsylehmällä elopaino vaihtelee kuitenkin huomattavasti mittausajankohdan mukaan, sillä ruuansulatuskanavan, utareen ja virtsarakon sisältö sekä tiineyden vaihe vaikuttavat tulokseen. Suuri elopaino voi johtua myös lisääntyneestä rasvakudoksen määrästä eikä varsinaisesta suuresta koosta. Tämän aineiston lehmät olivat keskimääräistä kevyempiä, mutta syy siihen

ei ainakaan ollut lehmien laihuus. Yleisesti lehmien kuntoluokka oli korkeampi kuin tavoite kyseisessä tuotantokauden vaiheessa.

Korkeat kuntoluokat olivat looginen seuraus liiallisesta energian saannista. Minkiön lehmien kohdalla kuntoluokan kehitys vastasi varsin hyvin energiataseen kehitystä. Kuntoluokat kohosivat energiataseen muuttuessa positiivisemmaksi ja vastaavasti kun energian saantia rajoitettiin, kuntoluokat laskivat. Energiataseet olivat positiivisimpia matalatuottoisimmilla lehmillä, joilla vastaavasti myös kuntoluokat näyttivät olevan korkeimpia.

Useat tutkijat ovat havainneet, että kuntoluokan kehityskäyrä muistuttaa lypsykäyrän peilikuvaa (Figgens ym. 2004b, Pryce ja Harris 2006, Roche ym. 2006a). Korkeatuottoisilla lehmillä, jolla on kohonnut lypsykäyrä, on vastaavasti alentunut kuntoluokan kehityskäyrä (Roche ym. 2006a, McCarthy ym. 2007). Tässä aineistossa kuntoluokan kehitystä pystyi seuraamaan vain muutamilta Minkiön ISK-lehmiltä, mutta havainto näyttäisi pätevän myös toisin päin eli matalatuottoisilla lehmillä on kohonnut kuntoluokan kehityskäyrä. Minkiön ISK-lehmien kuntoluokka laski vain vähän tai ei ollenkaan lypsykauden alussa. Peilikuvaefektin mukaisesti kuntoluokka myös näytti nousevan nopeasti lehmillä, joiden tuotos laski nopeasti.

MTT:n tutkimusnavetoissa olleiden ISK-lehmien keskimääräinen kuntoluokka oli yli 4, kun taas tutkimusnavetoissa olleiden ayrshirelehmien keskimääräinen kuntoluokka oli 3,03. Tutkimuksissa valtarotujen kuntoluokat ovat olleet alle 3 (Roche ym. 2006, Yan ym. 2006), joten ainakin tämän aineiston perusteella suomenkarjalehmät ovat maitorotuja lihavampia. Geneettisen valinnan on havaittu vaikuttavan kuntoluokkaan ja sen kehitykseen. Yanin ym. (2006) tutkimuksessa geneettiseltä tuotantopotentiaaliltaan paremmilla holsteinlehmillä oli poikimisen jälkeen ruokintatasosta riippumatta johdonmukaisesti hitaampi elopainon lisäys ja matalampi kuntoluokka kuin perinnöllisesti matalampi tuottoisilla holsteinlehmillä. Samankaltaisia tuloksia sai Saether ym. (2010) verratessaan norjalaista alkuperäisrotua STN moderniin norjalaiseen lypsyrotuun norjanpunaiseen. STN:n kuntoluokka oli merkittävästi korkeampi kuin norjan punaisen. Myös kuntoluokan kehitys oli erilainen sillä norjanpunaisen kuntoluokka alkoi nousta poikimisen jälkeen selvästi STN:ää myöhemmin.

Ethertonin ja Baumanin (1998) tekemän kirjallisuuskatsauksen perusteella merkittävä rasvakudoksen aineenvaihduntaan vaikuttava homeoreettinen tekijä on kasvuhormoni.

Kasvuhormonikäsittelyn on havaittu vaikuttavan sekä lipogeneesiin että lipolyysiin. Positiivisessa energiataseessa olevalla lehmällä kasvuhormoni vähentää rasvakudoksessa tapahtuvaa rasvojen syntetisointia. Negatiivisessa energiataseessa olevalla lehmällä kasvuhormoni taas lisää lipolyysiä. Yksi kasvuhormonin toimintamekanismeista on kudosten insuliiniherkkyyden muuttaminen siten, että kohdekudoksen solujen glukoosin otto ja hapetus vähenee. Tämä on tärkeää erityisesti poikimisen aikaan, jolloin veren kasvuhormonipitoisuus kohoaa sekä luurankolihasen ja rasvakudoksen insuliiniresistenssi lisääntyy (Pettersson ym. 1994, Vernon ja Pond 1997) mahdollistaen ravintoaineiden suuntautumisen maidontuotantoon.

Potentiaalinen lipogeneesin säätelijä taas on insuliini (Vernon 1992). Insuliini lisää glukoosin kulkua rasvasoluihin ja varastoitumista niihin rasvana. Hartin (1983) tutkimuksessa alkulaktaation aikana positiivisessa energiataseessa olleiden matalatuottoisten lehmien plasman insuliinikonsentraatio oli merkittävästi suurempi kuin negatiivisessa energiataseessa olleiden runsastuottoisten lehmien. Chagasin ym. (2009) tutkimuksessa maidontuotantoon eri intensiteetillä jalostettujen lehmien veren insuliinipitoisuuksissa ei ollut merkittävää eroa, mutta korkean tuotantopotentiaalilla omaavien lehmien insuliiniresistenssi oli voimakkaampi kuin tuotantopotentiaaliltaan huonompien. Chagasin ym. (2009) havainto on loogisessa yhteydessä siihen, että korkeatuottoisiksi jalostettujen lehmien veren kasvuhormonipitoisuuden on havaittu olevan poikimisen jälkeen korkeampi kuin geneettisesti matalampituottoisten (Lucy ym. 2009).

Suomenkarjalehmien korkeat kuntoluokat saattavat johtua paitsi liiallisesta energian saannista myös niiden geneettisesti erilaisesta hormonitoiminnasta. Useat tutkijat ovat tulleet siihen tulokseen, että lipolyysi on pääsääntöisesti geneettisesti säädeltyä (Smith ja McNamara 1990, Friggens ym. 2007, Delaby 2009). Korkeaan maitotuotokseen tähtäävä intensiivinen valinta on vaikuttanut homeoreettisiin mekanismeihin tuottaen lehmiä, jotka purkavat voimakkaasti kudosvarastojaan (Lucy ym. 2009). Suomenkarjan kohdalla valinnan kriteerit ja intensiivisyys ovat eronneet valtaroduista, joten lehmien geneettinen taipumus purkaa kudosvarastojaan on jäänyt pienemmäksi. Lipogeneesi sitä vastoin on ympäristötekijöiden säätelemää, joten lehmien lihominen johtuu lähinnä liiasta ruokinnasta.

#### 6.4 Maitotuotos ja maidontuotantokyky

Pelson ja Seppälän ISK- ja PSK-lehmien keskituotokset olivat koko maan vastaavia lukuja alhaisemmat (taulukko 18), mikä johtuu luultavasti siitä, että karjoissa on pidettävä myös erittäin matalatuottoisia yksilöitä, jos ne ovat geneettisesti arvokkaita. Tavallisissa karjoissa matalatuottoisimmat yksilöt karsitaan yleensä heti ensimmäisen lypsykauden jälkeen. Sekä geenipankkikarjoissa että Minkiön tutkimusnavetassa oli useita erittäin matalatuottoisia ISK-ensikoita, joiden tuotoshuiput jäivät alle 10 kiloon ja vuosituotokset alle tuhanteen kiloon. Toisella lypsykaudella lehmät kuitenkin paransivat merkittävästi tuotostaan, niin että suurimman osan vuosituotos oli yli 2000 kiloa.

Minkiön tutkimusnavetassa olleiden ISK-lehmien keskituotos oli samaa luokkaa kuin vastaava koko maan keskituotos. Vuosituotokset vaihtelivat kuitenkin yksilöllisesti huomattavasti, alle tuhannesta yli 5000 kiloon. Myös geenipankkikarjoissa kunkin rodun parhaimmat lehmät tuottivat yli neljä kertaa enemmän kuin huonoimmat, joten eläinaines karjoissa oli hyvin epätasaista. Yleisesti aineisto keskittyi suomenkarjalehmiin, joiden geneettinen maidontuotantopotentiaali on selvästi valtarotuja heikompi. Tästä syystä aineisto antaa suomenkarjasta todellista huonomman kuvan maidontuotajana. Osa suomenkarjalehmistä on tuotantokyvyltään aivan valtarotujen tasoa. Parhaimmillaan LSK-lehmät ovat ylittäneet yli 17 000 kilon vuosituotokseen (Faba 2013), ja vuoden 2009 loppuun mennessä 100 000 kilon elinaikaistuotoksen oli saavuttanut maassamme kaikkiaan 35 suomenkarjalehmää (34 LSK, 1 PSK). Myös geenipankkikarjoissa oli LSK-lehmiä, joiden keskituotos oli selvästi korkeampi kuin maamme valtarotujen keskituotokset.

Eri rotujen maidontuotantokykyä verrattaessa on otettava huomioon lehmien koko. Suomenkarjalehmien keskimääräinen elopaino oli vuonna 2009 526 kg, joten maitotuotos 100 elopainokiloa kohti laskettuna oli 1 182 kg vuodessa ja metabolista elopainokiloa kohti laskettuna 56,6 kg vuodessa. Tässäkin yhteydessä LSK-, ISK- ja PSK-lehmiä on syytä tarkastella erikseen. LSK:n maidontuotanto metabolista elopainokiloa kohti oli vain 13,5 % pienempi kuin holsteinlehmien (taulukko 18). ISK:n tuotos taas oli 50 % pienempi.

Taulukko 18. Tuotosseurantaan kuuluneiden lehmien elopainot, energiakorjatut maitotuotokset (ekm) ja elopainoon suhteutetut tuotokset roduittain vuonna 2009.

Rotu	Elopaino, kg	Ek, kg	Kg ekm/Elopaino <sup>0,75</sup>
Ayrshire	578	9023	76,5
Friisiläinen/holstein	625	9325	74,6
Itäsuomenkarja	512	3904	36,3
Pohjoissuomenkarja	515	5511	51,0
Länsisuomenkarja	532	7145	64,5

Suomenkarjan ja valtarotujen ero maidontuotannossa on kasvanut huomattavasti, sillä vielä 1980-luvulla suomenkarjan maitotuotos oli karjantarkkailussa vain 700-800 kg pienempi kuin ayrshiren ja holstein-friisiläisen (Huhtanen 1982) (taulukko 19). Varsinkin kokoon suhteutettu maitotuotos on noussut suomenkarjalla selvästi maamme valtarotuja vähemmän (taulukko 21). Taulukkoja tarkastellessa on kuitenkin syytä huomioda se, että vuonna 1980 ISK ja PSK olivat lähes hävinneet, joten karjantarkkailuun kuuluvista suomenkarjalehmistä lähes kaikki olivat LSK-rotuisia. Vuonna 2009 tuotosseurantaan kuuluvista suomenkarjalehmistä noin 75 % oli LSK-rotuisia.

Taulukko 19. Tuotosseurantaan kuuluneiden lehmien elopainot roduittain vuosina 1980 ja 2009.

Rotu	Elopaino1980, kg	Elopaino 2009, kg	Lisäys, %
Ayrshire	478	573	19,9
Friisiläinen/holstein	508	618	21,7
Suomenkarja	447	526	17,7

Taulukko 20. Tuotosseurantaan kuuluneiden lehmien energiakorjatut maitotuotokset (ekm) roduittain vuosina 1980 ja 2009.

Rotu	Ek 1980, kg	Ek 2009, kg	Lisäys, %
Ayrshire	5849	9023	54,3
Friisiläinen/holstein	5758	9325	62,0
Suomenkarja	5094	6464	26,9

Taulukko 21. Tuotosseurantaan kuuluneiden lehmien energiakorjatut maitotuotokset (ekm) metabolista elopainokiloa ( $\text{ep}^{0,75}$ ) kohden roduittain vuosina 1980 ja 2009.

Rotu	ekm/ $\text{ep}^{0,75}$	ekm/ $\text{ep}^{0,75}$	Lisäys, %
	1980, kg	2009, kg	
Ayrshire	57,2	77,0	34,6
Friisiläinen/holstein	53,8	75,2	39,8
Suomenkarja	52,4	58,9	12,4

Lehmien koko on kasvanut samalla kun maitotuotos on lisääntynyt (taulukot 19 ja 20), mikä kertoo lehmien koon ja maitotuotoksen välisestä positiivisesta yhteydestä. Hyvän geneettisen kasvukyvyyn omaavilla lehmillä on korkea veren kasvuhormonipitoisuus. Kasvuhormoni vaikuttaa lukuisiin fysiologisiin prosesseihin mahdollistaen suuremman ravintoaineiden käytön kudossmassan kasvuun kasvavilla eläimillä ja maidon synteesiin laktaatiokaudella (Etherton ja Bauman 1998). Kasvuhormonilla on tärkeä rooli maitorauhasen kehityksessä (Serjzen ym. 1986), maitoa tuottavien solujen lisääntymisessä ja yleisesti maidontuotannossa (Lincoln ym. 1995).

Kasvuhormoni vaikuttaa kasvuhormonireseptorin välityksellä, joten geneettisen vaihtelun kasvuhormonireseptoriproteiinia koodaavassa kasvuhormonireseptorigeenissä (GHR) on epäilty selittävän nisäkkäiden maidontuotanto-ominaisuuksia (Moisio ym. 1998). Blott ym. (2003) havaitsivat tutkimuksessaan, että GHR:llä on voimakas vaikutus lypsylehmien maitotuotokseen ja maidon koostumuksen. Ihmisen suorittama keinollinen valinta on saattanut vaikuttaa nautojen kasvuhormonireseptorigeeniin. GHR:n alleelien frekvenssit ovat erilaiset maamme alkuperäisroduilla kuin valtaroduilla (Moisio ym. 1998). Naudan tuotannollisesti tärkeät ominaisuudet ovat kuitenkin usean geenin kontrolloimia (Vilkki 2003) ja näiden toiminnasta tarvitaan vielä lisää tutkimustietoa. Veren matalampi kasvuhormonipitoisuus ja erilainen GHR:n toiminta saattavat kuitenkin olla yksi syy siihen, etteivät suomenkarjalehmät käytä ravintoaineita samalla tavalla maidon muodostukseen kuin jalostetut maitorodut.

Suurikokoisilla eläimillä on myös suurempi ruumiinontelon ja pötsin tilavuus, jolloin niiden kuiva-aineen syöntikyky ja siten myös energian saanti maidontuotantoon on suurempi. Vaikka suomenkarjalehmät eivät pysty syömään yhtä paljon kuin valtarodut, niin ainakaan hyvin sulavia rehuja tarjottaessa energian saanti ei rajoita tuotosta. Energian saanti oli kaikilla aineistoin roduilla tarvetta suurempaa, jonka seurauksena ylimääräinen energia säilöttiin rasvakudokseen. Sen sijaan lehmien lihavuudella saattoi olla vai-



kutusta maidontuotantoon. Kuntoluokan ja maidontuotannon välisestä yhteydestä on saatu ristiriitaisia tuloksia, mutta yhteys näyttäisi olevan käyräviivainen (Broster ja Broster 1998). Kuntoluokitustiedot viittaavat siihen, että suomenkarjan elopainon lisääntyminen saattaa johtua osittain rasvakudoksen lisääntymisestä, mikä selittäisi myös sitä, ettei tuotos ole noussut, kuten muilla roduilla (taulukko 20).

### 6.5 Rehun hyväksikäyttö

Ettalan ja Virtasen (1990) 1980-luvun alussa tekemässä monivuotisessa rotuvertailuko-keessa suomenkarjan rehuhyötysuhde ei eronnut merkitsevästi muista roduista. Huhtasen (1982) teoreettisten laskelmien mukaan suomenkarjan rehun hyväksikäyttö oli tuol- loin muutaman prosentin huonompi kuin ayrshiren ja friisiläisen. Aineiston ja mallin- nusten perusteella suomenkarjalehmien energian hyväksikäyttö on nykyään selvästi valtarotuja huonompi. Jos verrataan geenipankkikarjoja ja rotuvertailuko-keen tuloksia, samalla kun suomenkarjan dieetin energiapitoisuus on noussut noin 20 %, on rehun hy- väksikäyttö huonontunut peräti 40 %.

Usein rehun hyväksikäyttö ilmaistaan yksinkertaisesti lehmän rehuista saaman energian ja maidossa tuotetun energian suhteena. ME:n saannin ja ekm-tuotoksen suhde kertoo kuitenkin hyvin vähän tehokkuudesta, jolla lehmä todellisuudessa muuttaa käytettävissä olevan energian maidon energiaksi. Korkeatuottoisten lehmien laskennallinen hyväksi- käyttö on aina matalatuottoisia parempi, sillä ylläpitoon käytetty energia jakautuu use- ammalle maitokilolle. Tätä havainnollistaa taulukko 22, josta nähdään erikseen alkupe- räisrotujen ja valtarotujen rehun hyväksikäyttö, kun lehmien energian saanti on ruokin- tasuosituksen mukaista. Ay- ja fr-lehmät käyttävät saamastaan energiasta yli 70 % mai- dontuotantoon, kun taas matalatuottoiset ISK-lehmät vain vähän yli puolet. Suomenkar- jalehmien ylläpitoenergian tarpeen suuri osuus koko energian tarpeesta, johtaa siis aina valtarotuja huonompaan rehun hyväksikäyttöön.

Taulukko 22. Tuotosseuranataan vuonna 2009 kuuluneiden lehmien rehun hyväksikäytöt ja tuotantoon käytettävissä olevan energian osuus, kun lehmien energian saanti on ruokintasuositusten (MTT 2013) mukaista.

Rotu	Elopaino, kg	EkM, kg/vuosi	MJ ME/ kg ekM	Energiasta tuotantoon, %
Ayrshire	578	9023	7,2	71,5
Friisiläinen/holstein	625	9325	7,3	71,0
Itäsuomenkarja	512	3904	9,5	54,3
Pohjoissuomenkarja	515	5511	8,2	62,6
Länsisuomenkarja	532	7145	7,6	67,9

ekM = energiakorjattu maitotuotos, ME = muuntokelpoinen energia

Geenipankkikarjojen ISK- ja PSK-lehmien rehun hyväksikäytöt olivat selvästi huonompia kuin taulukossa 22. Yksi syy huonompiin hyväksikäyttöihin oli keskimääräistä alhaisemmat tuotokset, mutta vaikka ylläpitoon kuluva energia huomioitiin, olivat arvioitujen tuotantoon käytettävissä olevan energian hyväksikäytöt myös huonoja. Ruokintasuositusten perusteella lehmä tarvitsee muuntokelpoista energiaa 5,15 MJ energiakorjattua maitokiloa kohden (MTT 2013). Maksimisyönnillä geenipankkikarjojen ISK- ja PSK-lehmien ME-saanti oli jokaista tuotettua ekM-kiloa kohti yli 2 MJ enemmän.

Ahlmanin LSK-lehmien ja Minkiön ISK-lehmien keskimääräinen  $rh_t$  oli laskennallisesti lähellä samaa tasoa kuin rehunkulutusseurantaan kuuluvien lehmien (5,53 MJ ME/kg ekM, ProAgria 2010). Minkiön lehmien todellinen maidontuotantoon käytettävissä oleva energian määrä oli kuitenkin luultavasti suurempi, sillä energian saannissa ei ole huomioitu heinästä tulevaa energiaa. Aikaisemmin myös todettiin, että lehmien todellinen ylläpitoenergian tarve oli oletettavasti laskennallista pienempi. Minkiön aineisto oli myös niin pieni, että yksi korkeatuottoinen lehmä vaikutti keskiarvoon huomattavasti.

Rehuhyötysuhdetta laskettaessa ei usein huomioida kudosvarastojen muutosta. ME/ekM-arvoon vaikuttaa voimakkaasti elopainon muutos (Britt ym. 2003, Mäntysaari ym. 2012). Lehmät, jotka mobilisoivat eniten kudosvarastojaan, ovat parhaita rehun hyväksikäyttäjiä varsinkin alkulypsykaudella. Kuten aiemmin todettiin, geneettiseltä tuotantokyvyltään parempien lehmien taipumus mobilisoida kudosvarastojaan on suurempi. Parempi rehun hyväksikäyttö onkin yhteydessä korkeampaan tuotokseen ja suurempaan kudomobilisaatioon (Britt ym. 2003, Mäntysaari ym. 2012). Kun energian kerääntyminen kudoksiin/purkaminen kudoksista ja ylläpitoenergian tarve otetaan huomioon, näyt-

täisi ME:n hyväksikäytön tehokkuus maidontuotannossa ( $k_1$ ) olevan sama geneettisesti huono- ja hyvätuottoisilla lehmillä (Ferris ym. 1999b, Agnew ja Yan 2000, Yan ym. 2006).

Perimä ei ilmeisesti vaikutakaan tehokkuuteen, jolla ME lopulta muuttuu maidon energiaksi vaan siihen, mikä osuus energiasta käytetään maidontuotantoon. Geneettisesti korkeatuottoisilla lehmillä on kyky suunnata suurempi osa saamastaan energiasta maidontuotantoon ja pienempi osa kudoksiin (Gordon ym. 1995, Yan ym. 2006). Yanin ym. (2006) tutkimuksessa geneettisesti parempituottoiset lehmät suuntasivat enemmän energiaa maidontuotantoon erityisesti alku- ja keskilaktaation aikana ja erot olivat selvimpiä korkeilla ruokintatasoilla. Saetherin ym. (2010) tutkimuksessa sitä vastoin norjanpunaisen ja norjalaisen alkuperäisrodun välillä ei ollut alkulaktaation aikana juuri eroa rehun hyväksikäytössä, mutta ero kasvoi lypsykauden edetessä. Loppulypsykaudella norjanpunainen tuotti merkitsevästi enemmän maitoa samaansa energiayksikköä kohden. Minkiön lehmien rehun hyväksikäytöt olivat parempia alkulypsykaudesta, huononivat nopeasti tuotoshuipun jälkeen ja paranivat taas jos energian saantia vähennettiin ruokintaa rajoittamalla. Tosin erittäin matalatuottoisten  $rh$  sekä  $rh_t$  olivat huonoja jo alkulypsykaudella.

Ruokinnalliset tekijät eivät ilmeisesti vaikuta juurikaan  $k_1$ -arvoon mutta rehun hyväksikäyttömittareihin niillä on vaikutusta (Agnew ja Yan 2000). Hyväksikäytöt ovat yleensä huonompia korkeaan tuotokseen tähtäävillä ruokinnoilla. Säilörehuun perustuvassa ruokinnassa väkirehun määrän lisääminen ja säilörehun sulavuuden paraneminen huonontavat yleensä sekä ME:n että typen hyväksikäyttöä (Huhtanen 1998). Typen hyväksikäytön huononeminen säilörehun D-arvon parantuessa ja väkirehun määrän lisääntyessä johtuu ilmeisesti dieetin valkuaispitoisuuden noususta. Huhtasen (1998) meta-analyysin perusteella tuotoksen ja typen hyväksikäytön välinen yhteys on heikko, joten typen hyväksikäytön tehokkuus maidontuotantoon riippuu ennemmin dieetin koostumuksesta kuin tuotostasosta. Aineiston ISK- ja PSK-lehmien rehuannosten valkuaispitoisuudet olivat kohtalaisen korkeita ja OIV-taseet positiivisia, joten typen hyväksikäyttö oli huono. Runsas typen saanti lisää typen erityistä virtsassa (Van Soest 1994), mikä on erityisen haitallista ympäristön kannalta.

Rehuannoksen energiapitoisuuden vaikutus rehuhyötösuhteeseen riippuu lehmän tuotostavasta. Mitä vähemmän maitotuotos nousee ruokinnan intensiteettiä lisättäessä sitä

enemmän rehun hyväksikäyttö huononee. Mitä korkeammalla ruokintatasolla ollaan sitä pienempi on ruokinnan intensiteetin lisäyksestä saatava hyöty (Huhtanen ja Nousiainen 2012). Väkirehu lisää maitototosta, mutta tuotosvaste pienenee väkirehun määrän lisääntyessä (Huhtanen 1998). Suuret väkirehuannokset heikentävät karkearehujen sulavuutta (Huhtanen ym. 2009) ja laskevat pötsin pH:ta. Hapanpötsi huonontaa selvästi rehun hyväksikäyttöä (Hutjens 2001, 2002). Osassa tutkimuksissa lehmien rehujen sulatuskyvyssä on havaittu vaihtelua (Trigg ja Parr 1981, Berry ym. 2007) kun taas Kennedy ym. 2007 ei havainnut rehujen sulavuudessa lehmäkohtaisia eroja.

Ruokinnan ja genotyypin välistä yhdysvaikutusta on tutkittu viimeaikoina paljon ja tulokset ovat olleet ristiriitaisia. Horan ym. (2005) tutkimuksessa korkean tuotantopotentiaalin omaavien lehmien tuotosvaste oli 1,1 kg maitoa/kg väkirehua kun taas matalamman tuotantopotentiaalin omaavien lehmien tuotosvaste oli 0,55 kg maitoa/ kg väkirehua. Shalloon ym. (2004) tutkimuksessa erot tuotosvasteissa olivat vielä suurempia ja he tulivat siihen tulokseen, että optimaalisin ruokinta geneettisesti matalatuottoisille lehmille on alhainen väkirehuruokinta ja korkean tuotantopotentiaalin omaaville lehmille taas korkea väkirehuruokinta. Sitä vastoin Rochen (2006) ja Colemanin ym. (2010) tutkimuksissa ruokinta  $\times$  genotyyppi –yhdysvaikutusta ei ollut. Aineiston pohjalta suomenkarjan tuotosvasteesta väkirehulle ei voinut tehdä tieteellisiä johtopäätöksiä, mutta laskennallisesti monien lehmien tuotos olisi pitänyt pysyä samana, vaikka väkirehua ei olisi annettu lainkaan.

Vaikka suomenkarjalehmien väkirehuannokset olivat matalia valtaroduilla käytettäviin annoksiin verrattua, niin luultavasti lehmien ruokintaintensiteetti oli niiden tuotantopotentiaaliin nähden liian korkea. Yleisesti ruokinta ei ollut ruokintasuositusten mukaista vaan lehmien sekä energian että valkuaisen saanti oli liiallista. Ravintoaineiden liiallinen saanti tarpeeseen nähden johti lihomiseen ja sitä kautta huonoon rehuhyötysuhteeseen. Liiallisen energian saannin lisäksi suomenkarjalehmien rehuhyötysuhdetta saattaa huonontaa geneettinen taipumus suunnata valtarotuja pienempi osa energiasta maidontuotantoon.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä tutkimuksessa ei järjestetty empiiristä koetta vaan tarkasteltiin suomenkarjalehmien syöntiä ja tuotosta sekä niihin vaikuttavia tekijöitä ProAgrian ja MTT:n aineistojen avulla. Valmiiden aineistojen ongelmana olivat erityisesti puutteelliset syöntitiedot. MTT:n aineisto oli lisäksi erittäin pieni. Osaratkaisuna syönnin osalta käytettiin syönnin mallintamista, joka perustui eläin- ja rehutekijöiden vaikutukseen lehmän vapaaehtoiseen syöntiin. Myös mallien käytössä oli omat haasteensa, koska suomenkarja eroaa merkittävästi maamme keskimääräisestä karjapopulaatiosta. Mallinnus toimi demonstraationa todennäköisestä syönnistä ja ravintoaineiden saannista, mutta niitä ei ole oikeasti määritetty. Tutkimuksessa hyödynnettiin paljon aikaisempaa tutkimustietoa muun muassa lehmän geenettisen tuotantopotentiaalin vaikutuksesta syöntiin ja rehun hyväksikäyttöön. Suomenkarjasta on tehty vähän tutkimusta, joten pääasiassa jouduttiin hyödyntämään valtaroduilla tehtyjä tutkimuksia.

Kokeellisen tutkimuksen järjestäminen on niin kallista, että olemassa olevien aineistojen hyödyntämiseen on selkeä tilaus myös ravitsemustutkimuksen piirissä. Ennen tutkimuksen alkua oltiin tietoisia valmiiden aineistojen rajoitteista, mutta useat puutteet tulivat esille vasta työtä tehdessä ja lopullinen aineisto ja tarkasteltavat muuttujat karsuivat alkuperäisiä tavoitteita pienemmiksi. Mallinnuksen avulla pystyi havainnollistamaan eri eläinryhmien eroja, mutta koska estimoidut syöntimäärät olivat laskennallisia, niiden perusteella ei ollut mahdollista arvioida todellisia eroja rehun hyväksikäytössä. Suomenkarjalehmien rehun hyväksikäytön ja tuotosvasteiden selvittämiseksi olisi tarvittu ruokintakoe.

Suomenkarja on sopeutunut maassamme vallinneisiin ankariin olosuhteisiin ja niukkaan ruokintaan. Lypsykarjan ruokinta on muuttunut paljon viimeisten vuosikymmenten aikana. Heinän on korvannut säilörehu ja väkirehujen ja valkuaislisän käyttö on lisääntynyt. Erot suomenkarjan ja valtalypsyrotujen, ayrshiren ja holsteinin, ruokinnassa ovat pieniä. Myös suomenkarjalehmien rehuannos koostuu nykyään hyvinsulavista rehuista, joten normaalikuntoisilla eläimillä rehun syöntiä rajoittaa luultavasti pötsin täyteisyyttä ennen ravintoaineiden liiallinen saanti. Suomenkarjalehmien kokonaiskuiva-aineen syönti on merkittävästi pienempää kuin valtarotujen, johtuen niiden huomattavasti pienemmästä koosta ja maitotuotoksesta. Matalatuottoisten lehmien syöntikyky on kuitenkin tuotantokykyyn nähden hyvä, joten vapaalla ruokinnalla suomenkarjalehmien ME:n

ja OIV:n saanti ei usein ole ruokintasuositusten mukaista. Lisäksi matalatuottoisten ja kuntoluokaltaan korkeiden suomenkarjalehmien todellinen ylläpitoenergiantarve saattaa olla laskennallista pienempi.

Suomenkarjan maitotuotos jää usein alhaisemmaksi kuin ruokinta edellyttäisi. Suomenkarjan huono rehun hyväksikäyttö on luultavasti seurausta monesta tekijästä. Rehujen määrä ja energiasisältö on liian suuri lehmien tuotantokykyyn nähden. Ylimääräinen energia varastoituu kehoon rasvana, jota suomenkarjalehmät eivät mobilisoi yhtä helposti kuin korkeatuottoisiksi jalostetut rodut.

Suomenkarjan jalostushistoria poikkeaa selvästi valtaroduista, sillä niiden jalostuksessa painopiste on ollut tuotanto-ominaisuuksissa suhteellisesti vähän aikaa. PSK- ja ISK-lehmien tuotantopotentiaalinaloinen jalostus on ollut myös eläinten vähäisestä määrästä johtuen todella haasteellista viimeisten vuosikymmenten aikana. Panos-tuotos -suhteen parantamiseksi suomenkarjalehmien ruokinnassa voisi käyttää heikommin sulavia rehuja kuten myöhään korjattua säilörehua, kokoviljasäilörehua ja olkea. Ruokintaintensiteetin lisääminen on järkevää vasta kun lehmien geneettinen maidontuotantokyky on jalostuksella saatu paremmaksi. Toisaalta maassamme on jo kaksi intensiiviseen tuotantoon soveltuvaa maitorotua. Suomenkarja ei pysty kilpailemaan tuotoksellaan valtarotujen kanssa, mutta niiden tuotanto voidaan toteuttaa myös hyvin alhaisilla panoksilla ilman merkittävää tuotostason vähenemistä. Lehmien ylikuokinnan ja liiallisen lihomisen välttäminen on myös eläinten terveysnäkökulmasta tärkeää.

## LÄHTEET

- Agenas, S., Burstedt, E. & Holtenius, K. 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 1. Feed intake, body weight, and milk production. *Journal of dairy science* 86: 870-882.
- Agnew, R. & Yan, T. 2000. Impact of recent research on energy feeding systems for dairy cattle. *Livestock Production Science* 66: 197-215.
- Allen, M.S. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of animal science* 74: 3063-3075.
- Artturi-verkkopalvelu 2013. [www.mtt.fi/artturi](http://www.mtt.fi/artturi). Viitattu 1.8.2013.
- Berry, D.P., Horan, B., O'Donovan, M., Buckley, F., Kennedy, E., McEvoy, M. & Dillon, P. 2007. Genetics of grass dry matter intake, energy balance, and digestibility in grazing Irish dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90: 4835-4845.
- Berry, D.P. 2009. Improving Feed Efficiency in Cattle with Residual Feed Intake. *Recent Advances in Animal Nutrition - 2008* : 67-99.
- Birnie, J., Agnew, R. & Gordon, F. 2000. The influence of body condition on the fasting energy metabolism of nonpregnant, nonlactating dairy cows. *Journal of dairy science* 83: 1217-1223.
- Blott, S., Kim, J., Moision, S., Schmidt-Kuntzel, A., Cornet, A., Berzi, P., Cambisano, N., Ford, C., Grisart, B., Johnson, D., Karim, L., Simon, P., Snell, R., Spelman, R., Wong, J., Vilkki, J., Georges, M., Farnir, F. & Coppieters, W. 2003. Molecular dissection of a quantitative trait locus: A phenylalanine-to-tyrosine substitution in the transmembrane domain of the bovine growth hormone receptor is associated with a major effect on milk yield and composition. *Genetics* 163: 253-266
- Broster, W.H. & Broster, V.J. 1998. Body score of dairy cows. *Journal of Dairy Research* 65.
- Broster, W. & Broster, V. 1998. Body score of dairy cows. *Journal of Dairy Research* 65: 155-173.
- Butler, W. 2003. Energy balance relationships with follicular development, ovulation and fertility in postpartum dairy cows. *Livestock Production Science* 83: 211-218.
- Chagas, L.M., Lucy, M.C., Back, P.J., Blache, D., Lee, J.M., Gore, P.J.S., Sheahan, A.J. & Roche, J.R. 2009. Insulin resistance in divergent strains of Holstein-Friesian dairy cows offered fresh pasture and increasing amounts of concentrate in early lactation. *Journal of Dairy Science* 92: 216-222.
- Clutton-Brock, J. 1999. A natural history of domesticated mammals. 2. painos. Cambridge: Cambridge University Press. 238 s.
- Delaby, L., Faverdin, P., Michel, G., Disenhaus, C. & Peyraud, J.L. 2009. Effect of different feeding strategies on lactation performance of Holstein and Normande dairy cows. *Animal* 3: 891-905.

- Drackley, J. 1999. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? *Journal of Dairy Science* 82: 2259-2273.
- Etherton, T. & Bauman, D. 1998. Biology of somatotropin in growth and lactation of domestic animals. *Physiological Reviews* 78: 745-761.
- Ettala, E. & Virtanen, E. 1990. Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on Grass Silage-Cereal and Hay-Urea-Cereal Diets. *Annales Agriculturae Fenniae* 29: 253-277.
- Ettala, E. & Virtanen, E. 1990. Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on Grass Silage-Cereal and Hay-Urea-Cereal Diets .3. Production of the Cows during the First 3 Lactations. *Annales Agriculturae Fenniae* 29: 303-318.
- Ettala, E. & Virtanen, E. 1990. Comparison of Finnish Ayrshire, Friesian and Finncattle on Grass Silage-Cereal and Hay-Urea-Cereal Diets .4. Energy and Protein Balances, and Feed-Utilization during the First 3 Production Years. *Annales Agriculturae Fenniae* 29: 319-342.
- Faba 2013. <http://www.faba.fi/jalostus/lypsykarja/rodot>
- Ferris, C.P., Gordon, F.J., Patterson, D.C., Mayne, C.S. & Kilpatrick, D.J. 1999. The influence of dairy cow genetic merit on the direct and residual response to level of concentrate supplementation. *Journal of Agricultural Science* 132: 467-481.
- Ferris, C.P., Gordon, F.J., Patterson, D.C., Porter, M.G. & Yan, T. 1999. The effect of genetic merit and concentrate proportion in the diet on nutrient utilization by lactating dairy cows. *Journal of Agricultural Science* 132: 483-490.
- Ferris, C., Gordon, F., Patterson, D., Mayne, C. & Kilpatrick, D. 1999. The influence of dairy cow genetic merit on the direct and residual response to level of concentrate supplementation. *Journal of Agricultural Science* 132: 467-481.
- Friggens, N.C., Berg, P., Theilgaard, P., Korsgaard, I.R., Ingvarsten, K.L., Lovendahl, P. & Jensen, J. 2007. Breed and parity effects on energy balance profiles through lactation: Evidence of genetically driven body energy change. *Journal of dairy science* 90: 5291-5305.
- Friggens, N.C., Ingvarsten, K.L. & Emmans, G.C. 2004. Prediction of body lipid change in pregnancy and lactation. *Journal of Dairy Science* 87: 988-1000.
- Gansworthy, P. & Topps, J. 1982. The Effect of Body Condition of Dairy-Cows at Calving on their Food-Intake and Performance when Given Complete Diets. *Animal Production* 35: 113-119.
- Gordon, F., Patterson, D., Yan, T., Porter, M., Mayne, C. & Unsworth, E. 1995. The Influence of Genetic Index for Milk-Production on the Response to Complete Diet Feeding and the Utilization of Energy and Nitrogen. *Animal Science* 61: 199-210.
- Grum, D., Drackley, J., Younker, R., LaCount, D. & Veenhuizen, J. 1996. Nutrition during the dry period and hepatic lipid metabolism of periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 79: 1850-1864.



- Hiemstra, S.J., de Haas, Y., Mäki-Tanila, A. & Gandini, G. 2010. Local cattle breeds in Europe : development of policies and strategies for self-sustaining breeds. Wageningen: Wageningen Academic Publishers. 154 s.  
<http://www.regionalcattlebreeds.eu/publications/documents/9789086866977cattlebreeds.pdf>
- Holtenius, K., Agenas, S., Delavaud, C. & Chilliard, Y. 2003. Effects of feeding intensity during the dry period. 2. Metabolic and hormonal responses. *Journal of Dairy Science* 86: 883-891.
- Holtenius, P. 1989. Plasma-Lipids in Normal Cows Around Partus and in Cows with Metabolic Disorders with and without Fatty Liver. *Acta Veterinaria Scandinavica* 30: 441-445.
- Horan, B., Dillon, P., Faverdin, P., Delaby, L., Buckley, F. & Rath, M. 2005. The interaction of strain of Holstein-Friesian cows and pasture-based feed systems on milk yield, body weight, and body condition score. *Journal of Dairy Science* 88: 1231-1243.
- Huhtanen, P. 1982. Suomenkarjan kokonaistaloudellisuus muihin rotuihin verrattuna. Kotieläinten jalostustieteen laudaturtyö.
- Huhtanen, P. 1998. Supply of nutrients and productive responses in dairy cows given diets based on restrictively fermented silage. *Agricultural and Food Science in Finland* 7: 219-250.
- Huhtanen, P., Nousiainen, J.I., Rinne, M., Kytola, K. & Khalili, H. 2008. Utilization and partition of dietary nitrogen in dairy cows fed grass silage-based diets. *Journal of Dairy Science* 91: 3589-3599.
- Huhtanen, P. & Rinne, M. 2007. Effects of increasing the milk yield of dairy cows on milk composition. *Journal of Animal and Feed Sciences* 16: 42-58.
- Huhtanen, P., Rinne, M., Mantysaari, 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.
- 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: 942-953.
- Huhtanen, P., Rinne, M. & Nousiainen, J. 2009. A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 2. the effects of feeding level and diet composition on digestibility. *Journal of Dairy Science* 92: 5031-5042.
- Huhtanen, P. & Nousiainen, J. 2012. Production responses of lactating dairy cows fed silage-based diets to changes in nutrient supply. *Livestock Science* 148: 146-158.

- Ingvartsen, K. & Andersen, J. 2000. Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *Journal of Dairy Science* 83: 1573-1597.
- Johnson, D., Johnson, K. & Baldwin, R. 1990. Changes in Liver and Gastrointestinal-Tract Energy Demands in Response to Physiological Workload in Ruminants. *Journal of Nutrition* 120: 649-655.
- Kantanen, J. 2007. Teoksessa: Karja, M. & Lilja, T.(toim.). Alkuperäisrotujen säilyttämisen taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset lähtökohdat. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 311 s.
- Kantanen, J., Olsaker, I., Holm, L., Lien, S., Vilkki, J., Brusgaard, K., Eythorsdottir, E., Danell, B. & Adalsteinsson, S. 2000. Genetic diversity and population structure of 20 North European cattle breeds. *Journal of Heredity* 91: 446-457.
- Keady, T.W.J., Mayne, C.S. & Kilpatrick, D.J. 2004. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. *Livestock Production Science* 89: 129-138.
- Kennedy, J., Dillon, P., O'Sullivan, K., Buckley, F. & Rath, M. 2003. The effect of genetic merit for milk production and concentrate feeding level on the reproductive performance of Holstein-Friesian cows in a grass-based system. *Animal Science* 76: 297-308.
- Koivisto, T. & Seppälä, J. 1998. Sata vuotta karjantarkkailua 1898 - 1998: mitä mittaat, sitä voit parantaa. Helsinki: Maaseutukeskusten Liitto. 120 s.
- 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.
- Lien, S., Kantanen, J., Olsaker, I., Holm, L., Eythorsdottir, E., Sandberg, K., Dalsgard, B. & Adalsteinsson, S. 1999. Comparison of milk protein allele frequencies in Nordic cattle breeds. *Animal Genetics* 30: 85-91.
- Lincoln, D.T., Sinowatz, F., Elhifnawi, E., Hughes, R.L. & Waters, M. 1995. Evidence of a Direct Role for Growth-Hormone (Gh) in Mammary-Gland Proliferation and Lactation. *Anatomia Histologia Embryologia-Journal of Veterinary Medicine Series C-Zentralblatt Fur Veterinarmedizin Reihe C* 24: 107-115.
- Majjala, K. 2007. Teoksessa: Karja, M. & Lilja, T.(toim.). Alkuperäisrotujen säilyttämisen taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset lähtökohdat. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 311 s.
- McCarthy, S., Berry, D.P., Dillon, P., Rath, M. & Horan, B. 2007. Influence of Holstein-Friesian strain and feed system on body weight and body condition score lactation profiles. *Journal of Dairy Science* 90: 1859-1869.
- McCarthy, S., Horan, B., Dillon, P., O'Connor, P., Rath, M. & Shalloo, L. 2007. Economic comparison of divergent strains of Holstein-Friesian cows in various pasture-based production systems. *Journal of Dairy Science* 90: 1493-1505.

- McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J. & Morgan, C. 2011. Animal nutrition. 7. painos. Harlow, England: Pearson. 692 s
- Mertens, D. 1994. Regulation of Forage Intake. Teoksessa: Fahey, G. (toim.) Forage quality, evaluation and utilization. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA. 493 s.
- MMM 2004. Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 17/2004.
- MTT 2011. Tiedote 28.1.2011 <http://www.cisionwire.fi/mtt/r/nakkilan-loyto-paljastuimuinaisnaudan-luuksi,c540670>
- MTT 2013. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. [www.mtt.fi/rehutaulukot](http://www.mtt.fi/rehutaulukot). Jokioinen, Suomi: Maa ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. Viitattu 1.8.2013
- Moisio, S., Elo, K., Kantanen, J. & Vilkki, J. 1998. Polymorphism within the 3' flanking region of the bovine growth hormone receptor gene. *Animal Genetics* 29: 55-57.
- Murondoti, A., Jorritsma, R., Beynen, A., Wensing, T. & Geelen, M. 2004. Activities of the enzymes of hepatic gluconeogenesis in periparturient dairy cows with induced fatty liver. *Journal of Dairy Research* 71: 129-134.
- Myllylä, L. 1991. Suomenkarja : maan alkuperäinen karjarotu. Helsinki: Suomenkarjan jalostussäätiö. 224 s.
- Mäntysaari, P., Liinamo, A. & Mäntysaari, E.A. 2012. Energy efficiency and its relationship with milk, body, and intake traits and energy status among primiparous Nordic Red dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95: 3200-3211
- Nousiainen, J., Rinne, M. & Huhtanen, P. 2009. A meta-analysis of feed digestion in dairy cows. 1. The effects of forage and concentrate factors on total diet digestibility. *Journal of Dairy Science* 92: 5019-5030.
- Otto, K., Ferguson, J., Fox, D. & Sniffen, C. 1991. Relationship between Body Condition Score and Composition of 9th to 11th Rib Tissue in Holstein Dairy-Cows. *Journal of Dairy Science* 74: 852-859.
- ProAgria 2010. Maidon- ja nurmentuotannon tulosseminaari 28.10.2010 Vantaa.
- ProAgria 2011. Maidon- ja nurmentuotannon tulosseminaari 14.4.2011 Vantaa. [ftp://ftp.proagria.fi/pub/tuloksia/maidonjanurmentuotannontulosseminaari/rehunkulutus\\_protuotos.ppd](ftp://ftp.proagria.fi/pub/tuloksia/maidonjanurmentuotannontulosseminaari/rehunkulutus_protuotos.ppd)
- ProAgria 2013. Maidon- ja nurmentuotannon tuolosseminaari 24.4.2013 Vantaa. [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/ProAgria/Tapahtumat/Tulosseminaarit/Tuloksia/rehunkulutus\\_tuse-lehmat\\_2012\\_Huhtamaki\\_Tuija.pdf](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/ProAgria/Tapahtumat/Tulosseminaarit/Tuloksia/rehunkulutus_tuse-lehmat_2012_Huhtamaki_Tuija.pdf)
- Pryce, J.E. & Harris, B.L. 2006. Genetics of body condition score in New Zealand dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89: 4424-4432.
- Roche, J.R., Berry, D.P. & Kolver, E.S. 2006. Holstein-Friesian strain and feed effects on milk production, body weight, and body condition score profiles in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89: 3532-3543.

- Roche, J.R., Friggens, N.C., Kay, J.K., Fisher, M.W., Stafford, K.J. & Berry, D.P. 2009. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *Journal of Dairy Science* 92: 5769-5801.
- Roche, J.R., Lee, J.M., Macdonald, K.A. & Berry, D.P. 2007. Relationships among body condition score, body weight, and milk production variables in pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science* 90: 3802-3815.
- Roche, J.R., Macdonald, K.A., Burke, C.R., Lee, J.M. & Berry, D.P. 2007. Associations among body condition score, body weight, and reproductive performance in seasonal-calving dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 90: 376-391.
- Rukkwamsuk, T., Kruip, T. & 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.
- Rukkwamsuk, T., Wensing, T. & Geelen, M. 1999. Effect of fatty liver on hepatic gluconeogenesis in periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82: 500-505.
- Sejrsen, K., Foldager, J., Sorensen, M.T., Akers, R.M. & Bauman, D.E. 1986. Effect of Exogenous Bovine Somatotropin on Pubertal Mammary Development in Heifers. *Journal of Dairy Science* 69: 1528-1535
- Saether, N., Havrevoll, O., Thuen, E. & Vangen, O. 2010. Differences in energy balance and energy efficiency between an old endangered and a modern Norwegian dairy cattle breed in a traditional indoor feeding system. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science* 60: 23-32.
- Soini, K. 2007. Teoksessa: Karja, M. & Lilja, T.(toim.). Alkuperäisrotujen säilyttämisen taloudelliset, sosiaaliset ja kulttuuriset lähtökohdat. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 311 s.
- Soininen, A.M. 1974. Vanha maataloutemme : maatalous ja maatalousväestö Suomessa perinnäisen maatalouden loppukaudella 1720-luvulta 1870-luvulle. Helsinki: Suomen maataloustieteellinen seura. 459 s.
- Sutter, F. & Beever, D. 2000. Energy and nitrogen metabolism in Holstein-Friesian cows during early lactation. *Animal Science* 70: 503-514.
- van Knegsel, A.T.M., van den Brand, H., Dijkstra, J., van Straalen, W.M., Heetkamp, M.J.W., Tamminga, S. & Kemp, B. 2007. Dietary energy source in dairy cows in early lactation: Energy partitioning and milk composition. *Journal of Dairy Science* 90: 1467-1476.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2. painos. Ithaca, NY: Cornell University Press. 476 s.
- Van den Top, A., Geelen, M., Wensing, T., Wentink, G., VantKlooster, A. & Beynen, A. 1996. Higher postpartum hepatic triacylglycerol concentrations in dairy cows with free rather than restricted access feed during the dry period are associated with lower activities of hepatic glycerolphosphate acyltransferase. *Journal of Nutrition* 126: 76-85.

- Veerkamp, R., Simm, G. & Oldham, J. 1994. Effects of Interaction between Genotype and Feeding System on Milk-Production, Feed-Intake, Efficiency and Body Tissue Mobilization in Dairy-Cows. *Livestock Production Science* 39: 229-241.
- Vernon, R.G. 1992. Control of Lipogenesis and Lipolysis.
- Vernon, R.G. & Pond, C.M. 1997. Adaptations of Maternal Adipose Tissue to Lactation. *Journal of mammary gland biology and neoplasia* 2: 231-241.
- Viitala, S., Schulman, N., de Koning, D., Elo, K., Kinos, R., Virta, A., Virta, J., Maki-Tanila, A. & Vilkki, J. 2003. Quantitative trait loci affecting milk production traits in Finnish Ayrshire dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 86: 1828-1836.
- Waltners, S., McNamara, J., Hillers, J. & Brown, D. 1994. Validation of Indirect Measures of Body-Fat in Lactating Cows. *Journal of Dairy Science* 77: 2570-2579.
- Wildman, E., Jones, G., Wagner, P., Boman, R., Troutt, H. & Lesch, T. 1982. A Dairy-Cow Body Condition Scoring System and its Relationship to Selected Production Characteristics. *Journal of Dairy Science* 65: 495-501.
- Wright, I. & Russel, A. 1984. Partition of Fat, Body-Composition and Body Condition Score in Mature Cows. *Animal Production* 38: 23-32.
- Yan, T., Mayne, C.S., Keady, T.W.J. & Agnew, R.E. 2006. Effects of dairy cow genotype with two planes of nutrition on energy partitioning between milk and body tissue. *Journal of Dairy Science* 89: 1031-1042.